



DIAGNÓSTICO DE CONTAMINAÇÃO E PROPOSTA DE REMEDIAÇÃO DO ANTIGO LIXÃO DA ESTRUTURAL

Secretaria de
Meio Ambiente



SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE DO DISTRITO FEDERAL
GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

DIAGNÓSTICO DE CONTAMINAÇÃO E PROPOSTA DE REMEDIAÇÃO DO ANTIGO LIXÃO DA ESTRUTURAL

BRASÍLIA, 2021

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

IBANEIS ROCHA BARROS JUNIOR

SECRETÁRIO DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE DO DISTRITO FEDERAL

JOSÉ SARNEY FILHO

SECRETÁRIA-EXECUTIVA (SECEX)

MARÍLIA MARRECO CERQUEIRA

SUBSECRETÁRIO DE GESTÃO DAS ÁGUAS E RESÍDUOS SÓLIDOS (SUGARS)

JOÃO CARLOS COUTO LÓSSIO FILHO

EQUIPE TÉCNICA SEMA

ELISA MARIA LIMA MEIRELLES - ASSESSORA ESPECIAL
DANIELA MENDONÇA - GERENTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS

SUBSECRETÁRIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS (SUEST) E COORDENADORA INSTITUCIONAL DO PROJETO CITInova/SEMA-DF

MÁRCIA COURA

COORDENADORA TÉCNICA PROJETO CITInova/SEMA-DF

NAZARÉ SOARES

EQUIPE TÉCNICA PROJETO CITInova/SEMA-DF

ANDRÉA PAULA DE CARESTIATO COSTA
ANDRÉ LUIZ F. DE SOUZA

CONSULTORIA CONTRATADA

FINATEC

COORDENADOR DO ESTUDO E RESPONSÁVEL TÉCNICO

JOSÉ ELOI GUIMARÃES CAMPOS - GEÓLOGO

MEMBROS DA EQUIPE DO ESTUDO

WELITOM RODRIGUES BORGES - GEÓLOGO, ESTUDO GEOFÍSICO
REJANE ENNES CICERELLI - ENGENHEIRA CARTÓGRAFA, CARTOGRAFIA DIGITAL
JEREMIÉ GARNIER - GEÓLOGO, HIDROQUÍMICA E QUÍMICA DOS SOLOS
JULIO HENRICHES DE AZEVEDO - ENGENHEIRO AGRÔNOMO, MASSA FOLIAR E QUÍMICA DOS SOLOS

COLABORADORES

LUCAS SANTOS BATISTA TELES - GEÓLOGO, ESTUDO GEOFÍSICO, CONSTRUÇÃO DOS POÇOS E GEOPROCESSAMENTO
DRIELLY SOUZA RODRIGUES - GEÓLOGA, AMOSTRAGEM DE ÁGUA E SOLOS
ANDRÉ WALCZUK GOMES - GEÓLOGO, ESTUDO GEOFÍSICO E CONSTRUÇÃO DOS POÇOS
FLAVIO HENRIQUE FREITAS E SILVA - GEÓLOGO, ESTUDO GEOFÍSICO E AMOSTRAGEM DOS SOLOS
CRISTIANE MOURA DE OLIVEIRA - GEÓLOGA, ESTUDO GEOFÍSICO

PROJETO GRÁFICO, DIAGRAMAÇÃO E REVISÃO

CT COMUNICAÇÃO

AGRADECIMENTO

A Sema agradece a todos que forneceram informações que contribuíram para a elaboração deste Diagnóstico de Contaminação e Proposta de Remediação do Antigo Lixão da Estrutural.

PREFÁCIO

Caro (a) Leitor(a),

A Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Distrito Federal, com satisfação, apresenta o presente e-book do estudo *“Elaboração do Diagnóstico da Contaminação e Proposta de Remediação do Antigo Lixão da Estrutural”* trazendo, pela primeira vez, resultados expressivos da realização do diagnóstico ambiental para determinar a extensão da contaminação no ar, no solo, nas águas superficiais e subterrâneas, tendo em vista a elaboração de propostas para sua remediação, a partir do teste de soluções inovadoras com indicação daquelas viáveis para a implementação.

A contaminação dos aquíferos situados em área sob influência do Lixão da Estrutural é considerada o principal impacto ambiental decorrente da disposição sem controle dos resíduos do Distrito Federal por décadas, sem a devida aplicação de medidas mitigadoras.

O chorume produzido no maciço gerou uma pluma de contaminação nas águas subterrâneas, que avança para as intermediações da área do antigo lixão, e necessita de intervenção para não contaminar outros locais. Da mesma forma ocorre para as águas superficiais, que necessitam de gestão, considerando a possibilidade de contaminação dos cursos d'água próximos à área.

O estudo se insere nas ações do Projeto CITInova "Promovendo Cidades Sustentáveis no Brasil por meio de planejamento urbano integrado e do investimento em tecnologias inovadoras", coordenado pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Distrito Federal – SEMA/DF, em parceria com o Ministério da Ciência Tecnologia e Informação – MCTI, o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – Pnuma, com recursos do *Global Environment Facility* – GEF.

O Projeto é composto por três componentes: Planejamento Integrado (componente 1), Implementação de Tecnologias Inovadoras (componente 2) e Plataforma Nacional do Conhecimento (componente 3). O Governo do Distrito Federal – GDF, através da SEMA, é responsável pela implementação de ações dos componentes 1 e 2 do projeto.

Assim, esta obra traz os resultados obtidos com o diagnóstico e os projetos pilotos testados na área, oferecendo relevantes informações que contribuem para a melhoria da segurança hídrica, o combate às mudanças climáticas, a para melhoria da qualidade ambiental do Distrito Federal, e, por fim, para subsidiar os gestores no enfrentamento dos passivos ambientais existentes.

O Aterro Controlado do Jóquei ou, como é mais conhecido, o antigo Lixão da Estrutural, está localizado a 15 km do Congresso Nacional e a meio quilômetro do Parque Nacional de Brasília, e ocupa uma área de aproximadamente 200 hectares.

O local está ativo desde a década de 1950, iniciou-se de forma irregular, mas passou a ser utilizado oficialmente para deposição de resíduos sólidos pelo Governo do Distrito Federal há quase 40 anos.

O depósito era listado como o segundo maior lixão a céu aberto da América Latina, recebendo diariamente cerca 2,2 mil toneladas de rejeitos de domicílios e pelo menos 5 mil toneladas de entulho de construções, o que equivale a uma média de 7,2 mil toneladas de lixo por dia. Atualmente, acumula mais de 40 milhões de toneladas de resíduos, que formam um maciço enterrado, o qual alcançou mais de 35 metros nos pontos mais elevados.

O antigo Lixão da Estrutural teve as atividades encerradas pelo Governo do Distrito Federal em 20 de janeiro de 2018, após uma determinação do Tribunal de Justiça do Distrito Federal – TJDF, motivada por ação do Ministério Público do Distrito Federal e Territórios – MPDFT desde 2007. A decisão pelo seu fechamento atende também à Política Nacional de Resíduos Sólidos. Atualmente, funciona como uma Unidade de Recebimento de Entulho (URE), recebendo apenas material seco, com cerca de 7 mil toneladas por dia de resíduos da construção civil.

Os estudos aqui apresentados foram desenvolvidos na poligonal do antigo Lixão da Estrutural e adjacências, incluindo faixas no interior do Parque Nacional de Brasília (situado a Leste), faixas no interior da Cidade Estrutural (localizada a Sul e Sudoeste) e áreas nas chácaras do Núcleo Rural Cabeceira do Valo (situadas a Oeste). Essa área está localizada na porção Centro-Oeste do Distrito Federal, no divisor das bacias dos ribeirões Vicente Pires e Bananal, respectivamente afluentes dos braços Sul e Norte do Lago Paranoá.

Ao longo do desenvolvimento do estudo, foram realizados dois workshops. O primeiro divulgou o trabalho, dando publicidade aos resultados preliminares do estudo e diagnóstico ambiental, também permitindo conhecer outros estudos de caso de recuperação e remediação de lixões e tratamento de efluentes de aterros sanitários, além de promover o debate sobre diretrizes e arranjos institucionais para remediação do antigo Lixão.

No segundo workshop, buscou-se avançar nas soluções e alternativas, alinhando ações de valorização da área à remediação da contaminação, dando continuidade às medidas para sanar os passivos da área e, nesse sentido, continuar com as ações sob responsabilidade de cada órgão.

Esperamos que o estudo possa subsidiar o Serviço de Limpeza Urbana – SLU e o Brasília Ambiental (IBRAM), esclarecendo que há ações que ainda necessitam ser realizadas, como a estruturação e implementação de um plano de gerenciamento de áreas contaminadas.

Também esperamos contribuir para os avanços da situação atual da Ação Civil Pública referente ao antigo Lixão, impetrada sobre o Governo do Distrito Federal pelo Ministério Público do Distrito Federal e Territórios – MPDFT.

Poderá, ainda, contribuir para novos estudos que envolvam estratégias e soluções para o aproveitamento econômico dos resíduos ou associadas ao tratamento dos passivos naquela área, com o potencial de reduzir custos e desenvolver ações atuais e futuras na área.

Desejo uma boa leitura a todas e todos!

JOSÉ SARNEY FILHO

Secretário de Estado do Meio Ambiente do Distrito Federal



PARTE 1

DIAGNÓSTICO DE CONTAMINAÇÃO E PROPOSTA DE
REMEDIAÇÃO DO ANTIGO LIXÃO DA ESTRUTURAL

Página 8

APÊNDICES E ANEXOS

Página 194

PARTE 2

MODELO BÁSICO CONCEITUAL DA CONTAMINAÇÃO
E SISTEMA PILOTO DE REMEDIAÇÃO DE SOLO E
ÁGUA SUBTERRÂNEA

Página 409



PARTE 1

DIAGNÓSTICO DE CONTAMINAÇÃO E PROPOSTA DE REMEDIAÇÃO DO ANTIGO LIXÃO DA ESTRUTURAL

SUMÁRIO

>	RESUMO EXECUTIVO	18
>	1 INTRODUÇÃO	20
>	1.1 Localização	22
>	1.2 Histórico	23
>	2 TRABALHOS ANTERIORES	24
>	2.1 Araújo (1996)	25
>	2.2 Franco (1996)	25
>	2.3 Santos (1996)	26
>	2.4 Pereira <i>et al.</i> (1997)	27
>	2.5 Junqueira (2000)	27
>	2.6 Abreu (2001)	28
>	2.7 Carneiro (2002)	30
>	2.8 Campos <i>et al.</i> (2006)	32
>	2.9 Campos (2007)	33
>	2.10 Holger (2011) 16	33
>	2.11 Cavalcanti (2013)	34
>	2.12 Barbosa (2014)	38
>	2.13 Monteiro Filho (2018)	38
>	2.14 Guedes (2019)	39
>	3 SÍNTESE SOBRE O MEIO FÍSICO LOCAL	41
>	3.1 Geologia	42
>	3.2 Solos	42
>	3.3 Hidrogeologia	43
>	3.4 Clima	44
>	3.5 Geomorfologia e hidrografia	45
>	4 DANOS AMBIENTAIS	46
>	4.1 Caracterização Química de Pluma de Contaminação	49
>	4.2 Distribuição da Pluma de Contaminação	51
>	4.3 Caracterização Geotécnica de Terrenos Adjacentes	52

>	5 CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS	54
>	5.1 Considerações iniciais	55
>	5.2 Estudo geofísico	55
>	5.2.1 Método adotado - arcabouço teórico	58
>	5.2.2 Aquisição dos dados	60
>	5.2.3 Resultados	62
>	5.2.4 Interpretação dos resultados	63
>	5.3 Poços de monitoramento	66
>	5.3.1 Construção dos poços de monitoramento	66
>	5.3.2 Métodos analíticos e procedimentos de coleta de amostras	72
>	5.3.3 Resultados das análises químicas	72
>	5.3.4 Mapa da extensão da pluma de contaminação	79
>	6 MAPA POTENCIOMÉTRICO	81
>	6.1 Método de interpolação	82
>	6.2 Sentido do fluxo subterrâneo	86
>	7 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS	88
>	7.1 Escolha dos pontos de amostragem e monitoramento	89
>	7.2 Métodos analíticos	89
>	7.3 Resultados das análises hidroquímicas	89
>	7.4 Extensão da contaminação das águas superficiais	90
>	8 CONTAMINAÇÃO DOS SOLOS	93
>	8.1 Materiais e métodos	94
>	8.2 Resultados das análises e discussão	98
>	8.3 Mapa da extensão da contaminação dos solos	105
>	9 CONTAMINAÇÃO ATMOSFÉRICA	107
>	10 MAPEAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DOS TIPOS DE RESÍDUOS	113
>	10.1 Caracterização dos tipos de resíduos	114
>	11. DADOS PARA ALIMENTAÇÃO DOS MODELOS DE FLUXO	117
>	11.1 Condutividade hidráulica da zona não saturada	118
>	11.2 Condutividade hidráulica da zona saturada	122
>	11.3 Geologia e hidrogeologia	127

➤	12 CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	129
➤	12.1 Caracterização física dos resíduos	130
➤	12.2 Quantificação dos resíduos acumulados	141
➤	13 EXPERIÊNCIAS DE PRÁTICAS PARA REMEDIAÇÃO DE LIXÕES	145
➤	13.1 Bombeamento e tratamento	147
➤	13.2 Barreira hidráulica	148
➤	13.3 Biorremediação	148
➤	13.4 Enclausuramento da fonte	149
➤	13.5 Mitigação dos impactos dos gases	149
➤	13.6 Atenuação natural	149
➤	13.7 Fitorremediação	150
➤	13.8 Estabilização da pluma de contaminação	153
➤	13.9 Tratamento de chorume	157
➤	14 MODELO CONCEITUAL DO FLUXO DE CONTAMINANTES	162
➤	14.1 Recarga e dispersão da pluma	163
➤	14.2 Estimativa da velocidade linear média do fluxo	169
➤	14.3 Balanço hídrico preliminar	170
➤	15 CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DAS ÁREAS ADJACENTES À URE	172
➤	15.1 Avaliação geotécnica	173
➤	15.2 Implicações para uso futuro da área	175
➤	16 COMENTÁRIOS SOBRE O PRIMEIRO <i>WOKSHOP</i> DE DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO PROJETO	177
➤	17 PRINCIPAIS AÇÕES PARA REMEDIAÇÃO DOS PASSIVOS AMBIENTAIS	180
➤	18 CONSIDERAÇÕES FINAIS	183
➤	19 REFERÊNCIAS	187
➤	20 APÊNDICES E ANEXOS	194
➤	20.1 Apêndices	196
➤	20.2 Anexos	263

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de localização do Lixão da Estrutural (anteriormente denominado de Lixão ou Aterro Controlado do Jôquei Clube)	22
Figura 2	Histórico da acumulação de resíduos sólidos no Lixão da Estrutural ou Lixão do Jôquei Clube	26
Figura 3	Mapa de distribuição dos poços de monitoramento instalados com auxílio de trado manual	29
Figura 4	<i>Grid</i> de distribuição dos elementos aplicados à modelagem matemática na região do Lixão da Estrutural	31
Figura 5	Mapa de sentido de fluxo mostrando que a pluma se divide para leste e oeste respectivamente em direção ao Córrego do Acampamento e ao Córrego Cabeceira do Valo. Modelo previsional para o ano de 2010	31
Figura 6	Modelo previsional para o ano de 2030	32
Figura 7	Exemplo da seção geofísica 7 mostrando região sem a presença da pluma de chorume. Toda a área investigada apresenta alta resistividade. Seção situada no interior do Parque Nacional de Brasília em local distante dos limites do Lixão	34
Figura 8	Exemplo da seção geofísica 3 mostrando a região de ocorrência da pluma de chorume em profundidade. As faixas de baixa resistividade indicam a presença de íons no percolado de resíduos sólidos. Seção situada no limite entre o depósito atual e o lixo antigo	34
Figura 9	Exemplo de resultado obtido com uso do radar de penetração no solo, com indicação de cava de resíduo	35
Figura 10	Distribuição das seções geofísicas (tomografia elétrica por eletrorresistividade) realizada nos limites da área do Lixão da Estrutural	36
Figura 11	Exemplos de seções geofísicas interpretadas que foram levantadas na porção sudoeste da área do Lixão da Estrutural	37
Figura 12	A: localização das linhas com relação ao maciço de resíduos; B: Linha L3, mostrando a presença de chorume distribuído na porção superior com até 50 metros de espessura; C: Linha L4, mostrando presença de chorume a profundidades de cerca de 20 metros ao sul e até mais de 75 metros na porção norte da linha coincidente com a principal faixa de acumulação de resíduos na porção central do Lixão da Estrutural. Observação: as figuras dispostas à direita e à esquerda representam diferentes métodos de inversão dos dados brutos obtidos em campo	40
Figura 13	Porção superior de perfil de latossolo vermelho de textura muito argilosa. Estrutura granular nos horizontes A e AB e textura grumosa no horizonte Bw	43
Figura 14	Modelo de superfície potenciométrica única sem confinamento, em que a superfície de saturação permanece no meio aquífero intergranular superior; superfície potenciométrica do meio poroso (SPMP); superfície potenciométrica do meio fraturado (SPMF)	44
Figura 15	Divisão do Lixão da Estrutural em porções: sul, intermediária e norte	47

Figura 16	Modelo de manejo e descarte de resíduos sólidos em aterro. Modificado do Plano de Manejo das Áreas de Proteção da Vila Estrutural e do Plano de Uso do Parque Urbano da Estrutural	48
Figura 17	Exemplo de dreno de gases em funcionamento no Lixão da Estrutural	48
Figura 18	Piscina de chorume em funcionamento no Lixão da Estrutural. À esquerda, visão geral da piscina. À direita, chegada do chorume à piscina por meio de manilha e detalhe da lona de revestimento, já com porções desgastadas pela exposição	49
Figura 19	Mapa de distribuição da pluma de contaminação na região do Aterro do Jóquei/Cidade Estrutural para o ano de 2001. As setas indicam o fluxo subterrâneo local preferencial da pluma. Equidistância das curvas de nível – 2 metros	52
Figura 20	Imagens do processo de montagem e execução da sondagem tipo SPT	53
Figura 21	Cartograma dos limites do Lixão retificado com uso de sondagens mecânicas e manuais (sistema de georreferenciamento Sicad)	56
Figura 22	Distribuição das seções geofísicas realizadas nos limites da área do Lixão da Estrutural. AC – área contaminada; AS – área levemente contaminada; e NA – área não contaminada (imagem do <i>Google Earth</i> de 2012)	57
Figura 23	Esquema de distribuição dos eletrodos no solo durante uma aquisição de eletrorresistividade. As linhas cheias indicam o fluxo de corrente no solo, ao passo que as linhas pontilhadas indicam as linhas de equipotenciais geradas pela corrente	58
Figura 24	Esquema sequencial de aquisição de dados utilizado em caminhamentos elétricos com o arranjo dipolo-dipolo	60
Figura 25	Fotografias mostrando o equipamento Syscal em atividade de levantamento de campo	61
Figura 26	Localização das seções geofísicas levantadas neste trabalho e no ano de 2013. As linhas pontilhadas referem-se a <i>buffers</i> com faixas de 200 metros a partir dos limites da área que historicamente foi local de acumulação de resíduos (imagem base obtida do sistema <i>Google Earth</i> , maio de 2019)	63
Figura 27	Mapa preliminar da pluma de contaminação por chorume do antigo Lixão da Estrutural, baseado exclusivamente nos resultados do estudo geofísico, com inserção das seções geofísicas. Para melhor avaliação das seções individuais, observar as ilustrações em maior escala apresentadas nas seções da Figura 7. Mapa produzido com base na integração dos dados geofísicos deste projeto, nos dados de Cavalcanti (2013) e Guedes (2019), nos dados do limite da pluma apresentados por Campos <i>et al.</i> (2006), além da confirmação da contaminação no poço da rede de monitoramento da Adasa (imagem base obtida do sistema <i>Google Earth</i> , maio de 2019)	65
Figura 28	Localização geográfica dos poços de monitoramento das águas subterrâneas	67
Figura 29	Perfuração do poço LX 14, mostrando a torre com sistema hidráulico, as hastes metálicas e a caixa de circulação de lama. O caminhão-pipa situado ao lado da torre do sistema hidráulica fornece água para circulação no interior do conduto	68
Figura 30	Amostra de calha coletada na entrada da caixa de lama durante a perfuração do poço LX 12. Notar que se trata de areia grossa com grãos esféricos típicos dos observados no topo da Formação Ribeirão Piçarrão do Grupo Paranoá	68

Figura 31	Detalhes dos tubos de PVC geomecânico de 4 polegadas utilizados na coluna de revestimento e filtro nos poços de monitoramento instalados por este estudo	69
Figura 32	Detalhe do pré-filtro utilizado na maior parte dos poços	69
Figura 33	Sistema de proteção triplo, composto por cap de PVC rosqueável, tubo de aço carbono com tampa e cadeado e manilha em concreto com tampa	70
Figura 34	Cerca de proteção de poços instalados na área urbana da Cidade Estrutural	70
Figura 35	Amostragem de água no poço LX3 situado no Parque Nacional de Brasília. Notar o detalhe dos pesos acoplados no corpo do bailer. A água apresenta-se turva, pois a obra do poço havia sido recém-concluída	73
Figura 36	Sonda multiparâmetro YSI <i>professional plus</i> e sonda HQ 40d da Hach Instruments, utilizadas para coleta dos parâmetros (pH, temperatura, total de sólidos dissolvidos (TDS) e condutividade elétrica (CE))	73
Figura 37	Distribuição da pluma de contaminação por chorume baseada na condutividade elétrica do fluido (medição realizada em agosto de 2020). Sistema de coordenadas planas Sirgas 2000, Zona 23 (imagem base obtida do sistema <i>Google Earth</i> , maio de 2020)	80
Figura 38	Potenciometria com base no relevo antes da acumulação dos resíduos na área (imagem base obtida do sistema <i>Google Earth</i> , maio de 2020)	83
Figura 39	Potenciometria com base no relevo atual (pós-acumulação dos resíduos na área). Medidas de níveis realizadas em agosto de 2020 (imagem base obtida do sistema <i>Google Earth</i> , maio de 2020)	84
Figura 40	Espessura da zona vadosa do aquífero freático, representado por latossolos e por resíduos acumulados. Sistema de coordenadas planas Sirgas 2000, Zona 23 (imagem base obtida do sistema <i>Google Earth</i> , maio de 2020)	85
Figura 41	Mapa do sentido de fluxo das águas subterrâneas. Este padrão de fluxo deverá controlar a migração da pluma de contaminação. Sistema de coordenadas planas Sirgas 2000, Zona 23 (imagem base obtida do sistema <i>Google Earth</i> , maio de 2020)	87
Figura 42	Distribuição qualitativa das águas dos cursos superficiais das três bacias que drenam a partir da área do Lixão da Estrutural. Sistema de coordenadas planas Sirgas 2000, Zona 23 (imagem base obtida do sistema <i>Google Earth</i> , maio de 2020)	91
Figura 43	Amostragem de solo superficial com uso de cavadeira articulada	95
Figura 44	Amostragem de solo em profundidade de 60 cm com auxílio de trado manual	95
Figura 45	Amostras em diferentes profundidades em um mesmo ponto	96
Figura 46	Difratogramas de Raios X das amostras S0-15A e S0-15B. tot – representa a amostra total analisada pelo método do pó; n – representa a separação da fração argilosa	102
Figura 47	Mapa de distribuição das áreas com diferente potencial de contaminação. A confirmação da contaminação é feita por análises químicas específicas ou com base em informações qualitativas. Sistema de coordenadas planas Sirgas 2000, Zona 23 (imagem base obtida do sistema <i>Google Earth</i> , maio de 2020)	108
Figura 48	Distribuição mensal da poluição atmosférica no ano de 2008 no centro da cidade de Taguatinga	110

Figura 49	Variação de componentes indicadores de qualidade do ar nas adjacências da fábrica de cimento Planalto (Ciplan)	111
Figura 50	Resíduos observados em trincheira rasa aberta na área urbana da Cidade Estrutural. Notar a ampla predominância de plástico	114
Figura 51	Resíduos expostos em área gradeada para implantação de experimento de fitorremediação	115
Figura 52	Distribuição dos resíduos na área do Lixão, incluindo áreas de acumulação histórica e área de acumulação mais recente. Sistema de coordenadas planas Sirgas 2000, Zona 23 (imagem base obtida do sistema <i>Google Earth</i> , maio de 2020)	116
Figura 53	Ensaio de infiltração <i>in situ</i> com método dos anéis concêntricos	119
Figura 54	Ensaio de infiltração <i>in situ</i> com método <i>Open End Hole</i>	120
Figura 55	Adição de água ao poço a fim de elevar o nível estático para averiguação das condições de recuperação	122
Figura 56	Ilustração esquemática do teste tipo Slug com parâmetros geométricos utilizados na análise da condutividade hidráulica pelo método de Bouwer e Rice (1976). Poço parcialmente penetrante. Extraído de Pede (2004)	124
Figura 57	Geologia da área de estudo, eliminadas as coberturas de solos. Modificado de Freitas-Silva e Campos (1998) com base nos dados de perfurações para a instalação dos poços de monitoramento. Sistema de coordenadas planas Sirgas 2000, Zona 23 (imagem base obtida do sistema <i>Google Earth</i> , maio de 2020)	128
Figura 58	Localização dos pontos de amostragem para análises gravimétricas (GRA) e de observação qualitativa em taludes existentes e em área de deposição atual de resíduos (GRQ). Sistema de coordenadas planas Sirgas 2000, Zona 23 (imagem base obtida do sistema <i>Google Earth</i> , maio de 2020)	131
Figura 59	Abertura da trincheira GRA - 06 com a retirada e a homogeneização dos resíduos. Detalhe para o tecido geotêxtil retirado	132
Figura 60	Baldes de 30 litros de capacidade utilizados nas operações de medição da massa dos rejeitos	132
Figura 61	Detalhe da operação de pesagem com auxílio de corda e balança digital	133
Figura 62	Exemplo de material já retirado e classificado segundo sua natureza (plástico, madeira, concreto e terra)	133
Figura 63	Exemplo de terra obtida do interior da trincheira. Observar o aspecto heterogêneo e contaminado do material, que inclui pequenos fragmentos de vidro, madeira e rocha	134
Figura 64	Madeira retirada da escavação da amostra GRA - 04. Predominância de madeira utilizada em obras (tábuas e tarugos)	134
Figura 65	Exemplos de material metálico obtido da amostra GRA - 02. Presença comum de vergalhões, além de latas e outros fragmentos	135
Figura 66	Material classificado como tecido (amostra GRA - 02). Na média, esta classe de resíduos inclui pano de algodão, tecidos sintéticos e bidin	135
Figura 67	Entulho de obra (também classificado como concreto ou escombros), composto por blocos de concreto, revestimentos de piso e paredes e fragmentos de rocha de cantaria	136

Figura 68	Resíduos classificados como vidro, representado por garrafas inteiras ou fragmentos de vidros de diferentes cores	136
Figura 69	Exemplo de plástico obtido da amostragem no ponto GRA – 02. Observar a diversidade de origem dos materiais	137
Figura 70	Exemplo de papel obtido da escavação da amostra GRA – 02. Este tipo de material não é comum, sendo encontrado apenas em aterro recente. Nas amostras de resíduos antigos esta classe de material já foi totalmente decomposta em conjunto com a porção orgânica	137
Figura 71	Resíduo depositado entre os dias 8 e 10 de setembro de 2020. No extremo esquerdo da imagem predominam materiais plásticos, na porção central há predominância de escombros de obras, e na parte esquerda ocorre exclusivamente material vegetal de podas de árvores. Pilha com média de 2 metros de elevação	138
Figura 72	Modelo Digital de Elevação (MDE) do antigo Lixão da Estrutural, atual Unidade de Recebimento de Entulhos da Estrutural. Sistema de coordenadas planas Sirgas 2000, Zona 23 (imagem base obtida do sistema <i>Google Earth</i> , maio de 2020)	142
Figura 73	Mecanismo de fitodegradação em espécie florestal. Em vermelho, os contaminantes em solução do solo. Em verde, a quebra das estruturas moleculares do contaminante e absorção pelas estruturas orgânicas	151
Figura 74	Mecanismo de fitoacumulação em espécies florestais	152
Figura 75	Mecanismo de fitoestabilização em espécie florestal	152
Figura 76	Instalação de muro impermeável	154
Figura 77	Instalação de poço de bombeamento, com tratamento ou reinjeção	154
Figura 78	Impermeabilização de fundo e topo do sítio de geração da pluma de contaminação	155
Figura 79	Bombeamento a jusante e a montante para estabilização da pluma de contaminação	155
Figura 80	Injeção de nutrientes a montante com bombeamento da pluma a jusante seguido de tratamento ou reinjeção	156
Figura 81	Instalação de septo permeável preenchido com sistema de filtro físico ¹³³	156
Figura 82	Fluxograma com análise de parâmetros considerados para a seleção do método apropriado para tratamento de chorume. DBO – demanda bioquímica de oxigênio; DQO – demanda química de oxigênio	157
Figura 83	Destilador apresentado contendo um tanque de aço inoxidável AISI-304 de 160 cm de altura e 90 cm de diâmetro de 30 kg de peso, um condutor de chapa galvanizada de 300 x 0,4 x 0,2 cm, termômetro, chave, duas caixas de fibra de vidro de 0,5 e 1 m ³ , um queimador industrial e um botijão de gás butano	159
Figura 84	Sistema de <i>Wetland</i> na mina de Águas Claras, MG	160
Figura 85	Localização das seções apresentadas na Figura 55 destacada em amarelo; Figura 56 marcada em azul e Figura 57 representada em vermelho. Base de georreferenciamento Sirgas 2000, Zona 23	164

Figura 86	Seção oeste-leste contendo a representação esquemática do modelo conceitual de fluxo de contaminantes no Lixão da Estrutural. A partir da porção central do maciço de resíduos há a divisão do fluxo para o quadrante leste (em direção ao Parque Nacional de Brasília) e para oeste (em direção ao Córrego Cabeceira do Valo). Sob a pilha de rejeitos aterrada há a produção do chorume a partir do contato das águas de chuva com a matéria orgânica e demais materiais no aterro. A pluma espalha-se para os dois quadrantes em função do gradiente hidráulico (setas vermelhas). A densidade da pluma diminui progressivamente quando se distancia da zona de produção do contaminante, sendo a diluição associada a três controles: atenuação da carga contaminante em contato com o aquífero, mistura da pluma com águas de boa qualidade já presentes no aquífero e mistura com águas de recarga que se processa nas áreas marginais do antigo Lixão. A oeste do Córrego Cabeceira do Valo as águas de descarga apresentam baixa mineralização natural e contribuem para a diluição da contaminação do contaminante (seta azul)	165
Figura 87	Modelo conceitual de fluxo e de transporte de contaminante representado em seção transversal do Lixão da Estrutural. A figura destaca o maior gradiente hidráulico da porção oeste com relação ao quadrante leste, o que aumenta a velocidade de fluxo do contaminante, sendo controlado pelo material arenoso do saprolito em profundidade que apresenta maior condutividade que o saprolito argiloso presente na porção leste. Os processos de atenuação são de migração da pluma e são mais eficientes em locais em que o fluxo migra através das ardósias e seus produtos de intemperismo	166
Figura 88	Detalhe do modelo conceitual de fluxo de contaminante, destacando-se as estratificações lateral e vertical da pluma de contaminação. O efluente apresenta máxima concentração sob o maciço de resíduos aterrados. A concentração diminui progressivamente com o aumento da distância. O poço LX-13 mostra um exemplo de estratificação vertical da pluma em que as concentrações variam em função da densidade da pluma e sua relação com a água de recarga natural do aquífero. A elipse em vermelho destaca a porção entre o topo da zona saturada e a zona mais concentrada da pluma que recebe a recarga e dilui a parte superior da pluma de contaminação	168
Figura 89	Exemplo de perfil SPT executado em ponto adjacente à URE na Cidade Estrutural	174

RESUMO-EXECUTIVO

Os estudos foram desenvolvidos na poligonal do Lixão da Estrutural e adjacências, incluindo faixas no interior do Parque Nacional de Brasília (situado a leste), faixas no interior da Cidade Estrutural (localizada a sul e a sudoeste) e áreas nas chácaras do Núcleo Rural Cabeceira do Valo (situadas a oeste). Esta área está localizada na porção centro-oeste do Distrito Federal no divisor das bacias dos Ribeirões Vicente Pires e Bananal, respectivamente afluentes dos braços sul e norte do Lago Paranoá.

Os resultados do diagnóstico ambiental mostram que a contaminação das águas subterrâneas é o problema mais crítico associado à antiga operação do Lixão da Estrutural e atual operação da Unidade de Recebimento de Entulhos. Além da contaminação das águas subterrâneas, há ainda a contaminação atmosférica (por particulados e gases de efeito estufa), degradação dos solos e mudança das propriedades geotécnicas dos terrenos adjacentes.

O mapa de distribuição da pluma de contaminação das águas subterrâneas mostra que as condições críticas de contaminação estão confinadas à porção centro-norte do antigo Lixão, ocorrendo a diluição pela entrada de águas de recarga natural e pela atenuação no próprio aquífero freático. A pluma apresenta maior densidade em direção ao Córrego Cabeceira do Valo, em função da presença de material arenoso em subsuperfície e do maior gradiente hidráulico para oeste/sudoeste.

A pluma de chorume migra da porção centro-norte do Lixão para oeste e sudoeste (em direção ao Córrego Cabeceira do Valo) e para leste e sudeste (em direção às nascentes do Córrego Acampamento). Este padrão é obtido considerando-se que o aquífero freático é classificado como um sistema homogêneo e isotrópico, e assim a pluma migra com o próprio fluxo advectivo do aquífero em função do gradiente hidráulico local (a pluma migra perpendicularmente às linhas equipotenciais).

Os resultados mostram que a pluma apresenta baixa concentração em direção ao Parque Nacional de Brasília e à nascente do Córrego Acampamento. Este comportamento é atribuído à maior distância entre os locais de acumulação de resíduos e à presença de materiais argilosos em subsuperfície. Nesse sentido, a faixa de 300 metros de largura situada entre o limite leste do Lixão e o limite do Parque Nacional (denominada “área embargada”) tem um papel fundamental na contenção da pluma em direção à unidade de conservação ambiental.

A determinação dos limites da pluma de contaminação das águas subterrâneas foi obtida pela integração de estudos geofísicos (tomografia elétrica por eletrorresistividade com aplicação do arranjo dipolo-dipolo) com dados de análises hidroquímicas em 26 poços de monitoramento instalados na área do Lixão e adjacências.

Os resultados deste estudo mostram que a pluma ocorre de forma estratificada até cerca de 300 metros da zona de geração do chorume. Quando se afasta do centro produtor a pluma perde sua característica de estratificação vertical e se homogeneiza compondo um corpo saturado único na porção superior da zona saturada do aquífero.



De acordo com os padrões de referência propostos pela Cetesb os solos não apresentaram contaminação. Os teores de metais de transição estão abaixo dos valores de referência em todos os pontos amostrados, os quais, inclusive, consideraram áreas no interior do Lixão e suas adjacências.

Dados de ensaios de sondagens de penetração no solo (do tipo SPT, *Soil Penetration Test*) mostram que nos locais onde o chorume percola com maior concentração há mudanças nas feições geotécnicas naturais do perfil de regolítico, podendo os índices SPT inferiores a seis alcançar mais de 15 metros de profundidade. Dessa forma, a ocupação urbana dessas áreas, principalmente com edificações de maior porte (prédios de três ou quatro pavimentos), deve ser precedida de estudos mais detalhados, com alternativas de fundações específicas para solos moles, argilosos e muito plásticos.

O volume de resíduos acumulados foi obtido com base em análises gravimétricas *ex situ*, resultando em um volume de 26.904.613,05 m³ com uma densidade média de 0,956 g/cm³. Os resultados mostram a seguinte distribuição de resíduos: terra (~ 46%), concreto (~ 25%), madeira (~ 17%), tecido (5%), plástico (~ 4,5%), metais-vidro-papel-pneus (~ 2,5%). A matéria orgânica ocorre intensamente decomposta e integrada à porção classificada como terra.

Três fontes principais são consideradas poluentes atmosféricos na área do Lixão e atual Unidade de Recebimento de Entulhos da Estrutural: i) particulados gerados pelo tráfego de caminhões e máquinas; ii) particulados gerados pela queima de resíduos e incêndios florestais nucleados na área; e iii) gases de efeito estufa (principalmente metano - CH₄ e dióxido de carbono - CO₂) gerados pela decomposição de resíduos orgânicos em ambiente anóxico.

Como resultado integrado do diagnóstico ambiental na poligonal do Lixão da Estrutural e adjacências pode-se afirmar que, apesar de a área ter sido o local de acumulação de resíduos sólidos de todo o Distrito Federal por quase sessenta anos (sem os devidos cuidados protetivos), os passivos ambientais apresentam menor gravidade que o esperado no início da realização dos estudos. Este quadro mostra a resiliência do meio físico da região, além de sua ampla capacidade de atenuação de cargas contaminantes.

Como forma de subsidiar o Governo do Distrito Federal no enfrentamento do passivo ambiental vinculado ao Lixão da Estrutural, pode-se afirmar que os principais pontos a serem considerados são: i) estabilização da pluma de contaminação por chorume (com bombeamento seguido de tratamento ou recirculação do efluente no maciço de resíduos); ii) recuperação das áreas de solos degradados (por revegetação com espécies arbóreas nativas); e iii) definição da destinação adequada da área após encerramento de operação da URE (após saneamento dos passivos ambientais ainda persistentes).





1 INTRODUÇÃO

Este documento é parte dos estudos contratados pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) por intermédio da Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos (Finatec). Os resultados inserem-se nas ações do projeto CITInova “Promovendo cidades sustentáveis no Brasil por meio do planejamento urbano integrado e do investimento em tecnologias inovadoras”, coordenado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma), com recursos do Global Environment Facility (GEF).

Neste relatório técnico são apresentados resultados e avaliações que compõem o diagnóstico de contaminação das águas subterrâneas, das águas superficiais, dos solos, além da proposição do mapa potenciométrico, determinação do modelo conceitual de fluxo e caracterização dos resíduos sólidos.

Os dados utilizados para a confecção do diagnóstico ambiental da área foram todos gerados no decorrer da realização dos estudos, portanto considerados dados primários, os quais são integralmente apresentados no Volume 2 do Produto 3: Apêndices e Anexos.

Para a cartografia dos limites da pluma de contaminação das águas subterrâneas foram integrados dados de estudos geofísicos e de qualidade das águas com base na amostragem direta em poços de monitoramento especificamente instalados para fins de avaliação potenciométrica e hidroquímica. O estudo geofísico foi realizado com base na integração dos resultados de três trabalhos prévios realizados na área, além do levantamento geofísico realizado por este projeto. Os trabalhos existentes são representados pela seguinte literatura: Campos *et al.* (2006); Cavalcanti (2013) e Guedes (2019).

Para a caracterização da contaminação dos solos foram realizadas análises químicas e uma avaliação qualitativa dos diferentes usos das terras nas adjacências da área do Lixão da Estrutural.

O texto está organizado da seguinte forma: apresentação dos resultados da contaminação das águas subterrâneas, qualidade dos recursos hídricos superficiais, mapa potenciométrico, contaminação dos solos e caracterização dos resíduos sólidos. O estudo geofísico, fundamental para a determinação dos limites da pluma de contaminação de chorume, é apresentado em subitem específico no início do diagnóstico de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos. Dados obtidos de amostragens de águas nos poços de monitoramento, integrados com resultados dos estudos geofísicos deverão resultar na proposição do mapa dos limites da pluma de contaminação dos aquíferos freáticos.

O relatório é estruturado em itens sucessivos que, em conjunto, contemplam integralmente o Termo de Referência que norteia os estudos. Inicialmente são apresentados os resultados da contaminação das águas subterrâneas, e para tanto foram integrados dados de estudos geofísicos e hidroquímicos (incluindo a instalação dos poços de monitoramento). Para a determinação do sentido de migração da pluma de contaminação foi confeccionado o mapa potenciométrico do aquífero freático nas imediações da área do Lixão da Estrutural. Com base nos dados de qualidade hídrica dos cursos d’água superficiais que drenam a área de estudo foram caracterizados e classificados os córregos Cabeceira do Valo, Acampamento e Ribeirão Bananal. A contaminação dos solos foi estudada com base nas análises de amostras simples e compostas (em duas profundidades) em pontos no interior do Lixão e em suas vizinhanças. A contaminação atmosférica foi realizada de forma qualitativa, uma vez que não existem dados quantitativos de monitoramento dos poluentes do ar. A quantificação e a caracterização dos resíduos foram realizadas com base nas análises gravimétricas *ex situ*, e o mapeamento de sua distribuição foi alcançado com base no mapeamento de superfície. O modelo conceitual do fluxo de contaminantes foi estabelecido com base nos dados hidráulicos obtidos dos poços de monitoramento (*Slug Test*), dados de ensaios de infiltração *in situ* (anéis concêntricos e *Open end Hole*), além de dados hidroquímicos. As experiências e as práticas de remediação de lixões foram elaboradas com base na literatura técnica e no próximo relatório técnico (Produto 4), no qual serão apresentadas as alternativas consideradas mais adequadas ao caso específico



do Lixão da Estrutural. Por fim, com base em dados de ensaios de penetração no solo foi apresentada a caracterização geotécnica das áreas adjacentes ao Lixão.

A prática de aterrar o lixo é um dos meios mais antigos de disposição de resíduos sólidos e tem sido adotada por séculos. Parte dos resíduos aterrados dá origem ao chorume, um líquido extremamente poluente com odor fétido e coloração escura, resultado da biodegradação da matéria orgânica. Esse efluente é uma das maiores restrições ao descarte de rejeitos diretamente sobre o solo, uma vez que durante a percolação do chorume, desde a zona vadosa até a zona saturada do aquífero, vários compostos químicos e biológicos podem ser transportados e, conseqüentemente, poluir o solo, o aquífero e as águas superficiais.

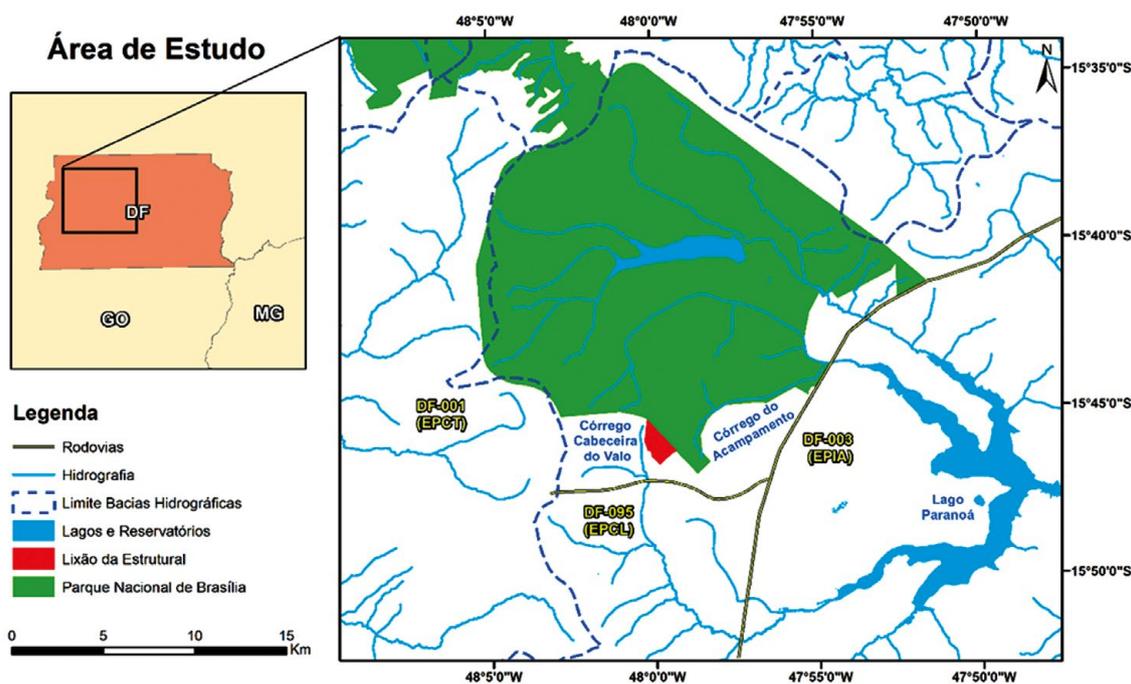
O Distrito Federal conta atualmente com 3.015.268 habitantes (IBGE, 2019), cujos resíduos sólidos foram descartados no Aterro Controlado do Jóquei Clube, popularmente conhecido como Lixão da Estrutural, desde o início da década de 1970 até o início de 2018. A constante atividade antrópica acarretou no aumento do volume desses resíduos, o que resultou em inúmeros problemas ambientais relacionados aos métodos inadequados de disposição e estocagem, provocando a contaminação do solo e das águas subterrâneas.

À vista disso, este trabalho objetiva elaborar um diagnóstico fundamentado, com testes pilotos baseados em tecnologias adequadas para o efetivo controle da contaminação e a remediação dos danos causados.

1.1 LOCALIZAÇÃO

A área de estudo está localizada a oeste de Brasília, sendo delimitada a nordeste pelo Parque Nacional de Brasília (Bacia do Córrego do Acampamento), a oeste pela cabeceira do Ribeirão Vicente Pires (representada pelo Córrego Cabeceira do Valo) e a sul pela DF-095, conhecida como Via Estrutural (Figura 1).

FIGURA 1 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO LIXÃO DA ESTRUTURAL (ANTERIORMENTE DENOMINADO DE LIXÃO OU ATERRO CONTROLADO DO JÓQUEI CLUBE)



1.2 HISTÓRICO

No dia 21 de abril de 1960, durante o governo do presidente Juscelino Kubitschek, foi inaugurada a cidade de Brasília, baseada no plano urbanístico de Lucio Costa. Um projeto arquitetônico moderno e futurista, porém com um planejamento urbano não tão estruturado. A nova capital, como qualquer outra cidade, geraria resíduos, e eles, ao serem coletados, deveriam ser depositados em algum local, porém a gestão dos resíduos sólidos não foi realizada de forma adequada.

Conseqüentemente, foi inaugurada a Usina de Tratamento de Lixo da Asa Sul (UTL), cuja função era separar o lixo que pudesse ser reaproveitado e transformar o lixo biodegradável em composto orgânico. Todavia, o que era rejeitado acabava sendo descartado no Aterro Controlado do Jóquei Clube (CODEPLAN, 1972). Em meados da década de 1980, o Aterro Controlado do Jóquei Clube passou a ser a única localidade oficial destinada ao descarte de resíduos sólidos da região.

A Política Nacional de Meio Ambiente, estabelecida a partir da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 (BRASIL, 1981), veda o descarte de resíduos sólidos em aterros. Subseqüentemente, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, estipulada pela Lei nº 12.305, de 10 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010), determinou que a partir de agosto de 2014 os rejeitos só deveriam ser dispostos em aterros sanitários.

Posteriormente, no dia 2 de abril de 2015 foi criado o Grupo de Trabalho, com base no Decreto nº 36.437/2015 (DISTRITO FEDERAL, 2015), com o objetivo de desenvolver e implementar o Plano de Intervenção no Aterro Controlado do Jóquei Clube, visando dar o correto tratamento e destinação dos resíduos sólidos urbanos provenientes dos serviços contratados pelo Serviço de Limpeza Urbana (SLU, 2015). O Plano de Intervenção passou a ser coordenado pelo Escritório de Projetos Especiais (EPE), instituído pelo governador do Distrito Federal no dia 22 de julho de 2016 (DISTRITO FEDERAL, 2016).

Um dos propósitos do Plano de Intervenção foi elaborar e executar o Plano de Transição a fim de manejar os resíduos sólidos do Distrito Federal até que os centros de triagem previstos estivessem em condições de funcionamento adequadas. Outra questão ponderada foi a garantia das condições de trabalho e sustento para os catadores de matérias recicláveis durante o processo de encerramento das atividades do Aterro Controlado do Jóquei Clube, que teve suas atividades encerradas no dia 20 de janeiro de 2018.

Concomitantemente à instalação do aterro, algumas pessoas vislumbraram uma oportunidade de sustento proporcionada pela coleta de materiais recicláveis. Por conseguinte, a invasão das terras públicas deu origem à Vila Estrutural, hoje reconhecida como Cidade Estrutural.

Em 1º de fevereiro de 2002, foi publicada a Lei Complementar nº 530, que declara a área da Estrutural como Zona Habitacional de Interesse Social e Público (ZHISP), estabelecendo uma faixa de tamponamento de 300 metros entre o assentamento e o Parque Nacional de Brasília (DISTRITO FEDERAL, 2002).

A Cidade Estrutural, somada à Cidade do Automóvel, constitui o Setor Complementar de Indústria e Abastecimento (SCIA), que até então era vinculado à Região Administrativa do Guará (RA X). Só em 27 de janeiro de 2004, com a publicação da Lei nº 3.315/2004, o SCIA passou a constituir a Região Administrativa do SCIA (RA XXV) (DISTRITO FEDERAL, 2004).



2 TRABALHOS ANTERIORES

Os principais trabalhos consultados como base deste estudo incluem: Araújo (1996); Franco (1996); Santos (1996); Abreu (2001); Carneiro (2002); Campos *et al.* (2006); Campos (2007); Cavalcanti (2011); Barbosa (2014) e Guedes (2019), relacionados à geologia, à hidrogeologia, à geomorfologia, à assinatura geofísica do chorume, à caracterização química do lixiviado do lixo e à delimitação e à caracterização da pluma de contaminação causada pelo aterro.

2.1 ARAÚJO (1996)

A dissertação de mestrado de Ricardo Natal Gonçalves de Araújo (1996) foi dedicada à caracterização química do lixiviado do lixo e apresenta os seguintes resultados principais:

- análise da qualidade das águas com base na amostragem de 12 poços de monitoramento e de sete cisternas, além de coletas de amostras de águas nos córregos Cabeceira do Valo e Acampamento;
- levantamento topográfico de poços e cisternas visando a uma maior precisão do comportamento da pluma de contaminação;
- monitoramento por um período de oito meses, de setembro de 1995 a abril de 1996, dos níveis e da qualidade das águas;
- foram determinados 22 elementos, quatro compostos, além de medições de condutividade, sólidos totais dissolvidos e pH, num total de 2.200 determinações;
- foi concluído que o depósito de lixo provoca aumento da mineralização das águas subterrâneas nas vizinhanças do aterro, com a condutividade elétrica das águas variando de 3,7 a 1.300 $\mu\text{S}/\text{cm}$;
- os compostos e os elementos amônia, cloreto, nitrato, fósforo, manganês, magnésio e cálcio contribuem para o aumento da condutividade das águas subterrâneas na região;
- a amônia e o cloreto são os melhores indicadores de poluição pelo lixo;
- a propagação lateral dos contaminantes é muito localizada, não alcançando mais de 100 metros a partir dos centros de deposição do lixo;
- não foi detectada contaminação dos córregos pelos componentes presentes no nível freático;
- foi observado que a elevação da superfície freática provoca aumento da mineralização das águas devido ao maior aporte e à migração lateral de chorume.

2.2 FRANCO (1996)

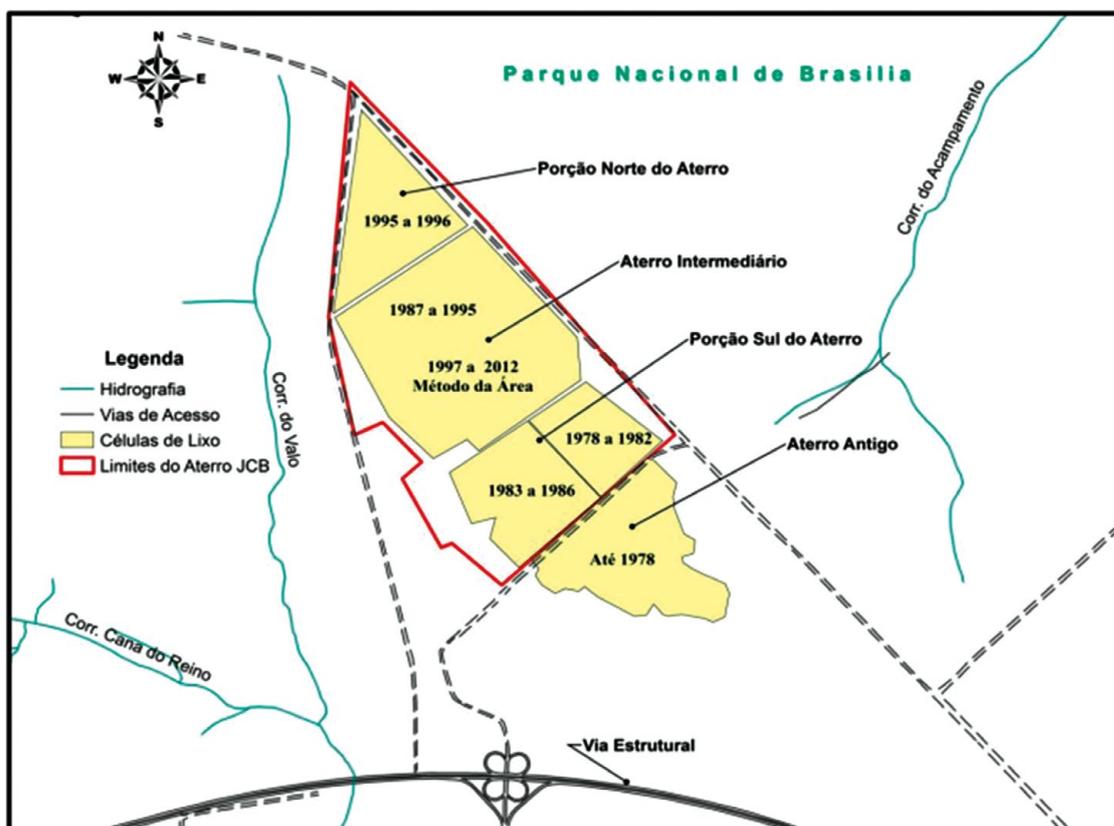
Heitor de Araújo Franco (1996), em sua dissertação de mestrado, estudou a pluma de contaminação e seus limites com base na integração de métodos geofísicos (sondagem elétrica vertical, perfilagem eletromagnética, sondagem magnetotelúrica, gradiometria magnética e sísmica de refração) e alcançou os seguintes resultados principais:

- em função da pequena espessura da camada de lixo e do pequeno comprimento do arranjo de geofones, apenas a profundidade do nível freático pôde ser determinada pelo método sísmico;
- a análise de perfis e mapas de contorno da intensidade do campo magnético medida nos sensores superior e inferior, bem com a diferença entre eles, foi utilizada para diferenciar a área onde há lixo enterrado da área de cerrado preservado;

- a gradiometria magnética delimitou muito bem a interface aterro/cerrado, evidenciando uma grande sensibilidade do equipamento quando se passa de um meio para outro;
- os dados de eletrorresistividade, perfilagem eletromagnética e química aquática revelaram que há uma pluma de contaminação rasa a partir da área do aterro em direção ao Parque Nacional de Brasília, sem, contudo definir seu limite;
- a sondagem magnetotélúrica constatou a possibilidade de os contaminantes atingirem as águas subterrâneas profundas caso o solo não os retenha.

O trabalho também apresentou o histórico da acumulação de resíduos com base em informações publicadas e análises de fotografias aéreas (Figura 2).

FIGURA 2 – HISTÓRICO DA ACUMULAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO LIXÃO DA ESTRUTURAL OU LIXÃO DO JÓQUEI CL



Fonte: FRANCO, 1996

2.3 SANTOS (1996)

A dissertação de mestrado de Paulo César Vieira dos Santos (1996) teve como objetivo desenvolver um sistema de coleta de amostra de água na zona não saturada, monitorar a qualidade da água no aterro controlado do Jockey Club e elaborar ensaios de laboratório de amostras de solo retiradas do local.

Para a coleta de amostra de água na zona não saturada foi idealizado um primeiro sistema, que se deparou com muitos problemas na prática e chegou a ser inviabilizado. Após isso, a solução definitiva foi o Sistema de Pedra Porosa, o qual utiliza uma pedra porosa que suporta pressão de bombeamento na faixa de 100 KPa acoplado a uma bomba manual de sucção, impedindo assim a passagem de resíduos sólidos pelo equipamento. A instalação do equipamento na zona não saturada foi feita a partir da perfuração a seco, ultrapassando a camada de lixo no solo. Com a aplicação de pressão na coleta de amostras, alcançou-se comumente de 20 a 200 ml de amostra em 24 horas.

Os ensaios de solo mostraram que este é predominantemente argiloso, mas, apesar disso, sua permeabilidade é moderada a alta, com valores da escala de 10^{-6} m/s. Isso é explicado pela estruturação granular e grumosa do solo, que causou uma porosidade superior a 40%.

Em relação à produção de chorume, notou-se que esta é incrementada com o aumento das chuvas, sendo comprovado que entre os meses chuvosos de dezembro e maio ocorre a maior produção de chorume, e entre os meses de julho e setembro a produção é muito menor.

As análises químicas do percolado de chorume mostraram um pH de tendência alcalina, com elevadas concentrações de amônia. Além disso, em geral, há moderadas concentrações para os elementos Cd, Fe, Mn, Ni, e P, além de concentrações baixas de Cu, Cr, Zn, Mg e Ca, e extremamente baixas de Ge, La, Mo, Ce, Y, Sr, Ti, V, Co, Ba, Be e Zr.

2.4 PEREIRA ET AL. (1997)

O trabalho de Pereira *et al.* (1997) apresenta vários resultados com relação à região do aterro, com destaque para a caracterização dos solos, em que são definidos quatro tipos de solos:

- solo residual laterítico, representado por latossolo vermelho com textura muito argilosa, variação de espessura de 10 a 15 metros e condutividade hidráulica variável de 10^{-6} a 10^{-7} m/s;
- solo laterítico coluvionar, com textura argilosa a muito argilosa, variação de espessura de 15 a 25 metros e condutividade entre 10^{-6} e 10^{-8} m/s;
- cascalho laterítico, representado por um horizonte petroplântico de coloração marrom e aspecto concrecionário, que representam zonas de antiga oscilação do nível freático;
- solo saprolítico de ardósia e quartzito, com condutividade hidráulica respectivamente de 10^{-8} m/s e 10^{-5} m/s.

2.5 JUNQUEIRA (2000)

A tese de doutorado de Fernando de Faria Junqueira (2000), intitulada *Análise do comportamento de resíduos sólidos urbanos e sistemas filtro-drenantes em diferentes escalas, com referência ao Aterro do Jockey Club-DF*, é um trabalho de pesquisa com grande contribuição ao conhecimento na região do Lixão da Estrutural. A pesquisa apresenta um levantamento de literatura sobre o meio físico da região, sobre as características químicas do chorume, vazões de produção de chorume, além de construir e monitorar vários experimentos de células filtrantes em diferentes escalas.

Dois experimentos são destacados: Célula Membrana Areia (CMA) e Célula Membrana Geocomposto (CMG). Essas células foram diretamente preenchidas por lixo com compactação, o que resultou na densidade de $0,7 \text{ t/m}^3$. Além das células, também foram produzidas caixas experimentais de aterros, com compactação que resultou na densidade de $0,3 \text{ t/m}^3$ nesses sistemas.



O trabalho apresentou a caracterização gravimétrica dos resíduos oriundos das cidades do Gama e de Sobradinho, respectivamente, com as seguintes proporções: papel - 12,4% e 9,9%; papelão - 12,8% e 10,1%; plástico fino - 10,9% e 13,5%; plástico duro - 6,7% e 7,8%; matéria orgânica - 47,5% e 46,6%; latas - 4,14% e 3,1%; e outros - 5,6% e 9,0%.

Ao longo do desenvolvimento da pesquisa, a composição do chorume foi monitorada com base na análise de diferentes parâmetros: pH, nitrato, amônia, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio e cloreto.

As seguintes conclusões deste trabalho podem ser destacadas:

- a impermeabilização das células experimentais alcançaram os resultados esperados, uma vez que a decomposição dos resíduos se deu em ambiente anaeróbico, isto é, a impermeabilização restringiu a entrada de ar atmosférico para o interior das células;
- a impermeabilização do fundo das células CMA e CMG funcionou de forma satisfatória, no sentido de não permitir a infiltração do chorume no solo subjacente;
- os sistemas de drenos de chorume associados às células CMA e CMG funcionaram de formas distintas. O dreno sintético libera o chorume de forma imediata, enquanto no filtro de areia há um retardo na liberação do chorume;
- o resíduo depositado nas células experimentais sofre recalques sucessivos em razão da transformação da matéria orgânica em gases e líquidos;
- o volume de chorume gerado é condicionado pela sazonalidade climática. Nos períodos secos do ano há redução significativa da produção do percolato de lixo, e nos picos do período chuvoso há aumento. A compactação do lixo no aterro é outro fator que determina o volume de produção de chorume: quanto maior a compactação, menor a produção de chorume;
- a composição do chorume muda sensivelmente quando analisados os percolados das células CMA, CMG e das caixas de aterros. A variação é decorrente do tempo de permanência do chorume em contato com o lixo e da densidade do aterro final. Independentemente do tipo de experimento, os valores das substâncias químicas foram elevados, com destaque para: cloretos, nitrogênio na forma de amônia e nitrato, demanda química de oxigênio e demanda bioquímica de oxigênio.

2.6 ABREU (2001)

A dissertação de mestrado de Feliciano de Abreu (2001) objetivou definir a possível interferência da pluma de contaminação do Lixão na contaminação das piscinas do Parque Nacional de Brasília (Água Mineral de Brasília). Os principais resultados desta pesquisa são:

- foram realizados o acompanhamento e a avaliação da qualidade da água subterrânea junto à nascente do Córrego do Acampamento como forma de detectar uma possível contaminação provocada pelo aterro do Jóquei Clube;
- para a realização dos estudos foram instalados poços de monitoramento que permitiram, também, uma melhor avaliação do perfil de solos do local;
- foram coletadas amostras de água nas fontes, nos poços e nos cursos de água da área próxima às fontes e instalado um pluviômetro na área do parque para o acompanhamento dos índices pluviométricos;
- os estudos realizados indicam que a principal fonte de contaminação das águas da fonte é a infiltração das águas de escoamento superficial, que carrega os contaminantes para o aquífero;

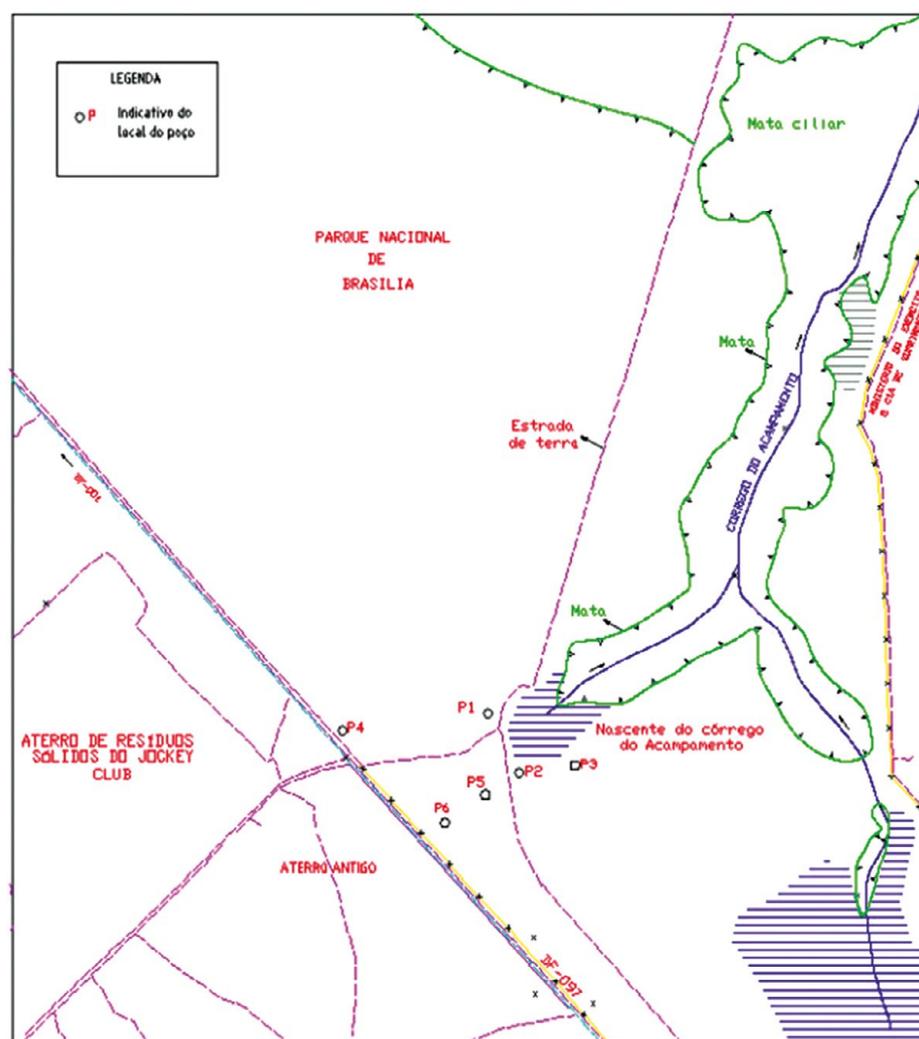


- devido à pequena profundidade do nível freático próximo à fonte que alimenta a piscina, o aquífero é pouco protegido, e a ocorrência de eventos de contaminação das águas da fonte é observada após eventos de precipitação;
- a contaminação da nascente do Córrego do Acampamento não está vinculada à pluma de contaminação do Aterro do Jockey Clube (Lixão da Estrutural).

O trabalho de Abreu (2001) foi pioneiro na instalação de poços de monitoramento. Os trabalhos anteriores utilizaram poços existentes na região (em geral cisternas para bombeamento de água utilizada em irrigação de pequenas culturas). A Figura 3 mostra a disposição dos poços instalados por ocasião do desenvolvimento deste trabalho (com profundidade máxima de 8,9 metros), e as Tabelas 1 e 2 mostram resultados analíticos como exemplo dos resultados obtidos por Abreu (2001).

Os resultados apresentados na Tabela 1, que representam valores reduzidos das substâncias avaliadas, mostram que o poço 5 apresenta profundidade insuficiente, pois, como a pluma de chorume é densa, esta tende a migrar verticalmente, e para que os poços alcancem seu topo devem ter profundidades maiores. Poços rasos permitem a obtenção de amostras de águas de chuva que se infiltram para a recarga dos aquíferos intergranulares locais.

FIGURA 3 – MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS POÇOS DE MONITORAMENTO INSTALADOS COM AUXÍLIO DE TRADO MANUAL



Fonte: ABREU, 2001

TABELA 1 – RESULTADOS ANALÍTICOS DE AMOSTRAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA COLETADAS NO POÇO 5

PARÂMETRO / COLETA	13/SET/00	02/OUT/00	15/FEV/01	21/MAR/01
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	14,2	14,3	9,3	8,7
STD (ppm)	9,8	9,9	6,5	6,1
pH	6,17		4,87	5,41
Turbidez (uT)		0,485		0,174
Nitrogênio Amoniacal - mg N (NH_3) / L		0,03	0	- 0,01
Nitrito - mg N (NO_2) / L				0,004
Nitrato - mg N (NO_3) / L	0	0	0	0
Cloreto (mg/L)	0,8	0,3		0,4
Coliforme Total (NMP/100ml)		10,9	0	
Escherichia Coli (NMP/100ml)		0	0	

Fonte: ABREU, 2001

TABELA 2 – RESULTADOS ANALÍTICOS DE AMOSTRAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA COLETADAS NA NASCENTE DO CÓRREGO DO ACAMPAMENTO

PARÂMETRO / COLETA	20/JUL/00 (AMOSTRA 1)	20/JUL/00 (AMOSTRA 2)
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	5,4	4,6
STD (ppm)	–	–
pH	4,8	5,3
Turbidez (uT)	–	–
Nitrogênio Amoniacal - mg N (NH_3) / L	–	–
Nitrito - mg N (NO_2) / L	0,004	0,003
Nitrato - mg N (NO_3) / L	0 (ausente)	- 0,1
Cloreto (mg/L)	- 0,7	- 0,3
Coliforme Total (NMP/100ml)	114,5	0 (ausente)
Escherichia Coli (NMP/100ml)	53,7	4,1

Fonte: ABREU, 2001

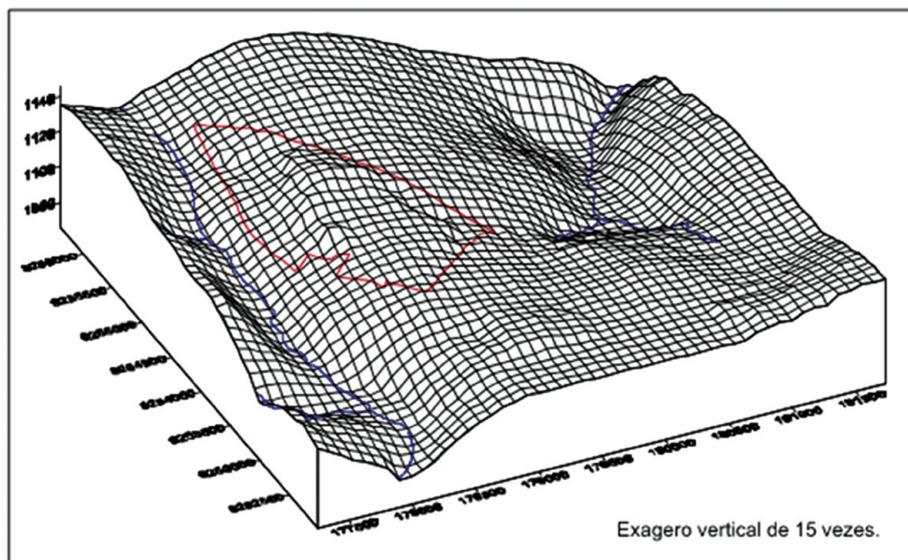
2.7 CARNEIRO (2002)

A dissertação de mestrado de Gustavo Antônio Carneiro (2002) teve como objetivo caracterizar a contaminação das águas subterrâneas na região do aterro do Jóquei Clube e adjacências por meio de análises da qualidade da água. Além disso, a realização de modelagens matemáticas, que permitiram a simulação do fluxo subsuperficial e do transporte de contaminantes no meio poroso, bem como a projeção de cenários futuros.

Na campanha de amostragem da pesquisa foram utilizados 11 poços rasos de monitoramento no Parque Nacional de Brasília, um poço no interior do aterro e 14 cisternas nas regiões habitadas, além de três pontos para coleta de água no Córrego Cabeceira do Valo e um na nascente do Córrego do Acampamento. Para as modelagens foram utilizados os *softwares* Help, Modflow, Modpath e Spring, com uso de *grid* regular mostrado na Figura 4.



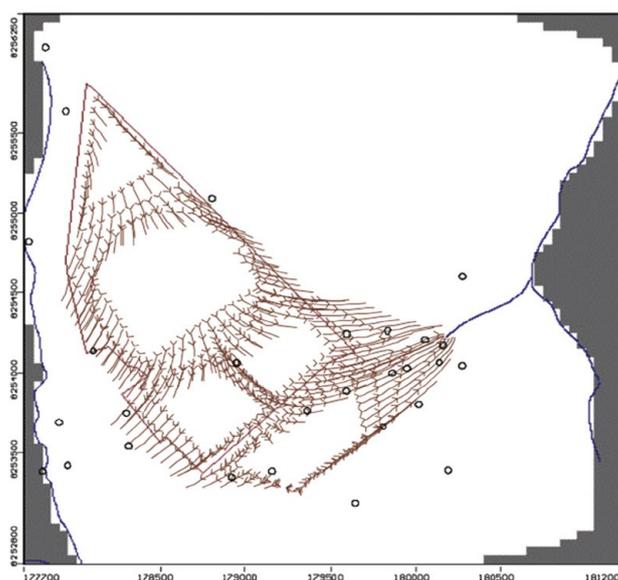
FIGURA 4 – GRID DE DISTRIBUIÇÃO DOS ELEMENTOS APLICADOS À MODELAGEM MATEMÁTICA NA REGIÃO DO LIXÃO DA ESTRUTURAL



Fonte: CARNEIRO, 2002

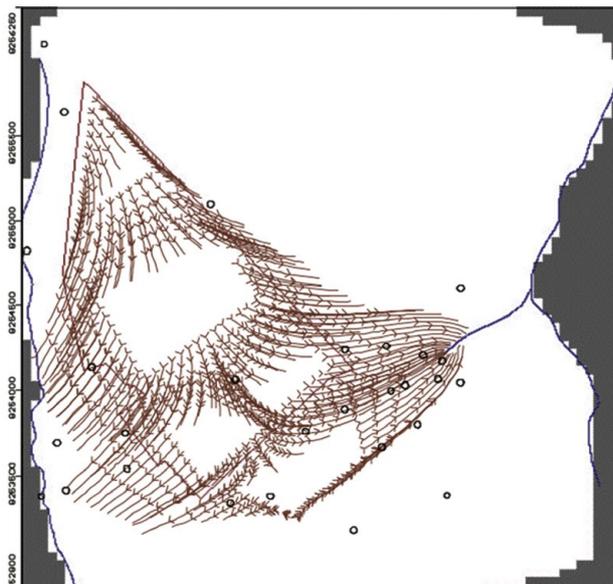
Como resultado da campanha de qualidade da água e das modelagens matemáticas, foram observadas duas frentes de contaminação das águas subterrâneas: uma em direção à nascente do Córrego do Acampamento e outra em direção ao Córrego Cabeceira do Valo (Figura 5). Dentre os parâmetros analisados, a amônia, o cloreto, a DQO e a condutividade elétrica mostraram-se bons indicadores de contaminação, exibindo mais altas respostas no poço localizado no interior do aterro. As simulações de cenários futuros para os anos de 2010 (Figura 5), 2030 (Figura 6) e 2050 apontam a seriedade do problema, que tende a se agravar com o passar dos anos.

FIGURA 5 – MAPA DE SENTIDO DE FLUXO MOSTRANDO QUE A PLUMA SE DIVIDE PARA LESTE E OESTE RESPECTIVAMENTE EM DIREÇÃO AO CÓRREGO DO ACAMPAMENTO E AO CÓRREGO CABECEIRA DO VALO. MODELO PREVISIONAL PARA O ANO DE 2010



Fonte: CARNEIRO, 2002



FIGURA 6 – MODELO PREVISIONAL PARA O ANO DE 2030

Fonte: CARNEIRO, 2002

2.8 CAMPOS ET AL. (2006)

O relatório do estudo desenvolvido por José Eloi Guimarães Campos e colaboradores definiu uma delimitação com precisão dos limites do Aterro do Jóquei Clube, e, de forma preliminar, os aspectos geotécnicos locais, correspondendo a área do estudo ao antigo aterro, com deposição de lixo anterior a 1992. Na época da deposição desse lixo não houve controle algum em relação à delimitação de áreas de acumulação de resíduos, tampouco foram feitos mapas de controle.

Os métodos de perfuração utilizados no trabalho foram: sondagem com ensaio SPT, sondagem mecânica helicoidal e sondagem manual a trado. No ensaio SPT são utilizados tubos cravados no solo a partir de quedas sucessivas de martelo, inferindo a resistência geotécnica. Na sondagem mecânica helicoidal é utilizado um caminhão perfuratriz rotativo autopropulsionado para atravessar o solo. A sondagem manual a trado foi utilizada em locais inacessíveis aos outros equipamentos.

Com base nos dados das sondagens, um novo limite do aterro foi definido a partir da junção de áreas com presença de lixo no solo. O limite do aterro foi sensivelmente inferior ao inferido por Franco (1996), passando de 4.638 ha para 3.749 ha.

A observação do material retirado pelas sondagens levou à divisão dos resíduos em quatro tipos: lixo orgânico, lixo inorgânico, lixo composto e restos de obra (aterro). Foram feitos 109 furos mecânicos e 16 furos manuais.

A partir das sondagens foi possível concluir que a porção do solo com presença de lixo possui alta penetrabilidade e heterogeneidade, podendo gerar risco geotécnico a obras civis instaladas na região. A instabilidade causada pode ser contornada se as fundações de futuras obras de habitação coletiva forem profundas, atravessando todo o limite do lixo. Além disso, as fundações devem ser impermeabilizadas a fim de evitar a corrosão causada pela água subterrânea devido à mistura com o chorume.

Por sua vez, a porção externa do aterro apresenta condições geotécnicas semelhantes ao resto do Distrito Federal, com pouco risco geotécnico.



2.9 CAMPOS (2007)

O relatório de José Eloi Guimarães Campos (2007) delimitou e caracterizou a pluma de contaminação de chorume produzida pelo lixo doméstico despejado no Aterro do Jóquei Clube, além de representar um laudo técnico para o licenciamento ambiental, possibilitando a definição da ocupação urbana de parte da área.

Há uma ampla variedade composicional do chorume na área, e a concentração também varia. Porém, os locais de maior contaminação são as zonas de acumulação de lixo, com diminuição progressiva das substâncias dissolvidas, com sua migração para áreas distantes no núcleo de acumulação de resíduos.

A água subterrânea contaminada sofre aumento significativo no seu pH e nos teores de elementos e substâncias dissolvidas. Os principais elementos e substâncias responsáveis pela mineralização do chorume são: potássio, cloreto, cálcio, magnésio e nitrato.

Por meio dos furos das sondagens geotécnicas foram coletadas amostras de água de maiores profundidades. Essas amostras mostraram que enquanto em profundidades rasas o chorume se apresentava alcalino, em maiores profundidades ele era fortemente ácido. Além disso, a pluma de contaminação aumenta em maiores profundidades, provavelmente por causa da alta densidade do chorume.

Utilizando informações hidrodinâmicas dos aquíferos locais, foi realizado um cálculo preliminar, estimando-se a velocidade média do fluxo de contaminação da pluma em 22 metros por ano. A relativa contenção da pluma é causada pela baixa condutividade hidráulica local de seus solos com textura muito argilosa, além do pequeno gradiente hidráulico e a retenção de parte da carga contaminante.

Em outro resultado do trabalho obtém-se que para minimizar ao máximo os riscos de contaminação para as populações assentadas os aquíferos locais não devem ser utilizados para nenhuma atividade.

A pluma de contaminação tem maior expansão em direção ao Parque Nacional de Brasília. Para a minimização da expansão da pluma, devem ser impermeabilizadas áreas do aterro antigo, intermediário e recente, e as águas acumuladas nesse processo devem ser infiltradas em trincheiras de recarga para diluir a pluma. Além disso, deve-se paralisar a acumulação de lixo e fechar a área.

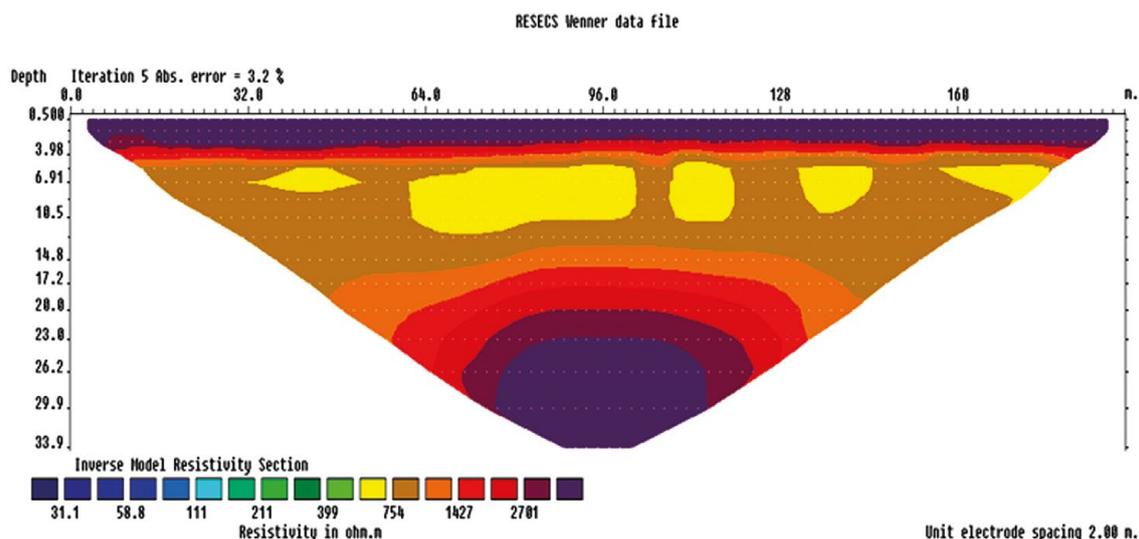
2.10 HOLGER (2011)

O trabalho de Reiner Stollberg Holger (2011), intitulado *Municipal waste disposal Lixão do Jóquei, Brasília, Distrito Federal do Brasil: site investigation, groundwater monitoring and hydrochemical analysis*, objetivou determinar os limites da pluma de contaminação baseado em estudos geofísicos, com auxílio do método de eletrorresistividade com arranjo dipolo-dipolo.

Foram realizadas sete linhas de geofísica, sendo duas no interior da área do Parque Nacional de Brasília (em áreas reconhecidamente sem presença de chorume) e cinco nas adjacências do aterro. As Figuras 7 e 8 mostram exemplos de resultados obtidos.

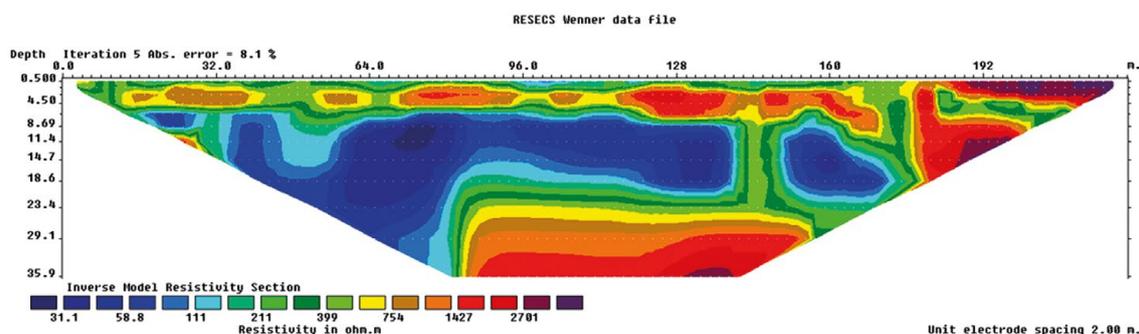
Como não foi possível coletar dados nas áreas externas, foi inviável determinar a projeção da pluma de chorume, principalmente para o interior do Parque Nacional de Brasília.

FIGURA 7 – EXEMPLO DA SEÇÃO GEOFÍSICA 7 MOSTRANDO REGIÃO SEM A PRESENÇA DA PLUMA DE CHORUME. TODA A ÁREA INVESTIGADA APRESENTA ALTA RESISTIVIDADE. SEÇÃO SITUADA NO INTERIOR DO PARQUE NACIONAL DE BRASÍLIA EM LOCAL DISTANTE DOS LIMITES DO LIXÃO



Fonte: resultado obtido no Projeto Iwas/UnB/Caesb (HOLGER, 2011)

FIGURA 8 – EXEMPLO DA SEÇÃO GEOFÍSICA 3 MOSTRANDO A REGIÃO DE OCORRÊNCIA DA PLUMA DE CHORUME EM PROFUNDIDADE. AS FAIXAS DE BAIXA RESISTIVIDADE INDICAM A PRESENÇA DE ÍONS NO PERCOLADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS. SEÇÃO SITUADA NO LIMITE ENTRE O DEPÓSITO ATUAL E O LIXO ANTIGO



Fonte: resultado obtido no Projeto Iwas/UnB/Caesb (HOLGER, 2011)

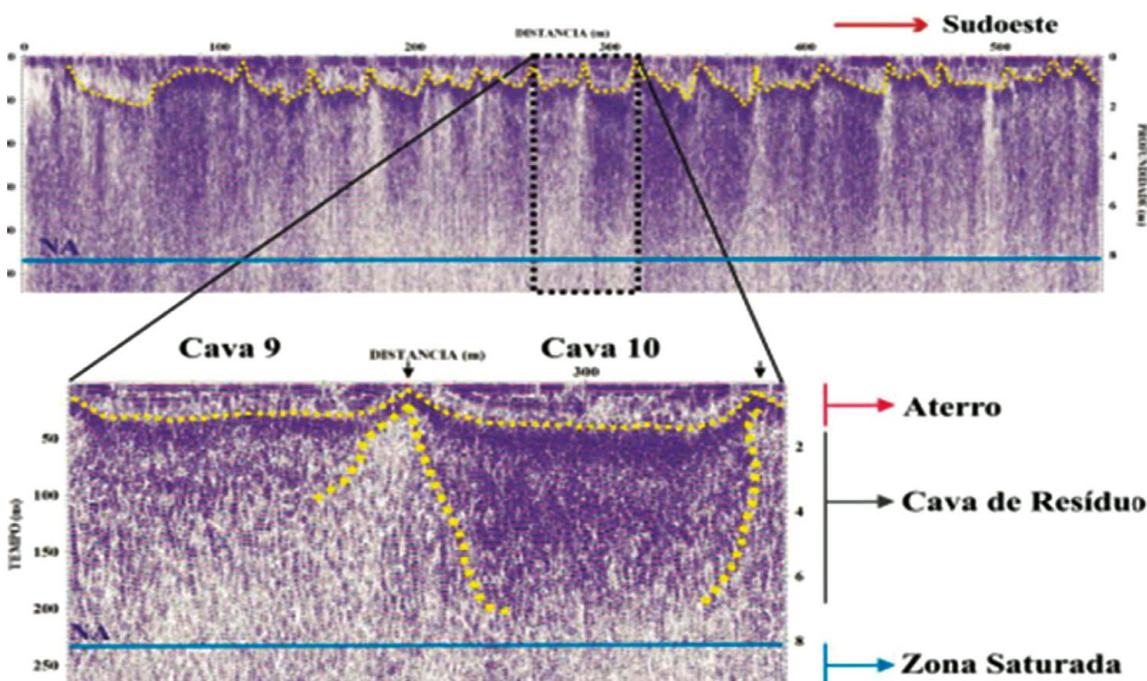
2.11 CAVALCANTI (2013)

A dissertação de mestrado de Márcio Maciel Cavalcanti (2013) investigou a evolução da pluma de contaminação causada pelo Aterro Controlado do Jôquei Clube, além de delimitá-la com base em métodos geofísicos elétricos do tipo *Ground Penetrating Radar* (GPR) e Eletrorresistividade 2D.

Os métodos geoeletricos têm forte aplicação em casos de contaminação de chorume devido ao forte contraste de resistividade e condutividade causado pela presença do lixiviado. O chorume exibe características de baixa resistividade e alta condutividade no local de sua contaminação.

O primeiro método empregado no estudo foi o GPR, com uma antena blindada de 200 MHz. A velocidade média de propagação da onda eletromagnética foi de 0,07 m/ns, sendo possível atingir uma profundidade de 9,45 metros. O GPR mostrou uma forte atenuação do sinal eletromagnético na presença de contaminação pelo choro e grande ocorrência de refletores descontínuos de alta amplitude por conta de resíduos sólidos enterrados relacionados a lixo e entulho descarregados no local. O GPR também pôde mostrar com maior clareza os locais de antigas cavas onde se depositava e enterrava o lixo (Figura 9).

FIGURA 9 – EXEMPLO DE RESULTADO OBTIDO COM USO DO RADAR DE PENETRAÇÃO NO SOLO, COM INDICAÇÃO DE CAVA DE RESÍDUO

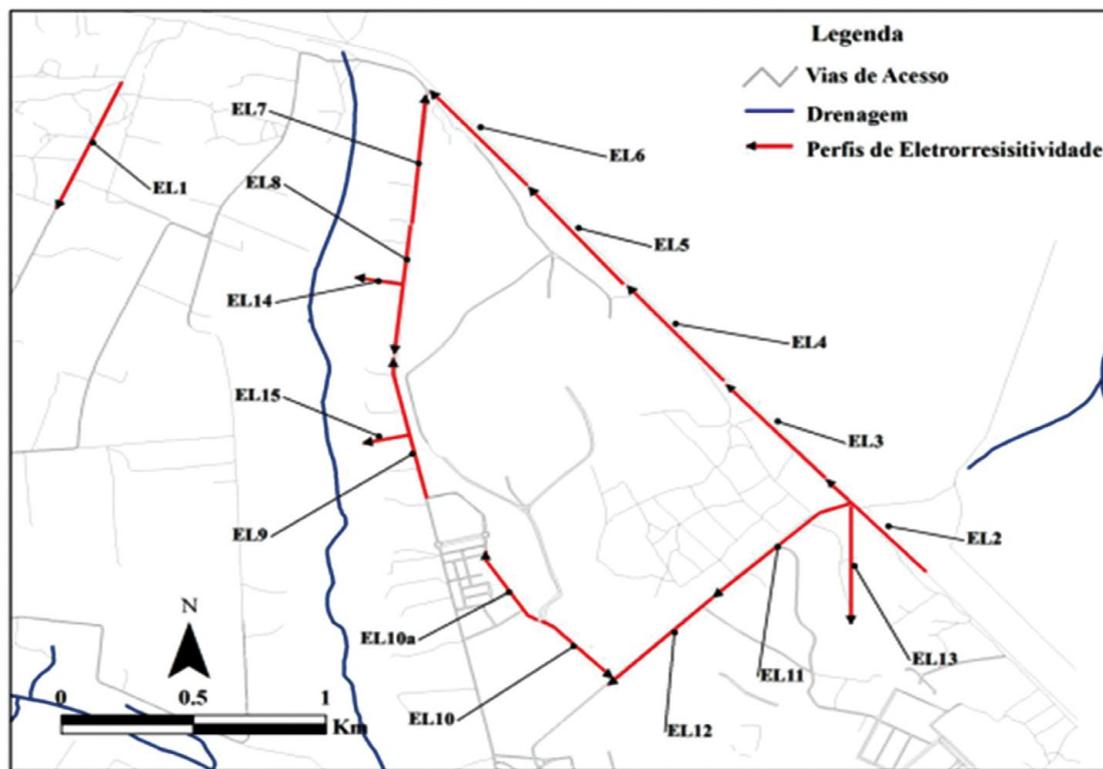


Fonte: CAVALCANTI, 2013

Quinze seções de aquisição de eletrorresistividade foram levantadas nos limites externos do aterro utilizando-se técnicas de caminhada elétrica e arranjo dipolo-dipolo (Figura 10). As seções de eletrorresistividade mostraram contaminação em todo o limite do aterro, de acordo com a baixa resistividade exibida, com grandes zonas de solo/saprólito contaminado a levemente contaminado (Figura 11).

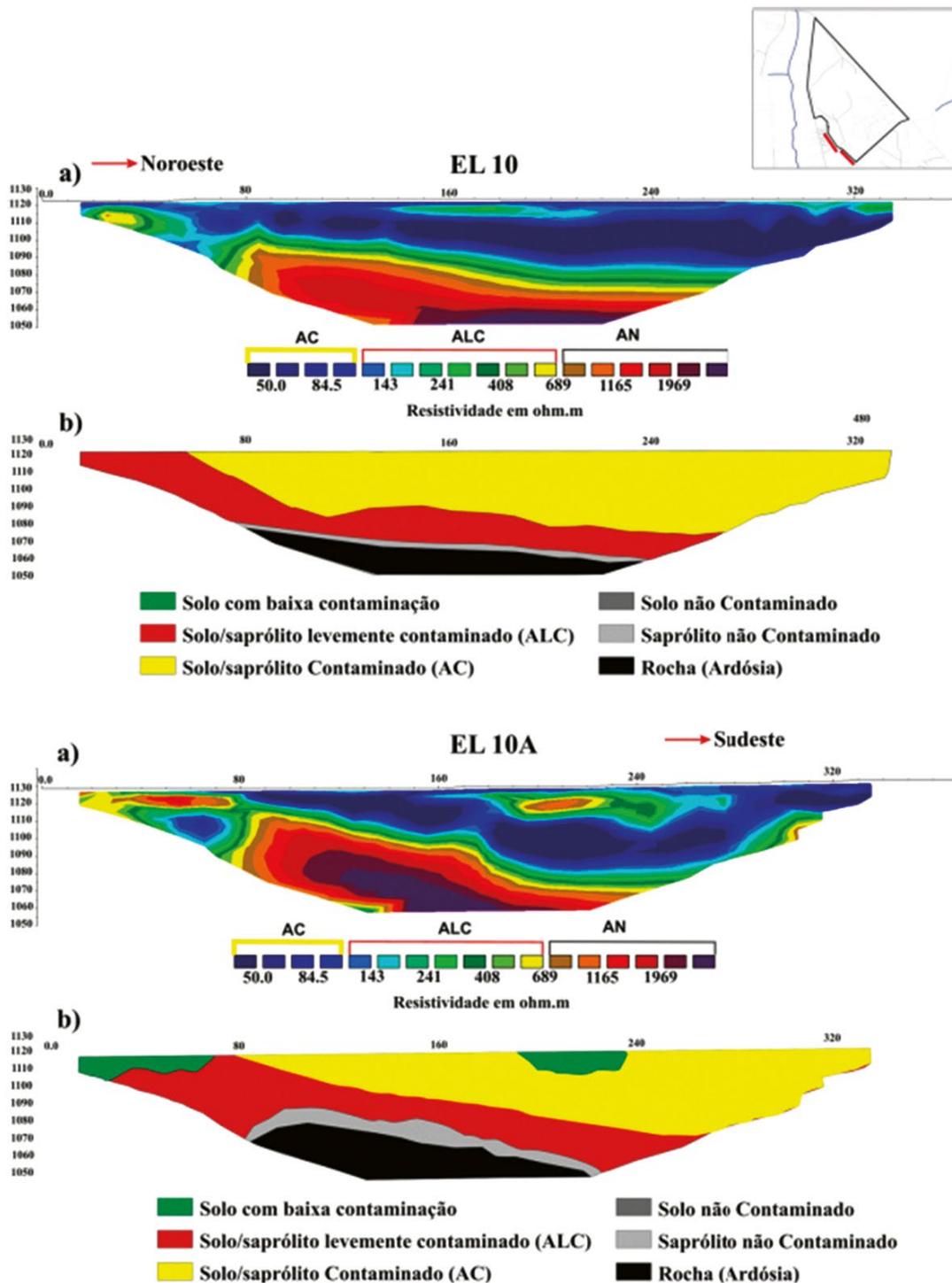


FIGURA 10 – DISTRIBUIÇÃO DAS SEÇÕES GEOFÍSICAS (TOMOGRAFIA ELÉTRICA POR ELETRORRESISTIVIDADE) REALIZADA NOS LIMITES DA ÁREA DO LIXÃO DA ESTRUTURAL



Fonte: CAVALCANTI, 2013

FIGURA 11 – EXEMPLOS DE SEÇÕES GEOFÍSICAS INTERPRETADAS QUE FORAM LEVANTADAS NA PORÇÃO SUDOESTE DA ÁREA DO LIXÃO DA ESTRUTURAL



Fonte: CAVALCANTI, 2013

2.12 BARBOSA (2014)

A monografia de graduação apresentada por Laila Queiroz Barbosa (2014), intitulada *Remediação de área degradada por resíduos sólidos urbanos: estudo do caso Jóquei Clube de Brasília-DF*, teve como alvo a proposição de ações para a remediação da área degradada pelo Lixão da Estrutural.

A poligonal do Lixão da Estrutural foi classificada como área contaminada sob intervenção, uma vez que a contaminação com concentrações de substâncias químicas no solo e nas águas subterrâneas acima dos valores de referência já foi previamente determinada, sendo necessárias intervenções para remediação.

O trabalho mostra que a área de disposição de resíduos é um divisor hidrográfico, de forma que os efluentes migram para leste (em direção às nascentes do Córrego do Acampamento) e para oeste (em direção ao curso do Córrego Cabeceira do Valo, afluente direto do Ribeirão Vicente Pires).

Dentre as ações de intervenção, são enumeradas as seguintes técnicas que podem ser aplicadas para a mitigação do impacto ambiental na região:

- barreiras verticais do tipo parede diafragma plástica, com o intuito de conter a propagação da pluma aos corpos hídricos e evitar a contaminação das águas subterrâneas por meio do impedimento de fluxos horizontais de água contaminada do material isolado para o solo adjacente;
- células impermeáveis na porção norte e sul (nas células mais antigas do Lixão) – consiste na impermeabilização das células com o uso de geomembranas – no eixo horizontal ao fundo com o intuito de homogeneizar a topografia por meio do processo de codisposição, intercalando os resíduos velhos e os resíduos novos, criando células com a mesma altura observada no alto topográfico, causado pela disposição na região intermediária, dando continuidade à área para a disposição de resíduos;
- barreira hidráulica constituída por poços verticais de bombeamento e ponteiras filtrantes, que são instalados ao longo de uma linha, geralmente no limite da pluma de contaminação ou dentro da própria pluma, alterando seu fluxo e tratando o líquido bombeado;
- atenuação natural monitorada, que consiste na resposta natural de sistemas hidrológicos à contaminação, envolvendo processos físicos, químicos e biológicos que, sob condições favoráveis, agem sem intervenção humana, reduzindo massa, toxicidade, mobilidade, volume ou concentração de contaminantes no solo ou nas águas subterrâneas com o tempo ou distância da fonte.

2.13 MONTEIRO FILHO (2018)

A dissertação de Arthur Monteiro Filho (2018) foi intitulada *Hibridização de gás confinado em depósitos de resíduo sólido urbano com heliotérmica para geração de energia – o caso do Lixão da Estrutural no DF*.

O trabalho apresenta os seguintes resultados com relação ao Lixão da Estrutural:

- a geração de energia elétrica de forma consorciada entre a tecnologia solar térmica e o uso do gás gerado pela decomposição dos resíduos pode ser vantajosa do ponto de vista ambiental;
- o campo solar pode aumentar a eficiência da geração térmica pela queima do gás, minimizando os efeitos da liberação do metano produzido. Mesmo com a produção de CO₂ pela queima do hidrocarboneto ainda há vantagem, pois o CO₂ é menos nocivo à atmosfera que o metano;
- é necessário conhecer melhor o maciço de resíduos sólidos para que se possa prever a produção dos gases;



- devem-se testar diferentes configurações de usinas heliotérmicas para verificar a eficiência da hibridização entre energia solar e energia produzida pela combustão do gás produzido pelo aterro.

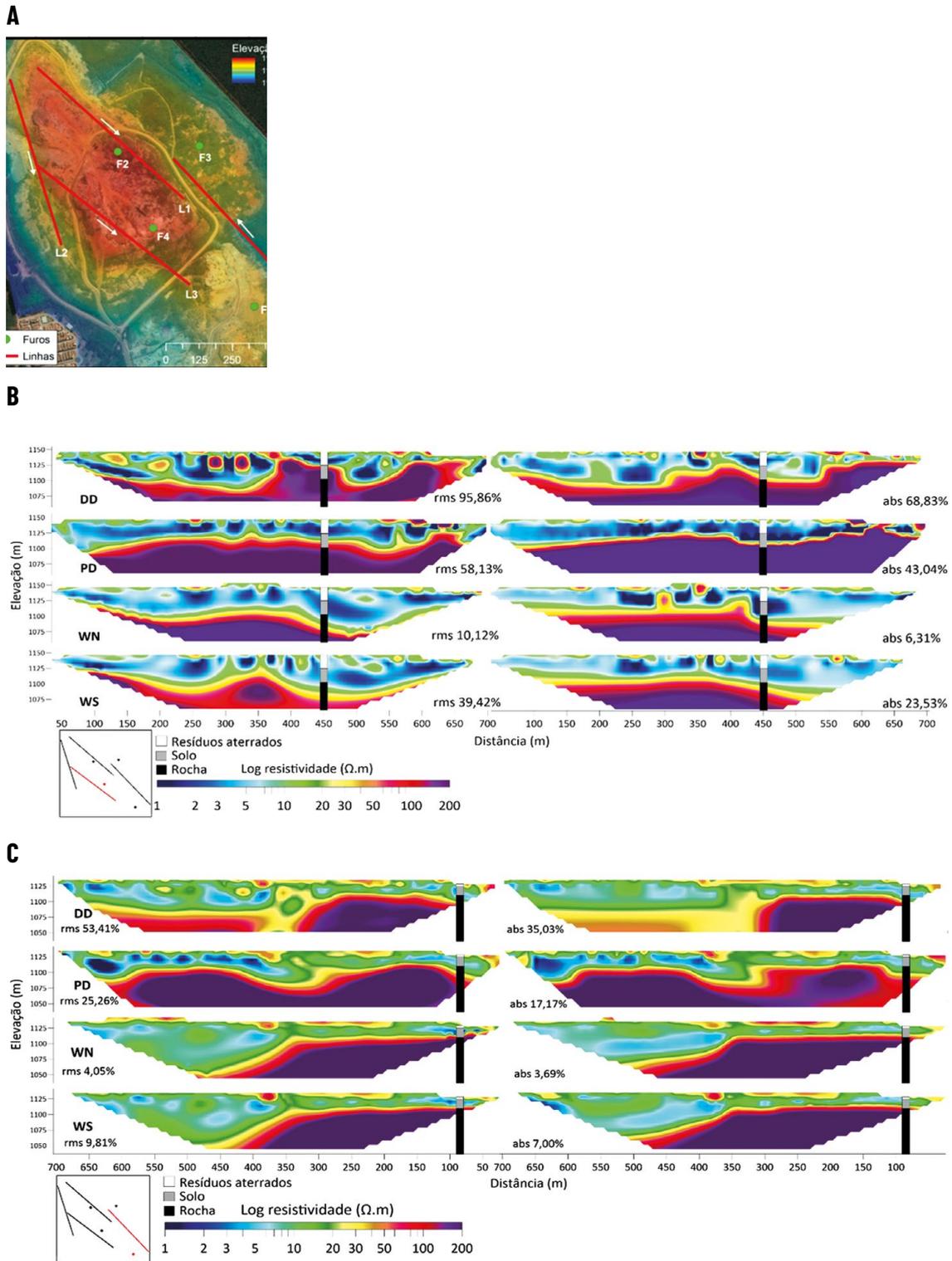
2.14 GUEDES (2019)

O trabalho de conclusão de Victor José Cavalcanti Bezerra Guedes do curso de geofísica, realizado na Universidade de Brasília e intitulado *Caracterização da assinatura sísmica e geométrica do Aterro Jockey Clube de Brasília*, propôs aplicar a integração de métodos geofísicos para a determinação de parâmetros no maciço de resíduos sólidos. Os resultados de tomografias elétricas obtidas com base em diferentes arranjos de eletrodos são mostrados na Figura 12.

Este estudo foi focado apenas na porção de acumulação de resíduos, não tendo se preocupado com as áreas adjacentes de migração da pluma de contaminação. Aqui enumerados os principais resultados:

- dentre os diferentes arranjos eletródicos avaliados dipolo-dipolo, polo-dipolo, Wenner e Wenner-Schlumberger, o que apresentou a melhor solução para determinar o limite resíduo-rocha foi o caminhamento polo-dipolo;
- a profundidade do limite resíduo-rocha varia de 25 a 45 metros, a qual foi determinada pela combinação do método elétrico em associação com o método de sísmica de refração;
- o trabalho conclui que a associação dos dois métodos é interessante para estudar aterros de resíduos sólidos. Entretanto, para que a sísmica funcione de forma mais eficiente nas áreas com maiores espessuras de resíduos é necessário que a fonte de energia tenha maior potência, como queda de peso ou explosivos;
- os resultados indicam que a rocha abaixo do maciço de resíduos apresenta suas características geotécnicas modificadas, provavelmente em função da presença de chorume.

FIGURA 12 – A: LOCALIZAÇÃO DAS LINHAS COM RELAÇÃO AO MACIÇO DE RESÍDUOS. B: LINHA L3, MOSTRANDO A PRESENÇA DE CHORUME DISTRIBUÍDO NA PORÇÃO SUPERIOR COM ATÉ 50 METROS DE ESPESSURA. C: LINHA L4, MOSTRANDO PRESENÇA DE CHORUME A PROFUNDIDADES DE CERCA DE 20 METROS AO SUL E ATÉ MAIS DE 75 METROS NA PORÇÃO NORTE DA LINHA COINCIDENTE COM A PRINCIPAL FAIXA DE ACUMULAÇÃO DE RESÍDUOS NA PORÇÃO CENTRAL DO LIXÃO DA ESTRUTURAL. OBSERVAÇÃO: AS FIGURAS DISPOSTAS À DIREITA E À ESQUERDA REPRESENTAM DIFERENTES MÉTODOS DE INVERSÃO DOS DADOS BRUTOS OBTIDOS EM CAMPO





3 SÍNTESE SOBRE O MEIO FÍSICO LOCAL

3.1 GEOLOGIA

A geologia da área de estudo é representada por ardósias da Formação Ribeirão do Torto do Grupo Paranoá. A determinação do contexto geológico foi baseada nos estudos regionais de Freitas Silva e Campos (1998) e nas informações de subsuperfície obtidas no estudo de Campos *et al.* (2006). Na região predominam amplamente ardósias roxas, friáveis, com duas clivagens bem definidas, além de restritas camadas e lentes arenosas, e apenas na porção mais rebaixada, ao longo do vale do Córrego do Cabeceira do Valo, ocorrem metarritmitos imemperizados, com camadas arenosas intercaladas com camadas argilosas.

O trabalho de Junqueira (2000), baseado em dados de sondagens realizadas na área do Lixão, admite a presença de materiais arenosos em profundidade. Entretanto, esta informação não foi confirmada por nenhum trabalho realizado posteriormente na região. Caso realmente ocorram camadas arenosas, duas hipóteses podem ser avaliadas para sua explicação: presença de lentes arenosas que esporadicamente ocorrem na Formação Ribeirão do Torto ou exposição da porção superior da Formação Ribeirão Piçarrão do Grupo Paranoá (exposta em zonas axiais de dobras anticlinais na região da Depressão do Paranoá).

3.2 SOLOS

O conjunto rochoso de ardósia encontra-se sobreposto por espessa camada de latossolo vermelho e latossolo vermelho-amarelo, com espessura mínima de 5 metros, que pode alcançar até mais de 30 metros na porção elevada da área (EMBRAPA, 1978). Os solos apresentam textura muito argilosa a argilosa e são muito ricos em óxidos e hidróxidos de ferro e pobres em argilominerais. Os solos são estruturados, sendo a estrutura grumosa a mais comum em profundidade e a estrutura granular, pequena observada nos horizontes superficiais.

Parte dos solos está contaminada com metais e outros materiais derivados da decomposição do lixo, porém na maior parte da área as feições naturais dos espessos latossolos apresentam-se preservadas.

Na região ocorrem áreas com movimentação de solos que permitem a observação da porção superior dos perfis de latossolos. Nesses perfis é possível observar aterros de materiais alóctones e remoção de horizontes superficiais. A Figura 13 mostra um perfil aberto na área do Lixão.



FIGURA 13 – PORÇÃO SUPERIOR DE PERFIL DE LATOSSOLO VERMELHO DE TEXTURA MUITO ARGILOSA. ESTRUTURA GRANULAR NOS HORIZONTES A E AB E TEXTURA GRUMOSA NO HORIZONTE BW



3.3 HIDROGEOLOGIA

Na área de propagação da pluma de contaminação ocorre o Sistema P_1 no contexto das águas rasas (Domínio Intergranular) e o Subsistema **A** (do Sistema Paranoá) relacionado às águas profundas no domínio dos reservatórios fraturados (BARROS, 1987; 1994; AMORE, 1994; CAMPOS; FREITAS-SILVA, 1998; CAMPOS; FREITAS-SILVA, 1999; CAMPOS; TRÖGER, 2000; CAMPOS, 2004).

O Sistema P_1 na área em estudo apresenta as seguintes características: é definido como um sistema heterogêneo e anisotrópico; apresenta espessura saturada da ordem de 30 metros; tem zona não saturada variando de 3 metros (período chuvoso) até mais de 10 metros (meses mais secos do ano), condutividade hidráulica variando da ordem de 10^{-6} a 10^{-7} m/s e apresenta elevada vulnerabilidade em decorrência da restrita espessura da zona vadosa.

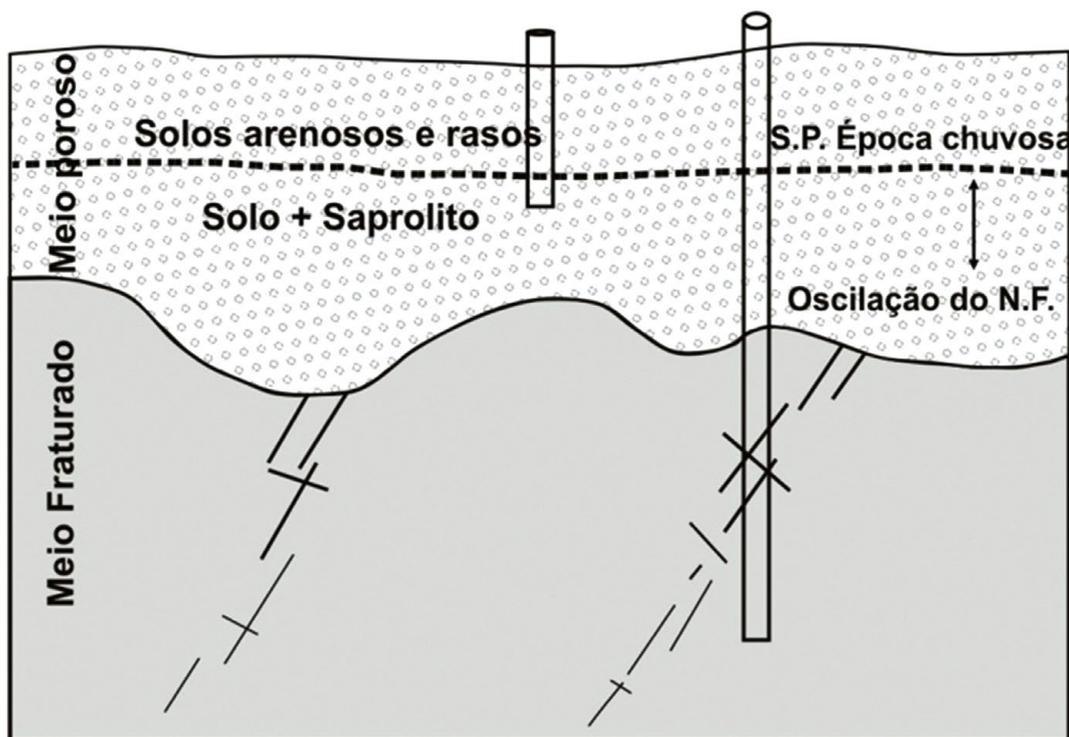
O subsistema **A** é definido como fortemente anisotrópico e heterogêneo, com condutividade hidráulica média da ordem de 10^{-7} m/s, com vazões médias de 4.500 L/h (com alta incidência de poços secos), restrita continuidade lateral, é considerado com reduzida vocação hidrogeológica e apresenta vulnerabilidade baixa a muito baixa.

Um aspecto importante na hidrogeologia da região é associado ao restrito gradiente hidráulico observado no divisor hidrográfico. Esse dado associado à baixa condutividade hidráulica e à restrita porosidade efetiva resulta em baixa velocidade linear média do fluxo subterrâneo.

Os dados indicam que os dois domínios hidrogeológicos locais estão contaminados pelo chorume produzido pelo Lixão. Atualmente, a pluma deve migrar na porosidade intergranular de latossolos e na porosidade matricial e secundária planar de ardósias.

Segundo as informações de solos, relevo e geologia, a região do Lixão da Estrutural é considerada como associada ao modelo de superfície potenciométrica única sem confinamento segundo as diretrizes de Lousada (2005) e Lousada e Campos (2005) (Figura 14).

FIGURA 14 – MODELO DE SUPERFÍCIE POTENCIOMÉTRICA ÚNICA SEM CONFINAMENTO, EM QUE A SUPERFÍCIE DE SATURAÇÃO PERMANECE NO MEIO AQUIFERO INTERGRANULAR SUPERIOR; -SUPERFÍCIE POTENCIOMÉTRICA DO MEIO POROSO (SPMP); SUPERFÍCIE POTENCIOMÉTRICA DO MEIO FRATURADO (SPMF)



Fonte: LOUSADA, 2005

3.4 CLIMA

Os dados expressos na Tabela 3 mostram que a distribuição pluviométrica no ciclo hídrico apresenta o padrão típico da Região Centro-Oeste do Brasil e do domínio morfoclimático dos cerrados. O regime de chuvas caracteriza a forte sazonalidade e apresenta duas estações bem definidas: verão chuvoso e inverno seco. Durante os meses de novembro, dezembro e janeiro são precipitados, em média, 47% do volume total das chuvas.

A partir do mês de janeiro é iniciada a diminuição gradual das chuvas, ocorrendo nesse mês com grande frequência os veranicos quinzenais, os quais são distribuídos na primeira ou na segunda quinzena.

TABELA 3 – TOTAIS MENSIS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DA ESTAÇÃO DO INMET EM MILÍMETROS

MÊS	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.
Total	241.4	214.7	188.9	123.8	39.3	8.8	11.8	12.8	51.9	172.1	238.0	248.6

Na área em estudo, os valores médios totais de longo período ficam entre 1.450 e 1.500 mm, sendo considerada uma região de elevada taxa de precipitação média. Essa expressiva altura anual de chuvas causa a proliferação de grande volume de chorume, forçando sua migração para áreas em direção aos exutórios naturais.

3.5 GEOMORFOLOGIA E HIDROGRAFIA

A geomorfologia local é associada à Depressão do Paranoá (NOVAES PINTO; CARNEIRO, 1984; NOVAES PINTO, 1986; NOVAES PINTO, 1994A; NOVAES PINTO, 1994B), sendo caracterizada por um relevo suave ondulado, com declividade menor que 10%, restrita amplitude topográfica, presença de rampas longas e predominância de pedogênese sobre o transporte e a deposição.

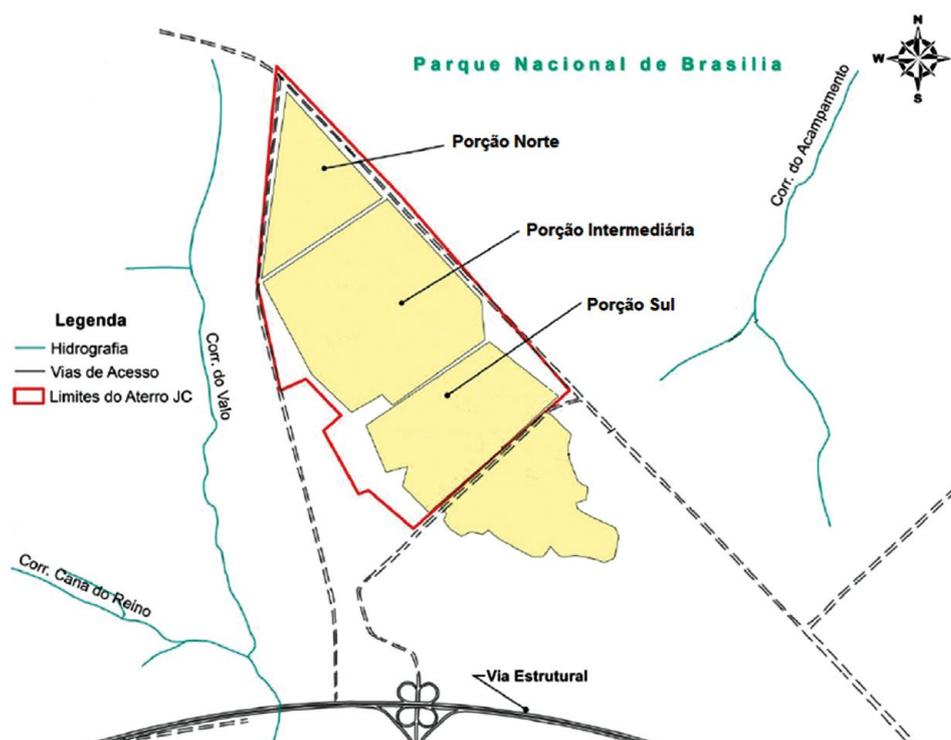
A área representa um divisor hidrográfico que delimita a Bacia do Córrego Cabeceira do Vale (um dos formadores do Ribeirão Vicente Pires), que drena suas águas em direção a oeste/sudoeste com a Bacia do Córrego do Acampamento, que drena para oeste/nordeste. A área apresenta padrão de relevo plano a suave ondulado, com cotas entre 1.130 e 1.070 metros.



4 DANOS AMBIENTAIS

Segundo Araújo (1996), o aterro é dividido em três porções: sul, intermediária e norte. A porção sul é a mais antiga, e parte dela está fora dos limites do aterro. Contém o lixo aterrado desde o início de sua operação até o ano de 1977. Atualmente, essa área encontra-se invadida e habitada. De 1977 a 1993 a deposição do lixo ocorreu na porção intermediária, próxima ao vale do Córrego Cabeceira do Valo. De 1993 em diante a porção norte foi sendo coberta pelo depósito de lixo (Figura 15).

FIGURA 15 – DIVISÃO DO LIXÃO DA ESTRUTURAL EM PORÇÕES: SUL, INTERMEDIÁRIA E NORTE

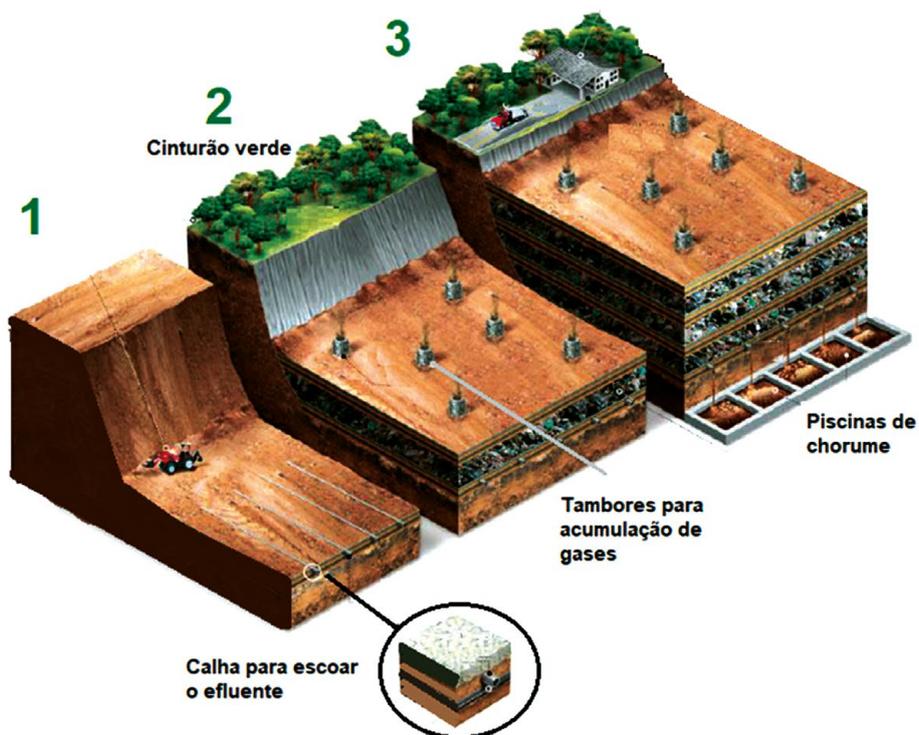


Fonte: ARAÚJO, 1996

A Figura 16 exemplifica o método de descarte utilizado na fase em que o Lixão da Estrutural foi considerado “aterro controlado” do Jockey Clube. A disposição do lixo ocorria com a escavação prévia do solo e a implantação de drenos de gases (Figura 17) a fim de neutralizar a produção de gases gerada pela decomposição da matéria orgânica encontrada no substrato do aterro. Esses drenos são construídos com manilhas de concreto preenchidas por matacões de calcário, nos quais, à medida que o nível topográfico do lixo se eleva, são colocadas novas manilhas para dar continuidade à canalização. O lixo, então, era depositado nas valas e posteriormente compactado e recoberto por solo inerte para que pudesse receber outra camada de lixo.



FIGURA 16 – MODELO DE MANEJO E DESCARTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM ATERRO. MODIFICADO DO PLANO DE MANEJO DAS ÁREAS DE PROTEÇÃO DA VILA ESTRUTURAL E DO PLANO DE USO DO PARQUE URBANO DA ESTRUTURAL



Fonte: IBRAM, 2019

FIGURA 17 – EXEMPLO DE DRENO DE GASES EM FUNCIONAMENTO NO LIXÃO DA ESTRUTURAL



Segundo o Cempre (2010), é necessário o plantio de árvores e arbustos de pequeno e médio portes, preferencialmente com espécies nativas da região, a fim de evitar impactos visuais negativos à população, assim como a dispersão horizontal do biogás ocasionada pelos ventos, reduzindo assim a propagação de maus odores para a vizinhança do aterro.

A piscina de chorume (Figura 18) é representada por uma escavação de aproximadamente 3,2 metros de profundidade, que é impermeabilizada com uma lona resistente que recebe o efluente. O chorume, por sua vez, chega à piscina por meio de manilhas, sendo então acumulado no local até ser reinjetado no aterro com auxílio de caminhões-pipa. A reinjeção é um método de tratamento do chorume que propicia a atenuação dos constituintes pela atividade biológica e por reações físico-químicas que ocorrem no interior do aterro (PIRES, 2002).

FIGURA 18 – PISCINA DE CHORUME EM FUNCIONAMENTO NO LIXÃO DA ESTRUTURAL. À ESQUERDA, VISÃO GERAL DA PISCINA. À DIREITA, CHEGADA DO CHORUME À PISCINA POR MEIO DE MANILHA E DETALHE DA LONA DE REVESTIMENTO, JÁ COM PORÇÕES DESGASTADAS PELA EXPOSIÇÃO



Medidas de proteção ambiental, tais como coleta e tratamento de chorume e biogás, são sistemas recentemente implementados, e uma impermeabilização dos solos nunca foi feita.

Assim sendo, o funcionamento do Lixão gerou, e ainda gera, sérios danos ambientais, apresentando contaminação de solos, mas, principalmente, de águas subterrâneas da região. Um agravante disso é a proximidade do aterro com o Parque Nacional de Brasília, uma importante unidade de conservação surgida da necessidade de proteger os rios fornecedores de água potável à capital federal.

Estudos realizados na área, tanto de química aquática quanto de geofísica, indicam a presença de uma pluma de contaminação proveniente do aterro em direção às suas adjacências.

4.1 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA PLUMA DE CONTAMINAÇÃO

A pluma de contaminação por chorume apresenta composição variável em sua área de expansão. A maior concentração é observada sob a zona de acumulação do lixo, e sua migração, segundo os gradientes hidráulicos locais, tende a uma diminuição progressiva das substâncias dissolvidas. A redução da concentração está relacionada ao afastamento da fonte, com ampliação da área da pluma e diluição a partir da mistura com águas não contaminadas. A entrada de águas não contaminadas se dá por aporte subterrâneo e pela infiltração de águas oriundas de precipitação pluvial.



Como há variação composicional do chorume, a melhor forma de apresentar os teores das diversas substâncias dissolvidas e os parâmetros físico-químicos é com base na média, nos valores máximos e na comparação com valores de referência (Tabela 4).

Para efeito de comparação com um padrão foram utilizados resultados de análises de amostras oriundas da nascente denominada "Peito de Moça", situada em contexto hidrogeológico similar, contudo fora do alcance e da influência da pluma de contaminação do aterro em estudo.

TABELA 4 - COMPOSIÇÃO MÉDIA E MÁXIMA DO CHORUME DO ATERRO DO JÓQUEI. OS VALORES DE *BACKGROUND* SÃO RELACIONADOS A AMOSTRAS RETIRADAS DA NASCENTE "PEITO DE MOÇA", SITUADA NO PARQUE NACIONAL DE BRASÍLIA EM ÁREA FORA DA INFLUÊNCIA DA PLUMA DE CONTAMINAÇÃO. TODAS AS UNIDADES SÃO MEDIDAS EM MG/L, COM EXCEÇÃO DA CE (CONDUTIVIDADE ELÉTRICA), MEDIDA EM $\mu\text{S}/\text{CM}$ E PH ADIMENSIONAL (TSD SIGNIFICA TOTAL DE SÓLIDOS DISSOLVIDOS)

PARÂMETRO	MÉDIA	MÁXIMO	BACKGROUND
pH	6,0	7,6	4,9
CE	93,1	1220,0	2,6
TSD	68,2	620,0	1,2
Dureza	10,1	46,1	0,03
Nitrato	1,0	2,9	0,0
Nitrito	0,02	0,2	0,0
Amônia	0,24	1,34	0,0
Cloro total	0,1	0,76	0,0
Alcalinidade	32,3	452,0	0,3
O ₂ consumido	9,9	56,1	0,0
O ₂ dissolvido	27,8	136,2	28,6
Sulfato	5,0	21,0	0,0
Fosfato	0,35	2,5	0,01
Potássio	7,73	44,0	0,56
Ferro	0,15	0,62	0,28
Manganês	0,036	0,366	0,01
Alumínio	32,3	452,0	4,28
Cálcio	6,40	49,1	2,54
Magnésio	1,3	17,86	3,69

Fonte: FRANCO, 1996; ARAÚJO, 1996

De forma geral, há aumento dos teores dos diversos elementos e substâncias dissolvidas na água subterrânea, com exceção do pH, que sofre significativo aumento, mostrando que o chorume apresenta características alcalinas.

Os trabalhos de hidroquímica detalhados realizados no aterro indicam que os principais elementos e substâncias responsáveis pela mineralização do chorume são: potássio, cloreto, cálcio, magnésio e nitrato.

Araújo (1996) e Santos (1997) mostram que há uma tendência de aumento da concentração dos íons dissolvidos quando se amostra águas em maiores profundidades. Esses autores consideram a condutividade elétrica das águas o principal parâmetro analítico para a caracterização da composição do chorume.



4.2 DISTRIBUIÇÃO DA PLUMA DE CONTAMINAÇÃO

Para a determinação dos limites atuais da pluma foram aplicados os dados de migração sobre os modelos reais realizados nos anos 1996 e 2001. Para a projeção da migração foram utilizados dados de velocidade média do fluxo com base nas informações hidrodinâmicas dos aquíferos do domínio intergranular, incluindo porosidade eficaz, condutividade hidráulica e gradiente hidráulico.

A velocidade linear média pode ser obtida por meio da seguinte fórmula: $V = (K \cdot \eta_e \cdot H) / L$, onde V = velocidade linear média do fluxo; K = condutividade hidráulica; η_e = porosidade eficaz; H = diferença de carga hidráulica; e L = distância entre ponto de recarga e ponto considerado.

Os seguintes valores são encarados como parâmetros de entrada: K variando entre 5×10^{-6} e 6×10^{-5} m/s; η_e variando entre 10% e 15%; gradiente hidráulico H/L com variação entre 0,004 e 0,01 (0,4% a 1%). Nessas condições pode-se calcular as velocidades de fluxo em dois cenários vistos como velocidade máxima e velocidade mínima do fluxo (**$V_{MAX} = K_{MAX} \times \eta_{eMAX} \times Grad_{MAX}$**) e (**$V_{MIN} = K_{MIN} \times \eta_{eMIN} \times Grad_{MIN}$**).

Os valores de condutividade hidráulica da ordem de grandeza de 10^{-6} a 10^{-5} m/s representam os valores modais obtidos em ensaios de infiltração *in situ* realizados em todo o território do Distrito Federal. São considerados compatíveis com os solos locais quando, mesmo com textura argilosa a muito argilosa, apresentam estruturação granular e grumosa, modificando o comportamento do funcionamento hídrico dos latossolos.

Os valores de porosidade eficaz entre 10% e 15% também são considerados coerentes com os materiais em estudo. Mesmo com valores de porosidade total, que devem ser superiores a 30%, a porosidade efetiva não deverá superar 15% em virtude da grande retenção de água na forma de umidade (por tensão superficial e forças de atração moleculares) observada nesses materiais.

Os valores de gradiente hidráulico local foram obtidos diretamente por meio do mapa potenciométrico produzido por Araújo (1996). Neste caso, foram apontados gradiente mínimo de 2 metros de diferença de carga hidráulica em 500 m de extensão lateral do aquífero e gradiente máximo de 2 metros de variação de carga hidráulica em 195 metros do aquífero.

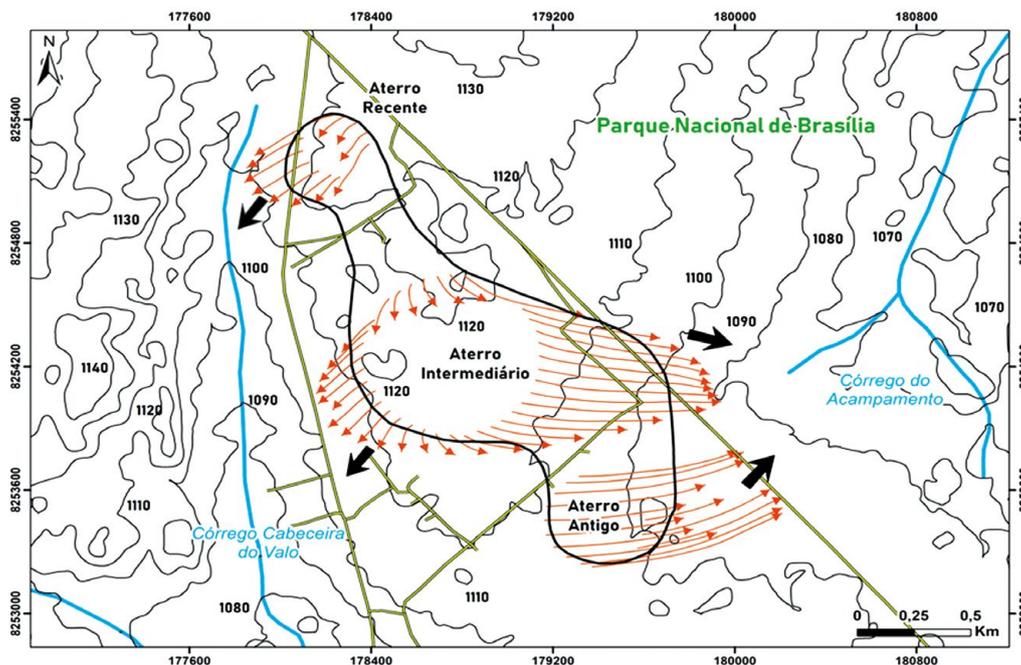
Tendo em vista um cenário simplista de propagação da pluma, pode-se afirmar que com a condição mais rápida do fluxo (**$V_{MAX} = 6 \times 10^{-4} \text{ m/s} \times 0,15 \times 0,01 = 9 \times 10^{-7} \text{ m/s} = 28,38 \text{ m/ano}$**) a pluma deve migrar cerca de 30 metros por ano. Na condição mais lenta (**$V_{MIN} = 5 \times 10^{-5} \text{ m/s} \times 0,1 \times 0,004 = 2 \times 10^{-8} \text{ m/s} = 0,63 \text{ m/ano}$**), a migração seria em torno de 65 cm por ano. O cenário é reputado como simplista, pois a determinação de fluxo de uma pluma de contaminação deve levar ainda em conta vários outros parâmetros, tais como: densidade da solução, advecção, retenção, dispersão lateral, dispersão longitudinal, possíveis anisotropias e heterogeneidade do aquífero e outros fatores.

Com base nos cálculos teóricos e nos dados de hidroquímica obtidos desde 1996 foram confeccionados os mapas de distribuição da pluma de contaminação para os anos de 1996, 2001 e 2007, exemplificado pela Figura 19.

O incremento da pluma, observada nos dois intervalos de tempo analisados, é coerente com os cálculos e as estimativas de migração, com ampliação de cerca de 20 metros por ano em direção à nascente do Córrego do Acampamento (no interior do Parque Nacional de Brasília). O valor de cerca de 20 metros ao ano é coerente com todo o modelo de fluxo e condição real de migração da pluma, o que envolve retenção pela função filtrante do aquífero e migração vertical descendente, que também minimiza a magnitude do vetor resultante.



FIGURA 19 – MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DA PLUMA DE CONTAMINAÇÃO NA REGIÃO DO ATERRO DO JÓQUEI/ CIDADE ESTRUTURAL PARA O ANO DE 2001. AS SETAS INDICAM O FLUXO SUBTERRÂNEO LOCAL PREFERENCIAL DA PLUMA. EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL – 2 METROS



Fonte: ARAÚJO, 1996; FRANCO, 1996. Base cartográfica, KOIDE et al., 1999

Com base nas ponderações e nas análises realizadas, pode-se afirmar com ampla margem de segurança que a pluma alcançará a nascente do córrego do Acampamento nos próximos cinco anos.

A análise do comportamento da pluma atual indica que são restritas as áreas ocupadas por edificações urbanas da Cidade Estrutural, que apresentam interferência na pluma de contaminação. De forma mais ampla, essas áreas correspondem às porções do extremo NW e SE da atual poligonal da área urbana.

4.3 CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS TERRENOS ADJACENTES

A metodologia objetivou caracterizar os terrenos afetados pela pluma de contaminação. A perfuração foi iniciada com o trado/cavadeira até a profundidade de 1 metro, instalando-se o primeiro segmento do tubo de revestimento segundo as normas ABNT (NBR 6484/96, MB-3 e NB 617/80) (Figura 20).

Durante as operações de perfuração, nos casos em que a parede do poço se mostrou instável, procedeu-se à descida de revestimento até a profundidade necessária, alternadamente com a operação de perfuração/ensaio. O tubo de revestimento ficou a uma profundidade máxima de 3,5 metros, e a partir dessa profundidade a parede se comportava de forma autossustentável.

Durante a operação de perfuração também foram anotadas as profundidades das transições de camadas detectadas por exame táctil-visual e a mudança de coloração dos materiais trazidos à boca do furo pelo trado espiral. Adicionalmente, o nível de água, quando existente no interior do furo, manteve-se em cota igual durante toda a atividade de sondagem.

FIGURA 20 – IMAGENS DO PROCESSO DE MONTAGEM E EXECUÇÃO DA SONDAGEM TIPO SPT



As principais características observadas estão listadas a seguir:

- o lixo representa material com alta penetrabilidade e muito heterogêneo;
- a maior parte da seção dos espessos latossolos argilosos da área apresenta alta penetrabilidade, em geral até espessuras maiores que 30 metros;
- a seção com baixa penetrabilidade/impenetrável se dá de forma abrupta, em geral já em material saprolítico;
- a área do aterro não apresenta grau de compactação elevado, a penetrabilidade é extremamente alta, o que indica um solo pouco resistente à carga, ou colapsível na parte superior;
- a resistência do solo começa a ocorrer em profundidades médias de 15 a 20 metros tanto pra a área do aterro como para as áreas externas;
- é possível inferir que o horizonte de alteração, que gera o solo, não é homogêneo, apresentando níveis mais arenosos, com uma resistência à penetração de 60/15 (60 pancadas para uma penetração de 15 cm) ou superior a 440.000 N (força de cada pancada $F = ma$, onde a é a aceleração da gravidade vezes 0,75, pois o peso é lançado dessa altura; m é a massa do peso em grammas, que é de 65.000 vezes o número de pancadas);
- o horizonte mais resistente é o horizonte C1, que apresenta uma resistência de 60-70/45 devida, provavelmente, à presença de pequenos aglomerados de argila dura ou material inconsolidado proveniente da alteração da ardósia;
- é possível verificar que o modifica de forma acentuada a característica natural do material, sendo observado que a até mais de 25 metros o maciço é considerado de má qualidade para suportar fundações de obras civis.

Os resultados dos ensaios SPT mostraram que profundidades entre 34 e 37 metros a ardósia sotoposta aos resíduos sólidos (que foi atacada pelo chorume) se apresenta com aspecto plástico e sem condições para suportar fundação de obras (Figuras 22 e 23).



5 CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A contaminação dos aquíferos situados em área sob influência do Lixão da Estrutural é considerada o principal impacto ambiental decorrente da disposição sem controle dos resíduos do Distrito Federal por décadas, sem a devida aplicação de medidas mitigadoras.

Para a determinação da contaminação pela migração da pluma de chorume e para a delimitação de seus limites e concentrações dos efluentes em profundidades serão integrados dados de dois estudos interdependentes. O primeiro refere-se ao estudo geofísico representado por pesquisa indireta com medições da resistividade do fluido abaixo da superfície do terreno. O segundo refere-se à locação e à construção de poços de monitoramento, além da avaliação da composição química de amostras de águas desses poços. A integração dos resultados do estudo geofísico e do monitoramento das amostras de águas subterrâneas possibilitará a determinação dos limites da pluma de contaminação de chorume, bem como a confecção do mapa de isoconcentração de substâncias ou parâmetros considerados melhores indicadores da presença do extrato dos resíduos na água subterrânea.

5.2 ESTUDO GEOFÍSICO

Além dos dados obtidos neste estudo, outros estudos realizados na região serão integrados para alcançar o objetivo de determinação dos prováveis limites da pluma de contaminação, incluindo os trabalhos de Campos *et al.* (2006); Cavalcanti (2013) e Guedes (2019).

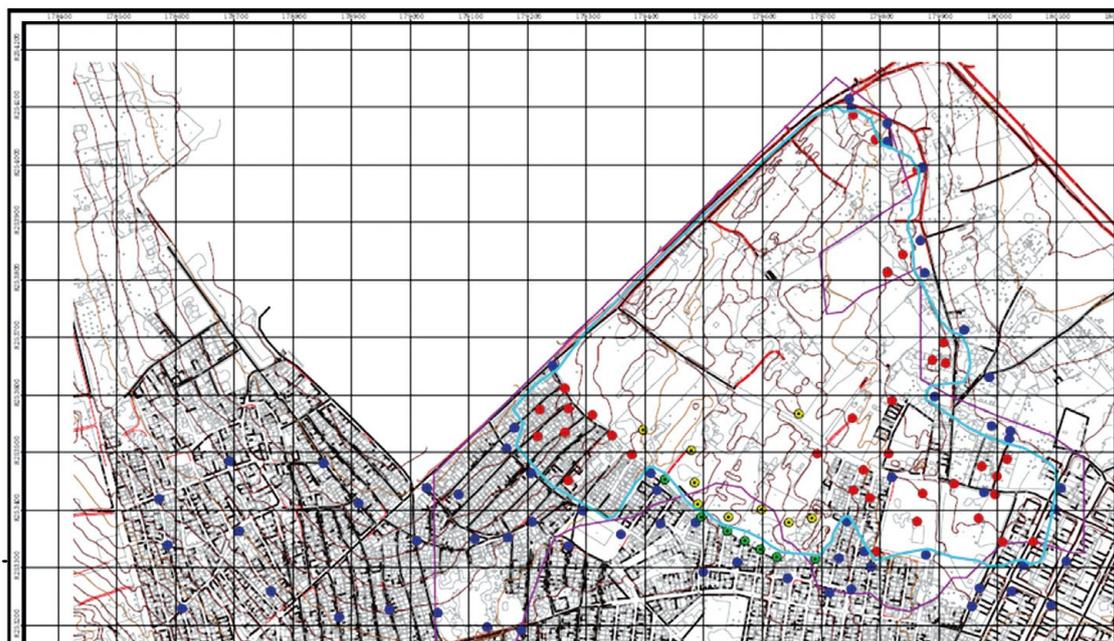
O relatório de Campos *et al.* (2006) é utilizado porque traz o limite da antiga área de aterro de resíduos com relativa precisão. Os trabalhos de Cavalcanti (2013) e Guedes (2019) são importantes, pois utilizaram o mesmo método geofísico e o mesmo arranjo eletródico aplicado neste trabalho. A integração dos trabalhos anteriores com a pesquisa atual foi realizada por interpolação em ambiente de Sistema de Informação Geográfica e checagem visual das diferentes fontes de informações.

O trabalho de Campos *et al.* (2006) teve como objetivo determinar os limites da poligonal de acumulação de resíduos durante os anos 1970, uma vez que não existiam mapas de localização ou de progressão de avanço das áreas de aterros. Naquela época o aterro era operado de forma tradicional, com trincheiras de 4 a 5 metros de profundidade, preenchidas com resíduos e com posterior aterramento e compactação.

A Figura 21 mostra o principal resultado do estudo, realizado a partir de sucessivas sondagens mecânicas e manuais, de forma que fossem determinados com precisão os limites do antigo aterro.



FIGURA 21 – CARTOGRAMA DOS LIMITES DO LIXÃO RETIFICADO COM USO DE SONDAGENS MECÂNICAS E MANUAIS (SISTEMA DE GEORREFERENCIAMENTO SICAD)



Legendas

	Nova Poligonal do Aterro Antigo		Curvas de Nível Intermediárias		Furos a Trado Negativos
	Limite do Aterro Antigo		Vias Pavimentadas		Furos a Trado Positivos
	Malha Urbana		Vias Não Pavimentadas		Furos de Sondagem Negativos
	Curvas de Nível Mestras		Hidrografia		Furos de Sondagem Positivos

Fonte: CAMPOS et al., 2006

A tentativa de aplicar métodos geofísicos foi infrutífera, uma vez que por se tratar de área urbana densamente ocupada não foi viável o uso de métodos elétricos, os mais adequados para o objetivo.

Esse resultado é importante, pois a área de acumulação de resíduos é a fonte a partir da qual o choro deve se espalhar segundo o gradiente hidráulico local. Outro aspecto importante é a definição dos volumes aterrados. No início da operação do Lixão, o sistema utilizado era a partir de células relativamente rasas (~5 metros de profundidade), em que os resíduos eram compactados e em seguida aterrados com solos estocados das próprias células. Posteriormente, em função da restrição das áreas disponíveis para o acúmulo dos resíduos, optou-se por um sistema de empilhamento, compondo uma espessa massa de resíduos com acumulação de volumes de milhares de metros cúbicos. Assim, pode-se prever que o choro oriundo do “lixo antigo” deverá apresentar menor densidade e menor volume quando comparado aos efluentes gerados no lixo “mais recente”, com empilhamento vertical.

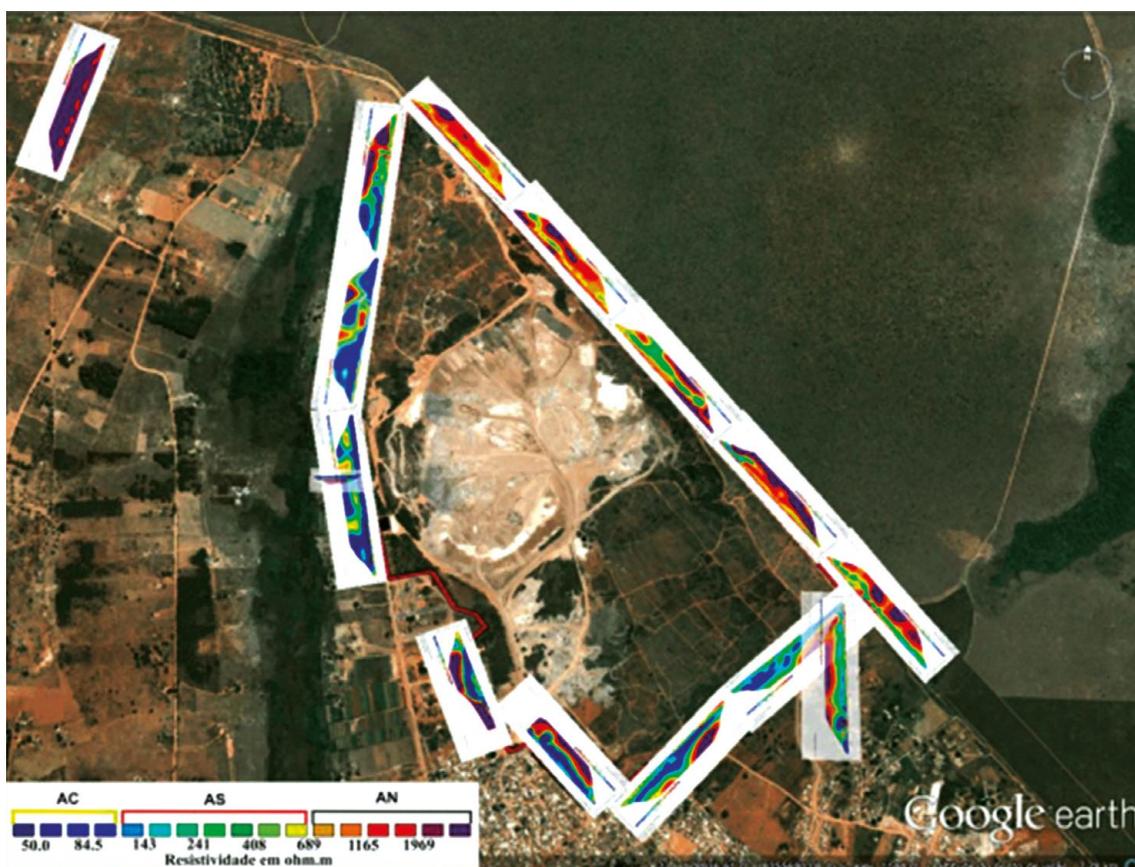
O estudo de Cavalcanti (2013) determinou a migração da pluma de contaminação nos limites externos da área do aterro, que operou desde os anos 1990 até o ano de 2018. Nesse período o sistema de aterro utilizado foi no sentido de verticalização do maciço de resíduos, o qual alcançou mais de 35 metros nos pontos mais elevados. Com essa opção de operação do aterro foi criado um gradiente hidráulico artificial, que deve ter acelerado a migração da pluma, principalmente para as direções oeste, sudoeste, sudeste e nordeste.

A Figura 22 mostra a síntese deste trabalho com o posicionamento das seções de eletroresistividade levantadas em todo o limite da área de acumulação de resíduos.

Neste trabalho não foram instalados poços de monitoramento, e os resultados são julgados apenas qualitativos.

O trabalho de Guedes (2019) focou na área do maciço de resíduos no interior da poligonal da área do Lixão. Os resultados mostram que nessas condições proximais às áreas de geração dos efluentes o choroume pode alcançar profundidades maiores que 45 metros com as máximas concentrações, equivalentes a resistividades menores que 10 Ω/m .

FIGURA 22 – DISTRIBUIÇÃO DAS SEÇÕES GEOFÍSICAS REALIZADAS NOS LIMITES DA ÁREA DO LIXÃO DA ESTRUTURAL. AC – ÁREA CONTAMINADA; AS – ÁREA LEVEMENTE CONTAMINADA; E NA – ÁREA NÃO CONTAMINADA (IMAGEM DO *GOOGLE EARTH* DE 2012)



Fonte: CAVALCANTI, 2013

Dentre os principais resultados destacam-se:

- dentre os diferentes arranjos eletródicos avaliados – dipolo-dipolo, polo-dipolo, Wenner e Wenner-Schlumberger –, o que apresentou a melhor solução para determinar o limite resíduo-rocha foi o caminhamento dipolo-dipolo (Figura 3);
- a profundidade do limite resíduo-rocha varia de 25 a 45 metros, a qual foi determinada pela combinação do método elétrico em associação com o método de sísmica de refração;

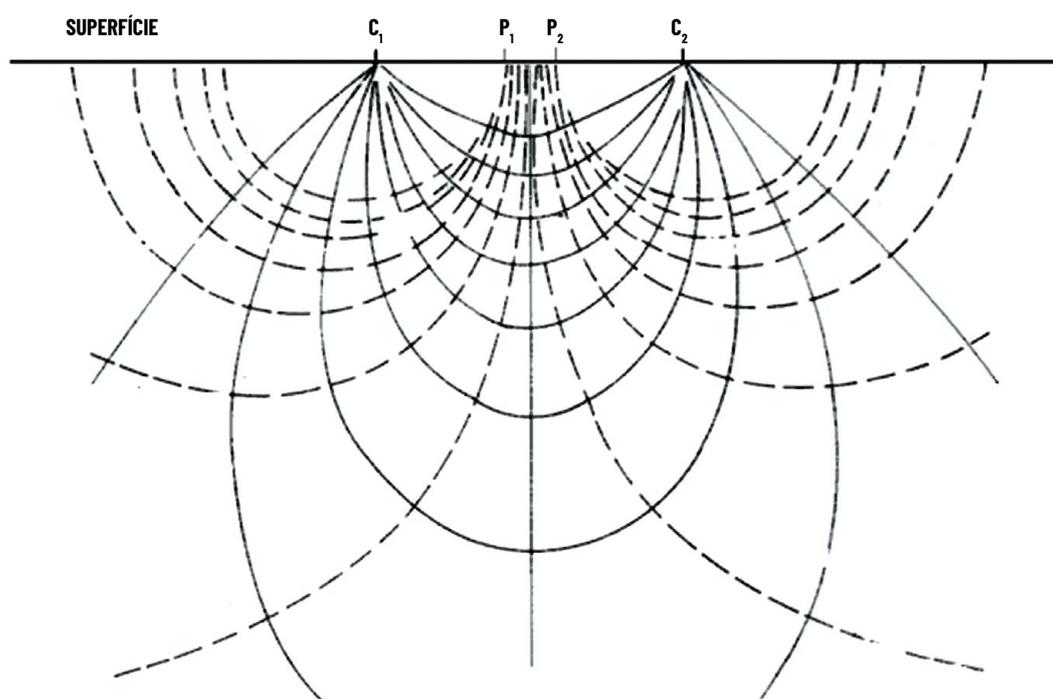
- o trabalho conclui que a associação dos dois métodos é interessante para estudar aterros de resíduos sólidos. Entretanto, para que a sísmica funcione de forma mais eficiente nas áreas com maiores espessuras de resíduos, é necessário que a fonte de energia tenha maior potência, como queda de peso ou explosivos;
- os resultados indicam que a rocha abaixo do maciço de resíduos apresenta suas características geotécnicas modificadas, provavelmente em função da presença de chorume.

5.2.1 Método adotado - arcabouço teórico

Neste projeto foi utilizado o método geofísico de eletrorresistividade, que é um procedimento relativamente rápido, de fácil aplicação e normalmente proporciona resultados satisfatórios para diferentes objetivos. A medida da resistividade elétrica do solo, empregando diferentes arranjos de eletrodos, tem sido utilizada para identificar variações estratigráficas ou para localizar objetos cujas dimensões e profundidades oscilem entre metros até alguns quilômetros. O inconveniente deste método aparece quando se necessita de uma exploração detalhada, com grande resolução espacial. Em casos como este se faz necessária a aquisição de uma grande quantidade de dados, que pode ter sua viabilidade determinada por questões de tempo, de custo ou por alternativas técnicas. Recentemente, têm surgido sistemas automáticos de coleta de dados que podem acelerar os processos de medida e interpretação. Paralelamente, a maior capacidade de cálculos pelos computadores tem permitido a obtenção de imagens em duas ou três dimensões da distribuição real de resistividade do subsolo.

Os dispositivos para medidas de resistividade elétrica consistem, comumente, de um sistema de quatro eletrodos, sendo dois deles usados para enviar uma corrente elétrica (I) ao solo (eletrodos C_1 e C_2 , Figura 23) e os outros dois (eletrodos P_1 e P_2 , Figura 23) usados para medir a diferença de potencial (ΔV) entre eles.

FIGURA 23 – ESQUEMA DA DISTRIBUIÇÃO DOS ELETRODOS NO SOLO DURANTE UMA AQUISIÇÃO DE ELETORRESISTIVIDADE. AS LINHAS CHEIAS INDICAM O FLUXO DE CORRENTE NO SOLO, AO PASSO QUE AS LINHAS PONTILHADAS INDICAM AS LINHAS DE EQUIPOTENCIAIS GERADAS PELA CORRENTE



Obtendo-se a diferença de potencial e a corrente que flui no meio, a resistividade elétrica aparente do meio (Eq. 1) dependerá somente do fator geométrico (K). Este último é função da configuração dos eletrodos no terreno (Eq. 2).

$$\rho_a = \frac{\Delta V}{I} K \quad (\text{Eq. 1})$$

$$K = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{r_{C1P1}} + \frac{1}{r_{C2P1}} + \frac{1}{r_{C1P2}} + \frac{1}{r_{C2P2}} \right)} \quad (\text{Eq. 2})$$

onde ρ_a é a resistividade elétrica aparente do meio; r_{C1P1} , r_{C2P1} , r_{C1P2} e r_{C2P2} são as distâncias entre os eletrodos de corrente e de potencial.

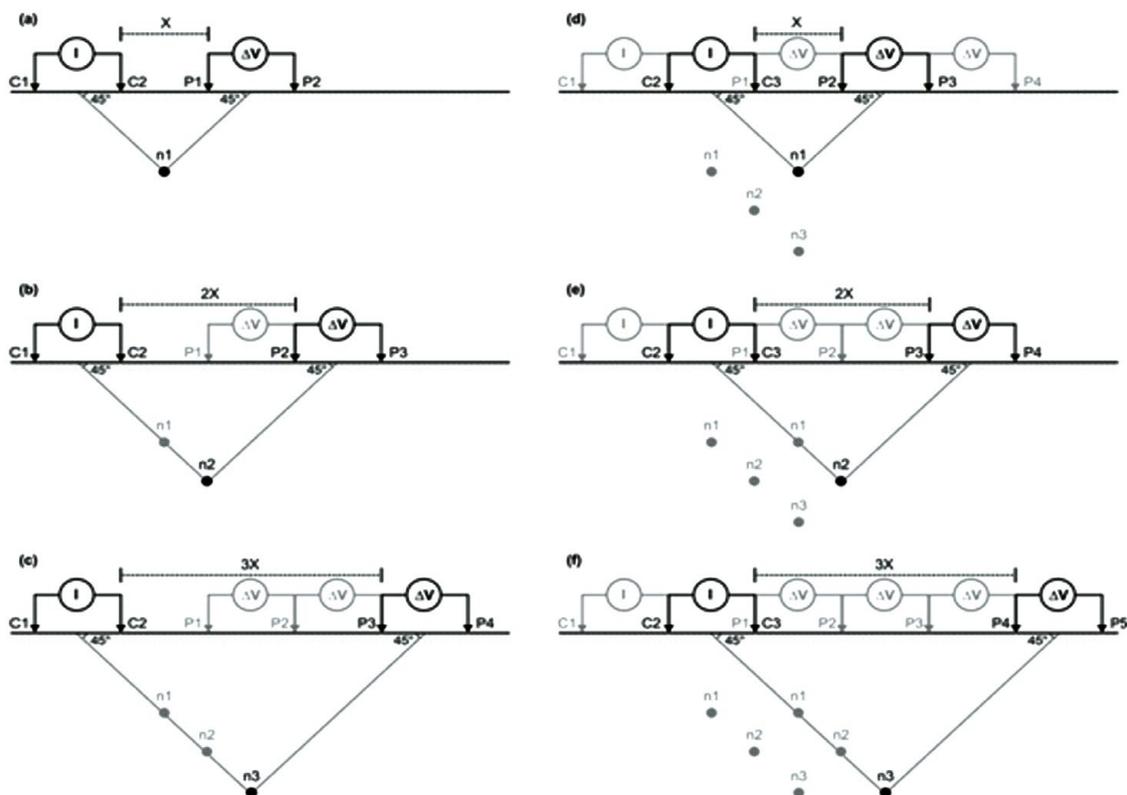
No método da eletrorresistividade existem várias técnicas de levantamento de campo, divididas basicamente em sondagem elétrica vertical (SEV) e caminhamento elétrico, nas quais existe uma variedade de configurações possíveis de eletrodos que confere à técnica uma grande versatilidade (LOKE, 2004; GALLAS, 2000). Normalmente, os ensaios de SEV são realizados quando se deseja uma informação pontual da resistividade em profundidade, ao passo que no caminhamento elétrico o objetivo é o estudo da variação lateral da resistividade (TELFORD *et al.*, 1990).

O caminhamento elétrico possibilita o mapeamento lateral de resistividade elétrica. Nesta técnica, o posicionamento dos eletrodos (potencial e corrente) pode ser realizado de diversas maneiras (arranjos Wenner, polo-polo, polo-dipolo, dipolo-dipolo, Wenner-Schlumberger e gradiente), dependendo do objetivo da investigação (WARD, 1990). Cada arranjo possui uma característica comum, como resolução (dipolo-dipolo e polo-dipolo), profundidade de investigação (polo-polo) e razão sinal/ruído (Wenner e Wenner-Schlumberger).

Em aplicações para pesquisa ambiental, o arranjo dipolo-dipolo mostra-se mais efetivo entre os demais (ELIS, 1998; GALLAS, 2000). Neste arranjo, as fontes de corrente (transmissores) são distanciadas dos receptores em uma distância fixa para cada nível de investigação. Para aumentar a profundidade e o nível investigado, aumenta-se a distância (X) entre o transmissor e os receptores. As medidas são efetuadas em vários níveis de investigação (n), isto é, $n = 1, 2, 3, 4, 3, \dots$ é o ponto de intersecção entre uma linha que parte do centro dos eletrodos de corrente e outra que parte do centro dos eletrodos de potencial, com ângulos de 43° (Figura 24).



FIGURA 24 – ESQUEMA SEQUENCIAL DE AQUISIÇÃO DE DADOS UTILIZADO EM CAMINHAMENTOS ELÉTRICOS COM O ARRANJO DIPOLO-DIPOLO



Fonte: adaptada de ELIS, 1998

O resultado da aquisição é um conjunto de dados de resistividade elétrica obtido em n profundidades que formam uma pseudoseção (ELIS, 1998). Esta, por sua vez, reflete o comportamento do subsolo em resposta à passagem de correntes elétricas. Cada material geológico mostra um intervalo bem amplo de resistividade, o qual depende principalmente da composição mineralógica do meio, da quantidade de fluidos presentes nos poros dos materiais e da salinidade desses fluidos.

5.2.2 Aquisição dos dados

Os dados das seções geofísicas foram coletados a partir dos limites do lixão, uma vez que o trabalho de Cavalcanti (2013) já havia comprovado a presença da pluma até essa faixa. Linhas perpendiculares ao limite do Parque Nacional de Brasília (em direção a nordeste) foram levantadas com o propósito de se determinar os limites da pluma em direção a essa unidade de conservação ambiental. Outras seções foram realizadas no interior do Parque Nacional, em locais onde existem estradas de acesso. Uma linha no interior do Parque Nacional foi levantada para serem obtidos os valores de *background* em latossolos em faixa remota à influência do Lixão. Na porção a oeste foram realizados levantamentos em locais com viabilidade logística. Uma linha foi levantada na margem direita do Córrego Cabeceira do Valo para obtenção de uma seção de *background* em gleissolo fora da influência do Lixão.

Durante a execução dos levantamentos foi utilizado o equipamento Eletrorresistivímetro Syscal Pro 72 (fabricado pela Iris Instruments), que consiste em um módulo de aquisição interligado em cabos mul-

tieletrodos. Foram utilizados eletrodos metálicos para injetar corrente e medir o potencial elétrico gerado pelo fluxo de corrente no subsolo (Figura 25). O equipamento apresenta a melhor acurácia disponível, igual a 0.2%, e resolução de 1 microV, intervalo de temperatura entre -20°C e + 70°C.

FIGURA 25 – FOTOGRAFIAS MOSTRANDO O EQUIPAMENTO SYSCAL EM ATIVIDADE DE LEVANTAMENTO DE CAMPO



Na Tabela 5 estão listadas as coordenadas do início e do fim de cada seção levantada na área do Lixão e adjacências, onde foram executados 28 perfis de levantamentos geofísicos (sendo 15 de 240 metros de extensão e 13 de 360 metros, totalizando 8.280 metros lineares de seções de tomografia elétrica).

Para a seleção do comprimento das seções foram consideradas as profundidades mínimas de investigação (pelo menos 50 metros) e questões logísticas, como disponibilidade de área livre e superfícies não pavimentadas. Os arranjos de 240 e 360 metros permitiram investigar, respectivamente, 60 e 70 metros de profundidade.



TABELA 5 – LOCALIZAÇÃO DOS PERFIS GEOFÍSICOS REALIZADOS COM O REPOSICIONAMENTO DAS COORDENADAS DAS ZONAS ANÔMALAS EM FUNÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS. AS COORDENADAS SÃO OBTIDAS DIRETAMENTE DO GPS PORTÁTIL PARA FACILITAR A VERIFICAÇÃO EM CAMPO

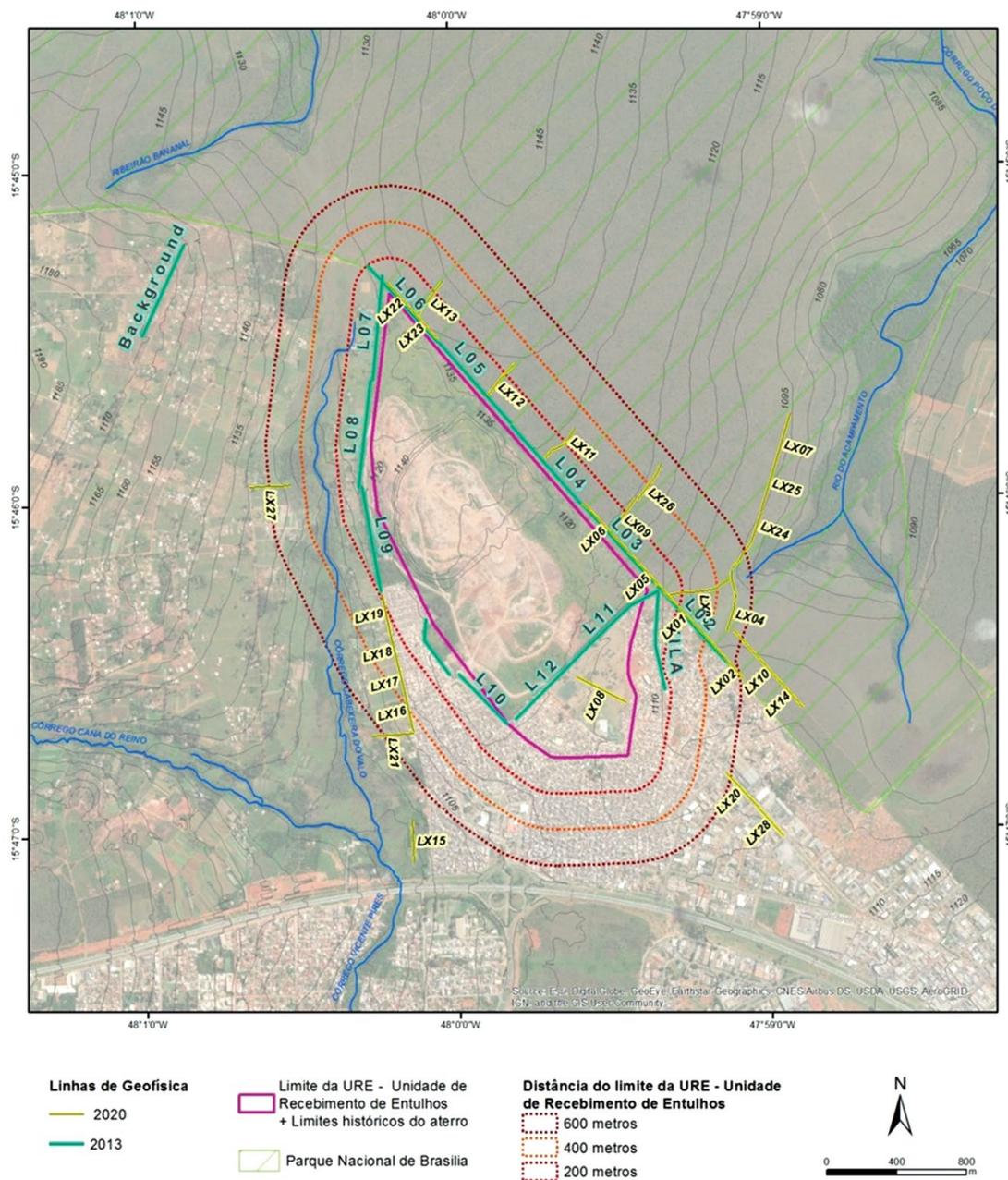
NOME	UTM_X	UTM_Y	UTM_X	UTM_Y	OBSERVAÇÃO
	INÍCIO DA LINHA		FINAL DA LINHA		
LX-01	179973	8253845	179756	8254070	Perfis para verificar a compatibilidade dos resultados do levantamento de 2013 e a pertinência de utilizá-los para o mapeamento da pluma.
LX-02	180185	8253611	179959	8253855	
LX-03	180120	8254153	179768	8254061	Perfis para verificar o prolongamento da pluma para o interior do Parque Nacional de Brasília.
LX-04	180097	8253851	180130	8254196	
LX-05	179538	8254310	179777	8254050	Perfis para verificar a compatibilidade dos resultados do levantamento de 2013.
LX-06	179293	8254565	179573	8254268	
LX-07	180466	8255079	180366	8254733	Perfil para definição de <i>background</i> em latossolo.
LX-08	179521	8253470	179246	8253609	Perfil para detectar contaminação em área urbana.
LX-09	179585	8254607	179443	8254414	Perfis para verificar a presença da pluma de chorume no interior do Parque Nacional de Brasília.
LX-10	180369	8253620	180144	8253864	
LX-11	179233	8254988	179063	8254821	
LX-12	178894	8255351	178737	8255176	
LX-13	821451	8255811	821303	8255627	
LX-14	180540	8253438	180375	8253615	Perfis para verificação do deslocamento da pluma em direção ao Córrego Cabeceira do Valo.
LX-15	821196	8252823	821199	8252578	
LX-16	821167	8253548	821217	8253308	
LX-17	821133	8253724	821179	8253487	
LX-18	821090	8253890	821147	8253665	
LX-19	821058	8254071	821104	8253838	Perfil para verificar a extensão da pluma ao sul da área.
LX-20	180264	8252902	180099	8253074	
LX-21	820973	8253289	821216	8253302	Verificação da pluma para sudoeste.
LX-22	821271	8255654	821137	8255809	Perfis para verificação de eventual aumento da contaminação no extremo norte da área do Lixão.
LX-23	821411	8255493	821281	8255645	
LX-24	180297	8254516	180138	8254214	Verificação do extremo nordeste da pluma no interior do Parque Nacional de Brasília.
LX-25	180401	8254865	180298	8254521	
LX-26	179739	8254794	179591	8254592	
LX-27	820554	8254700	820320	8254696	Perfil para definição de <i>background</i> em gleissolo.
LX-28	180433	8252721	180267	8252900	Perfil para verificar a extensão da pluma ao sul da área.

5.2.3 Resultados

A Figura 26 mostra a localização das seções realizadas neste trabalho e nos principais trabalhos anteriores. No Apêndice 1 encontram-se todos os resultados obtidos por inversão dos dados de resistividade aparente em cada pseudosseção, mostrando a variação da resistividade com a profundidade. As cores foram fixadas para facilitar a comparação direta de seção a seção.



FIGURA 26 – LOCALIZAÇÃO DAS SEÇÕES GEOFÍSICAS LEVANTADAS NESTE TRABALHO E NO ANO DE 2013 (CAVALCANTI, 2013). AS LINHAS PONTILHADAS REFEREM-SE A *BUFFERS* COM FAIXAS DE 200 METROS A PARTIR DOS LIMITES DA ÁREA QUE HISTORICAMENTE FOI LOCAL DE ACUMULAÇÃO DE RESÍDUOS (IMAGEM BASE OBTIDA DO SISTEMA *GOOGLE EARTH*, MAIO DE 2019)



5.2.4 Interpretação dos resultados

Para a interpretação das seções geofísicas visando à determinação da presença de chorume em profundidade foram utilizados os seguintes critérios:

- detecção de contaminação em poços de monitoramento anteriormente instalados (STOLLBERG; WEIB, 2011; CAMPOS *et al.*, 2006);
- valores de *background* de resistividade elétrica em locais reconhecidamente sem influência de nenhum tipo de contaminação em profundidade (perfil *background* de Cavalcanti (2013) e perfis 7 e 27 deste trabalho);
- caminho do fluxo subterrâneo determinado pela rede de fluxo proposta por Carneiro (2002);
- premissa de que o chorume, por ser rico em íons e em outras substâncias dissolvidas, deve modificar a resistividade da água nos poros dos materiais geológicos em que ocorre (rochas, saprolitos e solos).

Com base nesses parâmetros foram aplicadas as seguintes diretrizes para a interpretação das linhas geofísicas:

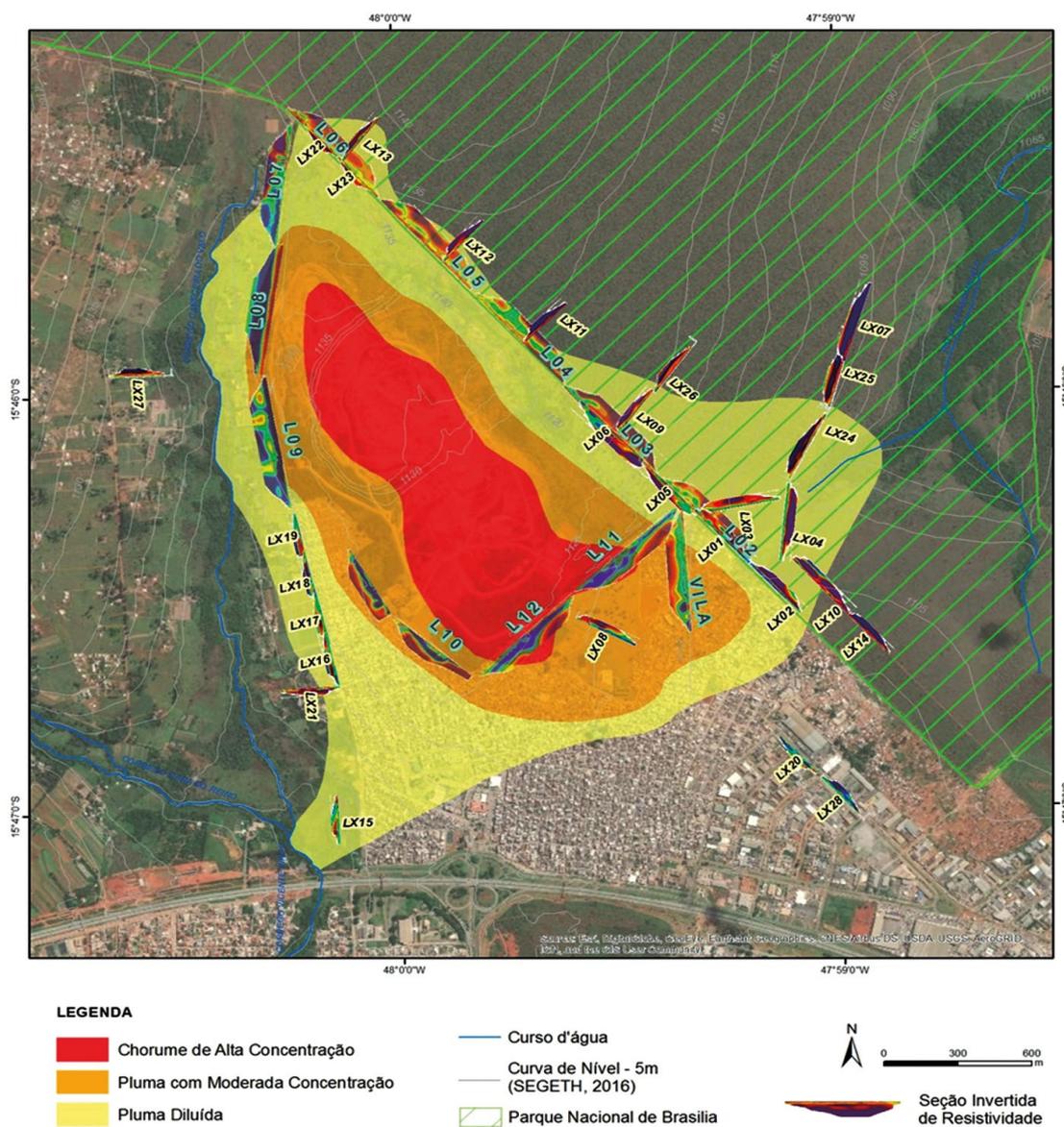
- áreas com valores de resistividade menores que 150 Ω/m representam locais com contaminação de elevada concentração (em geral em locais proximais ao aterro ou ao longo de canais de fluxo);
- valores de resistividade entre 151 e 500 Ω/m representam áreas em que a contaminação ocorre com concentração moderada;
- valores de resistividade entre 501 e 750 Ω/m indicam presença de contaminação de baixa concentração (chorume diluído);
- valores de resistividade até 1.000 Ω/m indicam algum tipo de contaminação, mesmo que de concentração extremamente baixa (mas ainda acima dos valores naturais de *background*);
- para locais com a presença de gleissolo com horizonte superficial rico em matéria orgânica admite-se que valores entre 500 e 700 Ω/m representam área não contaminada. Os valores de resistividades mais reduzidas são vinculados à presença de matéria orgânica nos horizontes superficiais e a uma maior umidade em subsuperfície.

As linhas LX20 e LX28 apresentaram valores anômalos baixos de resistividade que podem representar contaminação por chorume. Entretanto, a observação do local mostra a presença de uma galeria de águas pluviais com lançamento clandestino de esgoto doméstico, o que levou a uma interpretação alternativa de que o aquífero esteja contaminado pelo efluente doméstico e não por chorume produzido por antigos aterros de resíduos sólidos. Essa interpretação é corroborada pela conformação do relevo local, que não é favorável à infiltração de efluentes no sentido de NE para SW (nordeste para sudoeste). A confirmação dessa interpretação foi possível após a construção dos poços de monitoramento, tendo sido instalado nessa área o poço LX19.

A Figura 27 traz o mapa dos limites da pluma de contaminação baseada exclusivamente nos resultados do estudo geofísico de superfície. Esse mapa é tido como preliminar, pois se trata de uma interpretação baseada apenas em dados geofísicos, sem nenhum acesso direto à zona saturada do aquífero. Para a determinação de um mapa com maior segurança na interpretação e por consequência mais realista é necessário analisar os dados oriundos dos poços de monitoramento na região.



FIGURA 27 – MAPA PRELIMINAR DA PLUMA DE CONTAMINAÇÃO POR CHORUME DO ANTIGO LIXÃO DA ESTRUTURAL, BASEADO EXCLUSIVAMENTE NOS RESULTADOS DO ESTUDO GEOFÍSICO, COM INSERÇÃO DAS SEÇÕES GEOFÍSICAS. PARA MELHOR AVALIAÇÃO DAS SEÇÕES INDIVIDUAIS, OBSERVAR AS ILUSTRAÇÕES EM MAIOR ESCALA APRESENTADAS NAS SEÇÕES DA FIGURA 7. MAPA PRODUZIDO COM BASE NA INTEGRAÇÃO DOS DADOS GEOFÍSICOS DESTA PROJETO, NOS DADOS DE CAVALCANTI (2013) E GUEDES (2019), NOS DADOS DO LIMITE DA PLUMA APRESENTADOS POR CAMPOS *ET AL.* (2006), ALÉM DA CONFIRMAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO NO POÇO DA REDE DE MONITORAMENTO DA ADASA (IMAGEM BASE OBTIDA DO SISTEMA *GOOGLE EARTH*, MAIO DE 2019)



Os resultados do estudo geofísico foram integralmente corroborados pelos dados hidroquímicos, mostrando que a resistividade de subsuperfície é modificada sob qualquer presença de elementos não naturais na água subterrânea. Contudo, não é possível determinar os valores de concentração da pluma, pois a resolução da tomografia elétrica não permite tal precisão.

Valores inferiores a 50 Ω/m localizam as faixas com maior concentração da pluma de contaminação, indicando valores de condutividade elétrica da água subterrânea que variam desde 800 até 15.000 $\mu S/cm$. Por sua vez, locais em que as resistividades são superiores a 1.000 Ω/m (em latossolos) mostram áreas sem contaminação das águas subterrâneas.

Um aspecto que deve ser observado na avaliação dos resultados da tomografia elétrica é que as medidas são obtidas em diferentes profundidades, e os resultados representam a média de inúmeras interações. Assim, pode haver pequenos deslocamentos dos resultados em função dos contrastes em profundidade.

5.3 POÇOS DE MONITORAMENTO

5.3.1 Construção dos poços de monitoramento

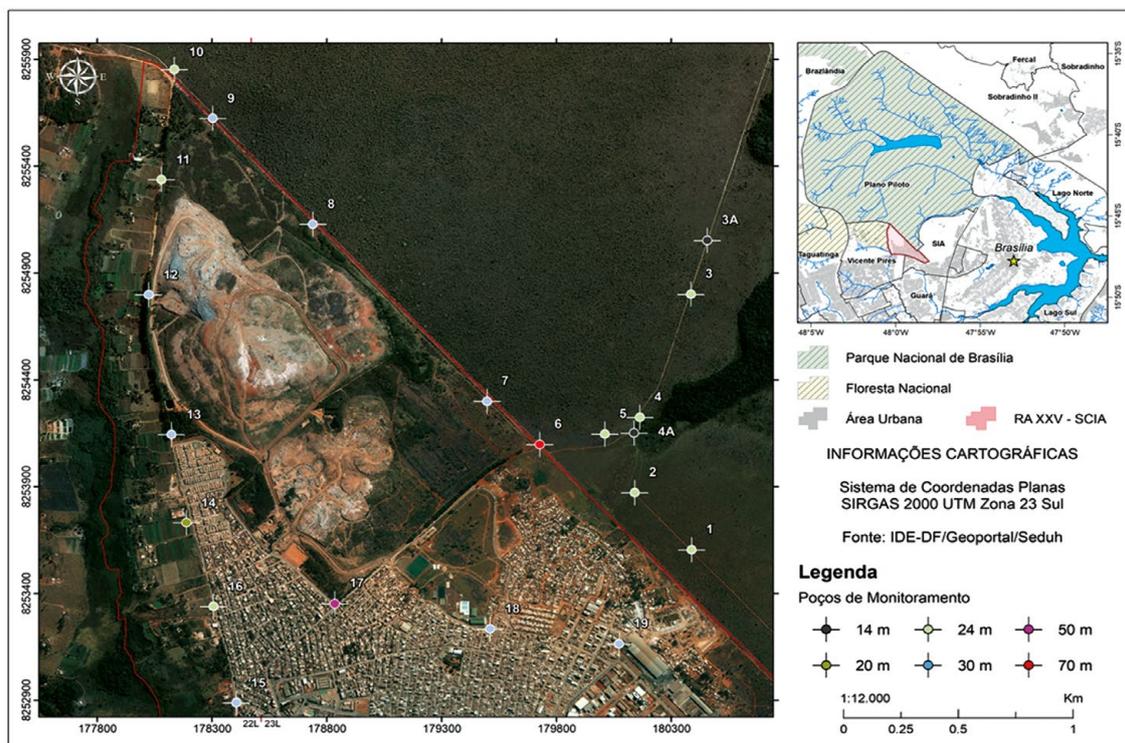
A locação dos pontos em que os poços de monitoramento foram instalados foi feita sobre uma base contendo os limites da pluma determinada pelo estudo geofísico, de forma que sejam confirmados os resultados deste estudo e para possibilitar a determinação da densidade, do conteúdo de substâncias dissolvidas, além das diferentes zonas de concentração da pluma. A imagem da Figura 28 traz a localização dos poços de monitoramento instalados.

É importante salientar que a locação dos poços teve limitações logísticas que incluíram:

- I. impossibilidade de instalação de poços em áreas de cerrado preservado no interior do Parque Nacional. Naquela unidade de conservação ambiental os poços foram exclusivamente instalados às margens de estrada existentes;
- II. impossibilidade de instalação de poços na área urbana da Cidade Estrutural por se tratar de uma cidade muito densa, com ruas estreitas;
- III. impossibilidade de instalação de poços nas chácaras do Núcleo Rural Cabeceira do Valo por se tratar de áreas privadas com produção agrícola.



FIGURA 28 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DOS POÇOS DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS



A proposta inicial previa a perfuração dos poços com uso do método roto-pneumático, com uso de compressor e martelo hidráulico, uma vez que esse método é mais rápido. Todavia, no início da operação de perfuração do conduto do poço 1 verificou-se que esse método, apesar de rápido e eficiente em locais com solos rasos e rochas resistentes, não poderia ser aplicado ao terreno, composto majoritariamente por ardósias alteradas recobertas por solos espessos. Dessa forma, o método de perfuração foi alternado para o rotativo com circulação de lama (Figura 29). Neste caso, a retirada do material triturado do poço é feita por circulação reversa, isto é, a água entra pelo interior da seção hastes + broca e sai pelo espaço anelar entre as hastes + broca e a parede do poço, podendo ser recirculada ou descartada de acordo com sua densidade e a decisão do sondador. Para a descrição do material interceptado durante a perfuração, o geólogo que acompanhava a obra coletou amostras de calha (Figura 30) diretamente na entrada da caixa de lama.

Para a construção dos poços LX11, LX12, LX13 e LX14 foi necessário o uso do sistema roto-pneumático, pois a perfuração alcançou rocha classificada como quartzito grosso, coeso e silicificado (não passível de ser perfurada pelo método rotativo com circulação de lama).

A sequência construtiva dos poços de monitoramento observou o seguinte procedimento geral: perfuração do canal cilíndrico com a profundidade previamente determinada, instalação da seção revestimento-filtro (Figura 31), posicionamento do pré-filtro (Figura 32), posicionamento de eventuais seções de selos de bentonita, concretagem da porção superior do poço e instalação do sistema de acabamento e proteção. Os poços foram perfurados com diâmetro de 6 a 7 polegadas e revestidos com PVC geomecânico ranhurado. Na base da seção dos tubos de revestimento-filtro foi utilizado um *cap* rosqueável.

O acabamento e o sistema de proteção do poço contam com um *cap* rosqueável diretamente no tubo de PVC de 4 polegadas, um tubo de aço carbono de 6 polegadas em sua parte externa (dotado de um cadeado de 40 mm protegido por chapa de aço galvanizado), além de uma manilha de concreto com 60 cm de diâmetro dotada de tampa, também em concreto (Figura 33). Os poços situados em área urbana ainda contam com uma cerca de arame farpado com sete fios e cadeado de proteção (Figura 34).

Os poços tiveram profundidades variáveis de 14, 24, 30, 50 ou 70 metros em função da sua localização, objetivo de instalação e da profundidade do nível freático local. A Tabela 6 traz as principais características dos poços de monitoramento instalados no âmbito deste trabalho e o Apêndice 2 traz os detalhes construtivos, incluindo descrição da seção pedológica/litológica, seção de instalação dos filtros, acabamento e demais aspectos construtivos dos poços.

O isolamento sanitário da porção rasa dos poços varia de 4 a 6 metros de concreto no espaço anelar entre o revestimento e o conduto. Esse selo tem como objetivo evitar a contaminação direta pelo escoamento superficial de efluentes.

FIGURA 29 – PERFURAÇÃO DO POÇO LX14, MOSTRANDO A TORRE COM SISTEMA HIDRÁULICO, AS HASTES METÁLICAS E A CAIXA DE CIRCULAÇÃO DE LAMA. O CAMINHÃO-PIPA SITUADO AO LADO DA TORRE DO SISTEMA HIDRÁULICA FORNECE ÁGUA PARA CIRCULAÇÃO NO INTERIOR DO CONDUTO



FIGURA 30 – AMOSTRA DE CALHA COLETADA NA ENTRADA DA CAIXA DE LAMA DURANTE A PERFURAÇÃO DO POÇO LX 12. NOTAR QUE SE TRATA DE AREIA GROSSA COM GRÃOS ESFÉRICOS TÍPICOS DOS OBSERVADOS NO TOPO DA FORMAÇÃO RIBEIRÃO PIÇARRÃO DO GRUPO PARANOÁ



FIGURA 31 - DETALHES DOS TUBOS DE PVC GEOMECÂNICO DE 4 POLEGADAS UTILIZADOS NA COLUNA DE REVESTIMENTO E FILTRO NOS POÇOS DE MONITORAMENTO INSTALADOS POR ESTE ESTUDO

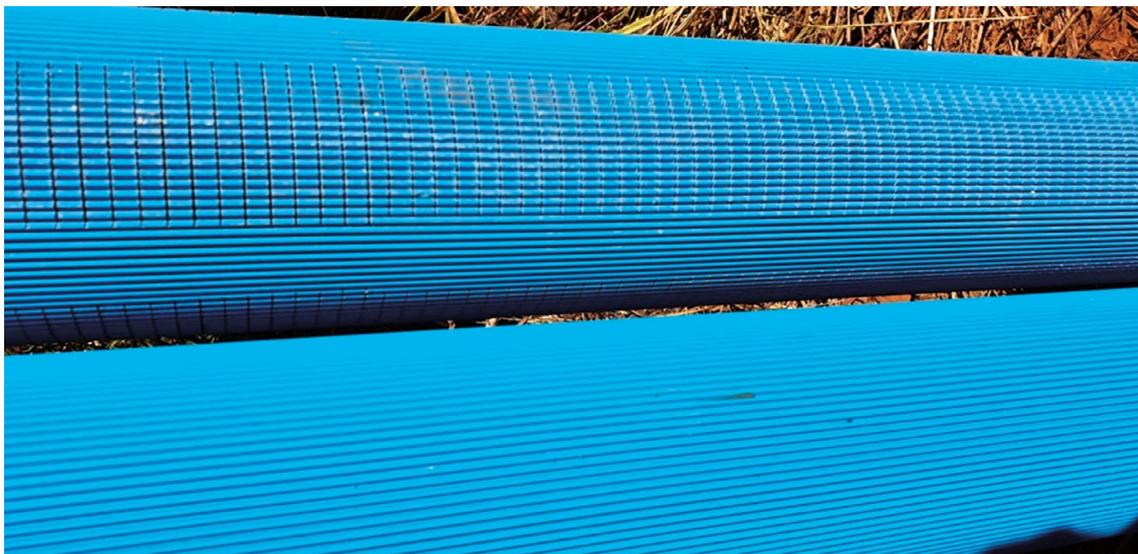


FIGURA 32 - DETALHE DO PRÉ-FILTRO UTILIZADO NA MAIOR PARTE DOS POÇOS



FIGURA 33 – SISTEMA DE PROTEÇÃO TRIPLO, COMPOSTO POR CAP DE PVC ROSQUEÁVEL, TUBO DE AÇO CARBONO COM TAMPA E CADEADO E MANILHA EM CONCRETO COM TAMPA



FIGURA 34 – CERCA DE PROTEÇÃO DE POÇOS INSTALADOS NA ÁREA URBANA DA CIDADE ESTRUTURAL



TABELA 6 – LOCALIZAÇÃO E PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DOS POÇOS DE MONITORAMENTO INSTALADOS NAS ADJACÊNCIAS DO MACIÇO DE ATERRO (INCLUINDO PARQUE NACIONAL DE BRASÍLIA, LIMITES EXTERNOS DO LIXÃO E ÁREA URBANA DA CIDADE ESTRUTURAL). NE MEDIDOS NOS DIAS 4 E 5/08/2020 (E DIA 22/08/2020 LX16 E LX18). AS COORDENADAS SÃO OBTIDAS DIRETAMENTE DO GPS PORTÁTIL PARA FACILITAR A VERIFICAÇÃO EM CAMPO.

POÇO	COORDENADAS		ZONA	PROF. (M)	NE (M)	SEÇÃO DE FILTROS (INTERVALOS)	FORMAÇÃO GEOLÓGICA
	UTM E	UTM N					
LX-1	180389	8253605	23L	24,0	5,11	6,0 (20 a 16 e 10 a 8)	Ribeirão do Torto
LX-2	180141	8253872	23L	24,0	3,07	6,0 (20 a 16 e 10 a 8)	Ribeirão do Torto
LX-3	180386	8254801	23L	24,0	8,38	6,0 (20 a 16 e 10 a 8)	Ribeirão do Torto
LX-3A	180457	8255053	23L	14,0	8,15	4,0 (10 a 6)	Ribeirão do Torto
LX-4	180163	8254225	23L	24,0	1,77	6,0 (20 a 16 e 10 a 8)	Ribeirão do Torto
LX-4A	180138	8254152	23L	14,0	1,16	4,0 (10 a 6)	Ribeirão do Torto
LX-5	180011	8254147	23L	24,0	3,65	6,0 (20 a 16 e 10 a 8)	Ribeirão do Torto
LX-6	179728	8254098	23L	60,0	6,17	14,0 (42 a 38, 30 a 24 e 16 a 12)	Ribeirão do Torto
LX-7	179498	8254300	23L	30,0	12,55	8,0 (20 a 16 e 12 a 8)	Ribeirão do Torto
LX-8	178739	8255129	23L	30,0	13,77	8,0 (20 a 16 e 12 a 8)	Ribeirão do Torto
LX-9	821274	8255631	22L	30,0	11,66	8,0 (20 a 16 e 12 a 8)	Ribeirão do Torto
LX-10	821112	8255865	22L	24,0	8,84	6,0 (20 a 16 e 10 a 8)	Ribeirão Piçarrão
LX-11	821042	8255351	22L	14,0	8,84	4,0 (10 a 6)	Ribeirão Piçarrão
LX-12	820971	8254813	22L	30,0	7,63	8,0 (20 a 16 e 12 a 8)	Ribeirão Piçarrão
LX-13	821052	8254156	22L	30,0	8,00	8,0 (20 a 16 e 12 a 8)	Ribeirão Piçarrão
LX-14	821105	8253742	22L	20,0	9,6	8,0 (20 a 16 e 12 a 8)	Ribeirão Piçarrão
LX-15	821298	8252893	22L	30,0	8,20	8,0 (20 a 16 e 12 a 8)	Ribeirão do Torto
LX-16	821206	8253347	22L	24,0	8,99	8,0 (20 a 16 e 12 a 8)	Ribeirão do Torto
LX-17	178835	8253354	23L	50,0	14,20	14,0 (42 a 38, 30 a 24 e 16 a 12)	Ribeirão do Torto
LX-18	179507	8253233	23L	30,0	7,74	8,0 (20 a 16 e 12 a 8)	Ribeirão do Torto
LX-19	180073	8253164	23L	30,0	5,30	8,0 (20 a 16 e 12 a 8)	Ribeirão do Torto

A rede de monitoramento dos recursos hídricos subterrâneos é composta pelos poços instalados por este projeto, além de um poço instalado em projeto de pesquisa anterior (ABREU, 2001) denominado poço LX-20, de mais cinco poços instalados pelo Projeto CEB/Finattec denominados poços PCX1 e PCX2 (situados na crista do maciço de lixo), PX Moinho, PX Entrada e PX Norte, além do poço 18 da rede de monitoramento da Adasa. Portanto, a rede de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas associada à área do maciço de lixo e adjacências é composta por 27 pontos de acesso direto à zona saturada do aquífero freático local.

A maior parte dos poços objetiva o monitoramento e a avaliação do aquífero freático local associado ao Sistema Intergranular P1. Contudo, os poços LX-6 e LX-17 permitem acesso ao aquífero fraturado do Subsistema A, e os poços LX11, LX12, LX13 e LX-14 permitem acesso ao Subsistema S/A, ambos do Sistema Paranoá.

A rede de monitoramento das águas subterrâneas deverá ser aplicada para monitoramento da qualidade das águas (ou alternativamente da pluma de contaminação) e da variação dos níveis freáticos, sendo, dessa forma, uma rede para monitoramento quali-quantitativo das águas subterrâneas.



5.3.2 Métodos analíticos e procedimentos de coleta de amostras

Para a realização das análises das substâncias consideradas neste estudo foram utilizados/aplicados os seguintes métodos analíticos:

- determinação de metais totais, solúveis/dissolvidos por espectrometria de emissão atômica com fonte de plasma indutivamente acoplada (ICP-OES), com os seguintes Limites de Quantificação (LQ): antimônio 1 µg/L; arsênio 1 µg/L; bário 10 µg/L; cádmio 1 µg/L; cálcio 0,1 mg/L; chumbo 10 µg/L; cobalto 10 µg/L; cobre 1 µg/L; crômio 10 µg/L; magnésio 0,1 mg/L; mercúrio 0,1 µg/L; níquel 10 µg/L; sódio 0,2 mg/L e zinco 10 µg/L;
- determinação de cloreto total e nitrato (como N) por espectrofotometria com LQ = 0,1 mg/L;
- determinação de nitrato (como N) por espectrofotometria com LQ = 0,23 mg/L;
- determinação de nitrito (como N) por espectrofotometria com LQ = 0,015 mg/L;
- determinação de amônia (como NH₃) e amônio por espectrofotometria com LQ = 0,015 mg/L;
- determinação de demanda química de oxigênio (DQO) por espectrofotometria com LQ = 3 mg/L.

As análises foram realizadas no Laboratório Tommasi Ambiental, filial de Brasília, situado em Taguatinga, Distrito Federal. As amostras foram coletadas pelos técnicos responsáveis por este estudo, seguindo as melhores práticas para evitar qualquer tipo de contaminação durante a amostragem (uso de luvas, limpeza prévia das sondas de leitura *in situ*, identificação dos frascos fornecidos pelo laboratório, dentre outras práticas).

Todas as coletas de amostras foram realizadas com auxílio de um amostrador tipo *bailer*. Para a coleta de amostras a diferentes profundidades de forma que fosse verificada a possibilidade de estratificação da pluma de contaminação foram acoplados pesos no *bailer* para que este pudesse submergir no interior da coluna de água do poço e amostrar águas nas zonas dos filtros (Figura 35).

No ato da coleta são realizadas medidas de parâmetros físico-químicos denominadas análises *in situ*, que incluem a temperatura da amostra, seu pH e a condutividade elétrica, com auxílio de equipamentos portáteis multiparâmetro dotados de sondas específicas (Figura 36).

Após a coleta, as amostras foram preservadas em caixa de isopor com gelo para manutenção da temperatura abaixo de 20 °C.

5.3.3 Resultados das análises químicas

A Tabela 7 traz os resultados de análises químicas e parâmetros físico-químicos de amostras de águas subterrâneas coletadas em poços de monitoramento situados sobre o maciço de resíduos e em suas adjacências (incluindo área do Parque Nacional de Brasília e área urbana da Cidade Estrutural). O Anexo 1 traz os laudos dos resultados das análises realizadas pelo Laboratório Tommasi Ambiental.



FIGURA 35 – AMOSTRAGEM DE ÁGUA NO POÇO LX3 SITUADO NO PARQUE NACIONAL DE BRASÍLIA. NOTAR O DETALHE DOS PESOS ACOPLADOS NO CORPO DO BAILER. A ÁGUA APRESENTA-SE TURVA, POIS A OBRA DO POÇO HAVIA SIDO RECÉM-CONCLUÍDA



FIGURA 36 – SONDA MULTIPARÂMETRO YSI PROFESSIONAL PLUS E SONDA HQ 40D DA HACH INSTRUMENTS, UTILIZADAS PARA COLETA DOS PARÂMETROS (PH, TEMPERATURA, TOTAL DE SÓLIDOS DISSOLVIDOS (TDS) E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE))



TABELA 7 – DADOS DE ANÁLISES DE AMOSTRAS COLETADAS EM POÇOS DE MONITORAMENTO SOBRE O LIXÃO E ADJACÊNCIAS. PROFUNDIDADE DE AMOSTRAGEM EM METROS; CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM $\mu\text{S}/\text{CM}$; TEMPERATURA EM $^{\circ}\text{C}$; DEMAIS SUBSTÂNCIAS EM MG/L . LQ – LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO DO MÉTODO ANALÍTICO. AMOSTRAGENS REALIZADAS EM 24 DE JULHO DE 2020 E EM 14 DE AGOSTO DE 2020

POÇO-AMOSTRA PARÂMETRO	LX2-01	LX3A-01	LX4A-01	LX5-01	LX6-01	LX7-01	LX7A-01	LX8-01	LX9-01	LX10-01	LX11-01	LX12-01
Prof. Amostragem	10,0	10,0	10,0	15,0	20,0	20,0	8,5	20,0	20,0	18,0	12,0	15,0
Cond. elétrica.	300	35	88,3	302,4	143,1	210	2.330	156	169	226	3.640	4.640
Temp.	22,6	22,3	23,1	23,2	23,3	22,8	23,8	23,4	22,5	23,5	23,5	26,8
pH	11,8	6,7	6,9	8,3	7,5	8,4	8,1	8,4	8,8	8,64	12,9	7,9
Amônia	< LQ	< LQ	< LQ	1,2	0,5	1,8	121,5	0,5	< LQ	< LQ	28,7	280,0
Nitrito	0,604	< LQ	0,014	0,3	0,009	0,004	1,108	0,350	0,088	0,159	0,289	0,019
Nitrato	3,6	0,3	< LQ	0,6	0,7	3,2	15,2	1,9	0,90	0,90	2,6	0,6
Cloreto	7,9	7,6	1,1	18,0	10,5	8,5	261,0	26,8	9,9	13,6	388,0	508,0
Sulfato	3,0	< LQ	2,0	2,0	4,0	6,0	26,0	4,0	4,0	2,0	8,0	126
DQO	< LQ	< LQ	< LQ	8,0	< LQ	20,0	1.260	16,0	16,0	< LQ	108,0	204,0
Antimônio	< LQ	< LQ	< LQ	0,0054	< LQ	0,0058	< LQ	0,0057	0,004	< LQ	< LQ	< LQ
Arsênio	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Bário	0,09	0,03	< LQ	0,078	0,0195	0,119	0,086	0,066	0,027	0,035	0,401	0,079
Cádmio	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,035	< LQ	< LQ
Chumbo	0,034	< LQ	0,0442	0,05	< LQ	0,041	< LQ	0,114	0,088	0,033	0,014	0,016
Cobalto	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Cobre	0,0029	< LQ	< LQ	0,0023	< LQ	0,0059	0,0064	0,0037	< LQ	0,0011	0,021	0,0028
Crômio	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,047	< LQ
Mercúrio	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Níquel	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,010	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,018	< LQ
Zinco	0,299	0,074	0,0559	0,279	0,0364	0,589	0,096	0,392	0,069	0,049	0,336	0,045
Cálcio	83,19	3,97	7,98	26,26	10,7	52,32	43,07	21,97	16,6	25,37	342,36	26,98
Magnésio	5,76	0,654	0,826	12,87	0,719	24,38	9,77	7,79	6,63	12,3	31,9	31,79
Sódio	27,01	0,718	3,73	36,87	3,25	40,91	136,13	48,6	44,94	46,64	69,57	298,27



POÇO-AMOSTRA PARÂMETRO	LX							PX			PC	
	LX13-01	LX14-01	LX15-01	LX17-01	LX19-01	LX20-01	CH1-01	ENTR-01	MOINHO-01	NORTE-01	PX1-01	PCX1-01
Prof. Amostragem	15,0	20,0	15,0	15,0	15,0	2,5	3,0	20,0	20,0	15	21	21
Cond. elétrica.	1.532	227,0	198,4	56,0	176,0	44,3	5.990	127,5	959,0	17.800,0	361,0	15.470,0
Temp.	23,3	23,7	23,3	24,2	22,3	23,4	29,5	27,2	25,6	29,5	30,0	41,6
pH	7,6	8,3	7,6	6,1	9,2	5,56	7,77	6,3	7,76	8,75	7,0	7,83
Amônia	47,0	< LQ	< LQ	< LQ	2,0	2,90	402,0	< LQ	71,0	1.800,0	3,8	1.130,0
Nitrito	0,404	0,250	0,017	0,029	0,051	< LQ	< LQ	< LQ	0,228	0,002	0,083	< LQ
Nitrato	20,20	0,5	10,30	2,0	1,70	0,7	< LQ	0,20	0,70	1,0	0,30	0,50
Cloreto	198,0	63,5	12,5	16,5	11,6	5,6	655,0	5,9	320,0	1.480,0	28,0	1.352,0
Sulfato	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	8,0	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	40,0	2,0	12,0
DQO	34,0	3,0	11,0	101,0	8,0	< LQ	1.260	15,0	697,0	3.070,0	132,0	2.042,0
Antimônio	0,0029	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,0289	< LQ	< LQ				
Arsênio	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,1335	< LQ	< LQ					
Bário	0,163	0,186	0,0304	0,051	0,014	< LQ	0,236	0,049	0,236	0,05	0,067	0,248
Cádmio	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ					
Chumbo	0,038	0,289	< LQ	< LQ	0,133	< LQ	< LQ	0,051	< LQ	0,048	< LQ	< LQ
Cobalto	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,048	< LQ	< LQ					
Cobre	0,0012	0,0532	< LQ	< LQ	0,0014	0,0069	< LQ	< LQ	< LQ	0,0058	0,0045	< LQ
Crômio	< LQ	0,116	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,015	< LQ	0,062	< LQ	0,0434
Mercurio	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ					
Níquel	< LQ	0,017	< LQ	< LQ	0,144	> LQ	0,0972					
Zinco	0,056	0,111	0,0509	0,033	0,082	0,050	0,037	0,058	0,037	0,138	0,064	0,0543
Cálcio	64,55	34,4	17,4	1,77	10,06	0,37	106,67	8,3	1,53	15,2	25,4	32,5
Magnésio	28,98	2,83	0,59	0,42	2,40	0,19	107,32	0,63	0,41	13,5	2,98	38,6
Sódio	98,33	8,62	11,7	8,39	37,38	9,07	367,36	9,71	27,4	893,0	5,64	687,0

Os valores de referência para comparação com os resultados deste estudo são referidos à Resolução Conama 396 de 3 de abril de 2008 (que dispõe sobre a classificação e as diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências). Conforme a supracitada resolução, as substâncias apresentam os seguintes valores relativos à Classe Especial: pH entre 6 e 9; amônia 1,5 mg/L; nitrito 1,0 mg/L; nitrato 10,0 mg/L; cloreto e sulfato 250,0 mg/L; antimônio 5 µg/L; arsênio 10 µg/L; bário 700 µg/L; cádmio; 5 µg/L; chumbo 10 µg/L; cobalto 70 µg/L; cobre 2,0 mg/L; crômio 50 µg/L; mercúrio 1 µg/L; níquel 70 µg/L; zinco 1,8 mg/L e sódio 200,0 mg/L. As demais substâncias avaliadas não apresentam correspondentes na legislação brasileira.

Os resultados das análises mostram uma grande variação da condutividade elétrica da água subterrânea na poligonal estudada e indicam que os dados hidroquímicos corroboram integralmente os dados geofísicos, evidenciando que a ampla maioria dos poços instalados confirma a presença da pluma de contaminação em profundidade.

O uso dos resultados de condutividade elétrica (CE) do fluido (água ou efluente) é indicado, pois esse parâmetro é diretamente proporcional a todas as substâncias presentes na zona amostrada do aquífero.



Alternativamente podem ser utilizados dados totais de sólidos dissolvidos (TSD ou TDS na sigla em inglês). Com base nos dados de CE é possível separar as zonas de contaminação em três zonas contrastantes:

- zona de máxima concentração correspondente à porção de geração do chorume pela decomposição dos resíduos. Esta região é fortemente vinculada ao maciço de lixo e suas adjacências, mas pode ser ampliada em função das variações das propriedades dos aquíferos (ex.: presença de valores anômalos de condutividade hidráulica ou aumento do gradiente hidráulico pela elevação da pilha de resíduos). Nesta zona, as concentrações são superiores a 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, chegando ao valor de 17.800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no ponto ao norte do Lixão;
- zona de espalhamento corresponde à região marginal do Lixão, que pode alcançar até mais 500 metros para a direção sudoeste, sendo definida por valores de condutividade elétrica variáveis de 1.000 a 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$;
- zona de diluição corresponde à borda externa da pluma, a qual apresenta valores menores que 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, contudo sempre mais elevados que os valores de *background* para águas freáticas dos aquíferos do Distrito Federal (associados a latossolos). Esta zona pode alcançar de forma comprovada até mais de 1 km em direção a sudoeste do Lixão mais recente ou cerca de 600 metros a sudoeste de aterros considerados antigos.

Os valores dos metais de transição (metais com peso atômico elevado) nas diferentes posições com relação à pluma de contaminação são relativamente baixos. Esse fato não é exclusivo do Lixão da Estrutural, também é observado em outros extratos de resíduos, como os vistos nos Estados Unidos (em Du Page, Illinois e na média dos aterros do estado de Wisconsin) (FETTER, 1994) (Tabela 8). A relativa baixa concentração de metais nos diferentes tipos de chorume é atribuída à origem dos resíduos, que são dominantes ou exclusivamente relacionados a lixo doméstico, em que o volume de resíduos orgânicos domina e as fontes para disponibilização de metais é restrita (grande parcela é retirada para reciclagem antes de ser incorporado ao aterro) (FETTER *et al.*, 2018).

O pH apresenta ampla variação, alternando de ácido até fortemente alcalino em razão do tempo de operação do aterro, do tempo de geração do chorume e do clima da região em que os resíduos estão aterrados.

TABELA 8 – CONCENTRAÇÕES DE SUBSTÂNCIAS SELECIONADAS MEDIDAS EM ATERROS DE RESÍDUOS URBANOS NA CIDADE DE DU PAGE, ILINOIS, EUA, E VALORES MÍNIMOS EM MÁXIMOS ENCONTRADOS EM ATERROS DO ESTADO DE WISCONSIN, EUA. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM $\mu\Omega/\text{CM}$ E DEMAIS SUBSTÂNCIAS EM MG/L

SUBSTÂNCIAS SELECIONADAS	DU PAGE, ILINOIS, EUA (MÉDIA)	WISCONSIN, EUA (INTERVALO DE VARIAÇÃO)
Condutividade elétrica	10.200	408,8 - 35.301
pH	6,9	5 - 8,9
Amônia	862	26 - 557
Nitrito	-	0 - 0,11
Nitrato	-	0 - 1,4
Cloreto	3.484	2 - 2.651
Sulfato	< 0,10	8,4 - 500
DQO	1.340	1.120 - 50.450
Antimônio	-	0 - 3,19



SUBSTÂNCIAS SELECIONADAS	DU PAGE, ILINOIS, EUA (MÉDIA)	WISCONSIN, EUA (INTERVALO DE VARIÇÃO)
Arsênio	0,11	0 - 0,225
Bário	-	0 - 5,0
Cádmio	1,95	0 - 0,07
Chumbo	4,46	0 - 1,11
Cobre	< 0,10	0,32
Crômio	< 0,10	> LQ
Mercúrio	0,0008	0 - 0,01
Níquel	0,3	0 - 1,65
Zinco	18,8	0 - 54
Cálcio	46,8	200 - 2.100
Magnésio	233	120 - 780
Sódio	748	12 - 1.630
Potássio	501	0 - 1.375
Manganês	< 0,1	0,03 - 25,9
Ferro	4,2	2,1 - 1.400

Fonte: FETTER, 1994

No caso do Lixão da Estrutural, os principais indicadores da presença e da concentração do chorume em profundidade são: condutividade elétrica, pH, amônia, cloreto, DQO, cálcio, magnésio e sódio. O pH é fortemente alcalino nas zonas de produção do chorume e tende a diminuir a alcalinidade quando há diluição com águas de recarga. O aquífero freático, sem qualquer contato com o extrato dos resíduos, varia de ácido a levemente ácido.

O par sódio/cloreto – em associação com amônia, cálcio e magnésio – é um poderoso indicador da presença de águas subterrâneas contaminadas por chorume. A origem do sódio e do cloreto é atribuída a alimentos processados (restos de comida) levados em grandes volumes ao aterro. A amônia também é associada à decomposição de alimentos, e uma vez que o ambiente do aterro é fortemente redutor, o nitrogênio permanece na forma de amônia (NH_4) e não oxida para nitrito e nitrato, como é comum nos ambientes subterrâneos com condições Redox positivas, isto é, ambiente oxidante. O cálcio e o magnésio são considerados oriundos da dissolução de concreto encontrado em grande volume no aterro associado a escombros de demolição e restos de obras.

Para maior destaque dos indicadores de contaminação será apresentada a discussão sobre as principais substâncias que ocorrem nas águas subterrâneas das adjacências do Lixão, bem como seu comportamento e comparação com os valores naturais de *backgrounds* relativos aos subsistemas aquíferos que ocorrem na área de estudo.

A amônia varia de menor ao limite de quantificação do método analítico, alcançando valores de 1.800 mg/L no chorume mais denso. Essa substância representa a forma mais reduzida da série nitrogenada, e sua concentração diminui progressivamente quando se afasta da zona de produção do chorume, como efeito da diluição pela água de recarga e por oxidação. No entanto, é possível afirmar que deve existir alguma forma de eliminação da amônia na fase gasosa, uma vez que as concentrações de nitrato presentes nas faixas marginais da pluma são reduzidas e não correspondem à oxidação total da amônia. Essa



observação pode ser feita também com base na avaliação dos teores de nitrito observados nas porções mais distais da fonte de geração do chorume.

O sódio varia de 0,718 até 893,0 mg/L, e o cloreto, de 1,1 a 1.480,0 mg/L, e são íons associados à dissolução do sal de cozinha ou NaCl oriundo de alimentos. Na maior parte dos pontos de amostragem esses íons não apresentam relação de proporcionalidade de concentrações, o que é comum em efluentes de fossas domésticas. Assim, admitem-se possíveis outras fontes de sódio e cloreto, provavelmente vinculadas a alimentos industrializados.

O cálcio varia de valor menor que 1 mg/L, sendo considerado o *background* regional, até 106 mg/L, sendo reconhecido como contaminação, provavelmente oriunda da dissolução de blocos de concreto e restos de obras comumente encontrados na massa de resíduos. Um valor considerado *outlier* de 342 mg/L é atribuído à contaminação por cimento utilizado na completação do poço que teve vazamento durante a instalação do isolamento sanitário composto por concreto (mistura de areia, brita e cimento).

O magnésio varia de 0,41 até o máximo de 107,32 mg/L, sendo até 1,5 mg/L o valor considerado natural. Portanto, todos os valores acima de 3,0 mg/L são comprovadamente associados à contaminação. Como apresenta geoquímica similar à do cálcio, as mesmas fontes de contaminação são consideradas para este cátion divalente.

A DQO, ou demanda química de oxigênio, corresponde a um indicador de matéria orgânica baseado na concentração do oxigênio consumido para a oxidação da M.O., sendo geralmente medida como mgO₂/L ou simplesmente mg/L. No caso dos efluentes derivados da decomposição de resíduos domésticos é um indicador robusto, pois nos aterros as condições redutoras são alcançadas em grande parte pelas reações de oxidação que elevam os valores da DQO. No caso do Lixão da Estrutural, os valores variam desde inferiores ao limite de quantificação do método analítico até maiores que 3.000 mgO₂/L na porção mais crítica de geração do chorume.

Os metais selecionados representados por antimônio, arsênio, cádmio, chumbo, cobalto, cobre, crômio, mercúrio, níquel e zinco ocorrem de forma geral abaixo do limite de quantificação do método analítico, e apenas em casos isolados ocorrem com teores da ordem de microgramas por litro, sempre abaixo dos limites estabelecidos nos parâmetros de qualidade da água para diferentes finalidades.

O pH apresenta ampla variação, como é comum nos efluentes de lixões, com os indicadores funcionando da seguinte forma: efluente mais alcalino representa porções de chorume mais concentrado, e quando se dilui a solução pela entrada das águas de recarga há diminuição progressiva da alcalinidade. Valores de pHs mais ácidos são indicadores de águas subterrâneas de melhor qualidade. Pode-se afirmar ainda que os valores das primeiras campanhas de medição de pH *in situ* ainda devem trazer influência da construção dos poços de monitoramento, uma vez que o isolamento sanitário utilizou cimento na sua composição, o que foi particularmente evidenciado nos poços LX11 e LX19.

A temperatura medida *in situ* é um indicador importante da contaminação e da concentração do chorume. As maiores temperaturas medidas correspondem às maiores concentrações do chorume traduzidas pela condutividade elétrica, também medida *in situ*. O poço PCX1 apresenta temperatura maior que 40 °C, e os poços PX Norte, PX1 e CH1 mostram temperaturas da ordem de 30 °C. Esses poços correspondem aos locais mais próximos ao centro produtor do chorume, localizados na porção norte do maciço de resíduos. Quando se afasta para as áreas marginais da pluma de contaminação há redução da temperatura para valores entre 22 °C e 23 °C.

O sulfato ocorre abaixo do limite de quantificação para a maior parte dos pontos de amostragem. Apenas em um local de máxima concentração do chorume no ambiente subterrâneo os valores alcançam 126 mg/L, em outros três pontos variam de 12 a 40 mg/L, e nas demais ocorrências os teores são da ordem da unidade. Esse comportamento é esperado em razão da condição redutora da contaminação, devendo o



enxofre ocorrer na forma de sulfeto ou sulfito. De qualquer forma, por se tratar de uma substância pouco reativa, sua diluição por meio das entradas das águas de recarga naturais é bastante efetiva.

Com a continuidade do monitoramento, a avaliação de ocorrência e persistência das diferentes substâncias analisadas deverá facilitar a definição dos melhores indicadores para a contaminação das águas subterrâneas e a porção do aquífero comprometida pela pluma de chorume.

5.3.4 Mapa da extensão da pluma de contaminação

A Figura 37 apresenta o mapa da pluma de contaminação por percolados líquidos do antigo Lixão da Estrutural, tendo sido integrado com base nos resultados do estudo geofísico com os dados de análises de águas coletadas nos poços de monitoramento e em poços existentes na região do Lixão da Estrutural e adjacências.

A distribuição da pluma foi representada com base na condutividade elétrica (em $\mu\text{S}/\text{cm}$) do fluido amostrado de cada ponto com acesso direto à zona saturada do aquífero freático. Esse parâmetro é o mais adequado para a determinação da densidade e da concentração do contaminante, uma vez que representa todas as espécies iônicas dissolvidas na água. Também apresenta relação direta entre as zonas de produção do chorume e as zonas de espalhamento e diluição. O mapa foi classificado em oito classes discriminadas por cores, incluindo as seguintes concentrações de contaminantes ou condutividades elétricas: < 35, entre 35 e 50, entre 50 e 500, entre 500 e 950, entre 950 e 1.300, entre 1.300 e 4.500, entre 4.500 e 10.000 e maior que 10.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A opção pelo uso de intervalos não regulares se deve às relações de áreas de interpolação das diferentes classes.

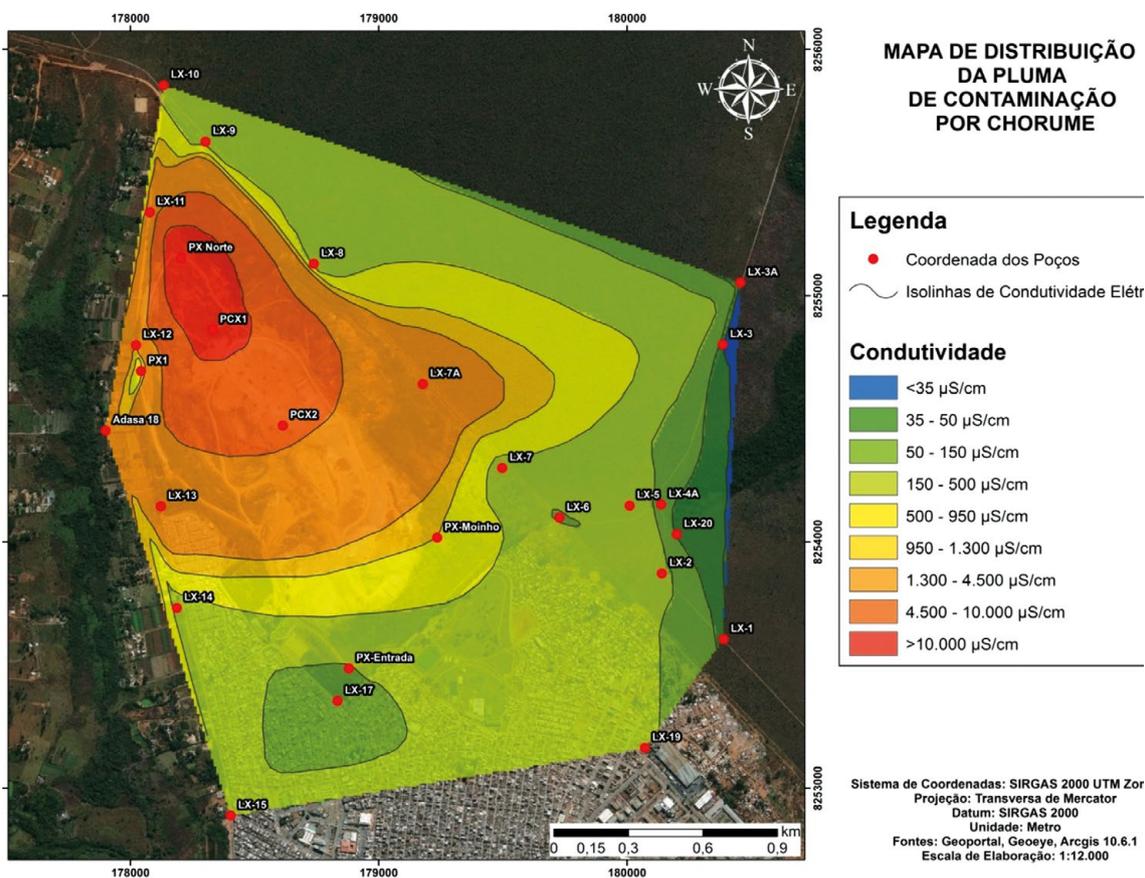
O método do “Vizinho mais Próximo” foi adotado para operação de interpolação, pois os dados apresentam contrastes, além da baixa densidade do banco de dados hidroquímicos, contudo há boa distribuição espacial.

As áreas destacadas em vermelho (tons mais escuros e claros) representam a zona de produção da pluma de chorume (imediatamente abaixo da principal zona de acumulação de resíduos), o que configura concentração de chorume muito elevada, com condutividades elétricas do fluido maiores que 4.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (alcançando 14.700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em um poço de monitoramento instalado na porção norte do maciço de resíduos).

A faixa destacada em tons de cor laranja (claro e escuro) e amarelo representa a zona de distribuição do contaminante, com concentração moderada à alta e condutividades elétricas do fluido entre 4.500 e 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esta classe inclui uma estreita faixa destacada em amarelo que representa a passagem da zona de mistura da pluma de maior concentração com águas de recarga natural.



FIGURA 37 – DISTRIBUIÇÃO DA PLUMA DE CONTAMINAÇÃO POR CHORUME BASEADA NA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO FLUIDO (MEDIÇÃO REALIZADA EM AGOSTO DE 2020). SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS SIRGAS 2000, ZONA 23 (IMAGEM BASE OBTIDA NO SISTEMA *GOOGLE EARTH*, MAIO DE 2020)



A poligonal externa delimitada nas cores em tons de limão e verde representa a zona de dispersão da pluma de contaminação, isso indica na prática pluma diluída marcada por condutividades elétricas entre 35 e 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A área com valores entre 35 e 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ é bastante expressiva e marca a grande capacidade de depuração natural da pluma por águas de recarga.

A área restrita de cor verde em tom mais escuro, situada apenas no Parque Nacional de Brasília, apresenta valor de condutividade elétrica inferior a 35 $\mu\text{S}/\text{cm}$, considerado o *background* do aquífero freático regional.



6 MAPA POTENCIOMÉTRICO

6.1 MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO

Um conjunto de 27 pontos foi utilizado para a confecção do mapa potenciométrico e consequente determinação da direção e do sentido do fluxo subterrâneo. Esse banco de dados (Tabela 9) é composto por 19 poços instalados por este estudo, mais seis poços instalados pelo projeto CEB/Finatec e um poço operado pela Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal (poço raso número 18 da rede de monitoramento das águas subterrâneas da Adasa).

A determinação do georreferenciamento foi feita com auxílio de GPS portátil sobre cada ponto, e a cota foi obtida com base no Modelo Digital de Elevação com uso de imagens de grande resolução espacial (com possibilidade de ampliação até 1:12.500), sendo os valores obtidos comparados com os obtidos por GPS barométrico em campo (com erro de 50 cm na elevação).

A carga potenciométrica em cada ponto foi obtida pela subtração da cota em cada ponto menos a medida do nível estático (NE) de cada poço, menos a elevação da boca do poço até o nível do terreno. Após a consolidação dos dados, a interpolação foi realizada com auxílio do *software* ArcGis 9.4 da Esri, com uso do interpolador definido como "Vizinho mais Próximo". Como a maior parte da área apresenta pequeno desnível optou-se por aplicar as isolinhas de carga potenciométrica (isopiezas) a cada 2 metros.

O banco de dados permitiu confeccionar três produtos cartográficos: Mapa de Carga Potenciométrica Natural (considerando a área sem a acumulação de resíduos sólidos), Mapa Potenciométrico Atual (que inclui as mudanças topográficas devidas ao acúmulo dos resíduos) e Mapa da Espessura da Zona não Saturada do Aquífero Freático. Na produção cartográfica digital optou-se pela representação dos mapas apenas no interior das áreas limitada pela presença de dados (poços), uma vez que fora dessa região não há dados disponíveis.

TABELA 9 – BANCO DE DADOS UTILIZADO PARA A CONFEÇÃO DO MAPA POTENCIOMÉTRICO DA ÁREA ESTUDADA. COTA DO TERRENO COM REFERÊNCIA AO NÍVEL DO MAR; HBT – ELEVAÇÃO DA BOCA DO POÇO AO NÍVEL DO TERRENO, CE – CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO FLUIDO; E NE – NÍVEL ESTÁTICO. AS COORDENADAS SÃO OBTIDAS DIRETAMENTE DO GPS PORTÁTIL PARA FACILITAR A VERIFICAÇÃO EM CAMPO, UMA VEZ QUE A ÁREA ESTÁ INSERIDA NO LIMITE ENTRE AS ZONAS 22 E 23

PONTO	POÇO	COORDENADAS		COTA TERRENO	HBT	CE (µS/CM)	NE (M)
		UTM E	UTM N				
1	LX-1	180389	8253605	1105,37	0,45	35,8	5,11
2	LX-2	180141	8253872	1102,81	0,62	182,0	3,07
3	LX-3	180386	8254801	1096,94	0,45	35,4	8,38
4	LX-3A	180457	8255053	1095,83	0,37	35,0	8,15
5	LX-4A	180138	8254152	1097,38	0,42	60,0	1,16
6	LX-5	180011	8254147	1102,23	0,59	332	3,65
7	LX-6	179728	8254098	1108,91	0,35	118,2	6,17
8	LX-7	179498	8254300	1116,22	0,39	258,0	12,55
9	LX-8	178739	8255129	1130,21	0,24	203	13,77
10	LX-9	821274	8255631	1134,97	0,55	216	11,66
11	LX-10	821112	8255865	1132,30	0,34	237	8,84
12	LX-11	821042	8255351	1128,75	0,34	2.140	8,84
13	LX-12	820971	8254813	1121,48	0,36	1.281	7,63
14	LX-13	821052	8254156	1115,61	0,34	2.260	8,00
15	LX-14	821105	8253742	1114,45	0,26	227	9,6



PONTO	POÇO	COORDENADAS		COTA TERRENO	HBT	CE (µS/CM)	NE (M)
		UTM E	UTM N				
16	LX-15	821298	8252893	1100,82	0,32	198,4	8,20
17	LX-17	178835	8253354	1120,90	zero	60,0	14,7
18	LX-19	180073	8253164	1110,65	0,32	176,0	5,30
19	LX-20	180201	8254031	1097,84	0,31	44,3	2,20
20	LX-7A	179178	8254641	1128,20	zero	2.420	7,95
21	PX Moinho	179236	8254017	1127,02	zero	959,0	13,40
22	PX Entrada	178881	823486	1122,71	0,60	127,5	17,24
23	PX Norte	821163	8255161	1136,78	0,03	17.800	21,07
24	PX1	820988	8254707	1120,18	zero	361,0	9,95
25	PCX1	821281	8254866	1143,99	0,70	14.090	21,03
26	PCX2	178615	8254472	1150,0	1,30	6.100	20,30

Na Figura 38 encontra-se o Mapa Potenciométrico Natural, isto é, antes da acumulação da pilha de resíduos, com linhas equipotenciais a cada 2 metros dentro da área delimitada pelos poços de monitoramento disponíveis.

Na Figura 39 pode-se observar o Mapa Potenciométrico Atual, considerando o relevo da elevação da pilha de rejeitos. A comparação dos dois mapas potenciométricos mostra que o divisor das bacias hidrogeológicas foi transferido para sudoeste em cerca de 500 metros de distância, sendo que naturalmente era posicionado próximo à cerca limitrofe com o Parque Nacional de Brasília, passando atualmente para a zona da crista central do maciço de resíduos.

FIGURA 38 – POTENCIOMETRIA COM BASE NO RELEVO ANTES DA ACUMULAÇÃO DOS RESÍDUOS NA ÁREA (IMAGEM BASE OBTIDA DO SISTEMA GOOGLE EARTH, MAIO DE 2020)

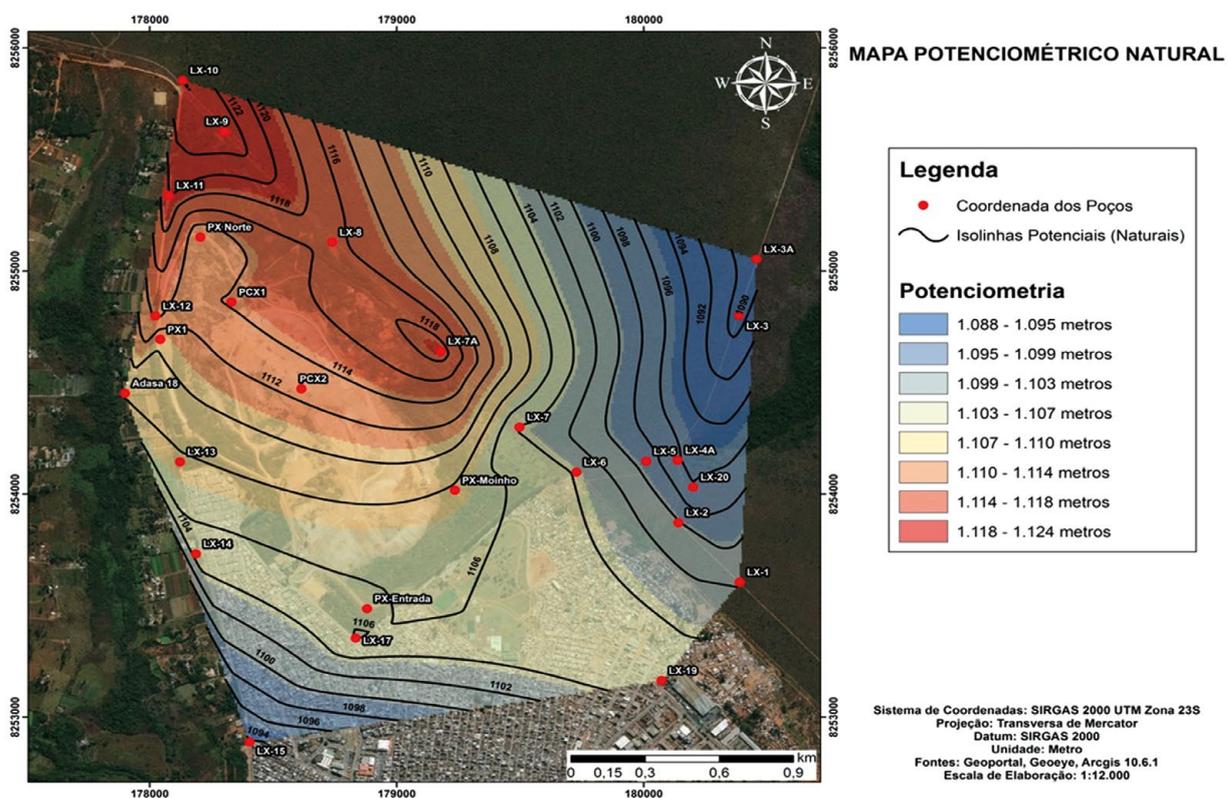
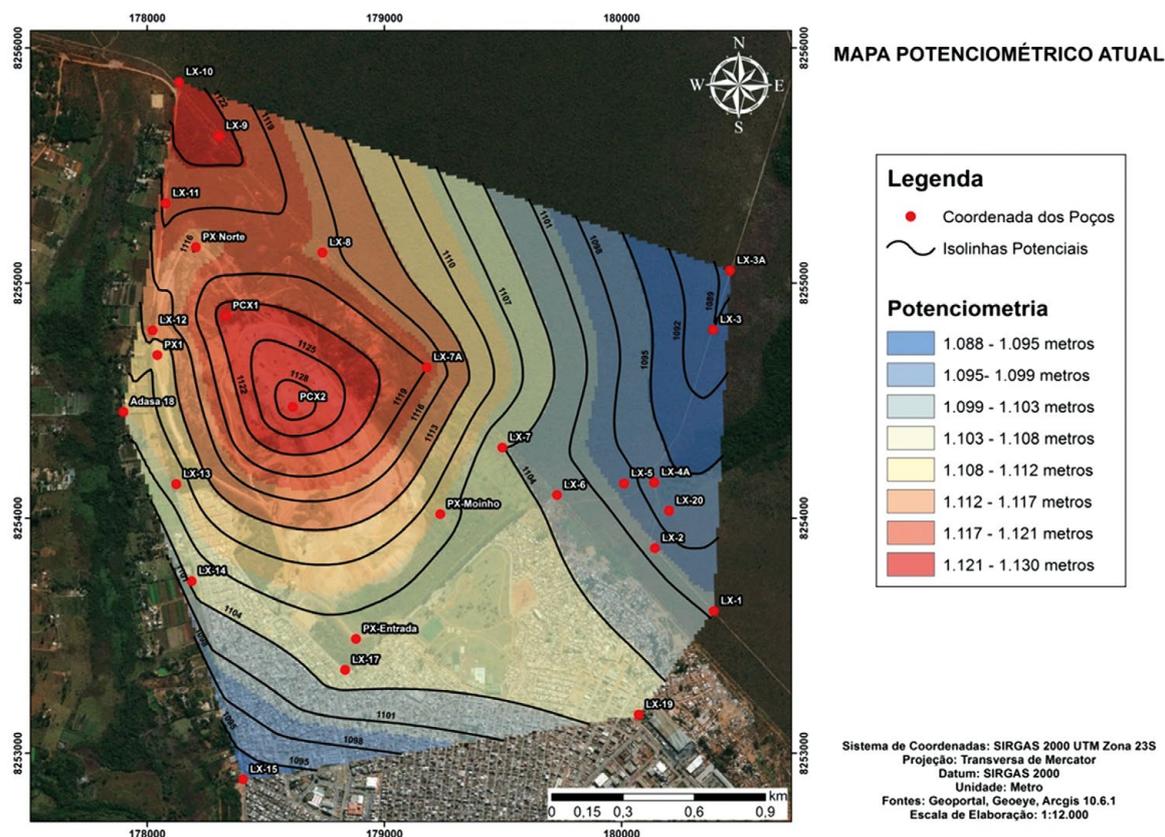


FIGURA 39 – POTENCIOMETRIA COM BASE NO RELEVO ATUAL (PÓS-ACUMULAÇÃO DOS RESÍDUOS NA ÁREA). MEDIDAS DE NÍVEIS REALIZADAS EM AGOSTO DE 2020 (IMAGEM BASE OBTIDA DO SISTEMA GOOGLE EARTH, MAIO DE 2020)



O mapa potenciométrico representa a cartografia em duas dimensões das linhas de mesma elevação do nível freático. Esse mapa é similar a um mapa planialtimétrico, mas não com a representação da topografia da superfície do terreno, e sim com a representação das curvas do nível do topo da zona saturada do aquífero. Esse cartograma também é denominado de mapa de isopiezas e é confeccionado com base nos dados pontuais da carga hidráulica em poços de monitoramento. No caso específico do atual estudo, é feita a medida da boca do poço até o nível d'água. Para a obtenção da carga hidráulica em cada ponto, a cota do terreno obtida do Modelo Digital de Elevação (com *datum* referido ao nível do mar) é subtraída da medida de profundidade do nível d'água e da elevação da boca do poço até a superfície do terreno.

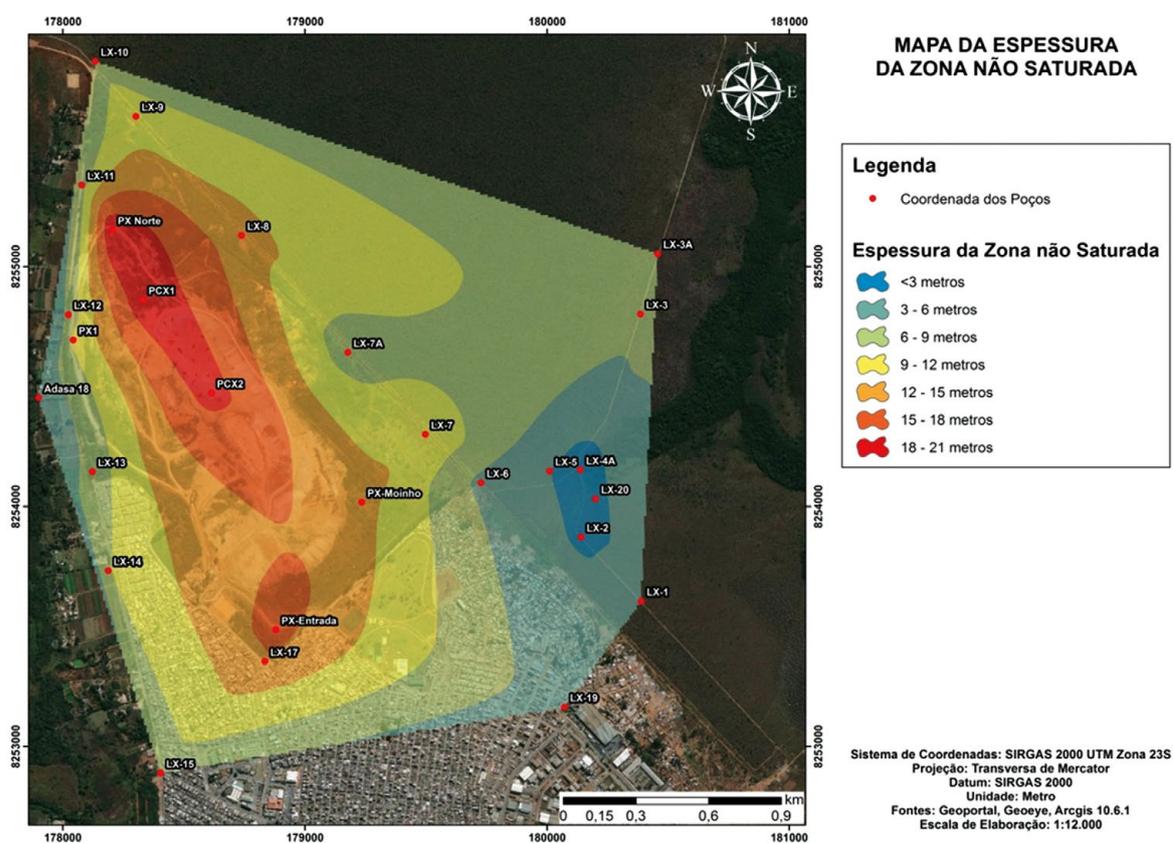
A confecção do Modelo Digital de Elevação foi feita com base em levantamento topográfico e em pontos cotados no terreno com auxílio de GPS de mão dotado de barômetro que permite alcançar precisão de 1,0 metro.

O mapa potenciométrico é o produto cartográfico a ser aplicado para a determinação da direção e do sentido do fluxo subterrâneo, uma vez que o fluxo se dá de um ponto de carga hidráulica maior para um ponto de carga hidráulica menor. Em aquíferos freáticos e livres, considerados homogêneos e isotrópicos, a superfície potenciométrica segue o relevo, mas com padrão suavizado.

Contudo, no caso em estudo, representado por uma área em que se acumularam resíduos compondo um relevo artificial, positivo, a superfície potenciométrica natural foi deslocada em direção ao maciço de rejeitos.

O mapa da Figura 40 mostra a distribuição da espessura da zona não saturada para o mês de agosto de 2020. A partir do monitoramento do nível estático dos poços outros mapas deverão ser produzidos para verificação do comportamento da variação da espessura da zona não saturada, principalmente na zona principal de acúmulo de resíduos. Prevê-se a confecção de mapas potenciométricos e de espessura da zona não saturada no mínimo para os meses de dezembro, janeiro e abril, quando será possível avaliar um ciclo completo de nível mínimo e máximo. Os níveis mínimo e máximo estão previstos, de forma preliminar, para ocorrer respectivamente nos meses de dezembro e abril. Esses dados serão fundamentais para avaliar o volume anual de recarga tanto na área do aterro de resíduos quanto em áreas urbanas (na Cidade Estrutural) e naturais (no Parque Nacional de Brasília). A recarga por águas naturais de precipitação representa o principal fator de atenuação da carga contaminante por chorume quando se distancia da zona principal de acumulação de resíduos.

FIGURA 40 – ESPESSURA DA ZONA VADOSA DO AQUIFERO FREÁTICO, REPRESENTADO POR LATOSSOLOS E POR RESÍDUOS ACUMULADOS. SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS SIRGAS 2000, ZONA 23 (IMAGEM BASE OBTIDA DO SISTEMA GOOGLE EARTH, MAIO DE 2020)



6.2 SENTIDO DO FLUXO SUBTERRÂNEO

Por intermédio do mapa potenciométrico pode-se determinar o fluxo subterrâneo que se distribui a partir do maciço de resíduos mais recentemente acumulado (porção da crista elevada do Lixão) em direção às áreas mais rebaixadas adjacentes. Assim, foi possível propor o mapa da Figura 41, confeccionado diretamente sobre o mapa potenciométrico e com base na premissa de que o aquífero existente é do tipo homogêneo e isotrópico (resíduos e solos com porosidade intergranular sem camadas confinantes e sem a influência de zonas fraturadas). Neste caso, as linhas de fluxo são perpendiculares às linhas equipotenciais (conforme indicação das setas no mapa de sentido de fluxo).

Com base no maciço de resíduos é possível verificar cinco divisões do fluxo da água subterrânea e consequentemente da pluma de contaminação (Figura 41). O fluxo distribui-se para os quadrantes oeste e leste a partir da porção central da crista de resíduos. No quadrante oeste, a partir da zona norte do lixão há fluxo no sentido oeste/ 60W; a partir da porção central e sul do aterro há fluxo no sentido S45W, e no extremo sul do maciço o fluxo é para S20-30W, migrando sob a área urbana. Todo o fluxo do quadrante oeste migra em direção ao Córrego Cabeceira do Valo. No quadrante leste, dois sentidos de fluxo podem ser individualizados: para leste (podendo variar até S60-70E) a partir da zona principal de acumulação de resíduos, e para N45E a partir do lixo antigo acumulado na área do parque urbano da Cidade Estrutural em direção à zona de cabeceira do Córrego do Acampamento.

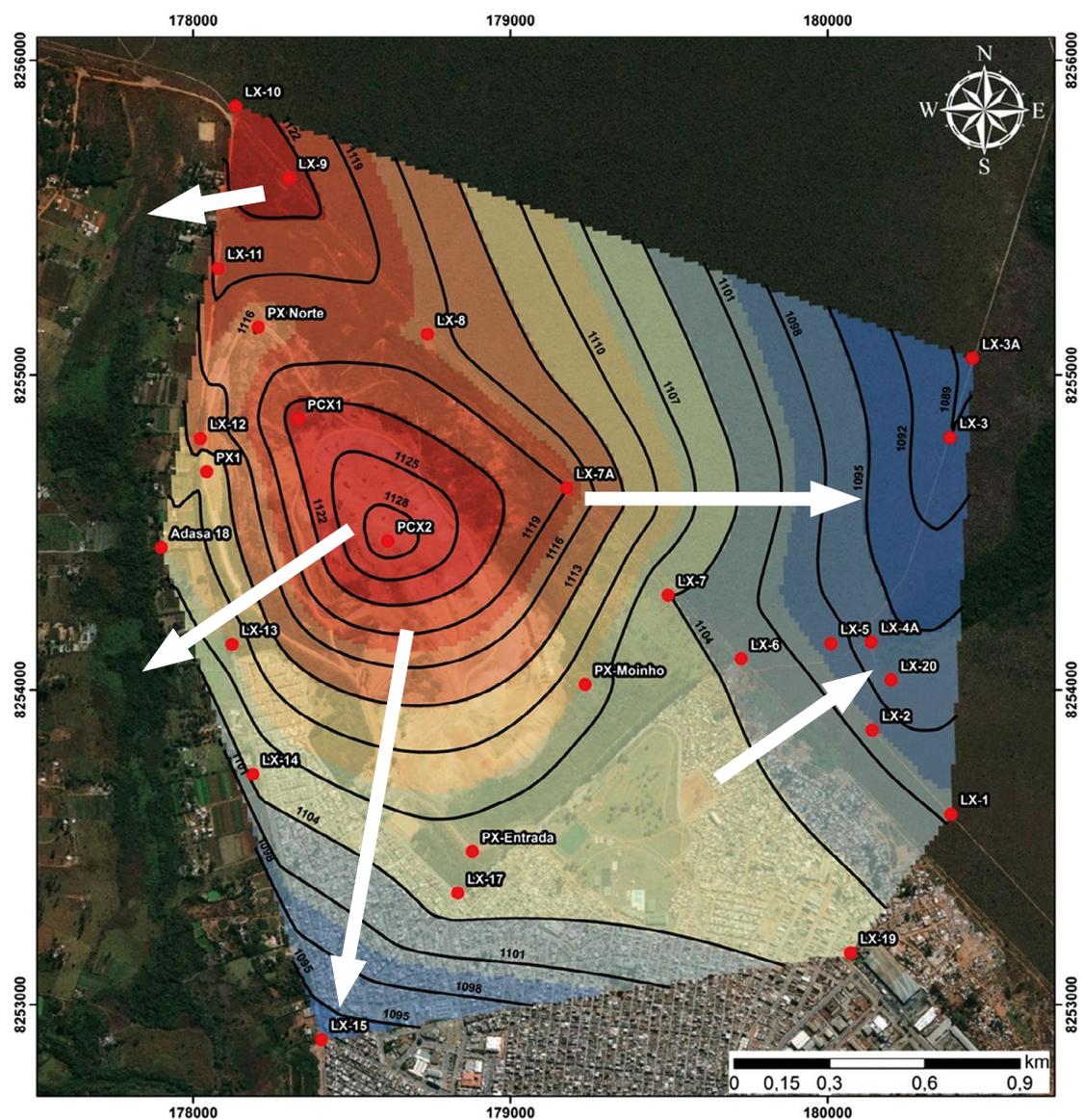
A avaliação preliminar do poder de diluição e atenuação pode ser considerada em dois casos em que existem pares de poços que permitem tal tipo de análise: poços PX Entrada e LX17 e poços PX Moinho e LX6. É importante salientar que o gradiente hidráulico entre os dois pares é similar. No primeiro caso existe aterro na zona saturada do aquífero, e no segundo não há aterro, tratando-se de latossolo com feições físicas preservadas.

No caso do par de poços PX Entrada e LX17, a condutividade elétrica da pluma varia de 127,8 para 60,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em uma distância de aproximadamente 145 metros, o que resulta em um fator de diluição de 0,46 $\mu\text{S}/\text{cm}$ por metro de migração no aquífero. No par PX Moinho e LX6 há uma variação de CE de 959 para 118 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em 375 metros de fluxo, resultando em um fator de diluição de 2,24 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{metro}$. Essa avaliação é preliminar, mas permite ter uma aproximação do poder de diluição que as águas de recarga imprimem na atenuação da pluma de contaminação.

Esse mapa de fluxo deverá ser a base para a avaliação de componentes hidráulicos, como velocidade de fluxo para previsão de migração e tempo de trânsito da pluma, análises de diluição incluindo os componentes recarga e diluição, além de outros aspectos vinculados ao modelo conceitual de fluxo subterrâneo.



FIGURA 41 – MAPA DO SENTIDO DE FLUXO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. ESTE PADRÃO DE FLUXO DEVERÁ CONTROLAR A MIGRAÇÃO DA PLUMA DE CONTAMINAÇÃO. SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS SIRGAS 2000, ZONA 23 (IMAGEM BASE OBTIDA DO SISTEMA GOOGLE EARTH, MAIO DE 2020)





7 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

7.1 ESCOLHA DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM E MONITORAMENTO

Para a determinação dos pontos de amostragem a fim de verificar a qualidade das águas superficiais e sua relação com a área de acumulação de resíduos no Lixão da Estrutural foram utilizados os seguintes critérios:

- relação hidráulica entre as áreas das nascentes e suas bacias com o aterro de resíduos;
- conexão hidráulica entre o aquífero freático e as nascentes;
- a posição proximal do curso d'água em suas áreas de nascentes; e
- a determinação do fluxo de escoamento subterrâneo determinado em modelos numéricos propostos por trabalhos prévios (CARNEIRO, 2002; CAMPOS, 2007).

Por conseguinte, foram determinados quatro pontos de amostragem nas três cabeceiras que fluem a partir da área do Lixão: dois pontos no Córrego Cabeceira do Valo (sendo um antes e um na confluência com o Córrego Cana do Reino); um na região de nascente do Córrego do Acampamento e um na zona de nascente do Ribeirão Bananal; além da lagoa de acumulação de chorume.

7.2 MÉTODOS ANALÍTICOS

Os métodos analíticos são os mesmos aplicados para as análises de águas subterrâneas, uma vez que as análises foram realizadas no mesmo Laboratório Tommasi Ambiental e foram analisadas e medidas *in situ* as mesmas substâncias e os mesmos parâmetros. Basicamente foram aplicados os métodos de análises por emissão atômica com fonte de plasma indutivamente acoplada (ICP-OES) e espectrofotometria, além de medidas *in situ* com equipamento multiparâmetro da marca Hach (modelo HC 40d).

Da mesma forma que as análises das águas subterrâneas e da pluma de contaminação, depois da coleta as amostras foram preservadas em caixa de isopor com gelo para manutenção da temperatura abaixo de 20 °C.

As amostras foram obtidas de pontos de acumulação de água próximo às nascentes ou no curso d'água principal com fluxo livre, isto é, em zona de correnteza sem estagnação.

7.3 RESULTADOS DAS ANÁLISES HIDROQUÍMICAS

Até o momento estão disponíveis quatro amostras de águas consideradas representantes do ambiente "superficial", embora, apesar de serem águas brutas coletadas em cursos de água em reservatório de chorume, ainda guardem estreita relação com os reservatórios subterrâneos (aquífero freático, no caso das amostras de córregos) e maciço de resíduos sólidos (no caso da piscina de chorume).

Para efeitos da avaliação da qualidade das águas subterrâneas foram considerados quatro pontos na rede de monitoramento. Os pontos são denominados de RB1, correspondente à nascente do Ribeirão Bananal; CA1, associado à zona de nascente do Córrego do Acampamento; CV2, relacionado ao Córrego Cabeceira do Valo; e LC1, representado pela Lagoa de Chorume, situada no interior da área do Lixão da Estrutural. Essa rede deverá ser oportunamente adicionada de outros pontos nos córregos Cabeceira do Valo e do Acampamento com o intuito de melhorar a caracterização das relações entre a descarga da pluma de contaminação e a qualidade das águas superficiais.



A Tabela 10 traz os resultados da primeira campanha de amostragem das águas superficiais.

TABELA 10 – RESULTADOS DE ANÁLISES DE ÁGUAS CONSIDERADAS NO SISTEMA SUPERFICIAL. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM $\mu\text{S}/\text{cm}$; TEMPERATURA EM $^{\circ}\text{C}$; DEMAIS SUBSTÂNCIAS EM $\mu\text{G}/\text{L}$. LQ – LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO DO MÉTODO ANALÍTICO

SUBSTÂNCIA/PARÂMETRO	PONTO DE AMOSTRAGEM-AMOSTRA					PADRÃO POTABILIDADE
	RB1-01	CA1-01	CV1-01	CV2-01	LC-01	
Condutividade elétrica (em $\mu\text{S}/\text{cm}$)	6,09	22,5	73,4	64,5	10.710	-
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	20,0	22,5	18,8	20,1	22,6	-
pH	5,05	4,85	7,9	7,37	9,09	6 a 9
Amônia	2.800	3.100		2.700	882.000	1.500
Nitrito	> LQ	> LQ	31,0	30,0	> LQ	1.000
Nitrato	> LQ	> LQ	900	700	200	10.000
Cloreto	200	100	14.700	8.500	1.195.000	250.000
Sulfato	> LQ	> LQ	2.000	> LQ	> LQ	250.000
DQO	> LQ	> LQ	6.000	> LQ	440.000	-
Antimônio	> LQ	> LQ	> LQ	> LQ	> LQ	5
Arsênio	> LQ	> LQ	> LQ	> LQ	> LQ	10
Bário	> LQ	> LQ	14,1	> LQ	160	700
Cádmio	> LQ	> LQ	> LQ	> LQ	> LQ	5
Chumbo	> LQ	> LQ	> LQ	> LQ	> LQ	10
Cobalto	> LQ	> LQ	> LQ	> LQ	310	70
Cobre	2,6	1,0	> LQ	1,6	> LQ	2.000
Crômio	> LQ	> LQ	> LQ	> LQ	41	50
Merúrio	> LQ	> LQ	> LQ	> LQ	> LQ	1
Níquel	> LQ	> LQ	> LQ	> LQ	> LQ	70
Zinco	46	31	36,3	38	47	1.800
Cálcio	470	280	1.180	3.220	53.240	-
Magnésio	110	180	22,7	410	76.690	-
Sódio	450	310	8.170	5.500	868.840	200.000

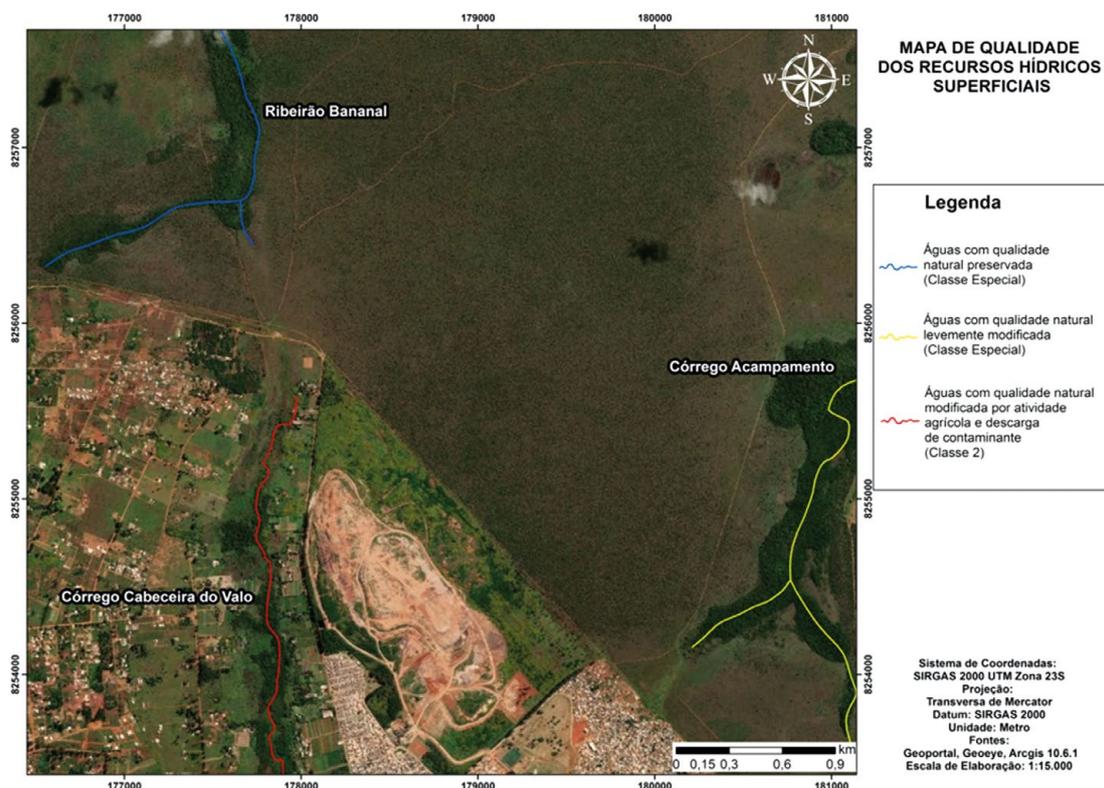
7.4 EXTENSÃO DA CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

Considerando as análises de amostras de águas nos cursos d'água que drenam a partir da região de acumulação dos resíduos pode-se afirmar que o Ribeirão Bananal, em sua zona de nascente, apresenta água com a qualidade natural preservada, mantendo valores de sólidos totais dissolvidos muito baixos, sendo suas águas na zona de cabeceira classificadas como Classe Especial (segundo Resolução Conama 357 de 17 de março de 2005).

O mapa da Figura 42 mostra a qualidade da água dos cursos superficiais que drenam a partir da área de acumulação histórica dos resíduos sólidos.



FIGURA 42 – DISTRIBUIÇÃO QUALITATIVA DAS ÁGUAS DOS CURSOS SUPERFICIAIS DAS TRÊS BACIAS QUE DRENAM A PARTIR DA ÁREA DO LIXÃO DA ESTRUTURAL. SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS SIRGAS 2000, ZONA 23 (IMAGEM BASE OBTIDA DO SISTEMA GOOGLE EARTH, MAIO DE 2020)



O Córrego do Acampamento apresenta alguns parâmetros fracamente influenciados pela contaminação do aquífero pelo aterro de resíduos, entretanto de forma extremamente tênue. Os principais parâmetros que determinam essa condição são a condutividade elétrica da água e o teor de amônia, da ordem de 3.100 µg/L. Embora tais parâmetros sejam indicadores da modificação antrópica, essas águas ainda são caracterizadas como da Classe Especial, por apresentarem potabilidade natural (sem necessidade de tratamento) e por situarem-se no interior de uma unidade de conservação ambiental de proteção integral.

O Córrego Cabeceira do Valo é um dos braços (com drenagem geral de norte para sul) que em associação com o Córrego Cana do Reino (que drena de oeste para leste) compõem o Ribeirão Vicente Pires. A qualidade das suas águas já mostra a influência da antropização da área, recebendo este curso hídrico contaminação oriunda de duas fontes principais: chorume produzido na zona saturada sob o maciço de lixo e efluentes gerados pela agricultura intensiva realizada em grande parte da área de sua vertente leste. Os principais indicadores da contaminação incluem cloreto, sódio, cálcio e magnésio. A condutividade elétrica variável entre 65 e 73 µS/cm, embora ainda reduzida, é outro indicador consistente. Segundo a Resolução Conama 357, esse curso d'água é enquadrado como pertencente à Classe 2, uma vez que suas águas podem ser destinadas ao abastecimento humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, como natação e mergulho; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques e jardins; e à aquicultura e atividade de pesca.

A contaminação no Córrego Cabeceira do Valo não é maior que a atualmente observada, pois sua vertente oeste apresenta ampla área de contribuição ainda preservada da ocupação humana ou em processo de ocupação ainda incipiente. Assim, a descarga do aquífero freático de oeste para leste resulta na contri-



buição de uma vazão superior à vertente em que o Lixão está situado. Como essas águas ainda apresentam boa qualidade, parte do chorume descarregado no curso d'água superficial é diluída. Agricultores que captam águas de nascentes da margem oeste informam que esses exutórios apresentam águas com qualidade equivalente à potabilidade natural (isto é, sem necessidade de tratamento).





8 CONTAMINAÇÃO DOS SOLOS

8.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Para fins de diagnóstico da contaminação dos solos foram considerados diferentes tipos de contaminantes associados diretamente às áreas de disposição de resíduos no interior da área do Lixão (incluindo o maciço do lixo e as áreas embargadas no limite entre o Lixão e o Parque Nacional de Brasília); áreas de acumulação de resíduos fora dos limites do Lixão, além de áreas que recebem efluentes provenientes de área urbana não consolidada (ocupação de “Santa Luzia”).

Logo, são considerados fontes potenciais de contaminação os resíduos sólidos urbanos com componentes orgânicos e inorgânicos e as fontes de efluentes domésticos sem nenhum tipo de tratamento. A contaminação deverá ser observada principalmente na forma de fases orgânicas (coliformes e outras bactérias), fases inorgânicas não metálicas (amônia, nitrito, nitrato, cloreto e fosfato) e fases inorgânicas metálicas (metais de transição). Para este trabalho as análises foram focadas nos principais indicadores da contaminação dos solos em área de disposição de resíduos sólidos domésticos, que são os metais.

A amostragem dos solos foi realizada com auxílio de cavadeira articulada tipo “boca de lobo” (Figura 43) e trado manual de 4 polegadas de diâmetro (Figura 44), sendo considerados dois tipos de amostras: composta e simples. As amostras compostas representam duas profundidades de coleta em um mesmo ponto, entre 10 e 30 cm e entre 50 e 65 cm; e a amostra simples corresponde ao material retirado entre 10 e 30 cm de profundidade, sendo a maior parte do material obtida entre 10 e 20 cm. Além das ferramentas manuais, a trena de mão foi aplicada para determinação da profundidade de coleta do material. Toda amostra foi georreferenciada com auxílio de GPS portátil com erro de posicionamento inferior a 1 metro.

As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos de 30 x 60 cm, e cada amostra foi identificada com rótulo padrão com a seguinte codificação: 1SO - nA ou 1SO - nB, onde: **1SO** representa a primeira campanha de amostragem, **n** o número sequencial de cada amostra e A e B, respectivamente, amostra rasa e profunda (nos casos de amostragem composta, Figura 45). Os resultados dessa campanha de amostragem, além de serem aplicados ao diagnóstico da contaminação, também serão utilizados em experimentos de fitorremediação e de fixação de metais no solo.

A Tabela 11 traz a identificação das amostras, sua localização por coordenadas UTM e as principais características dos pontos de coleta.

Para efeito desta pesquisa, o conhecimento dos teores de metais biodisponíveis é considerado mais relevante que o conteúdo total de metais nos solos, portanto foram utilizadas para a extração soluções de KCl e Reagente Mehlich 1.

Para as análises geoquímicas de solos e rochas diferentes tipos de extratores ou digestores das amostras podem ser utilizados, sendo sua escolha função dos objetivos da pesquisa. Por exemplo, quando se utiliza a geoquímica dos solos para a prospecção de metais a partir de elementos farejadores, utiliza-se a técnica de digestão total, com aplicação de água régia a quente (mistura de ácido clorídrico (HCl) e ácido nítrico (HNO₃) concentrado numa proporção de 3:1, a uma temperatura superior a 400 °C.

Quando a geoquímica de solos é aplicada para a determinação de nutrientes dos solos disponíveis para as plantas (ex.: Na⁺, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺), utiliza-se ácido acético a frio, pois, por se tratar de um ácido fraco, ele apenas solubilizará os nutrientes livres para serem apropriados pelas raízes e não os elementos ligados aos minerais estáveis que compõem os solos.



FIGURA 43 – AMOSTRAGEM DE SOLO SUPERFICIAL COM USO DE CAVADEIRA ARTICULADA



FIGURA 44 – AMOSTRAGEM DE SOLO EM PROFUNDIDADE DE 60 CM COM AUXÍLIO DE TRADO MANUAL



FIGURA 45 – AMOSTRAS EM DIFERENTES PROFUNDIDADES EM UM MESMO PONTO



TABELA 11 – LOCALIZAÇÃO E PRINCIPAIS FEIÇÕES DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DOS SOLOS APLICADOS PARA O DIAGNÓSTICO DA CONTAMINAÇÃO DOS SOLOS NA ÁREA DO LIXÃO DA ESTRUTURAL E ADJACÊNCIAS. AS AMOSTRAS 1SO-28 A 1SO-42 FORAM COLETADAS NO DIA 14/03/2020. COORDENADAS UTM FORAM OBTIDAS DIRETAMENTE DO GPS PORTÁTIL DE CAMPO PARA FACILITAR A VERIFICAÇÃO EM CAMPO, POIS A ÁREA SITUA-SE NO LIMITE DAS ZONAS 22 E 23

AMOSTRA	COORDENADAS UTM	OBSERVAÇÕES
1SO - 1A	179427/8254160	<p>Latossolo vermelho argiloso, com textura argilosa, coletado em área em que houve deposição e aterro de resíduos sólidos urbanos, com posterior remoção tanto dos resíduos como da porção superficial dos solos (<i>top soil</i>, incluindo horizontes A e AB). Ainda são observados restos de resíduos em locais em que são vistos restos orgânicos, plástico, muitos fragmentos de vidro e localmente restos de material metálico, (principalmente ferro).</p> <p>Área em que se desenvolve o experimento de estabilização de metais biodisponíveis no solo com elevação de pH.</p> <p>Amostras retiradas no dia 3 de janeiro de 2020.</p>
1SO - 1B		
1SO - 2A	179404/8254157	
1SO - 2B		
1SO - 3A	179388/8254155	
1SO - 3B		
1SO - 4A	179364/8254157	
1SO - 4B		
1SO - 5A	179340/8254155	
1SO - 5B		
1SO - 6A	179444/8254142	
1SO - 6B		
1SO - 7A	179444/8254142	
1SO - 7B		
1SO - 8A	179470/8254096	
1SO - 8B		
1SO - 9A	179480/8254076	
1SO - 9B		
1SO - 10A	179367/8254133	
1SO - 10B		
1SO - 11A	179369/8254114	
1SO - 11B		
1SO - 12A	179372/8254093	
1SO - 12B		
1SO - 13A	179378/8254059	
1SO - 13B		



AMOSTRA	COORDENADAS UTM	OBSERVAÇÕES	
ISO - 14A	179453/8254208	<p>Latossolo vermelho, com textura muito argilosa, com remoção dos horizontes superficiais em local em que foram acumulados resíduos sólidos, os quais foram posteriormente removidos.</p> <p>Área situada em uma faixa de 300 metros de largura entre o sítio de acumulação de resíduos e o Parque Nacional de Brasília, denominada de "área embargada", pois é uma faixa em que não há autorização para acumulação de resíduos.</p> <p>Área em que é desenvolvido experimento de fitorremediação de área degradada pela supressão da vegetação nativa, acumulação de resíduos e remoção de horizontes superficiais dos solos.</p> <p>Amostras retiradas no dia 10/03/2020.</p>	
ISO - 14B			
ISO - 15A	179442/8254234		
ISO - 15B			
ISO - 16A	179418/8254255		
ISO - 16B			
ISO - 17A	179395/8254280		
ISO - 17B			
ISO - 18A	179380/8254312		
ISO - 18B			
ISO - 19A	179356/8254345		
ISO - 19B			
ISO - 20A	179344/8254375		
ISO - 20B			
ISO - 21A	179475/8254187		
ISO - 21B			
ISO - 22A	179497/8254217		
ISO - 22B			
ISO - 23A	179520/8254185		
ISO - 23B			
ISO - 24A	179497/8254150		
ISO - 24B			
ISO - 25A	179526/8254124		
ISO - 25B			
ISO - 26A	179567/8254146		
ISO - 26B			
ISO - 27A	179551/8254092		
ISO - 27B			
ISO - 28	179059/8254147		Topo de aterro com material acumulado em canaleta de drenagem pluvial.
ISO - 29	821267/8254613		Material rico em matéria orgânica em local em que o chorume drena diretamente na base de um talude de resíduos.
ISO - 30	821110/8255814		Área de acumulação periódica de resíduos de natureza diversa, contendo matéria orgânica, plástico, papel, dentre outros.
ISO - 31	280978/825430		Margem da estrada marginal ao Lixão em uma borda noroeste. Histórico de acumulação de aterros e resíduos sólidos.
ISO - 32	821249/8254095		Latossolo vermelho com textura argilosa situado imediatamente na margem de aterro antigo.
ISO - 33	178844/8253327		Área de acumulação periódica de resíduos. Matriz de restos de obra com resíduos orgânicos de forma subordinada.
ISO - 34	179746/8254081		Latossolo vermelho-amarelo de textura argilosa situado no limite entre o Parque Nacional de Brasília e a ocupação de "Santa Luzia".
ISO - 35	179950/8253866		Latossolo vermelho-amarelo de textura muito argilosa que recebe efluentes líquidos oriundos da ocupação de "Santa Luzia".
ISO - 36	180123/8254159		Latossolo vermelho-amarelo em área preservada no interior do Parque Nacional de Brasília.
ISO - 37	180518/8254243		Latossolo vermelho-amarelo em área preservada no interior do Parque Nacional de Brasília.
ISO - 38	179508/8254499		Latossolo vermelho com textura muito argilosa a cerca de 200 metros do limite da área de acumulação de resíduos.
ISO - 39	178909/8254979		Latossolo vermelho em ambiente preservado no limite entre o Parque Nacional de Brasília e a "área embargada".
ISO - 40	179243/8254130		Área de acúmulo de resíduos no interior do Lixão.
ISO - 41	178577/8255103		Misturas de solos na área do aterro.
ISO - 42	193854/8254759	Latossolo vermelho no Centro Olímpico da Universidade de Brasília. Solo e contexto geológico similares à área do Lixão da Estrutural.	

Além dos extremos dos extratores para geoquímica, considerando a extração total (ex.: água régia a quente ou fusão) ou a extração limitada (ex.: solução de KCl ou ácido acético), existem inúmeros outros métodos de extração, incluindo os ácidos cítrico, láctico e oxálico com diferentes pHs.

Nesta pesquisa foram utilizados dois tipos de extração para as análises de metais nos solos. Todas as amostras foram submetidas à extração pelo método de Mehlich 1 (ácido clorídrico + ácido sulfúrico a frio), uma vez que o objetivo é determinar os metais biodisponíveis. Essas análises foram realizadas no Laboratório Soloquímica. Amostras selecionadas (em um total de 28 coletadas nos diferentes locais de amostragem) foram submetidas à fusão alcalina com borato de lítio (LiBO_2) a $950\text{ }^\circ\text{C}$ seguida por redissolução por ácido clorídrico (HCl) 2 Molar no Laboratório de Geoquímica da Universidade de Brasília. Esse tipo de extração por fusão permite a solubilização dos metais, inclusive de minerais muito estáveis, como rutilo e magnetita presentes no solo.

Após a etapa de extração, as soluções obtidas pelos dois métodos de extração foram analisadas em equipamento de espectrometria de emissão atômica com fonte de plasma indutivamente acoplada (ICP-OES). Para efeitos de avaliação dos resultados foram utilizados os valores orientadores de qualidade para o Estado de São Paulo (CETESB, 2016) para os metais analisados, conforme Tabela 12.

TABELA 12 – VALORES ORIENTADORES PARA DIFERENTES CATEGORIAS DOS METAIS ANALISADOS NESTE TRABALHO APLICADOS PARA SOLOS. TEORES EM MG/KG EM PESO DE SOLO SECO

METAL	VALOR DE REFERÊNCIA DE QUALIDADE	VALOR DE PREVENÇÃO	VALOR DE INTERVENÇÃO		
			AGRÍCOLA	RESIDENCIAL	INDUSTRIAL
Cobre	35	60	760	2.100	10.000
Zinco	60	86	1.900	7.000	10.000
Chumbo	17	72	150	240	4.400
Cádmio	< 0,5	2	5	10	25
Arsênio	3,5	15	35	55	150
Mercúrio	0,05	2	5	10	25

Fonte: CETESB, 2016

8.2 RESULTADOS DAS ANÁLISES E DISCUSSÃO

A Tabela 13 traz os resultados das análises das substâncias consideradas os principais indicadores de contaminação por resíduos sólidos urbanos. Além dos metais apresentados nesta tabela ainda foram analisados cádmio, arsênio e mercúrio. Todavia, esses metais de transição apresentaram resultados inferiores ao Limite de Quantificação (LQ) do método analítico, que é de 0,01 mg/kg de peso de solo seco, portanto não foram apresentados.

TABELA 13 – RESULTADOS DE ANÁLISES DE SOLOS NA ÁREA DO LIXÃO DA ESTRUTURAL E ADJACÊNCIAS. ANÁLISES REALIZADAS NO LABORATÓRIO SOLOQUÍMICA, COM EXTRAÇÃO POR SOLUÇÃO DE KCL OU PELO MÉTODO MEHLICH I. ALÉM DAS SUBSTÂNCIAS DISCRIMINADAS NESTA TABELA FORAM ANALISADOS CÁDMIO, ARSÊNIO E MERCÚRIO. NO ENTANTO, TODOS OS RESULTADOS RETORNARAM VALORES INFERIORES AO LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO DO MÉTODO, QUE É DE 0,01 MG/KG DE PESO DE SOLO SECO PARA ESSES TRÊS METAIS PESADOS

SUBSTÂNCIA	PH	PH	K	CA	MG	NA	AL	FE	CU	ZN	PB
MÉTODO DE EXTRAÇÃO	ÁGUA	KCL	KCL	KCL	KCL	MEHLICH I	KCL	MEHLICH I	MEHLICH I	MEHLICH I	MEHLICH I
UNIDADE DE MEDIDA	-	-	CMOL _c /DM ³	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG				
1SO - 1A	6,30	5,10	0,05	2,70	0,60	0,01	0,00	57,9	0,50	0,50	0,50
1SO - 1B	6,10	5,20	0,04	0,90	0,10	0,01	0,00	103,7	0,50	0,10	0,50
1SO - 2A	6,00	5,30	0,04	2,90	0,50	0,01	0,00	62,4	0,40	0,30	0,60
1SO - 2B	5,90	4,90	0,06	0,70	0,10	0,01	0,00	97,9	0,40	0,01	0,70
1SO - 3A	6,10	5,30	0,03	3,30	0,70	0,01	0,00	75,5	0,50	1,80	0,70
1SO - 3B	5,80	5,30	0,02	0,60	0,00	0,01	0,10	71,7	0,30	0,01	0,60
1SO - 4A	6,10	5,50	0,04	4,80	0,40	0,02	0,00	127,4	0,90	3,60	0,70
1SO - 4B	5,70	5,40	0,02	0,80	0,00	0,01	0,10	117,5	0,40	0,10	0,60
1SO - 5A	5,90	5,40	0,04	2,10	0,30	0,01	0,00	79,5	0,40	0,30	0,70
1SO - 5B	5,80	5,50	0,02	0,80	0,00	0,01	0,00	102,9	0,40	0,10	0,80
1SO - 6A	6,00	5,60	0,07	2,90	0,50	0,01	0,00	73,4	0,40	0,30	0,70
1SO - 6B	5,80	5,40	0,03	0,70	0,10	0,01	0,00	95,4	0,40	0,01	0,70
1SO - 7A	5,90	5,50	0,04	1,80	0,30	0,01	0,10	70,7	0,50	0,10	0,50
1SO - 7B	5,80	5,50	0,03	0,60	0,10	0,01	0,10	67,5	0,30	0,01	0,70
1SO - 8A	6,10	5,60	0,03	1,50	0,30	0,01	0,00	60,6	0,40	0,10	0,70
1SO - 8B	5,80	5,70	0,02	0,70	0,10	0,01	0,10	101,7	0,50	0,01	0,60
1SO - 9A	5,80	5,50	0,03	1,60	0,20	0,01	0,00	110,5	0,50	0,10	0,70
1SO - 9B	5,60	5,40	0,02	0,80	0,10	0,01	0,00	98,8	0,40	0,01	0,70
1SO - 10A	5,80	5,40	0,03	2,50	0,40	0,01	0,00	95,5	0,40	0,40	0,70
1SO - 10B	5,60	5,50	0,01	0,90	0,10	0,01	0,00	114,7	0,40	0,20	0,70
1SO - 11A	6,20	5,40	0,02	2,40	0,40	0,01	0,00	120,3	0,60	0,30	0,70
1SO - 11B	5,60	5,20	0,01	1,10	0,10	0,01	0,00	61,2	0,40	0,10	0,60
1SO - 12A	6,70	5,30	0,03	3,50	0,40	0,01	0,10	42,0	0,40	0,50	0,70
1SO - 12B	5,50	5,40	0,01	0,70	0,00	0,01	0,00	43,3	0,40	0,10	0,60
1SO - 13A	6,00	5,10	0,02	0,90	0,10	0,01	0,00	73,3	0,60	0,10	0,50
1SO - 13B	5,80	5,40	0,01	0,70	0,10	0,01	0,00	89,6	0,50	0,01	0,50
1SO - 14A	6,10	5,30	0,02	1,40	0,20	0,01	0,00	47,9	0,40	0,20	0,60
1SO - 14B	5,70	5,50	0,02	0,80	0,10	0,01	0,10	44,4	0,30	0,10	0,60
1SO - 15A	6,20	5,40	0,04	5,10	0,70	0,01	0,00	60,8	1,40	2,90	0,90
1SO - 15B	5,80	5,70	0,02	1,60	0,10	0,01	0,00	36,6	0,30	0,10	0,60
1SO - 16A	6,20	5,60	0,03	5,60	0,50	0,01	0,00	81,3	3,00	6,30	1,70
1SO - 16B	5,90	5,80	0,01	2,60	0,20	0,01	0,00	50,5	1,00	1,40	1,00
1SO - 17A	6,30	5,80	0,02	2,90	0,30	0,01	0,00	55,5	1,60	3,00	0,80

SUBSTÂNCIA	PH	PH	K	CA	MG	NA	AL	FE	CU	ZN	PB
MÉTODO DE EXTRAÇÃO	ÁGUA	KCL	KCL	KCL	KCL	MEHLICH I	KCL	MEHLICH I	MEHLICH I	MEHLICH I	MEHLICH I
UNIDADE DE MEDIDA	-	-	CMOL _c /DM ³	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG				
1SO - 17B	6,30	6,00	0,02	1,70	0,10	0,01	0,00	32,2	0,50	0,20	0,60
1SO - 18A	6,30	5,90	0,03	6,00	0,70	0,01	0,10	77,6	3,30	9,20	1,60
1SO - 18B	6,10	6,10	0,01	2,80	0,20	0,01	0,00	44,6	0,60	0,60	0,80
1SO - 19A	6,60	5,80	0,03	3,90	0,50	0,01	0,10	35,3	1,00	2,50	2,60
1SO - 19B	6,20	5,80	0,01	1,40	0,10	0,01	0,10	37,7	0,30	0,20	0,70
1SO - 20A	6,50	5,80	0,03	4,50	0,60	0,01	0,10	27,1	0,50	0,80	1,40
1SO - 20B	6,30	5,90	0,01	1,30	0,10	0,01	0,10	39,5	0,30	0,10	0,90
1SO - 21A	6,30	5,60	0,05	2,50	0,40	0,01	0,00	75,9	0,30	0,01	1,00
1SO - 21B	6,20	5,10	0,03	1,20	0,10	0,01	0,00	59,1	0,30	0,01	1,00
1SO - 22A	6,10	6,00	0,03	4,90	0,70	0,01	0,00	57,3	1,50	2,80	1,80
1SO - 22B	5,70	6,20	0,02	1,90	0,20	0,01	0,00	49,0	0,60	0,30	1,00
1SO - 23A	6,00	6,00	0,04	5,50	0,60	0,01	0,00	96,2	3,80	7,70	2,00
1SO - 23B	5,60	6,20	0,01	2,00	0,10	0,01	0,00	39,1	0,40	0,20	1,00
1SO - 24A	6,10	6,10	0,02	4,00	0,40	0,01	0,10	70,5	2,30	3,40	2,60
1SO - 24B	5,90	6,30	0,02	2,30	0,20	0,01	0,10	42,9	0,70	0,40	1,00
1SO - 25A	6,20	6,40	0,02	4,90	0,70	0,01	0,00	52,9	0,70	4,60	2,50
1SO - 25B	6,10	6,20	0,02	0,20	0,70	0,01	0,10	81,4	2,20	0,60	1,50
1SO - 26A	6,40	6,20	0,02	6,80	0,70	0,01	0,10	108,7	3,50	7,90	1,50
1SO - 26B	6,10	6,40	0,01	2,50	0,20	0,01	0,10	31,6	0,60	0,50	1,10
1SO - 27A	6,80	6,10	0,02	3,90	0,40	0,01	0,00	60,6	1,20	1,50	1,50
1SO - 27B	6,40	6,30	0,01	1,60	0,10	0,01	0,10	36,6	0,40	0,10	1,00
1SO - 28	6,70	7,00	0,25	12,50	1,00	0,11	0,10	103,5	1,30	2,20	1,80
1SO - 29	6,60	6,50	0,04	10,00	0,90	0,01	0,00	75,8	0,90	0,30	1,40
1SO - 30	7,00	6,70	0,08	8,50	0,40	0,03	0,00	85,6	1,30	3,90	1,20
1SO -- 31	6,80	6,50	0,04	5,80	0,60	0,02	0,00	156,6	1,10	0,80	1,20
1SO - 32	7,00	6,50	0,59	12,50	0,90	0,17	0,00	61,4	2,90	4,00	2,50
1SO - 33	6,90	6,90	0,04	3,70	0,40	0,01	0,00	207,9	1,50	2,60	1,50
1SO - 34	7,00	5,80	0,05	7,70	0,30	0,02	0,10	111,8	1,10	1,10	1,00
1SO - 35	6,80	6,20	0,02	2,10	0,20	0,01	0,10	125,4	0,90	0,80	1,30
1SO - 36	6,60	4,90	0,03	1,60	0,10	0,01	0,10	93,5	0,60	0,10	1,20
1SO - 37	6,20	4,60	0,03	0,90	0,10	0,01	0,10	68,0	0,60	0,10	1,20
1SO - 38	5,80	4,30	0,03	1,90	0,20	0,01	0,10	78,8	0,40	1,00	1,20
1SO - 39	5,70	4,40	0,03	1,00	0,10	0,01	0,30	91,1	0,60	0,10	1,20
1SO - 40	6,00	5,10	0,05	4,90	0,30	0,01	0,02	47,4	0,50	0,30	1,10
1SO - 41	6,20	6,20	0,01	1,00	0,10	0,01	0,10	40,1	0,80	0,30	1,20
1SO - 42	6,10	4,80	0,05	3,00	0,20	0,05	0,10	90,8	35,30	0,90	1,50



O pH em água varia de 5,5 a 7,0, sendo a maioria das amostras com pH ácido a levemente ácido e apenas duas amostras com pH neutro. O pH em KCl varia entre 4,3 e 7,0, com a ampla maioria das amostras apresentando valores inferiores a 6,5. Assim, o ΔpH é negativo em mais de 95% das análises, mesmo considerando as amostras compostas. A relação entre o pH em água e em solução de KCl resulta em ΔpH s negativos, isto é, na maior tendência dos solos estudados reterem cátions com relação à retenção de ânions.

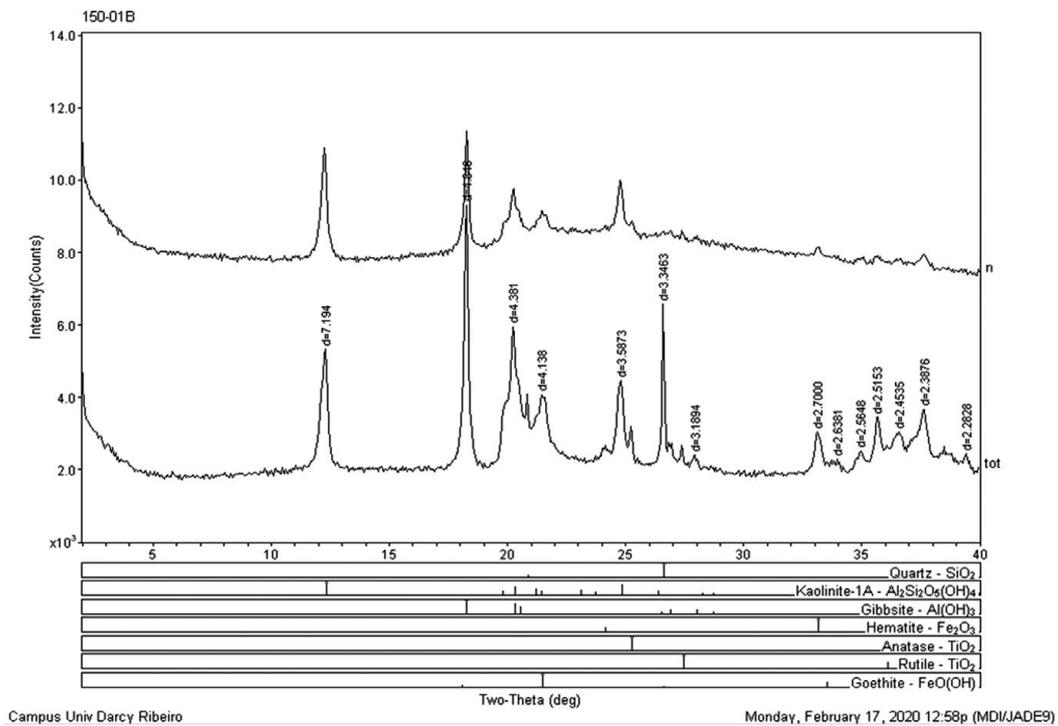
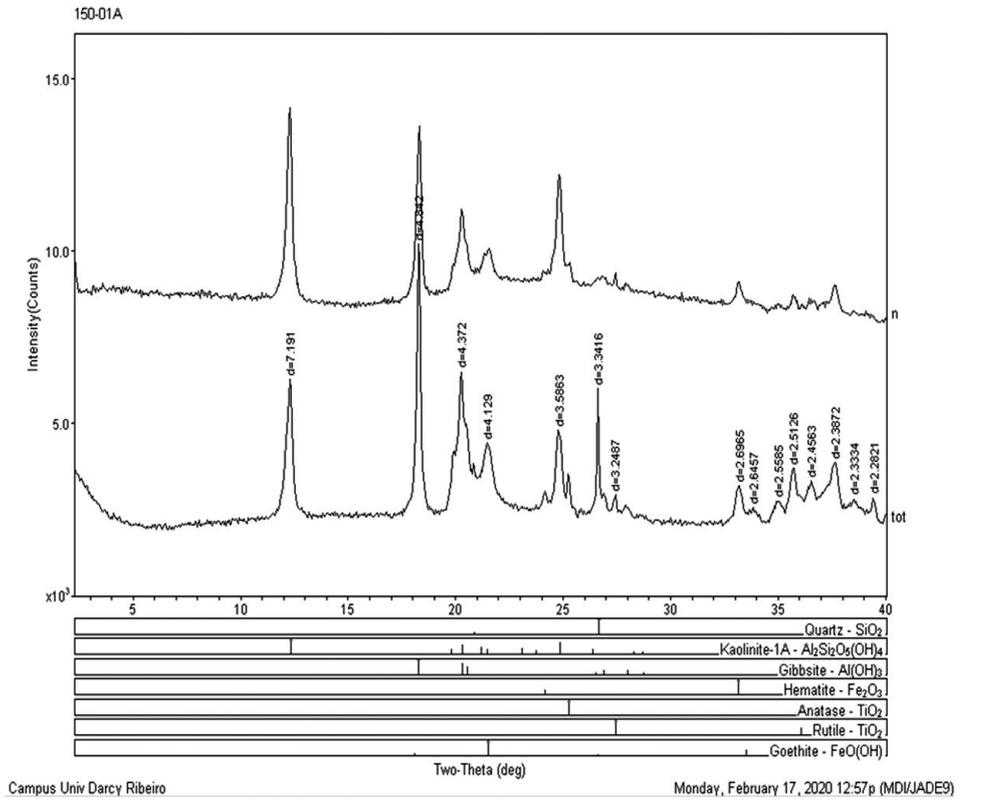
O potássio trocável apresentou valores baixíssimos, fluando entre 0,01 e 0,59 Cmol/dm^3 (*centimol* por decímetro cúbico de solo), sendo a maior parte dos resultados inferiores a 0,05 Cmol/dm^3 . Esses valores reduzidos são coerentes com as classes de latossolos observados nas áreas de amostragem e aparentemente não há nenhuma fonte de contaminação por esse cátion nas fontes de resíduos domésticos.

Os resultados das análises de cálcio apresentaram valores variáveis entre 0,7 e 12,5 Cmol/dm^3 , e os teores mais elevados que 1,0 Cmol/dm^3 devem ser considerados indicadores de contaminação, uma vez que esse nutriente é muito restrito nos latossolos derivados de metassedimentos do Grupo Paranoá no Distrito Federal. Apesar de ser considerado um indicador de contaminação, isto é, por fonte externa aos ambientes geogênico e pedogênico, os valores são baixos com relação aos máximos que poderiam eventualmente causar impacto ambiental. A fonte antropogênica mais provável desse metal são os resíduos de blocos de concreto amplamente espalhados pela área do aterro e adjacências. É fácil notar na avaliação dos resultados que os teores mais elevados são associados às áreas com maior atividade antrópica e maior volume de aterros de resíduos.

O sódio ocorre em valores baixíssimos, entre 0,01 e 0,17 Cmol/dm^3 , sendo um cátion muito solúvel que dificilmente fica retido nos solos tropicais. Os valores reduzidos já são esperados em função do material parental, em que não existem minerais ricos em sódio, além de serem perfis muito evoluídos que tendem a eliminar por lixiviação essa fase catiônica.

O alumínio resulta em valores muito reduzidos entre zero e 0,3 Cmol/dm^3 , sendo valores considerados anômalos, uma vez que são esperados teores mais elevados de alumínio trocável no tipo de solo estudado. A provável explicação para os resultados encontrados deve ser vinculada à mineralogia à qual o alumínio está associado, representada eminentemente por caolinita e gibisita, minerais de ampla estabilidade que não são digeridos pelo método Mehlich I. A Figura 46 apresenta os difratogramas de raios X das amostras S0-15A e S0-15B que indicam a presença dos seguintes minerais: quartzo, caolinita, gibisita, hematita, anatásio, rutilo e goethita.

FIGURA 46 – DIFRATOGRAMAS DE RAIOS X DAS AMOSTRAS SO-15A E SO-15B. **tot** – REPRESENTA A AMOSTRA TOTAL ANALISADA PELO MÉTODO DO PÓ; **n** – REPRESENTA A SEPARAÇÃO DA FRAÇÃO ARGILOSA



O ferro é o metal mais abundante nos solos estudados, sendo os valores variáveis entre 32,2 e 207,9 mg/kg, com valor médio de 75,15 mg/kg. Esse ferro deve ser em parte associado aos minerais hematita e goethita, mas também deve ser vinculado principalmente às fases amorfas presentes nos latossolos, não se podendo desconsiderar a possibilidade de ser associado a eventual contaminação em função da decomposição dos resíduos domésticos e de escombros de obras.

Com relação aos metais pesados que apresentaram teores acima do limite de quantificação do método analítico, destacam-se cobre, zinco e chumbo, respectivamente com os seguintes intervalos de variações: 0,3 a 2,90; 0,01 a 7,9 e 0,5 a 2,6 mg/kg. Os valores são significativamente maiores na área do aterro e proximidades, diminuindo quando se afasta das áreas principais de acumulação dos resíduos. Mesmo sendo valores que devem ser considerados de origem antropogênica, todos os valores obtidos são muito inferiores aos valores de referência de qualidade (VRQ) considerados pelo Cetesb (2106).

Os reduzidos valores dos resultados analíticos por metais tanto por análises com extração pelo método Mehlich 1 quanto pelo método da fusão total indicam que os solos apresentam restrita contaminação por esses elementos de transição. Muito provavelmente essa constatação é vinculada ao tipo de resíduo acumulado por décadas na área – eminentemente lixo doméstico. Contaminações em níveis mais elevados que alcançam valores de prevenção (VP) e de intervenção (VI) são mais comumente vinculadas aos resíduos de atividades industriais específicas, incluindo mineração, indústria de curtumes, cromação e metalurgia.

As Tabelas 14 e 15 mostram os resultados das análises realizadas na Universidade de Brasília, respectivamente com a lista dos elementos maiores expressos em percentuais e os elementos traços em mg/kg. A perda ao fogo representa a água que ocorre na hidratação dos hidróxidos de ferro e alumínio, incluindo goethita, liminita e gibisita.

Todas as substâncias analisadas pelo método por fusão total à alta temperatura apresentam valores superiores quando comparadas à extração pelo método Mehlich 1. Neste caso são avaliados os metais trocáveis (biodisponíveis) e a fase contida em minerais estáveis (não biodisponíveis).

O destaque é o alumínio, que resultou em valores próximos a zero quando a digestão foi realizada pelo método Mehlich 1 e retorna valores entre 12,8 e 42% quando o método de extração é por fusão à elevada temperatura e redissolução. Neste caso, todo o alumínio é vinculado a minerais com ampla estabilidade no ambiente pedogênico, como, por exemplo, gibisita.

TABELA 14 – RESULTADOS DOS PRINCIPAIS CONSTITUINTES DOS SOLOS AMOSTRADOS. O FERRO E O ALUMÍNIO COMPÕEM A MAIOR MASSA DO LATOSSOLO VERMELHO E DO LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO

AMOSTRA	ELEMENTOS QUÍMICOS MAIORES - (%)								
	AL ₂ O ₃	CAO	FE ₂ O ₃	K ₂ O	MGO	NA ₂ O	SIO	TIO ₂	PERDA AO FOGO
1A	39,3	0,2	10,3	0,2	0,1	0,1	21,1	1,9	24,32
3A	40,5	0,1	12,0	0,2	0,1	0,1	22,1	2,0	23,59
10A	40,7	0,1	12,6	0,2	0,1	0,1	20,2	2,0	24,12
11A	41,4	0,1	13,5	0,2	0,1	0,1	20,3	2,1	24,35
14A	41,6	0,1	12,4	0,2	0,1	0,1	20,3	2,1	24,08
15A	39,3	0,4	12,5	0,2	0,1	0,1	24,3	2,0	23,93
17A	39,3	0,3	12,9	0,2	0,1	0,1	25,2	2,0	22,20
20A	38,1	0,3	12,4	0,3	0,1	0,1	27,2	2,0	22,48
22A	38,9	0,3	12,6	0,1	0,1	0,1	24,0	2,0	24,35
1B	41,6	0,1	13,5	0,2	0,1	0,1	23,5	2,1	22,53
3B	41,6	0,1	13,8	0,2	0,1	0,1	23,5	2,2	22,12
10B	41,5	0,1	14,2	0,2	0,1	0,1	23,5	2,1	22,72
11B	42,4	0,1	14,2	0,2	0,1	0,1	20,7	2,2	23,50
14B	42,4	0,1	14,3	0,3	0,1	0,1	22,0	2,2	22,81
15B	42,0	0,2	13,7	0,2	0,1	0,1	23,8	2,2	22,17
17B	41,3	0,2	13,4	0,2	0,1	0,1	24,5	2,2	22,08
20B	40,1	0,1	13,2	0,3	0,1	0,1	27,4	2,1	21,15
22B	41,7	0,2	13,7	0,3	0,1	0,1	23,0	2,2	22,93
28	24,4	3,1	7,9	1,0	0,5	0,5	51,1	1,4	15,66
29	13,1	1,0	3,6	1,2	0,2	0,2	71,6	0,7	12,09
33	12,8	9,3	6,4	1,2	1,2	1,2	56,3	0,9	13,79
35	36,1	0,6	18,0	0,8	0,2	0,2	23,5	1,9	23,26
37	41,1	0,1	8,7	0,6	0,1	0,1	23,0	2,2	25,89
39	38,5	0,2	13,3	0,3	0,1	0,1	25,1	2,0	25,48
40	42,0	0,1	14,4	0,4	0,1	0,1	23,0	2,2	23,08
41	22,8	0,6	12,2	1,5	0,5	0,5	58,4	1,0	10,72
42	38,7	0,2	12,1	0,4	0,1	0,1	28,6	1,9	22,87



TABELA 15 – RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS ELEMENTOS MENORES COM USO DE DIGESTÃO POR FUSÃO A ELEVADA TEMPERATURA

	ELEMENTOS TRAÇOS (MG/KG)														
	AS	BA	CD	CO	CR	CU	MN	MO	NI	P	PB	SR	V	ZN	ZR
1A	29,1	17,9	<ld	22,8	90,9	26,6	94,8	<ld	16,2	360,0	<ld	15,0	199,8	41,9	469,6
3A	25,9	17,9	<ld	58,9	114,2	22,5	97,0	<ld	27,6	340,0	<ld	14,7	212,9	50,0	496,7
10A	29,0	14,4	<ld	32,9	118,1	31,1	95,0	<ld	24,2	390,0	<ld	12,7	215,8	48,0	502,2
11A	25,6	18,0	<ld	29,8	132,1	27,8	100,8	<ld	51,4	390,0	<ld	13,7	218,6	47,5	508,7
14A	29,9	13,9	<ld	30,0	112,3	36,7	94,8	<ld	32,5	340,0	<ld	12,0	222,9	43,6	508,3
15A	23,0	25,3	<ld	36,4	124,3	255,5	114,1	<ld	31,9	560,0	<ld	20,2	205,4	65,9	481,9
17A	21,4	22,0	<ld	19,4	133,3	37,6	103,2	<ld	24,5	400,0	<ld	16,0	207,5	58,5	490,9
20A	20,9	19,6	<ld	23,4	122,5	28,5	91,3	<ld	26,3	370,0	<ld	17,4	198,1	49,8	461,9
22A	35,8	28,4	<ld	26,1	122,1	37,0	103,5	<ld	29,4	480,0	<ld	18,6	203,3	64,9	482,3
1B	32,0	15,9	<ld	22,5	138,0	27,4	104,6	<ld	21,9	310,0	<ld	14,8	216,1	52,8	506,3
3B	33,3	14,8	<ld	23,7	143,6	26,0	100,8	<ld	22,4	280,0	<ld	14,6	219,6	102,7	508,9
10B	29,4	16,0	<ld	19,8	138,6	24,8	93,1	<ld	24,7	320,0	<ld	14,0	216,8	58,8	502,7
11B	32,3	12,2	<ld	22,6	142,9	24,6	85,8	<ld	20,9	310,0	<ld	12,3	222,0	73,1	535,3
14B	28,3	11,4	<ld	21,3	139,7	106,1	85,7	<ld	22,1	300,0	<ld	12,0	223,6	50,2	535,8
15B	32,4	15,5	<ld	20,7	143,5	21,5	85,7	<ld	20,9	310,0	<ld	14,6	219,3	56,0	531,2
17B	24,5	13,6	<ld	29,6	140,3	26,7	85,7	<ld	20,7	300,0	<ld	13,4	211,9	54,7	511,2
20B	28,5	13,2	<ld	25,9	137,2	15,2	85,5	<ld	21,7	280,0	<ld	13,5	208,9	48,7	486,0
22B	30,4	16,2	<ld	29,4	142,5	25,3	89,2	<ld	20,9	310,0	<ld	14,4	217,0	65,5	517,1
28	13,1	154,1	<ld	44,7	110,3	36,7	101,3	<ld	23,0	330,0	<ld	91,7	131,4	73,2	413,7
29	7,4	221,7	<ld	84,3	71,8	30,4	31,5	<ld	15,9	360,0	<ld	26,5	85,3	65,4	415,6
33	7,1	204,3	<ld	69,2	90,0	26,5	179,9	<ld	20,9	320,0	<ld	245,7	96,8	73,6	237,3
35	37,0	74,7	<ld	69,2	168,6	32,1	111,2	<ld	20,2	480,0	<ld	30,5	233,5	81,1	437,5
37	15,2	34,5	<ld	28,0	174,8	36,7	66,7	<ld	37,2	330,0	<ld	9,0	210,7	42,7	596,1
39	22,6	13,1	<ld	22,6	127,6	29,1	90,7	<ld	22,9	440,0	<ld	11,1	207,9	78,5	486,6
40	26,4	13,1	<ld	29,2	150,7	85,3	87,2	<ld	20,1	310,0	<ld	12,3	221,7	47,3	510,7
41	38,3	137,3	<ld	48,9	182,0	43,4	61,2	<ld	19,3	210,0	<ld	37,1	179,9	45,8	371,3
42	23,9	31,0	<ld	23,3	136,0	203,2	239,2	<ld	26,0	360,0	<ld	24,2	186,7	72,1	505,3

8.3 MAPA DE EXTENSÃO DA CONTAMINAÇÃO DOS SOLOS

Para a confecção do mapa de extensão da contaminação dos solos, os dados de campo de observações de fontes de contaminação e os dados de análises químicas dos solos (com ênfase nos metais mais comuns) foram espacializados. Cinco zonas distintas marcadas por diferentes contaminantes ou diferentes densidades de contaminação potencial foram discriminadas, incluindo a contaminação potencial por fertilizantes e agroquímicos, efluentes domésticos, áreas de acumulação e remoção de resíduos sólidos, área com acumulação de resíduos em baixa densidade e área com acumulação vertical de grandes volumes de rejeitos.

O mapa da Figura 28 apresenta a espacialização das áreas de solos contaminados, sendo a faixa alongada norte-sul situada na margem esquerda (leste) do Córrego Cabeceira do Valo uma área de contamina-



ção por fertilizantes químicos solúveis, fertilizantes orgânicos e outros produtos químicos aplicados na agricultura intensiva irrigada. Não foram realizadas análises específicas, mas o histórico de uso da área, com produção agrícola de hortaliças há décadas, corrobora a interpretação da presença desse tipo de contaminação.

Na faixa estreita situada no limite da ocupação de “Santa Luzia” com o Parque Nacional de Brasília existe acúmulo superficial de efluentes produzidos pela população residente que adentra na área da unidade de conservação ambiental. Mesmo sem a realização de análises específicas, a observação de campo permite confirmar a presença desse tipo de contaminação.

Os demais tipos de contaminação cartografados são diretamente decorrentes da acumulação permanente ou sazonal de resíduos sólidos de origem doméstica e de entulhos de obras civis.

A distinção dessas três faixas foi baseada no volume, no tempo de permanência dos resíduos (se permanente ou não) e nos tipos de resíduos (relação de entulho e lixo orgânico). A faixa “embargada” recebeu resíduos que foram posteriormente retirados (em função da proximidade com o Parque Nacional de Brasília). Áreas de acumulação distribuídas em locais onde atualmente está localizada a Cidade Estrutural (denominada de aterro antigo) receberam menor volume total de resíduos, uma vez que a operação àquela época era na forma de abertura de trincheiras, compactação dos resíduos e aterramento. Em muitas dessas áreas atualmente dominam entulhos, pois o longo período desde a acumulação dos resíduos causou a decomposição total do lixo orgânico. Por fim, a poligonal considerada “lixo mais recente” foi dividida em duas faixas com diferente potencial de contaminação em razão do volume acumulado e de ser atualmente ativa ou inativa.



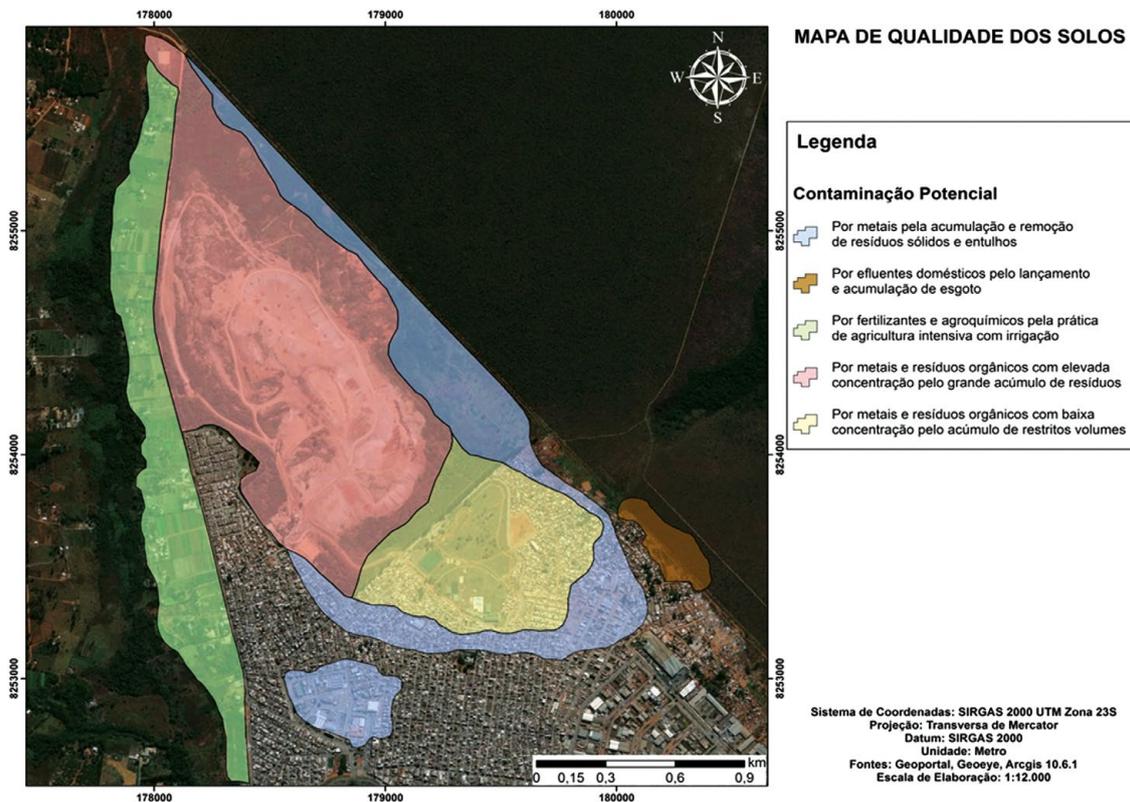
9 CONTAMINAÇÃO ATMOSFÉRICA

A qualidade do ar é um dos aspectos do meio físico com a maior carência de dados e informações no Distrito Federal. A dificuldade de acesso a dados sobre a qualidade do ar no tempo e no espaço no território distrital deve-se ao restrito número de estações de monitoramento e ao fato de essas poucas estações apresentarem registros curtos e com inúmeras interrupções.

De certa forma, a falta de dados é decorrente da boa qualidade do ar na maior parte do tempo e na maior parte do território, uma vez que é uma região pouco industrializada, tem cidades pouco verticalizadas e ainda uma densidade de veículos menor que nos centros metropolitanos das maiores conurbações existentes no território nacional.

De forma geral, a apreensão com a qualidade do ar é uma questão local, sendo mais preocupante no período de agosto e setembro, justamente o final da estação seca antes do início da temporada de chuvas.

FIGURA 47 – MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS COM DIFERENTE POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO. A CONFIRMAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO É FEITA POR ANÁLISES QUÍMICAS ESPECÍFICAS OU COM BASE EM INFORMAÇÕES QUALITATIVAS. SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS SIRGAS 2000, ZONA 23 (IMAGEM BASE OBTIDA DO SISTEMA *GOOGLE EARTH*, MAIO DE 2020)



No Distrito Federal, os pontos críticos com relação à qualidade do ar que foram monitorados de forma intermitente incluem: a Rodoviária de Brasília, a região central de Taguatinga e as localidades das fábricas de cimento referidas de forma genérica como “região da Fercal” (Região Administrativa de Sobradinho II). Nas áreas urbanas a preocupação é vinculada à elevada densidade de veículos em certos horários do dia, que podem ser responsáveis pelo aumento do particulado derivado de gases de combustão dos motores. Na região da Fercal, o problema é vinculado à operação das pedreiras (fonte de calcários para as fábricas) e dos fornos de produção do cimento, que exalam grande volume de gases e poeira.



Além das duas fontes anteriormente enumeradas, ainda existem duas outras que são significativas e afetam a atmosfera como um todo e não apenas de forma localizada devido às atividades específicas: poeira de áreas expostas (pela agricultura, para expansão urbana, para realização de obras civis, dentre outras) e fumaça de queimadas florestais (infelizmente comuns nos meses de agosto e setembro) e de resíduos sólidos. No Brasil, os padrões de qualidade do ar são estabelecidos pela Resolução Conama 491/2018, contemplando os seguintes parâmetros: partículas totais em suspensão (PTS), partículas inaláveis (PI), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃), dióxido de nitrogênio (NO₂) e fumaça. Os padrões estabelecidos são classificados em primários e secundários. Os padrões primários de qualidade do ar referem-se às concentrações de poluentes, que, uma vez ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. Os padrões secundários de qualidade do ar são relacionados às concentrações de poluentes que resultam no mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, da fauna, da flora e dos materiais (Tabela 16).

TABELA 16 – PADRÕES DE QUALIDADE DO AR SEGUNDO A RESOLUÇÃO CONAMA Nº 491/2018. MGA – MÉDIA GEOMÉTRICA ANUAL; MAA – MÉDIA ARITMÉTICA ANUAL

POLUENTE	TEMPO DE AMOSTRAGEM	PADRÃO PRIMÁRIO (µ G/M ³)	PADRÃO SECUNDÁRIO (µG/M ³)
Partículas totais em suspensão	24 horas	240	150
	MGA	80	60
Dióxido de enxofre (SO ₂)	24 horas	365	100
	MAA	80	40
Monóxido de carbono (CO)	1 hora	400.00	40.000
	8 horas	10.000	10.000
Ozônio (O ₃)	1 hora	160	160
Fumaça	MAA	60	40
Partículas inaláveis (PM10)	24 horas	150	150
	MAA	50	50
Dióxido de nitrogênio (NO ₂)	1 hora	320	190
	MAA	100	100

Com base nos dados conseguidos por meio das análises do material coletado nas estações obtém-se a concentração dos poluentes desejados em µg/m³ e então se calcula o Índice de Qualidade do Ar (IQA). O IQA é um índice adimensional resultante do cálculo com a associação dos seguintes parâmetros: partículas inaláveis, partículas inaláveis finas, fumaça, ozônio, monóxido de carbono e dióxido de nitrogênio. Esse índice é utilizado para avaliar os efeitos da poluição sobre a saúde e o bem-estar da população, conforme Tabela 17, sendo a massa atmosférica classificada como boa, regular, inadequada, má ou péssima.

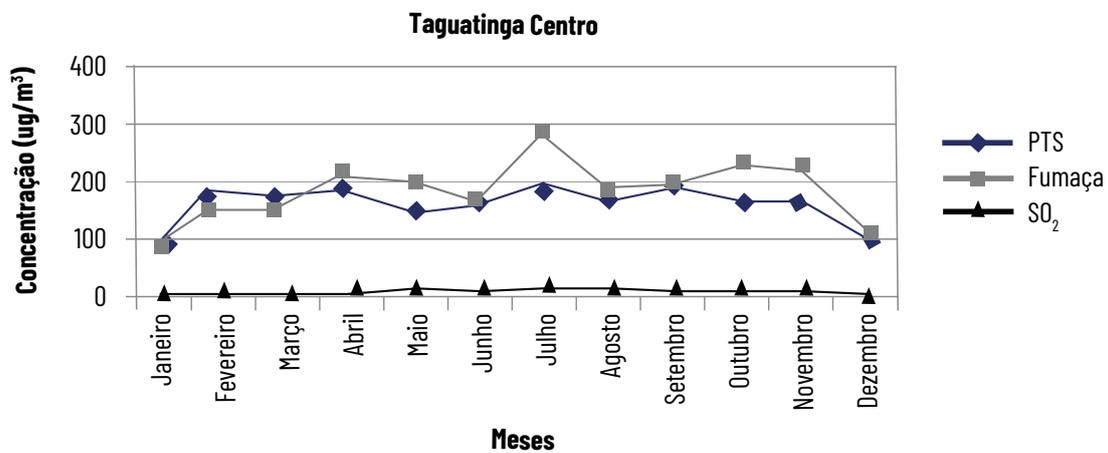


TABELA 17 – ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR (IQAR) E EFEITOS SOBRE A SAÚDE HUMANA

QUALIDADE DO AR	ÍNDICE	DESCRIÇÃO DOS EFEITOS SOBRE A SAÚDE
Boa	0-40	Não há riscos à saúde.
Moderada	41-80	Pessoas de grupos sensíveis, como crianças e idosos com doenças respiratórias e cardíacas, podem apresentar sintomas como tosse e cansaço. A população em geral não é afetada.
Ruim	81-120	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças e idosos com problemas respiratórios e cardíacos) podem apresentar efeitos mais severos à saúde.
Muito ruim	121-200	Toda a população pode apresentar agravamento de sintomas como tosse, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda apresentar falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves na população sensível.
Péssima	> 200	Toda a população pode apresentar riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Fonte: CETESB, 2013

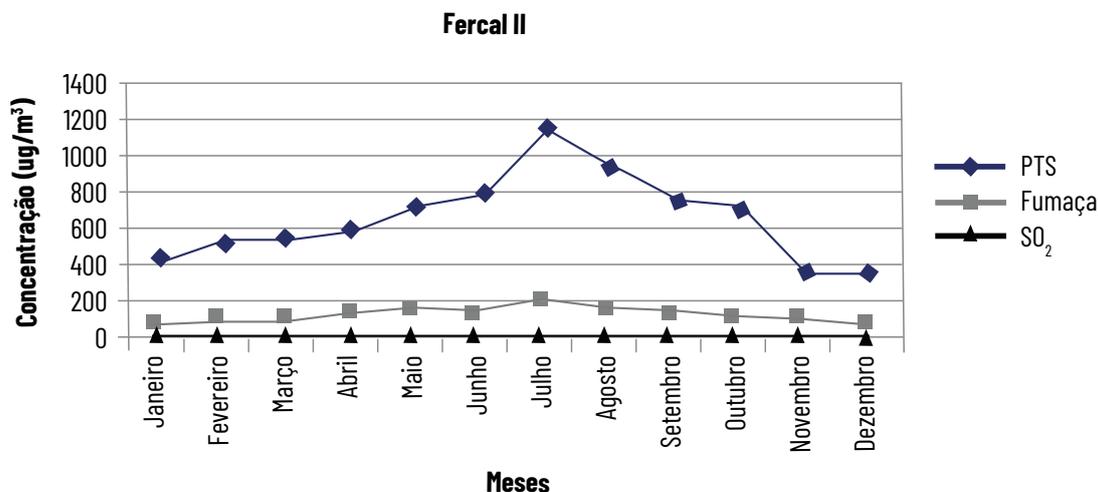
A título de exemplo são apresentados dois gráficos de distribuição de dados de qualidade do ar no Distrito Federal (Figuras 48 e 49).

FIGURA 48 – DISTRIBUIÇÃO MENSAL DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NO ANO DE 2008 NO CENTRO DA CIDADE DE TAGUATINGA

Fonte: IBRAM/SEDUMA, 2008



FIGURA 49 – VARIAÇÃO DE COMPONENTES INDICADORES DE QUALIDADE DO AR NAS ADJACÊNCIAS DA FÁBRICA DE CIMENTO PLANALTO (CIPLAN)



Fonte: IBRAM/SEDUMA, 2008

No centro da cidade de Taguatinga, conhecido como tendo um dos tráfegos de veículos mais intensos do Distrito Federal, os valores de particulados totais em suspensão alcançam o valor máximo de 200 µg/cm³, tendo em 2008 o indicador de fumaça alcançado o valor de 300 µg/cm³ no mês de julho. Na região da Fercal, nas proximidades da fábrica de cimento Ciplan, o PTS alcança 1.200 µg/cm³, permanecendo os índices de fumaça e SO₂ similares aos da cidade de Taguatinga. Tal situação indica que os valores de particulados totais em suspensão são controlados pela operação da fábrica e não por queimadas ou tráfego de veículos.

Quatro tipos de poluentes atmosféricos são produzidos em grande escala na área do Lixão e adjacências, quais sejam:

- particulados atmosféricos derivados da suspensão de partículas (argila, silte e fragmentos amorfo) a partir de áreas expostas e da operação do Moinho de Resíduos, sendo elevadas pela ação de ventos e ao longo do trajeto de veículos (em estradas não pavimentadas);
- fumaça e gases com elevado potencial de enriquecimento em dióxido de enxofre (SO₂) e monóxido de carbono (CO) por serem produzidos majoritariamente pela combustão de óleo diesel de máquinas e caminhões que trafegam de forma contínua na área da atual Unidade de Recebimento de Entulhos (URE) e na Cidade Estrutural (para acesso à URE);
- fumaça de queima de massa florestal e áreas verdes e de queima de resíduos sólidos acumulados indistintamente em locais inadequados na periferia do Lixão e da própria área urbana da Cidade Estrutural;
- gases de efeito estufa (GEE) (principalmente metano - CH₄) derivados da metanogênese oriunda da decomposição dos resíduos orgânicos aterrados no corpo principal do Lixão mais recente (depositado a partir de 1995).

Na região da Cidade Estrutural e nas adjacências do antigo Lixão não existem dados disponíveis de monitoramento da qualidade do ar, embora seja uma região que particularmente apresenta problemas associados a essa questão ambiental.

Com relação aos gases de efeito estufa, não existem dados disponíveis de monitoramento. Apenas um trabalho que apresenta resultados de medições de gases foi encontrado na literatura. O trabalho de Del'Rey (2020) mostra os resultados da estatística de medições realizadas em queimadores de gases que, na prática, são drenos verticais da fração gasosa produzida pela decomposição dos resíduos orgânicos. A Tabela 18 apresenta a síntese dos resultados do referido trabalho a partir da medição em 70 pontos de queima de gases (para a medição, o fogo foi extinto e aguardou-se cinco horas antes da leitura). A medição da concentração de metano e dióxido de carbono foi realizada com um instrumento portátil da marca Land Tec, modelo GEM 5.000.

Nenhum dado de vazão dos gases (volume por tempo) foi encontrado, sendo este dado fundamental para a avaliação do potencial de geração de energia pela combustão dos gases.

TABELA 18 – ESTATÍSTICA DE VARIAÇÃO DE METANO E GÁS CARBÔNICO MÉDIO EM 70 DRENOS VERTICAIS DE GÁS SITUADOS NA PORÇÃO ELEVADA DO MACIÇO DE RESÍDUOS. VALORES EM PORCENTAGEM POR VOLUME (% POR VOLUME). MEDIÇÕES REALIZADAS EM ABRIL DE 2019

TIPO DE GÁS	CONCENTRAÇÃO MÍNIMA	CONCENTRAÇÃO MÁXIMA	CONCENTRAÇÃO MÉDIA	DESVIO-PADRÃO
CH ₄	1,9	57,9	38,9	15,9
CO ₂	0,6	58,4	33,4	16,3

Fonte: DEL'REY, 2020

Para minimizar os efeitos dos poluentes na atmosfera local e minimizar eventuais problemas de saúde à população local, as seguintes práticas são desenvolvidas: queima dos gases nas saídas dos drenos verticais de gás e aspersão da água nas áreas internas do Lixão.

Atualmente está em desenvolvimento um projeto de pesquisa no âmbito do Programa de Pesquisa & Desenvolvimento da Eletronorte/Companhia Energética de Brasília (CEB) que pretende avaliar o potencial de geração de energia pela combustão dos GEEs derivados do antigo aterro. Como uma das metas do referido projeto destaca-se o dimensionamento do volume dos resíduos aterrados e a quantificação da produção de gases atualmente eliminados pelos drenos.

Para a completa caracterização dos poluentes atmosféricos na região é fundamental que uma estação de monitoramento seja instalada para medição contínua de PTS, PI e fumaça, além do monitoramento da saída dos gases dos drenos verticais.





10 MAPEAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DOS TIPOS DE RESÍDUOS

10.1 CARACTERIZAÇÃO DOS TIPOS DE RESÍDUOS

A área do Lixão da Estrutural bem como a atual área urbana da Cidade Estrutural são locais de acumulação de resíduos há mais de cinquenta anos.

Durante as escavações para a instalação dos poços de monitoramento no âmbito desse projeto comumente foram interceptados aterros em maior ou menor espessura.

Durante a tentativa de instalação do poço LX16 próximo à Administração Regional da Estrutural foi possível confirmar a existência de mais de 20 metros de entulho de obras com grandes fragmentos de concreto, blocos pré-moldados, restos de azulejos, dentre outros. Nessa mesma região, a Escola Classe foi interditada por causa da acumulação de gás nas salas de aula gerado pela decomposição de resíduos. Esses dados indicam a ampla área impactada pela disposição de rejeitos, não apenas dentro dos limites da poligonal controlada pelo Serviço de Limpeza Urbana, mas também em suas adjacências (incluindo áreas urbanas já consolidadas).

Na área urbana, a escavação de trincheiras relativamente pequenas (de 2 m de comprimento por 1 m de largura por 1 m de profundidade) mostra a presença de diferentes tipos de materiais, incluindo plástico, papel/papelão, tecido, metal e vidro. Todos os fragmentos vêm misturados em uma matriz composta por diferentes tipos de solos (Figura 50). Na área do lixão, mesmo em porções que tiveram os resíduos removidos por determinação legal, ainda é possível observar diferentes tipos de resíduos a pequenas profundidades (Figura 51).

FIGURA 50 – RESÍDUOS OBSERVADOS EM TRINCHEIRA RASA ABERTA NA ÁREA URBANA DA CIDADE ESTRUTURAL. NOTAR AAMPLA PREDOMINÂNCIA DE PLÁSTICO



FIGURA 51 – RESÍDUOS EXPOSTOS EM ÁREA GRADEADA PARA IMPLANTAÇÃO DE EXPERIMENTO DE FITORREMEDIAÇÃO



No maciço do aterro mais recente, em suas porções com maior espessura de resíduos acumulados, é difícil uma definição exata das proporções dos diferentes tipos. Contudo, observando locais que tiveram remoção de resíduos em obras de retaludamento, na construção de trincheiras para contenção de chumbo, nos aterros das vias de acesso é possível verificar a seguinte proporção das classes de resíduos: entulho > plástico > tecido > madeira > vidro > metais. Esses materiais estão sempre envoltos por diferentes proporções de terras de origens distintas. A porção orgânica, de forma geral, já foi parcial ou totalmente decomposta.

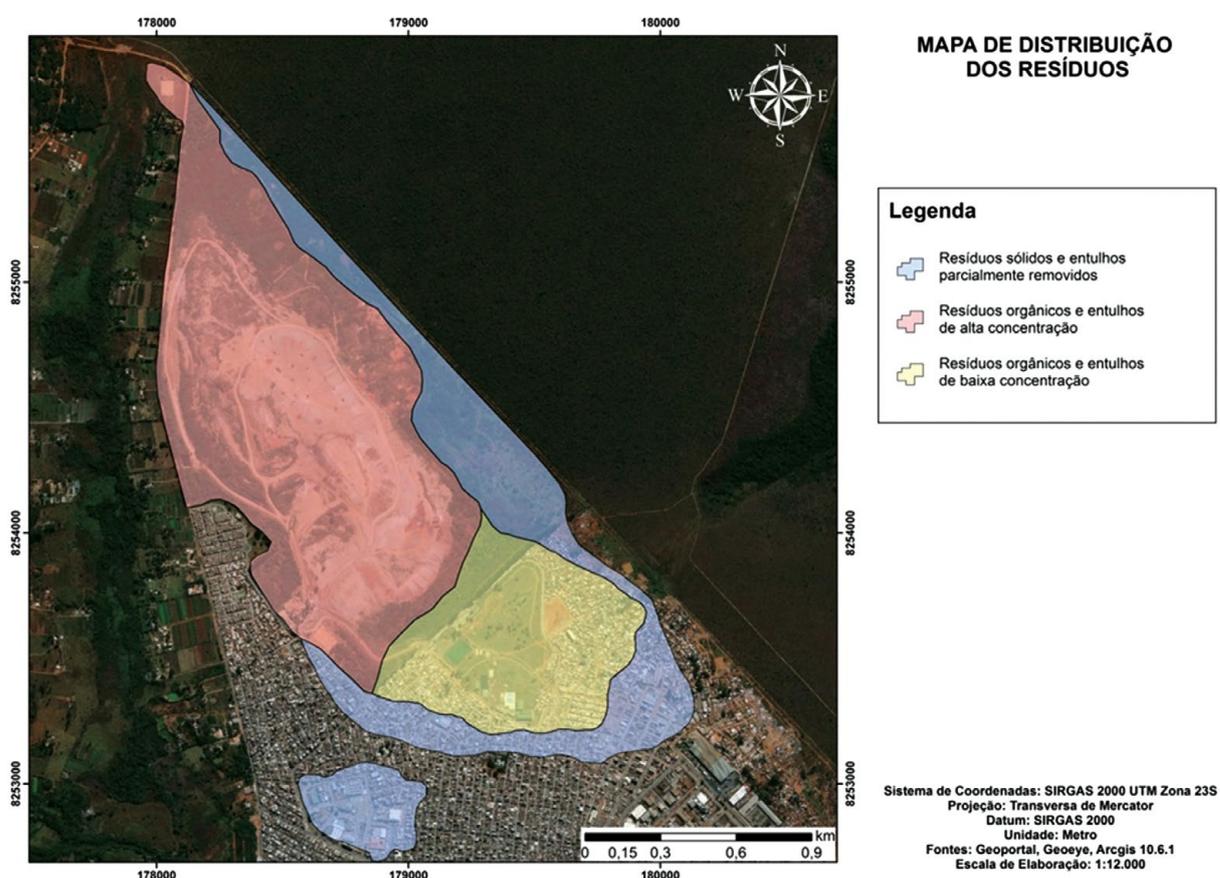
As proporções de classes de resíduos mudam no tempo e no espaço com base em diferentes parâmetros. No início da operação da área predominavam os resíduos domésticos ricos em matéria orgânica. Em outros momentos, materiais oriundos de bota-fora de obras de infraestrutura e outras obras civis passaram a dominar. Atualmente a área é operada como uma Unidade de Recebimento de Entulho e resíduos de podas, no entanto é possível se observar diferentes tipos de resíduos, incluindo plásticos, madeira e tecidos. Outro ator que influencia historicamente as classes de resíduos acumulados é a “cultura da reciclagem”. A reciclagem de materiais potencialmente aproveitáveis sempre existiu. Contudo, esse cenário modificou-se de forma mais intensa a partir dos anos 2000, quando, por “conscientização” da população ou por “necessidade” dos catadores e das cooperativas de catadores, grande parte dos resíduos secos passou a ser retirada antes de ser acumulada no aterro.

O volume de material acumulado também sofreu mudanças radicais durante o tempo de atividade do Lixão. Inicialmente se aplicava um método de aterramento por trincheiras, em que os resíduos eram depositados e compactados em pequenas espessuras (~5 metros) e posteriormente aterrados. Quando as áreas se tornaram mais limitadas como decorrência da ocupação urbana, optou-se pela acumulação vertical dos resíduos.

Na acumulação vertical ocorreram vários momentos de aterramento e nova disposição dos resíduos, de forma que atualmente existem superfícies compactadas e impermeabilizadas no interior do maciço de resíduos.

O mapa da Figura 52 mostra a distribuição dos resíduos. De forma geral, há muita variação e heterogeneidade de resíduos, mas são observadas diferentes proporções contendo blocos de concreto e outros restos de obras, plástico, papelão, vidro, ferro e matéria orgânica em diferentes estágios de decomposição (inclusive em condições redutoras e em fase metanogênica no interior do maciço mais espesso de resíduos).

FIGURA 52 – DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS NA ÁREA DO LIXÃO, INCLUINDO ÁREAS DE ACUMULAÇÃO HISTÓRICA E ÁREA DE ACUMULAÇÃO MAIS RECENTE SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS SIRGAS 2000, ZONA 23 (IMAGEM BASE OBTIDA DO SISTEMA *GOOGLE EARTH*, MAIO DE 2020)





11 DADOS PARA ALIMENTAÇÃO DOS MODELOS DE FLUXO

11.1 CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DA ZONA NÃO SATURADA

O mapa de solos da área adjacente ao Lixão da Estrutural apresenta três classes de solos caracterizados como latossolo vermelho, latossolo vermelho-amarelo e gleissolo háplico. Esses solos apresentam como feições similares sua textura muito argilosa e sua estruturação granular a grumosa, de forma que compõem coberturas similares em razão de seu funcionamento hídrico. Dessa maneira, foram realizados cinco ensaios de infiltração *in situ* para a determinação da sua condutividade hidráulica em superfície e até 200 cm, o que representa a porção superficial da zona não saturada do aquífero freático da região.

Os ensaios de infiltração correspondem a uma medida pontual extrapolada para as áreas adjacentes com características pedológicas, geológicas e de uso do solo semelhantes. Em geral, os métodos de ensaios de infiltração, como é o caso da condutividade hidráulica vertical (K_v), são desenvolvidos com base na medição da quantidade de água percolada em um determinado intervalo de tempo. O parâmetro hidrodinâmico condutividade hidráulica apresenta grande relevância por ser um dos principais fatores de caracterização dos aquíferos. Em especial, os ensaios de infiltração *in situ* baseiam-se nos princípios da Lei de Darcy para o fluxo laminar do movimento da água no solo.

Ao realizar um ensaio para obtenção dos valores de condutividade hidráulica deve-se estar atento a alguns fatores que podem interferir na movimentação da água no meio e, conseqüentemente, em suas medições, tais como: qualidade da água; viscosidade da água; textura, estrutura e consistência do solo; ação de microrganismos no solo e presença de ar nos poros.

A aplicação dos métodos varia conforme a natureza do meio testado, o tipo de prospecção e o objetivo. De acordo com Souza (2001) e Fiori (2010), são exemplos de ensaios de campo: ensaio de furo de trado em presença de lençol freático; ensaio de furo de trado em ausência de lençol freático (*Open End Hole*); ensaio de anéis concêntricos; e ensaio em poços de monitoramento (ABGE, 1996).

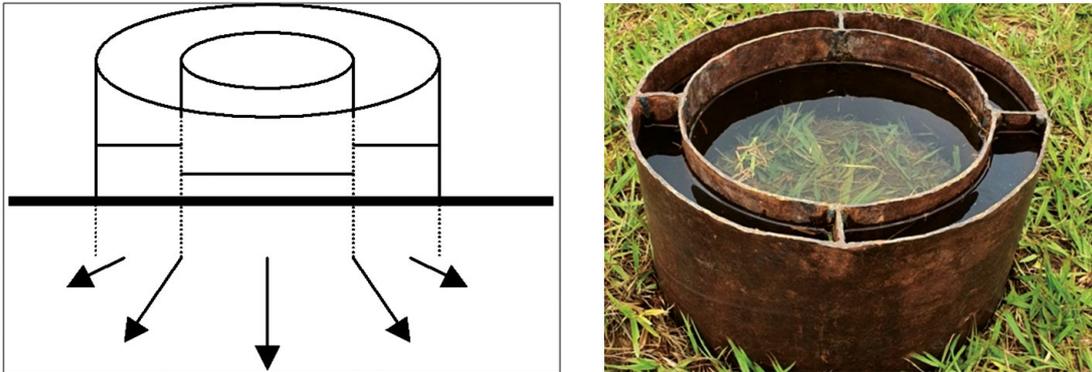
Neste estudo, os testes foram realizados considerando-se pontos estratégicos com relação à distribuição das classes de solos, condições geológicas e geomorfológicas, além da situação natural dos locais analisados. Os valores de K_v foram adquiridos utilizando-se dois dos métodos citados anteriormente para identificação dos valores de K_v : anéis concêntricos, com análise de K_v na superfície, e *Open End Hole*, com análise de K_v em profundidade (EARTH MANUAL, 1974).

Os estudos da condutividade hidráulica distinguem medições quanto à direção do fluxo – vertical e horizontal – e quanto à carga – constante ou variável. Os dois tipos de ensaios desenvolvidos neste estudo buscam valores de condutividade hidráulica vertical utilizando carga variável.

O ensaio dos anéis concêntricos utiliza um bloco de dois anéis metálicos soldados concentricamente com 25 cm de altura, 45 cm de diâmetro no anel externo e 35 cm de diâmetro no anel interno, como pode ser visto na Figura 53.



FIGURA 53 – ENSAIO DE INFILTRAÇÃO IN SITU COM O MÉTODO DOS ANÉIS CONCÊNTRICOS



O procedimento de campo envolve, primeiramente, a cravação dos anéis na porção superficial do solo. Essa cravação é necessária para evitar que haja vazamento pela lateral do cilindro interno. Esse método busca impedir a tendência de fluxo na direção horizontal ao propiciar a criação de uma barreira de solo saturado decorrente da necessidade de estabilização do nível de água do anel externo antes que se abasteça o anel interno. Essa técnica utiliza a coluna inicial e final de água e o tempo de infiltração (conforme Eq. 3). Após a aplicação dessa fórmula, são obtidos os valores de K apresentados na Tabela 19.

$$K = \mu \times \frac{l}{\Delta t} \times \ln \left(\frac{h_0}{h} \right) \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

l - profundidade de cravação (mm);

h_0 - coluna d'água inicial (mm);

h - coluna d'água final (mm);

Δt - tempo decorrido para o rebaixamento entre h_0 e h (min);

μ - fator de transformação de unidades (de mm/min para m/s = 1/10.000).

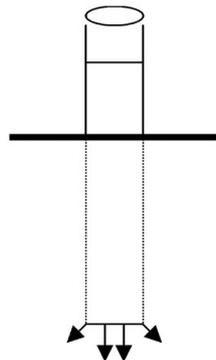
O método denominado *Open End Hole* consiste na perfuração com trado de quatro furos dispostos em uma área quadrada com 1 metro de aresta, ou alinhados, que variaram em profundidade de 50, 100, 150 e 200 cm. É necessário ressaltar que por vezes não foi possível executar todos os furos em determinados pontos e que alguns furos tiveram uma pequena variação quanto à profundidade decorrente de dificuldades operacionais, como interceptação de linhas de pedra ou de horizontes impenetráveis.

De acordo com a Figura 54, depois da execução dos furos são cravados com marreta de borracha tubos de PVC de 50 mm de diâmetro, objetivando revestir as paredes do poço. Neste estudo, para a perfuração a trado foi utilizado o diâmetro de 100 mm, o que resulta em um espaço anelar de 50 mm, folga suficiente ao controle da cravação. Desse modo, garante-se que a água de enchimento dos tubos de revestimento não vaze e se infiltre através das paredes do furo. Também se evita o uso de força para cravação, manobra que implica quebra da estrutura do solo e polimento das paredes do furo.

TABELA 19 – VALORES DE CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA NA SUPERFÍCIE PELO MÉTODO DOS ANÉIS CONCÊNTRICOS (M/S). I – PROFUNDIDADE DE CRAVAÇÃO DOS ANÉIS; TI – TEMPO INICIAL; TF – TEMPO FINAL; MI – MEDIDA INICIAL; MF – MEDIDA FINAL DA COLUNA D'ÁGUA NO ANEL CENTRAL; E K – CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA VERTICAL NA SUPERFÍCIE

	COORD. UTM	OBSERVAÇÕES	I (MM)	TI	MI (CM)	TF (SEG)	MF (CM)	K M/S
Ponto 1	180141 8254167	Transição LVA/Glei; furo 100 cm: condições de umidade próximas ao limite de saturação (água visível na base do furo no decorrer do ensaio); 20 minutos de estabilização.	55	0	3,0	3000	13,3	$1,79 \times 10^{-5}$
Ponto 2	178983 8254913	Ensaio em LVA. Estrutura superficial comum pequena granular (entre grumosa e granular); muita atividade de raízes, inclusive em maiores profundidades (200 cm). Cerrado em recuperação (área queimada).	100	0	4,0	179	11,4	$6,24 \times 10^{-4}$
Ponto 3	178253 8255701	Ensaio em LVA. Estrutura superficial muito comum pequena grumosa; muita atividade de raízes nos primeiros 50 cm. Cerrado do tipo campo sujo.	60	0	3,1	562	15,5	$1,62 \times 10^{-4}$
Ponto 4	178044 8254431	Ensaio em LVA próximo à lagoa de chorume (beira da estrada). Primeiros 7 cm de material muito compacto.	50	0	3,4	3013	15,4	$2,13 \times 10^{-5}$
Ponto 5	178439 8253941	Ensaio em LV; superfície gramada. Horizonte A com 16 cm (coloração preto-amarronzada).	50	0	0,044	3000	14,2	$1,65 \times 10^{-5}$

FIGURA 54 – ENSAIO DE INFILTRAÇÃO IN SITU COM MÉTODO OPEN END HOLE



O passo subsequente consiste em preencher com água a um limite de altura inicial da coluna d'água, h_0 , em um tempo também inicial, t_0 . Após certo tempo, t , a partir do início do processo de infiltração, fez-se uma medição da coluna de água final, h , para cada um dos tubos cravados no local do ensaio. Assim, a estimativa de K_v é feita pela aplicação desses dados na Eq. 4, e os resultados são apresentados na Tabela 20.

$$K_v = 2,303 \times \left(\frac{R}{4\Delta t} \right) \times \left[\log \left(\frac{h_0}{h} \right) \right] \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

R = raio do tubo (m);

h_0 = coluna d'água inicial (m);

h = coluna d'água final (m);

Δt = tempo decorrido para o rebaixamento entre h_0 e h (seg).

TABELA 20 – VALORES DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA PELO MÉTODO *OPEN END HOLE* (M/S). A NUMERAÇÃO DOS PONTOS RELACIONA-SE COM A APRESENTADA PARA OS ENSAIOS COM ANÉIS CONCÊNTRICOS, PORTANTO AS COORDENADAS UTM SÃO AS MESMAS. TI – TEMPO INICIAL; TF – TEMPO FINAL; MI – MEDIDA INICIAL DA COLUNA D'ÁGUA; MF – MEDIDA FINAL DA COLUNA D'ÁGUA NO TUBO DE PVC; E K – CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA VERTICAL

Ponto 1						
PROF.	H (CM)	TI (SEG)	MI (CM)	TF (SEG)	MF (CM)	K (M/S)
50	50,50	0,00	5,40	3000,00	16,20	$5,7 \times 10^{-7}$
100	101,00	12,22	5,90	3022,00	8,40	$5,5 \times 10^{-8}$
Ponto 2						
PROF.	H (CM)	TI (SEG)	MI (CM)	TF (SEG)	MF (CM)	K (M/S)
50	53,00	0,00	7,70	1200,00	40,40	$6,6 \times 10^{-6}$
100	106,00	12,95	7,30	3000,00	18,90	$2,6 \times 10^{-7}$
150	149,00	24,50	6,60	3022,00	27,90	$3,3 \times 10^{-7}$
200	202,00	34,96	5,70	3040,00	7,80	$2,2 \times 10^{-8}$
Ponto 3						
PROF.	H (CM)	TI (SEG)	MI (CM)	TF (SEG)	MF (CM)	K (M/S)
50	52,40	0,00	5,80	2100,00	40,00	$3,9 \times 10^{-6}$
50	52,40	0,00	5,80	3015,00	48,80	$5,3 \times 10^{-6}$
100	108,50	11,00	6,60	3033,00	12,70	$1,2 \times 10^{-7}$
150	150,40	22,00	6,40	3052,00	27,80	$3,3 \times 10^{-7}$
200	205,90	32,21	5,90	3070,00	9,40	$3,6 \times 10^{-8}$
Ponto 4						
PROF.	H (CM)	TI (SEG)	MI (CM)	TF (SEG)	MF (CM)	K (M/S)
50	57,50	0,00	3,20	3000,00	23,80	$9,9 \times 10^{-7}$
100	111,30	13,00	6,60	3013,00	7,70	$2,2 \times 10^{-8}$
150	151,50	21,00	6,20	3033,00	16,80	$1,5 \times 10^{-7}$
200	206,00	32,00	6,10	3045,00	8,20	$2,1 \times 10^{-8}$
Ponto 5						
PROF.	H (CM)	TI (SEG)	MI (CM)	TF (SEG)	MF (CM)	K (M/S)
50	55,00	0,00	6,10	3000,00	18,10	$5,8 \times 10^{-7}$
100	108,50	11,00	5,60	3026,00	36,50	$7,4 \times 10^{-7}$
150	151,00	24,00	5,40	3044,00	11,60	$9,0 \times 10^{-8}$
200	205,50	42,00	6,80	3059,00	6,90	$1,0 \times 10^{-9}$



11.2 CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DA ZONA SATURADA

Para a determinação da condutividade hidráulica da zona saturada foram realizados ensaios do tipo *Slug Test* em 16 poços de monitoramento instalados por este projeto. Não foram utilizados poços existentes, uma vez que os perfis construtivo e descritivo dos poços não são conhecidos.

Para a elevação instantânea da coluna de água no poço não foi utilizada uma barra impermeável de volume conhecido (*slug* em inglês), mas um volume de água adicionado de forma rápida no interior da tubulação de revestimento/filtro.

Slug Tests - base teórica

De forma sucinta, este teste consiste na elevação do nível d'água de um poço seguida da observação das condições para recuperação do nível estático inicial. As técnicas incluem o lançamento de objetos ou certa quantidade de água, sempre de volume conhecido (Figura 55). A avaliação é feita pela interpretação de uma curva do tipo Rebaixamento *versus* Tempo, construída com medidas regulares de nível dinâmico, seja com medidores manuais de nível seja com transdutores de pressão acoplados a computadores.

Os dados de campo podem ser aplicados em diferentes equações matemáticas. Os principais métodos usados para tratamento dos dados de campo incluem: i) Bouwer e Rice; ii) Hvorslev; e iii) vazão (FIORI, 2010), descritos a seguir.

FIGURA 55 - ADIÇÃO DE ÁGUA AO POÇO A FIM DE ELEVAR O NÍVEL ESTÁTICO PARA AVERIGUAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE RECUPERAÇÃO



Método de Bouwer e Rice

Este método pode ser utilizado tanto para aquíferos livres quanto para aquíferos confinados, desde que a base da camada confinante esteja consideravelmente acima da seção de filtro do poço (FIORI, 2010). A componente radial da condutividade hidráulica (K_r) é obtida pela Eq. 5:

$$K_r = - \frac{r_c^2 \ln\left(\frac{R_e}{r_w}\right)}{2L_e} \frac{1}{t} \ln \frac{H_t}{H_0} \quad \text{Equação 5}$$

Onde (Figura 2):

r_c = raio do revestimento (m);

R_e = raio efetivo de dissipação da carga hidráulica (m);

r_w = raio efetivo do filtro ou raio de perfuração do poço (m);

L_e = comprimento da seção de filtro (m);

t = tempo (s);

H_0 = elevação no tempo $t = 0$ (m)

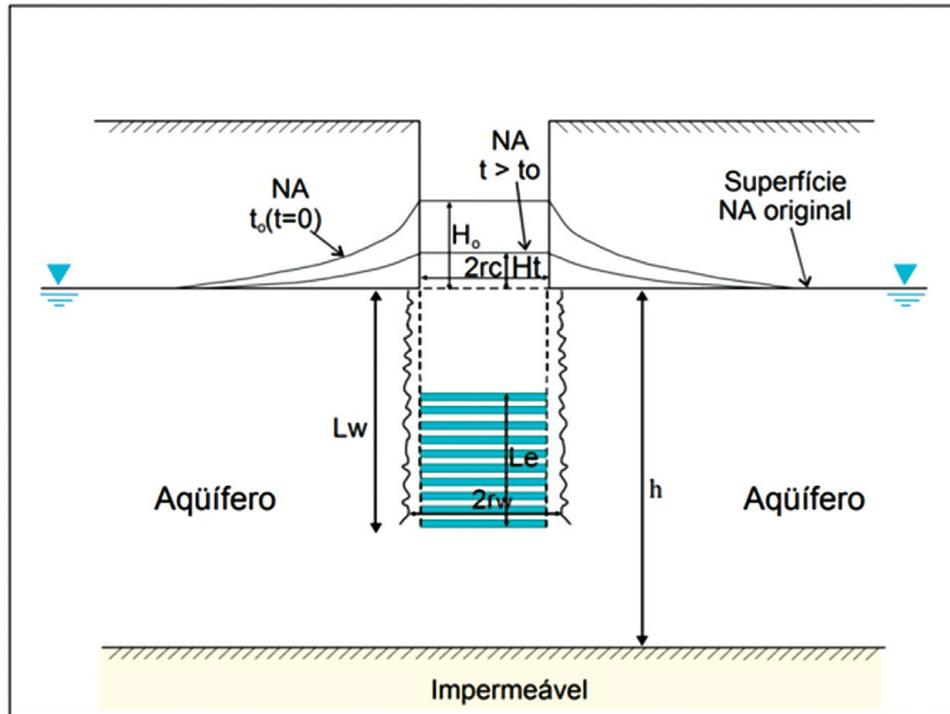
H_t = elevação no tempo $t = t$ (m)

A determinação de R_e não é trivial. Empiricamente, adotam-se valores de $3 \times r_w$, $5 \times r_w$ e $7 \times r_w$ (FIORI, 2010).

Segundo Fiori (2010), essa solução pressupõe que o aquífero é livre (ou semiconfinado com contribuição do aquífero), com extensão infinita, homogêneo, isotrópico e de espessura uniforme. Além disso, o lençol freático é horizontal antes do teste, e a mudança da carga hidráulica no início do teste é instantânea. Ainda, considera-se que a inércia da coluna d'água e as perdas não lineares são insignificantes; o poço é total ou parcialmente penetrante, e seu armazenamento não é desprezível. Finalmente, o fluxo para o poço está em um estado estacionário e não há fluxo acima do lençol freático. A Figura 37 ilustra os parâmetros e as condições de contorno deste método.



FIGURA 56 – ILUSTRAÇÃO ESQUEMÁTICA DO TESTE TIPO *SLUG* COM PARÂMETROS GEOMÉTRICOS UTILIZADOS NA ANÁLISE DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA PELO MÉTODO DE BOUWER E RICE (1976). POÇO PARCIALMENTE PENETRANTE



Fonte: PEDE (2004)

Método de Hvorslev

Segundo Fiori (2010), este método pode ser aplicado para aquíferos confinados e livres, homogêneos, isotrópicos, de espessura uniforme e baixo gradiente hidráulico. A condutividade hidráulica é obtida pela Eq. 6:

$$K_r = - \frac{r_c^2 \ln\left(\frac{L_e}{R}\right)}{2L_e T_L} \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

K_r = componente radial da condutividade hidráulica (m/s);

r_c = raio do revestimento (m);

L_e = comprimento da seção de filtro (m);

R = raio contínuo de interferência do poço de observação (m);

$T_L = \pi^2 / FK$, onde $FK = \pi^2 (dr/dt)$;

T_L = tempo para 37% de recuperação (s).

Este método pressupõe que o aquífero é semiconfinado, não drenante, com extensão lateral infinita, homogêneo, isotrópico e de espessura uniforme. Além disso, considera-se que o lençol freático é horizontal antes do teste, e a injeção ou retirada de água resulta em uma mudança instantânea no nível d'água. Assume-se que a inércia da coluna d'água e as perdas não lineares são insignificantes, e o poço é considerado de largura infinitesimal e totalmente ou parcialmente penetrante. Finalmente, o fluxo em direção distante do poço é horizontal (FIORI, 2010). Na prática, o fator R refere-se ao raio da perfuração r_w , em que o espaço anelar entre o tubo de revestimento e o furo é preenchido por pré-filtro.

Método da vazão

Segundo a "função da vazão", a condutividade hidráulica da zona saturada pode ser determinada pela Eq. 7:

$$K = Q/5.5*\Delta h*r \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:

K = condutividade hidráulica (m/s);

Q = vazão medida por meio do volume de água lançado e tempo de ensaio (m^3/s);

5.5 = constante empírica;

Δh = variação da carga hidráulica inicial e final do teste (m);

r = raio do revestimento do poço de observação (m).

Os valores obtidos pelo método da vazão são, em geral, superestimados. Sua aplicação restringe-se a casos em que as características construtivas de um poço são desconhecidas.

Slug Tests - resultados e interpretações

A Tabela 21 traz a base de dados gerada durante a realização dos ensaios, e o Apêndice 3, o comportamento da variação dos níveis durante a recuperação da carga hidráulica original. A decisão sobre que volumes de água seriam adicionados em cada poço foi baseada no perfil descritivo do poço (presença de areia, entradas d'água e vazão potencial) e na elevação do nível freático. O volume variou de 12 até 50 litros. O lançamento da água foi feito com uso de um funil que permitiu a introdução da água em no máximo 15 segundos.



TABELA 21 – DADOS BASE PARA A REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS HIDRÁULICOS TIPO *SLUG TEST* NOS POÇOS DE MONITORAMENTO INSTALADOS NO ÂMBITO DESTE PROJETO

POÇO	DATA	NE (M)	HORA INÍCIO	HORA FINAL	VOLUME (LITROS)	ASCENSÃO (M)	RECUPERAÇÃO
Lx 01	11/07/2020	4,735	11:50:00	12:01:00	30	1,70460	99,05%
Lx 02	11/07/2020	2,905	11:38:00	12:10:00	20	2,17416	100,17%
Lx 03A	04/08/2020	8,150	14:40:00	16:50:00	25	0,95600	99,42%
Lx 04	11/07/2020	1,690	10:40:00	11:21:00	12	1,14469	100,00%
Lx 04A	04/08/2020	1,170	16:12:00	16:40:00	10	1,01700	100,43%
Lx 05	11/07/2020	3,405	10:15:00	11:15:00	25	2,55510	98,68%
Lx 06	04/08/2020	6,170	12:00:00	13:16:00	30	2,73300	100,15%
Lx 07	11/07/2020	12,310	13:02:00	15:13:00	50	4,33050	98,46%
Lx 08	11/07/2020	13,665	13:28:00	18:48:00	50	4,59206	98,18%
Lx 09	11/07/2020	11,560	15:55:00	17:48:00	25	2,52410	99,53%
Lx 10	11/07/2020	8,670	16:31:00	18:32:00	30	2,50571	98,90%
Lx 12	12/07/2020	7,425	09:07:00	09:25:00	30	2,80141	100,00%
Lx 13	12/07/2020	7,750	08:22:00	08:37:00	30	2,34623	99,94%
Lx 14	04/08/2020	9,685	08:39:00	10:10:00	50	2,71000	98,99%
Lx 15	04/08/2020	8,200	10:25:00	13:40:00	25	3,45000	99,27%
Lx 19	11/07/2020	5,050	08:10:00	09:44:00	50	4,97860	94,26%

Os resultados conforme diferentes métodos são apresentados na Tabela 22. De acordo com esses resultados, os aquíferos locais podem ser subdivididos em dois conjuntos: i) condutividade hidráulica moderada (da ordem de 10^{-6} m/s) e ii) condutividade hidráulica baixa (da ordem de grandeza de 10^{-7} m/s). A classificação de moderada e baixa segue o critério de Freeze e Cherry (1979).

O método da vazão apresenta valores elevados, pois não utiliza nenhum dado construtivo dos poços. Por isso, neste trabalho optou-se por não utilizar esses resultados, inclusive porque os valores obtidos não são compatíveis com os tipos de aquíferos e materiais observados durante a perfuração e a instalação dos poços.



TABELA 22 – RESULTADOS DOS ENSAIOS HIDRÁULICOS PELOS MÉTODOS DA VAZÃO, HVORSLEV E BOUWER E RICE (VALORES EM M/S)

	FILTRO (M)	DURAÇÃO	TEMPO (S)	MÉTODO VAZÃO	HVORSLEV	BOUWER E RICE
Lx 01	8,0	00:09:56	596	1,06E-04	3,80E-06	2,95E-06
Lx 02	8,0	00:31:00	1860	1,77E-05	3,34E-06	2,60E-06
Lx 03A	6,0	02:09:37	7777	1,20E-05	3,87E-07	2,99E-07
Lx 04	8,0	00:41:00	2460	1,53E-05	2,50E-06	1,94E-06
Lx 04A	6,0	00:27:51	1671	2,11E-05	4,05E-06	3,13E-06
Lx 05	8,0	00:59:58	3598	9,73E-06	9,04E-07	7,02E-07
Lx 06	18,0	01:14:03	4443	8,84E-06	4,08E-07	3,25E-07
Lx 07	6,0	02:09:45	7785	5,31E-06	3,26E-07	2,52E-07
Lx 08	6,0	05:18:57	19137	2,04E-06	1,40E-07	1,08E-07
Lx 09	6,0	01:52:01	6721	5,27E-06	5,00E-07	3,87E-07
Lx 10	8,0	01:58:57	7137	6,00E-06	3,34E-07	2,59E-07
Lx 12	6,0	00:16:15	975	3,93E-05	6,65E-06	5,14E-06
Lx 13	6,0	00:14:18	858	5,33E-05	6,59E-06	5,10E-06
Lx 14	8,0	01:31:38	5498	1,20E-05	5,04E-07	3,92E-07
Lx 15	6,0	03:13:43	11623	3,92E-06	2,35E-07	1,81E-07
Lx 19	6,0	01:33:13	5593	6,43E-06	4,65E-07	3,60E-07

Os resultados obtidos pelos métodos de Hvorslev e Bouwer e Rice apresentaram conclusões na mesma ordem de grandeza, resultando o primeiro em valores ligeiramente mais elevados. Desse modo, a média desses resultados deverá ser utilizada para alimentar os modelos hidráulicos para previsão do tempo de trânsito da pluma.

11.3 GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA

Até o início do desenvolvimento deste projeto a geologia de toda a área pesquisada era interpretada como associada à Formação Ribeirão do Torto do Grupo Paranoá, de idade mesoproterozoica (com deposição há cerca de 1 bilhão de anos) (CAMPOS, 2012). Esse cenário do conhecimento geológico da área é associado à restrição de exposição rochosa e à inexistência de poços tubulares profundos (em função da própria contaminação potencial dos aquíferos).

Todavia, com o desenvolvimento dos estudos atuais, principalmente com a construção dos poços de monitoramento e a descrição detalhada das amostras de calha, para a composição do perfil pedo-geológico foi possível atualizar o mapa geológico da região do Lixão da Estrutural e áreas adjacentes.

Na descrição dos poços LX 3A, LX 11, LX 12 e LX 13 é possível observar os seguintes materiais: siltito friável amarelado, areia média a grossa com grãos arredondados, quartzito grosso a muito grosso, silicificado, pouco fraturado e intercalações de quartzitos e metassiltitos acinzentados. Esses materiais correspondem ao topo da Formação Ribeirão Piçarrão, que aflora em inúmeras “janelas estruturais” na porção central da Depressão do Paranoá, como, por exemplo, na região da Granja do Torto, na porção elevada do Eixo Monumental, incluindo áreas dos setores Sudoeste, Memorial JK e Noroeste, na região do Núcleo Bandeirante.

No caso da região em estudo, duas janelas de ocorrência da Formação Ribeirão Piçarrão são observadas, sendo uma situada a oeste de maior dimensão, a qual foi confirmada durante a a perfuração dos poços



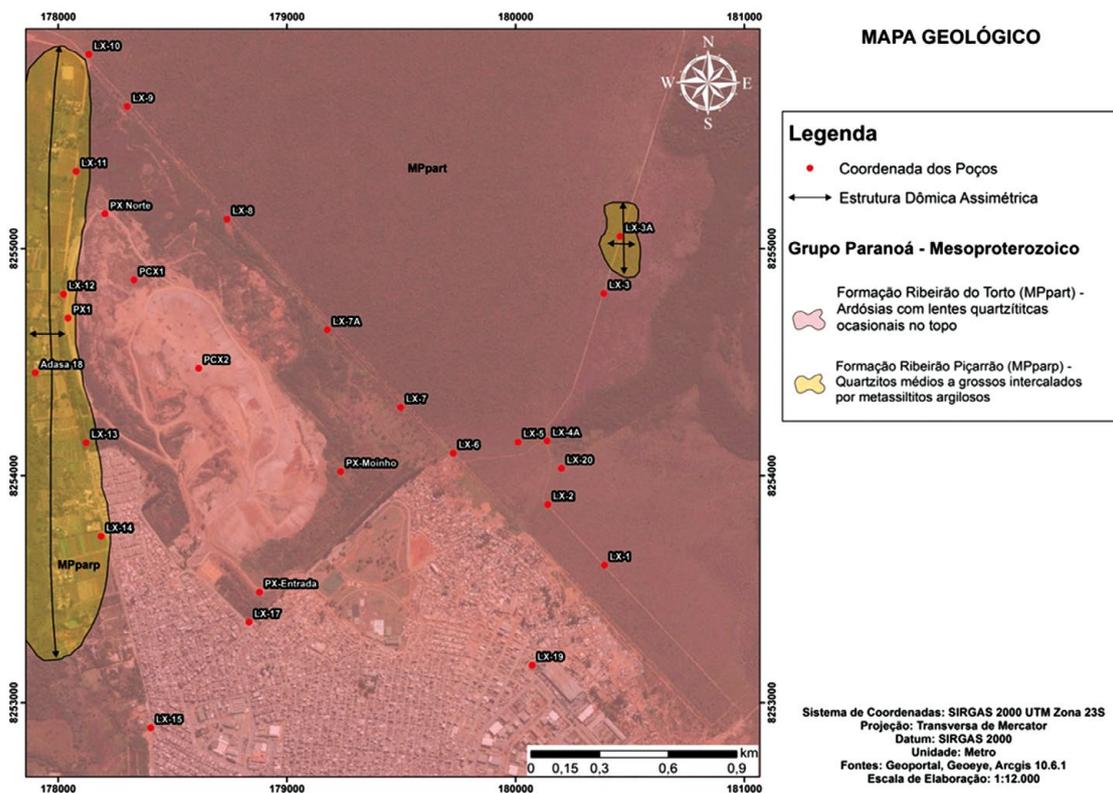
LX 11, LX 12, LX 13 e LX 14. Nesses casos, os quartzitos e os metassiltitos ocorrem imediatamente abaixo do perfil de solo. A perfuração do poço LX 3A permitiu verificar material siltoso e arenoso interpretado como vinculado ao topo da Formação Ribeirão Piçarrão. Nesse caso, a área de interpretação é menor, mas não se destaca a possibilidade de que seja maior. Essa interpretação também foi corroborada pelos resultados geofísicos, que mostram uma zona de baixa resistividade na base das seções LX-7 e LX-25, que podem ser interpretados pela presença de zona de maior circulação de águas com maior condutividade elétrica.

A perfuração do poço LX 6 foi interrompida a 52 metros de profundidade por ter interceptado uma camada de quartzito intensamente silicificada, atribuída à Formação Ribeirão Piçarrão não aflorante. Neste caso a estrutura é interpretada como uma anticlinal não exposta.

Com essa atualização do mapa geológico da região também será necessário atualizar o mapa hidrogeológico. Nesse sentido, a área de exposição da Formação Ribeirão Piçarrão é associada ao Subsistema **S/A** do Sistema Paranoá, e a área de ocorrência das ardósias da Formação Ribeirão do Torto é vinculada ao Subsistema **A** do Sistema Paranoá. As vazões médias dos poços nesses subsistemas aquíferos são da ordem de 12 m³/h no Subsistema **S/A** e de cerca de 4,0 m³/h no Subsistema **A** (CAMPOS; FREITAS-SILVA, 1998; CAMPOS; FREITAS-SILVA, 1999; CAMPOS, 2004).

O mapa geológico apresentado na Figura 57 foi baseado nos dados de subsuperfície obtidos durante a perfuração dos poços de monitoramento, uma vez que não existem exposições rochosas na área estudada.

FIGURA 57 – GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO, ELIMINADAS AS COBERTURAS DE SOLOS. MODIFICADO DE FREITAS-SILVA E CAMPOS (1998) COM BASE NOS DADOS DE PERFURAÇÕES PARA A INSTALAÇÃO DOS POÇOS DE MONITORAMENTO. SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS SIRGAS 2000, ZONA 23 (IMAGEM BASE OBTIDA DO SISTEMA GOOGLE EARTH, MAIO DE 2020)





12 CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

12.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS RESÍDUOS

A caracterização dos resíduos aterrados foi realizada com base nas análises gravimétricas *ex situ* e nas análises qualitativas. As análises gravimétricas foram desenvolvidas com base na adaptação da Norma Técnica Brasileira (ABNT/NBR 10007) (ABNT, 2004 - Amostragem de Resíduo Sólido), que geralmente é aplicada a resíduos recentemente trazidos aos aterros. No caso em estudo, tratam-se resíduos enterrados em intervalos de tempo variáveis de um até mais de 15 anos.

Os trabalhos de campo foram realizados entre os dias 3 e 12 de setembro de 2020 e incluíram as seguintes ações: visita prévia para determinação dos locais de amostragem, abertura de trincheiras com auxílio de retroescavadeira, separação manual dos materiais e disposição sobre lona plástica, pesagem em base úmida e em base seca (após pelo menos três dias de exposição do material), observação de taludes em áreas de resíduos expostos em aberturas de canaletas de drenagem ou em áreas de recém-deposição e tamponamento das trincheiras.

Assim, para a avaliação das características dos resíduos do Lixão da Estrutural foram desenvolvidas seis amostragens com abertura de trincheiras específicas para este fim (denominados GRA 01 a GRA 06), além de mais quatro pontos em que foram utilizados taludes já abertos para uma caracterização qualitativa dos resíduos (denominados GRQ 01 a GRQ 04). A localização e as dimensões das trincheiras e dos taludes são apresentadas na Tabela 23. Após a conclusão das análises, as trincheiras foram fechadas a fim de evitar acidentes. O material retirado ficou armazenado para possibilitar futuras observações.

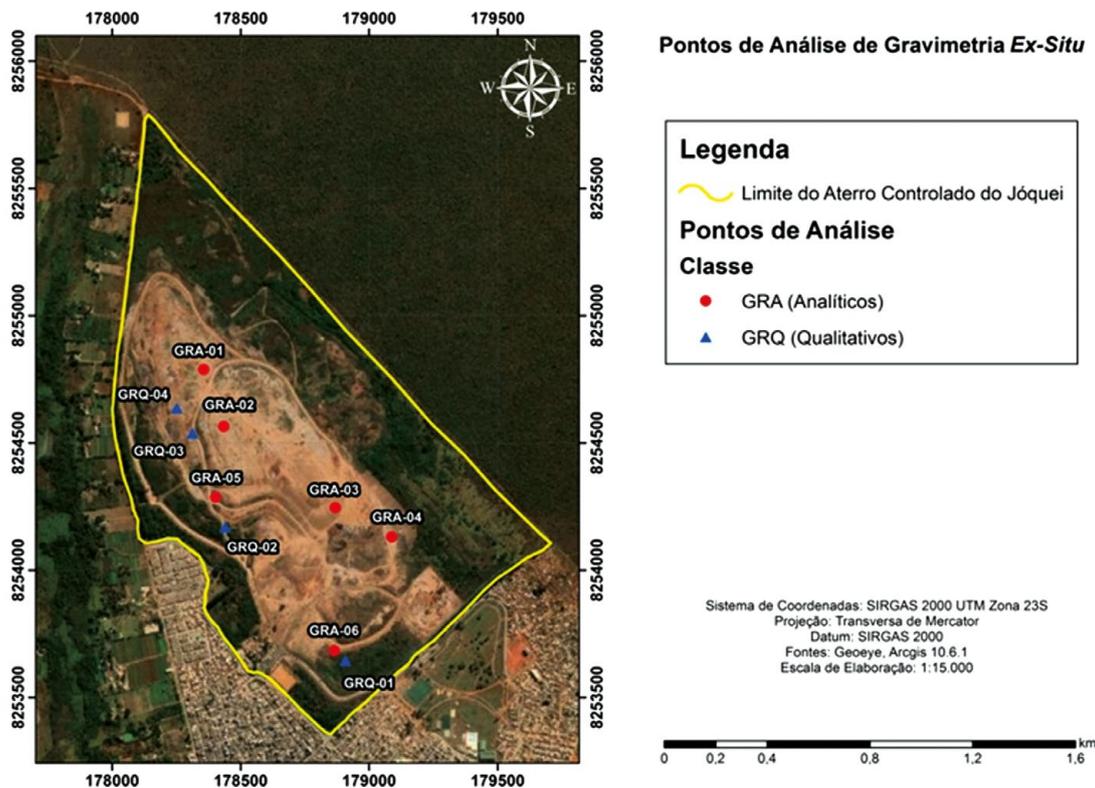
Dos seis pontos de amostragem, três estão situados na crista do maciço de lixo e representam materiais mais recentemente acumulados (fase URE de operação do Lixão), e os outros estão situados nas bordas e são mais antigos, representando a operação tradicional do Lixão da Estrutural (com acumulação de entulhos e lixo doméstico) (Figura 58).

TABELA 23 - LOCALIZAÇÃO E DIMENSÕES DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM. GRA REPRESENTAM TRINCHEIRAS E GRQ REPRESENTAM TALUDES. COORDENADAS OBTIDAS COM GPS DE CAMPO NO SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS SIRGAS 2000

PONTO	COORDENADA X	COORDENADA Y	ELEVAÇÃO (M)	DIMENSÕES (M)
GRA - 01	0821303	8254793	1149	3,60 x 2,40 x 2,00
GRA - 02	0821374	8254567	1156	4,00 x 2,10 x 1,70
GRA - 03	0178868	8254245	1153	3,60 x 2,40 x 2,10
GRA - 04	0179088	8254131	1136	3,90 x 2,40 x 2,30
GRA - 05	0821335	8254290	1145	3,60 x 2,40 x 2,40
GRA - 06	0178864	8253683	1131	3,30 x 2,10 x 2,00
GRQ - 01	0178907	8253643	1128	3,50 x 1,00
GRQ - 02	0821368	8254171	1137	2,00 x 2,00
GRQ - 03	0821252	8254544	1151	3,00 x 5,00
GRQ - 04	0821193	8254644	1155	3,00 x 4,00



FIGURA 58 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM PARA ANÁLISES GRAVIMÉTRICAS (GRA) E DE OBSERVAÇÃO QUALITATIVA EM TALUDES EXISTENTES E EM ÁREA DE DEPOSIÇÃO ATUAL DE RESÍDUOS (GRQ). SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS SIRGAS 2000, ZONA 23 (IMAGEM BASE OBTIDA DO SISTEMA *GOOGLE EARTH*, MAIO DE 2020)



Antes de se iniciar a separação dos materiais para medição da massa de cada classe foi realizada uma descrição geral com discriminação de tipos e porcentagens de cada tipo. A verificação da porcentagem foi feita de forma visual, considerando a observação durante a abertura da trincheira e a pilha formada com o material retirado.

O material retirado das pilhas de rejeitos já homogeneizadas foi depositado sobre lonas plásticas com auxílio de baldes plásticos de 30 litros de capacidade, sendo que a separação foi realizada de forma manual. Após a retirada de cada amostra foram anotados os volumes e as massas. A pesagem foi feita com auxílio de balança digital com precisão de 10 g.

Para não gerar tendências artificiais ou vieses nas medidas, o material era organizado no interior dos baldes de forma similar à observada no maciço do aterro, mantendo as mesmas distâncias entre os elementos. Essa ação visava a minimizar a compactação do material no interior do balde e a superestimar as densidades obtidas após as operações com os dados de medidas de massa e de volume. De qualquer modo, é importante entender que se trata de análises com amostras homogeneizadas e perturbadas, e não de amostras indeformadas, e dessa forma as densidades obtidas devem ser consideradas referência, mesmo porque não há viabilidade para retirada de amostras indeformadas de maciços de rejeitos tão heterogêneos e com diferentes dimensões dos materiais acumulados.

As Figuras 59 a 62 ilustram o desenvolvimento dos trabalhos de campo desde a abertura das trincheiras até a separação dos materiais e sucessivas pesagens, além de materiais utilizados durante as operações em campo.

O Anexo 2 traz o relatório específico das análises gravimétricas *ex situ*, no qual é possível verificar detalhes dos trabalhos de campo, bem como um maior número de ilustrações dos materiais retirados das trincheiras.

FIGURA 59 – ABERTURA DA TRINCHEIRA GRA – 06 COM A RETIRADA E A HOMOGENEIZAÇÃO DOS RESÍDUOS. DETALHE PARA O TECIDO GEOTÊXTIL RETIRADO



FIGURA 60 – BALDES DE 30 LITROS DE CAPACIDADE UTILIZADOS NAS OPERAÇÕES DE MEDIÇÃO DA MASSA DOS REJEITOS



FIGURA 61 – DETALHE DA OPERAÇÃO DE PESAGEM COM AUXÍLIO DE CORDA E BALANÇA DIGITAL



FIGURA 62 – EXEMPLO DE MATERIAL JÁ RETIRADO E CLASSIFICADO SEGUNDO SUA NATUREZA (PLÁSTICO, MADEIRA, CONCRETO E TERRA)



Durante os trabalhos foram identificados resíduos dos seguintes materiais:

- terra: material que compõe a matriz dos rejeitos, com natureza variável (argilosa, arenosa, contaminada com outros resíduos), é comumente rica em matéria orgânica decomposta e apresenta tonalidade escura quando úmida, com tendência de clareamento quando o material é secado ao sol (Figura 63);



- madeira: pode ser representada por restos de obra (tábuas e tarugos) (Figura 64) ou por madeira de podas de árvores (com diferentes dimensões, desde gravetos até troncos mais grossos);

FIGURA 63 – EXEMPLO DE TERRA OBTIDA DO INTERIOR DA TRINCHEIRA. OBSERVAR O ASPECTO HETEROGÊNEO E CONTAMINADO DO MATERIAL, QUE INCLUI PEQUENOS FRAGMENTOS DE VIDRO, MADEIRA E ROCHA



FIGURA 64 – MADEIRA RETIRADA DA ESCAVAÇÃO DA AMOSTRA GRA - 04. PREDOMINÂNCIA DE MADEIRA UTILIZADA EM OBRAS (TÁBUAS E TARUGOS)



- metais: compostos por ferro (vergalhões no interior de blocos de concreto), alumínio e latas, sempre apresentam aspecto fragmentário e retorcido (Figura 65);
- tecido: apresenta natureza muito diversa, podendo ser de algodão, sintético ou ainda tecido geotêxtil (tipo bidin, Figura 66);
- entulhos de obras: são restos de construções em que se destacam blocos de concreto, fragmentos de azulejos e outros revestimentos, pedras de revestimento (Figura 67);

FIGURA 65 – EXEMPLOS DE MATERIAL METÁLICO OBTIDO DA AMOSTRA GRA – 02. PRESENÇA COMUM DE VERGALHÕES, ALÉM DE LATAS E OUTROS FRAGMENTOS



FIGURA 66 – MATERIAL CLASSIFICADO COMO TECIDO (AMOSTRA GRA – 02). NA MÉDIA ESTA CLASSE DE RESÍDUOS INCLUI PANO DE ALGODÃO, TECIDOS SINTÉTICOS E BIDIN



FIGURA 67 – ENTULHO DE OBRA (TAMBÉM CLASSIFICADO COMO CONCRETO OU ESCOMBRO), COMPOSTO POR BLOCOS DE CONCRETO, REVESTIMENTOS DE PISO E PAREDES E FRAGMENTOS DE ROCHA DE CANTARIA



- vidro: representado por garrafas (inteiras ou quebradas, Figura 68) e outros fragmentos do tipo vidro laminado;
- plástico: representado por sacos (utilizados para acomodação do resíduo orgânico), fragmentos de artefatos de natureza variada (brinquedos infantis, peças de veículos, materiais de construção e outros). Apresenta cores variadas e diferentes graus de preservação e decomposição (Figura 69);
- papel/papelão: apenas observado em resíduos mais jovens, é representado por embalagens, livros, cadernos e outros (Figura 70).

FIGURA 68 – RESÍDUOS CLASSIFICADOS COMO VIDRO, REPRESENTADO POR GARRAFAS INTEIRAS OU FRAGMENTOS DE VIDROS DE DIFERENTES CORES



FIGURA 69 – EXEMPLO DE PLÁSTICO OBTIDO DA AMOSTRAGEM NO PONTO GRA – 02. OBSERVAR A DIVERSIDADE DE ORIGEM DOS MATERIAIS



FIGURA 70 – EXEMPLO DE PAPEL OBTIDO DA ESCAVAÇÃO DA AMOSTRA GRA – 02. ESTE TIPO DE MATERIAL NÃO É COMUM, SENDO ENCONTRADO APENAS EM ATERRO RECENTE. NAS AMOSTRAS DE RESÍDUOS ANTIGOS ESTA CLASSE DE MATERIAL JÁ FOI TOTALMENTE DECOMPOSTA EM CONJUNTO COM A PORÇÃO ORGÂNICA



Um aspecto marcante é a ausência de matéria orgânica, que compõe grande parte dos resíduos de origem doméstica. Esse fato é determinado pela rápida decomposição dessa fração dos resíduos, que se transforma em uma massa de cor preta com forte odor de putrefação. Em alguns casos é possível observar esse material com elevada umidade dentro dos sacos plásticos utilizados para transporte desses resíduos até o Lixão.

Ainda com relação às feições físicas dos resíduos, a observação de campo indica que o odor fétido é marcante no momento da abertura das trincheiras. Após alguns dias de exposição, tanto o material retirado quanto a trincheira aberta apresentam diminuição do cheiro.

A heterogeneidade dos resíduos é facilmente caracterizada pela observação das trincheiras e dos taludes, e a composição dos resíduos não se repete em nenhum local de análise, bem como suas proporções. O lixo mais antigo apresenta maior conteúdo de madeira e matéria orgânica decomposta, enquanto nos resíduos mais jovens predominam resíduos inertes, como terra e restos de obras. Essa observação inclusive pode ser aplicada para os resíduos mais recentemente acumulados, que mudam lateralmente para cada caminhão ou caçamba nos quais são depositados (Figura 71).

FIGURA 71 – RESÍDUO DEPOSITADO ENTRE OS DIAS 8 E 10 DE SETEMBRO DE 2020. NO EXTREMO ESQUERDO DA IMAGEM PREDOMINAM MATERIAIS PLÁSTICOS, NA PORÇÃO CENTRAL HÁ PREDOMINÂNCIA DE ESCOMBROS DE OBRAS, E NA PARTE ESQUERDA OCORRE EXCLUSIVAMENTE MATERIAL VEGETAL DE PODAS DE ÁRVORES. PILHA COM MÉDIA DE 2 METROS DE ELEVAÇÃO



A descrição geral de cada trincheira indica as seguintes condições:

- GRA – 01: ampla predominância de blocos de concreto, com ocorrência de madeira e muito solo na matriz, além de plástico e metais de forma subordinada (um pneu também foi recuperado);
- GRA – 02: resíduos diversificados com restrita contribuição orgânica, sendo a maior parte lixo seco com contribuição de madeira, papel, plástico, pouco vidro, tecido, blocos de concreto e muito solo na matriz;
- GRA – 03: ampla predominância de madeira de poda de árvores (inclusive folhas e gravetos), com restos de obras (concreto, azulejo, fragmentos de mármore) e terra na matriz, além de pouco plástico, vidro e metais;
- GRA – 04: lixo bastante diversificado com predominância de terra na matriz, com madeira, escombros de obras, vidro, plástico e metal;
- GRA – 05: resíduo com predominância de terra, plástico e ainda lixo orgânico em decomposição com forte odor de matéria orgânica em decomposição. Ainda se observam fragmentos de madei-



ra, restos de obra (blocos de concreto), ferro (observado como vergalhões em blocos de concreto maiores);

- GRA - 06: lixo antigo bastante diversificado, com muito plástico, matéria orgânica já decomposta e menores proporções de escombros de obras, e terra muito contaminada, compondo a matriz. Neste ponto destaca-se um grande rolo de tecido geotêxtil do tipo bidin (representado por vários metros deste material).

As Tabelas 24 a 29 trazem os resultados das medidas de volume e massa em cada ponto de observação, bem como as densidades em bases úmida e seca. A medição do material para determinação da base seca foi realizada após pelo menos dois dias de secagem natural das pilhas preservadas sobre lona plástica.

TABELA 24 – MATERIAL RECUPERADO NO PONTO DE AMOSTRAGEM GRA - 01 E RESPECTIVAS MEDIDAS DE VOLUME E MASSA E DENSIDADES (MÉDIA SIMPLES) EM BASES ÚMIDA E SECA

GRA-01	MADEIRA	PLÁSTICO	CONCRETO	TERRA	PNEU	TOTAL OU MÉDIA
Porcentagem	12%	3%	50%	35%	-	T = 100%
Volume (m ³)	0,095	0,03	0,094	0,06	0,03	T = 0,309
Peso em base úmida (kg)	37,450	3,145	121,100	67,82	9,140	T = 238,655
Densidade em base úmida (g/cm ³)	0,3942	0,1048	1,2882	1,1303	0,3046	M = 0,7723
Densidade em base seca (g/cm ³)	0,3275	0,1048	1,2882	0,9556	0,3046	M = 0,5961

TABELA 25 – MATERIAL DISCRIMINADO NO PONTO DE AMOSTRAGEM GRA - 02 E RESPECTIVAS MEDIDAS DE VOLUME, MASSA E DENSIDADES MÉDIAS EM BASES ÚMIDA E SECA

GRA-02	MADEIRA	PLÁSTICO	CONCRETO	TERRA	TECIDO	PAPEL	TOTAL OU MÉDIA
Porcentagem	10%	7%	25%	50%	4%	4%	T = 100%
Volume (m ³)	0,065	0,05	0,08	0,06	0,04	0,03	T = 0,315
Peso em base úmida (kg)	21,860	3,490	92,370	76,480	6,460	4,305	T = 204,965
Densidade em base úmida (g/cm ³)	0,3363	0,0698	1,1546	1,2756	0,16	0,1435	M = 0,6506
Densidade em base seca (g/cm ³)	0,3128	0,0698	1,1546	1,1864	0,1488	0,1334	M = 0,500

TABELA 26 – MATERIAL OBTIDO DO PONTO DE AMOSTRAGEM GRA - 03 E RESPECTIVAS MEDIDAS DE VOLUME E MASSA E DENSIDADES (MÉDIAS) EM BASES ÚMIDA E SECA

GRA-03	MADEIRA	PLÁSTICO + PAPEL	CONCRETO	TERRA	FOLHA	METAIS	VIDRO	TECIDO	TOTAL OU MÉDIA
Porcentagem	35%	5%	20%	30%	6%	1,5%	-	2,5%	T = 100%
Volume (m ³)	0,12	0,03	0,06	0,04	0,045	0,015	0,01	0,052	T = 0,401
Peso em base úmida (kg)	47,770	3,345	76,630	44,830	6,320	7,490	0,175	8,155	T = 194,715
Densidade em base úmida (g/cm ³)	0,3980	0,1115	1,2771	1,1207	0,4213	0,4993	0,0175	0,1568	M = 0,4842
Densidade em base seca (g/cm ³)	0,3699	0,1115	1,2771	1,0416	0,080	0,4993	0,0175	0,147	M = 0,4429



TABELA 27 – MATERIAL RESGATADO NO PONTO DE AMOSTRAGEM GRA – 04 E RESPECTIVAS MEDIDAS DE VOLUME, MASSA E DENSIDADES EM BASES ÚMIDA E SECA

GRA-04	MADEIRA	PLÁSTICO	CONCRETO	TERRA	TECIDO	VIDRO	TOTAL OU MÉDIA
Porcentagem	15%	4%	25%	50%	4%	2%	T = 100%
Volume (m ³)	0,14	0,05	0,075	0,06	0,05	0,008	T = 0,383
Peso em base úmida (kg)	43,220	4,500	103,050	70,310	7,355	5,740	T = 234,17
Densidade em base úmida (g/cm ³)	0,3087	0,09	1,3740	1,1718	0,1471	0,7175	M = 0,6348
Densidade em base seca (g/cm ³)	0,2613	0,09	1,3740	1,1386	0,0943	0,7175	M = 0,6126

TABELA 28 – MATERIAL OBTIDO NO PONTO DE AMOSTRAGEM GRA – 05 E RESPECTIVAS MEDIDAS DE VOLUME, MASSA E DENSIDADES EM BASES ÚMIDA E SECA

GRA-05	MADEIRA	PLÁSTICO	CONCRETO	TERRA	TOTAL OU MÉDIA
Porcentagem	22%	10%	18%	50%	T = 100%
Volume (m ³)	0,075	0,06	0,064	0,09	T = 0,289
Peso em base úmida (kg)	25,970	9,440	82,770	125,150	T = 243,33
Densidade em base úmida (g/cm ³)	0,3462	0,1573	1,2932	1,3905	M = 0,8419
Densidade em base seca (g/cm ³)	0,2568	0,1573	1,2932	1,1836	M = 0,7227

TABELA 29 – MATERIAL ACUMULADO NO PONTO DE AMOSTRAGEM GRA – 06 E RESPECTIVAS MEDIDAS DE VOLUME E MASSA E DENSIDADES EM BASES ÚMIDA E SECA

GRA-06	MADEIRA	PLÁSTICO	CONCRETO	TERRA	TECIDO	TOTAL OU MÉDIA
Porcentagem	10%	7,5%	10%	60%	12,5%	T = 100%
Volume (m ³)	0,05	0,12	0,075	0,03	0,12	T = 0,395
Peso em base úmida (kg)	20,170	12,220	93,410	38,810	11,210	T = 175,82
Densidade em base úmida (g/cm ³)	0,4034	0,1018	1,2454	1,2936	0,0934	M = 0,6275
Densidade em base seca (g/cm ³)	0,3189	0,1018	1,2454	1,1313	0,08	M = 0,5748

Os valores obtidos das análises gravimétricas mostram que há diminuição da densidade dos materiais, considerando suas bases úmida e seca, sendo tal comportamento já esperado, uma vez que com a perda da água os materiais se tornam mais leves.

Materiais que absorvem pouca ou nenhuma água não tiveram sua medição de massa replicada após a secagem, pois se verificou que a diminuição era mínima ou imperceptível com a balança digital utilizada (além do erro da medida ainda existem incertezas na determinação dos volumes).

A Tabela 30 mostra os percentuais médios e as densidades médias das seis amostras estudadas.

TABELA 30 – MÉDIAS DOS PERCENTUAIS E DAS DENSIDADES DOS MATERIAIS PARA OS SEIS PONTOS DE AMOSTRAGEM

MATERIAIS	% MÉDIO	DENSIDADE MÉDIA
Madeira	17,333	0,3644
Plástico	4,416	0,1058
Concreto	24,666	1,2720
Terra	45,833	1,2302
Tecido	5,75	0,1393
Metal + vidro + papel + pneu	2,0	1,1084



Terra e concreto são os materiais mais abundantes na massa aterrada, correspondendo a pouco mais de 70% do volume acumulado. Em seguida destacam-se resíduos de madeira, com 17% da massa de rejeitos. Tecido e plástico completam os volumes com conteúdo significativo, respectivamente com 5,75% e 4,42%. Outros materiais identificados correspondem a 2% da massa do aterro, sendo representados por metal, vidro, papel e pneu.

A análise global resulta em uma densidade média ponderada pelo volume de $0,9756 \text{ g/cm}^3$. A densidade global a seco próxima a 1 g/cm^3 é devida à grande porosidade resultante no interior do maciço. Mesmo considerando a grande quantidade de blocos de concreto e terra presente na massa de resíduos, os vazios no interior são responsáveis pela redução da densidade média.

12.2 QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS ACUMULADOS

A estimativa do conteúdo de materiais acumulados no aterro foi feita utilizando-se um método direto, isto é, o volume foi obtido pelo produto da área vezes a altura da pilha de rejeitos, e a massa, pelo produto do volume pela densidade média ponderada (pelos volumes individuais obtidos das análises gravimétricas *ex situ*).

Como o maciço de rejeitos não é representado por uma figura geométrica regular, mas apresenta diferentes elevações com patamares e bermas (ou rampas), optou-se por seccioná-lo em fatias com 6,75 metros de elevação, correspondendo o volume total à soma das diferentes fatias empilhadas.

Como não existe um levantamento topográfico recente e confiável, optou-se pela confecção de um modelo digital de elevação a partir de pontos cotados com GPS dotado de barômetro, que permite uma precisão de 50 cm (desde que sua recepção ocorra simultaneamente com o maior número possível de satélites). Assim, foram utilizados 59 pontos com coordenadas UTM e cotas. Esses dados foram cotejados com os pontos cotados obtidos de mapas com grande escala para se ter maior confiabilidade nos resultados do modelo de elevação resultante.

É importante salientar que como a URE está plenamente ativa, os levantamentos altimétricos, mesmo com auxílio de drones, são rapidamente ultrapassados, pois os volumes diariamente acumulados modificam as superfícies de forma muito rápida. Outro aspecto relevante é a determinação da superfície de base, uma vez que não há informações sobre a época do início da acumulação dos rejeitos da área: se estes foram acumulados diretamente na superfície natural do terreno ou se foram abertas trincheiras e qual a profundidade destas.

De qualquer modo, praticamente toda a área do antigo Lixão da Estrutural (mesmo em parte da “área embargada”) apresenta registro de acumulação de algum tipo de aterro. Assim, a área de acumulação considerada foi limitada ao sul pela Cidade Estrutural, limitada a leste/sudeste pela rodovia de acesso à ocupação denominada de “26 de Setembro” e limitada a oeste pela área embargada (300 metros a leste da cerca limítrofe do Parque Nacional de Brasília).

A Figura 72 mostra o modelo digital de elevação a partir dos pontos de controle de campo e dos dados topográficos disponíveis, e a Tabela 31 traz os dados dos pontos de controle obtidos em campo com GPS barométrico.



FIGURA 72 – MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO (MDE) DO ANTIGO LIXÃO DA ESTRUTURAL, ATUAL UNIDADE DE RECEBIMENTO DE ENTULHOS DA ESTRUTURAL. SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS SIRGAS 2000, ZONA 23 (IMAGEM BASE OBTIDA DO SISTEMA GOOGLE EARTH, MAIO DE 2020)

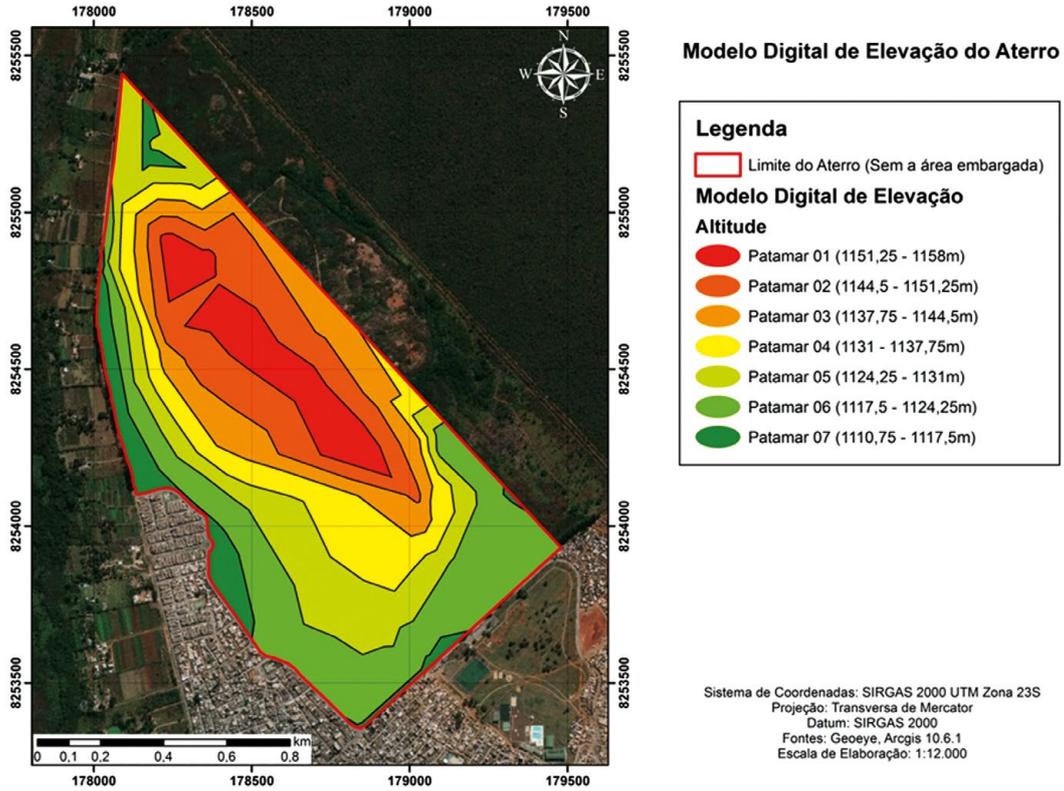


Tabela 31 – Localização por coordenadas UTM e altitude de pontos de controle para a determinação do Modelo Digital de Elevação da área da Unidade de Recebimento de Entulhos (URE) da Estrutural. Coordenadas obtidas com auxílio de GPS portátil de campo. Base de georreferenciamento Sirgas 2000, Zona 23

PONTO	COORDENADA X	COORDENADA Y	ELEVAÇÃO
PC-01	179088	8254137	1135
PC-02	179069	8254151	1137
PC-03	179030	8254276	1138
PC-04	179032	8254230	1139
PC-05	178909	8254418	1141
PC-06	178744	8254635	1142
PC-07	821456	8254839	1147
PC-08	821456	8255094	1139
PC-09	821045	8255039	1131
PC-10	820994	8254860	1125
PC-11	821038	8254449	1120
PC-12	821076	8254462	1125
PC-13	821154	8254498	1137
PC-14	821165	8254221	1121
PC-15	821410	8254054	1124

PONTO	COORDENADA X	COORDENADA Y	ELEVAÇÃO
PC-16	821320	8254264	1138
PC-17	821260	8254531	1147
PC-18	821157	8254555	1139
PC-19	821182	8254628	1150
PC-20	821409	8254230	1139
PC-21	178767	8254098	1135
PC-22	178731	8253762	1128
PC-23	178863	8253683	1127
PC-24	178974	8253533	1121
PC-25	178911	8253738	1129
PC-26	178949	8253793	1131
PC-27	178997	8253923	1135
PC-28	179054	8253940	1135
PC-29	821343	8254785	1151
PC-30	821310	8254873	1152
PC-31	821181	8254921	1154
PC-32	821338	8254681	1154
PC-33	821458	8254567	1155
PC-34	178684	8254449	1155
PC-35	178846	8254233	1158
PC-36	179025	8254098	1146
PC-37	179046	8254014	1140
PC-38	179137	8253890	1124
PC-39	179280	8254095	1118
PC-40	179094	8254243	1122
PC-41	179094	8254291	1122
PC-42	179440	8253891	1122
PC-43	179082	8253551	1115
PC-44	178830	8253350	1117
PC-45	178569	8253585	1119
PC-46	821131	8255177	1122
PC-47	821143	8255223	1125
PC-48	821124	8255250	1123
PC-49	821152	8255280	1123
PC-50	821194	8255226	1126
PC-51	821290	8253967	1114
PC-52	821063	8254112	1109
PC-53	820970	8254810	1115
PC-54	821042	8255856	1125
PC-55	821104	8255633	1127
PC-56	821288	8255140	1125
PC-57	178761	8255140	1125
PC-58	179425	8254418	1115
PC-59	179724	8254105	1104



O cálculo do volume total do aterro foi realizado com auxílio do *Software Arcgis 10.6.1*, em que os 59 pontos cotados por GPS barométrico foram espacializados e interpolados por meio da ferramenta *TIN* (Triangular Irregular Network), gerando o Modelo Digital de Elevação (MDE). Com base nesse modelo, o aterro foi seccionado em patamares topográficos semelhantes a fatias topográficas, e cada patamar teve seu volume medido (volume = área x altura). Com os dados do volume e da densidade média dos resíduos foi possível estimar com aproximação a quantidade atual em toneladas de material acumulado no aterro. É importante ressaltar que para essa estimativa as rampas dos taludes não foram levadas em consideração, tendo em vista que as diferenças de altitude obtidas entre os patamares pelo modelo representam a variação em uma superfície totalmente vertical.

Para a caracterização adequada do volume total dos resíduos foram desconsiderados tanto o Patamar 07, que representa a topografia natural do terreno antes do início do aterro, como uma porção nordeste da área. Essa área, que fica a cerca de 300 metros do limite do Parque Nacional de Brasília, foi embargada e teve o material acumulado retirado.

Com base nos dados produzidos pode-se afirmar que a maior elevação da pilha de resíduos é de 40,5 metros, o que é corroborado por outros dados disponíveis de poços estratigráficos e de estudos geofísicos (Tabela 32). Contudo, a área ocupada por essa elevação máxima é restrita apenas à crista do maciço de resíduos, sendo a elevação média de cerca de 20 metros.

TABELA 32 – VOLUME OCUPADO POR CADA PATAMAR DERIVADO DO MDE

PATAMAR	ÁREA (M ²)	ALTURA (M)	VOLUME (M ³)
01	128.911,50	6,75	799.251,30
02	353.243,00	6,75	2.384.390,25
03	465.866,00	6,75	3.144.595,50
04	733.765,00	6,75	4.952.913,75
05	992.947,00	6,75	6.702.392,25
06	1.321.640,00	6,75	8.921.070,00
Total			26.904.613,05

O volume da pilha de rejeito obtido pelo método adotado foi de **26.904.613,05 m³**, o que resulta em uma massa de resíduos *in situ* de **26.248.140 toneladas**, considerando a densidade média de **0,9756 g/cm³** (obtida das análises gravimétricas) (Tabela 33).

TABELA 33 – SÍNTESE DOS RESULTADOS DE VOLUME E MASSA DE RESÍDUOS CONTIDOS NO LIXÃO DA ESTRUTURAL

VOLUME - PATAMARES 1 A 6 (M ³)	DENSIDADE (G/CM ³)	TOTAL (TONELADAS)
26.904.613,05	0,9756	26.248.140,49





13 EXPERIÊNCIAS DE PRÁTICAS PARA REMEDIAÇÃO DE LIXÕES

Este item tem como objetivo apresentar tecnologias aplicadas à remediação ou mitigação de impactos gerados por deposição inadequada de resíduos sólidos urbanos classificados nas categorias de lixões ou aterros controlados.

A lista de técnicas enumerada a seguir e brevemente discutida é baseada na literatura, e sua aplicação é contextualizada ao caso específico do Lixão da Estrutural.

Os estudos e as análises de passivos ambientais devem acompanhar a seguinte metodologia:

- avaliação preliminar;
- investigação confirmatória;
- investigação detalhada;
- avaliação de risco;
- ações de remediação.

O Lixão da Estrutural pode ser considerado um caso atípico de um passivo/ativo ambiental com histórico de décadas sem bom registro da operação (que foi modificada ao longo do tempo) e que atualmente se encontra encravado entre uma unidade de conservação ambiental (o Parque Nacional de Brasília), uma área urbana consolidada (a Cidade Estrutural) e uma área de produção agrícola (pequenas propriedades de plantação de hortaliças).

Neste caso, pode-se considerar que a avaliação preliminar e a investigação confirmatória já estejam contempladas pelos diferentes estudos acadêmicos e de outras naturezas realizados na área (consultorias técnicas, avaliações em campo, análises econômicas, etc.). Esses estudos foram realizados desde o período que antecedeu a decisão de mudança da área de destinação dos resíduos sólidos do Distrito Federal no ano de 2018, além de considerar que os principais impactos ao meio físico gerados pelo Lixão da Estrutural são contaminação das águas subterrâneas e poluição atmosférica. Além desses dois complexos impactos relativos ao meio físico, também existem impactos relativos aos meios biótico e socioeconômico, os quais não estão contemplados nesta análise.

A investigação detalhada está em fase de realização (este projeto e o projeto CEB/Eletronorte/Finatec). Ainda resta concluir esta etapa, com o encerramento dos projetos citados e a complementação dos aspectos específicos pendentes (por exemplo, vazão dos gases de efeito estufa produzidos).

A avaliação de risco e a remediação devem ser iniciadas por etapas em função da disponibilidade de informações técnicas e de recursos financeiros. Dentre as principais técnicas desenvolvidas para a remediação das áreas contaminadas por diferentes fontes (aterros industriais, aterros de resíduos domésticos, hidrocarbonetos, cemitérios e outras) destacam-se:

- extração multifásica (*multi-phase-extraction* – MPE);
- extração de fases mistas (*dual-phase-extraction* – DPE);
- extração de vapores dos solos (*soil vapor extraction* – SVE);
- injeção de ar (*Air Sparging* – SPG);
- bombeamento e tratamento (*pump and treat*);
- instalação de barreira hidráulica;
- instalação de barreira reativa;
- oxidação química *in situ* (ISCO);
- redução química *in situ* (ISCR);
- biorremediação;
- enclausuramento da fonte;
- atenuação natural.



As técnicas descritas como *multi-phase-extraction* (MPE), *dual-phase-extraction* (DPE), *soil vapor extraction* (SVE), *air sparging* (SPG), barreira reativa, oxidação química *in situ* (ISCO) e redução química *in situ* (ISCR) são mais específicas e aplicadas para áreas contaminadas por hidrocarbonetos, resíduos industriais organoclorados e organofosfatados, dentre outros.

As informações disponíveis até o momento mostram que os principais problemas ambientais associados ao Lixão da Estrutural são contaminação dos recursos hídricos subterrâneos e produção de gases de efeito estufa, além de outros poluentes atmosféricos (principalmente gases de combustão e particulados totais). As análises do solo mostraram que a esperada contaminação deste meio por metais é bastante reduzida e não deve ser considerada um problema prioritário para as ações de mitigação e recuperação. Especificamente para o caso do Lixão da Estrutural as seguintes técnicas devem ser priorizadas:

13.1 BOMBEAMENTO E TRATAMENTO

Técnica específica para a contenção da pluma de contaminação, com a instalação de poços tubulares para bombeamento do chorume diluído em diferentes posições da migração do efluente.

O efluente deverá ser tratado em uma estação dedicada com aplicação de técnicas mistas ou isolada, com observação do custo do tratamento, que deve ser o mais baixo possível para viabilizar sua implantação. O tratamento deve ser no mínimo adequado para o lançamento do efluente tratado em cursos d'água naturais (que no caso do Lixão são cabeceiras de afluentes do Lago Paranoá).

A osmose reversa é uma técnica de tratamento utilizada de forma comum para atenuar os impactos do chorume no meio ambiente. Esta técnica é em geral utilizada no chorume bruto acumulado em reservatórios, entretanto pode, e deve, ser testada para tratar efluentes obtidos de poços nas zonas marginais das plumas de contaminação. Uma questão que restringe o uso da osmose reversa para o tratamento de efluentes de lixões é seu custo relativamente elevado.

Tratamentos convencionais com base em técnicas biológicas ou quimicamente assistidas são eficazes, contudo seu custo em alguns casos é proibitivo. Além dos elevados custos, a aplicação do tratamento biológico pode apresentar outras limitações, pois o desenvolvimento da ação das bactérias pode ser limitado em função das características variáveis do chorume (que pode apresentar rápidas mudanças de pH, estado de óxido-redução, concentrações e elevada demanda química e bioquímica de oxigênio).

Além do tratamento, pode-se considerar a reinjeção do efluente acumulado em reservatórios no próprio maciço de resíduos para que ocorram processos de degradação em seu interior. A reinjeção é uma técnica tradicional considerada efetiva, uma vez que com a recirculação ocorrem reações de óxido-redução capazes de minimizar a toxidez das substâncias e por consequência do efluente, além de evitar o espalhamento do efluente para outras áreas do ambiente não afetado.

A reinjeção para o caso em estudo é bastante significativa, pois a zona não saturada no maciço de lixo varia entre 21 e 10 metros, o que significa um amplo espaço para acumulação do efluente em um "aquífero artificial" com porosidade muito elevada (da ordem de 45% a 50%).

Os poços de bombeamento devem ser instalados nos locais em que as plumas de contaminação se encontram mais avançadas e com as maiores concentrações, o que já foi definido com os resultados do diagnóstico deste projeto.



13.2 BARREIRA HIDRÁULICA

As barreiras podem ser instaladas de diferentes formas, incluindo barreiras impermeáveis, barreiras permeáveis com tratamento *in situ* ou pela instalação de cones de depressão para contenção da migração da pluma (barreira de contenção).

O mais adequado para o caso do Lixão da Estrutural é que essa técnica seja associada à anterior (bombeamento e tratamento) a partir da instalação de bateria de poços para contenção da migração natural da pluma em direção às cabeceiras dos córregos do Acampamento, Cabeceira do Valo e Ribeirão Bananal.

Na continuidade do desenvolvimento deste projeto, algumas técnicas de tratamento não convencionais serão testadas, sempre com foco no custo por metro cúbico de efluente tratado e na efetividade com relação à composição do efluente em diferentes posições na pluma. Por conseguinte, serão testados os tratamentos por *wetlands* construídas e filtros de zeólita, uma vez que a amônia é a principal substância contaminante. A simples oxidação não garante depuração adequada, pois a amônia deve formar nitrato, que é um efluente causador da antropização de corpos de água lânticos (como no caso do Lago Paranoá).

13.3 BIORREMEDIAÇÃO

Esta técnica inclui todas as ações de organismos para a atenuação de cargas contaminantes e plumas de contaminação e outras formas de degradação ambiental. Nesse sentido, considera-se que a fitorremediação e as *wetlands* construídas, além da simples recuperação da vegetação em áreas específicas, já sejam suficientes para o caso do Lixão da Estrutural.

Para a construção de *wetlands* serão aproveitadas as experiências aplicadas a efluentes domésticos, uma vez que não existem exemplos de tratamento de efluentes derivados da decomposição de resíduos sólidos. Em princípio serão testadas espécies vegetais já empregadas nesse tipo de técnica, incluindo uma população mista de macrófitas flutuantes, submersas e emergentes.

Outra vertente de aplicação da biorremediação é na forma de reflorestamento por espécies arbóreas de maior porte, principalmente para absorver a poluição atmosférica em direção ao Parque Nacional de Brasília. Nesse aspecto é fundamental entender que a área limítrofe com um Parque Nacional denominada de “área embargada” (300 metros a oeste/noroeste do limite com o Parque Nacional de Brasília) deve ter a função de absorver parte do problema causado pelo Lixão. Assim, considera-se de fundamental importância que essa faixa seja revegetada com espécies arbóreas nativas do bioma cerrado. Essa faixa já foi local de acumulação de resíduos, e por força de processos legais teve seu uso interrompido para esse fim. No entanto, a retirada dos resíduos e a conformação geomorfológica não foram adequadas, e a vegetação secundária indicadora da presença de resíduos (leucena, margaridão, mamona e outras) invadiu toda a área.

A revegetação dessa faixa é fundamental para evitar a invasão da área do parque, principalmente por gramíneas exóticas (como é observado atualmente).

13.4 ENCLAUSURAMENTO DA FONTE

Corresponde ao isolamento da fonte geradora dos impactos e é utilizada como prática de atenuação de impactos ambientais em diferentes projetos de gerenciamento de áreas degradadas. Por exemplo, em uma planta produtora de agregados (brita, areia artificial), em uma usina de asfalto ou em um moinho de rochas para uso na agricultura (pó de dolomito), os equipamentos geram amplos volumes de particulados



atmosféricos. A mitigação desse tipo de impacto pode ser alcançada pelo enclausuramento da fonte produtora por um galpão e com o bombeamento para sistemas de filtros úmidos que apreendem os sólidos. No caso do Lixão, essa técnica deve considerar o isolamento do maciço de resíduos pela compactação e pela impermeabilização de sua superfície a fim de evitar a infiltração das águas de chuvas diretamente no maciço. A água drenada deve ser direcionada por tubulações ou canaletas abertas para que seja infiltrada nas áreas marginais fora da zona de aterro. Essa água deverá ampliar os efeitos da atenuação natural pela diluição das cargas já contidas no aquífero.

A experiência atual na operação do Lixão confirma a importância dessa técnica. No período chuvoso, com destaque para os meses de dezembro a abril, há produção ampla de chorume, que é acumulado nos dois reservatórios atualmente em operação. O grande volume produzido é bombeado para caminhões-tanque e reinjetado na porção elevada do maciço de resíduos. Quando se adentra no período seco do ano, a produção de chorume que se acumula nos reservatórios é minimizada, e no final da seca a produção é naturalmente interrompida.

13.5 MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS DOS GASES

Os gases produzidos pela decomposição dos resíduos orgânicos em depósitos de resíduos urbanos são majoritariamente compostos por dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4), o qual é combustivo. Esses resíduos gasosos podem seguir três caminhos: ser liberados diretamente pelos sistemas de drenos verticais, ter sua fração combustiva queimada ou ser aproveitados para geração de energia termoelétrica.

A opção mais adequada do ponto de vista ambiental seria sua canalização e uso em usinas de geração de energia, entretanto essa opção exige elevado investimento e apresenta riscos relativos às incertezas nas proporções de gases produzidas (relações CH_4/CO_2), nas vazões geradas e no poder de produção de calor das misturas. Por isso a opção de continuidade da queima dos gases é considerada a opção mais adequada para o Lixão da Estrutural, uma vez que o metano, após sua combustão, se transforma em CO_2 e vapor de água segundo a reação $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \longrightarrow \frac{1}{2} \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, sendo os impactos ambientais à atmosfera trazidos pelo gás carbônico menos significativos que os trazidos pelo metano.

13.6 ATENUAÇÃO NATURAL

Corresponde à mitigação dos contaminantes pela própria ação da natureza, e neste caso os processos devem ser avaliados e monitorados periodicamente ao longo de períodos longos.

Como exemplo cita-se a diluição natural da pluma de contaminação de chorume quando se distancia progressivamente da sua área de geração (maciço de resíduos). Com a infiltração das águas das chuvas há sua mistura com a fase contaminante, resultando na diminuição da concentração, o que pode ser configurado como um tratamento *in situ* ou atenuação pela própria ação da natureza. Este processo ocorre na área, em especial em direção a leste, pois a recarga natural na área do Parna Brasília é eficiente. Em direção ao Córrego Cabeceira do Valo este processo é significativamente diminuído em razão da ampla impermeabilização da área urbana da Cidade Estrutural.

Outro exemplo de atenuação natural seria a adsorção de metais na estrutura cristalina de minerais dos solos ou na porosidade interna de fases amorfas, ou ainda a volatilização de amônia quando exposta à atmosfera.

Outros processos de atenuação natural devem ser considerados, estudados e monitorados na área do Lixão da Estrutural.



13.7 FITORREMEDIAÇÃO

A fitorremediação é a propriedade que diferentes espécies vegetais apresentam de reter contaminantes dispersos nos solos. De forma geral, a pesquisa de espécies para fitorremediação é baseada em espécies de ciclo curto utilizadas em lavouras (ex.: girassol, milho, leguminosas, etc.). Todavia, existem espécies florestais que também apresentam a propriedade de retenção de metais pesados e outros contaminantes (SILVA *et al.*, 2019).

Os metais pesados ou metais de transição mais comumente encontrados como fonte de contaminação são cádmio, chumbo, cobalto, cobre, mercúrio, níquel e zinco. Esses cátions apresentam a propriedade de se ligarem à hemoglobina do sangue e com isso causar sérios danos à saúde humana (SILVA *et al.*, 2019). Para crescer e completar o ciclo de vida, as plantas devem adquirir não apenas macronutrientes (N, P, K, S, Ca e Mg), mas também micronutrientes essenciais, como Fe, Zn, Mn, Ni, Mo e outros metais que funcionam como tal. Plantas desenvolvem mecanismos altamente específicos para reter, translocar e armazenar esses nutrientes. Por exemplo, o movimento do metal através das membranas biológicas é mediado por proteínas com funções de transporte. Além disso, mecanismos sensíveis mantêm a concentração intracelular de íons metálicos dentro da faixa fisiológica. Em geral, o mecanismo de captação é seletivo, plantas preferencialmente adquirindo alguns íons sobre outros. A seletividade da captação de íons depende da estrutura e das propriedades dos transportadores de membranas. Essas características permitem que os transportadores reconheçam, vinculem e mediem o transporte transmembrana de íons específicos. Por exemplo, alguns transportadores mediam o transporte de cátions divalentes, mas não reconhecem íons mono ou trivalentes (LASAT, 2000). Atualmente há amplo desenvolvimento da pesquisa a respeito da fitorremediação, com destaque para os seguintes trabalhos: Lasat (2000); Prasad (2004); Anselmo e Jones (2005); Tavares *et al.* (2013); Cunha e Fernandes (2014); Dal Corso *et al.* (2019); e Silva *et al.* (2019).

As espécies hiperacumuladoras são convencionalmente definidas como aquelas capazes de acumular metais em níveis cem vezes maiores do que aqueles normalmente medidos em plantas comuns não acumuladoras. Assim, um hiperacumulador concentrará mais de 10 ppm de Hg; 100 ppm de Cd; 1.000 ppm de Co, Cr, e Pb; e 10.000 ppm de Ni e Zn.

Souza *et al.* (2013) apresentam um artigo de revisão discutindo técnicas de fitorremediação, mais especificamente com relação às espécies não hiperacumuladoras em associação com agentes orgânicos quelantes. Os autores concluem que essa técnica é promissora, mas no Brasil os estudos realizados são apenas experimentais em casa de vegetação, sem aplicação comercial, como desenvolvido nos Estados Unidos e no Canadá.

Processos atuantes nos sistemas de fitorremediação

Fitodegradação

Consiste na absorção dos contaminantes pelas raízes das plantas e posterior quebra das moléculas, de forma que os metabólitos apresentem menor toxidez ou até mesmo não sejam tóxicos. A planta absorve o contaminante em suas raízes por meio da solução do solo e utiliza parte de sua molécula como nutriente, e os metais são incorporados às estruturas orgânicas, mantendo-se inertes ou não biodisponíveis. Esse processo é aplicado para mitigação de contaminantes orgânicos em solos. A Figura 73 mostra de forma esquemática o processo de fitodegradação (SILVA *et al.*, 2019).



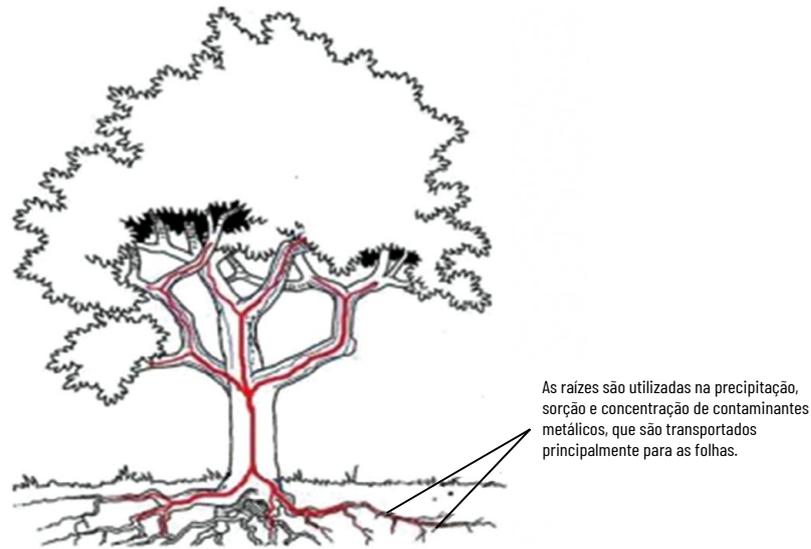
FIGURA 73 – MECANISMO DE FITODEGRADAÇÃO EM ESPÉCIE FLORESTAL. EM VERMELHO, OS CONTAMINANTES EM SOLUÇÃO DO SOLO. EM VERDE, A QUEBRA DAS ESTRUTURAS MOLECULARES DO CONTAMINANTE E ABSORÇÃO PELAS ESTRUTURAS ORGÂNICAS



Fonte: SILVA et al., 2019

Fitoacumulação

A fitoacumulação consiste na absorção dos contaminantes por meio do solo e no armazenamento destes nas estruturas vegetais, como raízes, caules e folhas, com posterior descarte (Figura 74). A planta pode, por mecanismos fisiológicos, adaptar-se para acumular maiores níveis de metais. As plantas adaptadas para acumulação seletiva de determinados metais são chamadas de hiperacumuladoras. Um exemplo desse tipo de vegetação florestal do cerrado é a volquízea, reconhecida como hiperacumuladora de alumínio.

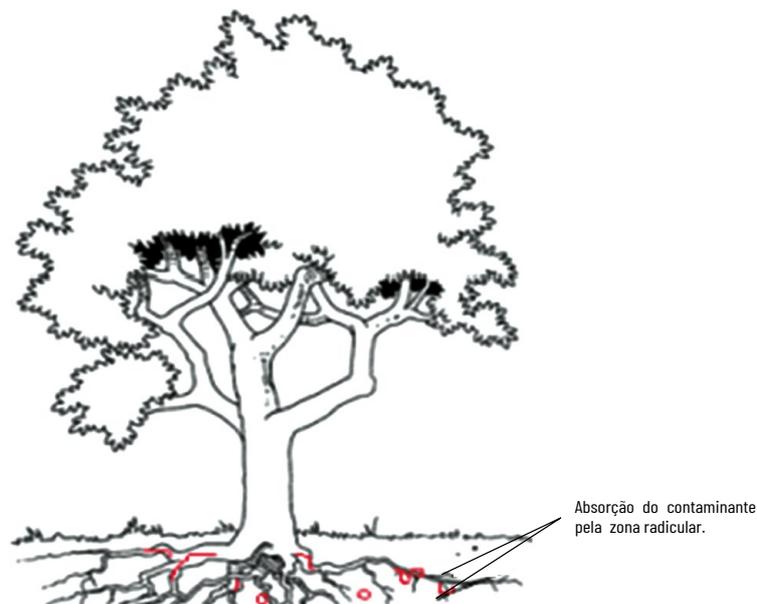
FIGURA 74 – MECANISMO DE FITOACUMULAÇÃO EM ESPÉCIES FLORESTAIS

Fonte: ALMEIDA, 2011

Fitoestabilização

Este processo se dá na zona de raízes, de forma que a partir de reações de absorção, adsorção e ou precipitação ocorre a acumulação do contaminante (Figura 75). De forma geral, visa diminuir a biodisponibilidade de metais para os solos e as águas subterrâneas. O processo de estabilização se dá pela mudança das condições físico-químicas proporcionadas pela zona de interação raízes-solo.

Este processo pode ser revertido caso retornem as condições anteriores ao seu desenvolvimento, e dessa forma os contaminantes poderão se tornar novamente disponíveis.

FIGURA 75 – MECANISMO DE FITOESTABILIZAÇÃO EM ESPÉCIE FLORESTAL

Fonte:ALMEIDA, 2011



Diferentes abordagens na forma de estudar a eficiência da fitorremediação mostram que para diferentes espécies vegetais a acumulação dos metais pode ser observada nas folhas, nas raízes ou nos caules. Tal variação se dá em função das estruturas vegetais e do tipo de processo predominante na retenção dos metais.

O trabalho de Tavares *et al.* (2013) mostra resultados de experimentos com plantio de sorgo, algodão, milho, girassol e mucuna com relação a diferentes metais e dois tipos de análises (DTPA e Mehlich) (Tabela 34).

TABELA 34 – COMPARAÇÃO ENTRE CONCENTRAÇÕES ANTES E DEPOIS DO PLANTIO EM EXPERIMENTO DE FITORREMEDIAÇÃO

ESPÉCIE	CU	ZN	CR	CO	NI	CD	PD
DTPA mg.kg⁻¹							
TO	3,10	1,50	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	3,00
Sorgo	2,51 a	1,25 a	<L.D.	<L.D.	0,53 a	<L.D.	2,68 ab
Algodão	2,13 a	1,19 a	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	2,39 ab
Milho	2,22 a	1,13 a	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	2,43 ab
Girassol	1,43 a	1,06 a	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	1,50 b
Mucuna	2,75 a	1,10 a	<L.D.	<L.D.	0,05 a	<L.D.	3,24 a
MEHLICH mg.kg⁻¹							
TO	13,00	6,50	0,30	0,40	1,50	<L.D.	5,50
Sorgo	11,19 ab	5,47 a	0,24 bc	<L.D.	0,68 ab	<L.D.	4,75 a
Algodão	10,76 ab	5,27 a	0,21 cd	<L.D.	0,47 ab	<L.D.	4,59 a
Milho	10,57 ab	4,99 a	0,28 ab	0,15 a	0,71 ab	<L.D.	5,49 a
Girassol	6,41 c	4,67 a	0,16 d	0,07 ab	0,32 b	<L.D.	2,65 b
Mucuna	12,72 a	4,82 a	0,31 a	0,092 ab	0,90 a	<L.D.	4,50 a

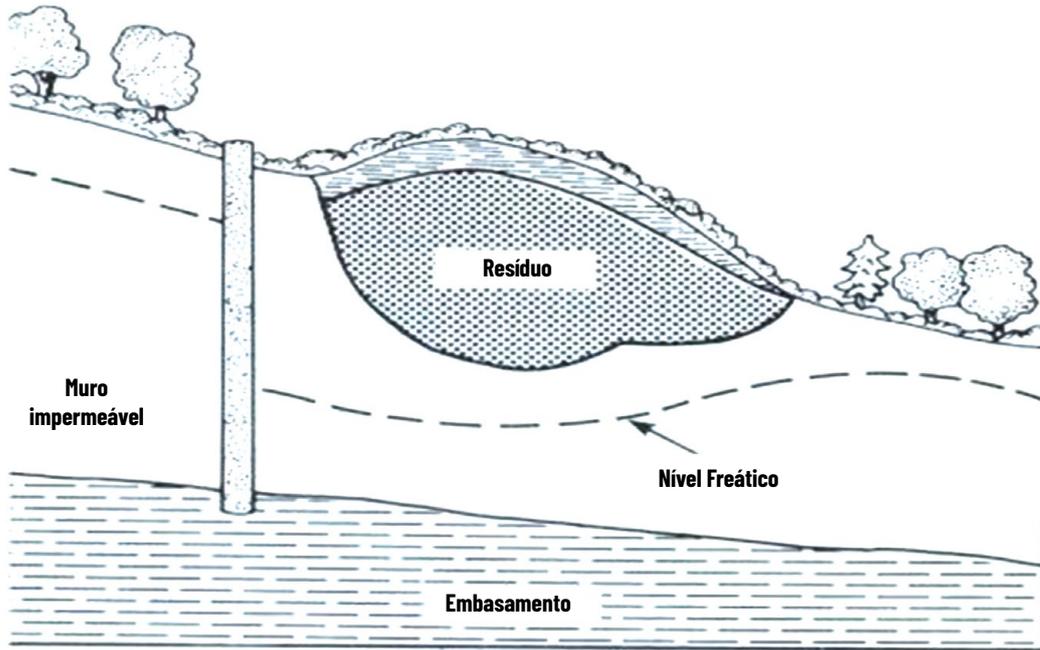
Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey 0,05.
*TO (Concentração antes do plantio das espécies).

13.8 ESTABILIZAÇÃO DA PLUMA DE CONTAMINAÇÃO

Para a estabilização de plumas de contaminação diferentes técnicas podem ser aplicadas. A escolha da técnica mais adequada deve considerar a toxidez da pluma, sua densidade, profundidade do nível freático no local, extensão da fonte e dimensões da pluma de contaminação, miscibilidade dos componentes da pluma com a água do aquífero, além de aspetos financeiros (custo de implantação das técnicas, tempo de monitoramento, avaliação da efetividade, dentre outros).

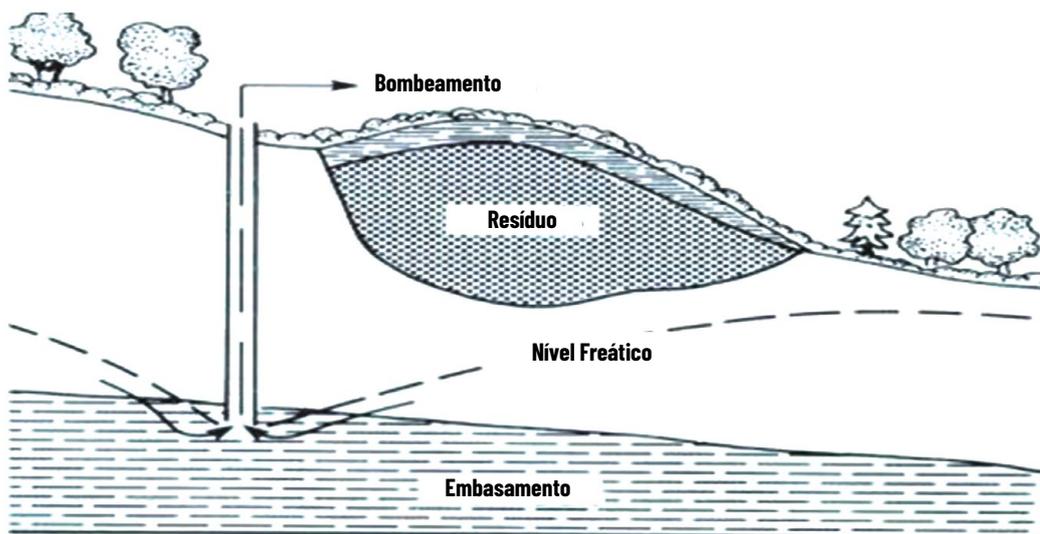
A Figura 76 mostra uma técnica comumente aplicada ao rebaixamento do nível freático sob o sítio gerador do efluente. Esta técnica é útil para casos em que o nível freático é raso e há restrita produção de efluente.



FIGURA 76 – INSTALAÇÃO DE MURO IMPERMEÁVEL

Fonte: FETTER, 2001

A estabilização por rebaixamento do nível freático é ilustrada na Figura 77. Neste caso, uma bateria de poços (em geral alinhados) na porção de montante do sítio gerador do efluente. É aplicado para locais com efluente de elevada densidade. O líquido bombeado é destinado ao devido tratamento.

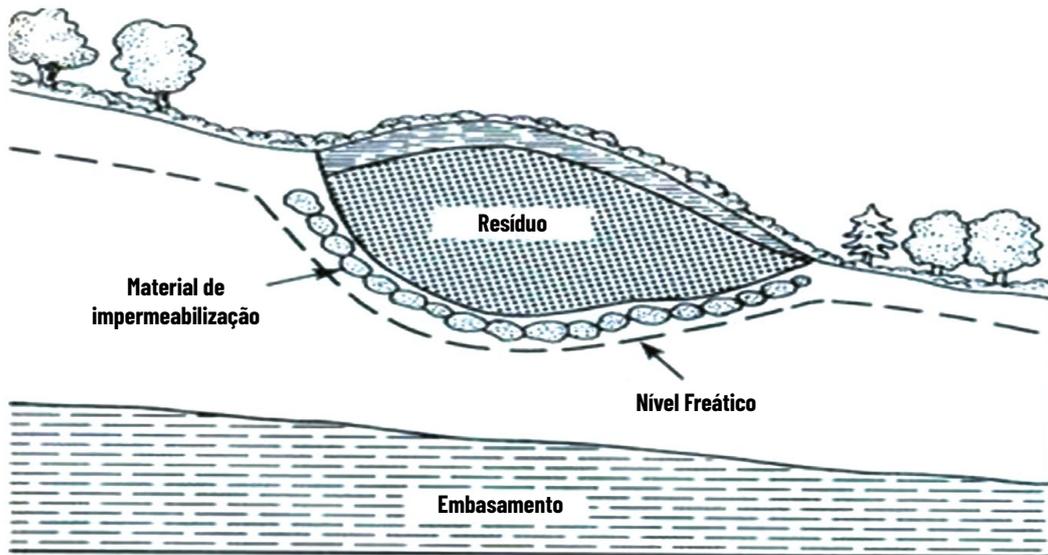
FIGURA 77 – INSTALAÇÃO DE POÇO DE BOMBEAMENTO, COM TRATAMENTO OU REINJEÇÃO

Fonte: FETTER, 2001

A técnica ilustrada na Figura 78 é definida pela injeção de material impermeável (mistura de argilas ou pasta de cimento) na porção de fundo do sítio gerador dos efluentes. Trata-se de um método de elevado custo com aplicação restrita a pequenos aterros ou a aterros de resíduos altamente tóxicos em bacias em que há captação de águas para abastecimento.



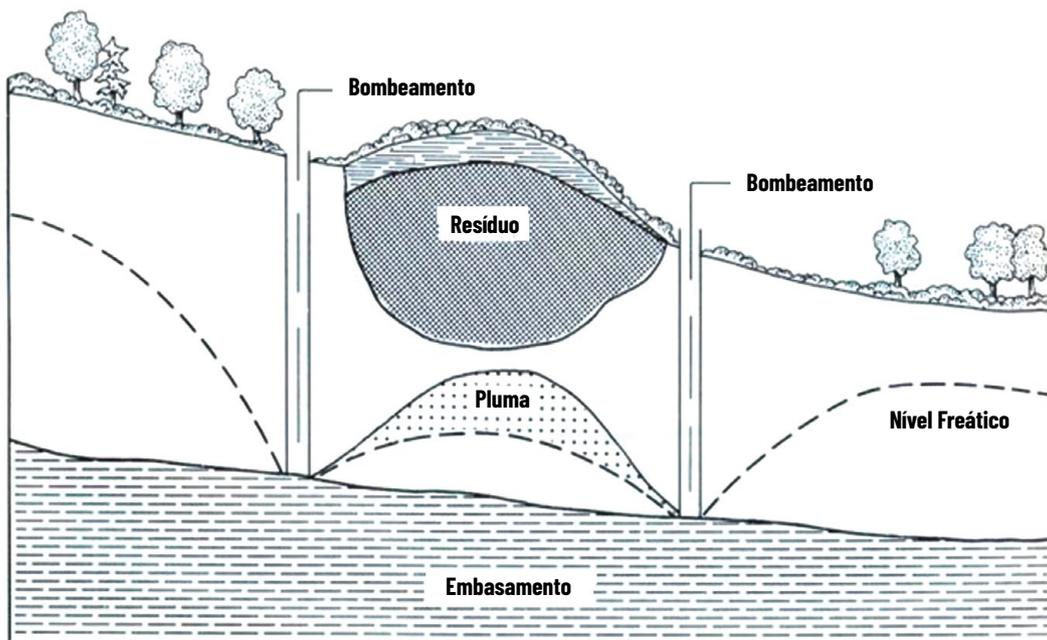
FIGURA 78 – IMPERMEABILIZAÇÃO DE FUNDO E TOPO DO SÍTIO DE GERAÇÃO DA PLUMA DE CONTAMINAÇÃO



Fonte: FETTER, 2001

A Figura 79 mostra a técnica de remoção da pluma de contaminação com bombeamento permanente a montante e a jusante do foco gerador e posterior tratamento dos efluentes. Este método e suas variações são muito comumente aplicados em sítios de deposição de resíduos domésticos.

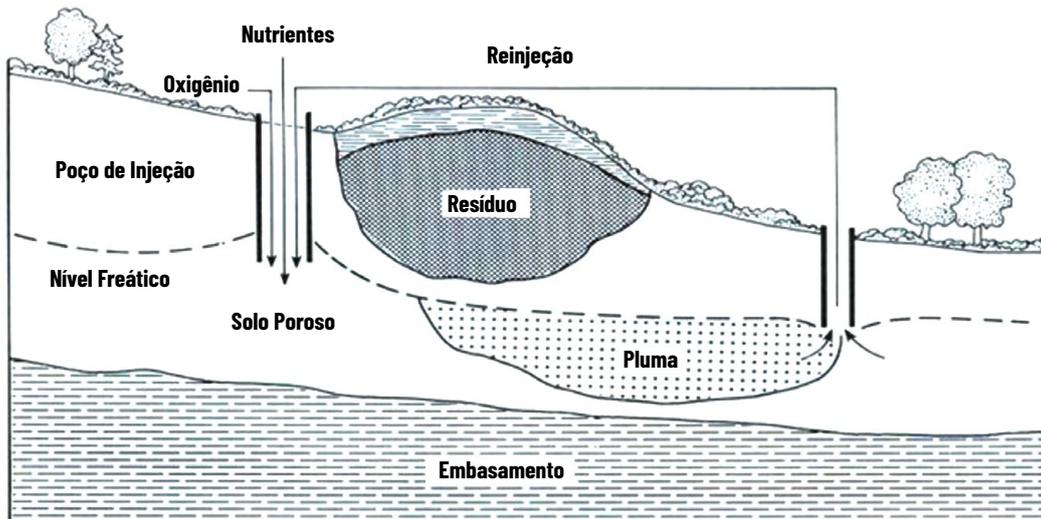
FIGURA 79 – BOMBEAMENTO A JUSANTE E A MONTANTE PARA ESTABILIZAÇÃO DA PLUMA DE CONTAMINAÇÃO



Fonte: FETTER, 2001

A técnica ilustrada na Figura 80 corresponde a método avançado e moderno de tratamento *in situ*, com injeção de nutrientes para favorecer a degradação dos contaminantes associada a bombeamento e reciclagem. O processo deve ser cessado apenas quando a produção de efluentes for minimizada ou eliminada. Este tipo de processo é aplicável para casos em que há produção de contaminantes orgânicos no efluente.

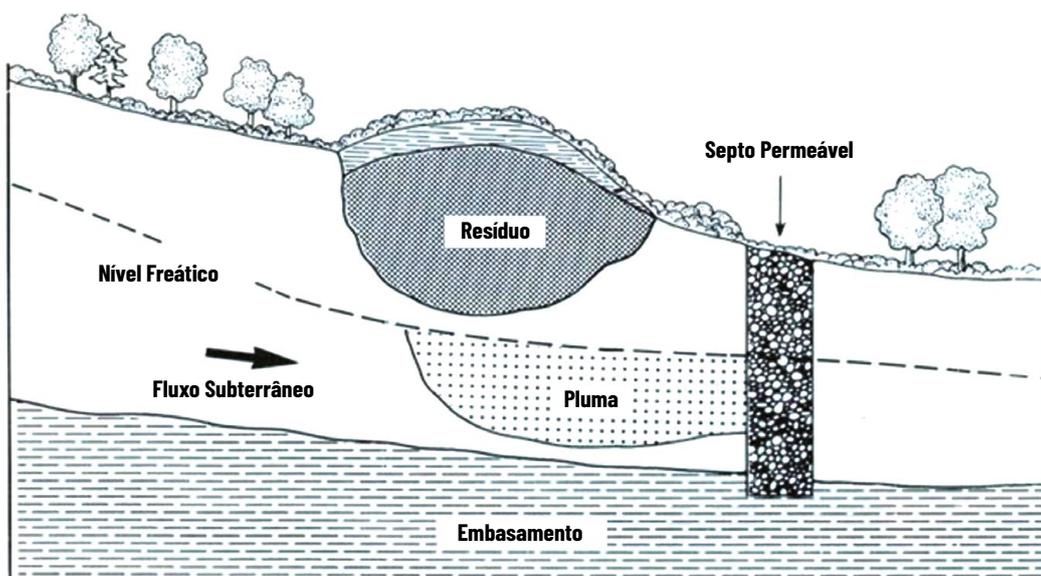
FIGURA 80 – INJEÇÃO DE NUTRIENTES A MONTANTE COM BOMBEAMENTO DA PLUMA A JUSANTE SEGUIDO DE TRATAMENTO OU REINJEÇÃO



Fonte: FETTER, 2001

Na Figura 81 é apresentado um método de estabilização da pluma de contaminação acoplado ao tratamento *in situ* por filtro físico. A filtração é realizada em um septo permeável (com elevada condutividade hidráulica). Junto com o material de elevada permeabilidade (geralmente cascalho) são associados elementos filtrantes (por exemplo, pelets de carvão ativado), responsáveis pela retenção de metais ou de outros contaminantes.

FIGURA 81 – INSTALAÇÃO DE SEPTO PERMEÁVEL PREENCHIDO COM SISTEMA DE FILTRO FÍSICO



Fonte: FETTER, 2001

Em todos os casos a estabilização da pluma de contaminação é precedida da impermeabilização do maciço em que o efluente é gerado. A ideia é minimizar a produção primária do efluente com a infiltração das águas de chuva

13.9 TRATAMENTO DE CHORUME

Os aterros de resíduos sólidos urbanos acumulam grandes volumes de materiais orgânicos e inorgânicos, cuja decomposição gera um líquido denso e rico em metais e substâncias orgânicas e inorgânicas que apresentam amplo potencial de contaminação ambiental, com destaque para as águas subterrâneas e superficiais.

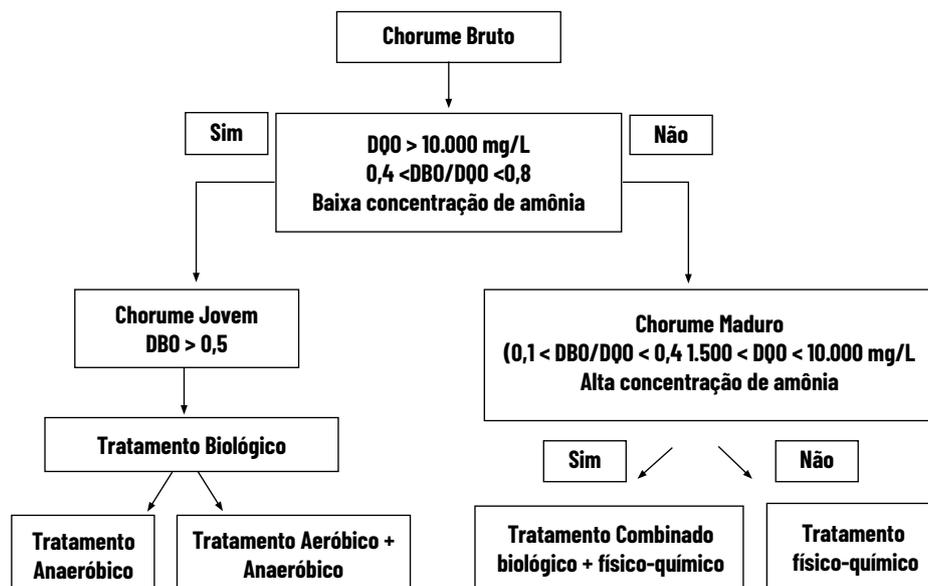
Dessa forma, estudar as formas de neutralização desse efluente ou mesmo de seu tratamento antes de seu lançamento final ou aproveitamento da água tratada é de extrema importância.

Várias técnicas são aplicadas ao tratamento de chorume, sendo o maior problema associado o custo de processamento por m^3 de efluente tratado.

Atualmente, uma série de tecnologias tem sido utilizada para tratamento de chorume com o objetivo de alcançar valores para lançamento final em corpos hídricos. Os tratamentos podem se dar por processos biológicos (lodo ativado, lagoas de estabilização aeróbicas e anaeróbicas e filtros biológicos); processos físico-químicos (flotação, coagulação/floculação, adsorção, precipitação química, injeção de ar, ajuste de pH, oxidação química, troca iônica e tratamento eletroquímico); tratamentos oxidativos avançados (processo Fenton e ozonização) e sistemas naturais (*wetlands* construídas) (RENOU *et al.*, 2008; RAGHAB *et al.*, 2013).

Para a escolha do método ideal de tratamento é necessário conhecer as características químicas do chorume, uma vez que estas se modificam com o tempo de produção dos leixivados de resíduos. A Figura 82 mostra um fluxograma que pode ser aplicado para escolha do melhor método de tratamento.

FIGURA 82 – FLUXOGRAMA COM ANÁLISE DE PARÂMETROS CONSIDERADOS PARA A SELEÇÃO DO MÉTODO APROPRIADO PARA TRATAMENTO DE CHORUME. DBO – DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO; DQO – DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO



O tratamento de chorume por processos biológicos é o mais comum e também o mais economicamente viável no Brasil, com elevada eficiência para remover matéria orgânica biodegradável. O tratamento é realizado com uso de sistemas de lagoas, filtros biológicos lodo ativados e *wetlands*. Este tipo de sistema de tratamento ainda continua sendo utilizado mesmo para chorumes antigos, em que as opções de tratamentos físico-químicos ou por filtragem poderiam ser mais adequadas (Tabela 35).

TABELA 35 – PRINCIPAIS MÉTODOS DE TRATAMENTO DE CHORUME E SUA EFICIÊNCIA EM FUNÇÃO DA IDADE DO PERCOLADO DE RESÍDUOS. A – BOA EFICIÊNCIA; B – MODERADA EFICIÊNCIA; C – BAIXA EFICIÊNCIA

MÉTODO DE TRATAMENTO	IDADE DO CHORUME		
	JOVEM < 5 ANOS	MODERADA 5 A 10 ANOS	ANTIGO > 10 ANOS
Tratamento combinado com esgoto doméstico	A	B	C
Processo Aeróbico	A	B	C
Processo Anaeróbico	A	B	C
Evaporação Natural	A	B	C
Coagulação / Floculação	C	B	B
Precipitação Química	C	B	C
Adsorção de Carbono	C	B	A
Oxidação	C	B	B
Injeção de ar	C	B	B
Troca iônica	A	A	A
Microfiltragem	C	-	-
Ultrafiltragem	C	-	-
Nanofiltragem	A	A	A
Osmose reversa	A	A	A

Fonte: ABBAS *et al.*, 2009

O processo de fitorremediação representa o tratamento com uso de plantas e microrganismos em um habitat similar ao natural. Este tipo de processo, quando viável (em razão das características do chorume), pode constituir uma excelente alternativa para tratamento, pois apresenta baixo custo, operação simples e viabilidade quando existirem grandes áreas disponíveis. Em clima tropical, esta alternativa ainda é favorecida pelas elevadas taxas de evaporação direta e de evapotranspiração.

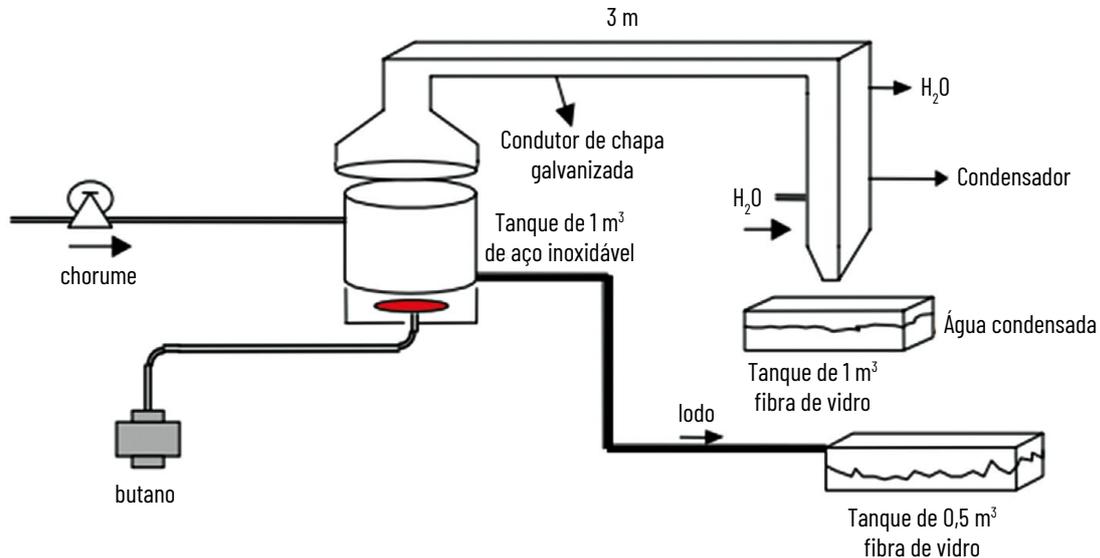
A seguir são apresentados de forma sucinta exemplos de técnicas experimentais aplicadas ao tratamento de efluentes de resíduos sólidos.

Oxidação térmica

O princípio da técnica de oxidação térmica é aquecer o chorume em um reator utilizando gás butano como fonte de energia. Um reator experimental proposto por Massai e Massai (2005) é ilustrado na Figura 83. O resultado obtido é água condensada e lodo em pequenas proporções. O lodo resultante é totalmente inodoro, com baixa taxa de contaminação e grande carga de matéria orgânica, podendo ser usado como fertilizante de solos. O custo é em média em torno de R\$ 160,00 por m³ de gás butano, levando em consideração um botijão de 13 kg no valor de R\$ 60,00. Caso seja utilizado gás natural do próprio aterro, esse custo será nulo, havendo apenas o custo da instalação e da manutenção do reator.



FIGURA 83 – DESTILADOR APRESENTADO CONTENDO UM TANQUE DE AÇO INOXIDÁVEL AISI-304 DE 160 CM DE ALTURA E 90 CM DE DIÂMETRO DE 30 KG DE PESO, UM CONDUTOR DE CHAPA GALVANIZADA DE 300 X 0,4 X 0,2 CM, TERMÔMETRO, CHAVE, DUAS CAIXAS DE FIBRA DE VIDRO DE 0,5 E 1 M³, UM QUEIMADOR INDUSTRIAL E UM BOTIJÃO DE GÁS BUTANO



Fonte: MASSAI; MASSAI, 2005

Tratamento biológico

Consiste na transformação química da matéria orgânica em elementos estáveis a partir do contato do chorume com uma cultura de microrganismos. Os principais processos utilizados são:

- aeróbicos – a matéria orgânica e o nitrogênio amoniacal são oxidados na presença de oxigênio livre, produzindo CO_2 , H_2O , NO_2 e NO_3^- ;
- anaeróbicos – metabolizam a matéria orgânica na ausência de oxigênio.

Amaral (2009) propõe dois tipos de tratamento com uso de reator de lodo ativado e lagoas de aeração. Esse sistema de tratamento objetiva a estabilização da carga iônica presente no chorume.

O lodo proveniente do reator de lodo ativado ou de estação de tratamento de esgotos domésticos é injetado na lagoa aerada, que é alimentada por uma bomba peristáltica com vazões variáveis em função do volume do chorume adicionado. A lagoa de decantação recebe continuamente o sobrenadante da lagoa de aeração. Ao atingir volumes elevados na lagoa de decantação, parte do sobrenadante é descartada. Uma vez que esse processo não é significativo para a oxidação do nitrogênio amoniacal, o sobrenadante deve ser submetido a um tratamento físico-químico com adição de sais de fósforo e magnésio com o intuito de formar estruvita, um mineral que pode ser usado como fertilizante.

Osmose reversa

Baseia-se em um processo físico de separação de partículas presentes em uma solução. Ao se aplicar uma pressão superior à pressão osmótica no chorume, as moléculas de água são forçadas a atravessar a



membrana no sentido inverso ao da osmose natural. O chorume a ser tratado circula sobre a membrana osmótica, já o permeado fluirá perpendicularmente, atravessando a membrana e posteriormente circulando pela camada drenante em seu interior.

A desvantagem deste tipo de sistema é o elevado custo das membranas, que devem ser substituídas periodicamente. Dados da literatura mostram que este método é efetivo para tratamentos de diferentes tipos de chorume.

Wetland

Trata-se de um tratamento secundário de chorume que tenha sido previamente tratado em sistemas biológicos aeróbios. A remoção da matéria orgânica e dos nutrientes dentro de um filtro *wetland* deve-se ao uso de macrófitas aquáticas. Essas espécies absorvem material orgânico, nutrientes e metais pesados, além de apresentarem uma relativa resistência à salinidade elevada, uma das características do chorume de aterros sanitários, principalmente quando este é recirculado. As raízes e os rizomas das plantas excretam substâncias provenientes das ações biológicas, além de promoverem a transferência de oxigênio do ar atmosférico para o substrato.

Em *wetlands* *construídos* o sistema é artificialmente estabelecido com diferentes tecnologias, incluindo plantas aquáticas em diferentes substratos, tais como areia, cascalho, brita ou outro material inerte. Nessas condições, o *wetland* reproduz a atuação da natureza e trata o chorume por meio de processos físicos, químicos e biológicos (Figura 84).

FIGURA 84 – SISTEMA DE WETLAND NA MINA DE ÁGUAS CLARAS, MG



Fonte: VALE, 2018

Gases do efeito estufa

O gás produzido pela decomposição de resíduos sólidos de aterros compõe uma mistura com diferentes componentes, contudo o metano e o dióxido de carbono são os mais abundantes. Além destes, ainda ocorrem vapor de água, gás sulfídrico e amônia, que imprimem o mau cheiro característico desses voláteis.

O volume de gás produzido e sua composição dependem do tempo em que os resíduos foram acumulados, da compactação do maciço de resíduos, da umidade associada aos resíduos e da relação matéria orgânica/inorgânica nos resíduos.

Os aterros podem produzir gases desde o início de sua operação até décadas depois de encerrada a acumulação de resíduos na área.

A forma mais adequada para minimizar a ação dos gases de efeito estufa produzidos em lixões e aterros é por meio da produção de energia elétrica em usinas térmicas (termelétricas a gás) ou em associação com fontes solares (em usinas heliotérmicas). Entretanto, o investimento para a instalação dessas usinas é muito elevado, dessa forma esse tipo de aproveitamento é pouco aplicado no Brasil.

Assim, para evitar a liberação dos gases diretamente na atmosfera faz-se a queima desses produtos nas saídas dos drenos edificadas durante as fases de acumulação e compactação dos resíduos. Mesmo não sendo a forma mais adequada, a queima direta possibilita a diminuição do impacto, uma vez que transforma o gás metano e o dióxido de carbono, menos nocivo ao efeito do aquecimento global. Ademais, outros gases são degradados, sendo produzido inclusive vapor de água nesse processo.

Um problema recorrente a respeito da caracterização dos gases emitidos pelos lixões é relativo aos poços para drenagem dessas substâncias. De forma geral, utilizam-se os drenos instalados durante a acumulação dos resíduos (na fase ativa do aterro ou lixão). Todavia, o ideal é a instalação de sistemas dedicados exclusivamente a esse tipo de monitoramento e amostragem. Quando o sistema não é instalado de forma adequada pode haver perda de gases nas áreas adjacentes aos drenos por falta de impermeabilização adequada.





14 MODELO CONCEITUAL DO FLUXO DE CONTAMINANTES

14.1 RECARGA E DISPERSÃO DA PLUMA

A proposição do modelo de fluxo integra todos os resultados obtidos durante o levantamento de dados sobre os aquíferos locais, incluindo informações descritivas conseguidas durante a perfuração dos poços, dados hidrodinâmicos alcançados pela execução dos ensaios hidráulicos (*Slug test* e ensaios de infiltração *in situ*), dados hidroquímicos medidos *in situ* e de laboratório, além do conhecimento sobre o clima e as condições de recarga natural dos aquíferos.

A descrição do modelo físico dos aquíferos considera quatro conjuntos de aquíferos discriminados em função dos tipos de porosidade e dos parâmetros hidrodinâmicos: dois sistemas aquíferos no domínio das águas freáticas ou rasas e dois subsistemas no domínio das águas profundas.

Os aquíferos freáticos são classificados como intergranulares e livres, homogêneos e pouco anisotrópicos. Esses reservatórios são representados pelos solos e pelos saprolitos. Em decorrência do contraste entre os tipos de materiais foram classificados em dois subconjuntos: solos/saprolitos argilosos (ARG) e solos/saprolitos arenosos (ARN). As espessuras totais desses materiais são, em média, de 40 metros para o conjunto ARG e de 30 metros para os aquíferos do grupo ARN, e as espessuras saturadas variam de 15 a 20 metros para os dois conjuntos (valores médios).

Os aquíferos fraturados são representados pelos Subsistemas A e S/A do Sistema Paranoá, com vazões médias de 4,5 e 12,5 m³/h. Esses aquíferos são livres ou confinados, anisotrópicos, heterogêneos e apresentam porosidade do tipo secundária planar (planos de fraturas).

As Figuras 85, 86 e 87 mostram a localização e as seções transversais que cortam as porções em que atualmente há a maior produção de chorume. Os poços PCX 1 e PCX 2 foram perfurados na crista do maciço próximo do que é considerado o divisor hidrográfico e hidrogeológico atual.

As seções trazem detalhes do arcabouço pedológico e geológico, com destaque para a distribuição dos materiais arenosos e argilosos, além do esquema de distribuição da pluma de contaminação e sua respectiva concentração nos poços de amostragem. O exagero vertical tem o objetivo de destacar o contraste do gradiente hidráulico entre as porções leste e oeste do maciço de resíduos.

Não existem informações disponíveis com relação ao perfil do poço 7A (pois este foi instalado no âmbito de outro projeto de pesquisa e foi aproveitado por este estudo). Contudo, não se descarta a possibilidade da presença de material arenoso em subsuperfície, uma vez que a pluma apresenta elevada concentração nesse ponto em contraste com os poços PX7 e PX 8, instalados durante o desenvolvimento deste projeto (os quais não têm areia em seu perfil, sendo exclusivamente representados por latossolos de textura muito argilosa e saprolito argiloso produzido pelo intemperismo de ardósias).

FIGURA 85 – LOCALIZAÇÃO DAS SEÇÕES APRESENTADAS NA FIGURA 55 DESTACADA EM AMARELO; FIGURA 56 MARCADA EM AZUL, E FIGURA 57 REPRESENTADA EM VERMELHO. BASE DE GEORREFERENCIAMENTO SIRGAS 2000, ZONA 23. SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS SIRGAS 2000, ZONA 23 (IMAGEM BASE OBTIDA DO SISTEMA *GOOGLE EARTH*, MAIO DE 2020).

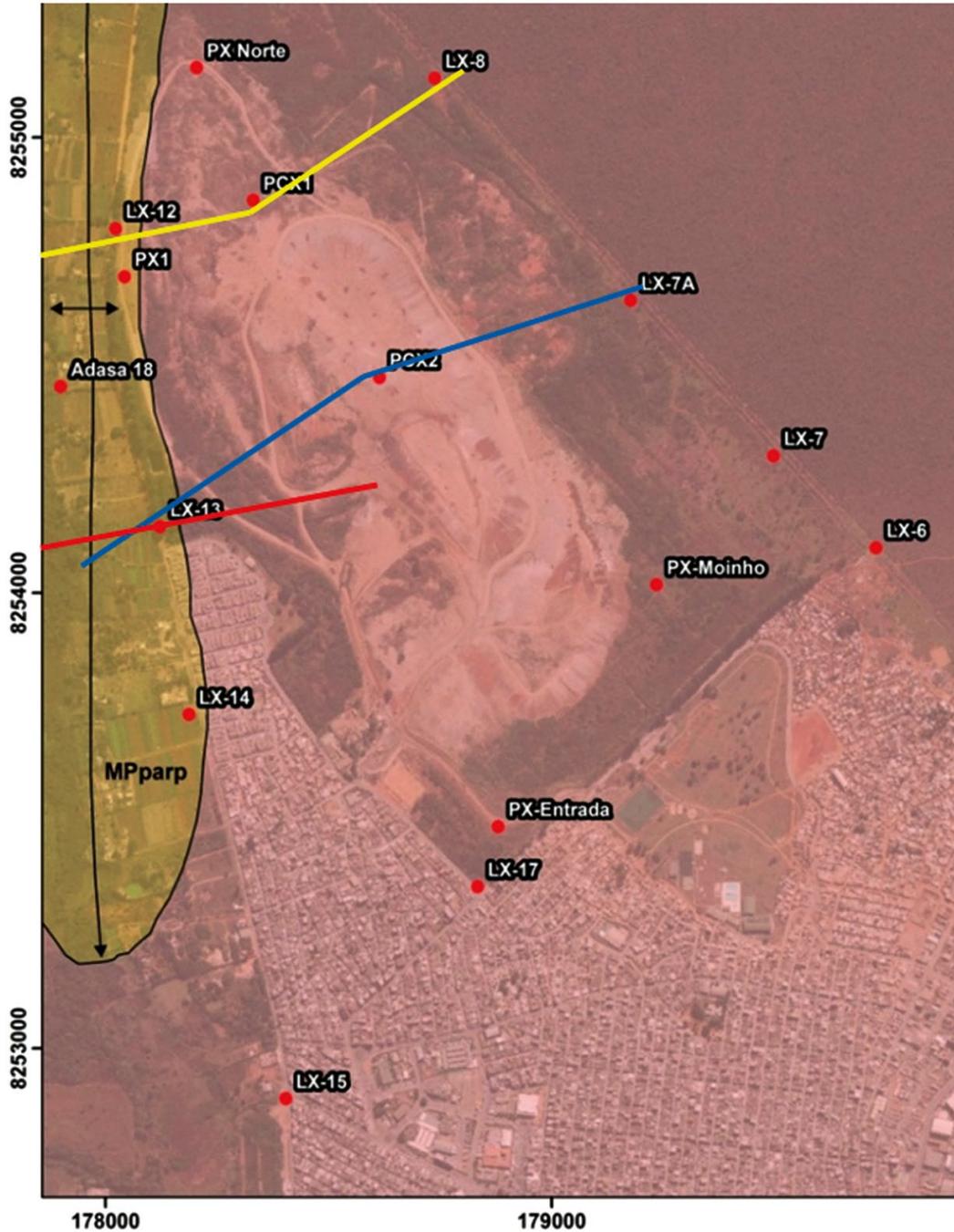


FIGURA 86 – SEÇÃO OESTE-LESTE CONTENDO A REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO MODELO CONCEITUAL DE FLUXO DE CONTAMINANTES NO LIXÃO DA ESTRUTURAL. A PARTIR DA PORÇÃO CENTRAL DO MACIÇO DE RESÍDUOS HÁ A DIVISÃO DO FLUXO PARA O QUADRANTE LESTE (EM DIREÇÃO AO PARQUE NACIONAL DE BRASÍLIA) E PARA OESTE (EM DIREÇÃO AO CÓRREGO CABECEIRA DO VALO). SOB A PILHA DE REJEITOS ATERRADA HÁ A PRODUÇÃO DE CHORUME A PARTIR DO CONTATO DAS ÁGUAS DE CHUVA COM A MATÉRIA ORGÂNICA E DEMAIS MATERIAIS NO ATERRO. A PLUMA ESPALHA-SE PARA OS DOIS QUADRANTES EM FUNÇÃO DO GRADIENTE HIDRÁULICO (SETAS VERMELHAS), A DENSIDADE DA PLUMA DIMINUI PROGRESSIVAMENTE QUANDO SE DISTANCIA DA ZONA DE PRODUÇÃO DO CONTAMINANTE, SENDO A DILUIÇÃO ASSOCIADA A TRÊS CONTROLES: ATENUAÇÃO DA CARGA CONTAMINANTE EM CONTATO COM O AQUÍFERO, MISTURA DA PLUMA COM ÁGUAS DE BOA QUALIDADE PRESENTES NO AQUÍFERO E MISTURA COM ÁGUAS DE RECARGA QUE SE PROCESSA NAS ÁREAS MARGINAIS DO ANTIGO LIXÃO. A OESTE DO CÓRREGO CABECEIRA DO VALO AS ÁGUAS DE DESCARGA APRESENTAM BAIXA MINERALIZAÇÃO NATURAL E CONTRIBUEM PARA A DILUIÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DO CONTAMINANTE (SETA AZUL)

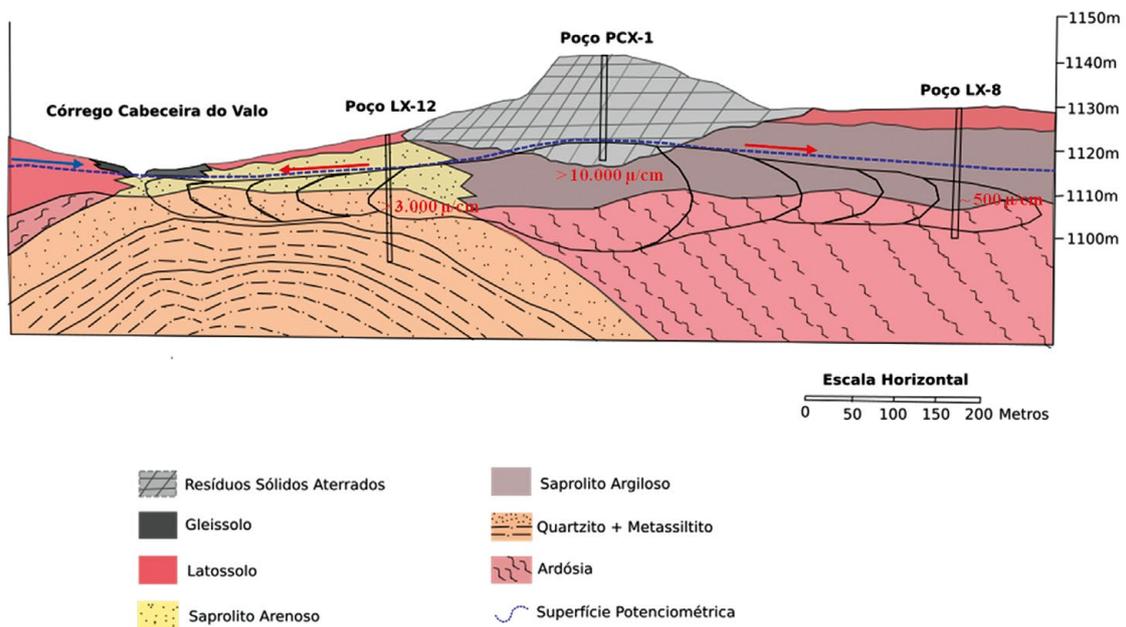
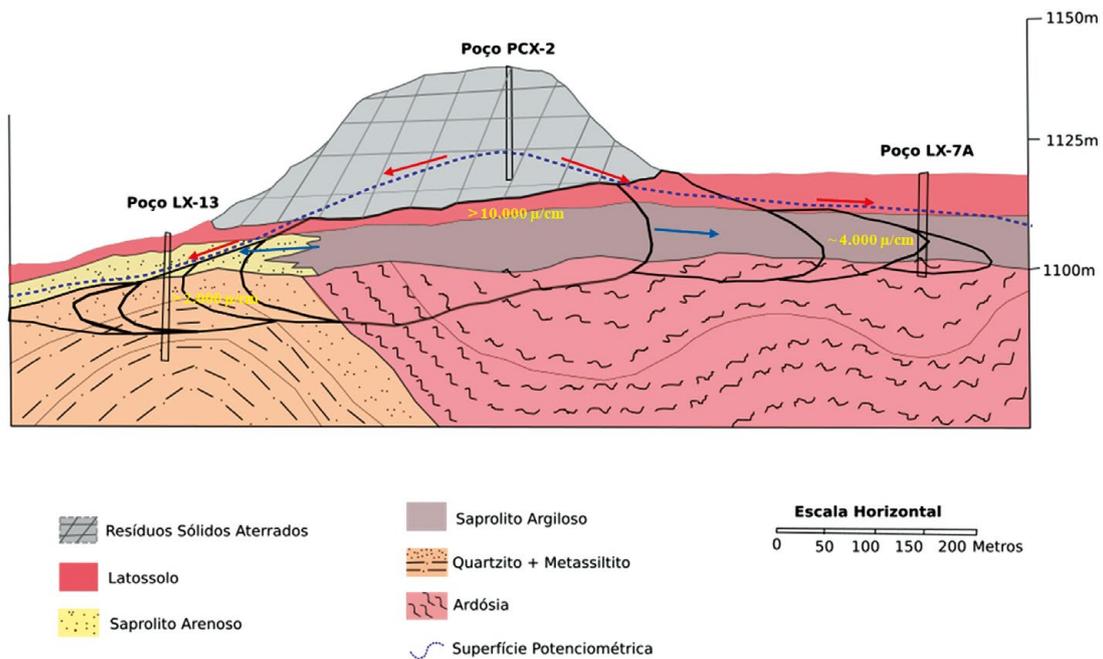


FIGURA 87 – MODELO CONCEITUAL DE FLUXO E DE TRANSPORTE DE CONTAMINANTE REPRESENTADO EM SEÇÃO TRANSVERSAL DO LIXÃO DA ESTRUTURAL. A FIGURA DESTACA O MAIOR GRADIENTE HIDRÁULICO DA PORÇÃO OESTE COM RELAÇÃO AO QUADRANTE LESTE, O QUE AUMENTA A VELOCIDADE DE FLUXO DO CONTAMINANTE, SENDO CONTROLADO PELO MATERIAL ARENOSO DO SAPROLITO EM PROFUNDIDADE, QUE APRESENTA MAIOR CONDUTIVIDADE QUE O SAPROLITO ARGILOSO PRESENTE NA PORÇÃO LESTE. OS PROCESSOS DE ATENUAÇÃO DE MIGRAÇÃO DA PLUMA SÃO MAIS EFICIENTES EM LOCAIS EM QUE O FLUXO MIGRA ATRAVÉS DAS ARDÓSIAS E SEUS PRODUTOS DE INTEMPERISMO



A pluma de contaminação afeta principalmente os aquíferos freáticos, mas pode interferir nos aquíferos profundos em zonas de maior densidade de fraturas. A maior proteção desses aquíferos dá-se pela ausência de bombeamento por poços profundos na região. O bombeamento e consequente rebaixamento da superfície potenciométrica poderiam causar inversões de fluxo e migração da contaminação para porções profundas do aquífero fraturado. Essa afirmação é corroborada pelos dados de monitoramento do poço de monitoramento P18 (poço profundo) operado pela Adasa, o qual nunca apresentou nenhum tipo de contaminação no período de monitoramento, ao contrário de seu par (poço raso), no qual a contaminação já foi determinada há vários anos.

Os dados hidrodinâmicos dos aquíferos freáticos são:

- condutividade hidráulica não saturada na superfície de 10^{-5} m/s para áreas preservadas e 10^{-6} m/s para áreas de terrenos compactadas (para os conjuntos ARG e ARN) (dados obtidos pelos ensaios de infiltração *in situ* com aplicação do método dos anéis concêntricos);
- condutividade hidráulica não saturada de 10^{-7} m/s para ambos os conjuntos de 50 a 200 cm de profundidade (dados obtidos pelos ensaios do tipo *Open End Hole*). Essa ordem de grandeza é considerada para os dois conjuntos de aquíferos freáticos, pois um solo argiloso representado por massa latossólica de textura muito argilosa recobre toda a área. Esse solo de cobertura é constituído por materiais transportados e espalhados pela ação da morfogênese e da pedogênese;

- a condutividade hidráulica não saturada e saturada dos maciços aterrados não foi determinada, contudo a descrição dos materiais durante a realização das análises gravimétricas *ex situ* indica se tratar de valores altos a muito altos, da ordem de 10^{-5} a 10^{-4} m/s (ampla presença de blocos de concreto e outros fragmentos de grande diâmetro e pequeno adensamento da pilha de rejeitos);
- condutividade hidráulica saturada da ordem de grandeza de $1,0 \times 10^{-6}$ m/s para o conjunto ARG e de $6,6 \times 10^{-6}$ m/s para os materiais classificados como ARN (dados obtidos a partir da execução de ensaios tipo *Slug Test* em 16 poços);
- a porosidade total dos materiais que compõem a zona saturada desses aquíferos intergranulares é considerada de **25%** para o conjunto ARG e de **18%** para o grupo classificado como ARN;
- a porosidade efetiva foi atribuída com base na analogia com outros sistemas similares, sendo de **5%** para os materiais argilosos (média entre a massa latossólica e o saprolito argiloso) e de **9%** para os solos/saprolitos arenosos (em razão da presença de matriz silto-argilosa nos saprolitos).
- o coeficiente de armazenamento é da ordem de 10^{-1} para todos os aquíferos rasos, uma vez que são do tipo intergranulares e livres.

O modelo de circulação das águas subterrâneas e em consequência da pluma de contaminação envolve os seguintes processos:

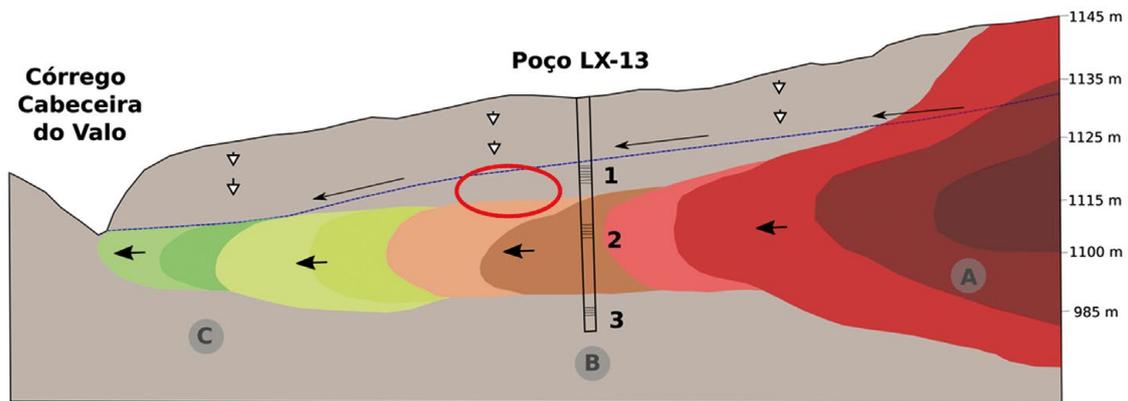
- infiltração de parcela das águas de precipitação que incidem sobre terrenos não impermeabilizados. Os dados iniciais de monitoramento da superfície potenciométrica indicam que a infiltração das águas de chuva na região é bastante efetiva. Dois argumentos embasam essa afirmação: i) restrito escoamento superficial a partir de áreas verdes (tanto no interior do Parque Nacional de Brasília quanto na poligonal da URE Estrutural e até em áreas preservadas na Cidade Estrutural - parque urbano); ii) elevação no nível freático a partir da segunda quinzena do mês de novembro (sendo o mais comum a elevação iniciar-se no mês de dezembro). Esse fato é atribuído ao grande volume de aterros em toda a região antropizada, que funciona como um colchão drenante; presença de solos estruturados nos horizontes superficiais de todas as classes de solos presentes na área;
- produção do chorume com elevadas concentrações nas áreas de maior espessura e maior volume de resíduos aterrados. A migração desse lixiviado para a porção saturada do aquífero dá-se pela própria infiltração das águas de precipitação e pelo processo de recarga natural;
- migração lateral da pluma de contaminação, uma vez que os resíduos compõem uma ampla elevação com direção N30W e cotas que podem alcançar 1.150 metros. Neste caso, a área da atual URE funciona como um divisor do fluxo, que se espalha lateralmente para oeste e sudoeste (no quadrante oeste) e para nordeste, leste e sudeste (no quadrante leste);
- nas áreas marginais à porção que teve acumulação de resíduos há transporte e diluição da pluma. A diluição da pluma ocorre por dois controles: i) pela mistura entre a pluma com águas não contaminadas em fluxo no aquífero e ii) pela recarga que acontece nas áreas marginais. Este segundo fator pode ser confirmado pela própria descrição vertical da pluma, que se mostra com baixa concentração próximo ao topo da zona saturada e apresenta maior concentração de contaminantes em maiores profundidades. Esse comportamento pode ser exemplificado pelo poço LX13 (Figura 88), em que a pluma, próximo à zona saturada, é da ordem de $158 \mu\text{S}/\text{cm}$ (da ordem de 10 metros de profundidade), a qual alcança valores superiores a $3.000 \mu\text{S}/\text{cm}$ a cerca de 18 metros e volta a diminuir a profundidade da ordem de 28 metros (outros poços com pluma concentrada apresentam esse mesmo padrão);



- homogeneização da pluma nas áreas mais distais aos centros de produção de choroume. Nas áreas marginais, a pluma torna-se homogênea no sentido de não apresentar estratificação, e os valores da condutividade hidráulica mantêm-se abaixo de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

O modelo de fluxo proposto mostra que a maior parte da pluma de contaminação com maior concentração de choroume migra para oeste/sudoeste em direção ao Córrego Cabeceira do Valo. Esse fato é controlado por dois aspectos: maior gradiente em direção ao quadrante oeste e maior condutividade dos materiais em saprolíticos em profundidades saturadas.

FIGURA 88 – DETALHE DO MODELO CONCEITUAL DE FLUXO DE CONTAMINANTE, DESTACANDO-SE AS ESTRATIFICAÇÕES LATERAL E VERTICAL DA PLUMA DE CONTAMINAÇÃO. O EFLUENTE APRESENTA MÁXIMA CONCENTRAÇÃO SOB O MACIÇO DE RESÍDUOS ATERRADOS. A CONCENTRAÇÃO DIMINUI PROGRESSIVAMENTE COM O AUMENTO DA DISTÂNCIA. O POÇO LX-13 MOSTRA UM EXEMPLO DE ESTRATIFICAÇÃO VERTICAL DA PLUMA EM QUE AS CONCENTRAÇÕES VARIAM EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DA PLUMA E SUA RELAÇÃO COM A ÁGUA DE RECARGA NATURAL DO AQUIFERO. A ELIPSE EM VERMELHO DESTACA A PORÇÃO ENTRE O TOPO DA ZONA SATURADA E A ZONA MAIS CONCENTRADA DA PLUMA, QUE RECEBE A RECARGA E DILUI A SUPERIOR DA PLUMA DE CONTAMINAÇÃO



Contaminação

- A** Zona de Produção
- B** Zona de Transporte
- C** Zona de Diluição

Condutividade Elétrica

- 1** 158 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- 2** 3.480 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- 3** 1.340 $\mu\text{S}/\text{cm}$

∇ Fluxo vertical de recarga natural

← Fluxo lateral da pluma de contaminação por choroume

← Fluxo de base

O quadrante leste, em direção ao Parque Nacional de Brasília, apresenta menor gradiente e condutividade hidráulica saturada com pelo menos uma ordem de grandeza menor que a observada nos saprolitos dos quartzitos presentes em profundidade na porção oeste. Em direção ao Parque Nacional há uma área maior afetada, porém a contaminação observada é muito diluída, tendo apenas um poço apresentado valores de condutividade elétrica do fluido da pluma maior que 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A diluição da pluma em direção ao Parque Nacional é devida à área de embargo (300 metros entre o limite dos resíduos e a cerca limítrofe) e à área protegida, que permitem ampla recarga e diminuição da concentração da pluma.

14.2 ESTIMATIVA DA VELOCIDADE LINEAR MÉDIA DO FLUXO

Para os cálculos de velocidade do fluxo subterrâneo foram utilizados dois conjuntos de poços situados entre o divisor das duas bacias hidrogeológicas existentes na área de estudo, sendo a crista do maciço de resíduos considerada a linha divisora dessas bacias. O primeiro conjunto é representado pelo poço PCX1 (no centro norte do maciço) e pelos poços LX8 e LX12, situados respectivamente a nordeste e a sudoeste. O segundo grupo de poços é integrado pelo poço PCX2 e pelos poços LX13 e LX7A (situados a sudoeste e a nordeste).

As distâncias foram medidas diretamente na imagem do *Google Earth* entre os poços centrais e os adjacentes na mesma linha de fluxo, resultando em:

- distância entre PCX1 e LX8 = 490 metros;
- distância entre PCX1 e LX12 = 350 metros;
- distância entre PCX2 e LX7A = 601 metros;
- distância entre PCX2 e LX13 = 592 metros.

Os gradientes hidráulicos relativos aos respectivos pares foram obtidos pelas relações entre as cotas da boca de cada poço e a cota da superfície potenciométrica, além de suas distâncias. Os valores são:

- gradiente entre PCX1 e LX8 = 0,0122448 (resultante de 9,0 m/490 m);
- gradiente entre PCX1 e LX12 = 0,0238571 (decorrente de 8,35 m/350 m);
- gradiente entre PCX2 e LX7A = 0,0135607 (resultante de 8,15 m/601 m);
- gradiente entre PCX2 e LX13 = 0,0383783 (correspondente a 22,79 m/592 m).

A porosidade efetiva será considerada para cada bacia, mesmo se sabendo que o limite entre os diferentes materiais pode não ser exatamente o mesmo do divisor das bacias hidrogeológicas. O número de poços não permite se determinar o contato lateral dos solos e saprolitos argilosos dos arenosos. Assim, para a bacia do leste foi considerado o valor de 5%, e para o material arenoso situado na bacia a oeste, 9%.

Considerando que os aquíferos sejam homogêneos e isotrópicos, as velocidades lineares médias de fluxo no aquífero são obtidas pela equação:

$$v = \frac{K \times \text{Grad } h}{\eta e}$$

onde: **K** – condutividade hidráulica do meio (em m/s); **Grad h** – gradiente da carga hidráulica entre os pontos de observação (m/m = adimensional); **ηe** – porosidade eficaz do meio (% = adimensional).



A aplicação da equação resulta nos seguintes produtos de velocidades médias:

- entre PCX1 e LX8 = $1,0 \times 10^{-6} \text{ m/s} \times 0,0122448 / 0,05 = 2,44896 \times 10^{-7} \text{ m/s} = 0,021159 \text{ m/dia} = 7,72 \text{ m/ano}$;
- entre PCX2 e LX7A = $1,0 \times 10^{-6} \text{ m/s} \times 0,0135607 / 0,05 = 2,71214 \times 10^{-7} \text{ m/s} = 0,0234328 \text{ m/dia} = 8,55 \text{ m/ano}$;
- entre PCX1 e LX12 = $6,6 \times 10^{-6} \text{ m/s} \times 0,0238571 / 0,09 = 1,749501 \times 10^{-6} \text{ m/s} = 0,1511585 = 55,17 \text{ m/ano}$; e
- entre PCX2 e LX13 = $6,6 \times 10^{-6} \text{ m/s} \times 0,0383783 / 0,09 = 2,8144087 \times 10^{-6} \text{ m/s} = 0,2431649 \text{ m/dia} = 88,75 \text{ m/ano}$.

Os valores de velocidades obtidos devem ser considerados com reservas e não podem ser aplicados a todo o tempo de operação do Lixão da Estrutural em razão dos seguintes antecedentes e argumentos:

- o gradiente hidráulico atual é muito maior que o observado em épocas anteriores antes de se verticalizar a operação do aterro e se elevar o maciço de resíduos;
- os valores obtidos não consideram nenhum processo de atenuação e retardo pelos materiais que compõem o aquífero (argilas, estruturação do solo, presença de matéria orgânica, mesmo que em pequenas proporções, entre outros);
- a possibilidade de os aquíferos não serem propriamente isotrópicos e homogêneos; e
- incertezas nas determinações dos parâmetros: condutividade hidráulica e porosidade efetiva (mesmo se considerando que os valores aplicados sejam bastante coerentes com o tipo de aquífero em estudo).

De qualquer forma, as ordens de grandeza obtidas são coerentes com o que é observado na região, uma vez que a contaminação já alcançou o Córrego Cabeceira do Valo, situado a distâncias variáveis entre 200 e 500 metros dos limites sudoeste do Lixão da Estrutural. Por sua vez, a contaminação não alcançou as nascentes do Córrego do Acampamento, situado a distâncias variáveis entre 800 e 1.200 metros dos focos de contaminação mais críticos (porção sudeste do aterro atual).

Para percorrer uma distância de 1.000 metros nos aquíferos do grupo ARG (no sentido da cabeceira do Córrego do Acampamento) seriam necessários mais de cem anos. Esse tipo de análise não considera a possível presença de anisotropias no aquífero, gerando situações com maiores valores de condutividade hidráulica e diminuindo o tempo de transporte do contaminante.

14.3 BALANÇO HÍDRICO PRELIMINAR

Segundo Fitts (2002), toda água que flui em um curso d'água natural tem origem na precipitação (chuva ou gelo/neve), mas a água segue várias rotas até alcançar os corpos hídricos subterrâneos. Uma parcela flui diretamente sobre a superfície do solo até um canal por meio do escoamento superficial, e parte infiltra-se no solo e migra lateralmente até um canal pelo processo denominado de interfluxo. Outra parte infiltra-se até maiores profundidades, armazena-se na porção saturada dos aquíferos, podendo migrar lateralmente a partir da superfície freática para descarregar de volta à superfície em um corpo hídrico de superfície (nascente, lago ou canal) através do chamado fluxo de base.

Se os solos apresentarem baixa permeabilidade, a maior parte da precipitação não se infiltra, e o fluxo de base representará apenas uma pequena parte da descarga do córrego. No entanto, se as coberturas de solos na bacia de um curso d'água apresentarem elevada condutividade hidráulica, como é o caso da



região em estudo, o fluxo de base pode representar grande parte da descarga onde ocorrem córregos perenes, que apresentam um fluxo de água considerável, sendo o fluxo de base o único contribuinte para as vazões nos períodos de seca.

Tendo em vista esses conceitos, foi proposto neste trabalho um balanço hídrico preliminar para a área do Lixão da Estrutural. De forma análoga a trabalhos anteriores realizados no Distrito Federal (COIMBRA, 1987; CARMELO, 2002) foi atribuída precipitação média de 1.400 mm/ano, sendo que 630 mm/ano se infiltram no solo e 770 mm/ano são perdidos por evapotranspiração. Do total infiltrado, parte flui pelo fluxo interno até chegar à zona de descarga, e outra parte é responsável pela recarga freática (450 mm/ano) dos sistemas aquíferos freáticos ARG e ARN, os quais são reservatórios intergranulares que contêm as zonas contaminadas. Além disso, esses aquíferos são responsáveis pela alimentação dos sistemas fraturados em profundidade. O escoamento superficial foi considerado desprezível devido ao relevo plano e pela alta capacidade de infiltração das coberturas da área de estudo, incluindo latossolos e aterros.



15 CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DAS ÁREAS ADJACENTES À URE

Este item apresenta a caracterização geotécnica dos perfis de solo-saprolito em áreas adjacentes ao Lixão da Estrutural. As avaliações exibidas são baseadas na análise de 163 perfis de sondagens do tipo SPT (*Standard Penetration Test*), tendo 156 sondagens sido produzidas pela empresa DSoares Empreendimentos e Construções (no ano de 2018) e sete pela Empresa Água & Terra Consultoria Ambiental (no ano de 2007).

O objetivo deste laudo técnico é avaliar as condicionantes para ocupação da área adjacente ao aterro (em suas porções mais antiga e mais recente) por edificações coletivas de maior porte previstas em projeto, a serem localizadas imediatamente nas margens das áreas utilizadas para aterro de resíduos sólidos.

15.1 AVALIAÇÃO GEOTÉCNICA

O ensaio tipo SPT consiste no impacto de um peso padrão de 65 kg e na contagem do número de golpes para penetração de 30 cm no solo/saprolito. O peso acoplado a uma corda é erguido até 75 cm de elevação com auxílio de um tripé e uma roldana e solto em queda livre sob ação da gravidade.

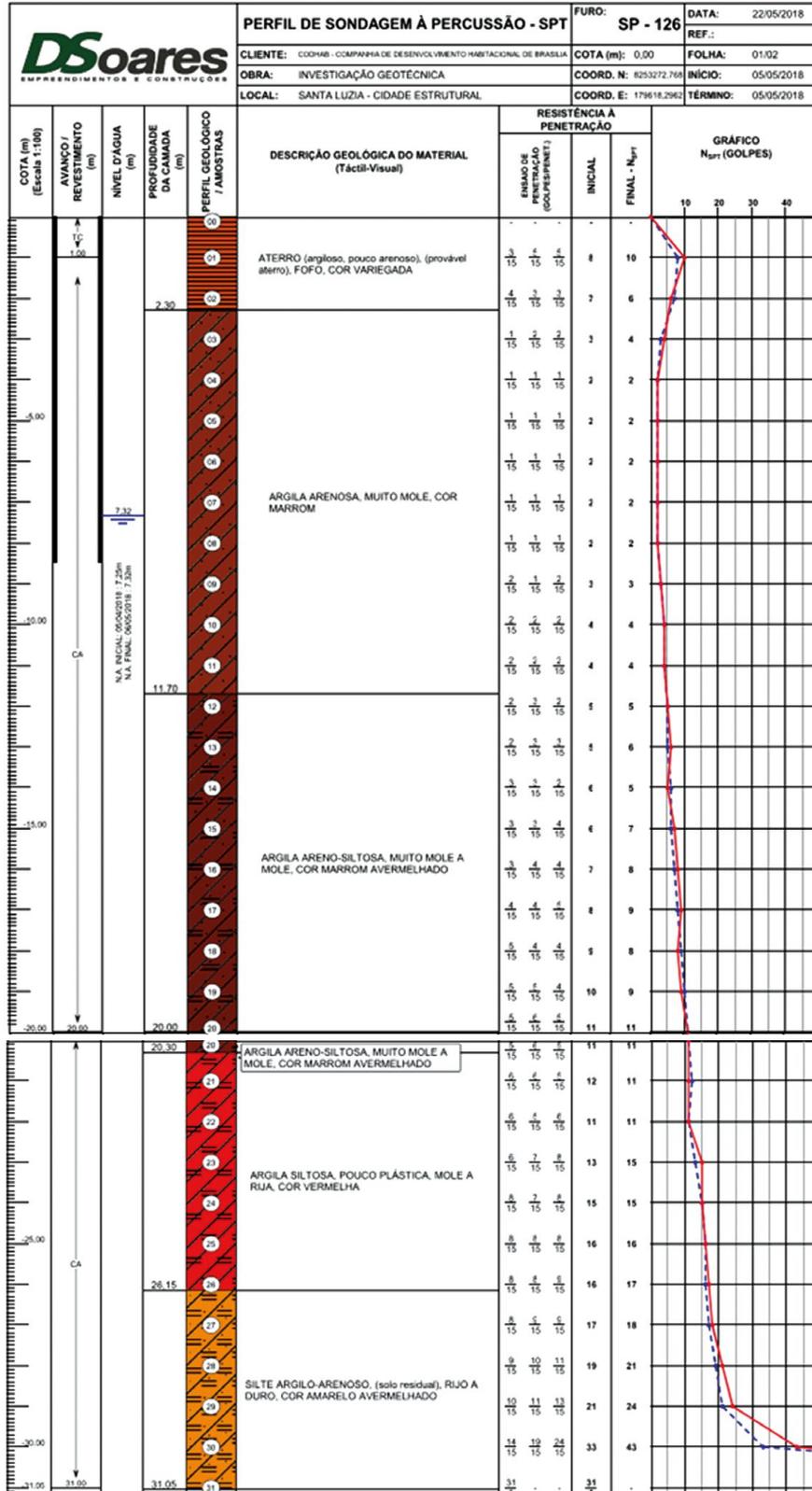
Os dados são organizados em perfis que trazem a descrição tátil-visual do material interceptado, profundidade do nível d'água, resistência do material e número de golpes para avançar a profundidade padrão. A Figura 89 traz um exemplo de um *log* de sondagem SPT realizado no Lixão da Estrutural.

Sondagens SPT foram realizadas em locais adjacentes aos limites sudoeste e sudeste do Lixão e em direção a sudeste em área que no passado foi utilizada para aterrar resíduos sólidos. Em toda a faixa em que as sondagens foram realizadas existe a comprovação da presença de contaminação por chorume em profundidade. A existência do chorume é corroborada pelos estudos geofísicos e confirmada pelos poços de monitoramento instalados durante a realização deste trabalho.

A avaliação do conjunto de perfis disponíveis permite sintetizar as seguintes informações:

- o lixo representa material com alta penetrabilidade e muito heterogêneo (muitas vezes contendo blocos de concreto e outros resíduos de obras) e nos locais estudados apresentam pequenas espessuras (< 4 metros);
- a maior parte da seção dos espessos latossolos argilosos da área apresenta alta penetrabilidade, em geral até profundidades maiores que 20 m;
- em grande parte das sondagens os índices SPT maiores ou iguais a 20 ocorrem a profundidades variáveis de 18 a 32 metros. Considerando índices SPT menores ou iguais a 10, as profundidades variam de 13 a 29 metros, e na maior parte das sondagens essa profundidade é maior que 20 metros;

FIGURA 89 – EXEMPLO DE PERFIL SPT EXECUTADO EM PONTO ADJACENTE À URE NA CIDADE ESTRUTURAL



PARTE I: DIAGNÓSTICO DE CONTAMINAÇÃO E PROPOSTA DE REMEDIAÇÃO DO ANTIGO LIXÃO DA ESTRUTURAL



- a seção com baixa penetrabilidade/impenetrável se dá de forma abrupta, em geral já em material saprolítico ou no contato com a rocha alterada;
- a maior resistência do solo começa a ocorrer em profundidades médias de 20 a 25 metros, principalmente em áreas com maiores concentrações de chorume;
- é possível inferir que o horizonte de alteração, que gera o solo, não é homogêneo, apresentando níveis menos ou mais compactados;
- o horizonte mais resistente é o horizonte C, que apresenta uma resistência de 30-40 devido, provavelmente, à presença de pequenos aglomerados de argila dura ou material inconsolidado proveniente da alteração da ardósia.

Além dos dados anteriormente enumerados é possível afirmar que o chorume produzido pela decomposição dos resíduos sólidos enterrados e empilhados na região causa efeitos deletérios à ardósia e seu saprolito. Esse ataque do efluente ao material geológico é associado às propriedades do chorume, que apresenta alta densidade, pH desde alcalinos até ácidos, condições redutoras, além de gases dissolvidos. Os solos e os saprolitos saturados pelo chorume tomam um comportamento mais plástico que aqueles não afetados.

As modificações artificiais das propriedades geotécnicas dos solos e dos saprolitos são responsáveis pela alta penetrabilidade observada na maior parte das sondagens SPT.

Considerando-se a análise dos perfis das sondagens fica claro que as obras eventualmente construídas nessas áreas que necessitarem de fundações profundas deverão cogitar os riscos decorrentes da presença do chorume em profundidade. Como o chorume ataca os solos e os saprolitos naturais, também apresenta potencial para atacar as fundações nas porções em que essas estruturas estiverem instaladas na zona saturada do aquífero freático local.

Os dados mostram que a viabilidade técnica e econômica de qualquer tipo de fundação (tubulões, estacas cravadas, tipo Strauss, etc.) utilizada como alternativa para obras de maior porte na região deverá ser avaliada. Em princípio pode-se afirmar que mesmo que exista viabilidade técnica os custos poderão ser um impedimento, pois as fundações tenderão a ser muito mais profundas que as instaladas em áreas naturais sem a percolação de grandes volumes de chorume, como é o caso em questão.

Além do ataque pelo chorume há ainda riscos adicionais, como a produção de gases, recalques laterais e o rompimento da estrutura dos solos adjacentes às áreas das edificações, uma vez que as edificações previstas estão situadas muito próximas ao limite do aterro, e em muitos casos sobre áreas nas quais já foram acumulados resíduos sólidos.

15.2 IMPLICAÇÕES PARA USO FUTURO DA ÁREA

Após avaliação de mais de 150 perfis de sondagens geotécnicas realizadas em áreas adjacentes ao Lixão da Estrutural pode-se afirmar que:

- as fundações de edificações de três ou quatro pavimentos nas áreas adjacentes ao Lixão da Estrutural deverão ter, em locais específicos, mais de 15 metros de profundidade. As obras dessas fundações deverão ter sua viabilidade econômica comprometida em função da relação custo/benefício, por se tratar de imóveis para atendimento de demandas sociais e, portanto com baixo valor de mercado;



- a presença de grande volume de chorume de alta concentração provavelmente afeta as características geotécnicas naturais dos solos e dos saprolitos que ocorrem às margens das áreas de aterro de resíduos sólidos. Dentre as feições modificadas destacam-se maior penetrabilidade (observada em ensaios tipo SPT) e aumento da plasticidade do material;
- caso se considere a alternativa de ocupar a área, mesmo após as análises de viabilidade técnica e econômica a escolha do tipo de fundação deve atentar para o fato de na região existir chorume com diferentes concentrações na zona saturada do aquífero.

Com relação à área atualmente ocupada na forma de invasões desordenadas, composta por barracos de madeira e algumas construções de pequeno porte de alvenaria, no conjunto denominado de “Santa Luzia” pode-se afirmar que:

- o risco de desenvolvimento de patologias geotécnicas é restrito devido ao fato de se tratar de edificações de pequeno porte com fundações rasas (ao nível da superfície), quando existentes;
- nos casos em que o abastecimento é feito por meio de poços escavados (cisternas) há o risco eminente de contaminação, pois o bombeamento deve capturar zonas de chorume progressivamente mais concentrado com o aumento da profundidade;
- a remoção da ocupação deve ser considerada uma prioridade, pois já afeta o Parque Nacional de Brasília, com a eliminação da cerca limítrofe, acúmulo de resíduos sólidos e direcionamento de efluentes por escoamento superficial em direção à cabeceira do Córrego do Acampamento.

A fragilidade geotécnica dos materiais de subsolo nas adjacências do aterro é evidenciada pelo índice SPT igual ou inferior a 6, que ocorre até a profundidades próximas a 10 metros e não raramente até a 15 metros de profundidade.

Para a ocupação da área do Lixão da Estrutural propriamente dita (cerca de 200 hectares) para qualquer fim (exemplo: geração de energia fotovoltaica, instalação de usina heliotérmica, com combinação de aproveitamento do gás e energia solar, dentre outros) a área deverá ser previamente reabilitada, conforme preconizado pela Resolução Conama 420 de 28 de dezembro de 2009. Neste caso, o uso pretendido deverá ser informado ao Instituto Brasília Ambiental (Ibram), que deverá decidir sobre a viabilidade de ocupação da área com base no diagnóstico ambiental, na análise de risco, nas ações propostas para reabilitação e no zoneamento do uso do solo.





16 COMENTÁRIOS SOBRE O PRIMEIRO WOKSHOP DE DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO PROJETO

No dia 10 de dezembro de 2020 ocorreu o primeiro *workshop*, intitulado Diagnóstico e Técnicas de Tratamento de Efluentes – Remediação do Antigo Lixão da Estrutural, que apresentou os resultados do diagnóstico ambiental da área do Lixão da Estrutural e discutiu experiências expostas por outros pesquisadores na gestão de antigos lixões, inclusive experiências internacionais de usos de áreas de antigos lixões. O evento foi organizado pela equipe da Secretaria de Meio Ambiente do Distrito Federal com apoio logístico da empresa Prismati. Todos os dados sobre o evento estão no Anexo 3, que contém o relatório detalhado do *workshop*.

Além de diversas autoridades que compuseram a mesa de abertura e participaram das discussões foram palestrantes os seguintes pesquisadores:

- Prof. **José Eloi Campos** (Instituto de Geociências da Universidade de Brasília) – *Diagnóstico ambiental do Lixão da Estrutural*;
- Dr. **Elton Gloeden** (gerente do Departamento de Áreas Contaminadas da Cetesb) – *Gerenciamento de áreas contaminadas no Estado de São Paulo*;
- Eng. químico **Antônio Mallman** (Empresa M2K) – *Tratamento físico-químico com osmose reversa*;
- Profa. **Cecília Herzog** (Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro) – *Transformando lixões em parques multifuncionais*.

O encerramento do evento contou com a realização da mesa de discussão intitulada Diretrizes para Remediação do Antigo Lixão da Estrutural, que contou com a participação dos seguintes técnicos:

- Dr. **Roberto Carlos Batista** (promotor do Ministério Público do Distrito Federal e Territórios, MPDFT);
- **Heliana Kátia** (vice-presidente da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – Abes);
- **Rômulo Barbosa** (diretor-adjunto do Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal – SLU);
- **Élen Dânia** (superintendente de Resíduos Sólidos, Gás e Energia da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal – Adasa);
- **Sandro Lima** (diretor de Emergências, Riscos e Monitoramento do Instituto Brasília Ambiental – Ibram); e
- **Elisa Meirelles** (assessora especial da Secretaria de Meio Ambiente do Distrito Federal – Sema/DF).

Nessa mesa de discussão foi possível ouvir a opinião dos representantes das distintas instituições envolvidas com a questão dos passivos ambientais do Lixão da Estrutural e como esses órgãos podem contribuir para acelerar a solução dos problemas. Em princípio, o MPDFT e o Ibram devem ser os organismos de cobrança das ações; o SLU deve estar à frente da execução das ações de solução propriamente ditas, inclusive com indicação de recursos financeiros para viabilizar a execução das tarefas; a Adasa pode atuar como instituição reguladora, por exemplo, para viabilizar cobranças vinculadas às taxas de limpeza urbana para que recursos possam ser canalizados para a solução dos passivos; e a Sema/DF deve ser a entidade do Governo do Distrito Federal para acompanhar a implantação das ações, bem como avaliar sua eficiência.

Esse primeiro *workshop* alcançou os objetivos no sentido de mostrar os resultados do diagnóstico ambiental da área do Lixão e de agregar informações e experiências de outras áreas com problemas similares. Nesse sentido, foi um evento muito rico em que os participantes tiveram a real possibilidade de



aprendizado de novos dados, informações e aplicações sobre o Lixão da Estrutural e sobre outras áreas com problemas similares.

Entretanto, quanto à aplicação dos resultados das experiências de outras áreas, no Lixão da Estrutural, em princípio, não foi possível vislumbrar um paralelo entre os problemas, de forma que a replicação das ações discutidas para o estudo de caso no Distrito Federal é considerada limitada. Uma questão verificada é que a aplicação direta de experiências bem-sucedidas em outras áreas nem sempre é viável, sendo necessárias inúmeras adaptações e avaliações de custos para examinar sua aplicabilidade.

O Dr. Elton Gloeden apresentou amplas estatísticas sobre as áreas contaminadas no Estado de São Paulo, indicando que existem passivos ambientais relacionados a antigos lixões e aterros controlados, porém a maior parte dos casos relaciona-se a postos de combustíveis e áreas industriais. Ainda inseriu as ações genéricas realizadas nas áreas afetadas, que incluem: cadastro dos casos, monitoramento, cadastro dos usuários de água subterrânea nas imediações dos casos e acompanhamento da remediação *in situ*.

O engenheiro químico Antônio Mallman apresentou em detalhes a planta de tratamento de chorume com base em métodos convencionais, com a inclusão da técnica de osmose reversa. Mostrou ainda que a água produzida após o tratamento apresenta qualidade compatível com o que é preconizado pela legislação. No entanto, informou que o custo final do tratamento alcança R\$ 87,00 por metro cúbico de chorume tratado, o que inviabiliza a aplicação da técnica apresentada para o Lixão da Estrutural. Mas no Lixão da Estrutural não se pretende tratar o chorume bruto, e sim o efluente obtido pela migração da pluma de contaminação no aquífero freático, que é composto por um material com menor toxidez e concentração, comparado ao chorume produzido na zona central do antigo lixão.

A professora Cecília Herzog mostrou inúmeros casos internacionais em que antigas áreas de disposição de resíduos sólidos foram transformadas em parques urbanos de usos múltiplos (inclusive para educação ambiental). Contudo, os exemplos e a filosofia apresentados não são aplicáveis ao estudo de caso do Distrito Federal, uma vez que a área do Lixão da Estrutural está intrinsecamente associada a uma área urbana consolidada de elevada densidade e uma ocupação irregular ("Comunidade" de Santa Luzia), além de se situar em área limítrofe de uma Unidade de Conservação Ambiental Federal de Proteção Integral (Parque Nacional de Brasília), que apresenta restrições a distintos tipos de usos em sua área de amortecimento.



17 PRINCIPAIS AÇÕES PARA REMEDIAÇÃO DOS PASSIVOS AMBIENTAIS

Embora este relatório técnico se dedique a apresentar o diagnóstico ambiental da área do Lixão e adjacências, o Termo de Referência que norteia sua execução solicita a indicação dos principais aspectos que necessitam ser enfrentados na proposta de remediação dos impactos enumerados a fim de subsidiar e referenciar a tomada de decisão pelo Governo do Distrito Federal nas estratégias de enfrentamento do passivo ambiental da área.

A seguir são apresentadas de forma sucinta as ações que devem ser consideradas para mitigação e remediação do passivo:

- I. Estabilização da migração da pluma de contaminação da água subterrânea a partir do bombeamento, o que deverá manter cones de depressão em locais estratégicos para evitar a continuação da propagação da contaminação em direção aos cursos d'água superficiais.

O material extraído das baterias de poços de rebaixamento deverá ser depurado em estações de tratamento de efluentes específicas que contemplem a natureza e a concentração dos poluentes. Após o tratamento, a água deverá ser lançada no Córrego Vicente Pires (a jusante da confluência dos córregos Cabeceira do Valo e Cana do Reino). Estudos relativos à capacidade de depuração do Córrego Vicente Pires, com relação à qualidade do efluente tratado, deverão ser realizados antes de se iniciar o lançamento. Como não existam condições técnicas ou viabilidade econômica para o tratamento dos efluentes bombeados a partir dos aquíferos freáticos, estes deverão ser reinjetados no maciço de resíduos, de forma que recirculem para ampliar e maximizar a capacidade de atenuação natural dos aquíferos rasos (incluindo suas zonas não saturada e saturada).

- II. Aplicação de técnicas de fitorremediação na faixa de 300 metros de largura situada entre o extremo leste do maciço de resíduos e a cerca do Parque Nacional de Brasília (região denominada de "área embargada", em que os resíduos anteriormente acumulados foram parcialmente retirados).

A execução desta técnica de remediação deverá incluir as seguintes ações: supressão da vegetação secundária exótica que se estabeleceu na área (com ampla predominância de leucena, margaridão e mamona); reconformação do relevo local (sem a importação de terras, apenas com a quebra dos taludes ainda existentes) e revegetação da área com uso de espécies arbóreas nativas do cerrado e de mata galeria. A revegetação dessa faixa de 60 hectares resultará no aumento da proteção da área do Parque Nacional de Brasília. Esta ação tem potencial para minimizar a propagação de particulados atmosféricos; ampliar a retenção do escoamento superficial; diminuir os riscos de incêndios florestais que são nucleados na área e adentram em direção ao parque e atenuar a dispersão de gramíneas exóticas (principalmente brachiaria), que atualmente já entram na área do Parna de Brasília.

- III. Enclausuramento das zonas principais de geração do chorume com sua impermeabilização, instalação de sistemas de drenagem das águas pluviais e direcionamento para infiltração nas zonas marginais do maciço de resíduos. Esta ação deverá minimizar a produção de chorume primário, o que, em conjunto com o bombeamento, facilitará a recuperação dos aquíferos contaminados.

A impermeabilização da porção superior do maciço de resíduos poderá ser alcançada com solos argilosos de áreas de bota-fora de obras civis, com compactação até ser obtida uma condutividade hidráulica da ordem de 10^{-8} m/s. Os sistemas de drenos superficiais poderão ser construídos com o uso de canaletas em gabiões, em concreto por meias-manilhas ou em concreto armado (deve-se priorizar a solução com menor custo de implantação). As áreas prioritárias para implantação desta ação estão localizadas na porção centro-norte da atual Unidade de Recebimento de Entulhos.



- IV.** Cercamento e isolamento de toda a área para evitar a presença de pessoas e animais domésticos, comumente observados no interior da URE.

Esta ação deve ampliar a segurança na área, inclusive para que as ações de mitigação necessárias sejam viabilizadas. Por exemplo, sem a segurança devida, as obras e os equipamentos utilizados para a contenção da pluma de chorume não poderão ser instalados, sob o risco de depredação das estruturas e de roubo de equipamentos (bombas, cabos elétricos, quadros de comando, etc.).

- V.** Manutenção, com maior eficiência, da queima dos gases produzidos pela decomposição dos resíduos orgânicos, os quais são atualmente drenados por sistemas de manilhas preenchidas por blocos de rocha. Atualmente são observados inúmeros drenos com escape de gases diretamente para a atmosfera, sem a devida queima.
- VI.** Por fim, deve-se dar uma destinação adequada para o uso sustentável da área, tendo em vista a população residente na área urbana da Cidade Estrutural (a sul e a sudoeste) e a presença do Parque Nacional de Brasília (a leste).

Os dados obtidos deste diagnóstico ambiental relativos à composição dos resíduos e as informações sobre testes de poder calorífico da queima dos resíduos indicam que a geração de energia pela combustão dos resíduos tem viabilidade restrita. Esses elementos, associados à indisponibilidade de “resíduos novos” para a blendagem com os “resíduos antigos”, em uma taxa de 3 para 1 ou maior, corroboram a dificuldade para uso dos resíduos aterrados como fonte de energia.

Alternativas para uso da área como parques urbanos ou de múltiplos usos, como realizado em outros países, não parecem ser viáveis para o caso específico da área em estudo em virtude da presença urbana em área imediata e da existência do Parque Nacional de Brasília em área contígua, por se tratar de uma área de conservação ambiental categorizada como Unidade de Proteção Integral (neste caso, com restrições a diversos usos em sua área também).

Assim, um uso preliminarmente proposto para a área principal da atual URE da Estrutural seria para instalação de uma usina de produção de energia elétrica com fonte fotovoltaica. Essa alternativa, que prevê um uso associado à geração de recursos financeiros pela venda da energia produzida, poderia ser a forma para viabilizar economicamente a recuperação ambiental da área como um todo (a partir da reversão de parte dos dividendos para custeio das ações de intervenção para mitigar os impactos ambientais que afetam a área).

Essa alternativa de uso futuro da área inclusive converge em alguns aspectos necessários à recuperação do passivo ambiental no sentido de gerar recursos para custear as ações ambientais (desde a fase de implantação até a operação das atividades); ampliação da segurança necessária para minimizar riscos de vandalismo e furtos de equipamentos; e eliminação do risco de ocupação da área por invasões para urbanização irregular (a exemplo do que é observado na atual ocupação de “Santa Luzia”).

A viabilização dessa alternativa pode, inclusive, ser realizada sob as regras de parcerias público-privadas (PPPs) ou concessões a serem estabelecidas entre o Governo do Distrito Federal e empresas de geração e distribuição de energia elétrica.

Essas propostas são apresentadas preliminarmente de forma sucinta, mas deverão ser detalhadas com: apresentação de resultados de projetos pilotos, proposição de localização de baterias de poços, resultados de testes hidráulicos em poços de monitoramento (previamente instalados), tratamento de água subterrânea contaminada com aplicação de técnicas alternativas e demais aspectos intervenientes e necessários para esclarecimento das sugestões enumeradas. Além dos resultados dos projetos pilotos será realizada uma análise sobre a viabilidade econômica das ações preconizadas.





18 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi avaliado o diagnóstico ambiental da área do Lixão e adjacências, incluindo parcela do Parque Nacional de Brasília e poligonal urbana da Cidade Estrutural. Alguns resultados indicam valores menores que os esperados, pois quando se observa a área em que os resíduos foram aterrados e que ainda recebe entulhos, restos vegetais de podas de árvores e outros resíduos seriam esperados impactos ambientais globais mais significativos. Os principais atenuadores dos problemas ambientais gerados pelo antigo Lixão da Estrutural são devidos aos tipos de resíduos acumulados e à resiliência da natureza. Para a determinação dos limites de contaminação das águas subterrâneas e das concentrações do contaminante foram integrados os resultados dos estudos geofísicos e hidroquímicos. Os dados hidroquímicos corroboram integralmente as informações geradas pelo método geofísico de tomografia elétrica (eletrorresistividade), com os valores de resistividade elétrica inferiores a 1.000 Ω/m representando algum tipo de contaminação em subsuperfície.

A instalação dos 22 poços de monitoramento e a utilização dos poços existentes permitiram verificar a heterogeneidade da pluma de contaminação, que apresenta condutividade elétrica maior que 10.000 $\mu S/cm$ na área principal do maciço e redução progressiva quando se afasta da região com a maior espessura de resíduos, alcançando valores da ordem de 50 $\mu S/cm$ nas zonas externas da pluma de contaminação.

Com relação à contaminação dos aquíferos freáticos, o antigo Lixão é responsável por afetar uma área de cerca de 600 hectares. Entretanto, a contaminação é apenas crítica sob o maciço de lixo e em suas adjacências, sofrendo rápida diluição a partir da infiltração das águas de recarga natural. A contaminação é maior em direção a oeste e a sudoeste, uma vez que para esse quadrante o gradiente é maior e a condutividade hidráulica do meio é da ordem de 10^{-6} m/s em função da presença do aquífero do Subsistema S/A do Sistema Paranoá. Com relação aos quadrantes norte e sudeste, adentrando a poligonal do Parque Nacional de Brasília a contaminação sofre forte atenuação em função dos seguintes fatores: i) menor gradiente natural, que minimiza a velocidade de migração da pluma; ii) excelentes condições de recarga natural, que permitem anualmente a entrada de grande volume de águas de chuvas com excelente qualidade; e iii) presença de ardósias e solos com textura muito argilosa (latossolos e gleissolos). Em direção ao sul, para o interior da área urbana a contaminação é minimizada, pois nessa região nunca foram disposto grandes volumes de resíduos, tendo sido operado um sistema com células rasas, em que os resíduos eram compactados e aterrados (o que não permite a produção de grandes volumes de chorume de grande densidade). Contudo, mesmo sendo de baixa concentração a contaminação ocupa grande parte dos aquíferos freáticos situados na área urbana, e essas águas não são adequadas para o abastecimento humano.

Os principais indicadores da contaminação oriunda da degradação dos resíduos incluem: amônia, DQO (demanda química de oxigênio), cloreto, sódio, cálcio e magnésio. Os metais pesados ocorrem sempre abaixo dos valores de intervenção e se mostram, na maior parte das análises, menores que os limites de detecção dos métodos analíticos.

Em decorrência da dinâmica de evolução e da migração das plumas de contaminação do aquífero freático, a conseqüente poluição dos recursos hídricos superficiais é atenuada. A pluma de contaminação migra em direção às nascentes dos Córregos Cabeceira do Valo e Acampamento e do Ribeirão Bananal. Os dados atuais indicam que a cabeceira do Ribeirão Bananal ainda está totalmente preservada da contaminação pela pluma de chorume, e as águas apresentam qualidade de água bruta potável (classificada como Classe Especial). A nascente do Córrego do Acampamento já apresenta os primeiros efeitos da chegada da pluma de contaminação. No entanto, nessa região a pluma alcança a zona de descarga com baixíssima concentração de contaminantes. A área em que a pluma migra para o interior da área do Parque Nacional é responsável pela diluição desta, podendo baixar a concentração da contaminação da ordem de 1.000 mg/L para valores da ordem de 20 mg/L de contaminantes.



A contaminação dos solos também apresenta um padrão inferior à expectativa quando são observadas as porções superficiais dos perfis pedogenéticos na região do Lixão e adjacências. Quando são avaliadas as terras em aterros e áreas que tiveram decapeamento da superfície se observa grande volume de resíduos, com destaque para fragmentos de vidro, restos de plástico, fragmentos de metais e acúmulo de matéria orgânica (coloração escura). Entretanto, quando são avaliados os resultados de análises químicas de solos coletados próximos à superfície e a profundidades de até 60 cm são verificados restritos teores de metais biodisponíveis (cuja extração para análise foi feita pelo método Mehlich 1). Dentre os principais indicadores de contaminação em áreas situadas no perímetro do Lixão destacam-se cálcio, magnésio, ferro, cobre e chumbo. Quando é avaliado o conteúdo total de metais (com extração por fusão total a elevada temperatura) o cenário não se modifica, sendo observados apenas maiores teores globais de metais e outras substâncias.

A contaminação dos solos não pode ser vista apenas pelos conteúdos anômalos de metais. Nesse sentido, é possível confirmar a contaminação por efluentes de áreas urbanas não consolidadas (com percolação de efluentes não tratados), por acúmulo de resíduos em áreas urbanas e periurbanas e por agrotóxicos e fertilizantes nas áreas de produção agrícola intensiva com uso de irrigação. A associação de todas as fontes de contaminação, incluindo as acumulações de resíduos, comumente observadas no interior da área urbana, resulta em uma ampla poligonal com problemas de qualidade dos solos.

Com relação à contaminação atmosférica, na região em estudo são consideradas quatro fontes de poluição: i) gases de efeito estufa, com destaque para o metano; ii) particulados totais em suspensão; iii) fumaça de queimadas florestais e de resíduos sólidos; e iv) gases de combustão de motores a diesel (com intenso trânsito na área do lixão e área urbana adjacente). Dados preliminares de medição em 70 drenos verticais de gases indicam valores médios de 38% de metano (em percentual por volume) e de 33% de dióxido de carbono (DEL'REY, 2020).

O volume de rejeito acumulado na área do Lixão (incluindo o período em que operou como depósito de lixo urbano e na fase atual de recebimento de entulhos) é de 26.904.613,05 m³, o que resulta em uma massa de resíduos de 26.248.140 toneladas, considerando a densidade média de 0,9756 g/cm³. Essas estimativas foram baseadas em análises gravimétricas do rejeito acumulado e no Modelo Digital de Elevação do maciço de rejeitos.

O modelo conceitual de fluxo mostra que a pluma é atualmente gerada na porção central norte do maciço de resíduos e se espalha segundo o gradiente hidráulico para os quadrantes oeste/sudoeste e leste/sudeste. Como a oeste ocorrem saprolitos arenosos com maior condutividade hidráulica e o gradiente da carga hidráulica é maior, a maior parte do efluente com maior concentração migra para essa região. A análise da contaminação que migra em direção ao Parque Nacional de Brasília apresenta baixa densidade em função da maior atenuação decorrente da menor velocidade média de fluxo (que resulta em maior tempo de contato do efluente com o reservatório) e do maior volume de recarga natural (que resulta em maior diluição da pluma).

A caracterização geotécnica preliminar baseada na avaliação dos ensaios de penetração no solo do tipo SPT mostra que as condições do terreno não são adequadas para a construção de edificações de maior porte. Os dados de SPT indicam índices muito baixos (menores que sete) até profundidades de 12 a 15 metros, o que deverá onerar os custos das fundações para eventual edificação de prédios de três ou quatro pavimentos.

Com relação às ações para mitigar os efeitos deletérios enumerados neste diagnóstico, deverão ser consideradas no mínimo as seguintes ações:



- estabilização da migração da contaminação a partir do bombeamento, o que deverá manter cones de depressão em locais estratégicos para evitar a continuação da migração da pluma de contaminação em direção às nascentes. Esta ação deve ser seguida por duas alternativas: tratamento do efluente recuperado da pluma e lançamento em curso d'água superficial ou reinjeção do efluente no maciço de resíduos;
- revegetação da "faixa embargada" com uso de espécies arbóreas nativas, precedida da supressão da vegetação exótica secundária e reconformação do relevo. A proteção dessa área resultará no aumento da proteção da área do Parque Nacional de Brasília;
- isolamento das zonas principais de geração do chorume com sua impermeabilização e direcionamento da água de drenagem superficial para infiltração nas zonas externas ao maciço de resíduos. Esta ação deverá minimizar a produção de chorume primário, o que, em conjunto com o bombeamento, facilitará a recuperação dos aquíferos contaminados;
- cercamento eficiente de toda a área para evitar a presença de pessoas e animais domésticos (cavalos e cachorros), comumente observados no interior da URE;
- manutenção, com maior eficiência, da queima dos gases produzidos de forma intermitente pela decomposição do maciço de resíduos, os quais são atualmente drenados pelos sistemas de manilhas preenchidas por blocos de rocha.



19 REFERÊNCIAS

- ABBAS, A. A. *at al.* Review on landfill leachate treatment. *Am. J. Appl. Sci.*, n. 6, p. 672-684, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA (BGE). *Ensaio de permeabilidade em solos: orientações para sua execução no campo*. Boletim n. 4, São Paulo, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Norma Brasileira 10.007. Amostragem de resíduos sólidos, 2004, 25p.
- ABREU, F. *Estudo e avaliação da contaminação das fontes do Parque Nacional de Brasília*. 2001. 123p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília (inédito), Brasília, 2001.
- ALMEIDA, E. A. P. *Avaliação do potencial da espécie Vetiveria Zizanioides na fitorremediação de metais traço presentes em ambientes aquáticos*. 2011. 79p. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.
- AMARAL, M. S. *Tratamento físico-químico de lixiviado de aterro sanitário pré-tratado por processo biológico aeróbio*. 2009. 98p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- AMORE, L. *Fundamentos para uso e proteção das águas subterrâneas do Distrito Federal*. 1994. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, 1994.
- ANSELMO, A. L. F.; JONES, C. M. *Fitorremediação de solos contaminados – o estado da arte*. XXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2005, p. 5273-5280.
- ARAÚJO, R. N. G. *Estudos geoquímicos da contaminação dos recursos hídricos e sua propagação nas adjacências do aterro de resíduos sólidos Jóquei Clube-DF*. 1996. 74p. Dissertação (Mestrado), 1996.
- BARBOSA, L. Q. *Remediação de área degradada por resíduos sólidos*. 2014, 99p. Monografia de Projeto Final – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.
- BARROS, A. C. A. *Estudos sobre o potencial do bambu Guadua angustifolia Kunz. para a fitorremediação dos metais pesados zinco e cádmio*. 2007. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2007.
- BARROS, J. G. C. Geologia e hidrogeologia do Distrito Federal. *Inventário hidrogeológico do Distrito Federal*. Brasília: GDF/Caeb, 1987, p. 79-330.
- BARROS, J. G. C. Caracterização geológica e hidrogeológica do Distrito Federal. *Cerrado, caracterização, ocupação e perspectivas*. PINTO, M. N. (Org.). 2. ed. Brasília: Editora UnB/Sematec, 1994. p. 265-283.
- BOUWER, H.; RICE, R. C. A slug test method for determining hydraulic conductivity of unconfined aquifers with completely or partially penetrating wells. *Water Resources Research*, v. 12, n. 3, p. 423-428, 1976.
- BRASIL. Lei n. 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938compilada.htm> Acesso em: 13 dez. 2019.
- BRASIL. Lei n. 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605/1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em: 13 dez. 2019.



- CAMPOS, J. E. G.; FREITAS-SILVA, F. H. Hidrogeologia do Distrito Federal. *Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal*. Parte I. Vol. II. Iema-Sematec/Universidade de Brasília (inédito), 1998. 66p.
- CAMPOS, J. E. G.; FREITAS-SILVA, F. H. *Arcabouço hidrogeológico do Distrito Federal*. XII SIMP. GEOL. CENTRO-OESTE. Boletim de Resumos. Brasília, 1999, 113p.
- CAMPOS, J. E. G. Hidrogeologia do Distrito Federal: base para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos. *Rev. Bras. Geogr.*, v. 34, n. 1, p. 41-48, 2004.
- CAMPOS, J. E. G. *Análise e delimitação da pluma de contaminação do aterro do Jóquei, Região da Vila Estrutural-DF*, 2007, 11p.
- CAMPOS, J. E. G. Geologia do Distrito Federal. *Zoneamento ecológico-econômico do Distrito Federal*. Volume II. Meio Físico. Seduh/GDF, 2012.
- CAMPOS, J. E. G.; TRÖGER, U. *Groundwater occurrence in hard rocks in the Federal District of Brasília: a sustainable supply?*. In: Sililo, Groundwater: Past Achievements and Future Challenges, Proc. of XXX I. A. H. Congress. Cape Town, South Africa, Balkema, 2000. p. 109-113.
- CAMPOS, J. E. G.; SANTOS, L. M.; SEIDEL, A. M. *Estudos geotécnicos preliminares e caracterização dos limites da área do antigo aterro na região da Vila Estrutural-DF*. Água e Terra Consultoria e Planejamento Ambiental. Relatório Técnico, 2006, 70 p.
- CARMELO, A. C. *Caracterização de aquíferos fraturados por integração de informações geológicas e geofísicas*. 2002, 153p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2002.
- CARNEIRO, G. A. *Estudo da contaminação do lençol freático sob área do aterro de lixo do Jóquei Clube-DF e suas adjacências*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia, Universidade de Brasília, 2002, 123p.
- CAVALCANTI, M. M. *Monitoramento geoeletrico da pluma de contaminação gerada pelo Lixão da Estrutural*. 2013. Dissertação (Mestrado) – Geociências Aplicadas. Universidade de Brasília, Brasília, 2013.
- CEMPRE. *Compromisso empresarial para reciclagem*. Lixo Municipal: Manual de gerenciamento integrado, 3. ed. São Paulo: Cempre, 2010.
- CODEPLAN. Companhia do Desenvolvimento do Planalto Central. I Plano Diretor de Limpeza Urbana do Distrito Federal. Codeplan/GDF, Brasília, 1972, 368p.
- COIMBRA, A. R. S. R. Balanço hídrico preliminar do Distrito Federal. *Inventário hidrogeológico do Distrito Federal*. Brasília: GDF/Caesb, 1987, p. 50-78.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, CETESB. *Padrões de qualidade do ar*. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/padroes-de-qualidade-do-ar/>, 2013.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, CETESB. *Valores orientadores para solo e água subterrânea*. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/padroes-de-qualidade-de-solo-agua-subterranea>, 2016.
- CONAMA. Resolução n. 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Resolução de 17 de março de 2005.



CONAMA. Resolução n. 420 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Resolução de 28 de dezembro de 2009.

CONAMA. Resolução n. 491 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, que dispõe sobre os padrões de qualidade do ar. Resolução de 19 de novembro de 2018.

CONAMA. Resolução n. 396 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, que dispõe sobre a classificação e as diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Resolução de 3 de abril de 2008.

COSTA, A. M.; ALFAIA, R. G. S.M.; CAMPOS, J. C. Landfill leachate treatment in Brazil – An overview. *Journal of Environmental Management*, n. 232, p. 110-116, 2019.

CUNHA, M.; FERNANDES, T. Fitorremediação de solos. Universidade Federal de Juiz de Fora. Química Analítica e Ambiental. 2014, 36p.

DALCORSO, G. et al. Heavy metal pollutions: state of the art and innovation in phytoremediation. *International Journal Molecular Science*, n. 20, p. 1-17, 2019.

DEL'REY, G. O. *Metanogênese e variações isotópicas do carbono em ambiente de deposição de resíduos sólidos: o aterro controlado do Jôquei Clube de Brasília, DF*. 2020. 93p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília,, Brasília, 2020.

DISTRITO FEDERAL. Lei Complementar n. 530 de 1º de fevereiro de 2002. Declara Zona Habitacional de Interesse Social e Público (ZHISP) o parcelamento de solo urbano denominado Vila Estrutural, localizado na Região Administrativa do Guará – RA X. Disponível em: <http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/52357/Lei_Complementar_530_20_01_2002.html> Acesso em: 12 dez. 2019.

DISTRITO FEDERAL. Lei n. 3.315 de 27 de janeiro de 2004. Cria a Região Administrativa do Setor Complementar de Indústrias e Abastecimento – RA XXV e as suas Subadministrações Regionais. < Disponível em: http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/51257/Lei_3315_27_01_2004.html>

DISTRITO FEDERAL. Decreto n. 37.505 de 22 de julho de 2016. Define as competências do Escritório de Projetos Especiais da Governadoria do Distrito Federal (EPE). Disponível em: <http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/5fe1ec0f170343c192d128e28ad1f876/exec_dec_37505_2016.html> Acesso em: 12 dez. 2019.

DISTRITO FEDERAL. Decreto n. 36.437/2015. Institui o Grupo de Trabalho para elaborar e implementar o Plano de Intervenção de Atividades de Ordenamento do Lixão do Jôquei Clube, visando dar o correto tratamento e destinação dos resíduos sólidos urbanos provenientes dos serviços contratados pelo Serviço de Limpeza Urbana (SLU).

EARTH MANUAL. *A Water resources technical publication: a guide to the use of soils as foundations and as construction materials for hydraulic structures*. 2. ed. Washington D.C, U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, 1974, 810 p.

ELIS, V. R. *Avaliação da aplicabilidade de métodos elétricos de prospecção geofísica no estudo de áreas utilizadas para disposição de resíduos*. 1998. 264p. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Unesp, Campus de Rio Claro, São Paulo, 1998.

FETTER, C. W. *Applied Hydrogeology*. Fourth Edition. New York: MacMillan College Publ. Co., 2004, 619p.



FETTER, C. W.; BOVING, T.; KREAMER, D. *Contaminant hydrogeology*. Third Edition. Illinois: Waveland Press Inc. Long Groove, 2018, 647p.

FIORI, J. P. O. *Avaliação de métodos de campo para determinação de condutividade hidráulica em meios saturados e não saturados*. 2010. 107p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

FITTS, C. R. *Groundwater Science*. Academic Press, 2002.

FORGIE, D. J. L. Selection of the most appropriate leachate treatment methods. *Water Pollut. Res. J. Can.*, n. 23, p. 308-355, 1988.

FRANCHI, E.; *at al.* Phytoremediation of a multi contaminated soil: mercury and arsenic phytoextraction assisted by mobilizing agent and plant growth promoting bacteria. *J Soils Sediments*, n. 17, p. 1224-1236, 2017.

FRANCO, H. A. *Geofísica e química aquática aplicados ao estudo da contaminação de recursos hídricos subterrâneos no aterro do Jóquei Clube, Brasília-DF*. 1996. 96p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília (inédito), Brasília, 1996.

FREEZE, R. A.; CHERRY, J. A. *Groundwater*. New York: Prentice Hall, 1979. 604p.

FREITAS SILVA, F. H.; CAMPOS, J. E. G. Geologia do Distrito Federal. *Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal*. Parte I. Iema-Sematec/Universidade de Brasília. 1998. 86p. (relatório inédito).

GALLAS, J. D. F. *Principais métodos geoeletricos e suas aplicações em prospecção mineral, hidrogeologia, geologia de engenharia e geologia ambiental*. 2000. 258p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Unesp, Campus de Rio Claro, São Paulo, 2000.

GUEDES, V. J. C. B. *Caracterização da assinatura sísmica e geoeletrica do aterro Jóquei Clube de Brasília*. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geofísica. Universidade de Brasília, 2019, 77p.

IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/df/brasil.html>, 2019. Acesso em: 10 dez. 2019.

INSTITUTO BRASÍLIA AMBIENTAL (IBRAM). Secretaria do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. *Plano de Manejo das Áreas de Proteção da Vila Estrutural - Plano de Uso do Parque Urbano da Estrutural*. Disponível em: <http://www.ibram.df.gov.br/wp-content/uploads/2019/05/Plano-de-Manejo-Parque-Urbano-Estrutural.pdf>, 2019. Acesso em: 11 dez. 2019.

INSTITUTO BRASÍLIA AMBIENTAL (IBRAM). Secretaria do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. GDF. *Relatório do monitoramento da qualidade do ar no Distrito Federal, 2008*, 35p.

JUNQUEIRA, F. F. *Análise do comportamento de resíduos sólidos urbanos e sistemas dreno-filtrantes em diferentes escalas, com referência ao aterro do Jóquei Clube-DF*. 2000. 288p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

LASAT, M. M. Phytoextraction of metals from contaminated soil: a review of plant/soil/metal interaction and assessment of pertinent agronomic issues. *Journal of Hazardous Substance Research*, v. 2, n. 5, p. 1-126, 2000.



LOKE, M. H. Res2Dinv versão 3.54 for Windows 98/Me/2000/NT/XP. Rapid 2D Resistivity & IP Inversion using the least-squares method. *Software manual*, 2004, 133p. Disponível em: <http://www.geoelectrical.com>

LOUSADA, E. O.; CAMPOS, J. E. G. Proposta de modelos hidrogeológicos conceituais aplicados aos aquíferos da região do Distrito Federal. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 35, n. 3, p. 407-414, 2005.

LOUSADA, E. O. *Estudos hidrogeológicos e isotópicos no Distrito Federal: modelos conceituais de fluxo*. 2005. 124p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

MARTINS, C. D. C. *Fitorremediação de solo oriundo de área industrial multicontaminado com metais pesados e hidrocarbonetos do petróleo por girassol (Helianthus annuus)*. 2015. 187p. Tese (Doutorado) – Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

MASSAI, L. R.; MASSAI, L. R. D. *Oxidação térmica do líquido percolado de aterros sanitários*. XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA. Campina Grande, 2005.

NALON, L. 2008. *Potencial do eucalipto na fitorremediação de um solo contaminado por chumbo*. 2008. 94p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2008.

NOVAES PINTO, M.; CARNEIRO, P. J. R. *Análise preliminar das feições geomorfológicas do Distrito Federal*. Anais. IV CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS, São Paulo, 2, 190-213, 1984.

NOVAES PINTO, M. Superfícies de aplanamento na Bacia do Rio São Bartolomeu, Distrito Federal/Goiás. *Revista Brasileira de Geografia*, IBGE, Rio de Janeiro, v. 48, n. 3, p. 237-257, 1986.

NOVAES PINTO, M. Caracterização geomorfológica do Distrito Federal. In: NOVAES PINTO, M. (Org). *Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas*. 2. ed. Brasília: Editora UnB, 1994, p. 285-320.

NOVAES PINTO, M. Paisagens do cerrado no Distrito Federal. In: NOVAES PINTO, M. (Org). *Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas*. 2. ed. Brasília: Editora UnB, 1994b, p. 511-542.

PEDE, M. A. Z. 2004. *Caracterização da condutividade hidráulica do embasamento cristalino alterado saturado na região metropolitana de São Paulo*. 2004. 95p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Rio Claro, Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2004.

PEREIRA, J. F. *at. al. Caracterização geológico-geotécnica da área de deposição de resíduos sólidos no aterro do Jockey Clube no Distrito Federal*. Volumes 1 a 4.. Brasília: Universidade de Brasília/Finatec/SLU, 1997.

PIRES, J. C. A. *Projeto de tratamento do chorume produzido no aterro metropolitano de Gramacho através de "Wetland"*. 2002. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – Área de Concentração: Saneamento Ambiental – Controle da Poluição Urbana e Industrial, FEN/UERJ, 2002.

PRASAD, M. N. V. Phytoremediation of metals in the environment for sustainable development. *Prod. Indian Natural Science Academy B70*, n. 1, p. 71-98, 2004.

RAGHAB, S. M.; EL MEGUID, A. M. A.; HEGAZI, H. A. Treatment of leachate from municipal solid waste landfill. *HBCR J.*, n. 9, p. 187-192, 2013.

RENOU, S., *at. al.* Landfill leachate, treatment: review and opportunity. *J. Hazard. Mater*, n. 150, p. 468-493, 2008.



- SANTOS, P. C. V. *Estudos da contaminação de água subterrânea por percolado de aterro de resíduos sólidos - caso Jóquei Clube-DF*. 1996. 135p. Dissertação (Mestrado) - Publicação G.DM-32ª/96, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 1996.
- SILVA, J. F. *Prospecção de plantas fitorremediadoras em solos contaminados por metais pesados*. 2012. 91p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Amazonas, 2012.
- SILVA, T. J. *at. al.* Fitorremediação de solos contaminado com metais: panorama atual e perspectivas de uso de espécies florestais. *Revista Virtual de Química*, v. 11, n. 1), p. 1-17, 2019.
- SERVIÇO DE LIMPEZA URBANA (SLU). *Plano de Intervenção do Lixão do Jóquei*. 2015. Disponível em: <http://www.slu.df.gov.br/wp-content/uploads/2017/12/plano_intervencao.pdf> Acesso em: 13 dez. 2019.
- SOUZA, L. A. *at. al.* Use of non-hyperaccumulator plant species for the phytoextraction of heavy metals using chelating agents. *Scientia Agricola*, v. 70, n. 4, p. 290-295, 2013.
- SOUZA, M. T. *Fundamentos para gestão dos recursos hídricos subterrâneos do Distrito Federal*. 2001. 94p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2001.
- STOLLBERG, R.; WEIB, H. *Municipal waste disposal Lixão do Jóquei, Brasília, Distrito Federal do Brasil: hydrochemical analysis. Status Report I. Project: IWAS Águas DF, Sub-project 3 Site investigation, groundwater monitoring, and "Hydrological cycle"*. HELMOLTZ (Centre for Environmental Research - UFZ). 2011. 38p.
- TAVARES, S. R. L.; OLIVEIRA S. A.; SALGADO, C. M. *Avaliação de espécies vegetais na fitorremediação de solos contaminados por metais pesados*. *Holos*, v. 29, n. 5, p. 80-97, 2013.
- TELFORD, W. M.; GELDART, L. P.; SHERIFF, R. E., *Applied Geophysics. Second Edition*, Cambridge University Press, United Kingdom, 1990. 770p.
- VALE. *Vale é pioneira em uso de tecnologia de tratamento de efluentes no Brasil*. 2018. Disponível em: <<http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/news/Paginas/vale-e-pioneira-em-uso-de-tecnologia-de-tratamento-de-efluentes-no-brasil.aspx> 2018>.
- WARD, O. S. H. *Resistivity and induced polarization methods. Geotechnical and environmental geophysics. v. 1: Review and Tutorial*. Society of Exploration Geophysics, Tulsa, OK, 1990, p. 147-189.



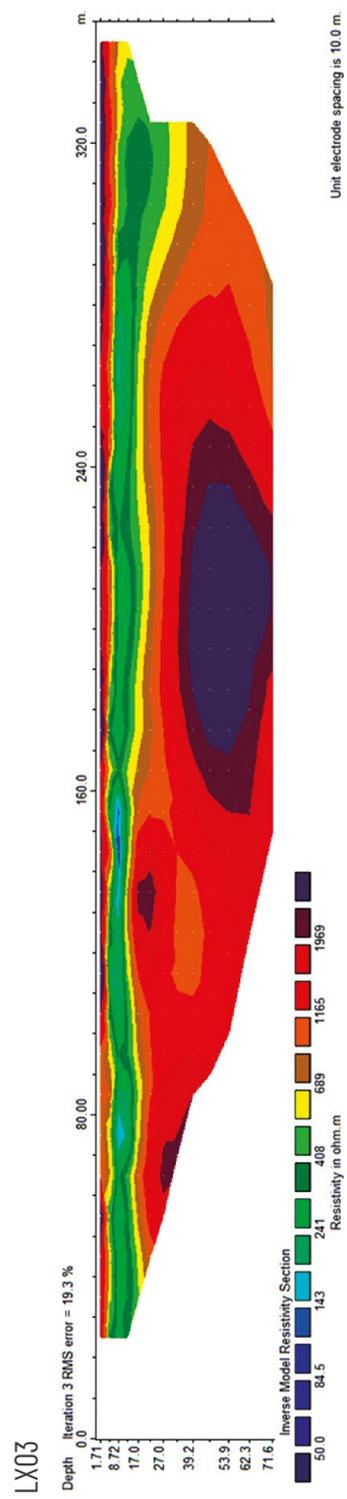
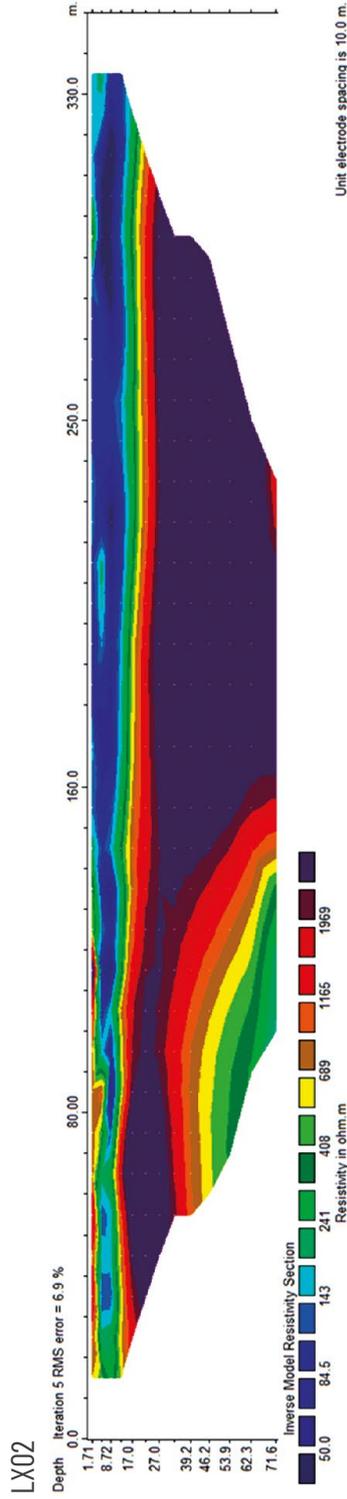
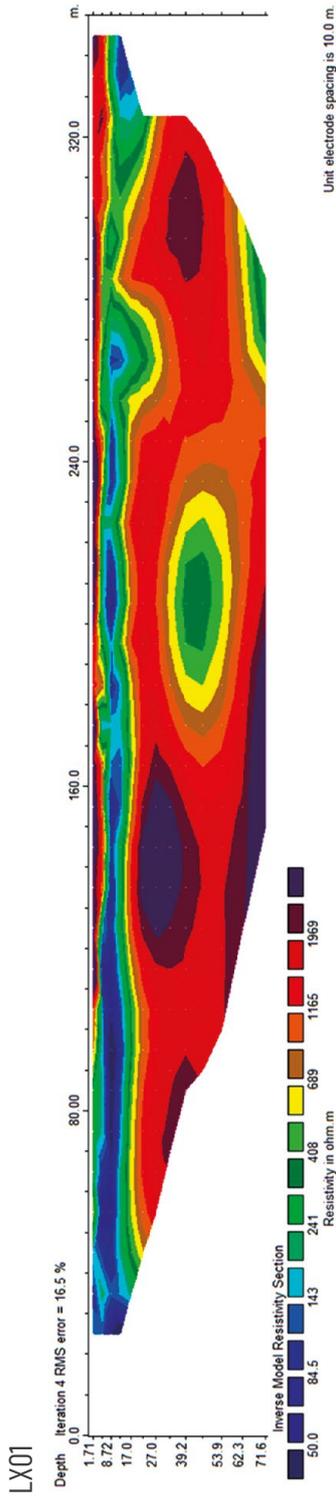
20 APÊNDICES E ANEXOS

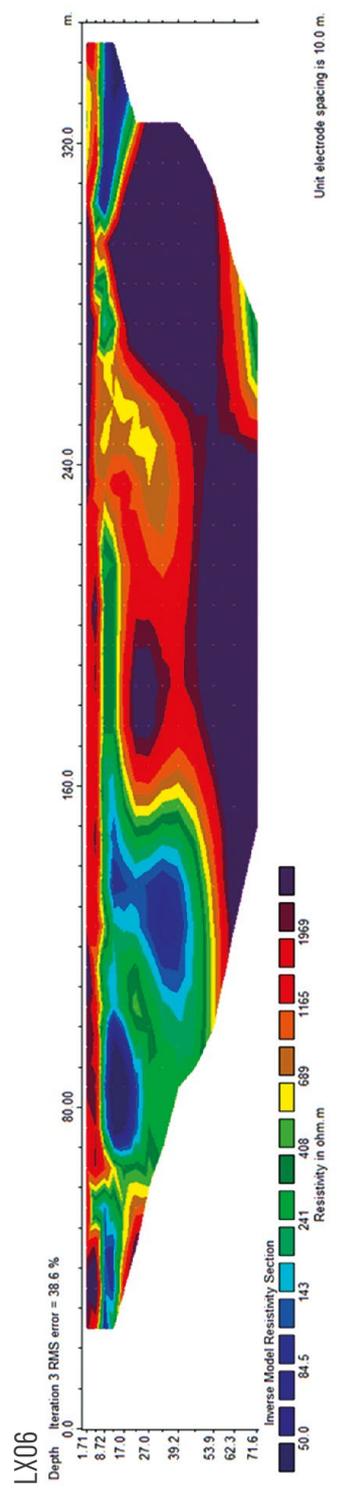
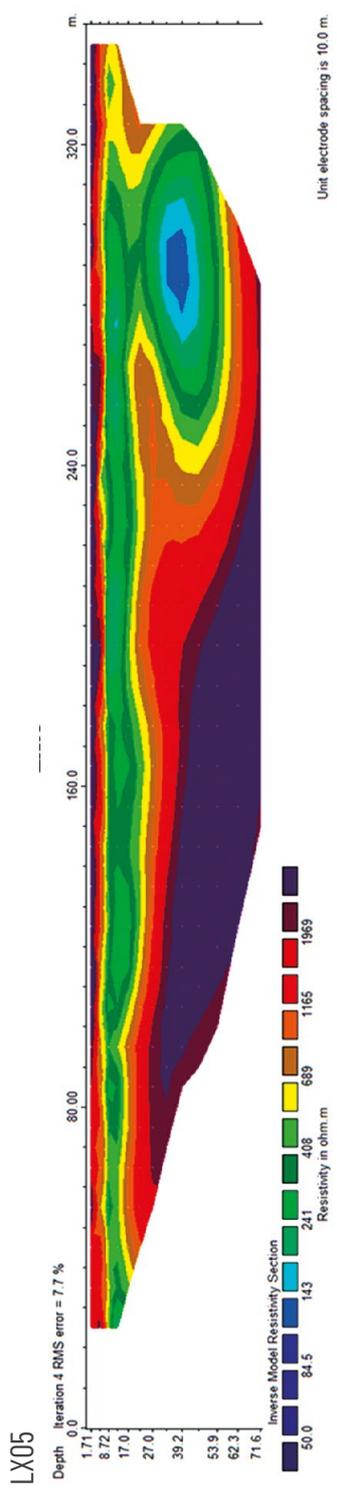
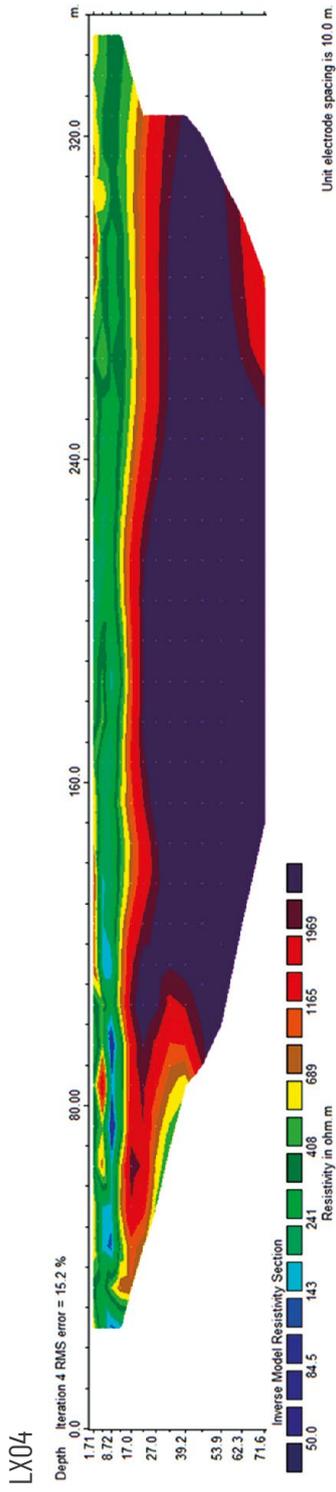
> 20.1 APÊNDICES	194
> Apêndice 1 - Resultados dos Perfis do Levantamento Geofísico de Eletrorresistividade	196
> Apêndice 2 - Descrição das perfurações e Perfis dos Poços	206
> Apêndice 3 - Comportamento dos Níveis Durante a Execução dos Ensaios Tipo Slug Test / Gráficos Nível d'água <i>versus</i> Tempo	257
> 20.2 ANEXOS	263
> Anexo 1 - Laudos de Análises Químicas de Águas Subterrâneas e Superficiais	263
> Anexo 2 - Análises Gravimétricas <i>Ex-Situ</i>	351
> Anexo 3 - Relatório Relativo ao 1º Workshop de Discussão e Divulgação dos Resultados do Projeto	366

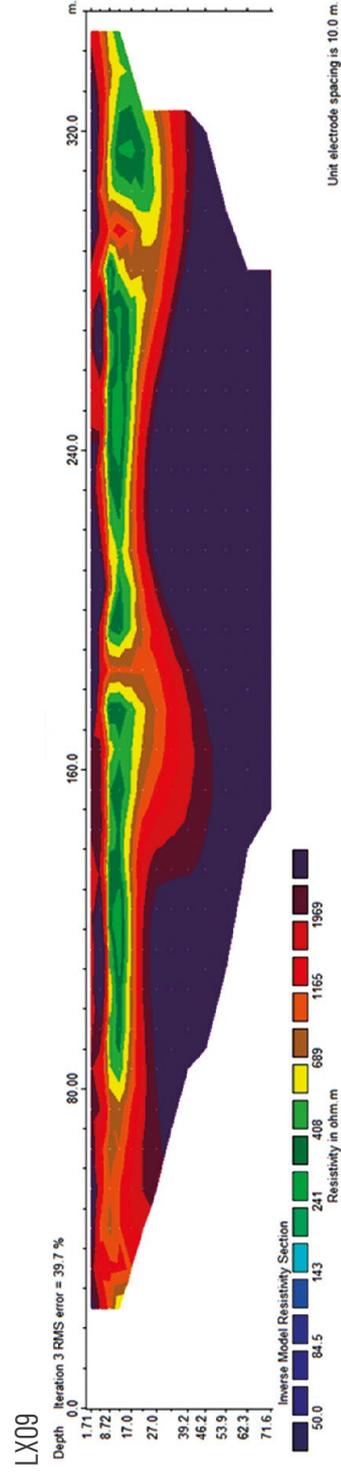
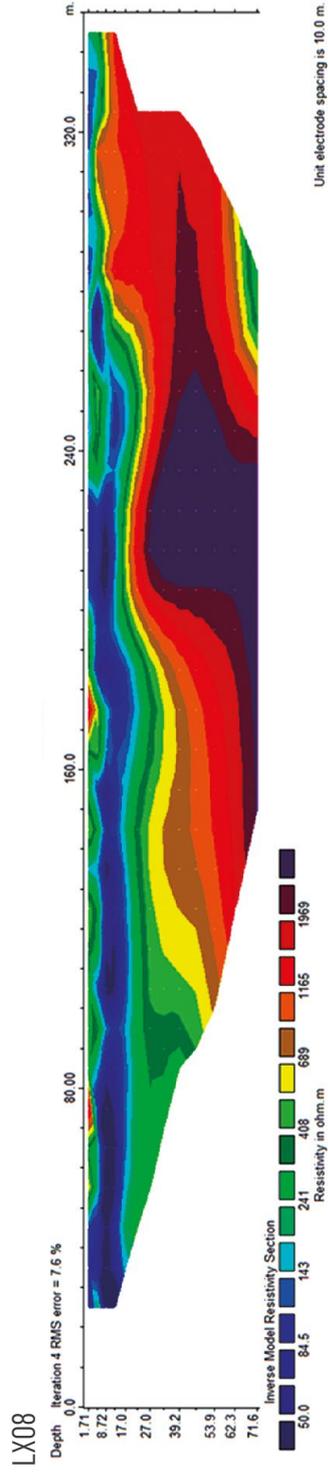
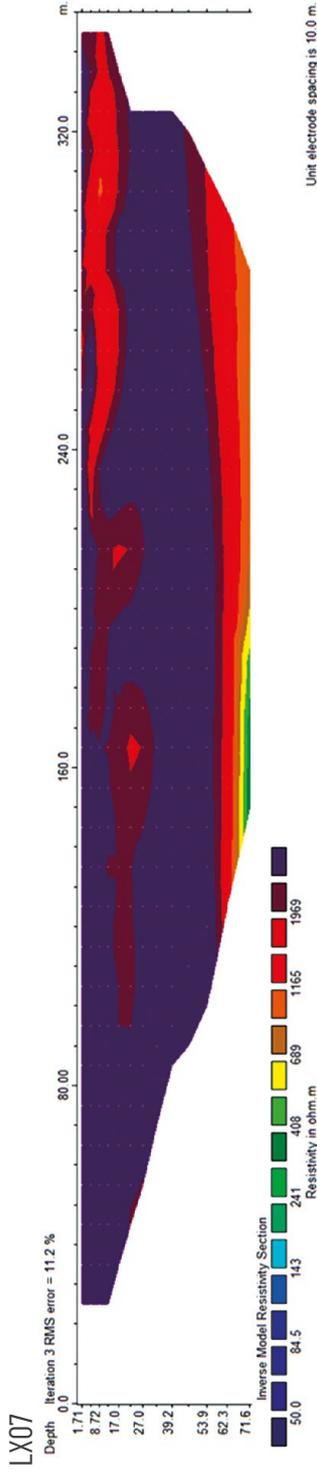
20.1 APÊNDICES

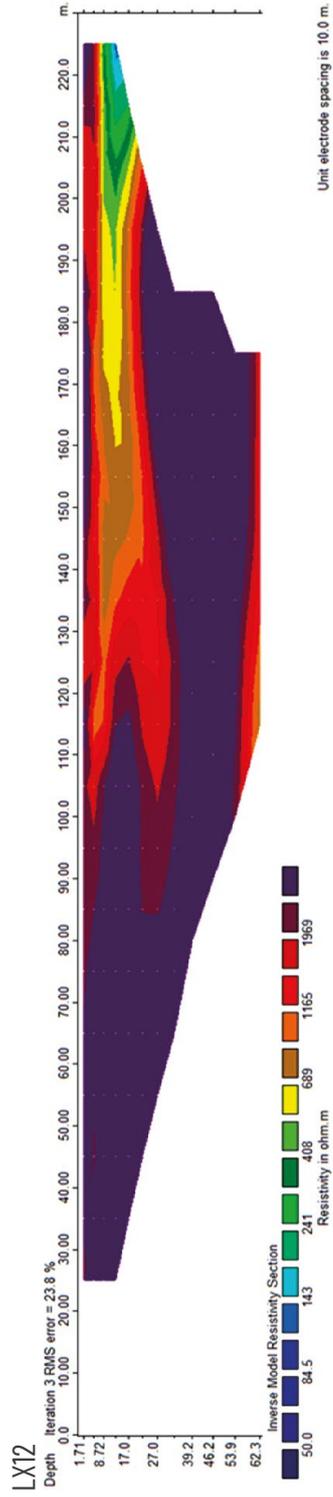
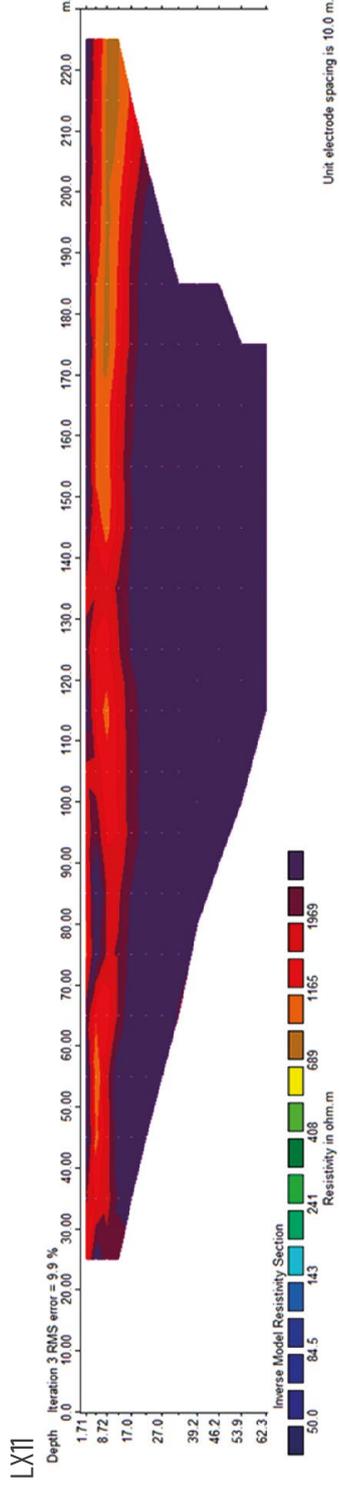
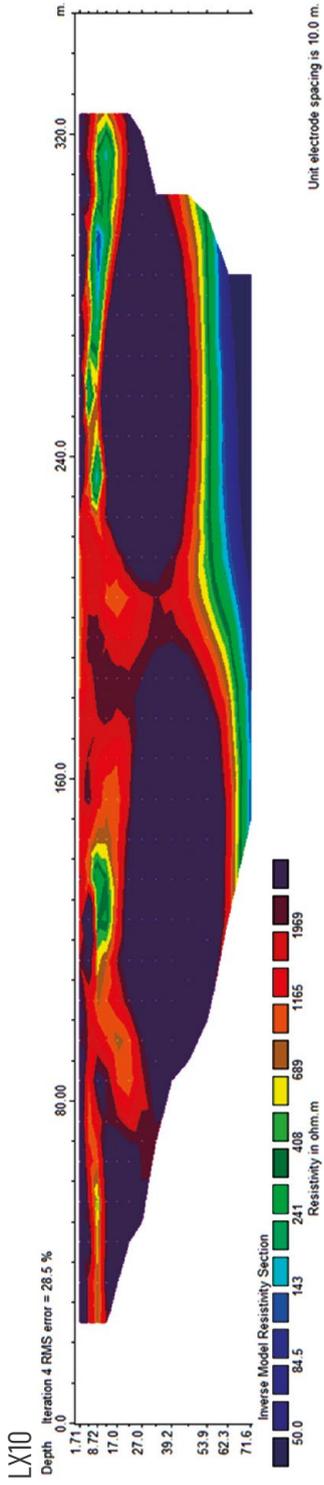
APÊNDICE 1

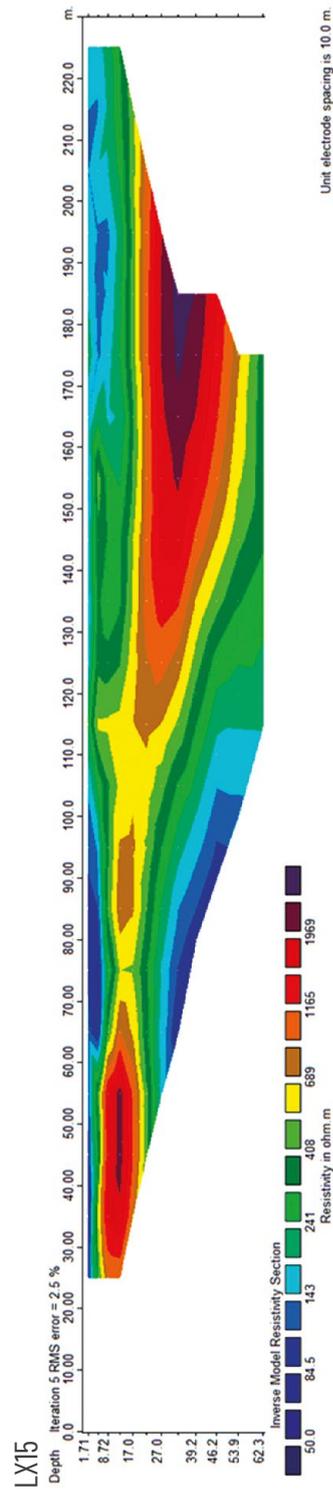
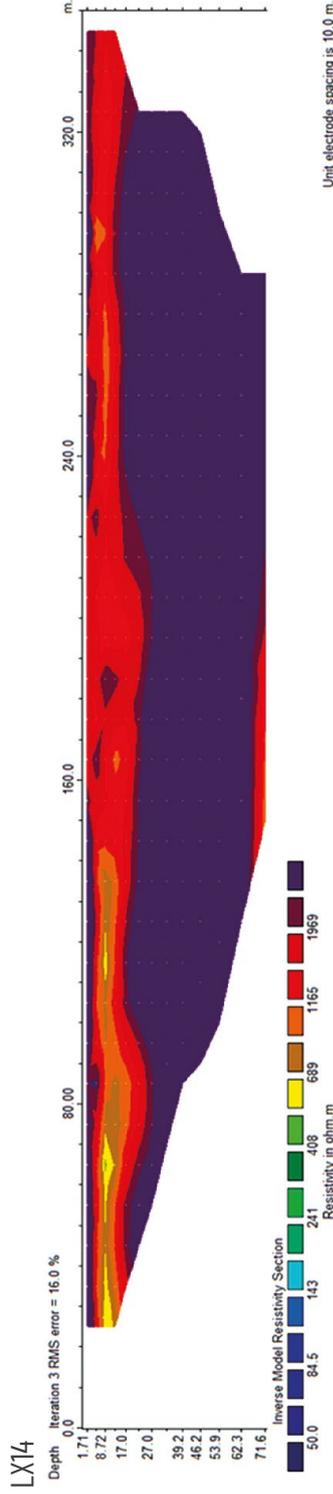
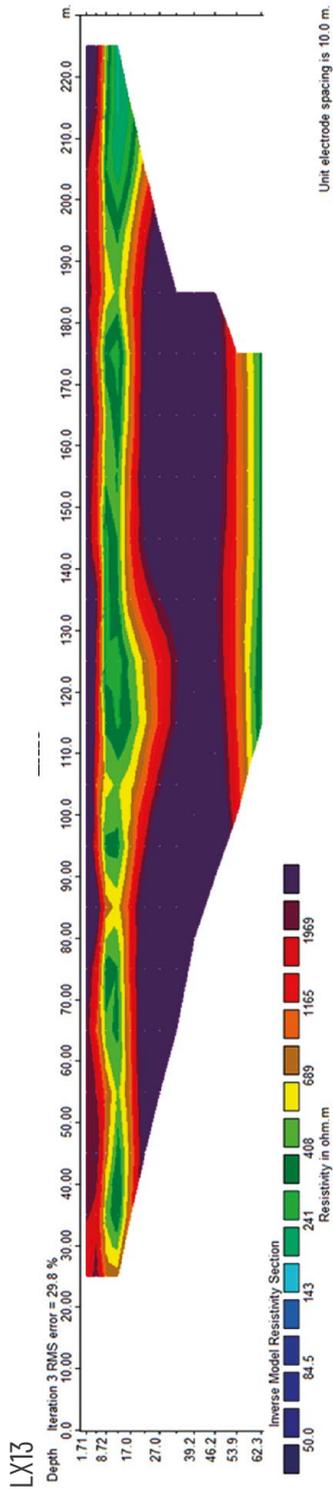
RESULTADOS DOS PERFIS DO LEVANTAMENTO GEOFÍSICO DE ELETRORRESISTIVIDADE



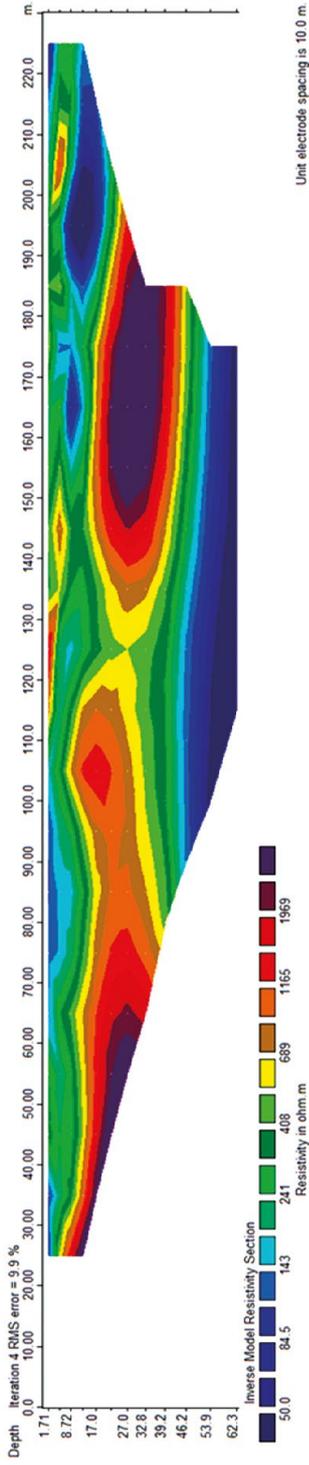




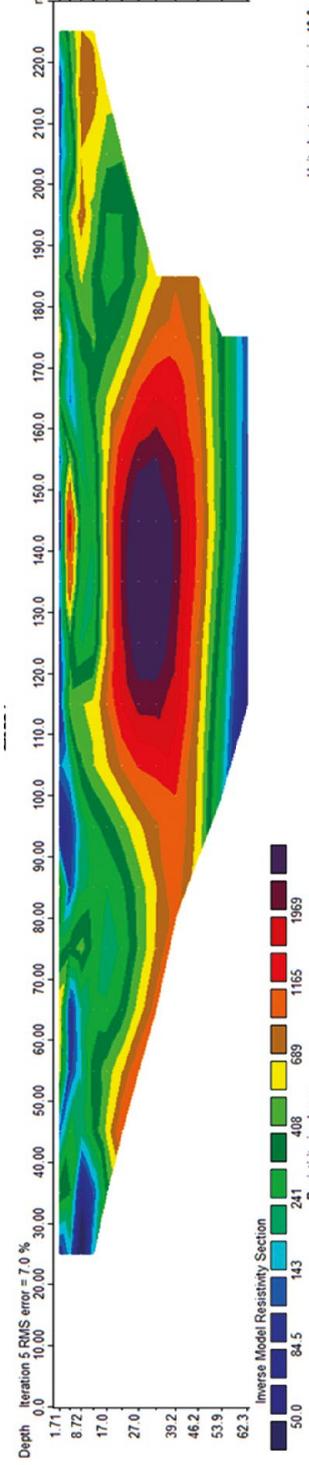




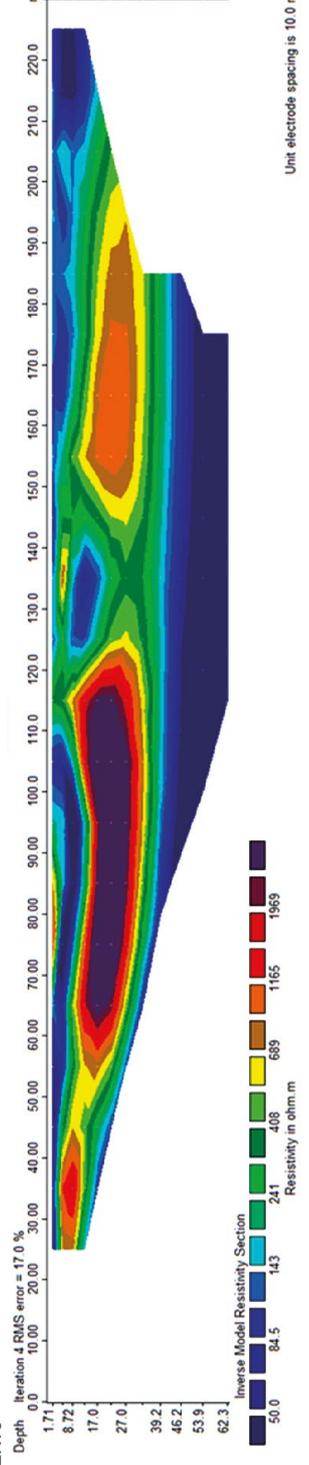
LX16

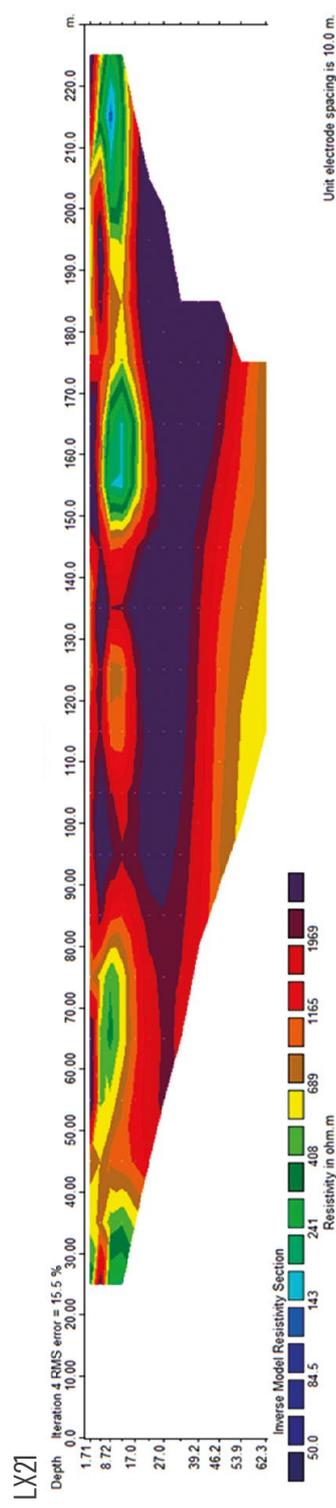
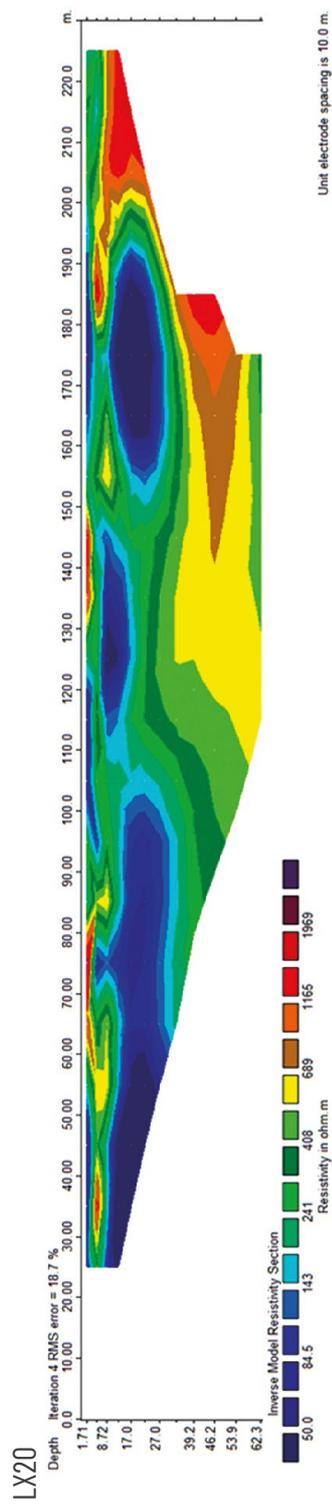
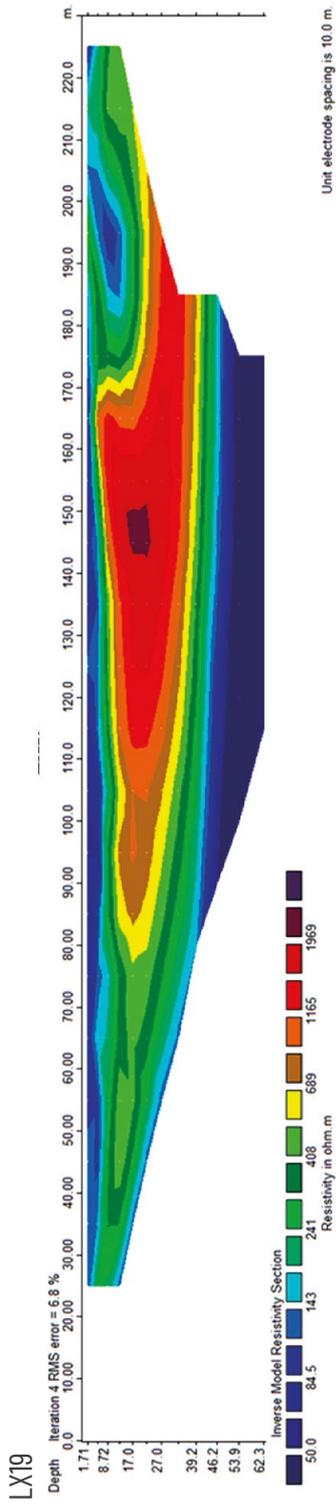


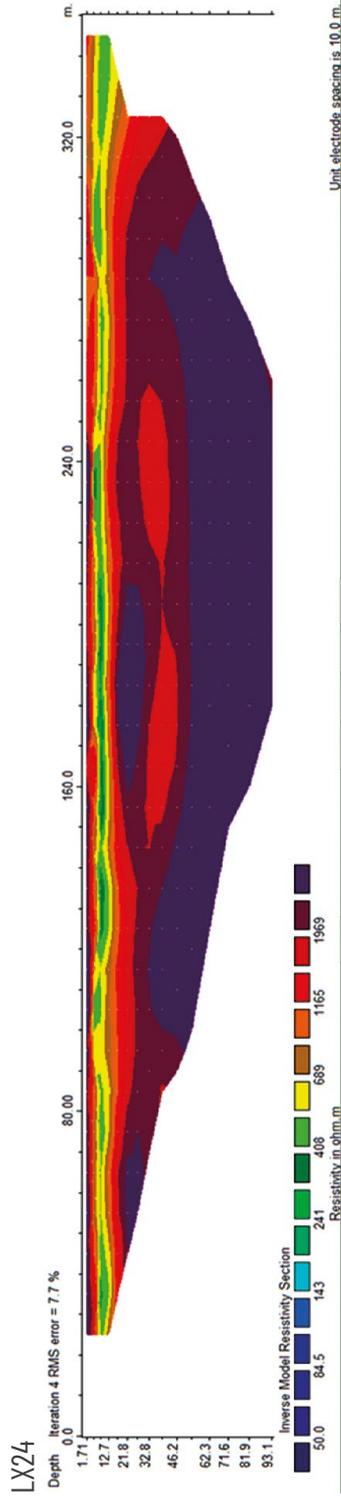
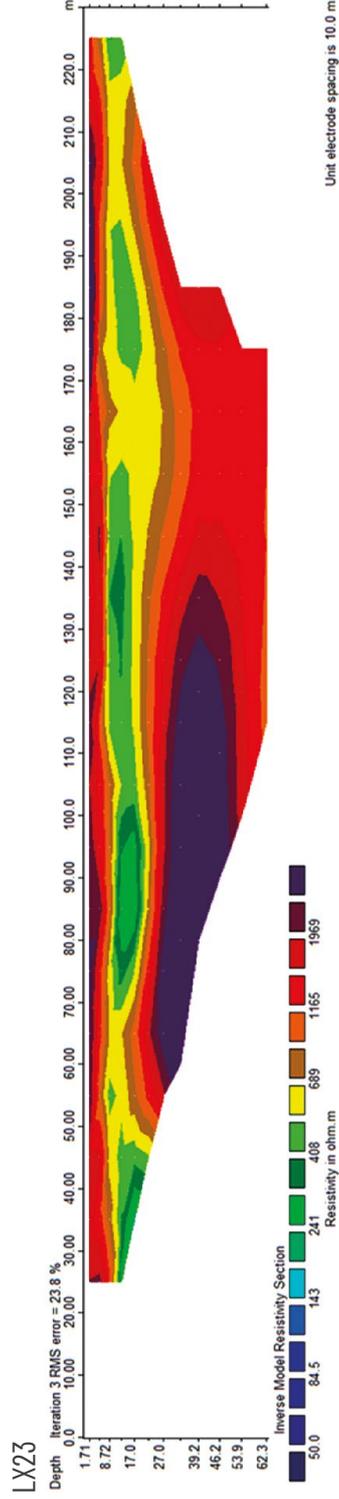
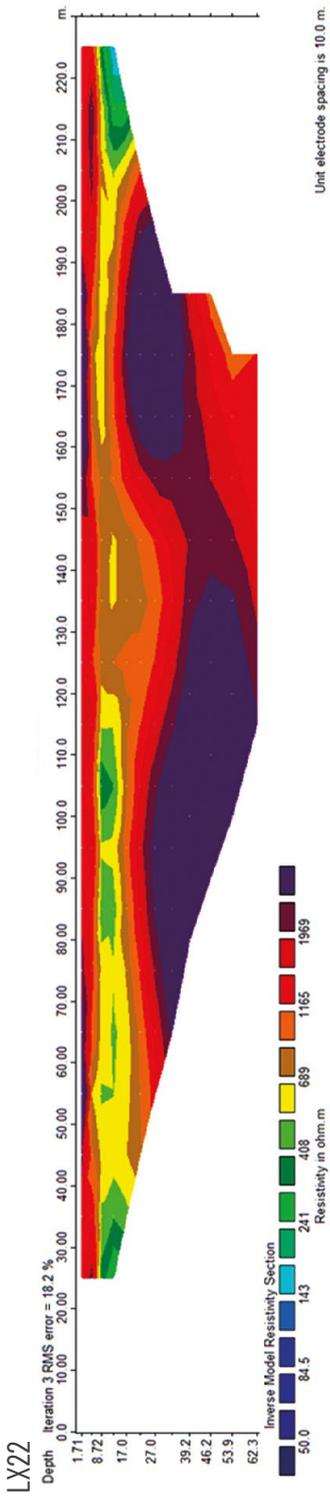
LX17

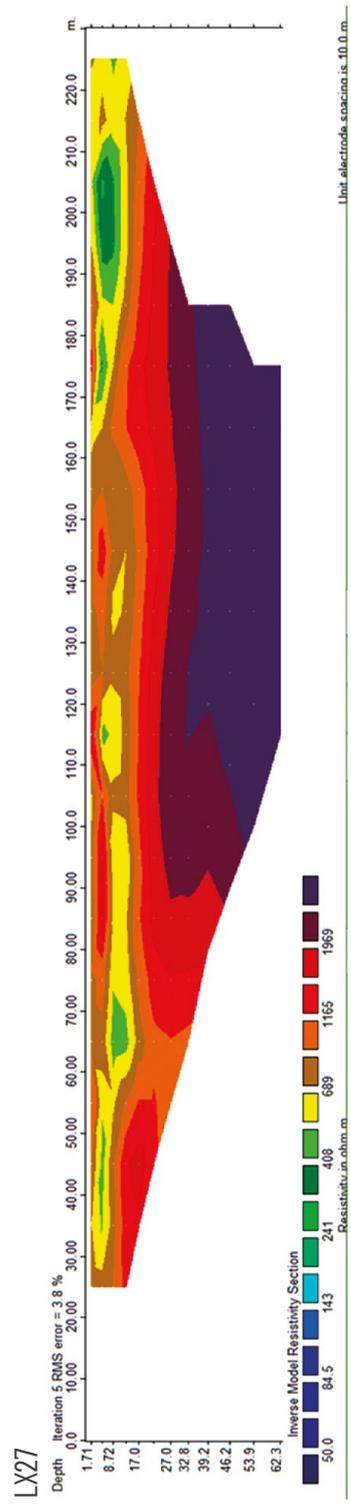
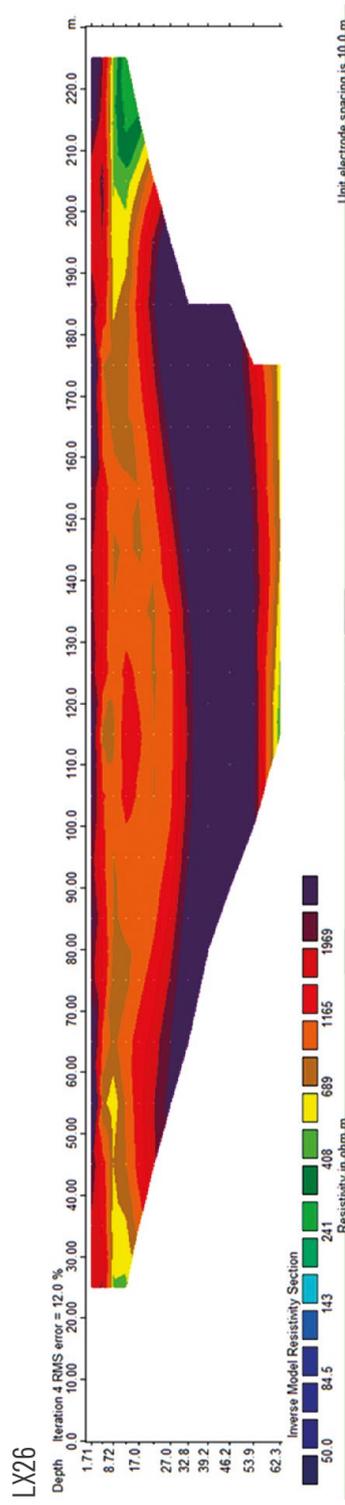
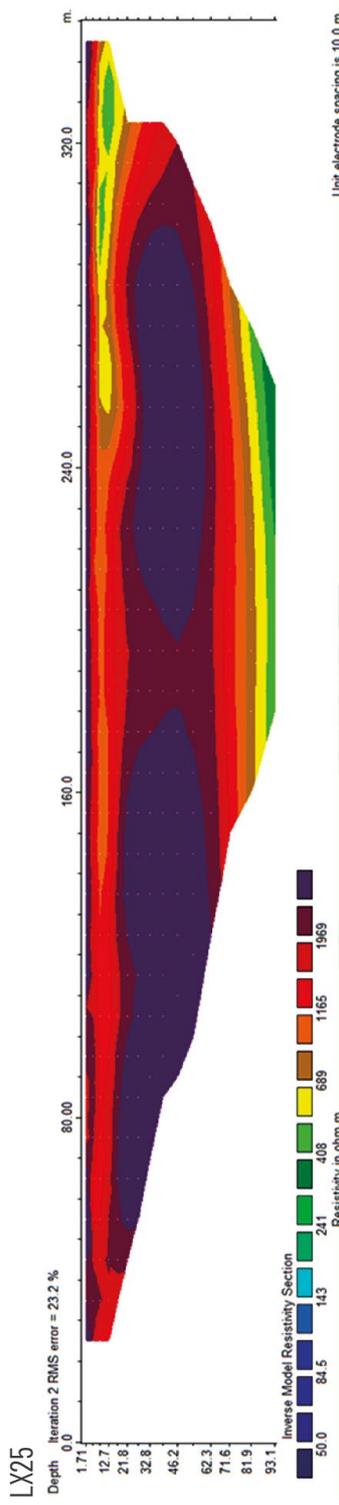


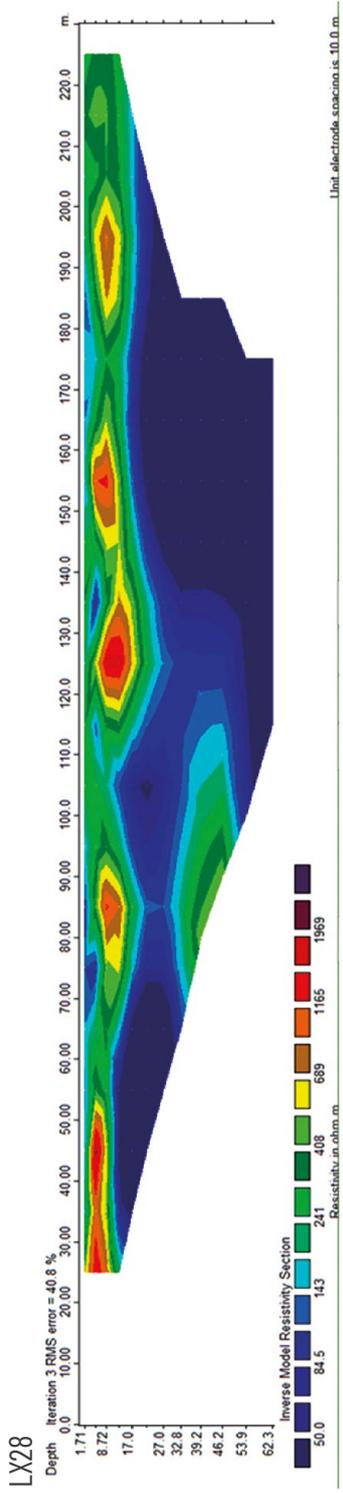
LX18











APÊNDICE 2

DESCRIÇÃO DAS PERFURAÇÕES E PERFIS DOS POÇOS

SEQUÊNCIA DA TUBULAÇÃO DE REVESTIMENTO/FILTRO DOS POÇOS DE MONITORAMENTO (BASE PARA TOPO)

A) Poços de 14 metros

Tubo liso (14 a 10 m = 4 m)

Tubo filtro (10 a 8 m = 2 m)

Tubo filtro (8 a 6 m = 2 m)

Tubo filtro (6 a 4 m = 2 m)

Tubo liso (4 a zero m = 4 m)

B) Poços de 24 metros

Tubo liso (24 a 20 = 4 m)

Tubo filtro (20 a 18 m = 2 m)

Tubo filtro (18 a 16 m = 2 m)

Tubo liso (16 a 12 m = 4 m)

Tubo filtro (12 a 10 m = 2 m)

Tubo filtro (10 a 8 m = 2 m)

Tubo liso (8 a 4 m = 4 m)

Tubo filtro (4 a zero m = 4 m)

C) Poços de 30 metros

Tubo liso (30 a 26 m = 4 m)

Tubo filtro (26 a 24 m = 2 m)

Tubo liso (24 a 20 m = 4 m)

Tubo liso (20 a 16 m = 4 m)

Tubo filtro (16 a 14 m = 2 m)

Tubo filtro (14 a 12 m = 2 m)

Tubo liso (12 a 8 m = 4 m)

Tubo liso (8 a 4 m = 4 m)

Tubo liso (4 a zero m = 4 m)



D) Poços de 70 metros

Tubo liso (70 a 66 m = 4 m)

Tubo liso (66 a 62 m = 4 m)

Tubo filtro (62 a 60 m = 2 m)

Tubo filtro (60 a 58 m = 2 m)

Tubo liso (58 a 54 m = 4 m)

Tubo liso (54 a 50 m = 4 m)

Tubo liso (50 a 46 m = 4 m)

Tubo filtro (46 a 44 m = 2 m)

Tubo filtro (44 a 42 m = 2 m)

Tubo liso (40 a 36 m = 4 m)

Tubo liso (36 a 32 m = 4 m)

Tubo filtro (32 a 30 m = 2 m)

Tubo liso (30 a 26 m = 4 m)

Tubo filtro (26 a 24 m = 2 m)

Tubo liso (24 a 20 m = 4 m)

Tubo liso (20 a 16 m = 4 m)

Tubo filtro (16 a 14 m = 2 m)

Tubo filtro (14 a 12 m = 2 m)

Tubo liso (12 a 8 m = 4 m)

Tubo liso (8 a 4 m = 4 m)

Tubo liso (4 a zero m = 4 m)

GREEN FIELD - TECNOLOGIA EM PROSPECÇÃO LTDA.

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE DO DISTRITO FEDERAL

APRESENTAÇÃO

Relatório de perfuração e completção de vinte e um (21) poços de monitoramento ambiental na região do Aterro Controlado do Jóquei, Cidade Estrutural, Brasília/DF (Região Administrativa XXV – Setor Complementar de Indústria e Abastecimento, SCIA), além de estimativas da condutividade hidráulica da zona saturada por meio de ensaios do tipo *Slug Test*.

As obras aqui detalhadas são parte integrante do projeto “Elaboração de Diagnósticos de Contaminação e Proposta de Remediação do Antigo Lixão da Estrutural”, uma parceria entre Fundação Universidade de Brasília e Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Distrito Federal - SEMA-DF. À equipe técnica integrante, coube:

- Locação e projetos construtivos: Professor Dr. José Eloi Guimarães Campos (coordenador);
- Execução: Igor Abu Kamel de Carvalho, representante da empresa **Green Field - Tecnologia em Prospecção LTDA**, inscrita no CNPJ nº 24.249.909/0001-46 e com sede em Brasília-DF, no endereço SBS Quadra 2, Bloco E, Sala 206, Asa Sul, CEP 70070-120;
- Fiscalização das obras e realização de *Slug Tests*: Geólogos Lucas Santos Batista Teles e André Walczuk Gomes.

A etapa de execução ocorreu entre os dias 11 de junho e 22 de agosto de 2020. A realização de ensaios de condutividade hidráulica foi uma etapa subsequente, dividida em duas campanhas que ocorreram entre os dias 11 e 12 de junho e 04 de agosto de 2020. A Figura 54 ilustra a distribuição espacial de cada poço de monitoramento e a Tabela 1 apresenta as características básicas destas. Detalhes individuais de cada obra serão apresentados no corpo deste documento técnico, acompanhadas de fotografias pertinentes.

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DOS 21 POÇOS DE MONITORAMENTO AMBIENTAL

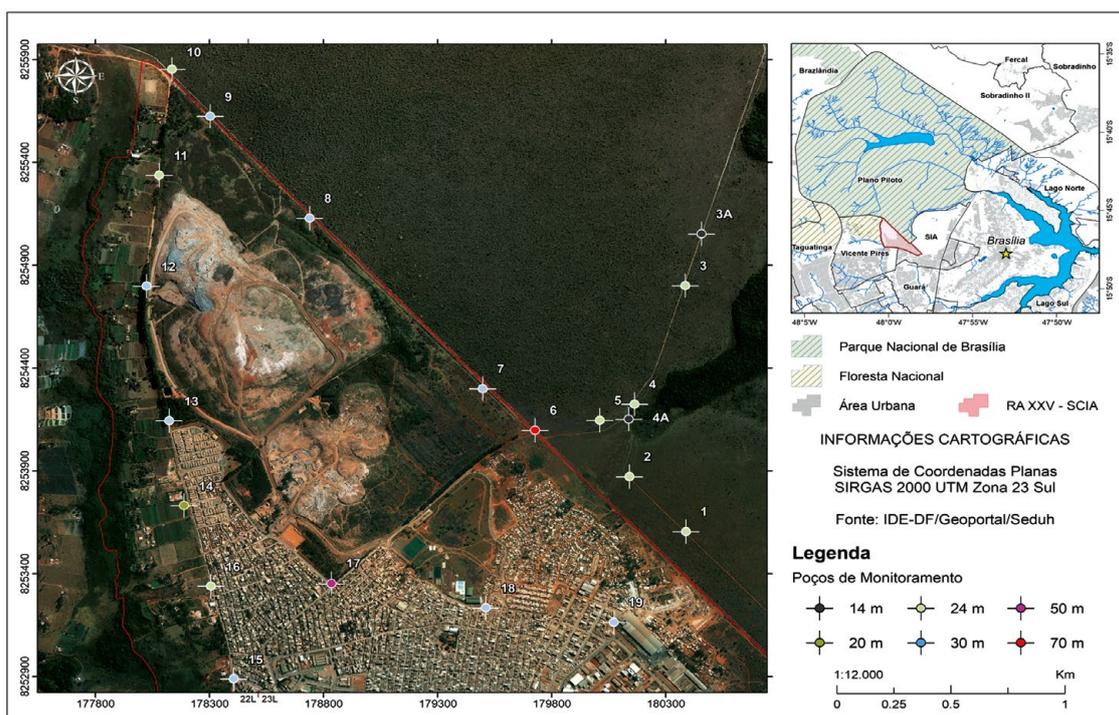


TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DOS POÇOS DE MONITORAMENTO AMBIENTAL

POÇO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (WGS 84)			PROFUNDIDADE (M)
	ZONA UTM	E	N	
LX-1	23L	180389	8253605	24
LX-2	23L	180141	8253872	24
LX-3	23L	180386	8254801	24
LX-3A	22L	821053	8254142	14
LX-4	23L	180163	8254225	24
LX-4A	22L	821053	8254142	14
LX-5	23L	179955	8254087	24
LX-6	23L	179728	8254098	70
LX-7	23L	179498	8254300	30
LX-8	23L	178739	8255129	30
LX-9	22L	821274	8255631	30
LX-10	22L	821112	8255865	30
LX-11	22L	821042	8255351	24
LX-12	22L	820971	8254813	30
LX-13	22L	821052	8254156	30
LX-14	22L	821105	8253742	20
LX-15	22L	821298	8252893	30
LX-16	22L	821211	8253346	30
LX-17	23L	178834	8253352	50
LX-18	23L	179511	8253234	30
LX-19	23L	180073	8253164	30

CONDIÇÕES DE PERFURAÇÃO E COMPLETAÇÃO

Para a construção dos poços foram empregados dois métodos de sondagem: O Rotativo com circulação reversa de lama, para os locais com substrato geológico de menor dureza dominados pela presença de ardósias da Formação Ribeirão do Torto e o método roto-pneumático para os locais onde ocorria a presença de litotipos mais resistentes, como os os quartzitos da Formação Ribeirão Piçarrão (Figuras 2 e 3). No método de circulação de lama, a broca utilizada foi do tipo tricônica, primeiramente, com 9 polegadas de diâmetro. No entanto, tendo em vista o diâmetro da tubulação de revestimento optou-se pela redução para 7 polegadas, a fim de se otimizar a velocidade de perfuração e evitar o gasto desnecessário de material. Por outro lado, no método roto-pneumático utilizou-se um bitter de 8 polegadas, sendo que em ambos os métodos as hastes responsáveis pela rotação do equipamento perfurante possuíam 3 metros de comprimento (Figura 4).

FIGURA 2 - BROCA TRICÔNICA COM 7 POLEGADAS DE DIÂMETRO UTILIZADA NO MÉTODO DE CIRCULAÇÃO DE LAMA. À DIREITA, SAPROLITO DE ARDÓSIA DA FORMAÇÃO RIBEIRÃO DO TORTO, MATERIAL GEOLÓGICO QUE PERMITE A UTILIZAÇÃO DESSA FORMA DE SONDAJEM



FIGURA 3 - BITTER DE 8 POLEGADAS DE DIÂMETRO UTILIZADO NO MÉTODO ROTO-PNEUMÁTICO. À DIREITA, SAPROLITO DE QUARTZITO MÉDIO A GROSSO DA FORMAÇÃO RIBEIRÃO PIÇARRÃO



FIGURA 4 - HASTES COM 3 METROS DE COMPRIMENTO UTILIZADAS PARA ROTAÇÃO TANTO DA BROCA TRICÔNICA COMO DO BITTER



Há revestimento integral com tubos lisos e filtros de ranhura contínua, confeccionados em PVC geomecânico e com 4" de diâmetro (Figura 5). O comprimento das barras é de 2 metros para cada filtro e de 4 metros para cada tubo liso, ambos com conexão do tipo rosca e as seções de revestimento foram vedadas nas extremidades com *cap* (Figura 58). A instalação da coluna é manual, isto é, com o uso exclusivo da ação da gravidade. Apenas para a cravação final há o uso - moderado - de força (Figura 6). Desta forma, o espaço anelar possui folga de 3". Portanto:

- Raio do revestimento = $r_c = 2" = 0.051 \text{ m}$
- Raio efetivo do filtro ou raio de perfuração do poço = $r_w = 3,5" = 0.086 \text{ m}$

FIGURA 5 - TUBOS DE PVC GEODINÂMICO UTILIZADOS PARA O REVESTIMENTO DOS POÇOS. OS TUBOS LISOS POSSUEM 4 METROS DE COMPRIMENTO, ENQUANTO OS FILTROS 2 METROS. À DIREITA, FOTO EM DETALHE MOSTRANDO AS RANHURAS DOS FILTROS EM COMPARAÇÃO COM OS TUBOS LISOS



FIGURA 6 - PAR DE CAPS QUE VEDAM AS DUAS EXTREMIDADES DOS CONJUNTOS DE REVESTIMENTO



O material pré-filtro utilizado consiste em seixos de quartzo lavado e bem selecionados, de granulometria cascalho grosso a cascalho muito grosso (Figura 7). A colocação deste material é por padeamento acompanhada de verificação metro a metro da profundidade com o auxílio de fita métrica. A concretagem para selagem sanitária é por gravidade com auxílio de ferramenta para assentamento simétrico de todas as bordas (Figura 8).

FIGURA 7 - SEIXOS DE QUARTZO MODERADAMENTE SELECIONADOS E SUBARREDONDADOS USADOS COMO PRÉ-FILTRO



FIGURA 8 - ETAPA DE CONCRETIZAÇÃO DO POÇO COM O AUXÍLIO DE MASSEIRA PARA MELHOR DISTRIBUIÇÃO DO CONCRETO E PRESERVAÇÃO DA ÁREA DO PARQUE NACIONAL



Por fim, a última etapa da construção contou com a colocação de proteções contra a depredação. Os poços localizados dentro do Parque Nacional de Brasília receberam uma cabeça de metal com cadeado e manilha e os poços em área urbana ainda foram cercados com fios de arame farpado (Figuras 9 e 10). A seguir, são apresentadas considerações por poço de monitoramento, além de croqui esquemático do perfil construtivo e lito-pedológico.

FIGURA 9 - TODOS OS POÇOS CONTAM COM AO MENOS 3 PROTEÇÕES: CAP, CABEÇA DE FERRO COM CADEADO E MANILHA COM TAMPA

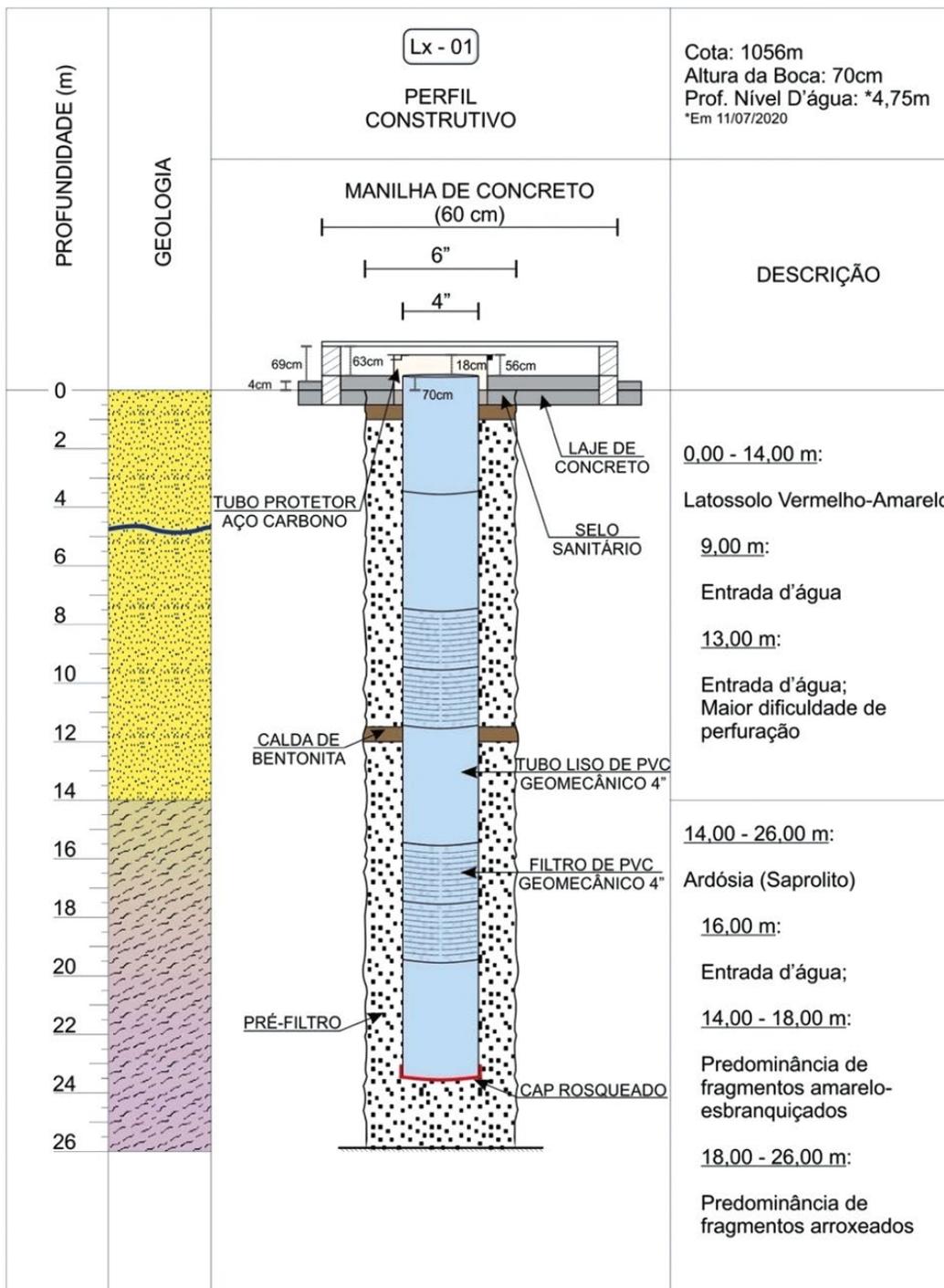


FIGURA 10 - OS POÇOS LOCALIZADOS NA ÁREA URBANA TAMBÉM FORAM CERCADOS COM FIOS DE ARAME FARPADO



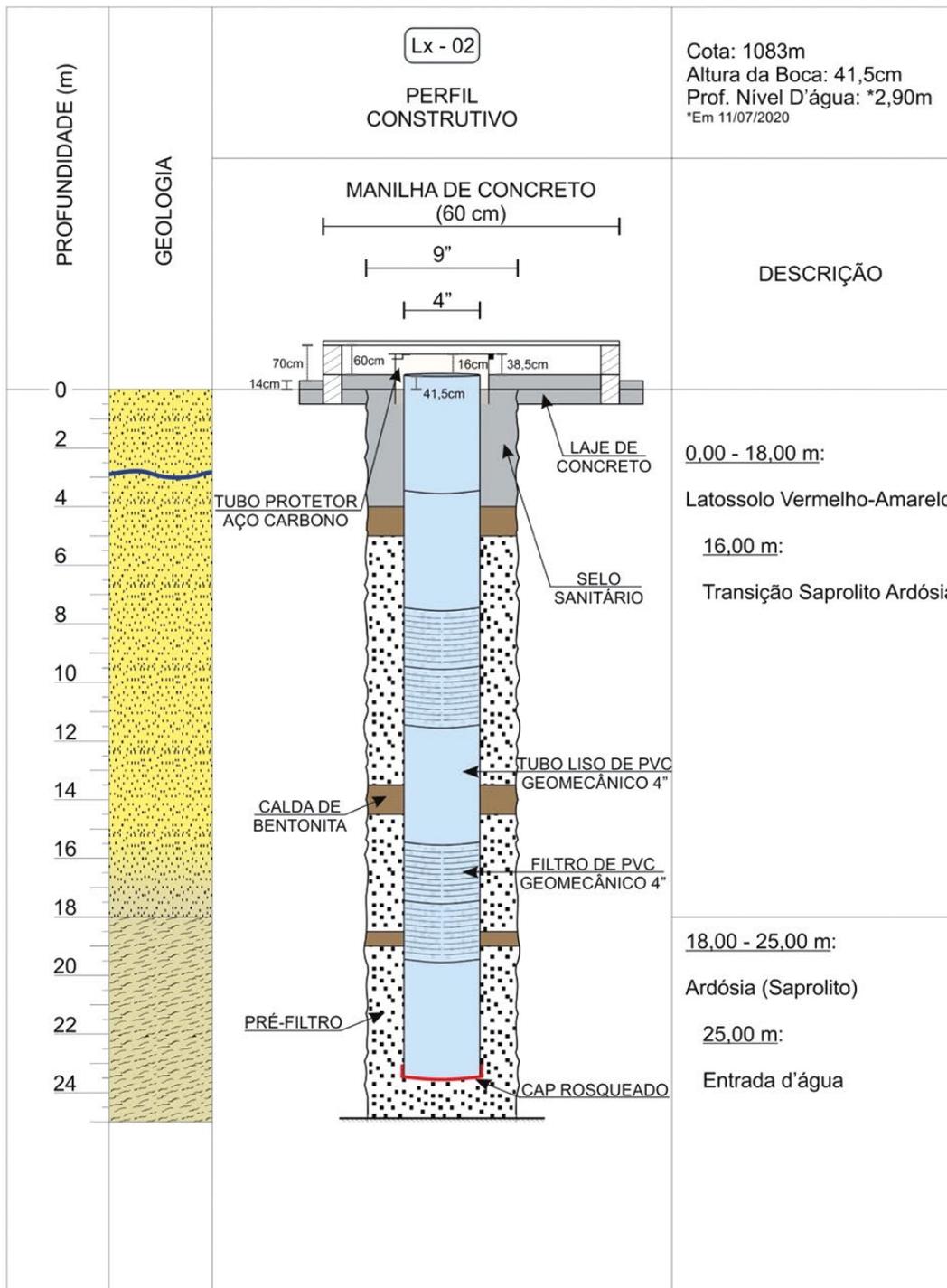
POÇO LX-1

	Perfil Lito-pedológico e Construtivo Poço de Monitoramento Lx - 01	
	Início: 11/06/2020 Término: 12/06/2020	Sistema de Coordenadas Planas Datum horizontal: WGS 84 23L E 180.389 N 8.253.605



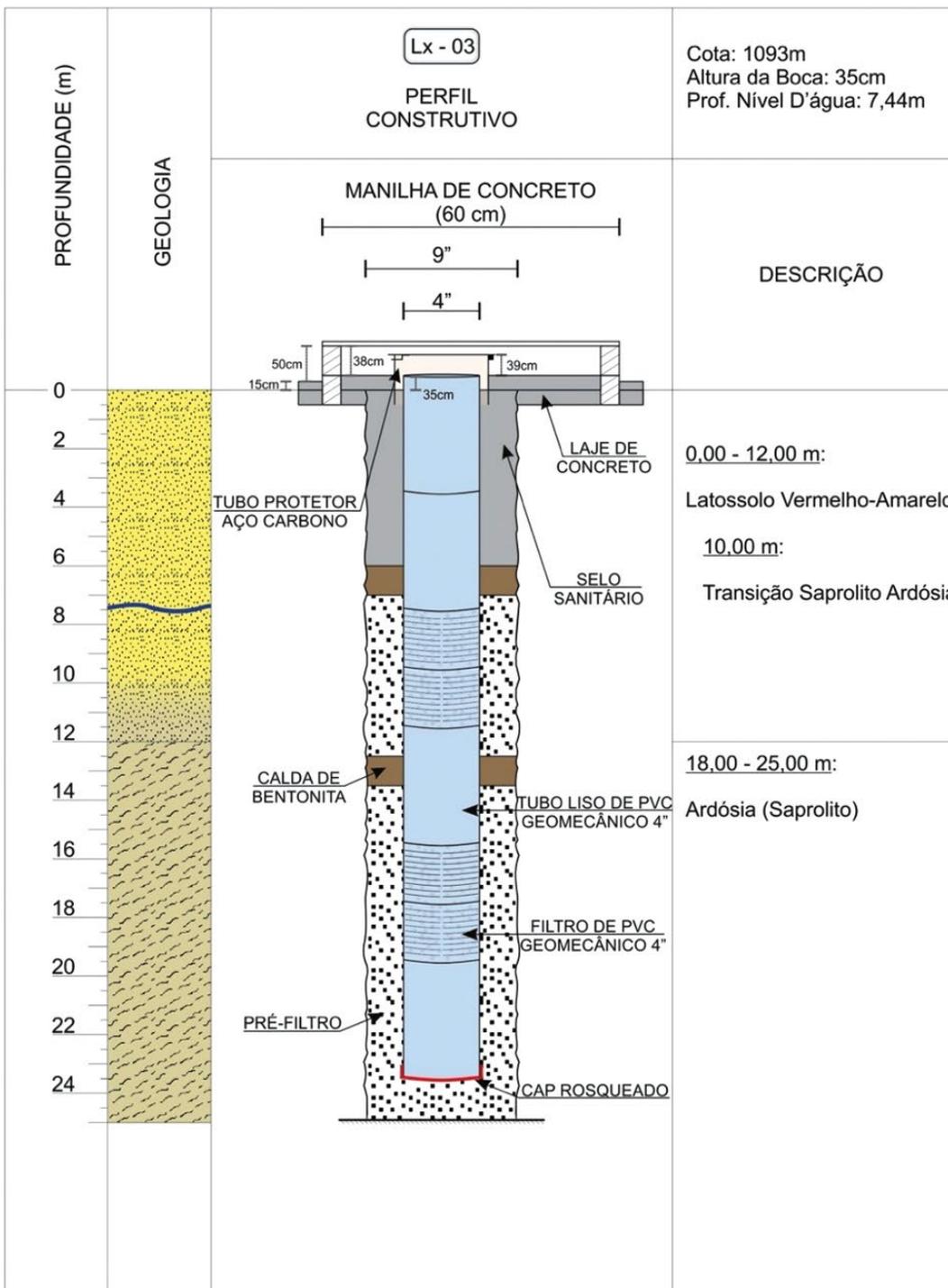
POÇO LX-2

	Perfil Lito-pedológico e Construtivo Poço de Monitoramento Lx - 02	
	Início: 17/06/2020 Término: 18/06/2020	Sistema de Coordenadas Planas Datum horizontal: WGS 84 23L E 180.141 N 8.253.872



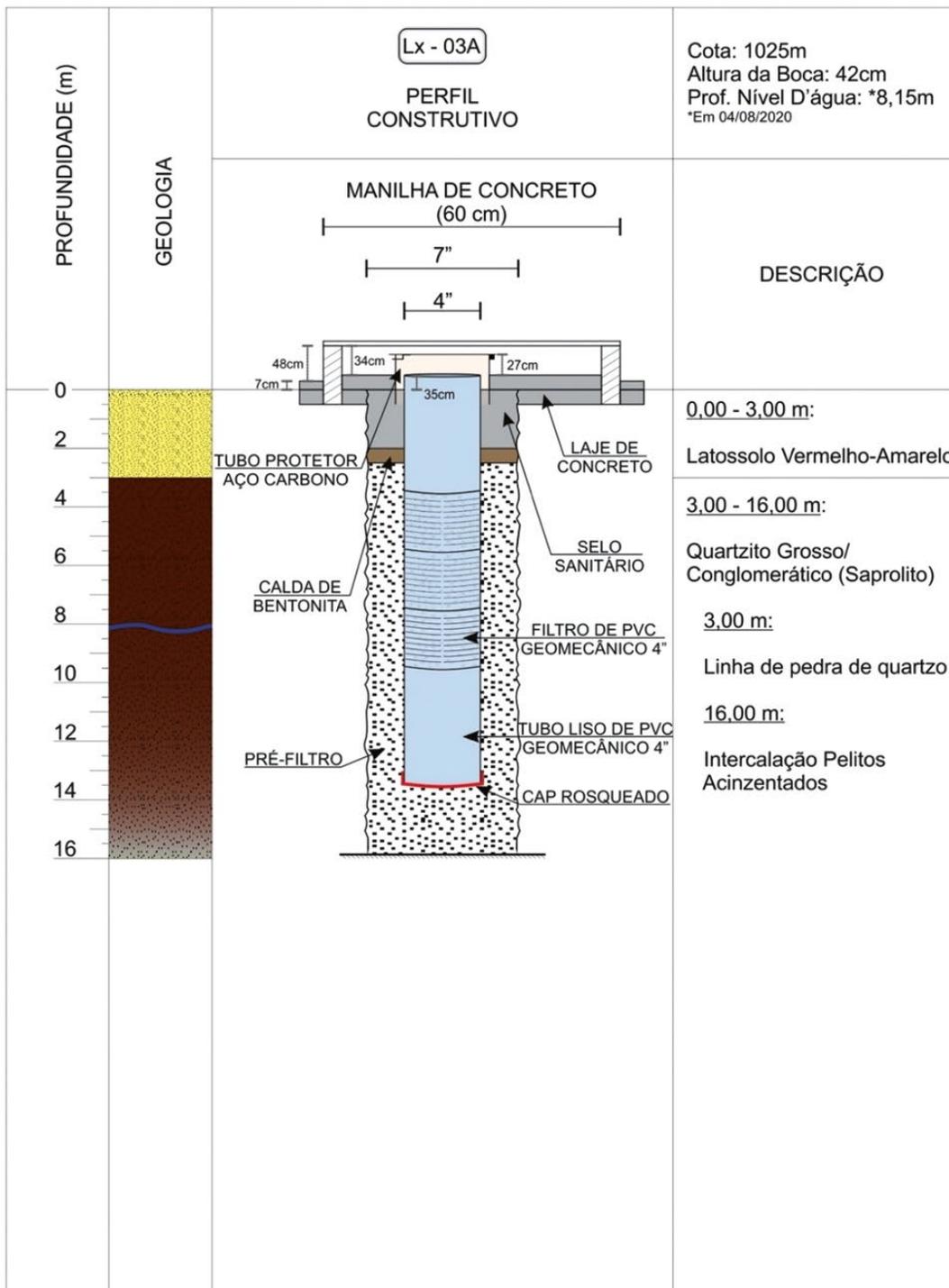
POÇO LX-3

	Perfil Lito-pedológico e Construtivo Poço de Monitoramento Lx - 03	
	Início: 18/06/2020 Término: 19/06/2020	Sistema de Coordenadas Planas Datum horizontal: WGS 84 23L E 180.386 N 8.254.801



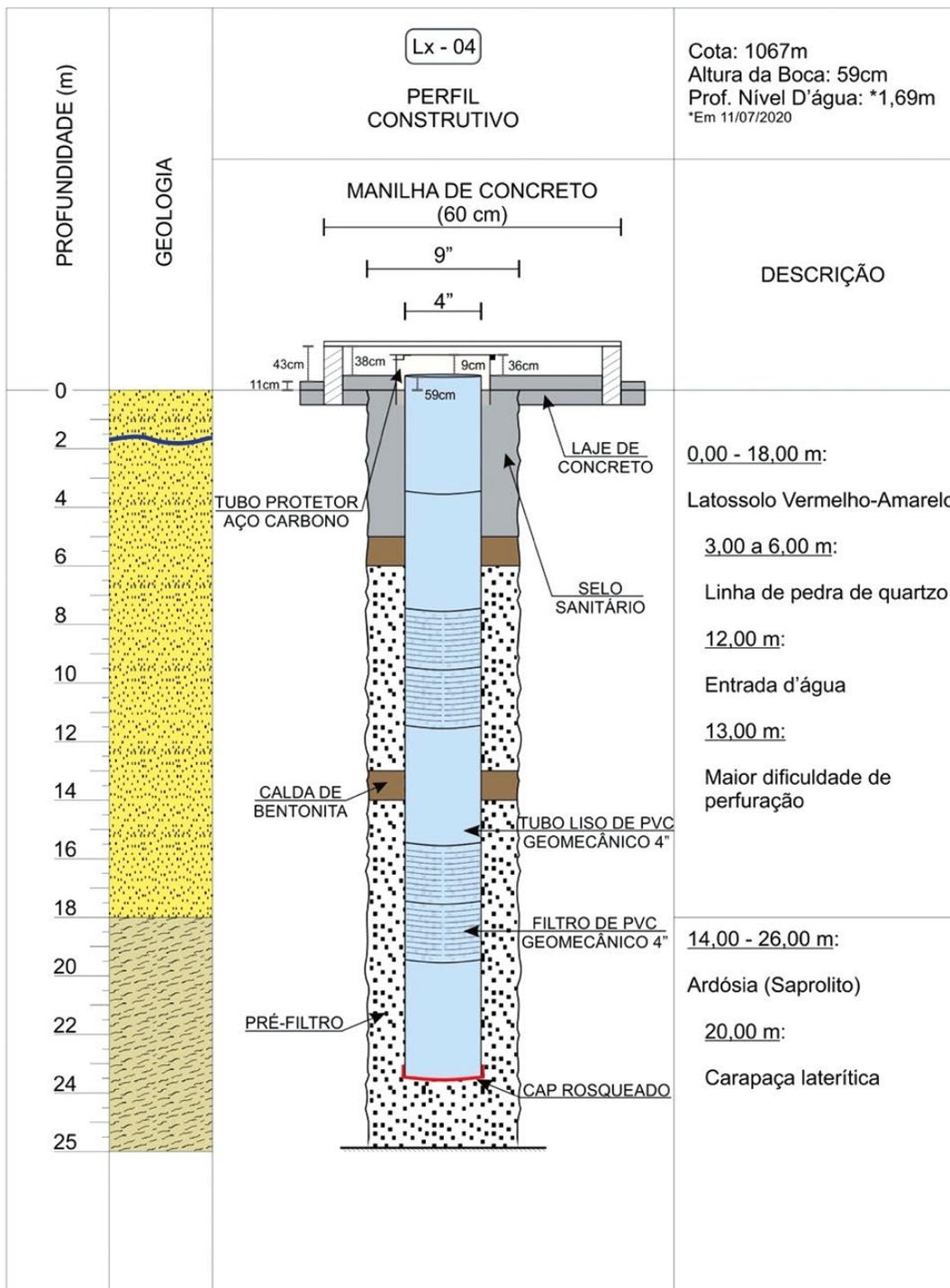
POÇO LX-3A

	Perfil Lito-pedológico e Construtivo Poço de Monitoramento Lx - 03A	
	Início: 27/07/2020 Término: 28/07/2020	Sistema de Coordenadas Planas Datum horizontal: WGS 84 23L E 180.457 N 8.255.053



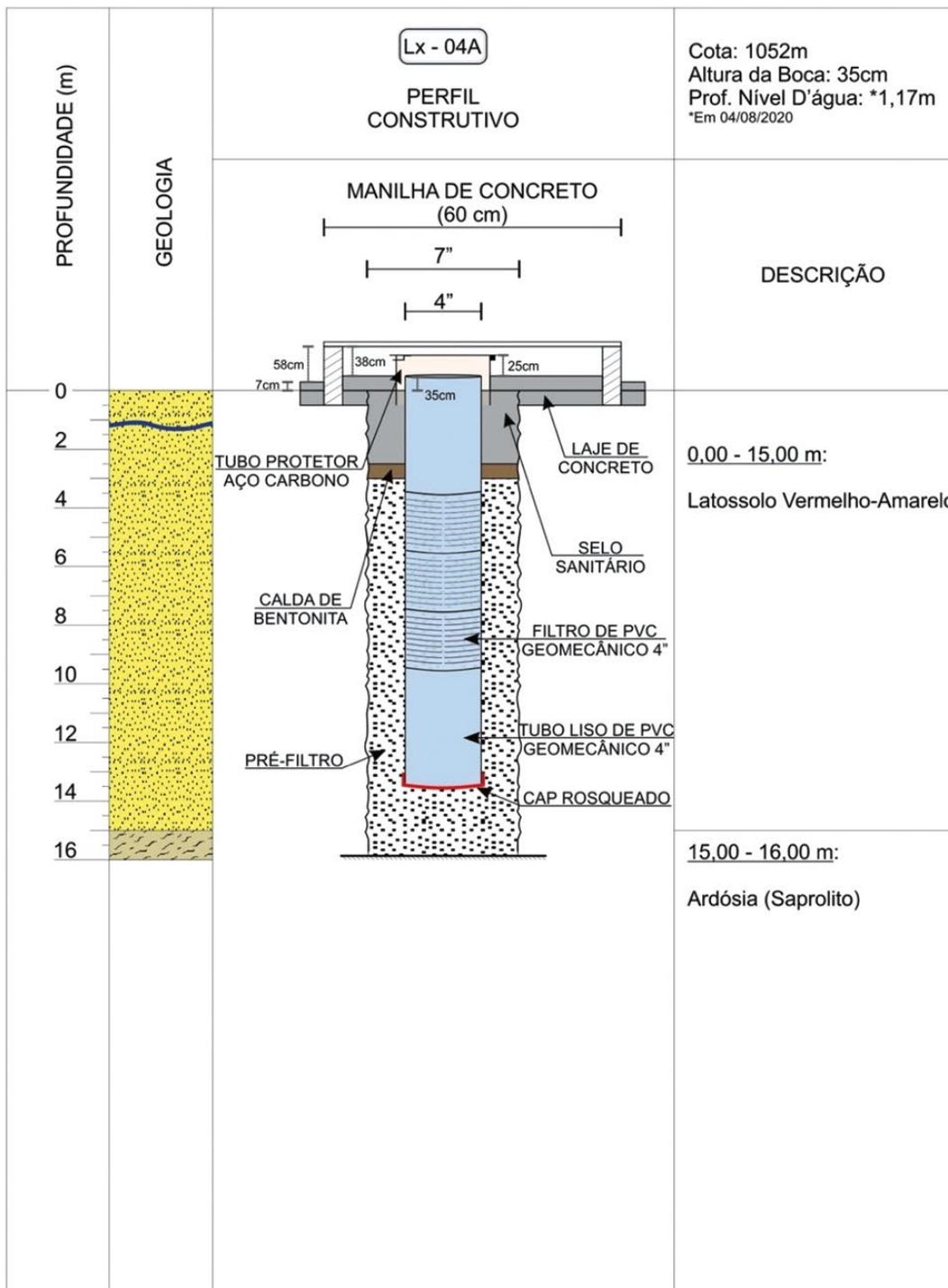
POÇO LX-4

	Perfil Lito-pedológico e Construtivo Poço de Monitoramento Lx - 04	
	Início: 19/06/2020 Término: 20/06/2020	Sistema de Coordenadas Planas Datum horizontal: WGS 84 23L E 180.163 N 8.254.225



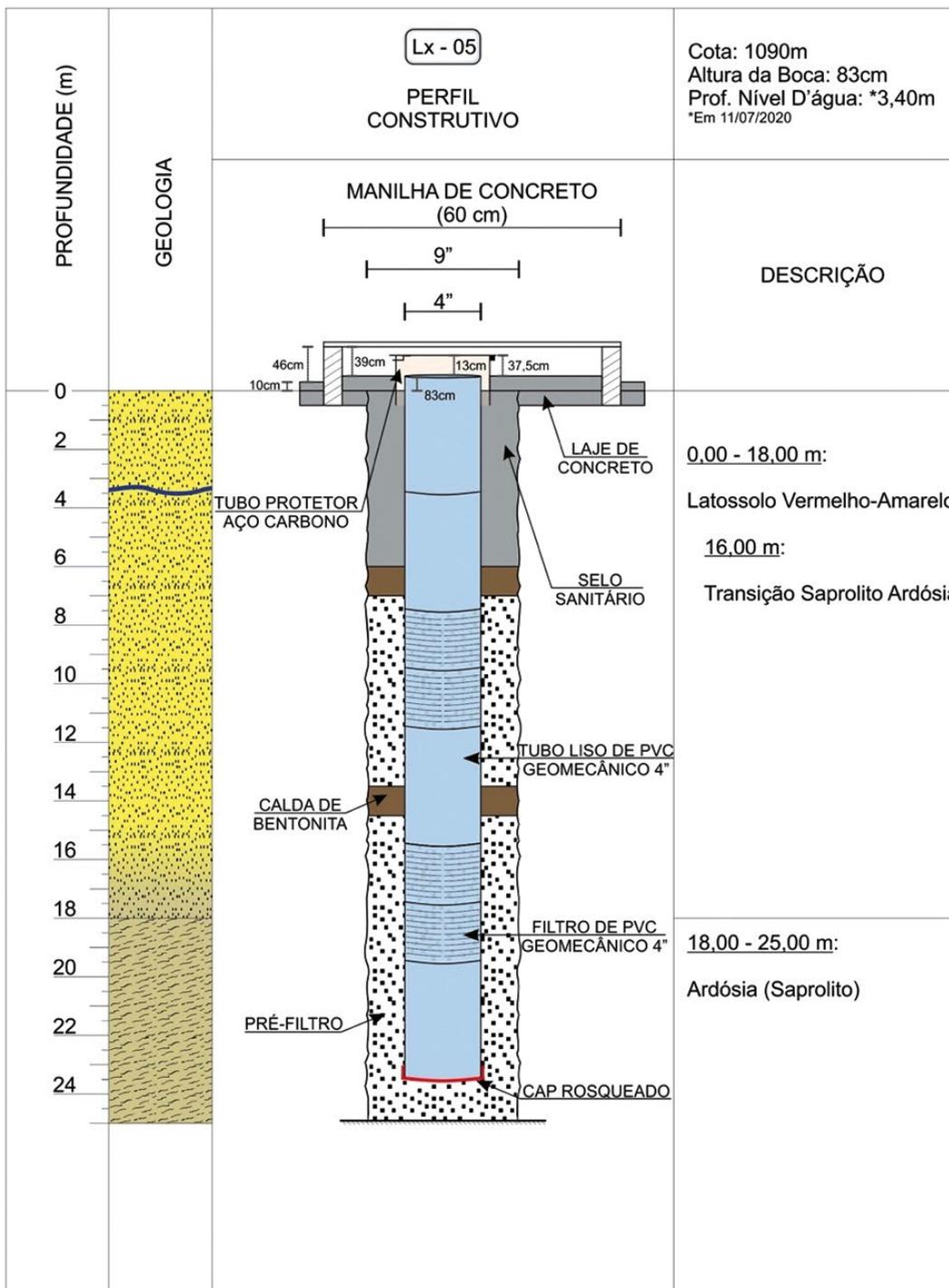
POÇO LX-4A

	Perfil Lito-pedológico e Construtivo Poço de Monitoramento Lx - 04A	
	Início: 23/07/2020 Término: 24/07/2020	Sistema de Coordenadas Planas Datum horizontal: WGS 84 23L E 180.138 N 8.254.152



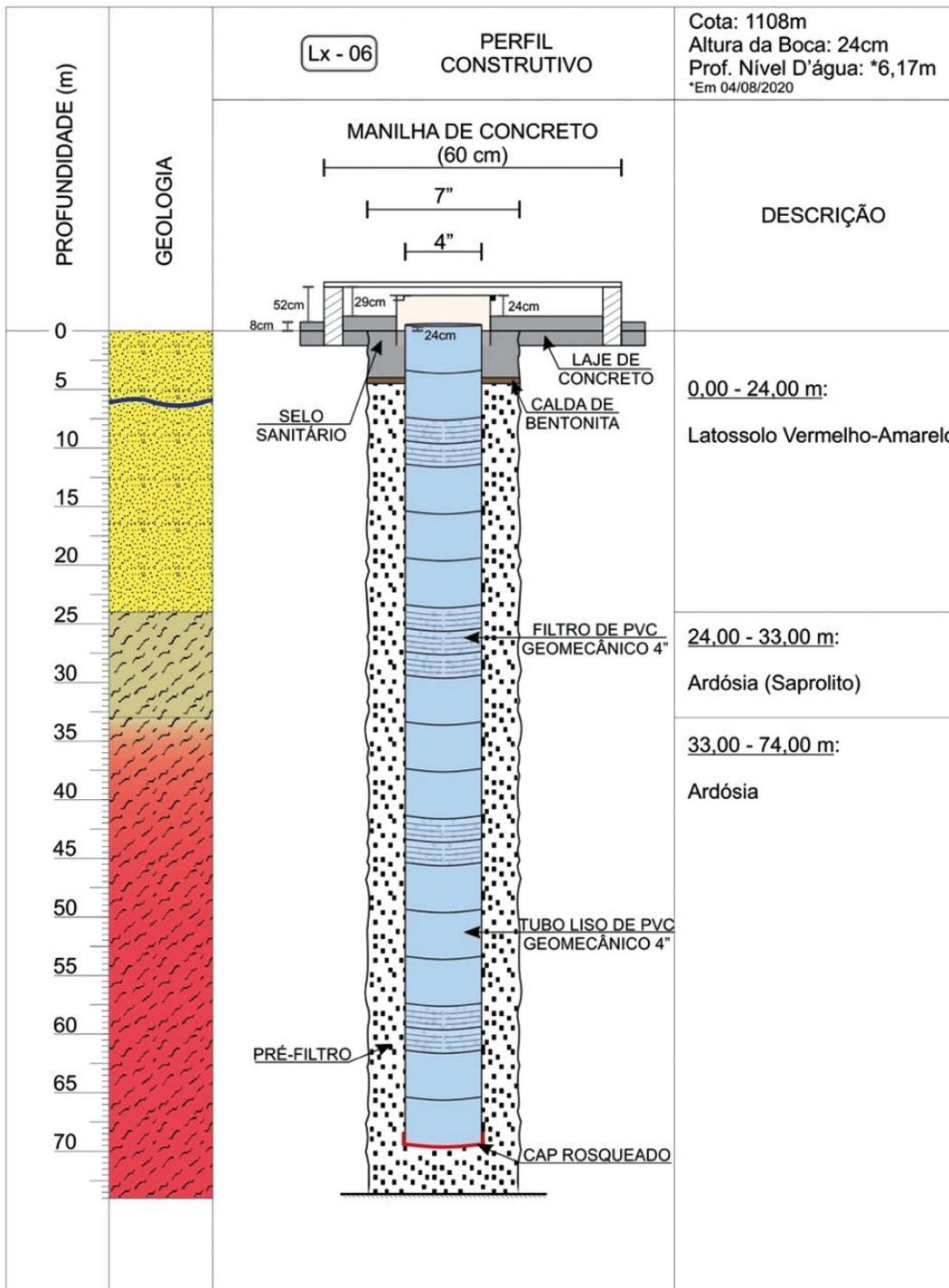
POÇO LX-5

	Perfil Lito-pedológico e Construtivo Poço de Monitoramento Lx - 05	
	Início: 20/06/2020 Término: 21/06/2020	Sistema de Coordenadas Planas Datum horizontal: WGS 84 23L E 180.011 N 8.254.147

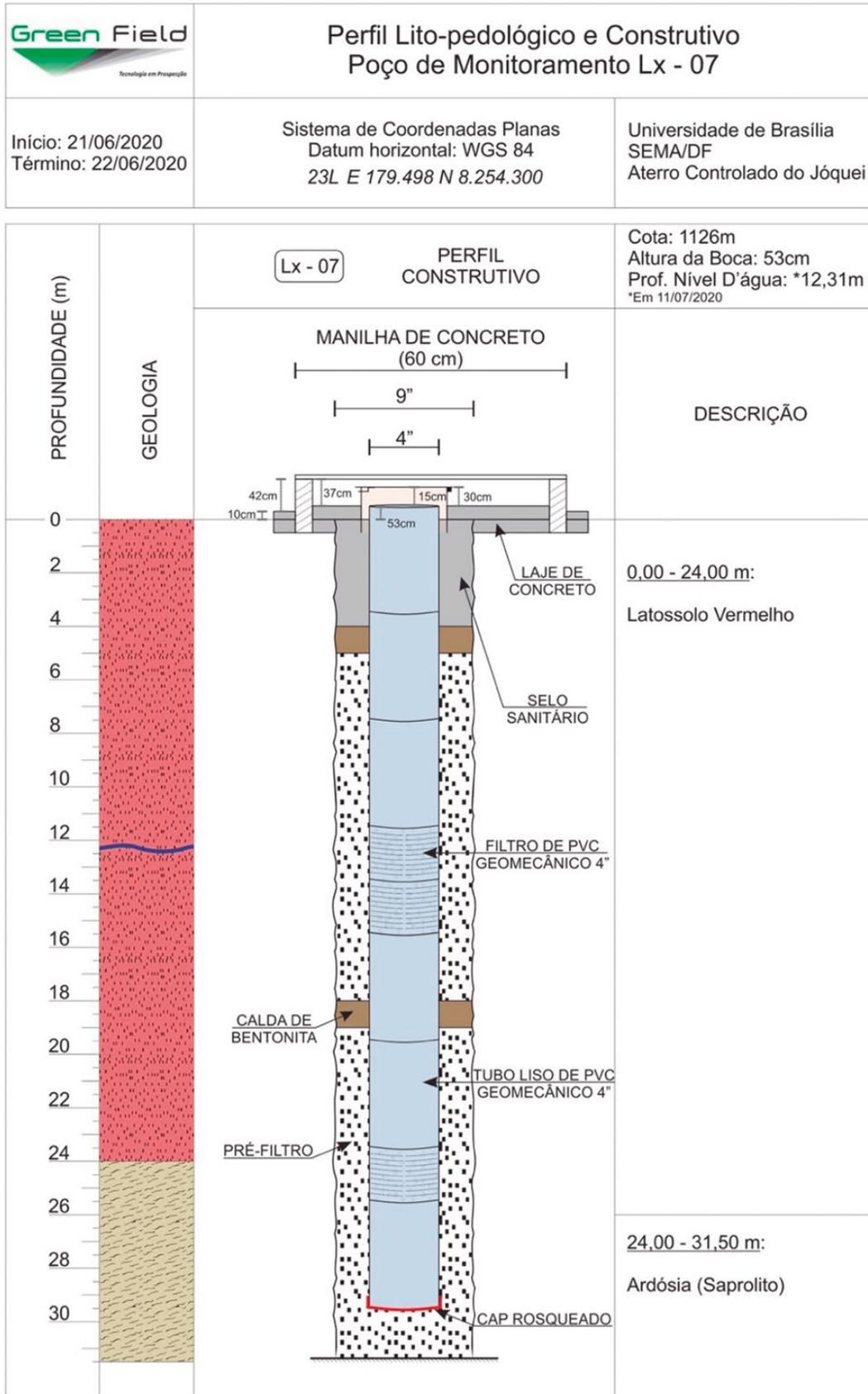


POÇO LX-6

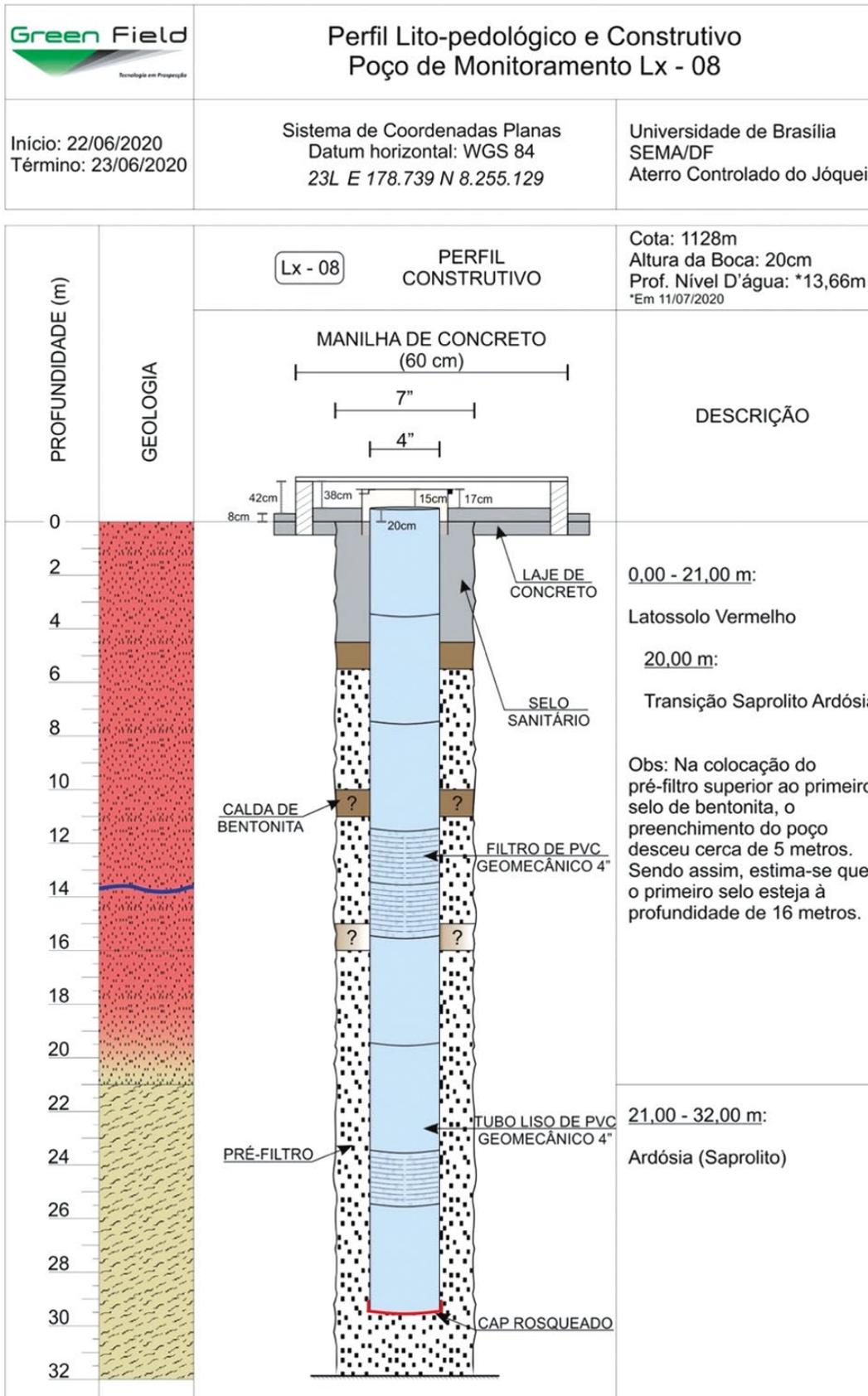
	Perfil Lito-pedológico e Construtivo Poço de Monitoramento Lx - 06	
	Início: 29/07/2020 Término: 30/07/2020	Sistema de Coordenadas Planas Datum horizontal: WGS 84 23L E 179.728 N 8.254.098



POÇO LX-7

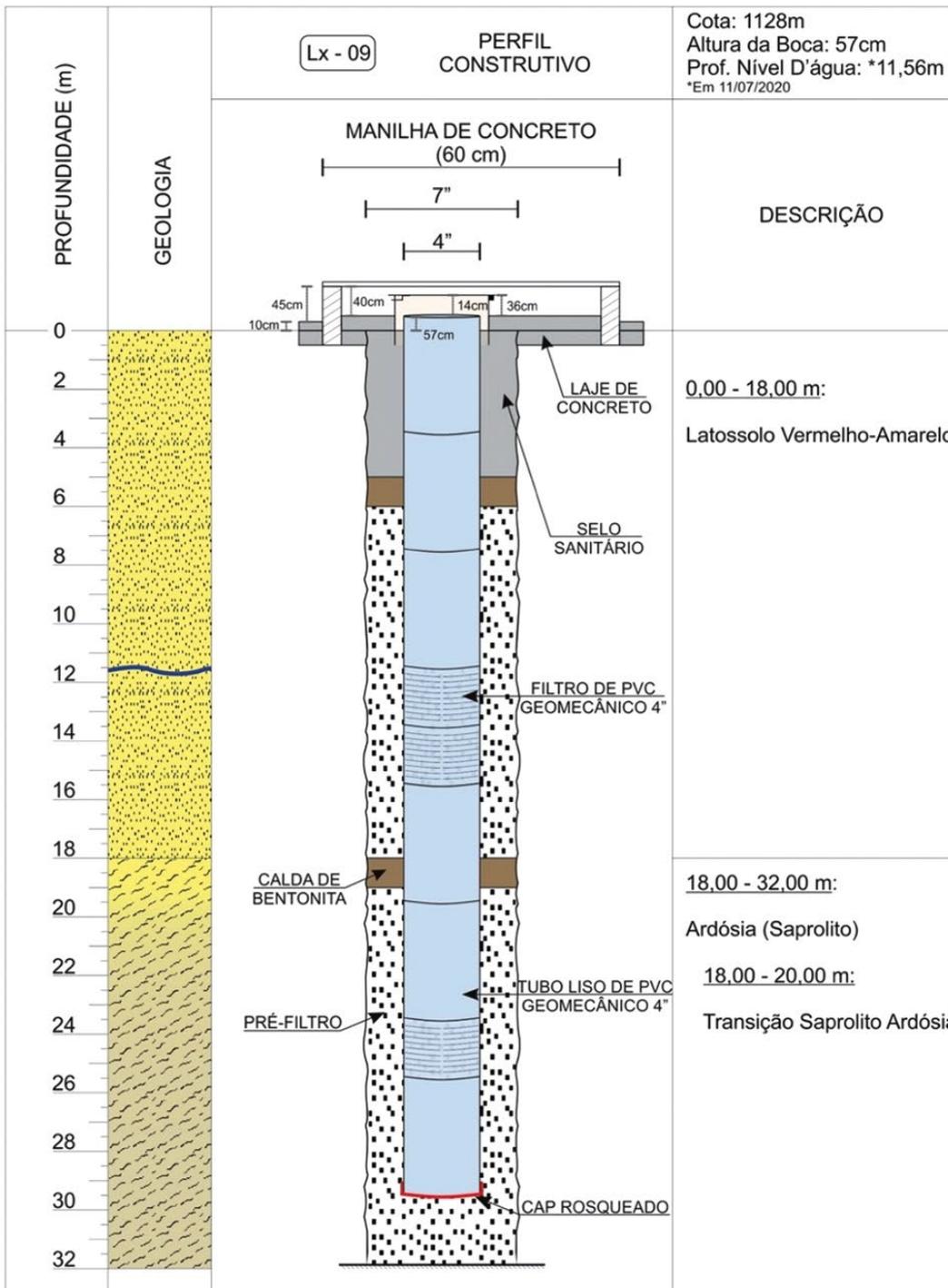


POÇO LX-8



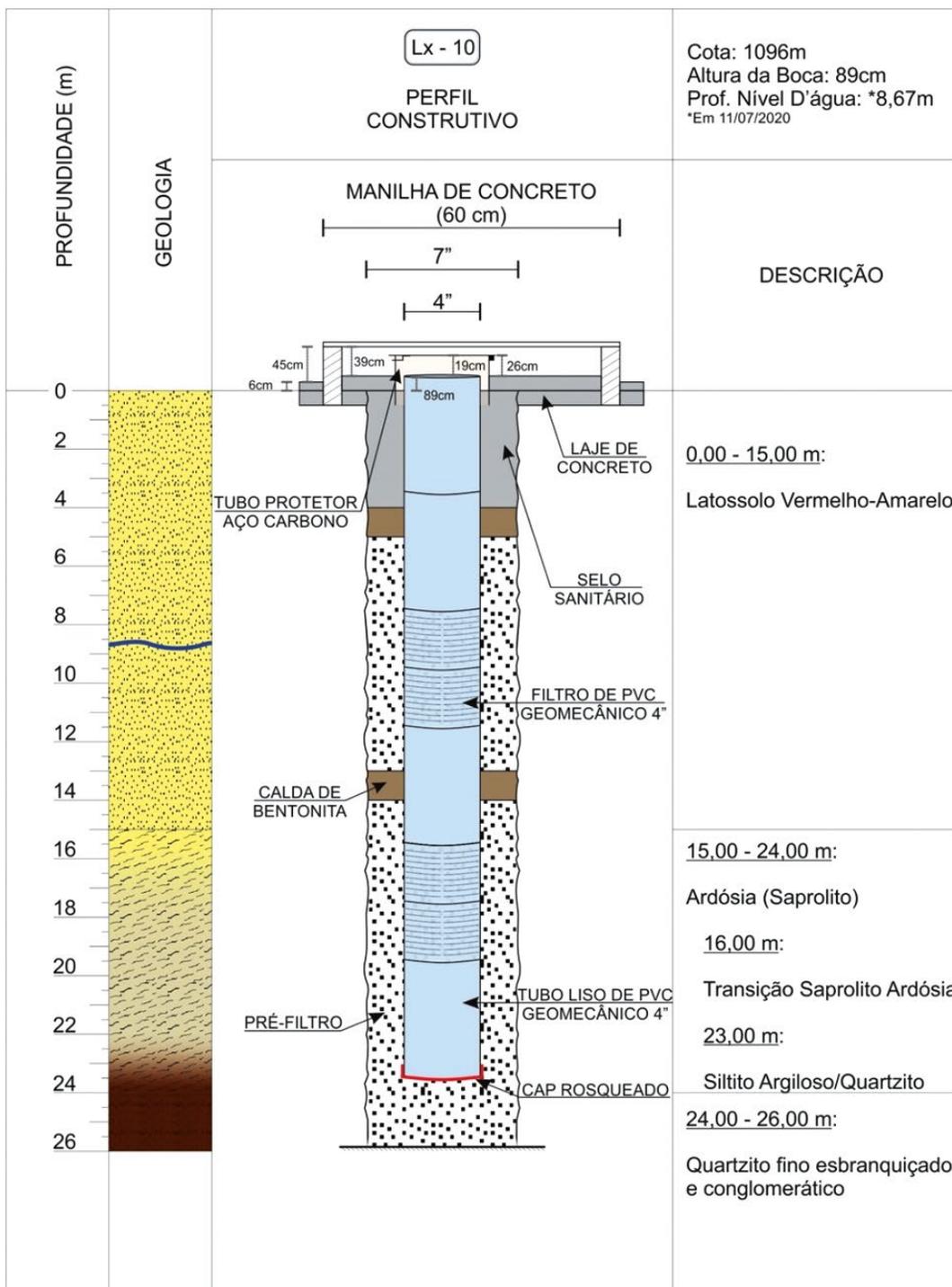
POÇO LX-9

	Perfil Lito-pedológico e Construtivo Poço de Monitoramento Lx - 09	
	Início: 23/06/2020 Término: 24/06/2020	Sistema de Coordenadas Planas Datum horizontal: WGS 84 22L E 821.274 N 8.255.631



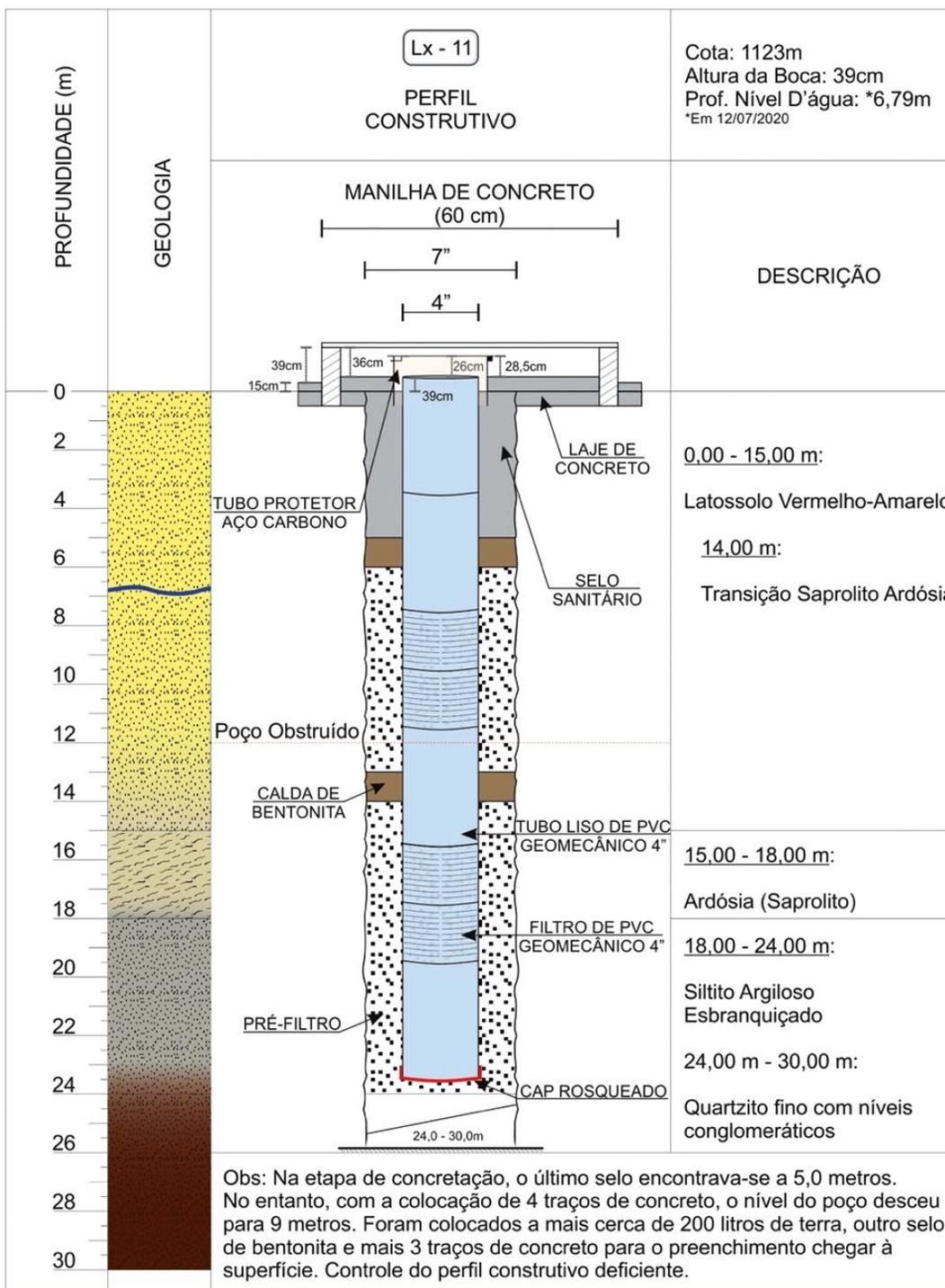
POÇO LX-10

	Perfil Lito-pedológico e Construtivo Poço de Monitoramento Lx - 10	
	Início: 24/06/2020 Término: 25/06/2020	Sistema de Coordenadas Planas Datum horizontal: WGS 84 22L E 821.112 N 8.255.865



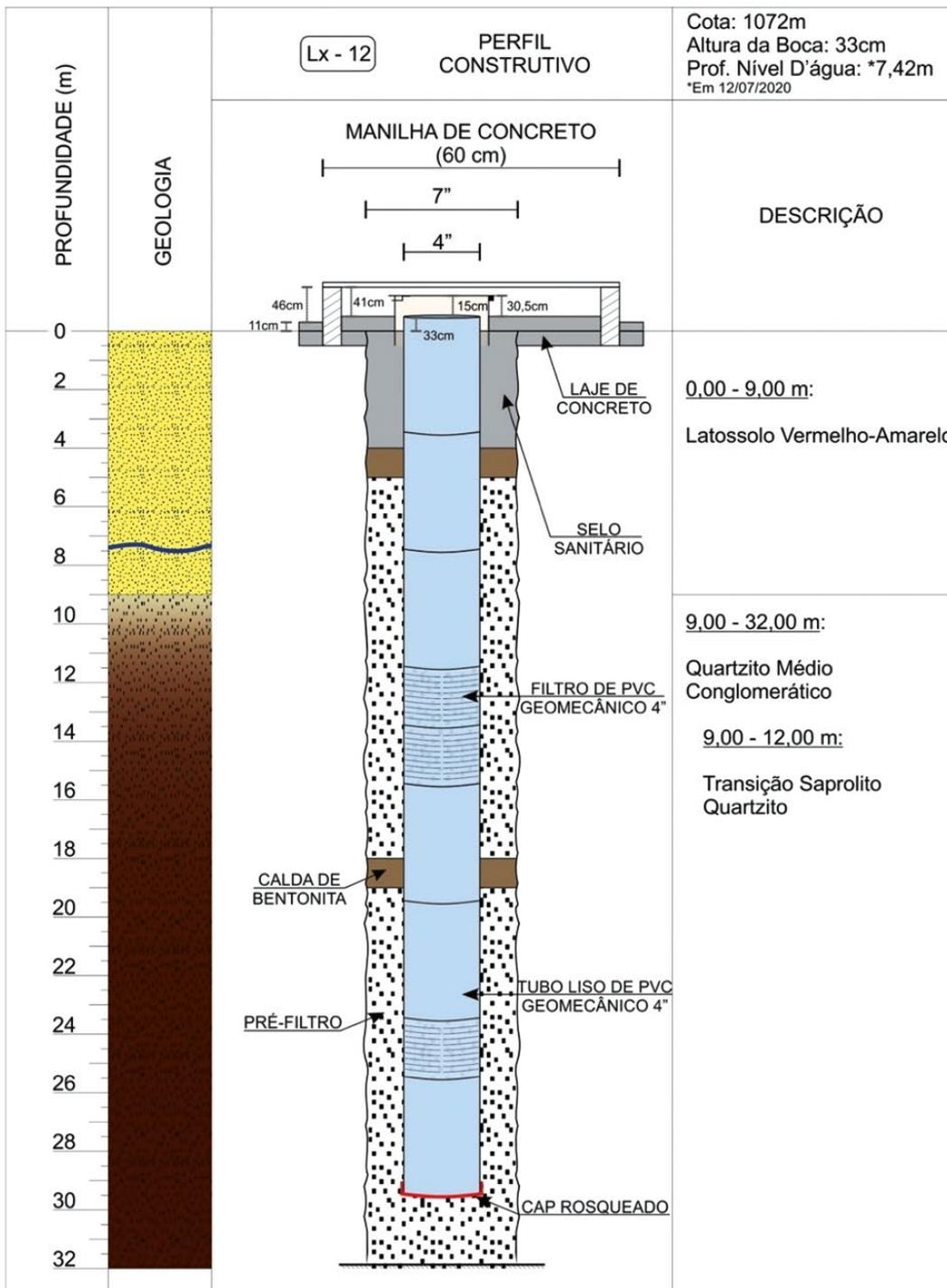
POÇO LX-11

	Perfil Lito-pedológico e Construtivo Poço de Monitoramento Lx - 11	
	Início: 25/06/2020 Término: 26/06/2020	Sistema de Coordenadas Planas Datum horizontal: WGS 84 22L E 821.042 N 8.255.351



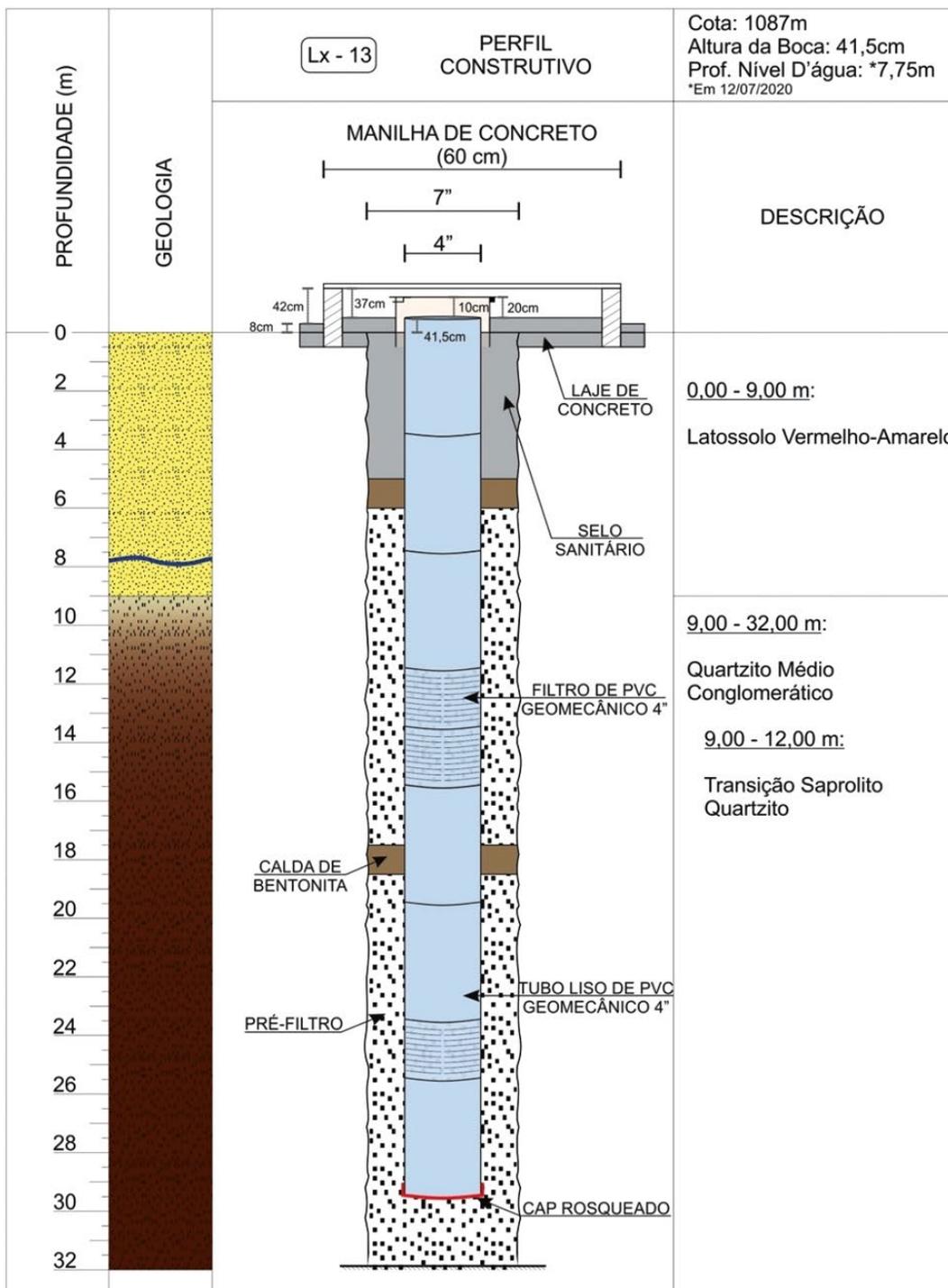
POÇO LX-12

	Perfil Lito-pedológico e Construtivo Poço de Monitoramento Lx - 12	
	Início: 29/06/2020 Término: 30/06/2020	Sistema de Coordenadas Planas Datum horizontal: WGS 84 22L E 820.971 N 8.254.813



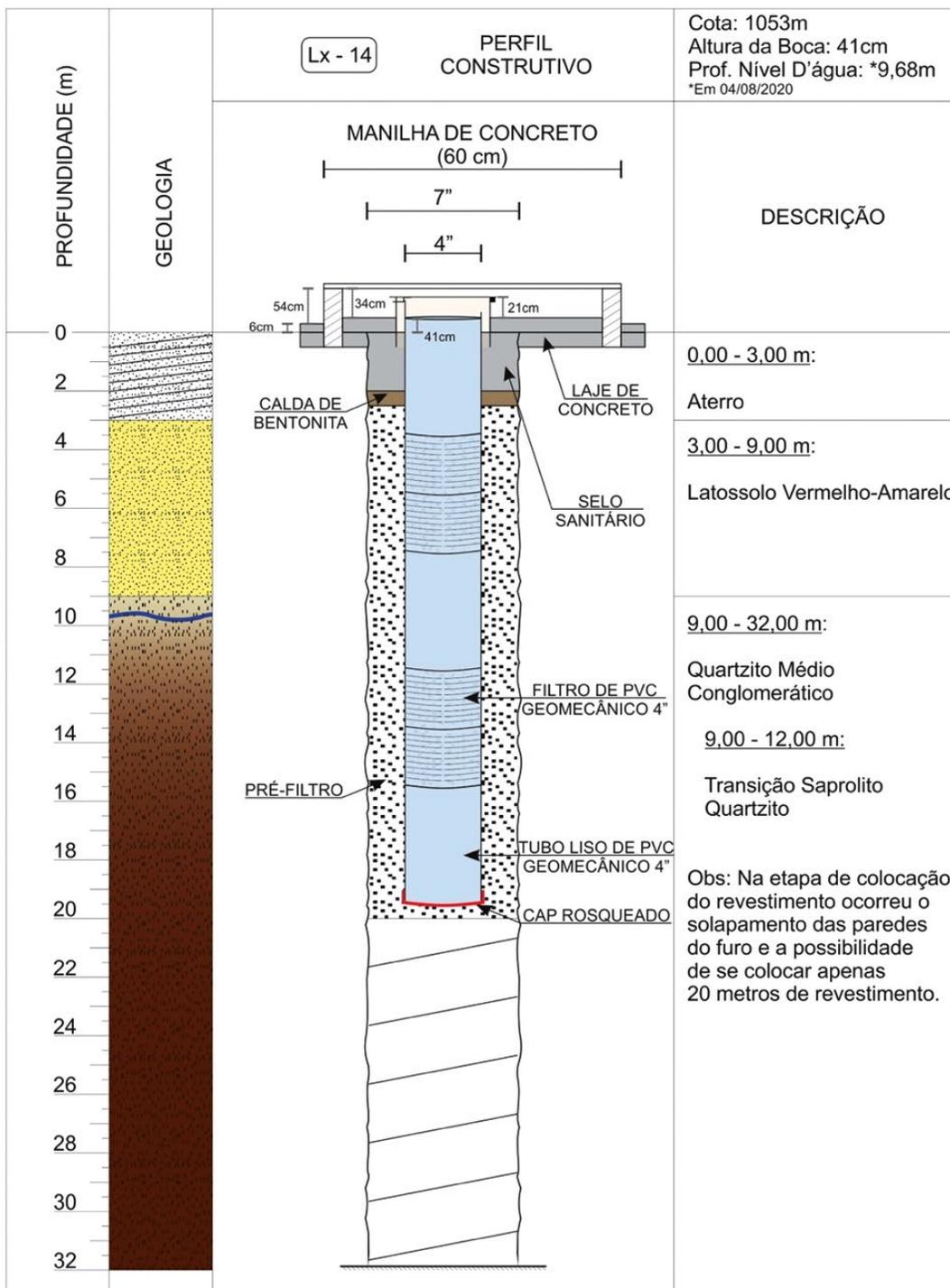
POÇO LX-13

	Perfil Lito-pedológico e Construtivo Poço de Monitoramento Lx - 13	
	Início: 03/07/2020 Término: 04/07/2020	Sistema de Coordenadas Planas Datum horizontal: WGS 84 22L E 821.052 N 8.254.156



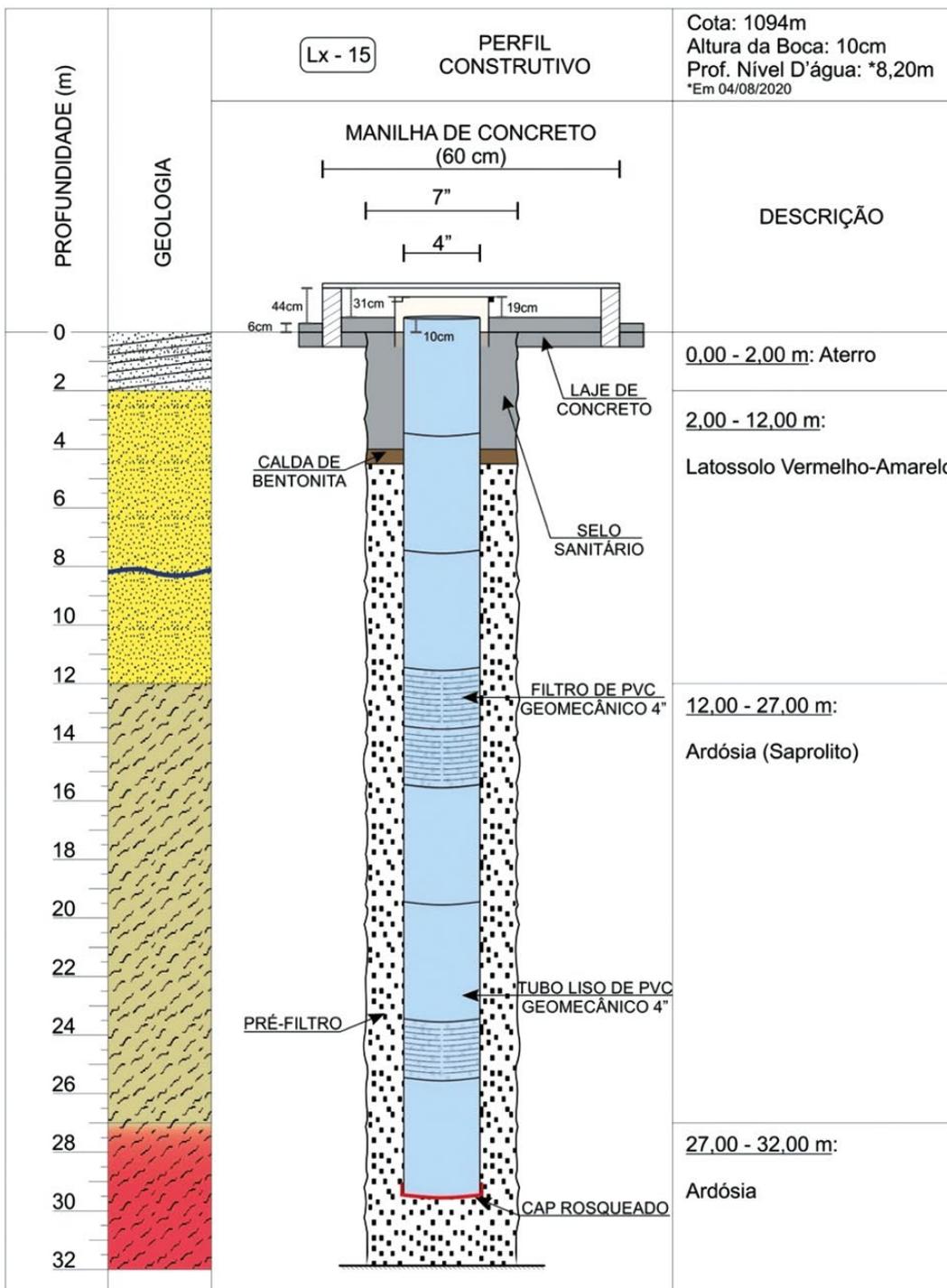
POÇO LX-14

	Perfil Lito-pedológico e Construtivo Poço de Monitoramento Lx - 14	
	Início: 28/07/2020 Término: 28/07/2020	Sistema de Coordenadas Planas Datum horizontal: WGS 84 22L E 821.105 N 8.253.742



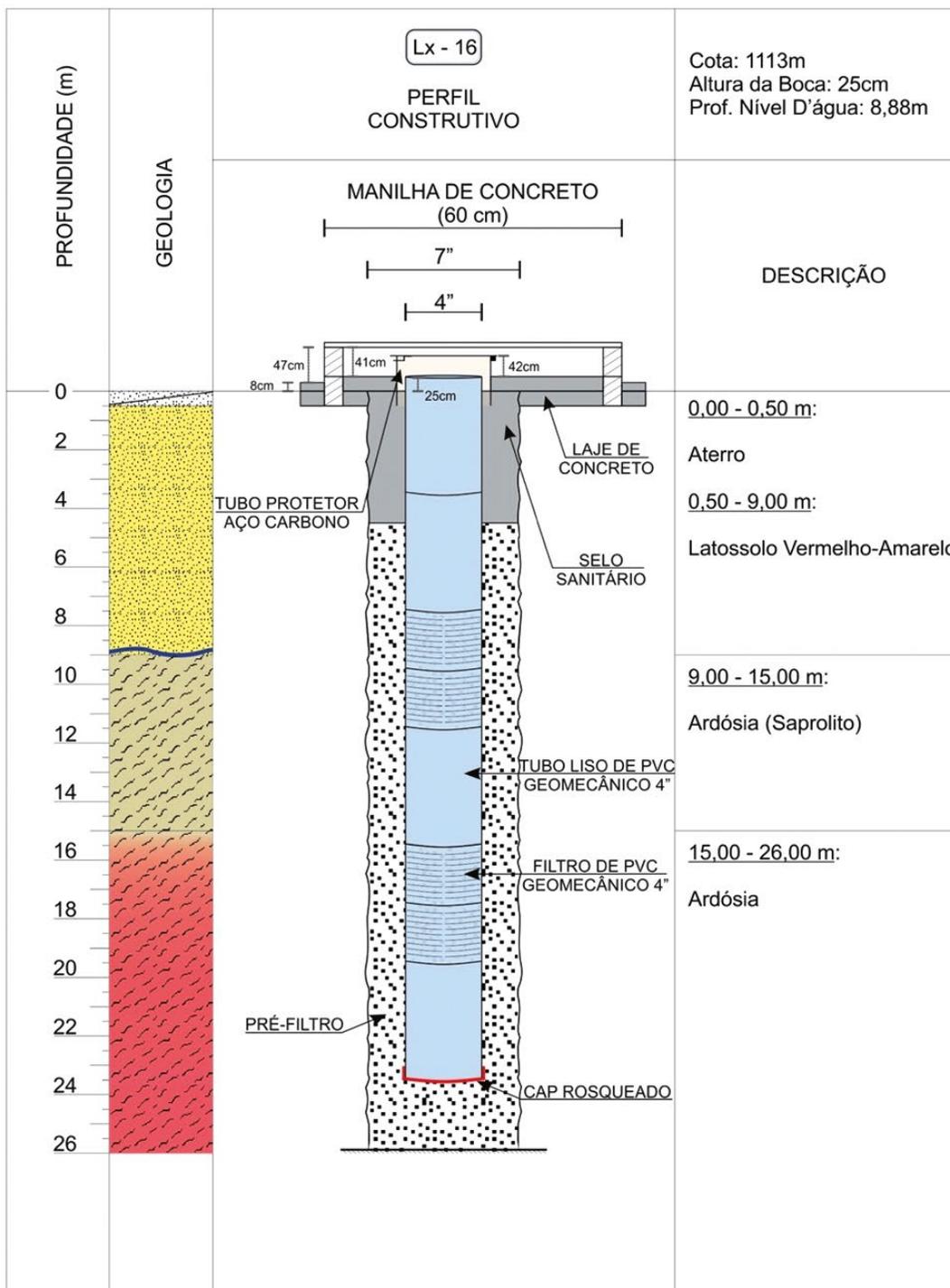
POÇO LX-15

	Perfil Lito-pedológico e Construtivo Poço de Monitoramento Lx - 15	
	Início: 30/07/2020 Término: 31/07/2020	Sistema de Coordenadas Planas Datum horizontal: WGS 84 22L E 821.298 N 8.252.893



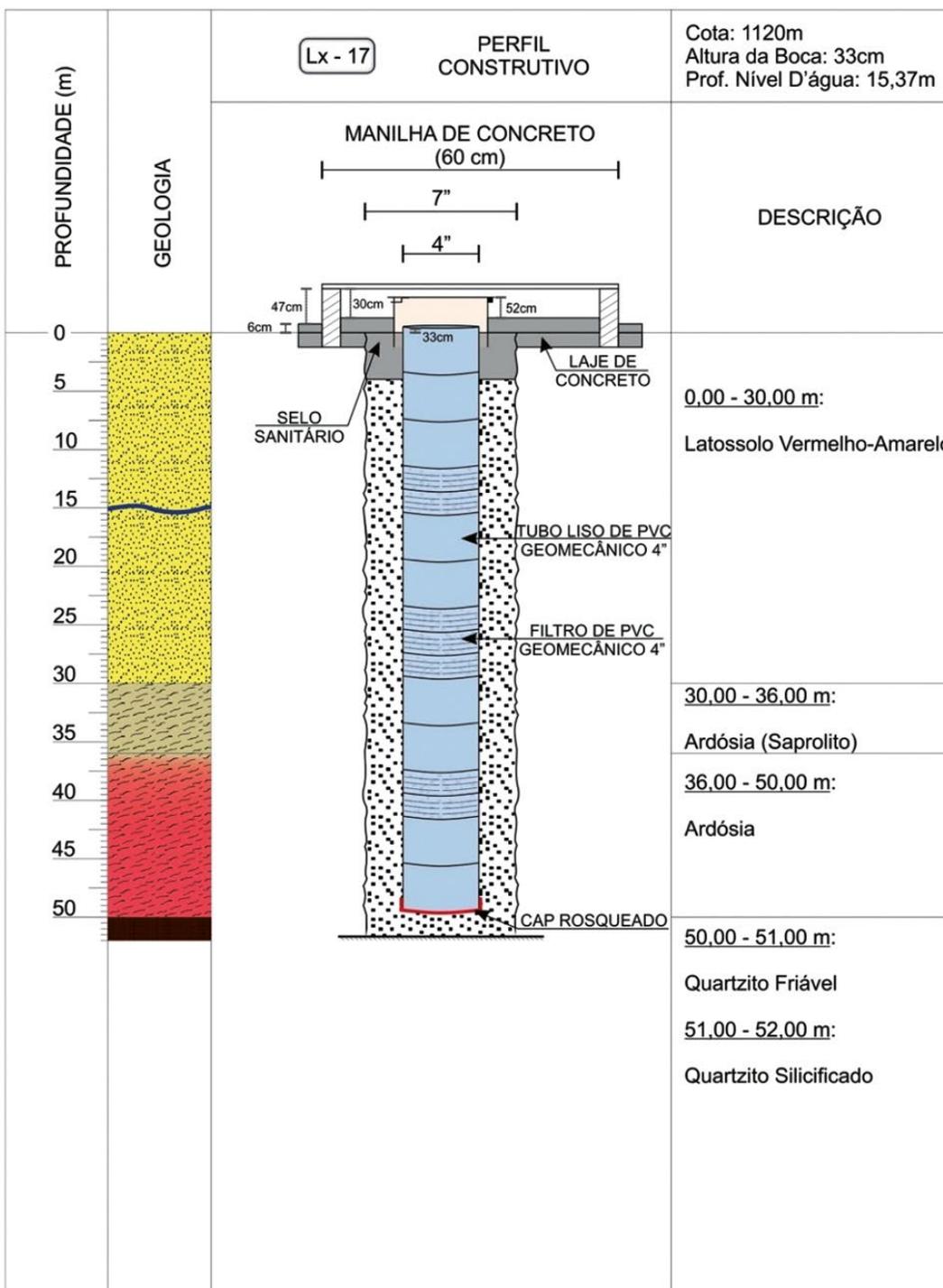
POÇO LX-16

	Perfil Lito-pedológico e Construtivo Poço de Monitoramento Lx - 16	
	Início: 22/08/2020 Término: 23/08/2020	Sistema de Coordenadas Planas Datum horizontal: WGS 84 22L E 821.211 N 8.253.346

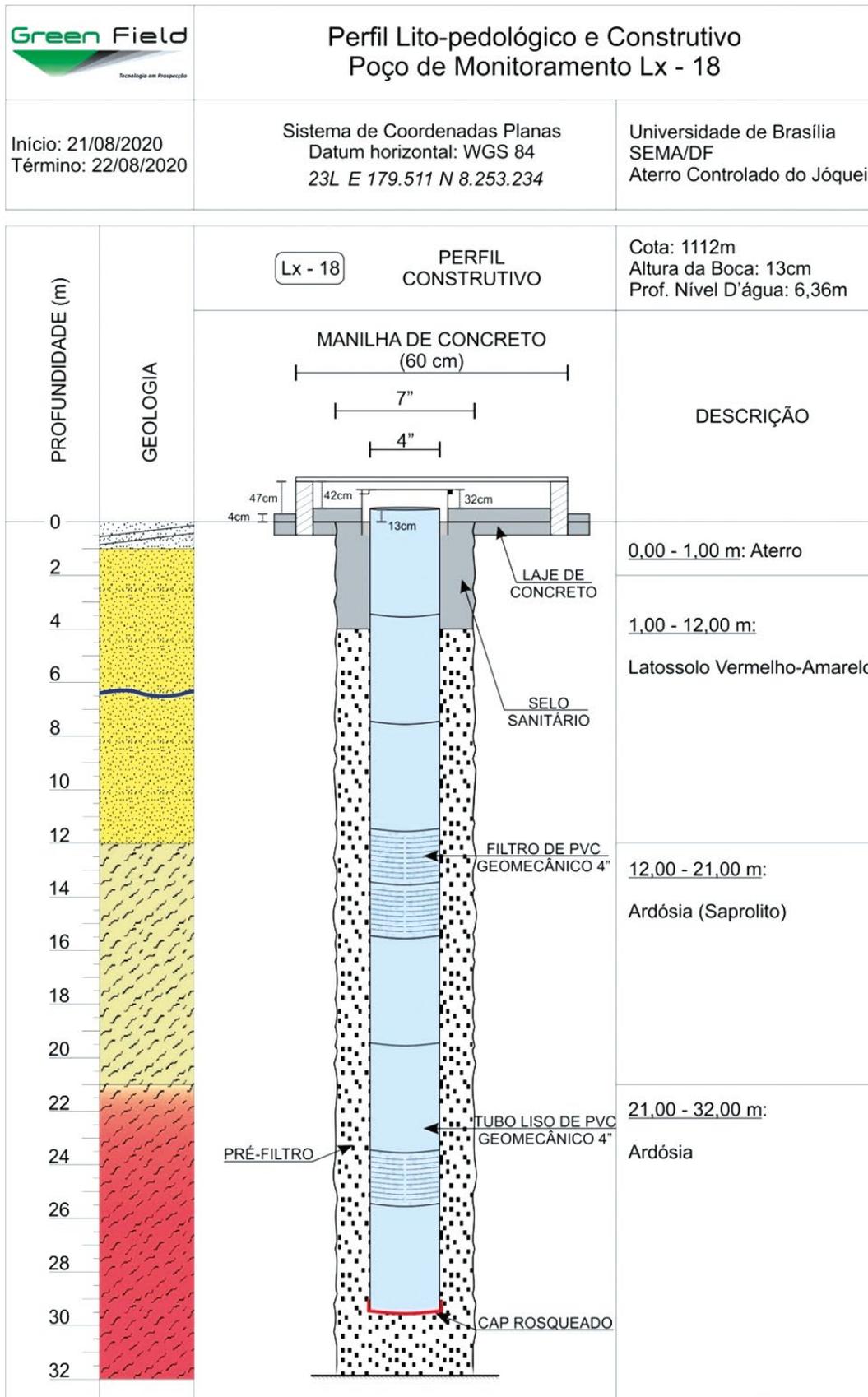


POÇO LX-17

	Perfil Lito-pedológico e Construtivo Poço de Monitoramento Lx - 17	
	Início: 20/08/2020 Término: 21/08/2020	Sistema de Coordenadas Planas Datum horizontal: WGS 84 23L E 178.834 N 8.253.352

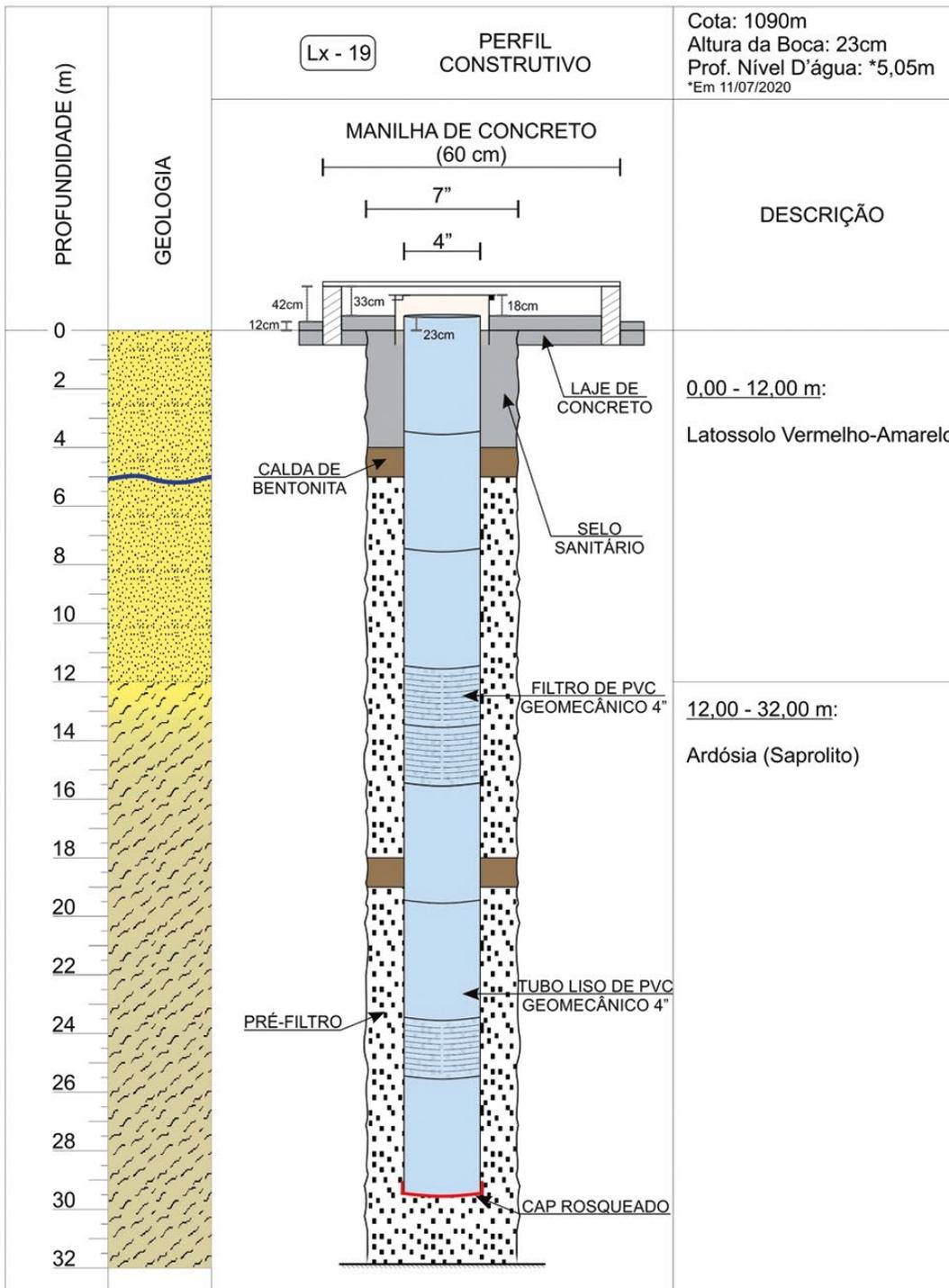


POÇO LX-18



POÇO LX-19

	Perfil Lito-pedológico e Construtivo Poço de Monitoramento Lx - 19	
	Início: 26/06/2020 Término: 27/06/2020	Sistema de Coordenadas Planas Datum horizontal: WGS 84 23L E 180.073 N 8.253.164



PERFIS PEDO-GEOLÓGICOS E CONSTRUTIVOS DOS POÇOS

POÇO LX-01 (11/06/2020)

Coordenadas - 0180389/8253605 - WGS 84 Zona 23S

Elevação - 1056 m

Diâmetro da sondagem - 6 polegadas

Diâmetro do revestimento - 4 polegadas

Tipo de sonda - Rotativa com circulação reversa de lama e broca tricônica

Tamanho das hastes - 2 metros

Comprimento do revestimento - 24 metros

Dados da Perfuração

0 a 2 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo

2 a 4 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo

4 a 6 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo

6 a 8 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo

8 a 10 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo

*9 metros - Entrada d'água

10 a 12 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo

12 a 14 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo

*13 metros - Entrada d'água

*Sonda começou a encontrar maior dificuldade de perfuração

14 a 16 metros - Saprolito ardósia

*16 metros - Entrada d'água

16 a 18 metros - Saprolito ardósia

*Predominância de pequenos fragmentos amarelo-esbranquiçados

18 a 20 metros - Saprolito ardósia

20 a 22 metros - Saprolito ardósia

22 a 24 metros - Saprolito ardósia

*Predominância de fragmentos arroxeados

24 a 26 metros - Saprolito ardósia

Dados do Preenchimento

Pré filtro - 24,0 a 12,0 metros

Selo - 12,0 a 11,5 metros

Pré filtro - 11,5 a 1,0 metros

Selo - 1,0 a 0,5 metros

Concreto - 0,5 a 0,0 metros

POÇO LX-02 (17/06/2020)

Coordenadas - 0180141/ 8253872 - WGS 84 Zona 23S

Elevação - 1083 m

Diâmetro da sondagem - 9 polegadas

Diâmetro do revestimento - 4 polegadas

Tipo de sonda - Rotativa com circulação reversa de lama e broca tricônica

Tamanho das hastes - 3 metros

Comprimento do revestimento - 24 metros

Dados da Perfuração

0 a 3 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo

3 a 6 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo

6 a 9 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo

9 a 12 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo

12 a 15 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo

15 a 18 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo

*16 metros - Saprolito ardósia

18 a 21 metros - Saprolito ardósia

21 a 24 metros - Saprolito ardósia

24 a 25 metros - Saprolito ardósia

*25 metros - Entrada d'água

Dados do Preenchimento

Pré filtro - 24,0 a 19,0 metros

Selo - 19,0 a 18,5 metros

Pré filtro - 18,5 a 14,5 metros

Selo - 14,5 a 13,5 metros

Pré filtro - 13,5 a 5,0 metros

Selo - 5,0 a 4,0 metros

Concreto - 4,0 a 0,0 metros

POÇO LX-03 (18/06/2020)

Coordenadas - 0180386/8254801 - WGS 84 Zona 23S

Elevação - 1093 m

Diâmetro da sondagem - 9 polegadas

Diâmetro do revestimento - 4 polegadas

Tipo de sonda - Rotativa com circulação reversa de lama e broca tricônica

Tamanho das hastes - 3 metros

Comprimento do revestimento - 24 metros

Dados da Perfuração

0 a 3 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo

3 a 6 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo

6 a 9 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo

9 a 12 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo

*Saprolito a 10 metros

12 a 15 metros - Saprolito ardósia

15 a 18 metros - Saprolito ardósia

18 a 21 metros - Saprolito ardósia

21 a 24 metros - Saprolito ardósia

24 a 25 metros - Saprolito ardósia

Dados do Preenchimento

Pré filtro - 25,0 a 13,5 metros

Selo - 13,5 a 12,5 metros

Pré filtro - 12,5 a 7,0 metros

Selo - 7,0 a 6,0 metros

Concreto - 6,0 a 0,0 metros

POÇO LX - 03A (27/07/2020)

Coordenadas - 0180457/8255053 - WGS 84 Zona 22S

Elevação - 1025 m

Diâmetro da sondagem - 7 polegadas

Diâmetro do revestimento - 4 polegadas

Tipo de sonda - Rotativa com circulação reversa de lama e broca tricônica/ Rotopneumática com martelo circular (a partir dos 14 metros)

Tamanho das hastes - 3 metros

Comprimento do revestimento - 14 metros

Dados da Perfuração

0 a 3 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo

*3 metros - Linha de pedra formada por fragmentos de quartzo

3 a 6 metros - Saprolito quartzito grosso conglomerático

6 a 9 metros - Saprolito quartzito grosso conglomerático

9 a 12 metros - Saprolito quartzito grosso conglomerático

12 a 15 metros - Quartzito grosso conglomerático

*14 metros - Troca para sondagem pneumática com martelo circular

15 a 16 metros - Quartzito grosso conglomerático e intercalação de pelitos acinzentados

Dados do Preenchimento

Pré filtro - 16,0 a 2,5 metros

Selo - 2,5 a 2,0 metros

Concreto - 2,0 a 0,0 metros

POÇO LX-04 (19/06/2020)

Coordenadas - 0180163/8254225 - WGS 84 Zona 23S

Elevação - 1067 m

Diâmetro da sondagem - 9 polegadas

Diâmetro do revestimento - 4 polegadas

Tipo de sonda - Rotativa com circulação reversa de lama e broca tricônica

Tamanho das hastes - 3 metros

Comprimento do revestimento - 24 metros

Dados da Perfuração

0 a 3 metros - Latossolo Amarelo
3 a 6 metros - Latossolo Amarelo
*Presença de finos fragmentos de quartzo - linha de pedra
6 a 9 metros - Latossolo Amarelo
9 a 12 metros - Latossolo Amarelo
12 a 15 metros - Latossolo Amarelo
*Entrada d'água - 12 metros
*Material mais duro - 13 metros
15 a 18 metros - Latossolo Amarelo
18 a 21 metros - Saprolito ardósia
*20 metros - Presença de carapaça laterítica
21 a 24 metros - Saprolito ardósia
24 a 25 metros - Saprolito ardósia

Dados do Preenchimento

Pré filtro - 25,0 a 21,0 metros
Selo - 14,0 a 13,0 metros
Pré filtro - 13,0 a 6,0 metros
Selo - 6,0 a 5,0 metros
Concreto - 5,0 a 4,0 metros

POÇO LX - 04 A (23/07/2020)

Coordenadas - 0180138/8254152 - WGS 84 Zona 22S
Elevação - 1052 m
Diâmetro da sondagem - 7 polegadas
Diâmetro do revestimento - 4 polegadas
Tipo de sonda - Rotativa com circulação reversa de lama e broca tricônica
Tamanho das hastes - 3 metros
Comprimento do revestimento - 14 metros

Dados da Perfuração

0 a 3 metros - Latossolo Amarelo
3 a 6 metros - Latossolo Amarelo
6 a 9 metros - Latossolo Amarelo
9 a 12 metros - Latossolo Amarelo
12 a 15 metros - Latossolo Amarelo
15 a 16 metros - Saprolito ardósia

Dados do Preenchimento

Pré filtro - 16,0 a 3,0 metros
Selo - 3,0 a 2,5 metros
Concreto - 2,0 a 0,0 metros

POÇO LX-05 (20/06/2020)

Coordenadas - 0180011-8254147 WGS 84 Zona 23S

Elevação - 1090 m

Diâmetro da sondagem - 9 polegadas

Diâmetro do revestimento - 4 polegadas

Tipo de sonda - Rotativa com circulação reversa de lama e broca tricônica

Tamanho das hastes - 3 metros

Comprimento do revestimento - 24 metros

Dados da Perfuração

0 a 3 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo
0 a 6 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo
6 a 9 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo
9 a 12 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo
12 a 15 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo
15 a 18 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo
*16 metros - Saprolito
18 a 21 metros - Saprolito ardósia
21 a 24 metros - Saprolito ardósia
24 a 25 metros - Saprolito ardósia

Dados do Preenchimento

Pré filtro - 24 a 14,5 metros
Selo - 14,5 a 13,5 metros
Pré filtro - 13,5 a 6,0 metros
Selo - 6,0 a 5,0 metros
Concreto - 5,0 a 0,0 metros

POÇO LX-06 (29/07/2020)

Coordenadas - 0179728/8254098 - WGS 84 Zona 23S

Elevação - 1108 m

Diâmetro da sondagem - 7 polegadas

Diâmetro do revestimento - 4 polegadas

Tipo de sonda - Rotativa com circulação reversa de lama e broca tricônica

Tamanho das hastes - 3 metros

Comprimento do revestimento - 70 metros

Dados da Perfuração

0 a 3 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo
3 a 6 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo
6 a 9 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo
9 a 12 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo
12 a 15 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo
15 a 18 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo
18 a 21 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo
21 a 24 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo
24 a 27 metros - Saprolito ardósia
27 a 30 metros - Saprolito ardósia
30 a 33 metros - Saprolito ardósia
33 a 36 metros - Ardósia
36 a 39 metros - Ardósia
39 a 42 metros - Ardósia
42 a 45 metros - Ardósia
45 a 48 metros - Ardósia
48 a 51 metros - Ardósia

51 a 54 metros - Ardósia
54 a 57 metros - Ardósia
57 a 60 metros - Ardósia
60 a 63 metros - Ardósia
63 a 66 metros - Ardósia
66 a 69 metros - Ardósia
69 a 72 metros - Ardósia
72 a 74 metros - Ardósia

Dados do Preenchimento

Pré filtro - 74 a 4,5 metros
Selo - 4,5 a 4,0 metros
Concreto - 4,0 a 0,0 metros

POÇO LX-07 (21/06/2020)

Coordenadas - 0179498/8254300 - WGS 84 Zona 23S
Elevação - 1126 m
Diâmetro da sondagem - 9 polegadas
Diâmetro do revestimento - 4 polegadas
Tipo de sonda - Rotativa com circulação reversa de lama e broca tricônica
Tamanho das hastes - 3 metros
Comprimento do revestimento - 30 metros

Dados da Perfuração

0 a 3 metros - Latossolo Vermelho
3 a 6 metros - Latossolo Vermelho
6 a 9 metros - Latossolo Vermelho
9 a 12 metros - Latossolo Vermelho
12 a 15 metros - Latossolo Vermelho
15 a 18 metros - Latossolo Vermelho
18 a 21 metros - Latossolo Vermelho
21 a 24 metros - Latossolo Vermelho
*Saprolito ardósia - 24 metros
24 a 27 metros - Saprolito ardósia
27 a 30 metros - Saprolito ardósia
30 a 31,5 metros - Saprolito ardósia

Dados do Preenchimento

Pré filtro – 30,0 a 19,0 metros

Selo – 19,0 a 18,0 metros

Pré filtro – 18,0 a 5,0 metros

Selo – 5,0 a 4,0 metros

Concreto – 4,0 a 0,0 metros

POÇO LX-08 (22/06/2020)

Coordenadas – 0178739/8255129 - WGS 84 Zona 23S

Elevação - 1128 m

Diâmetro da sondagem - 7 polegadas

Diâmetro do revestimento - 4 polegadas

Tipo de sonda - Rotativa com circulação reversa de lama e broca tricônica

Tamanho das hastes - 3 metros

Comprimento do revestimento - 30 metros

Dados da Perfuração

0 a 3 metros – Latossolo Vermelho

3 a 6 metros – Latossolo Vermelho

6 a 9 metros – Latossolo Vermelho

9 a 12 metros – Latossolo Vermelho

12 a 15 metros – Latossolo Vermelho

15 a 18 metros – Latossolo Vermelho

18 a 21 metros – Latossolo Vermelho

*Saprolito ardósia - 20 metros

21 a 24 metros – Saprolito ardósia

24 a 27 metros – Saprolito ardósia

27 a 30 metros – Saprolito ardósia

30 a 32 metros – Saprolito ardósia

Dados de Preenchimento

Pré filtro – 30,0 a 11,0 metros

Selo – 11,0 a 10,0 metros

Pré filtro – 10,0 a 5,5 metros

Selo – 5,5 a 4,5 metros

Concreto – 4,5 a 0,0 metros

Obs: Na colocação do pré-filtro superior ao primeiro selo de bentonita, o preenchimento do poço desceu cerca de 5 metros. Sendo assim, estima-se que o primeiro selo esteja à profundidade de 16 metros.

POÇO LX-09 (23/06/2020)

Coordenadas – 0821274/8255631- WGS 84 Zona 22S

Elevação – 1128 m

Diâmetro da sondagem – 7 polegadas

Diâmetro do revestimento – 4 polegadas

Tipo de sonda – Rotativa com circulação reversa de lama e broca tricônica

Tamanho das hastes – 3 metros

Comprimento do revestimento – 30 metros

Dados da Perfuração

0 a 3 metros – Latossolo Vermelho – Amarelo

3 a 6 metros – Latossolo Vermelho – Amarelo

6 a 9 metros – Latossolo Vermelho – Amarelo

9 a 12 metros – Latossolo Vermelho – Amarelo

12 a 15 metros – Latossolo Vermelho – Amarelo

15 a 18 metros – Latossolo Vermelho – Amarelo

18 a 21 metros – Saprolito ardósia

*20 metros – Saprolito ardósia

21 a 24 metros – Saprolito ardósia

24 a 27 metros – Saprolito ardósia

27 a 30 metros – Saprolito ardósia

30 a 32 metros – Saprolito ardósia

Dados de Preenchimento

Pré filtro – 30,0 a 19,0 metros

Selo – 19,0 a 18,0 metros

Pré filtro – 18,0 a 6,0 metros

Selo – 6,0 a 5,0 metros

Concreto – 5,0 a 0,0 metros

POÇO LX-10 (24/06/2020)

Coordenadas - 0821112/8255865- WGS 84 Zona 22 S

Elevação - 1096 m

Diâmetro da sondagem - 7 polegadas

Diâmetro do revestimento - 4 polegadas

Tipo de sonda - Rotativa com circulação reversa de lama e broca tricônica

Tamanho das hastes - 3 metros

Comprimento do revestimento - 24 metros

Dados da Perfuração

0 a 3 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo

3 a 6 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo

6 a 9 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo

9 a 12 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo

12 a 15 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo

15 a 18 metros - Saprolito ardósia

*16 metros - Saprolito ardósia

18 a 21 metros - Saprolito ardósia

21 a 24 metros - Saprolito ardósia

*23 metros - Transição com a Unidade S - Siltito argiloso/ Quartzito muito fino esbranquiçado

24 a 26 metros - Quartzito fino esbranquiçado e conglomerático

Dados de Preenchimento

Pre filtro - 24 a 14 metros

Selo - 14 a 13 metros

Pre filtro - 13 a 5 metros

Selo - 5 a 4 metros

Concreto - 4 a 0,0 metros

POÇO LX - 11 (25/06/2020)

Coordenadas 0821042/8255351 - WGS 84 Zona 22 S

Elevação - 1123m

Diâmetro da sondagem - 7 polegadas

Diâmetro do revestimento - 4 polegadas

Tipo de sonda - Rotativa com circulação reversa de lama e broca tricônica/ Rotopneumática com martelo circular (A partir dos 24 metros)

Tamanho das hastes - 3 metros

Comprimento do revestimento - 24 metros

Dados da Perfuração

0 a 3 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo

3 a 6 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo

6 a 9 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo

9 a 12 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo

12 a 15 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo

*14 metros - Saprolito ardósia

15 a 18 metros - Saprolito ardósia

*18 metros - Transição com a Unidade S

18 a 21 metros - Unidade S - Siltito argiloso esbranquiçado

21 a 24 metros - Unidade S - Siltito argiloso esbranquiçado

24 a 27 metros - Quartzito fino com níveis conglomeráticos - Unidade S

27 a 30 metros - Quartzito fino com níveis conglomeráticos - Unidade S

Dados de Preenchimento

Pré filtro - 24,0 a 14,0 metros

Selo - 14,0 a 13,0 metros

Pré filtro 13,0 a 6,0 metros

Selo - 6,0 a 5,0 metros

Concreto - 5,0 a 0,0 metros

Obs: Na etapa de concretagem, o último selo encontrava-se a 5,5 metros. No entanto, com a colocação de 4 traços de concreto, o nível do poço desceu para 9 metros. Foram colocados a mais cerca de 200 litros de terra, outro selo de bentonita e mais 3 traços de concreto para que o preenchimento chegar a superfície. Nenhum controle do perfil construtivo.

POÇO LX-12 (29/06/2020)

Coordenadas - 0820971/8254813 - WGS 84 Zona 22S

Elevação - 1072 m

Diâmetro da sondagem - 7 polegadas

Diâmetro do revestimento - 4 polegadas

Tipo de Sonda - Rotativa com circulação reversa de lama e broca tricônica/ Rotopneumática com martelo circular (A partir dos 15 metros)

Tamanho das hastes - 3 metros

Comprimento do revestimento - 30 metros

Dados da Perfuração

0 a 3 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo

3 a 6 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo

6 a 9 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo

9 a 12 metros - Saprolito quartzito médio conglomerático

12 a 15 metros - Quartzito médio conglomerático

15 a 18 metros - Quartzito médio conglomerático

18 a 21 metros - Quartzito médio conglomerático

21 a 24 metros - Quartzito médio conglomerático

24 a 27 metros - Quartzito médio conglomerático

27 a 30 metros - Quartzito médio conglomerático

30 a 32 metros - Quartzito médio conglomerático

Dados do Preenchimento

Pré filtro - 30,0 a 19,0 metros

Selo - 19,0 a 18,0 metros

Pré filtro - 18,0 a 5,0 metros

Selo - 5,0 a 4,0 metros

Concreto - 4,0 a 0,0 metros

POÇO LX-13 (03/07/2020)

Coordenadas - 0821052/8254156 - WGS 84 Zona 22S

Elevação - 1087 m

Diâmetro da sondagem - 7 polegadas

Diâmetro do revestimento - 4 polegadas

Tipo de sonda - Rotativa com circulação reversa de lama/ Rotopneumática com martelo circular (A partir dos 18 metros)

Tamanho das hastes - 3 metros

Comprimento do revestimento - 30 metros

Dados da Perfuração

0 a 3 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo

3 a 6 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo

6 a 9 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo

9 a 12 metros - Saprolito quartzito médio conglomerático

12 a 15 metros - Quartzito médio conglomerático

15 a 18 metros - Quartzito médio conglomerático

18 a 21 metros - Quartzito médio conglomerático

21 a 24 metros - Quartzito médio conglomerático

24 a 27 metros - Quartzito médio conglomerático

27 a 30 metros - Quartzito médio conglomerático

30 a 32 metros - Quartzito médio conglomerático

Dados do Preenchimento

Pré filtro - 32 a 18,5 metros

Selo - 18,5 a 17,5 metros

Pré filtro - 17,5 a 6,0 metros

Selo - 6,0 a 5,0 metros

Concreto - 5,0 a 0,0 metros

POÇO LX-14 (28/07/2020)

Coordenadas - 0821105/8253742 - WGS 84 Zona 22S

Elevação - 1053 m

Diâmetro da sondagem - 7 polegadas

Diâmetro do revestimento - 4 polegadas

Tipo de sonda - Rotativa com circulação de lama reversa/Rotopneumática com martelo circular (A partir dos 18 metros)

Tamanho das hastes - 3 metros

Comprimento do revestimento - 20 metros

Dados da Perfuração

0 a 3 metros - Aterro

3 a 6 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo

6 a 9 metros - Latossolo Vermelho - Amarelo

*9 metros - Saprolito quartzito médio conglomerático

9 a 12 metros - Saprolito quartzito médio conglomerático

12 a 15 metros - Quartzito médio conglomerático

15 a 18 metros - Quartzito médio conglomerático

*18 metros - Troca para sonda pneumática

18 a 21 metros - Quartzito médio conglomerático

21 a 24 metros - Quartzito médio conglomerático

24 a 27 metros - Quartzito médio conglomerático

27 a 30 metros - Quartzito médio conglomerático

30 a 32 metros - Quartzito médio conglomerático

Dados do Preenchimento

Pré filtro - 20 a 2,5 metros

Selo - 2,5 a 2,0 metros

Concreto - 2,0 a 0,0 metros

Obs: Na etapa de colocação do revestimento ocorreu o solapamento das paredes do furo e a possibilidade de se colocar apenas 20 metros de revestimento (Tubo cego, Tubo filtro, Tubo filtro, Tubo cego, Tubo filtro, Tubo filtro, Tubo cego)

POÇO LX-15 (30/07/2020)

Coordenadas - 0821298/8252893 - WGS 84 Zona 22S

Elevação - 1094 m

Diâmetro da sondagem - 7 polegadas

Diâmetro do revestimento - 4 polegadas

Tipo de sonda - Rotativa com circulação reversa de lama e broca tricônica

Tamanho das hastes - 3 metros

Comprimento do revestimento - 30 metros

Dados da Perfuração

0 a 3 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo (Aterro - até 2 metros)

3 a 6 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo

6 a 9 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo

9 a 12 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo

*12 metros - Saprolito

12 a 15 metros - Saprolito ardósia

15 a 18 metros - Saprolito ardósia

18 a 21 metros - Saprolito ardósia

21 a 24 metros - Saprolito ardósia

24 a 27 metros - Saprolito ardósia

27 a 30 metros - Ardósia

30 a 32 metros - Arcdósia

POÇO LX-16 (22/08/2020)

Coordenadas - 0821206/8253348 - WGS 84 Zona 22S

Elevação

Diâmetro da sondagem - 6 polegadas

Diâmetro do revestimento - 4 polegadas

Tipo de sonda - Rotativa com circulação reversa de lama e broca tricônica

Tamanho das hastes - 3 metros

Comprimento do revestimento - 24 metros

Dados da Perfuração

0 a 3 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo (Aterro - Até 0,7 metro)

3 a 6 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo

6 a 9 metros - Latossolo Vermelho-Amarelo

*9 metros - Saprolito

9 a 12 metros - Saprolito ardósia

12 a 15 metros - Saprolito ardósia

15 a 18 metros - Saprolito ardósia

18 a 21 metros - Saprolito ardósia

21 a 24 metros - Saprolito ardósia

24 a 26 metros - Saprolito ardósia

Dados do Preenchimento

Pré filtro - 26 a 4,5 metros

Concreto - 4,5 a 0,0 metros

POÇO LX-17 (20/08/2020)

Coordenadas - 0178835/8253352 - WGS 84 Zona 23S

Elevação

Diâmetro da sondagem - 6 polegadas

Diâmetro do revestimento - 4 polegadas

Tipo de sonda - Rotativa com circulação reversa de lama e broca tricônica

Tamanho das hastes - 3 metros

Comprimento do revestimento - 50 metros

Dados da Perfuração

0 a 3 metros - Aterro

3 a 6 metros - Latossolo Vermelho (aterro até 4,5 metros)

6 a 9 metros - Latossolo Vermelho

9 a 12 metros - Latossolo Vermelho

12 a 15 metros - Latossolo Vermelho

15 a 18 metros - Latossolo Vermelho

18 a 21 metros - Latossolo Vermelho

21 a 24 metros - Latossolo Vermelho
24 a 27 metros - Saprolito ardósia
27 a 30 metros - Saprolito ardósia
30 a 33 metros - Saprolito ardósia
33 a 36 metros - Ardósia Alterada
36 a 39 metros - Ardósia Alterada
39 a 42 metros - Ardósia Alterada
42 a 45 metros - Ardósia Alterada
45 a 48 metros - Ardósia Alterada
48 a 51 metros - Ardósia Alterada

Dados do Preenchimento

Pré filtro - 51 a 4,5 metros
Concreto - 4,5 a 0,0 metros

POÇO LX-18 (21/08/2020)

Coordenadas - 0179508/8253233 - WGS 84 Zona 22S

Elevação

Diâmetro da sondagem - 6 polegadas

Diâmetro do revestimento - 4 polegadas

Tipo de sonda - Rotativa com circulação reversa de lama e broca tricônica

Tamanho das hastes - 3 metros

Comprimento do revestimento - 30 metros

Dados da Perfuração

0 a 3 metros - Latossolo Vermelho-Vermelho (Aterro - até 0,5 metro)

3 a 6 metros - Latossolo Vermelho-Vermelho

6 a 9 metros - Latossolo Vermelho-Vermelho

9 a 12 metros - Latossolo Vermelho-Vermelho

12 a 15 metros - Latossolo Vermelho-Vermelho

15 a 18 metros - Saprolito ardósia

18 a 21 metros - Saprolito ardósia

21 a 24 metros - Saprolito ardósia

24 a 27 metros - Ardósia alterada

27 a 30 metros - Ardósia alterada

30 a 32 metros - Ardósia alterada

POÇO LX-19 (26/06/2020)

Coordenadas - 0180073/8253164- WGS 84 Zona 23S

Elevação - 1090 m

Diâmetro da sondagem - 7 polegadas

Diâmetro do revestimento - 4 polegadas

Tipo de sonda - Rotativa com circulação reversa de lama e broca tricônica

Tamanho das hastes - 3 metros

Comprimento do revestimento - 30 metros

Dados da Perfuração

0 a 3 metros - Latossolo Vermelho
3 a 6 metros - Latossolo Vermelho
6 a 9 metros - Latossolo Vermelho
9 a 12 metros - Latossolo Vermelho
12 a 15 metros - Saprolito ardósia
*12 metros - Saprolito ardósia
15 a 18 metros - Saprolito ardósia
18 a 21 metros - Saprolito ardósia
21 a 24 metros - Saprolito ardósia
24 a 27 metros - Saprolito ardósia
27 a 30 metros - Saprolito ardósia
30 a 32 metros - Saprolito ardósia

Dados de Preenchimento

Pré filtro - 30,0 a 19,0 metros
Selo - 19,0 a 18,0 metros
Pré filtro - 18,0 a 5,0 metros
Selo - 5,0 a 4,0 metros
Concreto - 4 a 0,0 metros

EQUIPE TÉCNICA

Igor Abu Kamel de Carvalho
Mestre em Geologia



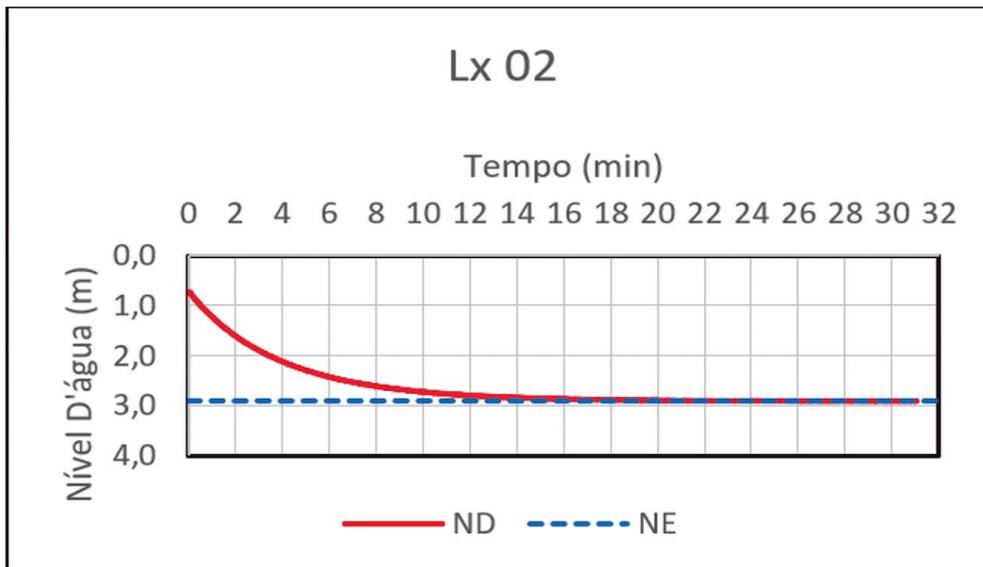
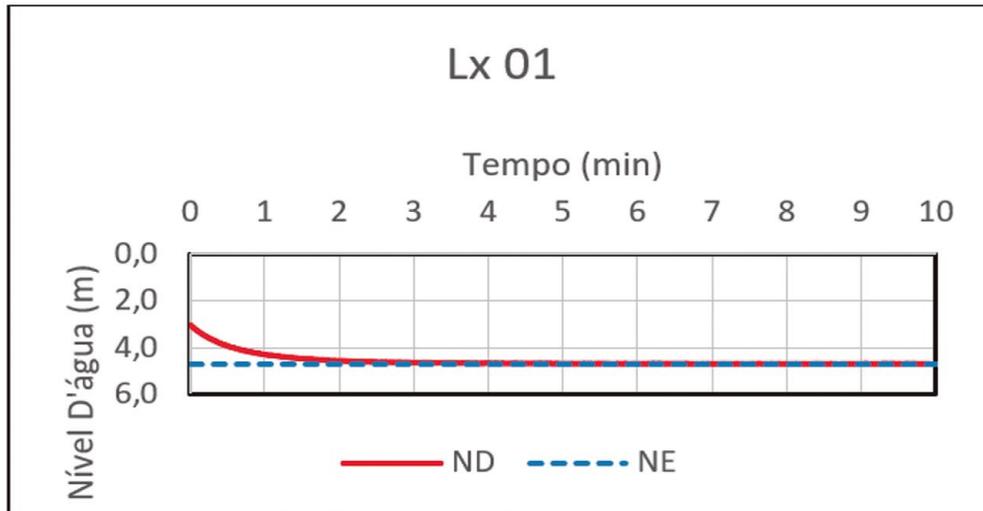
Lucas Santos Batista Teles
Especialista em Geoprocessamento Ambiental
Mestre em Geologia

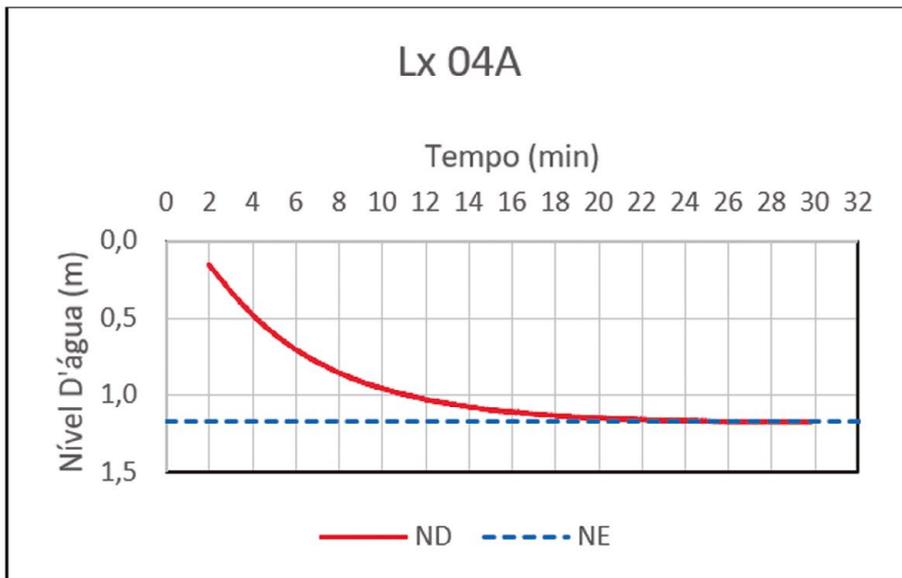
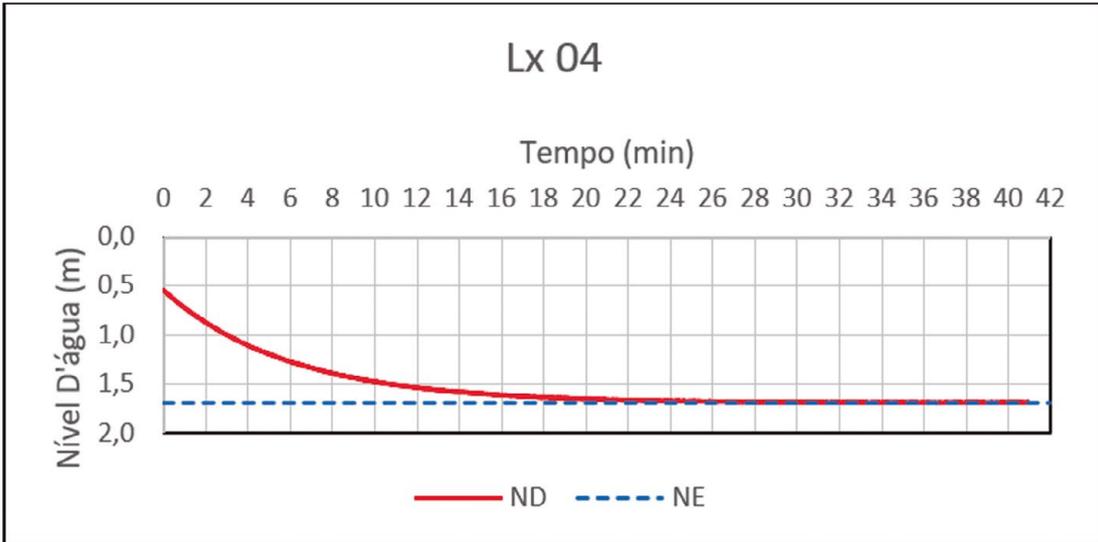
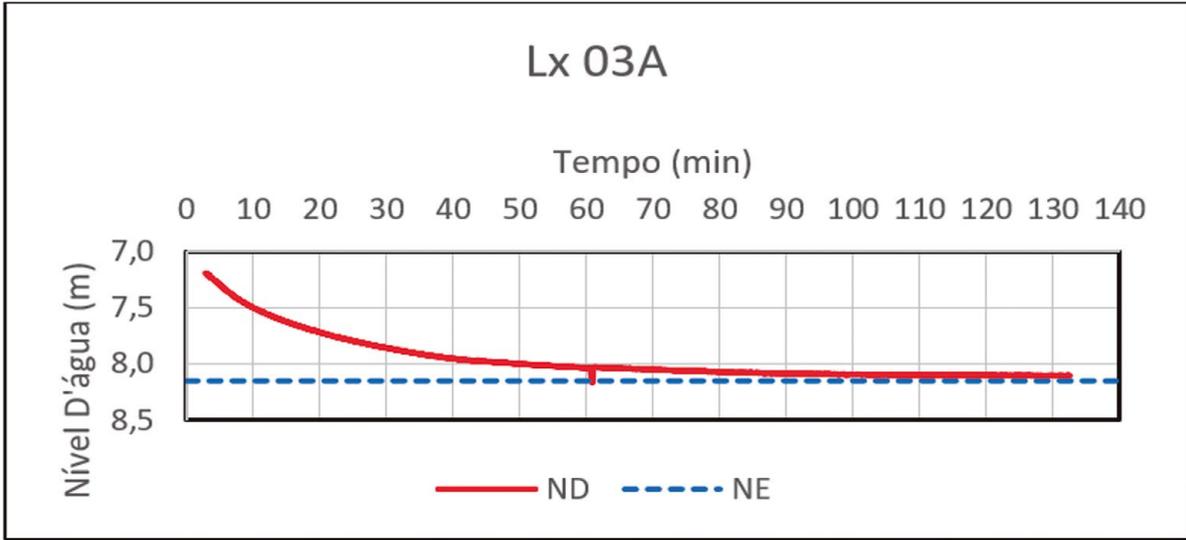
ANDRÉ WALCZUK GOMES

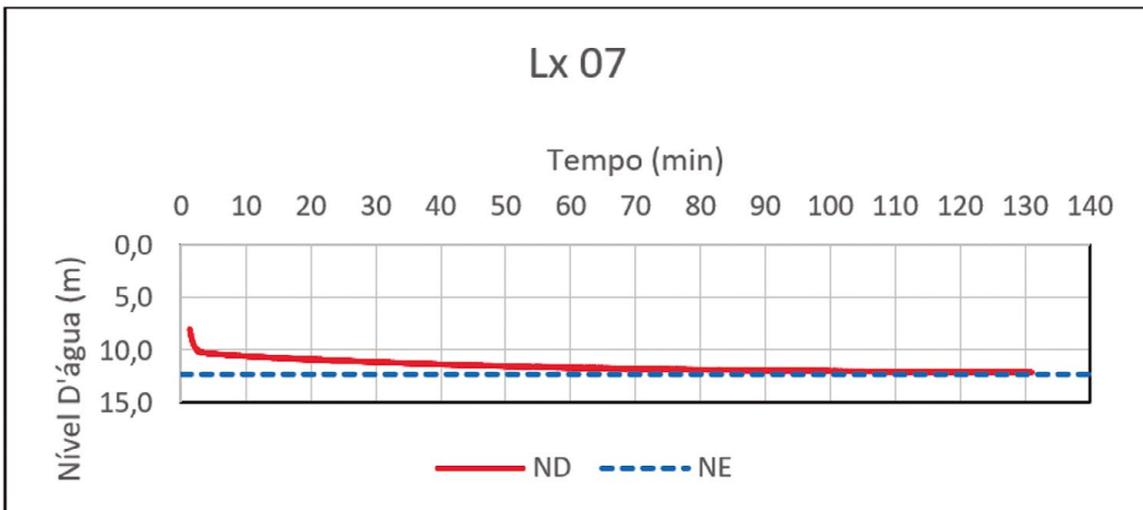
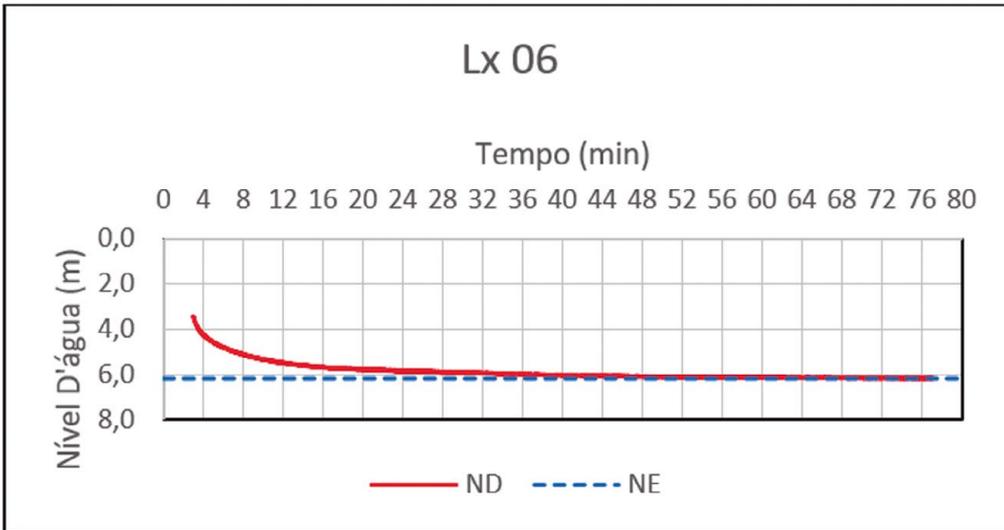
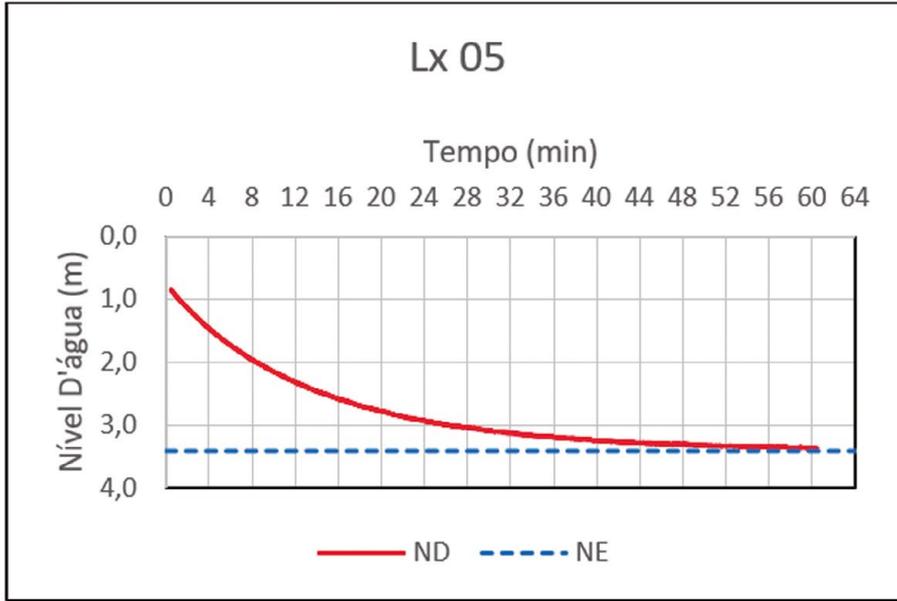
André Walczuk Gomes
Mestre em Hidrogeologia e Meio Ambiente

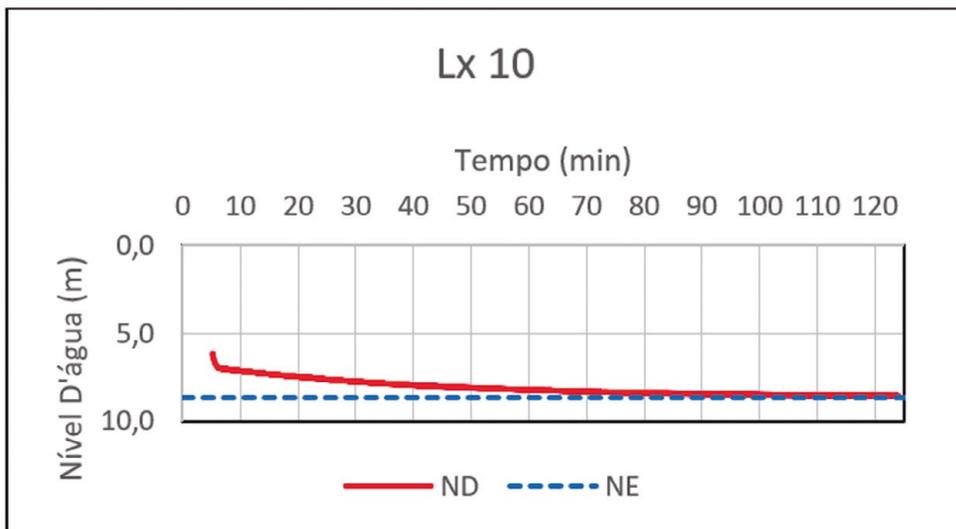
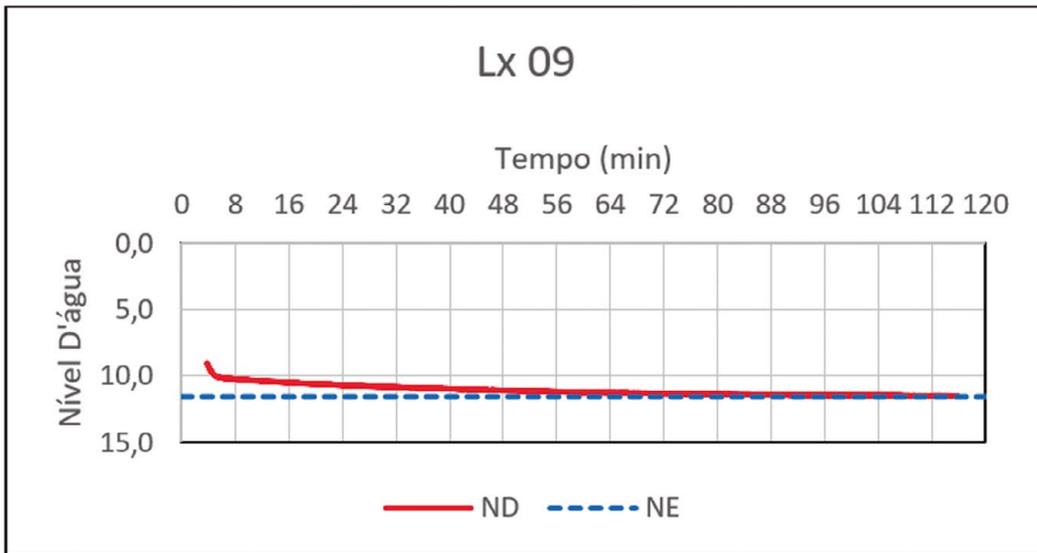
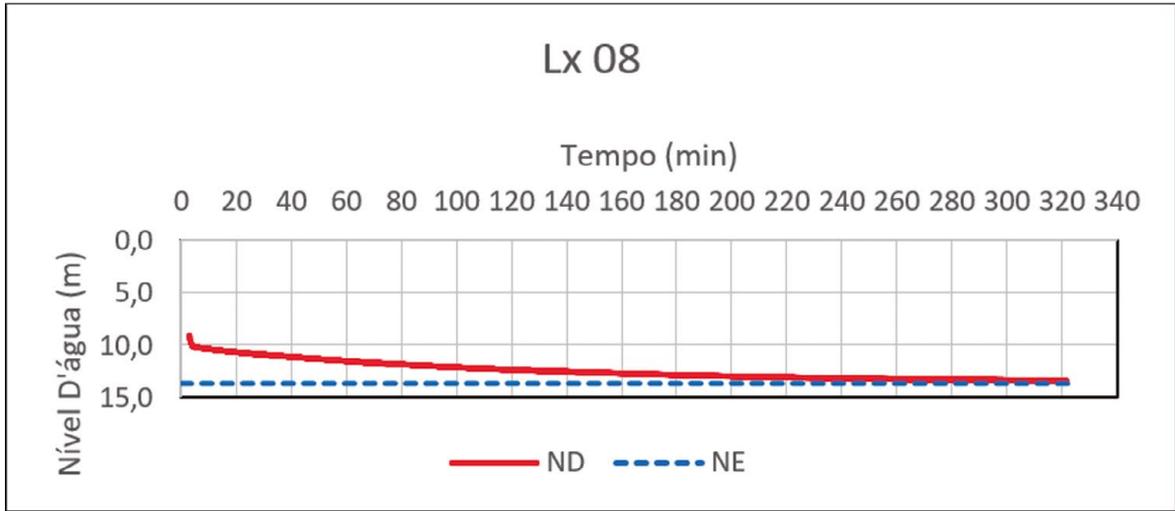
APÊNDICE 3

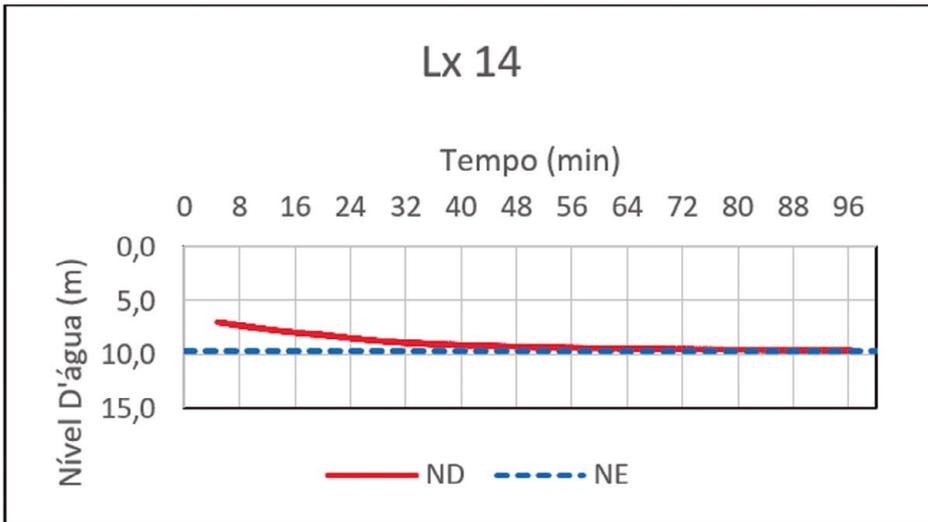
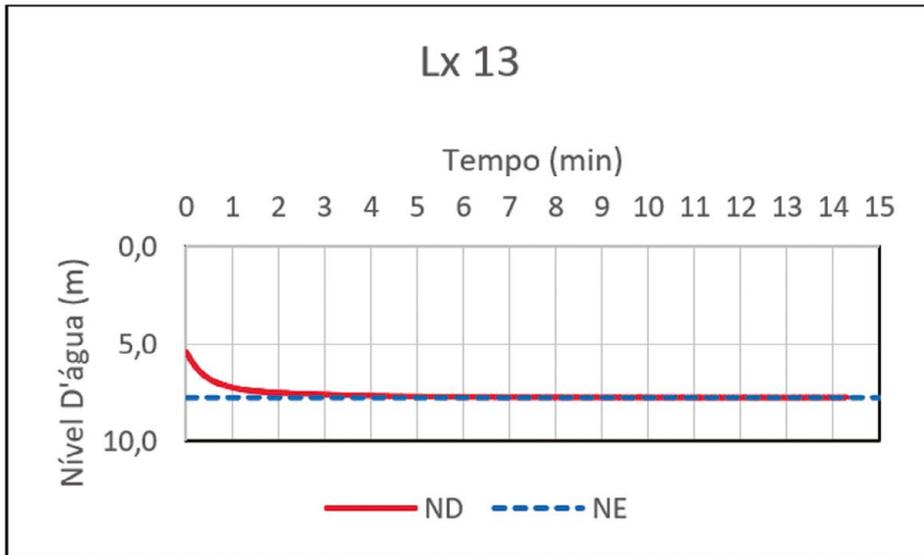
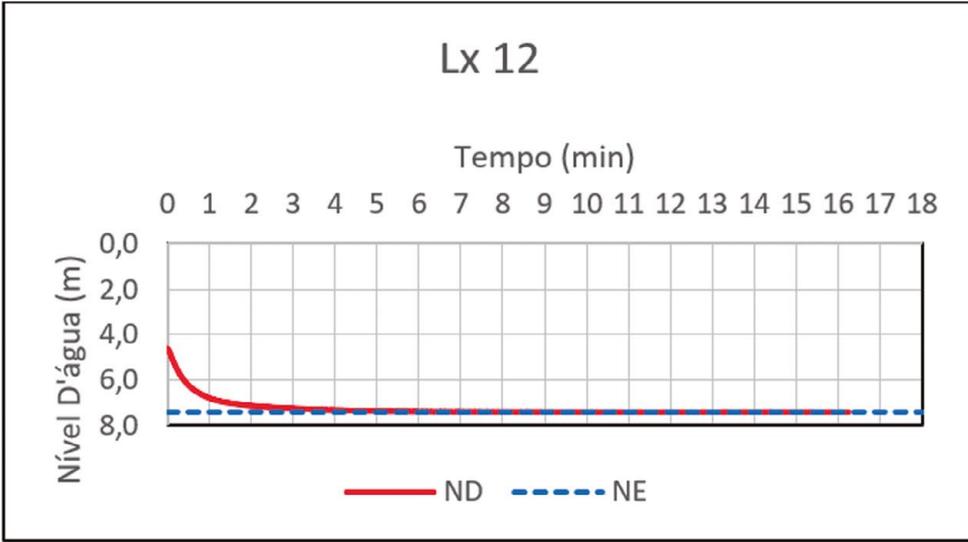
COMPORTAMENTO DOS NÍVEIS DURANTE A EXECUÇÃO DOS ENSAIOS TIPO SLUG TEST - GRÁFICOS NÍVEL D'ÁGUA VERSUS TEMPO

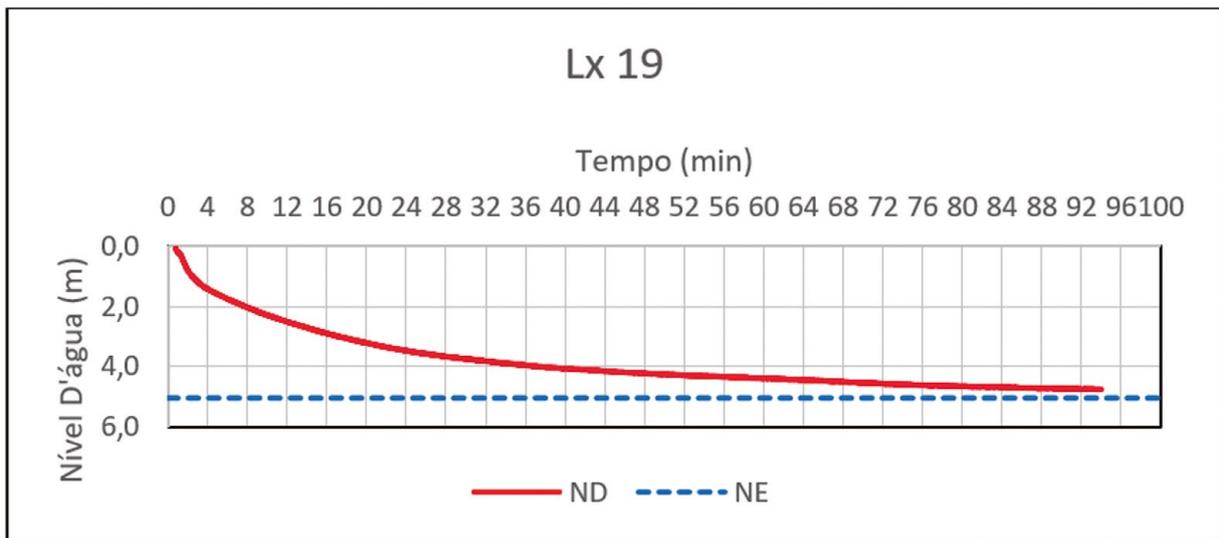
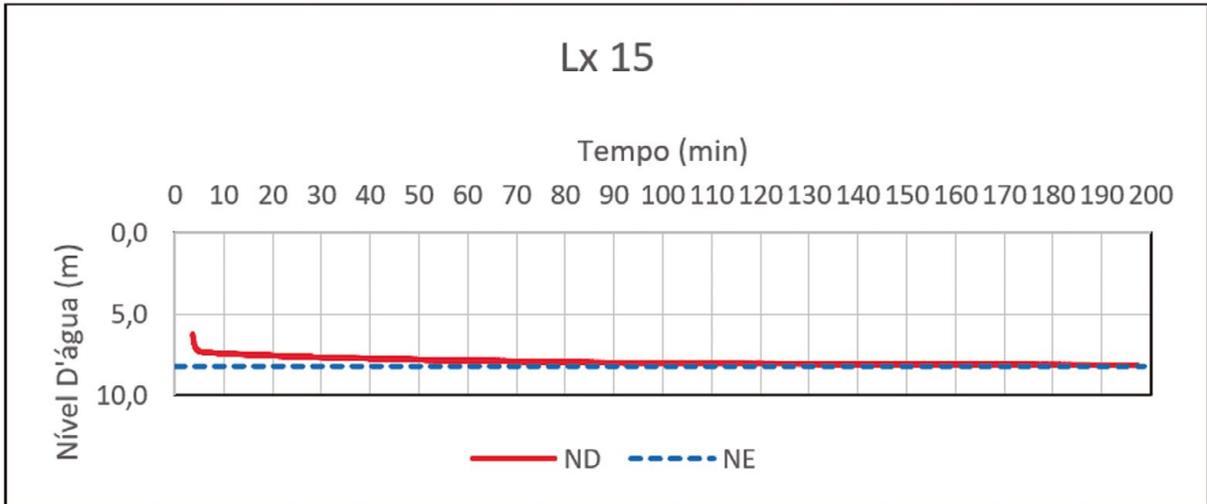












20.2 ANEXOS

ANEXO 1

LAUDOS DE ANÁLISES QUÍMICAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS



Identificação do Cliente	
Cliente: Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos	CNPJ/CPF: 37.116.704/0001-34
Contato: Eloí Campos	Telefone: 61 3348-0457
Endereço: Av. L3 norte Campus Universitário Darcy Ribeiro - Edifício Finatec - Asa Norte - Distrito Federal - Brazil	

Informações da Amostra - Nº: 28791-1/2020.0 - Parque Nacional (LX2 - 01)	
Tipo de Amostra: Chorume	ID Amostra: 194251
Data Coleta: 10/07/2020 11:30	Data de Publicação: 23/07/2020 16:26
Data de Recebimento: 10/07/2020	
Tipo de Coleta: Simples	Local da Coleta: Parque Nacional
Condições Climáticas no Momento da Coleta: Sol	Condições Climáticas nas Últimas 48 horas: Sol
Temperatura Ambiente (°C): -	pH: 11,8
Temperatura da Amostra (°C): 22,6	Latitude: 180141
Longitude: 8253 872	Responsabilidade da Amostragem: Cliente

Informações de Campo	
Observações: Condutividade: 460 µs/cm	

Resultados Analíticos

Constituintes inorgânicos não metálicos					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sulfato Total	3,0 mg/L	13/07/2020	2,0 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XXVII Rev. 16	9,00%
Cloreto Total	7,9 mg/L	13/07/2020	0,1 mg/L	POP-FQ-052 Anexo VI Rev. 16	14,00%
Nitrito	0,604 mg/L (como N)	10/07/2020	0,002 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XXI Rev. 18	14,00%
Amônia	< 0,015 mg/L (como NH3)	13/07/2020	0,015 mg/L (como NH3)	POP-FQ-052 Anexo I Rev. 16	6,67%
Nitrato	3,60 mg/L (como N)	10/07/2020	0,20 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XX Rev. 18	7,70%

Constituintes orgânicos agregados					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
DQ0	< 3,00 mg/L	13/07/2020	3,00 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XII Rev. 18	9,45%

Provedores Externos

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Antimônio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,85%
Arsênio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	23,24%
Bário Total	0,090 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,27%
Cádmio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	8,92%
Chumbo Total	0,034 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	15,00%
Cobalto Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,09%
Cobre Total	0,0029 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,59%
Cromo Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,82%
Mercúrio Total	< 0,00010 mg/L	22/07/2020	0,00010 mg/L	POP-FQ-081	14,19%
Níquel Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	14,16%
Zinco Total	0,299 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,27%
Cálcio Total	83,19 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	11,09%
Magnésio Total	5,76 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	6,33%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sódio Total	27,01 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	3,82%

Controle de Qualidade

Branco - Metais				
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Unidade	Limite de Quantificação
Antimônio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Arsênio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Bário Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cádmio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cálcio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Chumbo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobalto Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobre Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cromo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Magnésio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Mercúrio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,0001	mg/L	0,0001
Níquel Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Sódio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Zinco Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Varição (%)
Antimônio Total	CQ2409-1/2020.0	0,237	0,248	mg/L	< 20 %	4,68
Arsênio Total	CQ2409-1/2020.0	0,612	0,659	mg/L	< 20 %	7,35
Bário Total	CQ2409-1/2020.0	0,299	0,279	mg/L	< 20 %	6,85
Cádmio Total	CQ2409-1/2020.0	0,281	0,263	mg/L	< 20 %	6,60
Cálcio Total	CQ2409-1/2020.0	4,95	4,73	mg/L	< 20 %	4,42
Chumbo Total	CQ2409-1/2020.0	0,292	0,269	mg/L	< 20 %	8,27
Cobalto Total	CQ2409-1/2020.0	0,265	0,249	mg/L	< 20 %	6,32
Cobre Total	CQ2409-1/2020.0	0,267	0,253	mg/L	< 20 %	5,56
Cromo Total	CQ2409-1/2020.0	0,269	0,254	mg/L	< 20 %	6,06
Magnésio Total	CQ2409-1/2020.0	5,35	5,14	mg/L	< 20 %	3,96
Mercurio Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,291	mg/L	< 20 %	5,58
Níquel Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,258	mg/L	< 20 %	6,59
Sódio Total	CQ2409-1/2020.0	35,0	34,1	mg/L	< 20 %	2,52
Zinco Total	CQ2409-1/2020.0	0,359	0,321	mg/L	< 20 %	11,2

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Antimônio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	98,96
Arsênio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,36
Bário Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,76
Cádmio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,39
Cálcio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	106,31
Chumbo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,8
Cobalto Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,72
Cobre Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	99,68
Cromo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	102,68
Magnésio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	110
Mercurio Total	CQ2408-1/2020.0	0,025	mg/L	75 a 125 %	102,08

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Níquel Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,84
Sódio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	100,78
Zinco Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,64

Notas

Legendas

NA: Não se aplica.

ND: Não detectado.

LQ: Limite de Quantificação.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

US EPA: United States Environmental Protection Agency

Máx: Máximo Valor Permitido. **Min:** Mínimo Valor Permitido. **IL:** Impossível Leitura.

mg/L: Miligrama por Litro

Embalagens e Preservantes

194251 - Parque Nacional (LX2 - 01)			
Embalagem	Volume	Preservação	Métodos
Polietileno	80 mL	Refrigeração + H2SO4 1:1	DQO, Amônia (Kit).
Polietileno	300 mL	Refrigeração + HNO3 Concentrado	Metais Totais.
Polietileno	180 mL	Refrigeração	Cloreto Total (Kit), Nitrato (Kit), Nitrito (Kit), Sulfato Total.



Livia Pereira Alves

Responsável Técnico CRQ XII 12100816

AFT é 000446/2019

Chave de Validação: b25acbd7aced48bfa27ddf82edff4e24

Identificação do Cliente	
Cliente: Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos	CNPJ/CPF: 37.116.704/0001-34
Contato: Eloi Campos	Telefone: 61 3348-0457
Endereço: Av. L3 norte Campus Universitário Darcy Ribeiro - Edifício Finatec - Asa Norte - Distrito Federal - Brazil	

Informações da Amostra - Nº: 32223-1/2020.0 - Água Subterrânea - (LX3A - 01)	
Tipo de Amostra: Água Subterrânea	ID Amostra: 194191
Data Coleta: 05/08/2020 12:00	Data de Publicação: 21/08/2020 13:47
Data de Recebimento: 05/08/2020	
Tipo de Coleta: Simples	Local da Coleta: Água Subterrânea
Condições Climáticas no Momento da Coleta: Sol	Condições Climáticas nas Últimas 48 horas: Sol
Temperatura Ambiente (°C): -	pH: 6,7
Temperatura da Amostra (°C): 22,3	Temperatura da Amostra no Recebimento (°C): 9,1
Latitude: 0180457	Longitude: 8255053
Responsabilidade da Amostragem: Cliente	

Informações de Campo	
Observações: Condutividade: 35,0 µs/cm	

Resultados Analíticos

Constituintes inorgânicos não metálicos					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sulfato Total	< 2,0 mg/L	06/08/2020	2,0 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XXVII	9,00%
Cloreto Total	7,6 mg/L	06/08/2020	0,1 mg/L	POP-FQ-052 Anexo VI Rev. 16	14,00%
Amônia	< 0,015 mg/L (como NH3)	06/08/2020	0,015 mg/L (como NH3)	POP-FQ-052 Anexo I Rev. 16	6,67%
Nitrato	0,30 mg/L (como N)	06/08/2020	0,20 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XX Rev. 18	7,70%
Nitrito	0,003 mg/L (como N)	06/08/2020	0,002 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XXI Rev. 18	14,00%

Constituintes orgânicos agregados					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
DQO	< 3,00 mg/L	06/08/2020	3,00 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XII Rev. 18	9,45%

Provedores Externos

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Antimônio Total	< 0,00100 mg/L	19/08/2020	0,00100 mg/L	POP-FQ-081	4,85%
Arsênio Total	< 0,00100 mg/L	19/08/2020	0,00100 mg/L	POP-FQ-081	23,24%
Bário Total	0,0300 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	7,27%
Cádmio Total	< 0,00100 mg/L	19/08/2020	0,00100 mg/L	POP-FQ-081	8,92%
Chumbo Total	< 0,0100 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	15,00%
Cobalto Total	< 0,0100 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	9,09%
Cobre Total	< 0,00100 mg/L	19/08/2020	0,00100 mg/L	POP-FQ-081	4,59%
Cromo Total	< 0,0100 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	7,82%
Mercúrio Total	< 0,000100 mg/L	19/08/2020	0,000100 mg/L	POP-FQ-081	14,19%
Níquel Total	< 0,0100 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	14,16%
Zinco Total	0,0740 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	9,27%
Cálcio Total	3,97 mg/L	19/08/2020	0,100 mg/L	POP-FQ-081	11,09%
Magnésio Total	0,654 mg/L	19/08/2020	0,100 mg/L	POP-FQ-081	6,33%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sódio Total	0,718 mg/L	19/08/2020	0,100 mg/L	POP-FQ-081	3,82%

Controle de Qualidade

Branco - Metais				
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Unidade	Limite de Quantificação
Antimônio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Arsênio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Bário Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cádmio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cálcio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Chumbo Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobalto Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobre Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cromo Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Magnésio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Mercúrio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,0001	mg/L	0,0001
Níquel Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Sódio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Zinco Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Varição (%)
Antimônio Total	CQ2823-1/2020.0	0,242	0,232	mg/L	< 20 %	4,43
Arsênio Total	CQ2823-1/2020.0	0,233	0,216	mg/L	< 20 %	7,75
Bário Total	CQ2823-1/2020.0	0,269	0,251	mg/L	< 20 %	7,03
Cádmio Total	CQ2823-1/2020.0	0,241	0,230	mg/L	< 20 %	4,75
Cálcio Total	CQ2823-1/2020.0	2,59	2,64	mg/L	< 20 %	1,87
Chumbo Total	CQ2823-1/2020.0	0,242	0,257	mg/L	< 20 %	6,17
Cobalto Total	CQ2823-1/2020.0	0,266	0,272	mg/L	< 20 %	1,93
Cobre Total	CQ2823-1/2020.0	0,252	0,241	mg/L	< 20 %	4,46
Cromo Total	CQ2823-1/2020.0	0,262	0,251	mg/L	< 20 %	4,25
Magnésio Total	CQ2823-1/2020.0	2,88	2,77	mg/L	< 20 %	3,89
Mercurio Total	CQ2823-1/2020.0	0,0252	0,0247	mg/L	< 20 %	2,16
Níquel Total	CQ2823-1/2020.0	0,264	0,253	mg/L	< 20 %	4,30
Sódio Total	CQ2823-1/2020.0	2,59	2,63	mg/L	< 20 %	1,65
Zinco Total	CQ2823-1/2020.0	0,259	0,269	mg/L	< 20 %	3,60

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Antimônio Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	102,72
Arsênio Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,72
Bário Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	107,28
Cádmio Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,64
Cálcio Total	CQ2821-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	102,92
Chumbo Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,32
Cobalto Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,2
Cobre Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	105,72
Cromo Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	105,48
Magnésio Total	CQ2821-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	100,61
Mercurio Total	CQ2821-1/2020.0	0,025	mg/L	75 a 125 %	103,52

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Níquel Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,28
Sódio Total	CQ2821-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	108,88
Zinco Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,88

Notas

Legendas

NA: Não se aplica.

ND: Não detectado.

LQ: Limite de Quantificação.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

US EPA: United States Environmental Protection Agency

Máx: Máximo Valor Permitido. **Min:** Mínimo Valor Permitido. **IL:** Impossível Leitura.

mg/L: Miligrama por Litro

Embalagens e Preservantes

194191 - Água Subterrânea - (LX3A - 01)			
Embalagem	Volume	Preservação	Métodos
Polietileno	80 mL	Refrigeração + H2SO4 1:1	DQO, Amônia (Kit).
Polietileno	300 mL	Refrigeração + HNO3 Concentrado	Metais Totais.
Polietileno	180 mL	Refrigeração	Cloreto Total (Kit), Nitrato (Kit), Nitrito (Kit), Sulfato Total.



Livia Pereira Alves

Responsável Técnico CRQ XII 12100816

AFT é 000446/2019

Chave de Validação: 75a8244580f44dc4a59f5ad342656381

Identificação do Cliente	
Cliente: Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos	CNPJ/CPF: 37.116.704/0001-34
Contato: Eloi Campos	Telefone: 61 3348-0457
Endereço: Av. L3 norte Campus Universitário Darcy Ribeiro - Edifício Finatec - Asa Norte - Distrito Federal - Brazil	

Informações da Amostra - Nº: 32225-1/2020.0 - Água Subterrânea - (LX4A - 01)	
Tipo de Amostra: Água Subterrânea	ID Amostra: 194190
Data Coleta: 05/08/2020 12:15	Data de Publicação: 21/08/2020 13:47
Data de Recebimento: 05/08/2020	
Tipo de Coleta: Simples	Local da Coleta: Água Subterrânea
Condições Climáticas no Momento da Coleta: Sol	Condições Climáticas nas Últimas 48 horas: Sol
Temperatura Ambiente (°C): -	pH: 6,5
Temperatura da Amostra (°C): 21,9	Temperatura da Amostra no Recebimento (°C): 9,1
Latitude: 0180139	Longitude: 8254152
Responsabilidade da Amostragem: Cliente	

Informações de Campo	
Observações: Condutividade: 62,1 µs/cm	

Resultados Analíticos

Constituintes inorgânicos não metálicos					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sulfato Total	2,0 mg/L	06/08/2020	2,0 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XXVII	9,00%
Cloreto Total	1,1 mg/L	06/08/2020	0,1 mg/L	POP-FQ-052 Anexo VI Rev. 16	14,00%
Amônia	< 0,015 mg/L (como NH ₃)	06/08/2020	0,015 mg/L (como NH ₃)	POP-FQ-052 Anexo I Rev.16	6,67%
Nitrato	< 0,20 mg/L (como N)	06/08/2020	0,20 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XX Rev. 18	7,70%
Nitrito	0,014 mg/L (como N)	06/08/2020	0,002 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XXI Rev. 18	14,00%

Constituintes orgânicos agregados					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
DQO	< 3,00 mg/L	06/08/2020	3,00 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XIII Rev. 18	9,45%

Provedores Externos

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Antimônio Total	< 0,00100 mg/L	18/08/2020	0,00100 mg/L	POP-FQ-081	4,85%
Arsênio Total	< 0,00100 mg/L	18/08/2020	0,00100 mg/L	POP-FQ-081	23,24%
Bário Total	< 0,0100 mg/L	18/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	7,27%
Cádmio Total	< 0,00100 mg/L	18/08/2020	0,00100 mg/L	POP-FQ-081	8,92%
Chumbo Total	0,0442 mg/L	18/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	15,00%
Cobalto Total	< 0,0100 mg/L	18/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	9,09%
Cobre Total	< 0,00100 mg/L	18/08/2020	0,00100 mg/L	POP-FQ-081	4,59%
Cromo Total	< 0,0100 mg/L	18/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	7,82%
Mercúrio Total	< 0,000100 mg/L	18/08/2020	0,000100 mg/L	POP-FQ-081	14,19%
Níquel Total	< 0,0100 mg/L	18/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	14,16%
Zinco Total	0,0559 mg/L	18/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	9,27%
Cálcio Total	7,98 mg/L	18/08/2020	0,100 mg/L	POP-FQ-081	11,09%
Magnésio Total	0,826 mg/L	18/08/2020	0,100 mg/L	POP-FQ-081	6,33%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sódio Total	3,73 mg/L	18/08/2020	0,100 mg/L	POP-FQ-081	3,82%

Controle de Qualidade

Branco - Metais				
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Unidade	Limite de Quantificação
Antimônio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Arsênio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Bário Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cádmio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cálcio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Chumbo Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobalto Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobre Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cromo Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Magnésio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Mercúrio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,0001	mg/L	0,0001
Níquel Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Sódio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Zinco Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Varição (%)
Antimônio Total	CQ2823-1/2020.0	0,242	0,232	mg/L	< 20 %	4,43
Arsênio Total	CQ2823-1/2020.0	0,233	0,216	mg/L	< 20 %	7,75
Bário Total	CQ2823-1/2020.0	0,269	0,251	mg/L	< 20 %	7,03
Cádmio Total	CQ2823-1/2020.0	0,241	0,230	mg/L	< 20 %	4,75
Cálcio Total	CQ2823-1/2020.0	2,59	2,64	mg/L	< 20 %	1,87
Chumbo Total	CQ2823-1/2020.0	0,242	0,257	mg/L	< 20 %	6,17
Cobalto Total	CQ2823-1/2020.0	0,266	0,272	mg/L	< 20 %	1,93
Cobre Total	CQ2823-1/2020.0	0,252	0,241	mg/L	< 20 %	4,46
Cromo Total	CQ2823-1/2020.0	0,262	0,251	mg/L	< 20 %	4,25
Magnésio Total	CQ2823-1/2020.0	2,88	2,77	mg/L	< 20 %	3,89
Mercurio Total	CQ2823-1/2020.0	0,0252	0,0247	mg/L	< 20 %	2,16
Níquel Total	CQ2823-1/2020.0	0,264	0,253	mg/L	< 20 %	4,30
Sódio Total	CQ2823-1/2020.0	2,59	2,63	mg/L	< 20 %	1,65
Zinco Total	CQ2823-1/2020.0	0,259	0,269	mg/L	< 20 %	3,60

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Antimônio Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	102,72
Arsênio Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,72
Bário Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	107,28
Cádmio Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,64
Cálcio Total	CQ2821-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	102,92
Chumbo Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,32
Cobalto Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,2
Cobre Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	105,72
Cromo Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	105,48
Magnésio Total	CQ2821-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	100,61
Mercurio Total	CQ2821-1/2020.0	0,025	mg/L	75 a 125 %	103,52

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Níquel Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,28
Sódio Total	CQ2821-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	108,88
Zinco Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,88

Notas

Legendas

NA: Não se aplica.

ND: Não detectado.

LQ: Limite de Quantificação.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

US EPA: United States Environmental Protection Agency

Máx: Máximo Valor Permitido. **Min:** Mínimo Valor Permitido. **IL:** Impossível Leitura.

mg/L: Miligrama por Litro

Embalagens e Preservantes

194190 - Água Subterrânea - (LX4A - 01)			
Embalagem	Volume	Preservação	Métodos
Polietileno	80 mL	Refrigeração + H2SO4 1:1	DQO, Amônia (Kit).
Polietileno	300 mL	Refrigeração + HNO3 Concentrado	Metais Totais.
Polietileno	180 mL	Refrigeração	Cloreto Total (Kit), Nitrato (Kit), Nitrito (Kit), Sulfato Total.



Livia Pereira Alves

Responsável Técnico CRQ XII 12100816

AFT é 000446/2019

Chave de Validação: fc56368052a3440d929e12c55c23f4a3

Identificação do Cliente	
Cliente: Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos	CNPJ/CPF: 37.116.704/0001-34
Contato: Eloi Campos	Telefone: 61 3348-0457
Endereço: Av. L3 norte Campus Universitário Darcy Ribeiro - Edifício Finatec - Asa Norte - Distrito Federal - Brazil	

Informações da Amostra - Nº: 28792-1/2020.0 - Parque Nacional (LX5 - 01)	
Tipo de Amostra: Chorume	ID Amostra: 194270
Data Coleta: 10/07/2020 10:45	Data de Publicação: 23/07/2020 16:26
Data de Recebimento: 10/07/2020	
Tipo de Coleta: Simples	Local da Coleta: Parque Nacional
Condições Climáticas no Momento da Coleta: Sol	Condições Climáticas nas Últimas 48 horas: Sol
Temperatura Ambiente (°C): -	pH: 8,3
Temperatura da Amostra (°C): 23,2	Latitude: 179955
Longitude: 8254 086	Responsabilidade da Amostragem: Cliente

Informações de Campo	
Observações: Condutividade: 461.5 µs/cm	

Resultados Analíticos

Constituintes inorgânicos não metálicos					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sulfato Total	2,0 mg/L	13/07/2020	2,0 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XXVII Rev. 16	9,00%
Cloreto Total	18,0 mg/L	13/07/2020	0,1 mg/L	POP-FQ-052 Anexo VI Rev. 16	14,00%
Nitrito	0,302 mg/L (como N)	10/07/2020	0,002 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XXI Rev. 18	14,00%
Amônia	1,200 mg/L (como NH3)	13/07/2020	0,015 mg/L (como NH3)	POP-FQ-052 Anexo I Rev. 16	6,67%
Nitrato	0,60 mg/L (como N)	10/07/2020	0,20 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XX Rev. 18	7,70%

Constituintes orgânicos agregados					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
DQO	18,00 mg/L	13/07/2020	3,00 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XII Rev. 18	9,45%

Provedores Externos

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Antimônio Total	0,0054 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,85%
Arsênio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	23,24%
Bário Total	0,078 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,27%
Cádmio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	8,92%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Chumbo Total	0,050 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	15,00%
Cobalto Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,09%
Cobre Total	0,0023 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,59%
Cromo Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,82%
Mercúrio Total	< 0,00010 mg/L	22/07/2020	0,00010 mg/L	POP-FQ-081	14,19%
Níquel Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	14,16%
Zinco Total	0,279 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,27%
Cálcio Total	26,26 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	11,09%
Magnésio Total	12,87 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	6,33%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sódio Total	36,41 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	3,82%

Controle de Qualidade

Branco - Metais				
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Unidade	Limite de Quantificação
Antimônio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Arsênio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Bário Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cádmio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cálcio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Chumbo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobalto Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobre Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cromo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Magnésio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Mercúrio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,0001	mg/L	0,0001
Níquel Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Sódio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Zinco Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Variação (%)
Antimônio Total	CQ2409-1/2020.0	0,237	0,248	mg/L	< 20 %	4,68
Arsênio Total	CQ2409-1/2020.0	0,612	0,659	mg/L	< 20 %	7,35
Bário Total	CQ2409-1/2020.0	0,299	0,279	mg/L	< 20 %	6,85
Cádmio Total	CQ2409-1/2020.0	0,281	0,263	mg/L	< 20 %	6,60
Cálcio Total	CQ2409-1/2020.0	4,95	4,73	mg/L	< 20 %	4,42
Chumbo Total	CQ2409-1/2020.0	0,292	0,269	mg/L	< 20 %	8,27

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Variação (%)
Cobalto Total	CQ2409-1/2020.0	0,265	0,249	mg/L	< 20 %	6,32
Cobre Total	CQ2409-1/2020.0	0,267	0,253	mg/L	< 20 %	5,56
Cromo Total	CQ2409-1/2020.0	0,269	0,254	mg/L	< 20 %	6,06
Magnésio Total	CQ2409-1/2020.0	5,35	5,14	mg/L	< 20 %	3,96
Mercurio Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,291	mg/L	< 20 %	5,58
Níquel Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,258	mg/L	< 20 %	6,59
Sódio Total	CQ2409-1/2020.0	35,0	34,1	mg/L	< 20 %	2,52
Zinco Total	CQ2409-1/2020.0	0,359	0,321	mg/L	< 20 %	11,2

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Antimônio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	98,96
Arsênio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,36
Bário Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,76
Cádmio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,39
Cálcio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	106,31
Chumbo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,8
Cobalto Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,72
Cobre Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	99,68
Cromo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	102,68
Magnésio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	110
Mercurio Total	CQ2408-1/2020.0	0,025	mg/L	75 a 125 %	102,08

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Níquel Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,84
Sódio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	100,78
Zinco Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,64

Notas

Legendas

NA: Não se aplica.

ND: Não detectado.

LQ: Limite de Quantificação.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

US EPA: United States Environmental Protection Agency

Máx: Máximo Valor Permitido. **Min:** Mínimo Valor Permitido. **IL:** Impossível Leitura.

mg/L: Miligrama por Litro

Embalagens e Preservantes

194270 - Parque Nacional (LX5 - 01)			
Embalagem	Volume	Preservação	Métodos
Polietileno	80 mL	Refrigeração + H ₂ SO ₄ 1:1	DQO, Amônia (Kit).
Polietileno	300 mL	Refrigeração + HNO ₃ Concentrado	Metais Totais.
Polietileno	180 mL	Refrigeração	Cloreto Total (Kit), Nitrato (Kit), Nitrito (Kit), Sulfato Total.



Lívia Pereira Alves

Responsável Técnico CRQ XII 12100816

AFT é 000446/2019

Chave de Validação: d1302964e0214bcaade516bae1759172

Identificação do Cliente	
Cliente: Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos	CNPJ/CPF: 37.116.704/0001-34
Contato: Eloi Campos	Telefone: 61 3348-0457
Endereço: Av. L3 norte Campus Universitário Darcy Ribeiro - Edifício Finatec - Asa Norte - Distrito Federal - Brazil	

Informações da Amostra - Nº: 32229-1/2020.0 - Água Subterrânea - (LX06 - 01)	
Tipo de Amostra: Chorume	ID Amostra: 194263
Data Coleta: 05/08/2020 11:25	Data de Publicação: 21/08/2020 13:48
Data de Recebimento: 05/08/2020	
Tipo de Coleta: Simples	Local da Coleta: Água Subterrânea
Condições Climáticas no Momento da Coleta: Sol	Condições Climáticas nas Últimas 48 horas: Sol
Temperatura Ambiente (°C): -	pH: 7,18
Temperatura da Amostra (°C): 23,9	Latitude: 0179728
Longitude: 8/254098	Responsabilidade da Amostragem: Cliente

Informações de Campo	
Observações: -	

Resultados Analíticos

Constituintes inorgânicos não metálicos					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sulfato Total	4,0 mg/L	06/08/2020	2,0 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XXVII	9,00%
Cloreto Total	10,5 mg/L	06/08/2020	0,1 mg/L	POP-FQ-052 Anexo VI Rev. 16	14,00%
Nitrito	0,009 mg/L (como N)	06/08/2020	0,002 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XXI Rev. 18	14,00%
Amônia	0,500 mg/L (como NH ₃)	06/08/2020	0,015 mg/L (como NH ₃)	POP-FQ-052 Anexo I Rev.16	6,67%
Nitrato	0,70 mg/L (como N)	06/08/2020	0,20 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XX Rev. 18	7,70%

Constituintes orgânicos agregados					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
DQO	< 3,00 mg/L	06/08/2020	3,00 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XII Rev. 18	9,45%

Provedores Externos

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Antimônio Total	< 0,00100 mg/L	19/08/2020	0,00100 mg/L	POP-FQ-081	4,85%
Arsênio Total	< 0,00100 mg/L	19/08/2020	0,00100 mg/L	POP-FQ-081	23,24%
Bário Total	0,0195 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	7,27%
Cádmio Total	< 0,00100 mg/L	19/08/2020	0,00100 mg/L	POP-FQ-081	8,92%
Chumbo Total	< 0,0100 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	15,00%
Cobalto Total	< 0,0100 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	9,09%
Cobre Total	< 0,00100 mg/L	19/08/2020	0,00100 mg/L	POP-FQ-081	4,59%
Cromo Total	< 0,0100 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	7,82%
Mercúrio Total	< 0,000100 mg/L	19/08/2020	0,000100 mg/L	POP-FQ-081	14,19%
Níquel Total	< 0,0100 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	14,16%
Zinco Total	0,0364 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	9,27%
Cálcio Total	10,7 mg/L	19/08/2020	0,100 mg/L	POP-FQ-081	11,09%
Magnésio Total	0,719 mg/L	19/08/2020	0,100 mg/L	POP-FQ-081	6,33%
Sódio Total	3,25 mg/L	19/08/2020	0,100 mg/L	POP-FQ-081	3,82%

Controle de Qualidade

Branco - Metais				
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Unidade	Limite de Quantificação
Antimônio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Arsênio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Bário Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cádmio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cálcio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Chumbo Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobalto Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobre Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cromo Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Magnésio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Mercúrio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,0001	mg/L	0,0001
Níquel Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Sódio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Zinco Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Varição (%)
Antimônio Total	CQ2823-1/2020.0	0,242	0,232	mg/L	< 20 %	4,43
Arsênio Total	CQ2823-1/2020.0	0,233	0,216	mg/L	< 20 %	7,75
Bário Total	CQ2823-1/2020.0	0,269	0,251	mg/L	< 20 %	7,03
Cádmio Total	CQ2823-1/2020.0	0,241	0,230	mg/L	< 20 %	4,75
Cálcio Total	CQ2823-1/2020.0	2,59	2,64	mg/L	< 20 %	1,87
Chumbo Total	CQ2823-1/2020.0	0,242	0,257	mg/L	< 20 %	6,17
Cobalto Total	CQ2823-1/2020.0	0,266	0,272	mg/L	< 20 %	1,93
Cobre Total	CQ2823-1/2020.0	0,252	0,241	mg/L	< 20 %	4,46
Cromo Total	CQ2823-1/2020.0	0,262	0,251	mg/L	< 20 %	4,25
Magnésio Total	CQ2823-1/2020.0	2,88	2,77	mg/L	< 20 %	3,89
Mercurio Total	CQ2823-1/2020.0	0,0252	0,0247	mg/L	< 20 %	2,16
Níquel Total	CQ2823-1/2020.0	0,264	0,253	mg/L	< 20 %	4,30
Sódio Total	CQ2823-1/2020.0	2,59	2,63	mg/L	< 20 %	1,65
Zinco Total	CQ2823-1/2020.0	0,259	0,269	mg/L	< 20 %	3,60

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Antimônio Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	102,72
Arsênio Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,72
Bário Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	107,28
Cádmio Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,64
Cálcio Total	CQ2821-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	102,92
Chumbo Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,32
Cobalto Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,2
Cobre Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	105,72
Cromo Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	105,48
Magnésio Total	CQ2821-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	100,61
Mercurio Total	CQ2821-1/2020.0	0,025	mg/L	75 a 125 %	103,52
Níquel Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,28
Sódio Total	CQ2821-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	108,88
Zinco Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,88

Notas

Legendas

NA: Não se aplica.

ND: Não detectado.

LQ: Limite de Quantificação.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

US EPA: United States Environmental Protection Agency

Máx: Máximo Valor Permitido. **Min:** Mínimo Valor Permitido. **IL:** Impossível Leitura.

mg/L: Miligrama por Litro

Embalagens e Preservantes

194263 - Água Subterrânea - (LX06 - 01)			
Embalagem	Volume	Preservação	Métodos
Polietileno	80 mL	Refrigeração + H2SO4 1:1	DQO, Amônia (Kit).
Polietileno	300 mL	Refrigeração + HNO3 Concentrado	Metais Totais.
Polietileno	180 mL	Refrigeração	Cloreto Total (Kit), Nitrato (Kit), Nitrito (Kit), Sulfato Total.

Considerações Gerais

-O(s) resultado(s) se referem somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Relatório Analítico só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

A cadeia de custódia está à disposição para ser solicitada a qualquer momento pelo interessado.

Este Relatório Analítico está de acordo com a IN 02/2009 do IEMA.

Quando a coleta é realizada pelo cliente o plano de amostragem e todas as informações de campo, tais como, identificação da amostra, data e hora da coleta, tipo de coleta, condições climáticas nas últimas 48 horas e no momento da coleta, coordenadas geográficas, local da coleta além dos resultados de ensaios realizados em campo, são de responsabilidade do mesmo. Neste caso, os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.

Quando o Tommasi Ambiental é responsável pela coleta, o plano de amostragem é realizado no FO-ANL-074 baseado na NIT-DICLA-057. Para a retirada das amostras o Tommasi Ambiental utiliza o "POP-ANL-010 Procedimento de amostragem" e o "POP-ANL-011 Procedimento de Amostragem em Poços de Monitoramento" baseados no Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água, CETESB, 2011, no SMWW 23 ed., 2017 e na ABNT NBR 15847-Amostragem de Água Subterrânea em Poços de Monitoramento-Métodos de Purga, 07/2010.

Para as amostras ambientais, o Tommasi Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro, de acordo com cada matriz, segundo: Guia Nacional de Coletas e Preservação de Amostras, Cetesb 2011; ABNT NBR 10007 Amostragem de Resíduos Sólidos; Projeto CETESB - GTZ - Amostragem do solo (6300 e 6310 de 11/1999) e SMEWW 23 ed., 2017, quando todo o trâmite analítico (retirada de amostra, transporte e análise) é de responsabilidade do Tommasi Ambiental. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é imediatamente consultado sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico.

-A Regra de decisão adotada na Declaração de conformidade determina que são considerados "não-conformes" quando os resultados menos sua respectiva incerteza é superior ao VMP (Valor Máximo Permitido). São considerados "conformes" quando os resultados mais sua respectiva incerteza são iguais ou inferiores ao VMP. Se o VMP estiver contido no intervalo da incerteza do resultado, não é possível avaliar a conformidade do mesmo.



Lívia Pereira Alves

Responsável Técnico CRQ XII 12100816

AFT é 000446/2019

Chave de Validação: 5f7aadc9f734977a13e17718e3edd42

Identificação do Cliente	
Cliente: Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos	CNPJ/CPF: 37.116.704/0001-34
Contato: Eloi Campos	Telefone: 61 3348-0457
Endereço: Av. L3 norte Campus Universitário Darcy Ribeiro - Edifício Finatec - Asa Norte - Distrito Federal - Brazil	

Informações da Amostra - Nº: 28785-1/2020.0 - Lixão - DF (LX7 - 01)	
Tipo de Amostra: Chorume	ID Amostra: 194272
Data Coleta: 10/07/2020 09:30	Data de Publicação: 23/07/2020 16:31
Data de Recebimento: 10/07/2020	
Tipo de Coleta: Simples	Local da Coleta: Lixão - DF
Condições Climáticas no Momento da Coleta: Sol	Condições Climáticas nas Últimas 48 horas: Sol
Temperatura Ambiente (°C): -	pH: 8,4
Temperatura da Amostra (°C): 22,8	Latitude: 179492
Longitude: 8254 300	Responsabilidade da Amostragem: Cliente

Informações de Campo	
Observações: Condutividade: 370 µs/cm	

Resultados Analíticos

Constituintes inorgânicos não metálicos					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sulfato Total	6,0 mg/L	13/07/2020	2,0 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XXVII Rev. 16	9,00%
Cloreto Total	8,5 mg/L	13/07/2020	0,1 mg/L	POP-FQ-052 Anexo VI Rev. 16	14,00%
Nitrito	0,004 mg/L (como N)	10/07/2020	0,002 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XXI Rev. 18	14,00%
Amônia	1,800 mg/L (como NH3)	13/07/2020	0,015 mg/L (como NH3)	POP-FQ-052 Anexo I Rev.16	6,67%
Nitrato	3,20 mg/L (como N)	10/07/2020	0,20 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XX Rev. 18	7,70%

Constituintes orgânicos agregados					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
DQO	20,00 mg/L	13/07/2020	3,00 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XII Rev. 18	9,45%

Provedores Externos

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Antimônio Total	0,0058 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,85%
Arsênio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	23,24%
Bário Total	0,119 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,27%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Cádmio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	8,92%
Chumbo Total	0,041 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	15,00%
Cobalto Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,09%
Cobre Total	0,0059 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,59%
Cromo Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,82%
Mercúrio Total	< 0,00010 mg/L	22/07/2020	0,00010 mg/L	POP-FQ-081	14,19%
Níquel Total	0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	14,16%
Zinco Total	0,589 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,27%
Cálcio Total	52,32 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	11,09%
Magnésio Total	24,38 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	6,33%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sódio Total	40,91 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	3,82%

Controle de Qualidade

Branco - Metais				
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Unidade	Limite de Quantificação
Antimônio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Arsênio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Bário Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cádmio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cálcio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Chumbo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobalto Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobre Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cromo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Magnésio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Mercúrio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,0001	mg/L	0,0001
Níquel Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Sódio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Zinco Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Varição (%)
Antimônio Total	CQ2409-1/2020.0	0,237	0,248	mg/L	< 20 %	4,68
Arsênio Total	CQ2409-1/2020.0	0,612	0,659		< 20 %	7,35
Bário Total	CQ2409-1/2020.0	0,299	0,279	mg/L	< 20 %	6,85
Cádmio Total	CQ2409-1/2020.0	0,281	0,263	mg/L	< 20 %	6,60

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Variação (%)
Cálcio Total	CQ2409-1/2020.0	4,95	4,73	mg/L	< 20 %	4,42
Chumbo Total	CQ2409-1/2020.0	0,292	0,269	mg/L	< 20 %	8,27
Cobalto Total	CQ2409-1/2020.0	0,265	0,249	mg/L	< 20 %	6,32
Cobre Total	CQ2409-1/2020.0	0,267	0,253	mg/L	< 20 %	5,56
Cromo Total	CQ2409-1/2020.0	0,269	0,254	mg/L	< 20 %	6,06
Magnésio Total	CQ2409-1/2020.0	5,35	5,14	mg/L	< 20 %	3,96
Mercúrio Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,291	mg/L	< 20 %	5,58
Níquel Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,258	mg/L	< 20 %	6,59
Sódio Total	CQ2409-1/2020.0	35,0	34,1	mg/L	< 20 %	2,52
Zinco Total	CQ2409-1/2020.0	0,359	0,321	mg/L	< 20 %	11,2

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Antimônio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	98,96
Arsênio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,36
Bário Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,76
Cádmio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,39
Cálcio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	106,31
Chumbo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,8
Cobalto Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,72
Cobre Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	99,68
Cromo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	102,68
Magnésio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	110
Mercúrio Total	CQ2408-1/2020.0	0,025	mg/L	75 a 125 %	102,08

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Níquel Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,84
Sódio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	100,78
Zinco Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,64

Notas

Legendas

NA: Não se aplica.

ND: Não detectado.

LQ: Limite de Quantificação.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

US EPA: United States Environmental Protection Agency

Máx: Máximo Valor Permitido. **Min:** Mínimo Valor Permitido. **IL:** Impossível Leitura.

mg/L: Miligrama por Litro

Embalagens e Preservantes

194272 - Lixão - DF (LX7 - 01)			
Embalagem	Volume	Preservação	Métodos
Polietileno	80 mL	Refrigeração + H ₂ SO ₄ 1:1	DQO, Amônia (Kit).
Polietileno	300 mL	Refrigeração + HNO ₃ Concentrado	Metais Totais.
Polietileno	180 mL	Refrigeração	Cloreto Total (Kit), Nitrato (Kit), Nitrito (Kit), Sulfato Total.



Livia Pereira Alves

Responsável Técnico CRQ XII 12100816

AFT é 000446/2019

Chave de Validação: eaed073dab704a209cf443ef62e510c8

Identificação do Cliente	
Cliente: Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos	CNPJ/CPF: 37.116.704/0001-34
Contato: Eloi Campos	Telefone: 61 3348-0457
Endereço: Av. L3 norte Campus Universitário Darcy Ribeiro - Edifício Finatec - Asa Norte - Distrito Federal - Brazil	

Informações da Amostra - Nº: 28788-1/2020.0 - Lixão - DF (LX7A - 01)	
Tipo de Amostra: Chorume	ID Amostra: 194267
Data Coleta: 10/07/2020 10:00	Data de Publicação: 23/07/2020 16:26
Data de Recebimento: 10/07/2020	
Tipo de Coleta: Simples	Local da Coleta: Lixão - DF
Condições Climáticas no Momento da Coleta: Sol	Condições Climáticas nas Últimas 48 horas: Sol
Temperatura Ambiente (°C): -	pH: 8,1
Temperatura da Amostra (°C): 23,8	Latitude: 179179
Longitude: 8254 643	Responsabilidade da Amostragem: Cliente

Informações de Campo	
Observações: Condutividade: 2330 µs/cm	

Resultados Analíticos

Constituintes inorgânicos não metálicos					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sulfato Total	26,0 mg/L	13/07/2020	2,0 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XXVII Rev. 16	9,00%
Cloreto Total	261,0 mg/L	13/07/2020	0,1 mg/L	POP-FQ-052 Anexo VI Rev. 16	14,00%
Nitrito	1,108 mg/L (como N)	10/07/2020	0,002 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XXI Rev. 18	14,00%
Amônia	121,500 mg/L (como NH3)	13/07/2020	0,015 mg/L (como NH3)	POP-FQ-052 Anexo I Rev.16	6,67%
Nitrato	15,20 mg/L (como N)	10/07/2020	0,20 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XX Rev. 18	7,70%

Constituintes orgânicos agregados					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
DQO	74,00 mg/L	13/07/2020	3,00 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XII Rev. 18	9,45%

Provedores Externos

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Antimônio Total	0,0072 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,85%
Arsênio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	23,24%
Bário Total	0,086 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,27%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Cádmio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	8,92%
Chumbo Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	15,00%
Cobalto Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,09%
Cobre Total	0,0064 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,59%
Cromo Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,82%
Mercúrio Total	< 0,00010 mg/L	22/07/2020	0,00010 mg/L	POP-FQ-081	14,19%
Níquel Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	14,16%
Zinco Total	0,096 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,27%
Cálcio Total	43,07 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	11,09%
Magnésio Total	9,77 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	6,33%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sódio Total	136,13 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	3,82%

Controle de Qualidade

Branco - Metais				
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Unidade	Limite de Quantificação
Antimônio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Arsênio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Bário Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cádmio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cálcio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Chumbo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobalto Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobre Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cromo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Magnésio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Mercúrio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,0001	mg/L	0,0001
Níquel Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Sódio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Zinco Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Varição (%)
Antimônio Total	CQ2409-1/2020.0	0,237	0,248	mg/L	< 20 %	4,68
Arsênio Total	CQ2409-1/2020.0	0,612	0,659	mg/L	< 20 %	7,35
Bário Total	CQ2409-1/2020.0	0,299	0,279	mg/L	< 20 %	6,85
Cádmio Total	CQ2409-1/2020.0	0,281	0,263	mg/L	< 20 %	6,60



Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Varição (%)
Cálcio Total	CQ2409-1/2020.0	4,95	4,73	mg/L	< 20 %	4,42
Chumbo Total	CQ2409-1/2020.0	0,292	0,269	mg/L	< 20 %	8,27
Cobalto Total	CQ2409-1/2020.0	0,265	0,249	mg/L	< 20 %	6,32
Cobre Total	CQ2409-1/2020.0	0,267	0,253	mg/L	< 20 %	5,56
Cromo Total	CQ2409-1/2020.0	0,269	0,254	mg/L	< 20 %	6,06
Magnésio Total	CQ2409-1/2020.0	5,35	5,14	mg/L	< 20 %	3,96
Mercurio Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,291	mg/L	< 20 %	5,58
Níquel Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,258	mg/L	< 20 %	6,59
Sódio Total	CQ2409-1/2020.0	35,0	34,1	mg/L	< 20 %	2,52
Zinco Total	CQ2409-1/2020.0	0,359	0,321	mg/L	< 20 %	11,2

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Antimônio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	98,96
Arsênio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,36
Bário Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,76
Cádmio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,39
Cálcio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	106,31
Chumbo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,8
Cobalto Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,72
Cobre Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	99,68
Cromo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	102,68
Magnésio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	110
Mercurio Total	CQ2408-1/2020.0	0,025	mg/L	75 a 125 %	102,08

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Níquel Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,84
Sódio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	100,78
Zinco Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,64

Notas

Legendas

NA: Não se aplica.

ND: Não detectado.

LQ: Limite de Quantificação.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

US EPA: United States Environmental Protection Agency

Máx: Máximo Valor Permitido. **Mín:** Mínimo Valor Permitido. **IL:** Impossível Leitura.

mg/L: Miligrama por Litro

Embalagens e Preservantes

194267 - Lixão - DF (LX7A - 01)			
Embalagem	Volume	Preservação	Métodos
Polietileno	80 mL	Refrigeração + H ₂ SO ₄ 1:1	DQO, Amônia (Kit).
Polietileno	300 mL	Refrigeração + HNO ₃ Concentrado	Metais Totais.
Polietileno	180 mL	Refrigeração	Cloreto Total (Kit), Nitrato (Kit), Nitrito (Kit), Sulfato Total.



Livia Pereira Alves

Responsável Técnico CRQ XII 12100816

AFT é 000446/2019

Chave de Validação: 6c79b116bcc740e88424f5aed22792a8

Identificação do Cliente	
Cliente: Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos	CNPJ/CPF: 37.116.704/0001-34
Contato: Eloi Campos	Telefone: 61 3348-0457
Endereço: Av. L3 norte Campus Universitário Darcy Ribeiro - Edifício Finatec - Asa Norte - Distrito Federal - Brazil	

Informações da Amostra - Nº: 28786-1/2020.0 - Lixão - DF (LX8 - 01)	
Tipo de Amostra: Chorume	ID Amostra: 194271
Data Coleta: 10/07/2020 10:20	Data de Publicação: 23/07/2020 16:31
Data de Recebimento: 10/07/2020	
Tipo de Coleta: Simples	Local da Coleta: Lixão - DF
Condições Climáticas no Momento da Coleta: Sol	Condições Climáticas nas Últimas 48 horas: Sol
Temperatura Ambiente (°C): -	pH: 8,4
Temperatura da Amostra (°C): 23,4	Latitude: 178739
Longitude: 8255129	Responsabilidade da Amostragem: Cliente

Informações de Campo	
Observações: Condutividade: 316 µs/cm	

Resultados Analíticos

Constituintes inorgânicos não metálicos					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sulfato Total	4,0 mg/L	13/07/2020	2,0 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XXVII Rev.16	9,00%
Cloreto Total	26,8 mg/L	13/07/2020	0,1 mg/L	POP-FQ-052 Anexo VI Rev.16	14,00%
Nitrito	0,350 mg/L (como N)	10/07/2020	0,002 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XXI Rev.18	14,00%
Amônia	0,500 mg/L (como NH ₃)	13/07/2020	0,015 mg/L (como NH ₃)	POP-FQ-052 Anexo I Rev.16	6,67%
Nitrato	1,90 mg/L (como N)	10/07/2020	0,20 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XX Rev.18	7,70%

Constituintes orgânicos agregados					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
DQO	16,00 mg/L	13/07/2020	3,00 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XIII Rev.18	9,45%

Provedores Externos

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Antimônio Total	0,0077 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,85%
Arsênio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	23,24%
Bário Total	0,066 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,27%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Cádmio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	8,92%
Chumbo Total	0,114 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	15,00%
Cobalto Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,09%
Cobre Total	0,0037 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,59%
Cromo Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,82%
Mercúrio Total	< 0,00010 mg/L	22/07/2020	0,00010 mg/L	POP-FQ-081	14,19%
Níquel Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	14,16%
Zinco Total	0,392 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,27%
Cálcio Total	21,97 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	11,09%
Magnésio Total	7,97 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	6,33%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sódio Total	48,60 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	3,82%

Controle de Qualidade

Branco - Metais				
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Unidade	Limite de Quantificação
Antimônio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Arsênio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Bário Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cádmio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cálcio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Chumbo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobalto Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobre Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cromo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Magnésio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Mercúrio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,0001	mg/L	0,0001
Níquel Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Sódio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Zinco Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Varição (%)
Antimônio Total	CQ2409-1/2020.0	0,237	0,248	mg/L	< 20 %	4,68
Arsênio Total	CQ2409-1/2020.0	0,612	0,659	mg/L	< 20 %	7,35
Bário Total	CQ2409-1/2020.0	0,299	0,279	mg/L	< 20 %	6,85
Cádmio Total	CQ2409-1/2020.0	0,281	0,263	mg/L	< 20 %	6,60

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Varição (%)
Cálcio Total	CQ2409-1/2020.0	4,95	4,73	mg/L	< 20 %	4,42
Chumbo Total	CQ2409-1/2020.0	0,292	0,269	mg/L	< 20 %	8,27
Cobalto Total	CQ2409-1/2020.0	0,265	0,249	mg/L	< 20 %	6,32
Cobre Total	CQ2409-1/2020.0	0,267	0,253	mg/L	< 20 %	5,56
Cromo Total	CQ2409-1/2020.0	0,269	0,254	mg/L	< 20 %	6,06
Magnésio Total	CQ2409-1/2020.0	5,35	5,14	mg/L	< 20 %	3,96
Mercurio Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,291	mg/L	< 20 %	5,58
Níquel Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,258	mg/L	< 20 %	6,59
Sódio Total	CQ2409-1/2020.0	35,0	34,1	mg/L	< 20 %	2,52
Zinco Total	CQ2409-1/2020.0	0,359	0,321	mg/L	< 20 %	11,2

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Antimônio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	98,96
Arsênio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,36
Bário Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,76
Cádmio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,39
Cálcio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	106,31
Chumbo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,8
Cobalto Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,72
Cobre Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	99,68
Cromo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	102,68
Magnésio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	110
Mercurio Total	CQ2408-1/2020.0	0,025	mg/L	75 a 125 %	102,08

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Níquel Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,84
Sódio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	100,78
Zinco Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,64

Notas

Legendas

NA: Não se aplica.

ND: Não detectado.

LQ: Limite de Quantificação.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

USEPA: United States Environmental Protection Agency

Máx: Máximo Valor Permitido. **Min:** Mínimo Valor Permitido. **IL:** Impossível Leitura.

mg/L: Miligrama por Litro

Embalagens e Preservantes

194271 - Lixão - DF (LX8 - 01)			
Embalagem	Volume	Preservação	Métodos
Polietileno	80mL	Refrigeração + H2SO4 1:1	DQO, Amônia (Kit).
Polietileno	300mL	Refrigeração + HNO3 Concentrado	Metais Totais.
Polietileno	180mL	Refrigeração	Cloreto Total (Kit), Nitrato (Kit), Nitrito (Kit), Sulfato Total.

Considerações Gerais

-O(s) resultado(s) se referem somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Relatório Analítico só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

A cadeia de custódia está à disposição para ser solicitada a qualquer momento pelo interessado.

Este Relatório Analítico está de acordo com a IN 02/2009 do IEMA.

Quando a coleta é realizada pelo cliente o plano de amostragem e todas as informações de campo, tais como, identificação da amostra, data e hora da coleta, tipo de coleta, condições climáticas nas últimas 48 horas e no momento da coleta, coordenadas geográficas, local da coleta além dos resultados de ensaios realizados em campo, são de responsabilidade do mesmo. Neste caso, os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.

Quando o Tommasi Ambiental é responsável pela coleta, o plano de amostragem é realizado no FO-ANL-074 baseado na NIT-DICLA-057. Para a retirada das amostras o Tommasi Ambiental utiliza o "POP-ANL-010 Procedimento de amostragem" e o "POP-ANL-011 Procedimento de Amostragem em Poços de Monitoramento" baseados no Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água, CETESB, 2011, no SMWW 23 ed., 2017 e na ABNT NBR 15847-Amostragem de Água Subterrânea em Poços de Monitoramento-Métodos de Purga, 07/2010.

Para as amostras ambientais, o Tommasi Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro, de acordo com cada matriz, segundo: Guia Nacional de Coletas e Preservação de Amostras, Cetesb 2011; ABNT NBR 10007 Amostragem de Resíduos Sólidos; Projeto CETESB - GTZ - Amostragem do solo (6300 e 6310 de 11/1999) e SMEWW 23 ed., 2017, quando todo o trâmite analítico (retirada de amostra, transporte e análise) é de responsabilidade do Tommasi Ambiental. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é imediatamente consultado sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico.

-A Regra de decisão adotada na Declaração de conformidade determina que são considerados "não-conformes" quando os resultados menos sua respectiva incerteza é superior ao VMP (Valor Máximo Permitido). São considerados "conformes" quando os resultados mais sua respectiva incerteza são iguais ou inferiores ao VMP. Se o VMP estiver contido no intervalo da incerteza do resultado, não é possível avaliar a conformidade do mesmo.



Lívia Pereira Alves

Responsável Técnico CRQ XII 12100816

AFT é 000446/2019

Chave de Validação: a2a8df16d88b435a99335a723031d001

Identificação do Cliente	
Cliente: Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos	CNPJ/CPF: 37.116.704/0001-34
Contato: Eloi Campos	Telefone: 61 3348-0457
Endereço: Av. L3 norte Campus Universitário Darcy Ribeiro - Edifício Finatec - Asa Norte - Distrito Federal - Brazil	

Informações da Amostra - Nº: 28790-1/2020.0 - Lixão - DF (LX9 - 01)	
Tipo de Amostra: Chorume	ID Amostra: 194265
Data Coleta: 10/07/2020 12:00	Data de Publicação: 23/07/2020 16:26
Data de Recebimento: 10/07/2020	
Tipo de Coleta: Simples	Local da Coleta: Lixão - DF
Condições Climáticas no Momento da Coleta: Sol	Condições Climáticas nas Últimas 48 horas: Sol
Temperatura Ambiente (°C): -	pH: 8,8
Temperatura da Amostra (°C): 22,5	Latitude: 821274
Longitude: 8255 631	Responsabilidade da Amostragem: Cliente

Informações de Campo	
Observações: Condutividade: 329 µs/cm	

Resultados Analíticos

Constituintes inorgânicos não metálicos					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sulfato Total	4,0 mg/L	13/07/2020	2,0 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XXVII Rev. 16	9,00%
Cloreto Total	9,9 mg/L	13/07/2020	0,1 mg/L	POP-FQ-052 Anexo VI Rev. 16	14,00%
Nitrito	0,088 mg/L (como N)	10/07/2020	0,002 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XXI Rev. 18	14,00%
Amônia	< 0,015 mg/L (como NH ₃)	13/07/2020	0,015 mg/L (como NH ₃)	POP-FQ-052 Anexo I Rev.16	6,67%
Nitrato	0,90 mg/L (como N)	10/07/2020	0,20 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XX Rev. 18	7,70%

Constituintes orgânicos agregados					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
DQO	16,00 mg/L	13/07/2020	3,00 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XIII Rev. 18	9,45%

Provedores Externos

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Antimônio Total	0,0040 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,85%
Arsênio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	23,24%
Bário Total	0,027 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,27%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Cádmio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	8,92%
Chumbo Total	0,088 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	15,00%
Cobalto Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,09%
Cobre Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,59%
Cromo Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,82%
Mercúrio Total	< 0,00010 mg/L	22/07/2020	0,00010 mg/L	POP-FQ-081	14,19%
Níquel Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	14,16%
Zinco Total	0,069 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,27%
Cálcio Total	16,60 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	11,09%
Magnésio Total	6,63 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	6,33%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sódio Total	44,94 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	3,82%

Controle de Qualidade

Branco - Metais				
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Unidade	Limite de Quantificação
Antimônio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Arsênio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Bário Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cádmio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cálcio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Chumbo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobalto Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobre Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cromo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Magnésio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Mercúrio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,0001	mg/L	0,0001
Níquel Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Sódio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Zinco Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Varição (%)
Antimônio Total	CQ2409-1/2020.0	0,237	0,248	mg/L	< 20 %	4,68
Arsênio Total	CQ2409-1/2020.0	0,612	0,659	mg/L	< 20 %	7,35
Bário Total	CQ2409-1/2020.0	0,299	0,279	mg/L	< 20 %	6,85
Cádmio Total	CQ2409-1/2020.0	0,281	0,263	mg/L	< 20 %	6,60

Cálcio Total	CQ2409-1/2020.0	4,95	4,73	mg/L	< 20 %	4,42
Chumbo Total	CQ2409-1/2020.0	0,292	0,269	mg/L	< 20 %	8,27
Cobalto Total	CQ2409-1/2020.0	0,265	0,249	mg/L	< 20 %	6,32
Cobre Total	CQ2409-1/2020.0	0,267	0,253	mg/L	< 20 %	5,56
Cromo Total	CQ2409-1/2020.0	0,269	0,254	mg/L	< 20 %	6,06
Magnésio Total	CQ2409-1/2020.0	5,35	5,14	mg/L	< 20 %	3,96
Mercúrio Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,291	mg/L	< 20 %	5,58
Níquel Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,258	mg/L	< 20 %	6,59
Sódio Total	CQ2409-1/2020.0	35,0	34,1	mg/L	< 20 %	2,52
Zinco Total	CQ2409-1/2020.0	0,359	0,321	mg/L	< 20 %	11,2

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Antimônio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	98,96
Arsênio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,36
Bário Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,76
Cádmio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,39
Cálcio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	106,31
Chumbo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,8
Cobalto Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,72
Cobre Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	99,68
Cromo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	102,68
Magnésio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	110
Mercúrio Total	CQ2408-1/2020.0	0,025	mg/L	75 a 125 %	102,08

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Níquel Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,84
Sódio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	100,78
Zinco Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,64

Notas

Legendas

NA: Não se aplica.

ND: Não detectado.

LQ: Limite de Quantificação.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

USEPA: United States Environmental Protection Agency

Máx: Máximo Valor Permitido. **Mín:** Mínimo Valor Permitido. **IL:** Impossível Leitura.

mg/L: Miligrama por Litro

Embalagens e Preservantes

194265 - Lixão - DF (LX9 - 01)			
Embalagem	Volume	Preservação	Métodos
Polietileno	80 mL	Refrigeração + H2SO4 1:1	DQO, Amônia (Kit).
Polietileno	300 mL	Refrigeração + HNO3 Concentrado	Metais Totais.
Polietileno	180 mL	Refrigeração	Cloreto Total (Kit), Nitrato (Kit), Nitrito (Kit), Sulfato Total.

Considerações Gerais

-O(s) resultado(s) se referem somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Relatório Analítico só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

A cadeia de custódia está à disposição para ser solicitada a qualquer momento pelo interessado.

Este Relatório Analítico está de acordo com a IN 02/2009 do IEMA.

Quando a coleta é realizada pelo cliente o plano de amostragem e todas as informações de campo, tais como, identificação da amostra, data e hora da coleta, tipo de coleta, condições climáticas nas últimas 48 horas e no momento da coleta, coordenadas geográficas, local da coleta além dos resultados de ensaios realizados em campo, são de responsabilidade do mesmo. Neste caso, os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.

Quando o Tommasi Ambiental é responsável pela coleta, o plano de amostragem é realizado no FO-ANL-074 baseado na NIT-DICLA-057. Para a retirada das amostras o Tommasi Ambiental utiliza o "POP-ANL-010 Procedimento de amostragem" e o "POP-ANL-011 Procedimento de Amostragem em Poços de Monitoramento" baseados no Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água, CETESB, 2011, no SMWW 23 ed., 2017 e na ABNT NBR 15847-Amostragem de Água Subterrânea em Poços de Monitoramento-Métodos de Purga, 07/2010.

Para as amostras ambientais, o Tommasi Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro, de acordo com cada matriz, segundo: Guia Nacional de Coletas e Preservação de Amostras, Cetesb 2011; ABNT NBR 10007 Amostragem de Resíduos Sólidos; Projeto CETESB - GTZ - Amostragem do solo (6300 e 6310 de 11/1999) e SMEWW 23 ed., 2017, quando todo o trâmite analítico (retirada de amostra, transporte e análise) é de responsabilidade do Tommasi Ambiental. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é imediatamente consultado sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico.

-A Regra de decisão adotada na Declaração de conformidade determina que são considerados "não-conformes" quando os resultados menos sua respectiva incerteza é superior ao VMP (Valor Máximo Permitido). São considerados "conformes" quando os resultados mais sua respectiva incerteza são iguais ou inferiores ao VMP. Se o VMP estiver contido no intervalo da incerteza do resultado, não é possível avaliar a conformidade do mesmo.



Lívia Pereira Alves

Responsável Técnico CRQ XII 12100816

AFT é 000446/2019

Chave de Validação: ebe2d7f4fef04e4a836a041752bd0676

Identificação do Cliente	
Cliente: Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos	CNPJ/CPF: 37.116.704/0001-34
Contato: Eloi Campos	Telefone: 613348-0457
Endereço: Av. L3 norte Campus Universitário Darcy Ribeiro - Edifício Finatec - Asa Norte - Distrito Federal - Brazil	

Informações da Amostra - Nº: 28739-1/2020.0 - Parque Nacional (LX10 - 01)	
Tipo de Amostra: Água Subterrânea	ID Amostra: 194196
Data Coleta: 10/07/2020 12:20	Data de Publicação: 23/07/2020 16:26
Data de Recebimento: 10/07/2020	
Tipo de Coleta: Simples	Local da Coleta: Parque Nacional
Condições Climáticas no Momento da Coleta: Sol	Condições Climáticas nas Últimas 48 horas: Sol
Temperatura Ambiente (°C): -	pH: 8,64
Temperatura da Amostra (°C): 23,2	Temperatura da Amostra no Recebimento (°C): 8
Latitude: 821122	Longitude: 8255865
Responsabilidade da Amostragem: Cliente	

Informações de Campo	
Observações: Condutividade: 386 µs/cm	

Resultados Analíticos

Constituintes inorgânicos não metálicos					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sulfato Total	2,0 mg/L	13/07/2020	2,0 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XXVII Rev.16	9,00%
Cloreto Total	13,6 mg/L	13/07/2020	0,1 mg/L	POP-FQ-052 Anexo VI Rev.16	14,00%
Amônia	< 0,015 mg/L (como NH ₃)	13/07/2020	0,015 mg/L (como NH ₃)	POP-FQ-052 Anexo I Rev.16	6,67%
Nitrato	0,90 mg/L (como N)	10/07/2020	0,20 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XX Rev.18	7,70%
Nitrito	0,159 mg/L (como N)	10/07/2020	0,002 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XXI Rev.18	14,00%

Constituintes orgânicos agregados					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
DQO	< 3,00 mg/L	13/07/2020	3,00 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XII Rev.18	9,45%

Provedores Externos

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Antimônio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,85%
Arsênio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	23,24%
Bário Total	0,035 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,27%
Cádmio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	8,92%
Chumbo Total	0,033 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	15,00%
Cobalto Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,09%
Cobre Total	0,0011 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,59%
Cromo Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,82%
Mercúrio Total	< 0,00010 mg/L	22/07/2020	0,00010 mg/L	POP-FQ-081	14,19%
Níquel Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	14,16%
Zinco Total	0,049 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,27%
Cálcio Total	25,37 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	11,09%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Magnésio Total	12,30 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	6,33%
Sódio Total	46,64 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	3,82%

Controle de Qualidade

Branco - Metais				
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Unidade	Limite de Quantificação
Antimônio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Arsênio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Bário Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cádmio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cálcio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Chumbo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobalto Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobre Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cromo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Magnésio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Mercúrio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,0001	mg/L	0,0001
Níquel Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Sódio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Zinco Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Varição (%)
Antimônio Total	CQ2409-1/2020.0	0,237	0,248	mg/L	<20 %	4,68
Arsênio Total	CQ2409-1/2020.0	0,612	0,659	mg/L	<20 %	7,35
Bário Total	CQ2409-1/2020.0	0,299	0,279	mg/L	<20 %	6,85
Cádmio Total	CQ2409-1/2020.0	0,281	0,263	mg/L	<20 %	6,60
Cálcio Total	CQ2409-1/2020.0	4,95	4,73	mg/L	<20 %	4,42
Chumbo Total	CQ2409-1/2020.0	0,292	0,269	mg/L	<20 %	8,27
Cobalto Total	CQ2409-1/2020.0	0,265	0,249	mg/L	<20 %	6,32
Cobre Total	CQ2409-1/2020.0	0,267	0,253	mg/L	<20 %	5,56
Cromo Total	CQ2409-1/2020.0	0,269	0,254	mg/L	<20 %	6,06
Magnésio Total	CQ2409-1/2020.0	5,35	5,14	mg/L	<20 %	3,96
Mercurio Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,291	mg/L	<20 %	5,58
Níquel Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,258	mg/L	<20 %	6,59
Sódio Total	CQ2409-1/2020.0	35,0	34,1	mg/L	<20 %	2,52
Zinco Total	CQ2409-1/2020.0	0,359	0,321	mg/L	<20 %	11,2

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Antimônio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	98,96
Arsênio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,36
Bário Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,76
Cádmio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,39
Cálcio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	106,31
Chumbo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,8
Cobalto Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,72
Cobre Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	99,68
Cromo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	102,68
Magnésio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	110

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Mercurio Total	CQ2408-1/2020.0	0,025	mg/L	75 a 125 %	102,08
Níquel Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,84
Sódio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	100,78
Zinco Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,64

Notas

Legendas

NA: Não se aplica.

ND: Não detectado.

LQ: Limite de Quantificação.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

US EPA: United States Environmental Protection Agency

Máx: Máximo Valor Permitido. **Min:** Mínimo Valor Permitido. **IL:** Impossível Leitura.

mg/L: Miligrama por Litro

Embalagens e Preservantes

194196 - Parque Nacional (LX10 - 01)			
Embalagem	Volume	Preservação	Métodos
Polietileno	80mL	Refrigeração + H2SO4 1:1	DQO, Amônia (Kit).
Polietileno	300mL	Refrigeração + HNO3 Concentrado	Metais Totais.
Polietileno	180mL	Refrigeração	Cloreto Total (Kit), Nitrito (Kit), Nitrito (Kit), Sulfato Total.

Considerações Gerais

-O(s) resultado(s) se referem somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Relatório Analítico só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

A cadeia de custódia está à disposição para ser solicitada a qualquer momento pelo interessado.

Este Relatório Analítico está de acordo com a IN 02/2009 do IEMA.

Quando a coleta é realizada pelo cliente o plano de amostragem e todas as informações de campo, tais como, identificação da amostra, data e hora da coleta, tipo de coleta, condições climáticas nas últimas 48 horas e no momento da coleta, coordenadas geográficas, local da coleta além dos resultados de ensaios realizados em campo, são de responsabilidade do mesmo. Neste caso, os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.

Quando o Tommasi Ambiental é responsável pela coleta, o plano de amostragem é realizado no FO-ANL-074 baseado na NIT-DICLA-057. Para a retirada das amostras o Tommasi Ambiental utiliza o "POP-ANL-010 Procedimento de amostragem" e o "POP-ANL-011 Procedimento de Amostragem em Poços de Monitoramento" baseados no Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água, CETESB, 2011, no SMWW 23 ed., 2017 e na ABNT NBR 15847-Amostragem de Água Subterrânea em Poços de Monitoramento-Métodos de Purga, 07/2010.

Para as amostras ambientais, o Tommasi Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro, de acordo com cada matriz, segundo: Guia Nacional de Coletas e Preservação de Amostras, Cetesb 2011; ABNT NBR 10007 Amostragem de Resíduos Sólidos; Projeto CETESB - GTZ - Amostragem do solo (6300 e 6310 de 11/1999) e SMEWW 23 ed., 2017, quando todo o trâmite analítico (retirada de amostra, transporte e análise) é de responsabilidade do Tommasi Ambiental. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é imediatamente consultado sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico.

-A Regra de decisão adotada na Declaração de conformidade determina que são considerados "não-conformes" quando os resultados menos sua respectiva incerteza é superior ao VMP (Valor Máximo Permitido). São considerados "conformes" quando os resultados mais sua respectiva incerteza são iguais ou inferiores ao VMP. Se o VMP estiver contido no intervalo da incerteza do resultado, não é possível avaliar a conformidade do mesmo.



Livia Pereira Alves

Responsável Técnico CRQ XII 12100816

AFT é 000446/2019

Chave de Validação: 1dc4e145f83c495995822b05a392a932

Identificação do Cliente	
Cliente: Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos	CNPJ/CPF: 37.116.704/0001-34
Contato: Eloi Campos	Telefone: 61 3348-0457
Endereço: Av. L3 norte Campus Universitário Darcy Ribeiro - Edifício Finatec - Asa Norte - Distrito Federal - Brazil	

Informações da Amostra - Nº: 28736-1/2020.0 - Lixão - DF (LX11 - 01)	
Tipo de Amostra: Água Subterrânea	ID Amostra: 194205
Data Coleta: 10/07/2020 12:50	Data de Publicação: 23/07/2020 16:26
Data de Recebimento: 10/07/2020	
Tipo de Coleta: Simples	Local da Coleta: Lixão - DF
Condições Climáticas no Momento da Coleta: Sol	Condições Climáticas nas Últimas 48 horas: Sol
Temperatura Ambiente (°C): -	pH: 12,9
Temperatura da Amostra (°C): 23,5	Temperatura da Amostra no Recebimento (°C): 8
Latitude: 821042	Longitude: 8255351
Responsabilidade da Amostragem: Cliente	

Informações de Campo	
Observações: Condutividade: 3800 µs/cm	

Resultados Analíticos

Constituintes inorgânicos não metálicos					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sulfato Total	8,0 mg/L	13/07/2020	2,0 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XXVII Rev. 16	9,00%
Cloreto Total	388,0 mg/L	13/07/2020	0,1 mg/L	POP-FQ-052 Anexo VI Rev. 16	14,00%
Amônia	28,700 mg/L (como NH3)	13/07/2020	0,015 mg/L (como NH3)	POP-FQ-052 Anexo I Rev.16	6,67%
Nitrato	2,60 mg/L (como N)	10/07/2020	0,20 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XX Rev. 18	7,70%
Nitrito	0,289 mg/L (como N)	10/07/2020	0,002 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XXI Rev. 18	14,00%

Constituintes orgânicos agregados					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
DQO	108,00 mg/L	13/07/2020	3,00 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XII Rev. 18	9,45%

Provedores Externos

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Antimônio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,85%
Arsênio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	23,24%
Bário Total	0,401 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,27%
Cádmio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	8,92%
Chumbo Total	0,014 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	15,00%
Cobalto Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,09%
Cobre Total	0,0210 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,59%
Cromo Total	0,047 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,82%
Mercúrio Total	< 0,00010 mg/L	22/07/2020	0,00010 mg/L	POP-FQ-081	14,19%
Níquel Total	0,018 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	14,16%
Zinco Total	0,336 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,27%
Cálcio Total	342,36 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	11,09%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Magnésio Total	5,09 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	6,33%
Sódio Total	69,57 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	3,82%

Controle de Qualidade

Branco - Metais				
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Unidade	Limite de Quantificação
Antimônio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Arsênio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Bário Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cádmio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cálcio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Chumbo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobalto Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobre Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cromo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Magnésio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Mercúrio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,0001	mg/L	0,0001
Níquel Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Sódio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Zinco Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Varição (%)
Antimônio Total	CQ2409-1/2020.0	0,237	0,248	mg/L	< 20 %	4,68
Arsênio Total	CQ2409-1/2020.0	0,612	0,659	mg/L	< 20 %	7,35
Bário Total	CQ2409-1/2020.0	0,299	0,279	mg/L	< 20 %	6,85
Cádmio Total	CQ2409-1/2020.0	0,281	0,263	mg/L	< 20 %	6,60
Cálcio Total	CQ2409-1/2020.0	4,95	4,73	mg/L	< 20 %	4,42
Chumbo Total	CQ2409-1/2020.0	0,292	0,269	mg/L	< 20 %	8,27
Cobalto Total	CQ2409-1/2020.0	0,265	0,249	mg/L	< 20 %	6,32
Cobre Total	CQ2409-1/2020.0	0,267	0,253	mg/L	< 20 %	5,56
Cromo Total	CQ2409-1/2020.0	0,269	0,254	mg/L	< 20 %	6,06
Magnésio Total	CQ2409-1/2020.0	5,35	5,14	mg/L	< 20 %	3,96
Mercurio Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,291	mg/L	< 20 %	5,58
Níquel Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,258	mg/L	< 20 %	6,59
Sódio Total	CQ2409-1/2020.0	35,0	34,1	mg/L	< 20 %	2,52
Zinco Total	CQ2409-1/2020.0	0,359	0,321	mg/L	< 20 %	11,2

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Antimônio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	98,96
Arsênio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,36
Bário Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,76
Cádmio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,39
Cálcio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	106,31
Chumbo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,8
Cobalto Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,72
Cobre Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	99,68
Cromo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	102,68
Magnésio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	110

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Mercurio Total	CQ2408-1/2020.0	0,025	mg/L	75 a 125 %	102,08
Níquel Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,84
Sódio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	100,78
Zinco Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,64

Notas

Legendas

NA: Não se aplica.

ND: Não detectado.

LQ: Limite de Quantificação.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

US EPA: United States Environmental Protection Agency

Máx: Máximo Valor Permitido. **Min:** Mínimo Valor Permitido. **IL:** Impossível Leitura.

mg/L: Miligrama por Litro

Embalagens e Preservantes

194205 - Lixão - DF (LXI1 - 01)			
Embalagem	Volume	Preservação	Métodos
Polietileno	80 mL	Refrigeração + H ₂ SO ₄ 1:1	DQO, Amônia (Kit).
Polietileno	300 mL	Refrigeração + HNO ₃ Concentrado	Metais Totais.
Polietileno	180 mL	Refrigeração	Cloreto Total (Kit), Nitrato (Kit), Nitrito (Kit), Sulfato Total.

Considerações Gerais

-O(s) resultado(s) se referem somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Relatório Analítico só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

A cadeia de custódia está à disposição para ser solicitada a qualquer momento pelo interessado.

Este Relatório Analítico está de acordo com a IN 02/2009 do IEMA.

Quando a coleta é realizada pelo cliente o plano de amostragem e todas as informações de campo, tais como, identificação da amostra, data e hora da coleta, tipo de coleta, condições climáticas nas últimas 48 horas e no momento da coleta, coordenadas geográficas, local da coleta além dos resultados de ensaios realizados em campo, são de responsabilidade do mesmo. Neste caso, os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.

Quando o Tommasi Ambiental é responsável pela coleta, o plano de amostragem é realizado no FO-ANL-074 baseado na NIT-DICLA-057. Para a retirada das amostras o Tommasi Ambiental utiliza o "POP-ANL-010 Procedimento de amostragem" e o "POP-ANL-011 Procedimento de Amostragem em Poços de Monitoramento" baseados no Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água, CETESB, 2011, no SMWW 23 ed., 2017 e na ABNT NBR 15847-Amostragem de Água Subterrânea em Poços de Monitoramento-Métodos de Purga, 07/2010.

Para as amostras ambientais, o Tommasi Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro, de acordo com cada matriz, segundo: Guia Nacional de Coletas e Preservação de Amostras, Cetesb 2011; ABNT NBR 10007 Amostragem de Resíduos Sólidos; Projeto CETESB - GTZ - Amostragem do solo (6300 e 6310 de 11/1999) e SMEWW 23 ed., 2017, quando todo o trâmite analítico (retirada de amostra, transporte e análise) é de responsabilidade do Tommasi Ambiental. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é imediatamente consultado sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico.

-A Regra de decisão adotada na Declaração de conformidade determina que são considerados "não-conformes" quando os resultados menos sua respectiva incerteza é superior ao VMP (Valor Máximo Permitido). São considerados "conformes" quando os resultados mais sua respectiva incerteza são iguais ou inferiores ao VMP. Se o VMP estiver contido no intervalo da incerteza do resultado, não é possível avaliar a conformidade do mesmo.



Livia Pereira Alves

Responsável Técnico CRQ XII 12100816

AFT é 000446/2019

Chave de Validação: a5468584054c4f7e85395ebc4d617f79

Identificação do Cliente	
Cliente: Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos	CNPJ/CPF: 37.116.704/0001-34
Contato: Eloi Campos	Telefone: 61 3348-0457
Endereço: Av. L3 norte Campus Universitário Darcy Ribeiro - Edifício Finatec - Asa Norte - Distrito Federal - Brazil	

Informações da Amostra - Nº: 28738-1/2020.1 - Lixão - DF (LX12 - 01)	
Tipo de Amostra: Água Subterrânea	ID Amostra: 215287
Data Coleta: 10/07/2020 13:00	Data de Publicação: 23/07/2020 16:31
Data de Recebimento: 10/07/2020	
Tipo de Coleta: Simples	Local da Coleta: Lixão - DF
Condições Climáticas no Momento da Coleta: Sol	Condições Climáticas nas Últimas 48 horas: Sol
Temperatura Ambiente (°C): -	pH: 7,9
Temperatura da Amostra (°C): 26,8	Temperatura da Amostra no Recebimento (°C): 8
Latitude: 820971	Longitude: 8254813
Responsabilidade da Amostragem: Contratante	

Informações de Campo	
Observações: Condutividade: 4850 µs/cm	

Resultados Analíticos

Constituintes inorgânicos não metálicos					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sulfato Total	126,0 mg/L	13/07/2020	2,0 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XXVII Rev. 16	9,00%
Cloreto Total	508,0 mg/L	13/07/2020	0,1 mg/L	POP-FQ-052 Anexo VI Rev. 16	14,00%
Amônia	280,000 mg/L (como NH3)	13/07/2020	0,015 mg/L (como NH3)	POP-FQ-052 Anexo I Rev.16	6,67%
Nitrato	0,60 mg/L (como N)	10/07/2020	0,20 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XX Rev. 18	7,70%
Nitrito	0,019 mg/L (como N)	10/07/2020	0,002 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XXI Rev. 18	14,00%

Constituintes orgânicos agregados					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
DQO	204,00 mg/L	13/07/2020	3,00 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XII Rev. 18	9,45%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Antimônio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,85%
Arsênio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	23,24%
Bário Total	0,079 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,27%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Cádmio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	8,92%
Chumbo Total	0,016 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	15,00%
Cobalto Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,09%
Cobre Total	0,0028 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,59%
Cromo Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,82%
Mercúrio Total	< 0,00010 mg/L	22/07/2020	0,00010 mg/L	POP-FQ-081	14,19%
Níquel Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	14,16%
Zinco Total	0,045 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,27%
Cálcio Total	26,98 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	11,09%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Magnésio Total	31,74 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	6,33%
Sódio Total	298,27 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	3,82%

Controle de Qualidade

Branco - Metais				
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Unidade	Limite de Quantificação
Antimônio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Arsênio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Bário Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cádmio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cálcio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Chumbo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobalto Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobre Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cromo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Magnésio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Mercúrio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,0001	mg/L	0,0001
Níquel Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Sódio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Zinco Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Varição (%)
Antimônio Total	CQ2409-1/2020.0	0,237	0,248	mg/L	< 20 %	4,68
Arsênio Total	CQ2409-1/2020.0	0,612	0,659	mg/L	< 20 %	7,35
Bário Total	CQ2409-1/2020.0	0,299	0,279	mg/L	< 20 %	6,85
Cádmio Total	CQ2409-1/2020.0	0,281	0,263	mg/L	< 20 %	6,60

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Variação (%)
Cálcio Total	CQ2409-1/2020.0	4,95	4,73	mg/L	< 20 %	4,42
Chumbo Total	CQ2409-1/2020.0	0,292	0,269	mg/L	< 20 %	8,27
Cobalto Total	CQ2409-1/2020.0	0,265	0,249	mg/L	< 20 %	6,32
Cobre Total	CQ2409-1/2020.0	0,267	0,253	mg/L	< 20 %	5,56
Cromo Total	CQ2409-1/2020.0	0,269	0,254	mg/L	< 20 %	6,06
Magnésio Total	CQ2409-1/2020.0	5,35	5,14	mg/L	< 20 %	3,96
Mercurio Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,291	mg/L	< 20 %	5,58
Níquel Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,258	mg/L	< 20 %	6,59
Sódio Total	CQ2409-1/2020.0	35,0	34,1	mg/L	< 20 %	2,52
Zinco Total	CQ2409-1/2020.0	0,359	0,321	mg/L	< 20 %	11,2

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Antimônio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	98,96
Arsênio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,36
Bário Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,76
Cádmio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,39
Cálcio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	106,31
Chumbo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,8
Cobalto Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,72
Cobre Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	99,68
Cromo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	102,68
Magnésio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	110

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Mercurio Total	CQ2408-1/2020.0	0,025	mg/L	75 a 125 %	102,08
Níquel Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,84
Sódio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	100,78
Zinco Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,64

Notas

Legendas

NA: Não se aplica.

ND: Não detectado.

LQ: Limite de Quantificação.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

US EPA: United States Environmental Protection Agency

Máx: Máximo Valor Permitido. **Min:** Mínimo Valor Permitido. **IL:** Impossível Leitura.

mg/L: Miligrama por Litro

Embalagens e Preservantes

215287 - Lixão - DF (LX12 - 01)			
Embalagem	Volume	Preservação	Métodos
Polietileno	80 mL	Refrigeração + H2SO4 1:1	DQO, Amônia (Kit).
Polietileno	300 mL	Refrigeração + HNO3 Concentrado	Metais Totais.
Polietileno	180 mL	Refrigeração	Cloreto Total (Kit), Nitrato (Kit), Nitrito (Kit), Sulfato Total.



Livia Pereira Alves

Responsável Técnico CRQ XII 12100816

AFT é 000446/2019

Chave de Validação: 330d322034cc431798b961ce2d98711e



Identificação do Cliente	
Cliente: Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos	CNPJ/CPF: 37.116.704/0001-34
Contato: Eloi Campos	Telefone: 61 3348-0457
Endereço: Av. L3 norte Campus Universitário Darcy Ribeiro - Edifício Finatec - Asa Norte - Distrito Federal - Brazil	

Informações da Amostra - Nº: 28789-1/2020.0 - Lixão - DF (LX13 - 01)	
Tipo de Amostra: Chorume	ID Amostra: 194266
Data Coleta: 10/07/2020 13:40	Data de Publicação: 23/07/2020 16:26
Data de Recebimento: 10/07/2020	
Tipo de Coleta: Simples	Local da Coleta: Lixão - DF
Condições Climáticas no Momento da Coleta: Sol	Condições Climáticas nas Últimas 48 horas: Sol
Temperatura Ambiente (°C): -	pH: 7,6
Temperatura da Amostra (°C): 23,3	Latitude: 821052
Longitude: 8254 156	Responsabilidade da Amostragem: Cliente

Informações de Campo	
Observações: Condutividade: 1692 µs/cm	

Resultados Analíticos

Constituintes inorgânicos não metálicos					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sulfato Total	< 2,0 mg/L	13/07/2020	2,0 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XXVII Rev. 16	9,00%
Cloreto Total	198,0 mg/L	13/07/2020	0,1 mg/L	POP-FQ-052 Anexo VI Rev. 16	14,00%
Nitrito	0,404 mg/L (como N)	10/07/2020	0,002 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XXI Rev. 18	14,00%
Amônia	47,000 mg/L (como NH3)	13/07/2020	0,015 mg/L (como NH3)	POP-FQ-052 Anexo I Rev.16	6,67%
Nitrato	20,20 mg/L (como N)	10/07/2020	0,20 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XX Rev. 18	7,70%

Constituintes orgânicos agregados					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
DQO	34,00 mg/L	13/07/2020	3,00 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XII Rev. 18	9,45%

Provedores Externos

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Antimônio Total	0,0029 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,85%
Arsênio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	23,24%
Bário Total	0,163 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,27%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Cádmio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	8,92%
Chumbo Total	0,038 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	15,00%
Cobalto Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,09%
Cobre Total	0,0012 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,59%
Cromo Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,82%
Mercúrio Total	< 0,00010 mg/L	22/07/2020	0,00010 mg/L	POP-FQ-081	14,19%
Níquel Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	14,16%
Zinco Total	0,056 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,27%
Cálcio Total	64,55 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	11,09%
Magnésio Total	28,98 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	6,33%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sódio Total	98,33 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	3,82%

Controle de Qualidade

Branco - Metais				
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Unidade	Limite de Quantificação
Antimônio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Arsênio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Bário Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cádmio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cálcio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Chumbo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobalto Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobre Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cromo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Magnésio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Mercúrio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,0001	mg/L	0,0001
Níquel Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Sódio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Zinco Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Varição (%)
Antimônio Total	CQ2409-1/2020.0	0,237	0,248	mg/L	< 20 %	4,68
Arsênio Total	CQ2409-1/2020.0	0,612	0,659	mg/L	< 20 %	7,35
Bário Total	CQ2409-1/2020.0	0,299	0,279	mg/L	< 20 %	6,85
Cádmio Total	CQ2409-1/2020.0	0,281	0,263	mg/L	< 20 %	6,60

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Varição (%)
Cálcio Total	CQ2409-1/2020.0	4,95	4,73	mg/L	< 20 %	4,42
Chumbo Total	CQ2409-1/2020.0	0,292	0,269	mg/L	< 20 %	8,27
Cobalto Total	CQ2409-1/2020.0	0,265	0,249	mg/L	< 20 %	6,32
Cobre Total	CQ2409-1/2020.0	0,267	0,253	mg/L	< 20 %	5,56
Cromo Total	CQ2409-1/2020.0	0,269	0,254	mg/L	< 20 %	6,06
Magnésio Total	CQ2409-1/2020.0	5,35	5,14	mg/L	< 20 %	3,96
Mercurio Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,291	mg/L	< 20 %	5,58
Níquel Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,258	mg/L	< 20 %	6,59
Sódio Total	CQ2409-1/2020.0	35,0	34,1	mg/L	< 20 %	2,52
Zinco Total	CQ2409-1/2020.0	0,359	0,321	mg/L	< 20 %	11,2

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Antimônio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	98,96
Arsênio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,36
Bário Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,76
Cádmio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,39
Cálcio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	106,31
Chumbo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,8
Cobalto Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,72
Cobre Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	99,68
Cromo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	102,68
Magnésio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	110
Mercurio Total	CQ2408-1/2020.0	0,025	mg/L	75 a 125 %	102,08

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Níquel Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,84
Sódio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	100,78
Zinco Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,64

Notas

Legendas

NA: Não se aplica.

ND: Não detectado.

LQ: Limite de Quantificação.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

US EPA: United States Environmental Protection Agency

Máx: Máximo Valor Permitido. **Min:** Mínimo Valor Permitido. **IL:** Impossível Leitura.

mg/L: Miligrama por Litro

Embalagens e Preservantes

194266 - Lixão - DF (LX13 - 01)			
Embalagem	Volume	Preservação	Métodos
Polietileno	80 mL	Refrigeração + H2SO4 1:1	DQO, Amônia (Kit).
Polietileno	300 mL	Refrigeração + HNO3 Concentrado	Metais Totais.
Polietileno	180 mL	Refrigeração	Cloreto Total (Kit), Nitrato (Kit), Nitrito (Kit), Sulfato Total.

Considerações Gerais

-O(s) resultado(s) se referem somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Relatório Analítico só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

A cadeia de custódia está à disposição para ser solicitada a qualquer momento pelo interessado.

Este Relatório Analítico está de acordo com a IN 02/2009 do IEMA.

Quando a coleta é realizada pelo cliente o plano de amostragem e todas as informações de campo, tais como, identificação da amostra, data e hora da coleta, tipo de coleta, condições climáticas nas últimas 48 horas e no momento da coleta, coordenadas geográficas, local da coleta além dos resultados de ensaios realizados em campo, são de responsabilidade do mesmo. Neste caso, os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.

Quando o Tommasi Ambiental é responsável pela coleta, o plano de amostragem é realizado no FO-ANL-074 baseado na NIT-DICLA-057. Para a retirada das amostras o Tommasi Ambiental utiliza o "POP-ANL-010 Procedimento de amostragem" e o "POP-ANL-011 Procedimento de Amostragem em Poços de Monitoramento" baseados no Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água, CETESB, 2011, no SMWW 23 ed., 2017 e na ABNT NBR 15847-Amostragem de Água Subterrânea em Poços de Monitoramento-Métodos de Purga, 07/2010.

Para as amostras ambientais, o Tommasi Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro, de acordo com cada matriz, segundo: Guia Nacional de Coletas e Preservação de Amostras, Cetesb 2011; ABNT NBR 10007 Amostragem de Resíduos Sólidos; Projeto CETESB - GTZ - Amostragem do solo (6300 e 6310 de 11/1999) e SMEWW 23 ed., 2017, quando todo o trâmite analítico (retirada de amostra, transporte e análise) é de responsabilidade do Tommasi Ambiental. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é imediatamente consultado sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico.

-A Regra de decisão adotada na Declaração de conformidade determina que são considerados "não-conformes" quando os resultados menos sua respectiva incerteza é superior ao VMP (Valor Máximo Permitido). São considerados "conformes" quando os resultados mais sua respectiva incerteza são iguais ou inferiores ao VMP. Se o VMP estiver contido no intervalo da incerteza do resultado, não é possível avaliar a conformidade do mesmo.



Livia Pereira Alves

Responsável Técnico CRQ XII 12100816

AFT é 000446/2019

Chave de Validação: e000754d781446939838c3a5778473ef

Identificação do Cliente	
Cliente: Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos	CNPJ/CPF: 37.116.704/0001-34
Contato: Eloi Campos	Telefone: 61 3348-0457
Endereço: Av. L3 norte Campus Universitário Darcy Ribeiro - Edifício Finatec - Asa Norte - Distrito Federal - Brazil	

Informações da Amostra - Nº: 32219-1/2020.0 - Água Subterrânea	
Tipo de Amostra: Água Subterrânea	ID Amostra: 194200
Data Coleta: 05/08/2020 13:45	Data de Publicação: 21/08/2020 13:46
Data de Recebimento: 05/08/2020	
Tipo de Coleta: Simples	Local da Coleta: Água Subterrânea
Condições Climáticas no Momento da Coleta: Sol	Condições Climáticas nas Últimas 48 horas: Sol
Temperatura Ambiente (°C): -	pH: 8,3
Temperatura da Amostra (°C): 23,7	Temperatura da Amostra no Recebimento (°C): 9,1
Latitude: 0821105	Longitude: 8253742
Responsabilidade da Amostragem: Cliente	

Informações de Campo	
Observações: Condutividade: 227 µs/cm	

Resultados Analíticos

Constituintes inorgânicos não metálicos					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sulfato Total	< 2,0 mg/L	06/08/2020	2,0 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XXVII	9,00%
Cloreto Total	63,5 mg/L	06/08/2020	0,1 mg/L	POP-FQ-052 Anexo VI Rev. 16	14,00%
Amônia	< 0,015 mg/L (como NH3)	06/08/2020	0,015 mg/L (como NH3)	POP-FQ-052 Anexo I Rev.16	6,67%
Nitrato	0,50 mg/L (como N)	06/08/2020	0,20 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XX Rev. 18	7,70%
Nitrito	0,250 mg/L (como N)	06/08/2020	0,002 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XXI Rev. 18	14,00%

Constituintes orgânicos agregados					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
DQO	3,00 mg/L	06/08/2020	3,00 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XII Rev. 18	9,45%

Provedores Externos

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Antimônio Total	< 0,00100 mg/L	19/08/2020	0,00100 mg/L	POP-FQ-081	4,85%
Arsênio Total	< 0,00100 mg/L	19/08/2020	0,00100 mg/L	POP-FQ-081	23,24%
Bário Total	0,186 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	7,27%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Cádmio Total	< 0,00100 mg/L	19/08/2020	0,00100 mg/L	POP-FQ-081	8,92%
Chumbo Total	0,289 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	15,00%
Cobalto Total	< 0,0100 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	9,09%
Cobre Total	0,0532 mg/L	19/08/2020	0,00100 mg/L	POP-FQ-081	4,59%
Cromo Total	0,116 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	7,82%
Mercúrio Total	< 0,000100 mg/L	19/08/2020	0,000100 mg/L	POP-FQ-081	14,19%
Níquel Total	< 0,0100 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	14,16%
Zinco Total	0,111 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	9,27%
Cálcio Total	34,4 mg/L	19/08/2020	0,100 mg/L	POP-FQ-081	11,09%
Magnésio Total	2,83 mg/L	19/08/2020	0,100 mg/L	POP-FQ-081	6,33%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sódio Total	8,62 mg/L	19/08/2020	0,100 mg/L	POP-FQ-081	3,82%

Controle de Qualidade

Branco - Metais				
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Unidade	Limite de Quantificação
Antimônio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Arsênio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Bário Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cádmio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cálcio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Chumbo Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobalto Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobre Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cromo Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Magnésio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Mercúrio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,0001	mg/L	0,0001
Níquel Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Sódio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Zinco Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Varição (%)
Antimônio Total	CQ2823-1/2020.0	0,242	0,232	mg/L	< 20 %	4,43
Arsênio Total	CQ2823-1/2020.0	0,233	0,216	mg/L	< 20 %	7,75
Bário Total	CQ2823-1/2020.0	0,269	0,251	mg/L	< 20 %	7,03
Cádmio Total	CQ2823-1/2020.0	0,241	0,230	mg/L	< 20 %	4,75
Cálcio Total	CQ2823-1/2020.0	2,59	2,64	mg/L	< 20 %	1,87
Chumbo Total	CQ2823-1/2020.0	0,242	0,257	mg/L	< 20 %	6,17
Cobalto Total	CQ2823-1/2020.0	0,266	0,272	mg/L	< 20 %	1,93
Cobre Total	CQ2823-1/2020.0	0,252	0,241	mg/L	< 20 %	4,46
Cromo Total	CQ2823-1/2020.0	0,262	0,251	mg/L	< 20 %	4,25
Magnésio Total	CQ2823-1/2020.0	2,88	2,77	mg/L	< 20 %	3,89
Mercurio Total	CQ2823-1/2020.0	0,0252	0,0247	mg/L	< 20 %	2,16
Níquel Total	CQ2823-1/2020.0	0,264	0,253	mg/L	< 20 %	4,30
Sódio Total	CQ2823-1/2020.0	2,59	2,63	mg/L	< 20 %	1,65
Zinco Total	CQ2823-1/2020.0	0,259	0,269	mg/L	< 20 %	3,60

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Antimônio Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	102,72
Arsênio Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,72
Bário Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	107,28
Cádmio Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,64
Cálcio Total	CQ2821-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	102,92
Chumbo Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,32
Cobalto Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,2
Cobre Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	105,72
Cromo Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	105,48
Magnésio Total	CQ2821-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	100,61
Mercurio Total	CQ2821-1/2020.0	0,025	mg/L	75 a 125 %	103,52

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Níquel Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,28
Sódio Total	CQ2821-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	108,88
Zinco Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,88

Notas

Legendas

NA: Não se aplica.

ND: Não detectado.

LQ: Limite de Quantificação.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

US EPA: United States Environmental Protection Agency

Máx: Máximo Valor Permitido. **Min:** Mínimo Valor Permitido. **IL:** Impossível Leitura.

mg/L: Miligrama por Litro

Embalagens e Preservantes

194200 - Água Subterrânea			
Embalagem	Volume	Preservação	Métodos
Polietileno	80 mL	Refrigeração + H2SO4 1:1	DQO, Amônia (Kit).
Polietileno	300 mL	Refrigeração + HNO3 Concentrado	Metais Totais.
Polietileno	180 mL	Refrigeração	Cloreto Total (Kit), Nitrato (Kit), Nitrito (Kit), Sulfato Total.



Livia Pereira Alves

Responsável Técnico CRQ XII 12100816

AFT é 000446/2019

Chave de Validação: bd13126e8ae54301b0e8c42e076a40ed

Identificação do Cliente	
Cliente: Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos	CNPJ/CPF: 37.116.704/0001-34
Contato: Eloi Campos	Telefone: 61 3348-0457
Endereço: Av. L3 norte Campus Universitário Darcy Ribeiro - Edifício Finatec - Asa Norte - Distrito Federal - Brazil	

Informações da Amostra - Nº: 32220-1/2020.0 - Água Subterrânea - (LX15 - 01)	
Tipo de Amostra: Água Subterrânea	ID Amostra: 194199
Data Coleta: 05/08/2020 14:05	Data de Publicação: 21/08/2020 13:46
Data de Recebimento: 05/08/2020	
Tipo de Coleta: Simples	Local da Coleta: Água Subterrânea
Condições Climáticas no Momento da Coleta: Sol	Condições Climáticas nas Últimas 48 horas: Sol
Temperatura Ambiente (°C): -	pH: 7,6
Temperatura da Amostra (°C): 23,3	Temperatura da Amostra no Recebimento (°C): 9,1
Latitude: 0821298	Longitude: 8252893
Responsabilidade da Amostragem: Cliente	

Informações de Campo	
Observações: Condutividade: 198.4 µs/cm	

Resultados Analíticos

Constituintes inorgânicos não metálicos					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sulfato Total	< 2,0 mg/L	06/08/2020	2,0 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XXVII	9,00%
Cloreto Total	12,5 mg/L	06/08/2020	0,1 mg/L	POP-FQ-052 Anexo VI Rev. 16	14,00%
Amônia	< 0,015 mg/L (como NH ₃)	06/08/2020	0,015 mg/L (como NH ₃)	POP-FQ-052 Anexo I Rev.16	6,67%
Nitrato	10,30 mg/L (como N)	06/08/2020	0,20 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XX Rev. 18	7,70%
Nitrito	0,017 mg/L (como N)	06/08/2020	0,002 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XXI Rev. 18	14,00%

Constituintes orgânicos agregados					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
DQO	11,00 mg/L	06/08/2020	3,00 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XII Rev. 18	9,45%

Provedores Externos

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Antimônio Total	< 0,00100 mg/L	19/08/2020	0,00100 mg/L	POP-FQ-081	4,85%
Arsênio Total	< 0,00100 mg/L	19/08/2020	0,00100 mg/L	POP-FQ-081	23,24%
Bário Total	0,0304 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	7,27%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Cádmio Total	< 0,00100 mg/L	19/08/2020	0,00100 mg/L	POP-FQ-081	8,92%
Chumbo Total	< 0,0100 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	15,00%
Cobalto Total	< 0,0100 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	9,09%
Cobre Total	< 0,00100 mg/L	19/08/2020	0,00100 mg/L	POP-FQ-081	4,59%
Cromo Total	< 0,0100 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	7,82%
Mercúrio Total	< 0,000100 mg/L	19/08/2020	0,000100 mg/L	POP-FQ-081	14,19%
Níquel Total	< 0,0100 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	14,16%
Zinco Total	0,0509 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	9,27%
Cálcio Total	17,4 mg/L	19/08/2020	0,100 mg/L	POP-FQ-081	11,09%
Magnésio Total	0,595 mg/L	19/08/2020	0,100 mg/L	POP-FQ-081	6,33%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sódio Total	11,7 mg/L	19/08/2020	0,100 mg/L	POP-FQ-081	3,82%

Controle de Qualidade

Branco - Metais				
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Unidade	Limite de Quantificação
Antimônio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Arsênio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Bário Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cádmio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cálcio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Chumbo Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobalto Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobre Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cromo Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Magnésio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Mercúrio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,0001	mg/L	0,0001
Níquel Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Sódio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Zinco Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Varição (%)
Antimônio Total	CQ2823-1/2020.0	0,242	0,232	mg/L	< 20 %	4,43
Arsênio Total	CQ2823-1/2020.0	0,233	0,216	mg/L	< 20 %	7,75
Bário Total	CQ2823-1/2020.0	0,269	0,251	mg/L	< 20 %	7,03
Cádmio Total	CQ2823-1/2020.0	0,241	0,230	mg/L	< 20 %	4,75

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Varição (%)
Cálcio Total	CQ2823-1/2020.0	2,59	2,64	mg/L	< 20 %	1,87
Chumbo Total	CQ2823-1/2020.0	0,242	0,257	mg/L	< 20 %	6,17
Cobalto Total	CQ2823-1/2020.0	0,266	0,272	mg/L	< 20 %	1,93
Cobre Total	CQ2823-1/2020.0	0,252	0,241	mg/L	< 20 %	4,46
Cromo Total	CQ2823-1/2020.0	0,262	0,251	mg/L	< 20 %	4,25
Magnésio Total	CQ2823-1/2020.0	2,88	2,77	mg/L	< 20 %	3,89
Mercurio Total	CQ2823-1/2020.0	0,0252	0,0247	mg/L	< 20 %	2,16
Níquel Total	CQ2823-1/2020.0	0,264	0,253	mg/L	< 20 %	4,30
Sódio Total	CQ2823-1/2020.0	2,59	2,63	mg/L	< 20 %	1,65
Zinco Total	CQ2823-1/2020.0	0,259	0,269	mg/L	< 20 %	3,60

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Antimônio Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	102,72
Arsênio Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,72
Bário Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	107,28
Cádmio Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,64
Cálcio Total	CQ2821-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	102,92
Chumbo Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,32
Cobalto Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,2
Cobre Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	105,72
Cromo Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	105,48
Magnésio Total	CQ2821-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	100,61
Mercurio Total	CQ2821-1/2020.0	0,025	mg/L	75 a 125 %	103,52

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Níquel Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,28
Sódio Total	CQ2821-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	108,88
Zinco Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,88

Notas

Legendas

NA: Não se aplica.

ND: Não detectado.

LQ: Limite de Quantificação.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

US EPA: United States Environmental Protection Agency

Máx: Máximo Valor Permitido. **Min:** Mínimo Valor Permitido. **IL:** Impossível Leitura.

mg/L: Miligrama por Litro

Embalagens e Preservantes

194199 - Água Subterrânea - (LX15 - 01)			
Embalagem	Volume	Preservação	Métodos
Polietileno	80 mL	Refrigeração + H2SO4 1:1	DQO, Amônia (Kit).
Polietileno	300 mL	Refrigeração + HNO3 Concentrado	Metais Totais.
Polietileno	180 mL	Refrigeração	Cloreto Total (Kit), Nitrato (Kit), Nitrito (Kit), Sulfato Total.

Considerações Gerais

-O(s) resultado(s) se referem somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Relatório Analítico só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

A cadeia de custódia está à disposição para ser solicitada a qualquer momento pelo interessado.

Este Relatório Analítico está de acordo com a IN 02/2009 do IEMA.

Quando a coleta é realizada pelo cliente o plano de amostragem e todas as informações de campo, tais como, identificação da amostra, data e hora da coleta, tipo de coleta, condições climáticas nas últimas 48 horas e no momento da coleta, coordenadas geográficas, local da coleta além dos resultados de ensaios realizados em campo, são de responsabilidade do mesmo. Neste caso, os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.

Quando o Tommasi Ambiental é responsável pela coleta, o plano de amostragem é realizado no FO-ANL-074 baseado na NIT-DICLA-057. Para a retirada das amostras o Tommasi Ambiental utiliza o "POP-ANL-010 Procedimento de amostragem" e o "POP-ANL-011 Procedimento de Amostragem em Poços de Monitoramento" baseados no Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água, CETESB, 2011, no SMWW 23 ed., 2017 e na ABNT NBR 15847-Amostragem de Água Subterrânea em Poços de Monitoramento-Métodos de Purga, 07/2010.

Para as amostras ambientais, o Tommasi Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro, de acordo com cada matriz, segundo: Guia Nacional de Coletas e Preservação de Amostras, Cetesb 2011; ABNT NBR 10007 Amostragem de Resíduos Sólidos; Projeto CETESB - GTZ - Amostragem do solo (6300 e 6310 de 11/1999) e SMEWW 23 ed., 2017, quando todo o trâmite analítico (retirada de amostra, transporte e análise) é de responsabilidade do Tommasi Ambiental. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é imediatamente consultado sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico.

-A Regra de decisão adotada na Declaração de conformidade determina que são considerados "não-conformes" quando os resultados menos sua respectiva incerteza é superior ao VMP (Valor Máximo Permitido). São considerados "conformes" quando os resultados mais sua respectiva incerteza são iguais ou inferiores ao VMP. Se o VMP estiver contido no intervalo da incerteza do resultado, não é possível avaliar a conformidade do mesmo.



Lívia Pereira Alves

Responsável Técnico CRQ XII 12100816

AFT é 000446/2019

Chave de Validação: 0e8d2036c5f0448da01a75f2dfb8ceed

Identificação do Cliente	
Cliente: Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos	CNPJ/CPF: 37.116.704/0001-34
Contato: Eloi Campos	Telefone: 61 3348-0457
Endereço: Av. L3 norte Campus Universitário Darcy Ribeiro - Edifício Finatec - Asa Norte - Distrito Federal - Brazil	

Informações da Amostra - Nº: 28737-1/2020.0 - Estrutural - DF (LX19 - 01)	
Tipo de Amostra: Água Subterrânea	ID Amostra: 194204
Data Coleta: 10/07/2020 08:40	Data de Publicação: 23/07/2020 16:26
Data de Recebimento: 10/07/2020	
Tipo de Coleta: Simples	Local da Coleta: Estrutural - DF
Condições Climáticas no Momento da Coleta: Sol	Condições Climáticas nas Últimas 48 horas: Sol
Temperatura Ambiente (°C): -	pH: 9,2
Temperatura da Amostra (°C): 22,3	Temperatura da Amostra no Recebimento (°C): 8
Latitude: 180073	Longitude: 8253164
Responsabilidade da Amostragem: Cliente	

Informações de Campo	
Observações: Condutividade: 258 µs/cm	

Resultados Analíticos

Constituintes inorgânicos não metálicos					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sulfato Total	8,0 mg/L	13/07/2020	2,0 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XXVII Rev. 16	9,00%
Cloreto Total	11,6 mg/L	13/07/2020	0,1 mg/L	POP-FQ-052 Anexo VI Rev. 16	14,00%
Amônia	2,000 mg/L (como NH ₃)	13/07/2020	0,015 mg/L (como NH ₃)	POP-FQ-052 Anexo I Rev.16	6,67%
Nitrato	1,70 mg/L (como N)	10/07/2020	0,20 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XX Rev. 18	7,70%
Nitrito	0,051 mg/L (como N)	10/07/2020	0,002 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XXI Rev. 18	14,00%

Constituintes orgânicos agregados					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
DQO	8,00 mg/L	13/07/2020	3,00 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XII Rev. 18	9,45%

Provedores Externos

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Antimônio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,85%
Arsênio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	23,24%
Bário Total	0,014 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,27%
Cádmio Total	< 0,0010 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	8,92%
Chumbo Total	0,133 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	15,00%
Cobalto Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,09%
Cobre Total	0,0014 mg/L	22/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,59%
Cromo Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,82%
Mercúrio Total	< 0,00010 mg/L	22/07/2020	0,00010 mg/L	POP-FQ-081	14,19%
Níquel Total	< 0,010 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	14,16%
Zinco Total	0,082 mg/L	22/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,27%
Cálcio Total	10,06 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	11,09%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Magnésio Total	2,40 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	6,33%
Sódio Total	37,38 mg/L	22/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	3,82%

Controle de Qualidade

Branco - Metais				
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Unidade	Limite de Quantificação
Antimônio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Arsênio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Bário Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cádmio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cálcio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Chumbo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobalto Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobre Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cromo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Magnésio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Mercúrio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,0001	mg/L	0,0001
Níquel Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Sódio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Zinco Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Varição (%)
Antimônio Total	CQ2409-1/2020.0	0,237	0,248	mg/L	< 20 %	4,68
Arsênio Total	CQ2409-1/2020.0	0,612	0,659	mg/L	< 20 %	7,35
Bário Total	CQ2409-1/2020.0	0,299	0,279	mg/L	< 20 %	6,85
Cádmio Total	CQ2409-1/2020.0	0,281	0,263	mg/L	< 20 %	6,60
Cálcio Total	CQ2409-1/2020.0	4,95	4,73	mg/L	< 20 %	4,42
Chumbo Total	CQ2409-1/2020.0	0,292	0,269	mg/L	< 20 %	8,27
Cobalto Total	CQ2409-1/2020.0	0,265	0,249	mg/L	< 20 %	6,32
Cobre Total	CQ2409-1/2020.0	0,267	0,253	mg/L	< 20 %	5,56
Cromo Total	CQ2409-1/2020.0	0,269	0,254	mg/L	< 20 %	6,06
Magnésio Total	CQ2409-1/2020.0	5,35	5,14	mg/L	< 20 %	3,96
Mercurio Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,291	mg/L	< 20 %	5,58
Níquel Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,258	mg/L	< 20 %	6,59
Sódio Total	CQ2409-1/2020.0	35,0	34,1	mg/L	< 20 %	2,52
Zinco Total	CQ2409-1/2020.0	0,359	0,321	mg/L	< 20 %	11,2

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Antimônio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	98,96
Arsênio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,36
Bário Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,76
Cádmio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,39
Cálcio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	106,31
Chumbo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,8
Cobalto Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,72
Cobre Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	99,68
Cromo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	102,68
Magnésio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	110

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Mercurio Total	CQ2408-1/2020.0	0,025	mg/L	75 a 125 %	102,08
Níquel Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,84
Sódio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	100,78
Zinco Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,64

Notas

Legendas

NA: Não se aplica.

ND: Não detectado.

LQ: Limite de Quantificação.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

US EPA: United States Environmental Protection Agency

Máx: Máximo Valor Permitido. **Min:** Mínimo Valor Permitido. **IL:** Impossível Leitura.

mg/L: Miligrama por Litro

Embalagens e Preservantes

194204 - Estrutural - DF (LX19 - 01)			
Embalagem	Volume	Preservação	Métodos
Polietileno	80 mL	Refrigeração + H2SO4 1:1	DQO, Amônia (Kit).
Polietileno	300 mL	Refrigeração + HNO3 Concentrado	Metais Totais.
Polietileno	180 mL	Refrigeração	Cloreto Total (Kit), Nitrato (Kit), Nitrito (Kit), Sulfato Total.

Considerações Gerais

-O(s) resultado(s) se referem somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Relatório Analítico só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

A cadeia de custódia está à disposição para ser solicitada a qualquer momento pelo interessado.

Este Relatório Analítico está de acordo com a IN 02/2009 do IEMA.

Quando a coleta é realizada pelo cliente o plano de amostragem e todas as informações de campo, tais como, identificação da amostra, data e hora da coleta, tipo de coleta, condições climáticas nas últimas 48 horas e no momento da coleta, coordenadas geográficas, local da coleta além dos resultados de ensaios realizados em campo, são de responsabilidade do mesmo. Neste caso, os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.

Quando o Tommasi Ambiental é responsável pela coleta, o plano de amostragem é realizado no FO-ANL-074 baseado na NIT-DICLA-057. Para a retirada das amostras o Tommasi Ambiental utiliza o "POP-ANL-010 Procedimento de amostragem" e o "POP-ANL-011 Procedimento de Amostragem em Poços de Monitoramento" baseados no Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água, CETESB, 2011, no SMWW 23 ed., 2017 e na ABNT NBR 15847-Amostragem de Água Subterrânea em Poços de Monitoramento-Métodos de Purga, 07/2010.

Para as amostras ambientais, o Tommasi Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro, de acordo com cada matriz, segundo: Guia Nacional de Coletas e Preservação de Amostras, Cetesb 2011; ABNT NBR 10007 Amostragem de Resíduos Sólidos; Projeto CETESB - GTZ - Amostragem do solo (6300 e 6310 de 11/1999) e SMEWW 23 ed., 2017, quando todo o trâmite analítico (retirada de amostra, transporte e análise) é de responsabilidade do Tommasi Ambiental. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é imediatamente consultado sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico.

-A Regra de decisão adotada na Declaração de conformidade determina que são considerados "não-conformes" quando os resultados menos sua respectiva incerteza é superior ao VMP (Valor Máximo Permitido). São considerados "conformes" quando os resultados mais sua respectiva incerteza são iguais ou inferiores ao VMP. Se o VMP estiver contido no intervalo da incerteza do resultado, não é possível avaliar a conformidade do mesmo.



Livia Pereira Alves

Responsável Técnico CRQ XII 12100816

AFT é 000446/2019

Chave de Validação: 5726d144a67f4f1b8499aa013421b69b

Identificação do Cliente	
Cliente: Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos	CNPJ/CPF: 37.116.704/0001-34
Contato: Eloi Campos	Telefone: 61 3348-0457
Endereço: Av. L3 norte Campus Universitário Darcy Ribeiro - Edifício Finatec - Asa Norte - Distrito Federal - Brazil	

Informações da Amostra - Nº: 26656-1/2020.0 - Poço - (LX 20 - 01)	
Tipo de Amostra: Água Subterrânea	ID Amostra: 194198
Data Coleta: 29/06/2020 11:40	Data de Publicação: 15/07/2020 16:25
Data de Recebimento: 29/06/2020	
Tipo de Coleta: Simples	Local da Coleta: Poço
Condições Climáticas no Momento da Coleta: Sol	Condições Climáticas nas Últimas 48 horas: Sol
Temperatura Ambiente (°C): -	pH: 5,56
Temperatura da Amostra (°C): 23,4	Temperatura da Amostra no Recebimento (°C): 17
Latitude: 180,201	Longitude: 8254,031
Responsabilidade da Amostragem: Cliente	

Informações de Campo	
Observações: Condutividade: 44,3 µs/cm	

Resultados Analíticos

Constituintes inorgânicos não metálicos					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sulfato Total	< 2,0 mg/L	29/06/2020	2,0 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XXVII Rev. 16	9,00%
Cloreto Total	5,6 mg/L	29/06/2020	0,1 mg/L	POP-FQ-052 Anexo VI Rev. 16	14,00%
Amônia	2,900 mg/L (como NH ₃)	29/06/2020	0,015 mg/L (como NH ₃)	POP-FQ-052 Anexo I Rev.16	6,67%
Nitrato	0,70 mg/L (como N)	29/06/2020	0,20 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XX Rev. 18	7,70%
Nitrito	< 0,002 mg/L (como N)	29/06/2020	0,002 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XXI Rev. 18	14,00%

Constituintes orgânicos agregados					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
DQO	< 3,00 mg/L	29/06/2020	3,00 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XII Rev. 18	9,45%

Provedores Externos

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Antimônio Total	< 0,0010 mg/L	13/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,85%
Arsênio Total	< 0,0010 mg/L	13/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	23,24%
Bário Total	< 0,010 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,27%
Cádmio Total	< 0,0010 mg/L	13/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	8,92%
Chumbo Total	< 0,010 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	15,00%
Cobalto Total	< 0,010 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,09%
Cobre Total	0,0069 mg/L	13/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,59%
Cromo Total	< 0,010 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,82%
Mercúrio Total	< 0,00010 mg/L	13/07/2020	0,00010 mg/L	POP-FQ-081	14,19%
Níquel Total	< 0,010 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	14,16%
Zinco Total	0,050 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,27%
Cálcio Total	0,37 mg/L	13/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	11,09%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Magnésio Total	0,19 mg/L	13/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	6,33%
Sódio Total	9,07 mg/L	13/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	3,82%

Controle de Qualidade

Branco - Metais				
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Unidade	Limite de Quantificação
Antimônio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Arsênio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Bário Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cádmio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cálcio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Chumbo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobalto Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobre Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cromo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Magnésio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Mercúrio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,0001	mg/L	0,0001
Níquel Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Sódio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Zinco Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Varição (%)
Antimônio Total	CQ2409-1/2020.0	0,237	0,248	mg/L	< 20 %	4,68
Arsênio Total	CQ2409-1/2020.0	0,612	0,659	mg/L	< 20 %	7,35
Bário Total	CQ2409-1/2020.0	0,299	0,279	mg/L	< 20 %	6,85
Cádmio Total	CQ2409-1/2020.0	0,281	0,263	mg/L	< 20 %	6,60
Cálcio Total	CQ2409-1/2020.0	4,95	4,73	mg/L	< 20 %	4,42
Chumbo Total	CQ2409-1/2020.0	0,292	0,269	mg/L	< 20 %	8,27
Cobalto Total	CQ2409-1/2020.0	0,265	0,249	mg/L	< 20 %	6,32
Cobre Total	CQ2409-1/2020.0	0,267	0,253	mg/L	< 20 %	5,56
Cromo Total	CQ2409-1/2020.0	0,269	0,254	mg/L	< 20 %	6,06
Magnésio Total	CQ2409-1/2020.0	5,35	5,14	mg/L	< 20 %	3,96
Mercurio Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,291	mg/L	< 20 %	5,58
Níquel Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,258	mg/L	< 20 %	6,59
Sódio Total	CQ2409-1/2020.0	35,0	34,1	mg/L	< 20 %	2,52
Zinco Total	CQ2409-1/2020.0	0,359	0,321	mg/L	< 20 %	11,2

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Antimônio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	98,96
Arsênio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,36
Bário Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,76
Cádmio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,39
Cálcio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	106,31
Chumbo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,8
Cobalto Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,72
Cobre Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	99,68
Cromo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	102,68
Magnésio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	110

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Mercurio Total	CQ2408-1/2020.0	0,025	mg/L	75 a 125 %	102,08
Níquel Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,84
Sódio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	100,78
Zinco Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,64

Notas

Legendas

NA: Não se aplica.

ND: Não detectado.

LQ: Limite de Quantificação.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

US EPA: United States Environmental Protection Agency

Máx: Máximo Valor Permitido. **Min:** Mínimo Valor Permitido. **IL:** Impossível Leitura.

mg/L: Miligrama por Litro

Embalagens e Preservantes

194198 - Poço - (LX 20 - 01)			
Embalagem	Volume	Preservação	Métodos
Polietileno	80 mL	Refrigeração + H2SO4 1:1	DQO, Amônia (Kit).
Polietileno	300 mL	Refrigeração + HNO3 Concentrado	Metais Totais.
Polietileno	180 mL	Refrigeração	Cloreto Total (Kit), Nitrato (Kit), Nitrito (Kit), Sulfato Total.

Considerações Gerais

-O(s) resultado(s) se referem somente à(s) amostra(s) analisada(s).

Este Relatório Analítico só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

A cadeia de custódia está à disposição para ser solicitada a qualquer momento pelo interessado.

Este Relatório Analítico está de acordo com a IN 02/2009 do IEMA.

Quando a coleta é realizada pelo cliente o plano de amostragem e todas as informações de campo, tais como, identificação da amostra, data e hora da coleta, tipo de coleta, condições climáticas nas últimas 48 horas e no momento da coleta, coordenadas geográficas, local da coleta além dos resultados de ensaios realizados em campo, são de responsabilidade do mesmo. Neste caso, os resultados se aplicam à amostra conforme recebida.

Quando o Tommasi Ambiental é responsável pela coleta, o plano de amostragem é realizado no FO-ANL-074 baseado na NIT-DICLA-057. Para a retirada das amostras o Tommasi Ambiental utiliza o "POP-ANL-010 Procedimento de amostragem" e o "POP-ANL-011 Procedimento de Amostragem em Poços de Monitoramento" baseados no Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água, CETESB, 2011, no SMWW 23 ed., 2017 e na ABNT NBR 15847-Amostragem de Água Subterrânea em Poços de Monitoramento-Métodos de Purga, 07/2010.

Para as amostras ambientais, o Tommasi Ambiental garante que todas as análises foram executadas dentro do prazo de validade de cada parâmetro, de acordo com cada matriz, segundo: Guia Nacional de Coletas e Preservação de Amostras, Cetesb 2011; ABNT NBR 10007 Amostragem de Resíduos Sólidos; Projeto CETESB - GTZ - Amostragem do solo (6300 e 6310 de 11/1999) e SMEWW 23 ed., 2017, quando todo o trâmite analítico (retirada de amostra, transporte e análise) é de responsabilidade do Tommasi Ambiental. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, caso haja algum desvio, o cliente é imediatamente consultado sobre a disposição das amostras e a continuidade do processo analítico.

-A Regra de decisão adotada na Declaração de conformidade determina que são considerados "não-conformes" quando os resultados menos sua respectiva incerteza é superior ao VMP (Valor Máximo Permitido). São considerados "conformes" quando os resultados mais sua respectiva incerteza são iguais ou inferiores ao VMP. Se o VMP estiver contido no intervalo da incerteza do resultado, não é possível avaliar a conformidade do mesmo.



Livia Pereira Alves

Responsável Técnico CRQ XII 12100816

AFT é 000446/2019

Chave de Validação: 2cd5892ab17e4e21a5b1ef198d4d25c9

Identificação do Cliente	
Cliente: Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos	CNPJ/CPF: 37.116.704/0001-34
Contato: Eloi Campos	Telefone: 61 3348-0457
Endereço: Av. L3 norte Campus Universitário Darcy Ribeiro - Edifício Finatec - Asa Norte - Distrito Federal - Brazil	

Informações da Amostra - Nº: 26655-1/2020.0 - Nascente - (RB 1 - 01)	
Tipo de Amostra: Água Subterrânea	ID Amostra: 194203
Data Coleta: 29/06/2020 08:20	Data de Publicação: 15/07/2020 17:49
Data de Recebimento: 29/06/2020	
Tipo de Coleta: Simples	Local da Coleta: Nascente
Condições Climáticas no Momento da Coleta: Sol	Condições Climáticas nas Últimas 48 horas: Sol
Temperatura Ambiente (°C): -	pH: 5,05
Temperatura da Amostra (°C): 20,0	Temperatura da Amostra no Recebimento (°C): 17
Latitude: 802,614	Longitude: 8256,625
Responsabilidade da Amostragem: Cliente	

Informações de Campo	
Observações: Condutividade: 6.09 µs/cm	

Resultados Analíticos

Constituintes inorgânicos não metálicos					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sulfato Total	< 2,0 mg/L	29/06/2020	2,0 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XXVII Rev. 16	9,00%
Cloreto Total	0,2 mg/L	29/06/2020	0,1 mg/L	POP-FQ-052 Anexo VI Rev. 16	14,00%
Amônia	2,800 mg/L (como NH3)	29/06/2020	0,015 mg/L (como NH3)	POP-FQ-052 Anexo I Rev.16	6,67%
Nitrato	< 0,20 mg/L (como N)	29/06/2020	0,20 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XX Rev. 18	7,70%
Nitrito	< 0,002 mg/L (como N)	29/06/2020	0,002 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XXI Rev. 18	14,00%

Constituintes orgânicos agregados					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
DQO	< 3,00 mg/L	29/06/2020	3,00 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XII Rev. 18	9,45%

Provedores Externos

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Antimônio Total	< 0,0010 mg/L	13/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,85%
Arsênio Total	< 0,0010 mg/L	13/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	23,24%
Bário Total	< 0,010 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,27%
Cádmio Total	< 0,0010 mg/L	13/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	8,92%
Chumbo Total	< 0,010 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	15,00%
Cobalto Total	< 0,010 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,09%
Cobre Total	0,0026 mg/L	13/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,59%
Cromo Total	< 0,010 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,82%
Mercúrio Total	< 0,00010 mg/L	13/07/2020	0,00010 mg/L	POP-FQ-081	14,19%
Níquel Total	< 0,010 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	14,16%
Zinco Total	0,046 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,27%
Cálcio Total	0,47 mg/L	13/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	11,09%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Magnésio Total	0,11 mg/L	13/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	6,33%
Sódio Total	0,45 mg/L	13/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	3,82%

Controle de Qualidade

Branco - Metais				
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Unidade	Limite de Quantificação
Antimônio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Arsênio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Bário Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cádmio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cálcio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Chumbo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobalto Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobre Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cromo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Magnésio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Mercúrio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,0001	mg/L	0,0001
Níquel Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Sódio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Zinco Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Varição (%)
Antimônio Total	CQ2409-1/2020.0	0,237	0,248	mg/L	< 20 %	4,68
Arsênio Total	CQ2409-1/2020.0	0,612	0,659	mg/L	< 20 %	7,35
Bário Total	CQ2409-1/2020.0	0,299	0,279	mg/L	< 20 %	6,85
Cádmio Total	CQ2409-1/2020.0	0,281	0,263	mg/L	< 20 %	6,60
Cálcio Total	CQ2409-1/2020.0	4,95	4,73	mg/L	< 20 %	4,42
Chumbo Total	CQ2409-1/2020.0	0,292	0,269	mg/L	< 20 %	8,27
Cobalto Total	CQ2409-1/2020.0	0,265	0,249	mg/L	< 20 %	6,32
Cobre Total	CQ2409-1/2020.0	0,267	0,253	mg/L	< 20 %	5,56
Cromo Total	CQ2409-1/2020.0	0,269	0,254	mg/L	< 20 %	6,06
Magnésio Total	CQ2409-1/2020.0	5,35	5,14	mg/L	< 20 %	3,96
Mercurio Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,291	mg/L	< 20 %	5,58
Níquel Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,258	mg/L	< 20 %	6,59
Sódio Total	CQ2409-1/2020.0	35,0	34,1	mg/L	< 20 %	2,52
Zinco Total	CQ2409-1/2020.0	0,359	0,321	mg/L	< 20 %	11,2

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Antimônio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	98,96
Arsênio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,36
Bário Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,76
Cádmio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,39
Cálcio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	106,31
Chumbo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,8
Cobalto Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,72
Cobre Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	99,68
Cromo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	102,68
Magnésio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	110

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Mercurio Total	CQ2408-1/2020.0	0,025	mg/L	75 a 125 %	102,08
Níquel Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,84
Sódio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	100,78
Zinco Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,64

Notas

Legendas

NA: Não se aplica.

ND: Não detectado.

LQ: Limite de Quantificação.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

US EPA: United States Environmental Protection Agency

Máx: Máximo Valor Permitido. **Min:** Mínimo Valor Permitido. **IL:** Impossível Leitura.

mg/L: Miligrama por Litro

Embalagens e Preservantes

194203 - Nascente - (RB 1 - 01)			
Embalagem	Volume	Preservação	Métodos
Polietileno	80 mL	Refrigeração + H ₂ SO ₄ 1:1	DQO, Amônia (Kit).
Polietileno	300 mL	Refrigeração + HNO ₃ Concentrado	Metais Totais.
Polietileno	180 mL	Refrigeração	Cloreto Total (Kit), Nitrato (Kit), Nitrito (Kit), Sulfato Total.



Livia Pereira Alves

Responsável Técnico CRQ XII 12100816

AFT é 000446/2019

Chave de Validação: a7a4186d51c94fe6ad77deaf896872ba

Identificação do Cliente	
Cliente: Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos	CNPJ/CPF: 37.116.704/0001-34
Contato: Eloi Campos	Telefone: 61 3348-0457
Endereço: Av. L3 norte Campus Universitário Darcy Ribeiro - Edifício Finatec - Asa Norte - Distrito Federal - Brazil	

Informações da Amostra - Nº: 26654-1/2020.0 - Nascente - (CA 1 - 01)	
Tipo de Amostra: Água Subterrânea	ID Amostra: 194206
Data Coleta: 29/06/2020 09:10	Data de Publicação: 15/07/2020 16:25
Data de Recebimento: 29/06/2020	
Tipo de Coleta: Simples	Local da Coleta: Nascente
Condições Climáticas no Momento da Coleta: Sol	Condições Climáticas nas Últimas 48 horas: Sol
Temperatura Ambiente (°C): -	pH: 4,85
Temperatura da Amostra (°C): 22,5	Temperatura da Amostra no Recebimento (°C): 17
Latitude: 8256,625	Longitude: 8254,183
Responsabilidade da Amostragem: Cliente	

Informações de Campo	
Observações: Condutividade: 22.5 µs/cm	

Resultados Analíticos

Constituintes inorgânicos não metálicos					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sulfato Total	< 2,0 mg/L	29/06/2020	2,0 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XXVII Rev. 16	9,00%
Cloreto Total	0,1 mg/L	29/06/2020	0,1 mg/L	POP-FQ-052 Anexo VI Rev. 16	14,00%
Amônia	3,100 mg/L (como NH ₃)	29/06/2020	0,015 mg/L (como NH ₃)	POP-FQ-052 Anexo I Rev.16	6,67%
Nitrato	< 0,20 mg/L (como N)	29/06/2020	0,20 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XX Rev. 18	7,70%
Nitrito	< 0,002 mg/L (como N)	29/06/2020	0,002 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XXI Rev. 18	14,00%

Constituintes orgânicos agregados					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
DQO	< 3,00 mg/L	29/06/2020	3,00 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XIII Rev. 18	9,45%

Provedores Externos

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Antimônio Total	< 0,0010 mg/L	13/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,85%
Arsênio Total	< 0,0010 mg/L	13/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	23,24%
Bário Total	< 0,010 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,27%
Cádmio Total	< 0,0010 mg/L	13/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	8,92%
Chumbo Total	< 0,010 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	15,00%
Cobalto Total	< 0,010 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,09%
Cobre Total	0,0010 mg/L	13/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,59%
Cromo Total	< 0,010 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,82%
Mercúrio Total	< 0,00010 mg/L	13/07/2020	0,00010 mg/L	POP-FQ-081	14,19%
Níquel Total	< 0,010 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	14,16%
Zinco Total	0,031 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,27%
Cálcio Total	0,28 mg/L	13/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	11,09%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Magnésio Total	0,18 mg/L	13/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	6,33%
Sódio Total	3,10 mg/L	13/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	3,82%

Controle de Qualidade

Branco - Metais				
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Unidade	Limite de Quantificação
Antimônio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Arsênio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Bário Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cádmio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cálcio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Chumbo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobalto Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobre Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cromo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Magnésio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Mercúrio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,0001	mg/L	0,0001
Níquel Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Sódio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Zinco Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Varição (%)
Antimônio Total	CQ2409-1/2020.0	0,237	0,248	mg/L	< 20 %	4,68
Arsênio Total	CQ2409-1/2020.0	0,612	0,659	mg/L	< 20 %	7,35
Bário Total	CQ2409-1/2020.0	0,299	0,279	mg/L	< 20 %	6,85
Cádmio Total	CQ2409-1/2020.0	0,281	0,263	mg/L	< 20 %	6,60
Cálcio Total	CQ2409-1/2020.0	4,95	4,73	mg/L	< 20 %	4,42
Chumbo Total	CQ2409-1/2020.0	0,292	0,269	mg/L	< 20 %	8,27
Cobalto Total	CQ2409-1/2020.0	0,265	0,249	mg/L	< 20 %	6,32
Cobre Total	CQ2409-1/2020.0	0,267	0,253	mg/L	< 20 %	5,56
Cromo Total	CQ2409-1/2020.0	0,269	0,254	mg/L	< 20 %	6,06
Magnésio Total	CQ2409-1/2020.0	5,35	5,14	mg/L	< 20 %	3,96
Mercurio Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,291	mg/L	< 20 %	5,58
Níquel Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,258	mg/L	< 20 %	6,59
Sódio Total	CQ2409-1/2020.0	35,0	34,1	mg/L	< 20 %	2,52
Zinco Total	CQ2409-1/2020.0	0,359	0,321	mg/L	< 20 %	11,2

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Antimônio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	98,96
Arsênio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,36
Bário Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,76
Cádmio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,39
Cálcio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	106,31
Chumbo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,8
Cobalto Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,72
Cobre Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	99,68
Cromo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	102,68
Magnésio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	110

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Mercurio Total	CQ2408-1/2020.0	0,025	mg/L	75 a 125 %	102,08
Níquel Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,84
Sódio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	100,78
Zinco Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,64

Notas

Legendas

NA: Não se aplica.

ND: Não detectado.

LQ: Limite de Quantificação.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

US EPA: United States Environmental Protection Agency

Máx: Máximo Valor Permitido. **Min:** Mínimo Valor Permitido. **IL:** Impossível Leitura.

mg/L: Miligrama por Litro

Embalagens e Preservantes

194206 - Nascente - (CA 1 - 01)			
Embalagem	Volume	Preservação	Métodos
Polietileno	80 mL	Refrigeração + H ₂ SO ₄ 1:1	DQO, Amônia (Kit).
Polietileno	300 mL	Refrigeração + HNO ₃ Concentrado	Metais Totais.
Polietileno	180 mL	Refrigeração	Cloreto Total (Kit), Nitrato (Kit), Nitrito (Kit), Sulfato Total.



Livia Pereira Alves

Responsável Técnico CRQ XII 12100816

AFT é 000446/2019

Chave de Validação: fe59a9aa7ef04055b4d0b8ffa02f710b

Identificação do Cliente	
Cliente: Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos	CNPJ/CPF: 37.116.704/0001-34
Contato: Eloi Campos	Telefone: 61 3348-0457
Endereço: Av. L3 norte Campus Universitário Darcy Ribeiro - Edifício Finatec - Asa Norte - Distrito Federal - Brazil	

Informações da Amostra - Nº: 26657-1/2020.0 - Córrego - (CV 2 - 01)	
Tipo de Amostra: Água Subterrânea	ID Amostra: 194197
Data Coleta: 29/06/2020 14:10	Data de Publicação: 15/07/2020 16:25
Data de Recebimento: 29/06/2020	
Tipo de Coleta: Simples	Local da Coleta: Córrego
Condições Climáticas no Momento da Coleta: Sol	Condições Climáticas nas Últimas 48 horas: Sol
Temperatura Ambiente (°C): -	pH: 7,37
Temperatura da Amostra (°C): 20,1	Temperatura da Amostra no Recebimento (°C): 17
Latitude: 821,109	Longitude: 8252,485
Responsabilidade da Amostragem: Cliente	

Informações de Campo	
Observações: Condutividade: 64,5 µs/cm	

Resultados Analíticos

Constituintes inorgânicos não metálicos					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sulfato Total	< 2,0 mg/L	29/06/2020	2,0 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XXVII Rev. 16	9,00%
Cloreto Total	8,5 mg/L	29/06/2020	0,1 mg/L	POP-FQ-052 Anexo VI Rev. 16	14,00%
Amônia	2,700 mg/L (como NH3)	29/06/2020	0,015 mg/L (como NH3)	POP-FQ-052 Anexo I Rev.16	6,67%
Nitrato	0,70 mg/L (como N)	29/06/2020	0,20 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XX Rev. 18	7,70%
Nitrito	0,003 mg/L (como N)	29/06/2020	0,002 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XXI Rev. 18	14,00%

Constituintes orgânicos agregados					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
DQO	< 3,00 mg/L	29/06/2020	3,00 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XII Rev. 18	9,45%

Provedores Externos

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Antimônio Total	< 0,0010 mg/L	13/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,85%
Arsênio Total	< 0,0010 mg/L	13/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	23,24%
Bário Total	< 0,010 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,27%
Cádmio Total	< 0,0010 mg/L	13/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	8,92%
Chumbo Total	< 0,010 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	15,00%
Cobalto Total	< 0,010 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,09%
Cobre Total	0,0016 mg/L	13/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,59%
Cromo Total	< 0,010 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,82%
Mercúrio Total	< 0,00010 mg/L	13/07/2020	0,00010 mg/L	POP-FQ-081	14,19%
Níquel Total	< 0,010 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	14,16%
Zinco Total	0,038 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,27%
Cálcio Total	3,22 mg/L	13/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	11,09%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Magnésio Total	0,41 mg/L	13/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	6,33%
Sódio Total	5,50 mg/L	13/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	3,82%

Controle de Qualidade

Branco - Metais				
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Unidade	Limite de Quantificação
Antimônio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Arsênio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Bário Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cádmio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cálcio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Chumbo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobalto Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobre Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cromo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Magnésio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Mercúrio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,0001	mg/L	0,0001
Níquel Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Sódio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Zinco Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Varição (%)
Antimônio Total	CQ2409-1/2020.0	0,237	0,248	mg/L	< 20 %	4,68
Arsênio Total	CQ2409-1/2020.0	0,612	0,659	mg/L	< 20 %	7,35
Bário Total	CQ2409-1/2020.0	0,299	0,279	mg/L	< 20 %	6,85
Cádmio Total	CQ2409-1/2020.0	0,281	0,263	mg/L	< 20 %	6,60
Cálcio Total	CQ2409-1/2020.0	4,95	4,73	mg/L	< 20 %	4,42
Chumbo Total	CQ2409-1/2020.0	0,292	0,269	mg/L	< 20 %	8,27
Cobalto Total	CQ2409-1/2020.0	0,265	0,249	mg/L	< 20 %	6,32
Cobre Total	CQ2409-1/2020.0	0,267	0,253	mg/L	< 20 %	5,56
Cromo Total	CQ2409-1/2020.0	0,269	0,254	mg/L	< 20 %	6,06
Magnésio Total	CQ2409-1/2020.0	5,35	5,14	mg/L	< 20 %	3,96
Mercurio Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,291	mg/L	< 20 %	5,58
Níquel Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,258	mg/L	< 20 %	6,59
Sódio Total	CQ2409-1/2020.0	35,0	34,1	mg/L	< 20 %	2,52
Zinco Total	CQ2409-1/2020.0	0,359	0,321	mg/L	< 20 %	11,2

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Antimônio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	98,96
Arsênio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,36
Bário Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,76
Cádmio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,39
Cálcio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	106,31
Chumbo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,8
Cobalto Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,72
Cobre Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	99,68
Cromo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	102,68
Magnésio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	110

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Mercurio Total	CQ2408-1/2020.0	0,025	mg/L	75 a 125 %	102,08
Níquel Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,84
Sódio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	100,78
Zinco Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,64

Notas

Legendas

NA: Não se aplica.

ND: Não detectado.

LQ: Limite de Quantificação.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

US EPA: United States Environmental Protection Agency

Máx: Máximo Valor Permitido. **Min:** Mínimo Valor Permitido. **IL:** Impossível Leitura.

mg/L: Miligrama por Litro

Embalagens e Preservantes

194197 - Córrego - (CV 2 - 01)			
Embalagem	Volume	Preservação	Métodos
Polietileno	80 mL	Refrigeração + H2SO4 1:1	DQO, Amônia (Kit).
Polietileno	300 mL	Refrigeração + HNO3 Concentrado	Metais Totais.
Polietileno	180 mL	Refrigeração	Cloreto Total (Kit), Nitrato (Kit), Nitrito (Kit), Sulfato Total.



Livia Pereira Alves

Responsável Técnico CRQ XII 12100816

AFT é 000446/2019

Chave de Validação: 8dfdddc3c90e4067863e978a1167c797

Identificação do Cliente	
Cliente: Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos	CNPJ/CPF: 37.116.704/0001-34
Contato: Eloi Campos	Telefone: 61 3348-0457
Endereço: Av. L3 norte Campus Universitário Darcy Ribeiro - Edifício Finatec - Asa Norte - Distrito Federal - Brazil	

Informações da Amostra - Nº: 26660-1/2020.0 - Poço - (CH 1 - 01)	
Tipo de Amostra: Chorume	ID Amostra: 194269
Data Coleta: 29/06/2020 13:00	Data de Publicação: 15/07/2020 16:25
Data de Recebimento: 29/06/2020	
Tipo de Coleta: Simples	Local da Coleta: Poço
Condições Climáticas no Momento da Coleta: Sol	Condições Climáticas nas Últimas 48 horas: Sol
Temperatura Ambiente (°C): -	pH: 7,77
Temperatura da Amostra (°C): 29,5	Latitude: 178,720
Longitude: 8254 644	Responsabilidade da Amostragem: Cliente

Informações de Campo	
Observações: Condutividade: 5,990 µs/cm	

Resultados Analíticos

Constituintes inorgânicos não metálicos					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sulfato Total	< 2,0 mg/L	29/06/2020	2,0 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XXVII Rev. 16	9,00%
Cloreto Total	655,0 mg/L	29/06/2020	0,1 mg/L	POP-FQ-052 Anexo VI Rev. 16	14,00%
Nitrito	< 0,002 mg/L (como N)	29/06/2020	0,002 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XXI Rev. 18	14,00%
Amônia	402,000 mg/L (como NH3)	29/06/2020	0,015 mg/L (como NH3)	POP-FQ-052 Anexo I Rev.16	6,67%
Nitrato	< 0,20 mg/L (como N)	29/06/2020	0,20 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XX Rev. 18	7,70%

Constituintes orgânicos agregados					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
DQO	1260,00 mg/L	29/06/2020	3,00 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XII Rev. 18	9,45%

Provedores Externos

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Antimônio Total	< 0,0010 mg/L	13/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,85%
Arsênio Total	< 0,0010 mg/L	13/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	23,24%
Bário Total	0,236 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,27%
Cádmio Total	< 0,0010 mg/L	13/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	8,92%
Chumbo Total	< 0,010 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	15,00%
Cobalto Total	< 0,010 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,09%
Cobre Total	< 0,0010 mg/L	13/07/2020	0,0010 mg/L	POP-FQ-081	4,59%
Cromo Total	< 0,010 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	7,82%
Mercúrio Total	< 0,00010 mg/L	13/07/2020	0,00010 mg/L	POP-FQ-081	14,19%
Níquel Total	0,017 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	14,16%
Zinco Total	0,037 mg/L	13/07/2020	0,010 mg/L	POP-FQ-081	9,27%
Cálcio Total	106,67 mg/L	13/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	11,09%
Magnésio Total	107,32 mg/L	13/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	6,33%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sódio Total	367,36 mg/L	13/07/2020	0,10 mg/L	POP-FQ-081	3,82%

Controle de Qualidade

Branco - Metais				
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Unidade	Limite de Quantificação
Antimônio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Arsênio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Bário Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cádmio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cálcio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Chumbo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobalto Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobre Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cromo Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Magnésio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Mercúrio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,0001	mg/L	0,0001
Níquel Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Sódio Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Zinco Total	CQ2407-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Varição (%)
Antimônio Total	CQ2409-1/2020.0	0,237	0,248	mg/L	< 20 %	4,68
Arsênio Total	CQ2409-1/2020.0	0,612	0,659	mg/L	< 20 %	7,35
Bário Total	CQ2409-1/2020.0	0,299	0,279	mg/L	< 20 %	6,85
Cádmio Total	CQ2409-1/2020.0	0,281	0,263	mg/L	< 20 %	6,60
Cálcio Total	CQ2409-1/2020.0	4,95	4,73	mg/L	< 20 %	4,42
Chumbo Total	CQ2409-1/2020.0	0,292	0,269	mg/L	< 20 %	8,27
Cobalto Total	CQ2409-1/2020.0	0,265	0,249	mg/L	< 20 %	6,32
Cobre Total	CQ2409-1/2020.0	0,267	0,253	mg/L	< 20 %	5,56
Cromo Total	CQ2409-1/2020.0	0,269	0,254	mg/L	< 20 %	6,06
Magnésio Total	CQ2409-1/2020.0	5,35	5,14	mg/L	< 20 %	3,96
Mercurio Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,291	mg/L	< 20 %	5,58
Níquel Total	CQ2409-1/2020.0	0,275	0,258	mg/L	< 20 %	6,59
Sódio Total	CQ2409-1/2020.0	35,0	34,1	mg/L	< 20 %	2,52
Zinco Total	CQ2409-1/2020.0	0,359	0,321	mg/L	< 20 %	11,2

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Antimônio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	98,96
Arsênio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,36
Bário Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,76
Cádmio Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,39
Cálcio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	106,31
Chumbo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,8
Cobalto Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	101,72
Cobre Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	99,68
Cromo Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	102,68
Magnésio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	110
Mercurio Total	CQ2408-1/2020.0	0,025	mg/L	75 a 125 %	102,08

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Níquel Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,84
Sódio Total	CQ2408-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	100,78
Zinco Total	CQ2408-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,64

Notas

Legendas

NA: Não se aplica.

ND: Não detectado.

LQ: Limite de.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

US EPA: United States Environmental Protection Agency

Máx: Máximo Valor Permitido. **Min:** Mínimo Valor Permitido. **IL:** Impossível Leitura.

mg/L: Miligrama por Litro

Embalagens e Preservantes

194269 - Poço - (CH 1 - 01)			
Embalagem	Volume	Preservação	Métodos
Polietileno	80 mL	Refrigeração + H2SO4 1:1	DQO, Amônia (Kit).
Polietileno	300 mL	Refrigeração + HNO3 Concentrado	Metais Totais.
Polietileno	180 mL	Refrigeração	Cloreto Total (Kit), Nitrato (Kit), Nitrito (Kit), Sulfato Total.



Livia Pereira Alves

Responsável Técnico CRQ XII 12100816

AFT é 000446/2019

Chave de Validação: b90a63e67a6e4982bb67bbce411f1da3

Identificação do Cliente	
Cliente: Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos	CNPJ/CPF: 37.116.704/0001-34
Contato: Eloi Campos	Telefone: 61 3348-0457
Endereço: Av. L3 norte Campus Universitário Darcy Ribeiro - Edifício Finatec - Asa Norte - Distrito Federal - Brazil	

Informações da Amostra - Nº: 32221-1/2020.0 - Água Córrego - (CV01 - 01)	
Tipo de Amostra: Água Subterrânea	ID Amostra: 194195
Data Coleta: 05/08/2020 14:30	Data de Publicação: 21/08/2020 13:46
Data de Recebimento: 05/08/2020	
Tipo de Coleta: Simples	Local da Coleta: Água Córrego
Condições Climáticas no Momento da Coleta: Sol	Condições Climáticas nas Últimas 48 horas: Sol
Temperatura Ambiente (°C): -	pH: 7,9
Temperatura da Amostra (°C): 18,8	Temperatura da Amostra no Recebimento (°C): 9,1
Latitude: 0820980	Longitude: 8252812
Responsabilidade da Amostragem: Cliente	

Informações de Campo	
Observações: Condutividade: 73,4 µs/cm	

Resultados Analíticos

Constituintes inorgânicos não metálicos					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sulfato Total	2,0 mg/L	06/08/2020	2,0 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XXVII	9,00%
Cloreto Total	14,7 mg/L	06/08/2020	0,1 mg/L	POP-FQ-052 Anexo VI Rev. 16	14,00%
Amônia	0,300 mg/L (como NH3)	06/08/2020	0,015 mg/L (como NH3)	POP-FQ-052 Anexo I Rev.16	6,67%
Nitrato	0,90 mg/L (como N)	06/08/2020	0,20 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XX Rev. 18	7,70%
Nitrito	0,031 mg/L (como N)	06/08/2020	0,002 mg/L (como N)	POP-FQ-052 Anexo XXI Rev. 18	14,00%

Constituintes orgânicos agregados					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
DQO	6,00 mg/L	06/08/2020	3,00 mg/L	POP-FQ-052 Anexo XII Rev. 18	9,45%

Provedores Externos

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Antimônio Total	< 0,00100 mg/L	19/08/2020	0,00100 mg/L	POP-FQ-081	4,85%
Arsênio Total	< 0,00100 mg/L	19/08/2020	0,00100 mg/L	POP-FQ-081	23,24%
Bário Total	0,0141 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	7,27%
Cádmio Total	< 0,00100 mg/L	19/08/2020	0,00100 mg/L	POP-FQ-081	8,92%
Chumbo Total	< 0,0100 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	15,00%
Cobalto Total	< 0,0100 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	9,09%
Cobre Total	< 0,00100 mg/L	19/08/2020	0,00100 mg/L	POP-FQ-081	4,59%
Cromo Total	< 0,0100 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	7,82%
Mercúrio Total	< 0,000100 mg/L	19/08/2020	0,000100 mg/L	POP-FQ-081	14,19%
Níquel Total	< 0,0100 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	14,16%
Zinco Total	0,0363 mg/L	19/08/2020	0,0100 mg/L	POP-FQ-081	9,27%
Cálcio Total	1,18 mg/L	19/08/2020	0,100 mg/L	POP-FQ-081	11,09%
Magnésio Total	0,227 mg/L	19/08/2020	0,100 mg/L	POP-FQ-081	6,33%

Serra					
Análise	Resultado	Data de Início	LQ	Referência	Incerteza
Sódio Total	8,18 mg/L	19/08/2020	0,100 mg/L	POP-FQ-081	3,82%

Controle de Qualidade

Branco - Metais				
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Unidade	Limite de Quantificação
Antimônio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Arsênio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Bário Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cádmio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cálcio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Chumbo Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobalto Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Cobre Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,001	mg/L	0,001
Cromo Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Magnésio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Mercúrio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,0001	mg/L	0,0001
Níquel Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01
Sódio Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,1	mg/L	0,1
Zinco Total	CQ2822-1/2020.0	< 0,01	mg/L	0,01

Duplicata - Metais						
Parâmetros	Número do CQ	Resultado	Duplicata	Unidade	Faixa de Aceitação	Varição (%)
Antimônio Total	CQ2823-1/2020.0	0,242	0,232	mg/L	< 20 %	4,43
Arsênio Total	CQ2823-1/2020.0	0,233	0,216	mg/L	< 20 %	7,75
Bário Total	CQ2823-1/2020.0	0,269	0,251	mg/L	< 20 %	7,03
Cádmio Total	CQ2823-1/2020.0	0,241	0,230	mg/L	< 20 %	4,75
Cálcio Total	CQ2823-1/2020.0	2,59	2,64	mg/L	< 20 %	1,87
Chumbo Total	CQ2823-1/2020.0	0,242	0,257	mg/L	< 20 %	6,17
Cobalto Total	CQ2823-1/2020.0	0,266	0,272	mg/L	< 20 %	1,93
Cobre Total	CQ2823-1/2020.0	0,252	0,241	mg/L	< 20 %	4,46
Cromo Total	CQ2823-1/2020.0	0,262	0,251	mg/L	< 20 %	4,25
Magnésio Total	CQ2823-1/2020.0	2,88	2,77	mg/L	< 20 %	3,89
Mercurio Total	CQ2823-1/2020.0	0,0252	0,0247	mg/L	< 20 %	2,16
Níquel Total	CQ2823-1/2020.0	0,264	0,253	mg/L	< 20 %	4,30
Sódio Total	CQ2823-1/2020.0	2,59	2,63	mg/L	< 20 %	1,65
Zinco Total	CQ2823-1/2020.0	0,259	0,269	mg/L	< 20 %	3,60

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Antimônio Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	102,72
Arsênio Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,72
Bário Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	107,28
Cádmio Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,64
Cálcio Total	CQ2821-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	102,92
Chumbo Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,32
Cobalto Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,2
Cobre Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	105,72
Cromo Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	105,48
Magnésio Total	CQ2821-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	100,61
Mercurio Total	CQ2821-1/2020.0	0,025	mg/L	75 a 125 %	103,52

Recuperação - Metais					
Parâmetros	Número do CQ	Quantidade Adicionada	Unidade	Faixa de Aceitação	Recuperação (%)
Níquel Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	104,28
Sódio Total	CQ2821-1/2020.0	2,5	mg/L	75 a 125 %	108,88
Zinco Total	CQ2821-1/2020.0	0,25	mg/L	75 a 125 %	103,88

Notas

Legendas

NA: Não se aplica.

ND: Não detectado.

LQ: Limite de Quantificação.

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

US EPA: United States Environmental Protection Agency

Máx: Máximo Valor Permitido. **Min:** Mínimo Valor Permitido. **IL:** Impossível Leitura.

mg/L: Miligrama por Litro

Embalagens e Preservantes

194195 - Água Córrego - (CV01 - 01)			
Embalagem	Volume	Preservação	Métodos
Polietileno	80 mL	Refrigeração + H2SO4 1:1	DQO, Amônia (Kit).
Polietileno	300 mL	Refrigeração + HNO3 Concentrado	Metais Totais.
Polietileno	180 mL	Refrigeração	Cloreto Total (Kit), Nitrato (Kit), Nitrito (Kit), Sulfato Total.



Livia Pereira Alves

Responsável Técnico CRQ XII 12100816

AFT é 000446/2019

Chave de Validação: 34104d6ddd2842509e731517ea6e554e

ANEXO 2

ANÁLISES GRAVIMÉTRICAS *EX-SITU*

RELATÓRIO DE ESTUDO GRAVIMÉTRICO *EX-SITU* LIXÃO DA ESTRUTURAL, BRASÍLIA, DISTRITO FEDERAL

Responsáveis Técnicos:

Msc. Geólogo - Guilherme Neiva de Oliveira

Msc. Geólogo - Lucas Santos Batista Teles

1 INTRODUÇÃO

O antigo Lixão da Estrutural iniciou praticamente com a fundação da cidade de Brasília na década de 60. Inicialmente, recebeu a denominação de “Lixão do Jockey Clube”, tendo em vista que era o local de armazenamento de todo o resíduo produzido pela capital e situava nas proximidades do clube homônimo. Após essa época, entre os anos 1977 e 1978 foi utilizada a metodologia de trincheiras para deposição do lixo de forma que os sulcos, com profundidade variando de 2,0 a 4,0 metros, eram preenchidos com os resíduos e posteriormente recobertos e compactados com solo (Santos, 1996).

Após essa data inicial até meados de 1995, os resíduos eram acomodados na porção intermediária do aterro, que em 1996 foi totalmente coberta e se passou ao preenchimento de espaços da porção norte (Cavalcanti, 2013). Por fim, tal operação encerrou-se em janeiro de 2018 com o fechamento para o recebimento de resíduos domiciliares ou públicos, dando início a fase URE (Unidade de Recebimento de Entulho) que é responsável pelo acúmulo de materiais de descarte inertes, oriundos de restos de construção civil, poda de árvores e restos de madeiras, dentre outros.

2 OBJETIVOS

O presente relatório tem por objetivo apresentar as etapas de execução e os resultados encontrados para o estudo de Gravimetria *Ex-Situ* realizado no Lixão da Estrutural, entre os dias 04/09/20 e 12/09/20, dando ênfase na parte metodológica e ainda apresentando os resultados de densidade dos resíduos em base seca e úmida.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

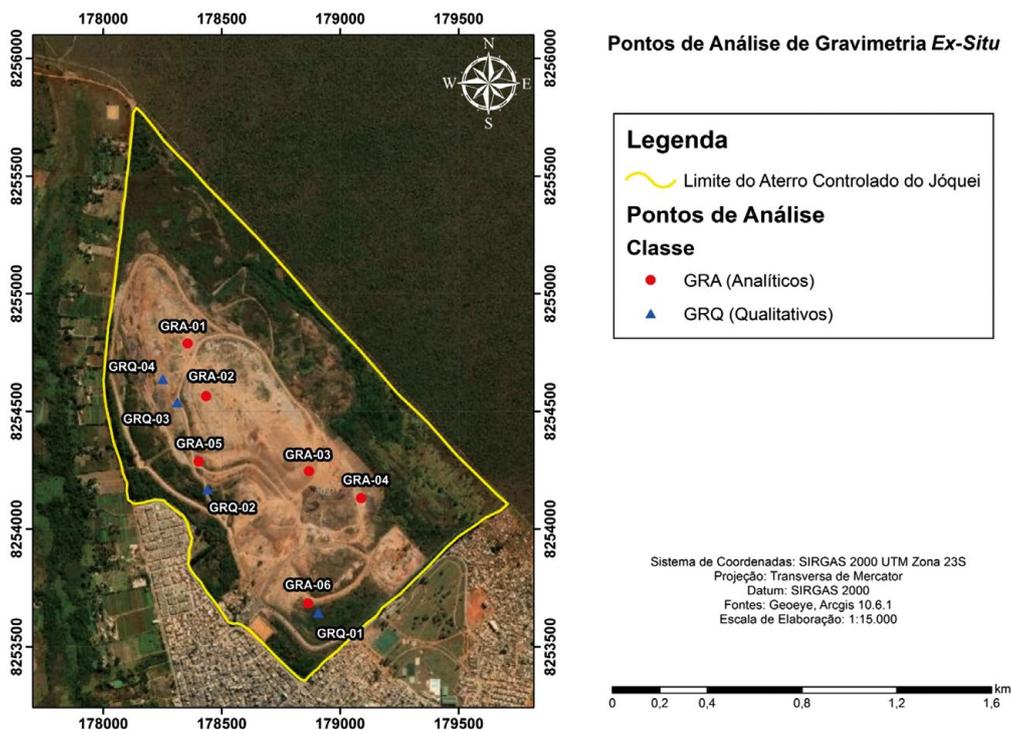
3.1 Aspectos Gerais

Tendo em vista o breve histórico apresentado, para a realização do estudo gravimétrico *ex-situ*, optou-se pela adaptação da Norma ABNT 1007:2004. Essa norma técnica rege sobre a caracterização e amostragem de resíduos sólidos. No entanto, as etapas descritas para tal finalidade são voltadas para o estudo de resíduos mais jovens, sendo que a separação e caracterização são feitas no momento de chegada dos resíduos no aterro.

Com base na evolução complexa e heterogênea do Aterro Controlado do Jockey Clube de Brasília, tal metodologia não possui eficácia na determinação da tendência composicional e volumétrica dos resíduos. Dessa forma, ocorreu a seguinte adaptação: Foram escolhidos 6 pontos com a máxima representação areal e temporal de avanço do aterro (Figura 63). Esses pontos foram abertos com auxílio de uma retroescavadeira e o material retirado foi separado nas suas devidas classes de composição.

Em adição, foram selecionados mais 04 outros pontos, nos quais a análise ocorreu de forma qualitativa (Figura 1). Após essa etapa, cada classe teve seu volume calculado com o auxílio de baldes de 30 litros e a massa medida com balança digital de precisão. Para a determinação da densidade, todas as classes classificadas foram expostas ao sol por 72 horas e as classes mais susceptíveis a perda de umidade tiveram novamente a massa medida (base úmida *versus* base seca).

FIGURA 1 - PONTOS DE AMOSTRAGEM ESCOLHIDOS. OS CÍRCULOS VERMELHOS INDICAM OS LOCAIS ONDE FORAM REALIZADAS AS CARACTERIZAÇÕES E MEDIÇÕES ANALÍTICAS, ENQUANTO OS TRIÂNGULOS AZUIS REPRESENTAM OS PONTOS DE ANÁLISE QUALITATIVA



3.2 Materiais

Para o sucesso da metodologia proposta foram utilizados os seguintes equipamentos (Figura 2A, B, C, D e E).

- D. Retroescavadeira Caterpillar 416E.
- E. baldes com capacidade de 30 litros.
- F. Balança digital de mão com capacidade de 50 kg e erro de 10g.
- G. Equipamentos de Proteção Individual (luva e máscara).

FIGURA 2 - PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA ETAPA DE CAMPO



3.3 Metodologia

A primeira parte da metodologia consistiu na escolha dos possíveis pontos de escavação para análise dos resíduos já depositados. Dentre os pontos levantados, foram escolhidos 6 pontos (GRA, no mapa da Figura 1) que representavam com maior fidelidade as condições atuais do Aterro Sanitário do Jóquei de Brasília. Esses pontos foram escolhidos de forma a representar a maior porção da área de descarte e também diferentes cotas topográficas que marcam os patamares cronológicos de disposição dos resíduos.

Após a identificação dos pontos de interesse, esses foram abertos com retroescavadeira (Figura 3). O procedimento baseou-se na retirada de 30 cm a 1,0 metros da porção mais superficial, classificada como aterro. O material retirado desse intervalo inicial foi separado e não analisado. Em seguida, aprofundou-se a escavação até cerca de 2,0 a 3,0 metros, com dimensões exemplificadas na Tabela 2.

TABELA 2 - PONTOS ANALISADOS COM SUAS RESPECTIVAS COORDENADAS (SIRGAS 2000 UTM) E DIMENSÕES DE ABERTURA

PONTO	COORDENADA X	COORDENADA Y	ELEVAÇÃO (M)	DIMENSÕES (M)
GRA - 01	0821303	8254793	1149	3,60 x 2,40 x 2,00
GRA - 02	0821374	8254567	1156	4,00 x 2,10 x 1,70
GRA - 03	0178868	8254245	1153	3,60 x 2,40 x 2,10
GRA - 04	0179088	8254131	1136	3,90 x 2,40 x 2,30
GRA - 05	0821335	8254290	1145	3,60 x 2,40 x 2,40
GRA - 06	0178864	8253683	1131	3,30 x 2,10 x 2,00

FIGURA 3 - FOTOGRAFIA DEMONSTRANDO A ETAPA DE ESCAVAÇÃO DOS PONTOS. O MATERIAL CLASSIFICADO COMO ATERRAMENTO ESTÁ DISPOSTO À DIREITA, ENQUANTO O MATERIAL ANALISADO OCORRE AO LADO ESQUERDO DA ESCAVADEIRA



Concomitantemente a etapa de escavação foi realizada a descrição geral do material, levando em consideração a composição e a dominância/subordinação da sua classe em relação aos outros materiais.

Com a determinação das classes de composição existentes, ocorreu a separação modal do material que foi reservado sobre lona preta (Figura 4).

FIGURA 4 - FOTOGRAFIA MOSTRANDO A ETAPA DE SEPARAÇÃO DAS CLASSES DE RESÍDUOS. IMPORTANTE RESSALTAR QUE AS CLASSES FORAM SELECIONADAS A PARTIR DA OBSERVAÇÃO PRÉVIA DO PONTO



A etapa de pesagem ocorreu em 02 momentos distintos: Um primeiro imediatamente após a escavação, onde todas as classes encontradas tiveram sua massa medida e um segundo após 72 horas de exposição ao sol. Nesse segundo, apenas as classes susceptíveis a retenção de umidade (Solo, madeira e tecido) foram repesadas para se ter o valor de densidade na base seca. No entanto, entende-se que para a elaboração das possíveis formas de reutilização dos resíduos deve-se levar em consideração a densidade úmida, tendo em vista que qualquer estratégia escolhida dependerá da drenagem e secagem dos materiais. Para obter a relação da massa com o volume do material, cada classe separada foi colocada dentro de um recipiente com volume conhecido (Balde de 30 litros) pesados com balança digital do tipo gancho com capacidade até 50 kg e erro de 10g. Foi feita a tara da balança para a desconsideração da massa do balde e todos os resultados anotados e tabelados (Figura 5). É importante salientar que a estimativa dos volumes foi feita de forma visual e classificada em 10L, 15L, 30L ou 45L, dependendo da forma que o material foi disposto no balde, sempre tomando cuidado para não compactar o material e preenchendo todos os espaços vazios do recipiente.

Ao final da etapa de campo, os buracos oriundos das escavações foram tampados para se evitar acidentes e os resultados obtidos manipulados no programa Microsoft Excel.

FIGURA 5 - FOTOGRAFIA DEMONSTRANDO A PESAGEM DOS RESÍDUOS



Além dos 06 pontos analíticos, também foram escolhidos mais 04 pontos estratégicos que se situavam em trincheiras de estrada, canaletas e cortes de morros previamente existentes (Tabela 3). Por mais que a análise tenha ocorrido de forma visual e apenas o material superficial estava exposto, foram pontos importantes para a determinação da composição modal e forma de disposição dos resíduos pelo aterro.

TABELA 3 - COORDENADAS DOS PONTOS QUALITATIVOS (GRQ)

PONTO	COORDENADA X	COORDENADA Y	ELEVAÇÃO (M)
GRQ - 01	0178907	8253643	1128
GRQ - 02	0821368	8254171	1137
GRQ - 03	0821252	8254544	1151
GRQ - 04	0821193	8254644	1155

Por fim, a última etapa que compreende a parte de escritório, as densidades dos materiais foram calculadas utilizando-se o volume medido pelos baldes e a massa dada pela balança. Esses valores representam as variáveis da Fórmula (Densidade=Massa/Volume) e a densidade obtida foi utilizada para a determinação da densidade média de cada ponto (Densidade Média = \sum Densidade das Classes (X,Y,Z...)/Número de Classes). Finalmente, para o cálculo da tonelagem total do aterro, os valores de densidade média foram ponderados segundo as porcentagens de ocorrência de cada classe ($(\sum$ Densidade média x Porcentagem)/ \sum Porcentagem).

4 RESULTADOS

4.1 Ponto GRA-01

Ponto localizado na porção norte do maciço com ampla predominância de blocos de concreto e solo, que sugere ser produto da fase URE. Ocorre uma quantidade substancial de restos de madeira de escore de construções e também placas e tábuas compactadas. Plástico e metal ocorrem muito subordinados, sendo no primeiro, são mais comuns embalagens de produtos de construção e tubos de PVC. No caso do metal, algumas vigas e latas. Como ocorrência pontual também se observa um pneu (Figura 6).

FIGURA 6 - CLASSES DE MATERIAIS SEPARADAS NO PONTO GRA-01



As informações obtidas em campo estão sumarizadas na Tabela 4.

TABELA 4 - VALORES DOS PARÂMETROS MEDIDOS EM CAMPO.

GRA-01	MADEIRA	PLÁSTICO	ESCOMBRO	SOLO	PNEU	TOTAL
Volume (m ³)	0,095	0,03	0,094	0,06	0,03	0,309
Porcentagem (%)	12	03	50	35	<1	100
Peso Úmido (kg)	37,450	3,145	121,100	67,82	9,140	238,655
Densidade (g/cm ³)	0,3942	0,1048	1,2882	1,1303	0,3046	Média 0,6444

4.2 Ponto GRA-02

Ponto localizado no início do plano superior do maciço. Nota-se grande diversidade de resíduos como plástico, madeira, papel, tecido e blocos de concreto sendo que predomina o solo e ocorre uma pequena quantidade de vidro e metal (Figura 7). Importante evidenciar a pouca participação orgânica e o fato de até mesmo o solo, que funciona como um bom retentor de umidade, estar totalmente seco.

A localização de livros ainda em perfeito estado de conservação e outros derivados de papel sugere que se trata de uma deposição mais recente e que provavelmente ainda não foi afetada pelo período chuvoso.

FIGURA 7 - CLASSES DE MATERIAIS SEPARADAS NO PONTO GRA-02



As informações obtidas em campo estão sumarizadas na Tabela 5.

TABELA 5 - VALORES DOS PARÂMETROS MEDIDOS EM CAMPO

GRA-02	MADEIRA	PLÁSTICO	ESCOMBRO	SOLO	TECIDO	PAPEL	TOTAL
Volume (m ³)	0,065	0,05	0,08	0,06	0,04	0,03	0,315
Porcentagem (%)	10	07	25	50	04	04	100
Peso Úmido (kg)	21,860	3,490	92,370	76,480	6,460	4,305	204,965
Densidade (g/cm ³)	0,3363	0,0698	1,1546	1,2746	0,16	0,1435	Média 0,5231

4.3 Ponto GRA-03

Ponto localizado na porção intermediária do aterro. Diferentemente dos outros 2 pontos iniciais, ressalta-se o grande conteúdo de matéria orgânica e predominância madeira oriunda de poda de árvores. No entanto, destaca-se também a grande quantidade de solo e escombros como blocos de concreto, azulejos e quantidades subordinadas de vidro e plástico (Figura 8). Os valores medidos em campo encontram-se na Tabela 6.

FIGURA 8 - CLASSES DE MATERIAIS SEPARADAS NO PONTO GRA-03



TABELA 6 - VALORES DOS PARÂMETROS MEDIDOS EM CAMPO

GRA-03	MADEIRA	PLÁSTICO + PAPEL	ESCOMBRO	SOLO	FOLHA	METAIS	VIDRO	TECIDO	TOTAL
Volume (m ³)	0,12	0,03	0,06	0,04	0,045	0,015	0,01	0,052	0,401
Porcentagem (%)	35	05	20	30	2,5	2,5	2,5	2,5	100
Peso Úmido (kg)	47,770	3,345	76,630	44,830	6,320	7,490	0,175	8,155	194,715
Densidade (kg/m ³)	0,3980	0,1115	1,2771	1,1207	0,4213	0,4993	0,0175	0,1568	Média 0,5002

4.4 Ponto GRA-04

Ponto localizado no patamar mais baixo da subida do maciço, sendo teoricamente um local de lixo mais antigo. Como o esperado, observa-se uma grande variedade de resíduos, sendo marcante a característica doméstica. Predomina o solo, porém são encontrados madeira, escombro de obras, vidro e plásticos imersos nessa matriz, além de ocorrência de tecidos como panos e carpete (Figura 9).

FIGURA 9 - CLASSES DE MATERIAIS SEPARADAS NO PONTO GRA-04



Os parâmetros medidos em campo estão sumarizados segundo a Tabela 7.

TABELA 7 - VALORES DOS PARÂMETROS MEDIDOS EM CAMPO

GRA-04	MADEIRA	PLÁSTICO	ESCOMBRO	SOLO	TECIDO	VIDRO	TOTAL
Volume (m ³)	0,14	0,05	0,075	0,06	0,05	0,008	0,383
Porcentagem (%)	15	04	25	50	04	02	100
Peso Úmido (kg)	43,220	4,500	103,050	70,310	7,355	5,740	234,175
Densidade (g/cm ³)	0,3087	0,09	1,3740	1,1718	0,1471	0,7175	Média 0,6348

4.5 Ponto GRA-05

Ponto localizado na porção oeste do aterro e diferentemente dos outros pontos observados nota-se que o mesmo é menos diversificado. Seguindo a tendência, predomina o solo. No entanto, ocorre uma grande quantidade de plástico na forma de sacolas de lixo, indicativo da tendência doméstica dos resíduos. Juntamente com o solo e o plástico são comuns os blocos de concreto e outros materiais de obras e metais subordinados, principalmente em vergalhões de ferro (Figura 10).

FIGURA 10 - CLASSES DE MATERIAIS SEPARADOS NO PONTO GRA-05



Os parâmetros medidos em campo estão sumarizados segundo a Tabela 8.

TABELA 8 - VALORES DOS PARÂMETROS MEDIDOS EM CAMPO

GRA-05	MADEIRA	PLÁSTICO	ESCOMBRO	SOLO	TOTAL
Volume (m ³)	0,075	0,06	0,064	0,09	0,289
Porcentagem (%)	22	10	18	50	100
Peso Úmido (kg)	25,970	9,440	82,770	125,150	243,33
Densidade (g/cm ³)	0,3462	0,1573	1,2932	1,3905	Média 0,7968

4.6 Ponto GRA-06

Ponto localizado perto da saída secundária do aterro. Representa os resíduos mais antigos de todos os pontos verificados. Seguindo essa lógica percebe-se a grande quantidade de plástico oriundo de descarte doméstico, além de matéria orgânica já decomposta e restos de tecido, que é majoritariamente representado por Bidin (Manta Geotêxtil). Destaca-se a subordinação de madeira e a quantidade de fragmentos diversificados no solo (Figura 11).

FIGURA 11 - CLASSES DE MATERIAIS SEPARADOS NO PONTO GRA-06



Os parâmetros medidos em campo estão sumarizados segundo a Tabela 9.

TABELA 9 - VALORES DOS PARÂMETROS MEDIDOS EM CAMPO

GRA-06	MADEIRA	PLÁSTICO	ESCOMBRO	SOLO	TECIDO	TOTAL
Volume (m ³)	0,05	0,12	0,075	0,03	0,12	0,395
Porcentagem (%)	10	7,5	10	60	12,5	100
Peso Úmido (kg)	20,170	12,220	93,410	38,810	11,210	175,820
Densidade (g/cm ³)	0,4034	0,1018	1,2454	1,2936	0,0934	Média 0,6275

4.7 Ponto GRQ-01

Corte de canaleta de estrada para escoamento de água que representa da melhor forma o lixo superficial mais antigo do aterro. Em termos de porcentagem, os resíduos podem ser classificados da seguinte forma: 50% de terra, 45% de blocos de concreto, 5% de plásticos e raros pedaços de vergalhões e madeira usada em construções (Figura 12).

FIGURA 12 - TENDÊNCIA COMPOSICIONAL DO LIXO MAIS ANTIGO DO ATERRO. DESTACA-SE A GRANDE QUANTIDADE DE PLÁSTICO E SOLO USADO PARA ATERRAR O MATERIAL. MADEIRA E METAIS OCORREM APENAS PONTUALMENTE



4.8 Ponto GRQ-02

Corte em talude de morrote com cerca 2,5 metros de altura que expõem grande quantidade de plástico imersos em matriz de solo. No local nota-se um avançado perfil de alteração que é responsável pela degradação da matéria orgânica e outros materiais menos resistentes, justificando a predominância do plástico (Figura 13).

FIGURA 13 - FOTOGRAFIA MOSTRANDO CORTE DE TALUDE E DISPOSIÇÃO DO MATERIAL NA PORÇÃO OESTE MAIS ANTIGA DO ATERRO



4.9 Ponto GRQ-03

Ponto em talude de aterramento de estrada que exemplifica com fidelidade a forma com que os resíduos atuais são depositados no aterro. Cada caminhão de material é colocado em local formando faixas composicionais que posteriormente são recobertas com solo e levemente compactadas (Figuras 14 e 15)

FIGURA 14 - ATERRAMENTO MOSTRANDO COMO É A DISPOSIÇÃO DO MATERIAL LOGO APÓS A DEPOSIÇÃO



FIGURA 15 - FOTOGRAFIA TIRADA PERTO DO PONTO GRA-01 QUE MOSTRA O EXATO MOMENTO DA COLOCAÇÃO DO MATERIAL NO ATERRO, O QUE CORROBORA COM O OBSERVADO NO PONTO GRQ-03



4.10 Ponto GRQ-04

Vista panorâmica da porção norte do aterro, novamente explicitando a heterogeneidade dos materiais e a forma errática de deposição que empilha camadas de várias composições distintas em curto trecho (Figura 16).

FIGURA 16 - VISTA PANORÂMICA DO ATERRO NO EXATO MOMENTO DE DEPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS



4.11 Cálculo da densidade média dos resíduos do aterro

A partir da compilação dos dados obtidos tanto nas campanhas de campo quanto nas manipulações laboratoriais observa-se que o valor de densidade média dos resíduos do Aterro Controlado do Jóquei Clube de Brasília é de $0,9690 \text{ g/cm}^3$ (Tabela 9).

Esse valor leva em consideração tanto os valores médios de densidade dos materiais, calculados a partir do dado de campo, como também leva em consideração a proporção percentual média de ocorrência dessas classes. Importante salientar que o somatório das porcentagens das classes dominantes (madeira, plástico, escombros, solo e tecido) resulta em 98%. No entanto, pelo fato das classes vidro, papel, folha e metais ocorrerem de forma pontual e bastante subordinada, foram consideradas como participantes de 2% do total dos resíduos e a densidade utilizada na formulação matemática foi derivada da média das densidades de tais materiais. Ressalta-se que tal aproximação é válida, tendo em vista a inexpressão desses materiais por todo o aterro.

GRA MÉDIO	MADEIRA	PLÁSTICO	ESCOMBRO	SOLO	TECIDO	OUTROS	TOTAL
Porcentagem Média (%)	17	06	25	45	05	02	100
Densidade Média (g/cm^3)	0,3644	0,1058	1,2720	1,2302	0,1393	1,1084	0,9690

5 DISCUSSÕES FINAIS E CONCLUSÕES

A partir das informações levantadas é possível apresentar algumas discussões sobre o aterro. Entre as características mais marcantes nota-se o fato da grande heterogeneidade tanto composicional quanto volumétrica dos resíduos, sendo sempre predominantes solo e restos de materiais de construção como blocos de concreto e madeira de escoramento.

Em termos de reutilização dos resíduos, tal tendência é bastante prejudicial sendo que essas proporções acabam gerando uma massa com pouca capacidade calorífica. Da mesma forma acontece com a reciclagem. Os conteúdos de metal, vidro e papel são ínfimos quando comparados aos das outras classes. No entanto, a reutilização dos escombros, algo que já acontece atualmente, é bastante viável tendo em vista a grande quantidade desse material.

Os resultados de densidade obtidos são corroborados pelas observações feitas em campo. Em uma prática normal de operação, os resíduos são soterrados com grandes quantidades de solo assim que descarregados no seu local final de disposição e levemente compactados por tratores. Esse fato resulta em um empacotamento mais aberto com excesso de vazios e tende a abaixar a densidade média do aterro.

Finalmente, por mais que o local de estudo possua uma história evolutiva complexa, os pontos de amostragem selecionados representam com confiança o aterro, tanto de forma espacial como temporal. Os pontos localizados nas porções mais distais do maciço e que representam temporalmente porções mais antigas, que foram preenchidas antes da fase URE, possuem conteúdos de plástico, vidro, tecido e outros resíduos domésticos maiores do que os pontos localizados no alto do maciço e vice versa. Sendo assim, os valores de porcentagem modal e de densidade média, aplicados representam não só a disposição atual como consideram vários outros anos de operação do aterro.

6 BIBLIOGRAFIA

Cavalcanti, M.M (2013). **Aplicação de métodos geoeletricos no delineamento da pluma de contaminação nos limites do aterro controlado do Jokey Clube de Brasília**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Departamento de Geociências, Brasília, DF.

Santos, P.C. V (1996). **Estudos da Contaminação de Água Subterrânea por Percolado de Aterro de Resíduos Sólidos - Caso Jockey Club-DF**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, DF.

ANEXO 3

RELATÓRIO RELATIVO AO 1º WORKSHOP DE DISCUSSÃO E DIVULGAÇÃO DOS RESULTADOS DO PROJETO

REALIZAÇÃO: EQUIPE DA SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE RESPONSÁVEL PELA GESTÃO DO PROJETO COM APOIO DA EMPRESA *PRISMATI CONSULTORIA EM GESTÃO DE PROJETOS* (SOB CONTRATAÇÃO PELA SEMA)

I WORKSHOP DIAGNÓSTICO E TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES - REMEDIAÇÃO DO ANTIGO LIXÃO DA ESTRUTURAL

Relatório Técnico

CONTRATO CGEE/PRISMATI CONSULTORIA, PLANEJAMENTO E PROJETOS Nº 161/2020

Dezembro de 2020

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DO DISTRITO FEDERAL

**PROJETO CITINOVA GEF “PROMOVENDO CIDADES SUSTENTÁVEIS
NO BRASIL POR MEIO DE PLANEJAMENTO URBANO INTEGRADO E
DO INVESTIMENTO EM TECNOLOGIAS INOVADORAS”**

**RELATÓRIO DO I WORKSHOP DIAGNÓSTICO E
TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES -
REMEDIAÇÃO DO ANTIGO LIXÃO DA ESTRUTURAL**

Coordenação da Secretaria do Meio Ambiente do Distrito Federal Execução
do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE

Parceiros institucionais: Global Environment Facility - GEF, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - Pnuma e Ministério da Ciência Tecnologia e Informação - MCTI

Brasília, 10 de dezembro de 2020.

GOVERNADOR DO DISTRITO FEDERAL

IBANEIS ROCHA BARROS JUNIOR

SECRETÁRIO DE MEIO AMBIENTE

JOSÉ SARNEY FILHO

**COORDENAÇÃO DA SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO DISTRITO FEDERAL
EXECUÇÃO DO CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS PARCEIROS
INSTITUCIONAIS GEF, PNUMA, MCTI**

COMISSÃO DE ACOMPANHAMENTO DA SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DO DISTRITO FEDERAL

ELISA MEIRELLES

EQUIPE DO CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS**DIREÇÃO E SUPERVISÃO**

REGINA MARIA SILVÉRIO

COORDENADOR DA AÇÃO

NAZARÉ LIMA SOARES

EQUIPE

KATIA REGINA ARAÚJO DE ALENCAR

LUCIANA LIMA CRUZ

INSTITUIÇÃO CONTRATANTE: SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO DISTRITO FEDERAL

Linha de Trabalho: Apoio Técnico à Gestão Estratégica do SNCTI

Projeto Temático: Promovendo Cidades Sustentáveis no Brasil através do Planejamento Urbano Integrado e de Investimentos em Tecnologias Inovadoras

Instituição Responsável: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE

Instituição Executora:

Razão Social:	ARNS & YOSHIDA CONSULTORIA, PLANEJAMENTO E PROJETOS LTDA-EPP
Endereço:	SHIS, Condomínio Ville de Montagne, Quadra 25, Lote 30, Jardim Botânico, CEP: 71.680-367, Brasília-DF
Contato:	PAULO CESAR ARNS
Telefones:	(61) 981380940 / 981380941
E-mail:	paulo.arns@prismaticconsultoria.com.br
CNPJ:	13.493.266/0001-65

CONTRATO CGEE/PRISMATI CONSULTORIA, PLANEJAMENTO E PROJETOS Nº 161/2020

EQUIPE DE EXECUÇÃO

PAULO CÉSAR ARNS

COORDENADOR INSTITUCIONAL E FACILITADOR

KATIA CURY

RELATORIA

FILIPPE BACELAR

TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

FATIMA KEIKO

LOGÍSTICA E MOBILIZAÇÃO

SHIS, Ville de Montagne, 25-30

BRASILIA – DF – Cep.: 71.680-357

Telefones (61) 981380940 / 981380941

www.prismaticconsultoria.com.br

SIGLAS

Abes	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
Adasa	Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal
Cetesb	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CITInova	Fundação de Ciência, Tecnologia e Inovação
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
GDF	Governo do Distrito Federal
GEF	<i>Global Environment Facility</i>
MCTI	Ministério da Ciência Tecnologia e Informação
Pnuma	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PUC	Pontifícia Universidade Católica
Sema	Secretaria de Meio Ambiente
SLU	Serviço de Limpeza Urbana
UnB	Universidade de Brasília

SUMÁRIO

> 1 INTRODUÇÃO	372
> 2 OBJETIVO DO WORKSHOP	372
> 3 ETAPA DE MOBILIZAÇÃO	372
> 4 PROGRAMAÇÃO	374
> 5 METODOLOGIA	376
> 6 MESAS E DEBATES	376
> 7 CONCLUSÕES	383
> 8 AVALIAÇÃO DO EVENTO E CERTIFICADOS	383
> 9 ANEXOS	384

1 INTRODUÇÃO

O presente Produto é referente as informações produzidas durante o **I Workshop: Diagnóstico e Técnicas de Tratamento de Efluentes - Remediação do Antigo Lixão da Estrutural** realizado de modo on-line pela plataforma Zoom no dia 10 de dezembro de 2020.

O contexto desse evento se insere dentro das ações do Projeto CITInova “Promovendo Cidades Sustentáveis no Brasil por meio de planejamento urbano integrado e do investimento em tecnologias inovadoras”. O Projeto é coordenado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), sendo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) o responsável fiduciário pela implementação dos recursos do GEF. O Projeto conta ainda com a parceria do CGEE, na sua implementação, como responsável pelos trâmites administrativos-financeiros da execução do componente do Governo do Distrito Federal.

O projeto é composto por três componentes: Planejamento Integrado (componente 1), Implementação de Tecnologias Inovadoras (componente 2) e Plataforma Nacional do Conhecimento (componente 3).

O Governo do Distrito Federal (GDF) é responsável pela implementação de ações nos componentes 1 e 2 do projeto por meio da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, e, para isso, contratou a empresa Prismati Consultoria em Gestão e Projetos para dar suporte operacional ao workshop para a realização de atividades de (i) moderação, (ii) relatoria por meio remoto e (iii) elaboração de relatórios com resultados baseados nos subsídios dos eventos.

O Workshop foi realizado remotamente em decorrência do coronavírus (Covid-19).

2 OBJETIVO DO WORKSHOP

- Divulgar os resultados preliminares do estudo e diagnóstico ambiental do Lixão da Estrutural.
- Conhecer estudos de caso de recuperação e remediação de lixões e tratamento de efluentes de aterros sanitários.
- Estabelecer diretrizes e arranjos institucionais para remediação do Lixão da Estrutural.

3 ETAPA DEMOBILIZAÇÃO

Considerando a impossibilidade da realização do evento de forma presencial, em decorrência da emergência de saúde instalada pelo Covid - 19 optou-se pela forma remota.

Desta maneira, iniciou-se o processo de mobilização selecionando instituições e técnicos de áreas temáticas e afins para serem enviados os convites e para verificar a possibilidade real do público envolvido. Para tanto, iniciou-se o trabalho de contato telefônico, por e-mail e WhatsApp com os técnicos, tendo como ponto de partida uma lista elaborada pela Sema, que continha as seguintes informações: nome, instituição, cargo, telefone, e-mail.

Inicialmente o evento foi divulgado que seria realizado pela plataforma Webex, que é a utilizada pelo Governo do Distrito Federal e posteriormente teve-se que atualizar e informar que havia alterado para a plataforma Zoom. Após a definição da plataforma e do aplicativo a ser utilizado, foi feita uma segunda rodada de contatos telefônicos, com os integrantes das listas, para instruir sobre a utilização e instalação do aplicativo Zoom.

No caso do celular a instrução dada foi a de baixar e instalar o aplicativo, e tanto para esses quanto para aqueles que iriam fazer uso de computadores, foi enviado por e-mail ou mensagem de WhatsApp o link do evento para acessar a sala. Também foi informado que a equipe da Prismati daria o suporte necessário em caso de dificuldade de acesso, conforme mensagem abaixo.



Videoconferências, conferências na web, webinars, compartilhamento de tela
A Zoom é líder em comunicações de vídeo corporativa modernas, com uma plataforma na nuvem fácil e confiável para vídeo e audioconferências, bate-papos e webinars em sistemas móveis, desktop e de salas. O zoom.us

A Secretaria de Meio Ambiente do Distrito Federal e o Projeto CITInova tem o prazer de recebê-lo no I Workshop: Diagnóstico e Técnicas de Tratamento de Efluentes - Remediação do Antigo Lixão da Estrutural. Como se trata de um evento online, pela Plataforma Zoom, estamos passando para compartilhar algumas orientações para que sua participação aconteça de forma tranquila e acolhedora.

1) Como baixar e instalar o Zoom?

- Clique em <https://zoom.us/support/download> e acesse a página que selecionará automaticamente a versão do aplicativo que melhor se adequa ao seu equipamento (notebook, desktop ou smartphone).

2) Como acessar o ambiente do Evento?

- Para participar, clique em <https://bit.ly/3oB3x7E>. Sugerimos que seu acesso virtual seja realizado 20 minutos antes do início do evento e que você aguarde na sala de espera o credenciamento.
- Quando você for entrar na sala, solicitamos que utilize seu nome e sobrenome, pois ele será identificado na lista de participantes.
- Quando você entrar, perceberá que seu microfone estará temporariamente desabilitado. Isso será importante para que todos possam ouvir melhor as apresentações. Mas não se preocupe, pois durante o evento você poderá interagir nos momentos pactuados.
- Você poderá enviar suas perguntas e/ou dúvidas por escrito pelo chat. É só clicar no ícone do chat e nossa equipe fará a leitura de sua pergunta e/ou dúvida.
- Caso você tenha, sugerimos o uso de fones de ouvido, mas não é obrigatório.
- Caso sua conexão de internet caia, não se preocupe: é só sair e clicar em reingressar e você entrará no ambiente do evento novamente.

Achou complicado? Fique tranquilo(a): Conte com nossa equipe de suporte. Estamos disponíveis, nos seguintes canais:

E-mail: workshoplixaostrutural@gmail.com

Seja bem vindo(a): será um prazer tê-lo(a) participando conosco!

Coordenação do Evento

17:50 ✓

4 PROGRAMAÇÃO

A programação do workshop é apresentada abaixo e dentro do previsto houve duas ausências, na mesa 2, o representante da empresa Techtools Ventures/Wateffy e na mesa 3 do ICMBio.



SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DO DISTRITO FEDERAL PROJETO CITINOVA

I WORKSHOP: DIAGNÓSTICO E TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES - REMEDIAÇÃO DO ANTIGO LIXÃO DA ESTRUTURAL

DATA: 10/11/2020

Manhã (09:00 às 12:00)

ABERTURA - 09:00

Sarney Filho - Secretário de Meio Ambiente - **SEMA/DF** **Jair Tannús** - Diretor Presidente do **SLU**

Márcio Rojas - Representante do **MCTI** **Asler Lessels** - Representando o **PNUMA**

Roberto Carlos Batista - Procurador do **MPDFT**

CONTEXTUALIZAÇÃO DO EVENTO

Nazaré Soares - CITinova

MESA 1-09:30 - APRESENTAÇÃO DO DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Apresentação dos principais pontos relativos ao nível de contaminação atual na região do Lixão da Estrutural e adjacências, sobre os métodos utilizados e os resultados obtidos com relação à contaminação das águas e dos solos, caracterização e quantificação dos resíduos, técnicas propostas, etc. **Professor Eloi Campos (Coordenador do estudo)**.

10:30 - Abertura para debate e esclarecimentos

11:20 - APRESENTAÇÃO CETESB - Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Estado de São Paulo- **Elton Gloeden (Gerente do Departamento de Áreas Contaminadas da Cetesb)**

11:55 - Encerramento da primeira etapa

Tarde (14:00 às 17:20)

MESA 2-14:00 - EXPERIÊNCIAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM ATERROS SANITÁRIOS

Apresentação de práticas e técnicas consagradas em remediações de lixões que são aplicadas por empresas para a recuperação de áreas degradadas, inclusive lixões, mas não exclusivamente (técnicas aplicadas em outros tipos de degradação podem ser aplicadas a áreas de lixões ativos e desativados).

Apresentação das seguintes experiências:

14:00- Tratamento físico químico com osmose reversa- Eng. Químico Antônio Mallman- Empresa M2K.

14:30-Experiência de tratamento de chorume com ozônio, em Santana do Parnaíba (SP) – João Mariz - **Empresa TECHTOOLS VENTURES/WATEFFY.**

15:00-Transformando Lixões em Parques Multifuncionais - Cecília Herzog - **PUC/Rio.**

15:20- Debates, dúvidas e esclarecimentos.

MESA 3 - 16:00- Mesa redonda -DIRETRIZES PARA REMEDIAÇÃO DO ANTIGO LIXÃO DA ESTRUTURAL. (Fala de 8 minutos cada)

Apresentação sobre os aspectos e fatores que devem ser considerados numa estratégia para gerenciamento dos passivos no antigo lixão da estrutural, baseados no diagnóstico da contaminação apresentado e nos custos financeiros das práticas propostas, tempo para obter resultados satisfatórios, dentre outros aspectos intervenientes.

REPRESENTANTES:

MPDFT - Dr. Roberto Carlos Batista (Promotor)

ICMBio - Juliana Alves (Chefe do Parque Nacional de Brasília)

ABES - Heliana Kátia (Presidente)

SLU- Rômulo Barbosa (Diretor-Adjunto)

ADASA - Élen Dânia (Superintendente de Resíduos Sólidos, Gás e Energia)

Brasília Ambiental - Sandro Lima (Diretor de Emergências, Riscos e Monitoramento)

SEMA/DF - Elisa Meirelles (Assessora Especial)

17:00 - Esclarecimentos finais

17:20 - ENCERRAMENTO

5 METODOLOGIA

O roteiro do evento detalhado e método utilizado para a condução e facilitação remota estão no Anexo 1 desse relatório.

A plataforma utilizada foi o Zoom e todo o evento foi gravado e disponibilizado à Sema para futura edição e disponibilização nas redes sociais.

As inscrições foram feitas em formulário e não houve o total controle entre os participantes que se inscreveram e participaram efetivamente, daqueles que participaram sem terem feito inscrição.

A lista dos inscritos está no Anexo 2 desse documento.

Em relação à adesão houve um tagueamento de 558 clicks entre inscritos e não inscritos, inclusive com participações internacionais conforme registro abaixo.

REFERRERS

Email, SMS, Direct	532
com.google.androi...	21
legacy.buriti.df.gov.br	3
+2 more	2

LOCATIONS

Brazil	548
United States	9
France	1



6 MESAS EDEBATES

A programação foi definida com antecedência de 30 dias e os palestrantes foram previamente contatados pela Sema e posteriormente pela Prismati que formou um grupo para facilitar na organização e comunicação.

Os palestrantes fizeram teste previamente para se familiarizarem com a equipe da Prismati, com a plataforma e enviaram suas apresentações para a equipe no intuito de prevenir alguma dificuldade na exposição, e assim uma cópia foi encaminhada para a Prismati manipular e não comprometer a apresentação.

Os hiperlinks com os arquivos das apresentações e vídeos encontram-se no Anexo 3 desse relatório.

Os participantes foram orientados a realizar perguntas no *chat*, as quais foram selecionadas por blocos e remetidas oralmente a cada palestrante pelo facilitador, e respondidas em seguida. As perguntas registradas estão listadas abaixo por mesa. Para aqueles cujas perguntas não puderam ser respondidas, a organização se comprometeu em recebê-las por e-mail, enviá-las aos palestrantes que responderão posteriormente.

A seguir são organizadas as apresentações, as mesas, os blocos de perguntas e as respostas dos palestrantes por mesa, optou-se na decupagem em que se apresenta o tempo de registro do vídeo de cada etapa.

ABERTURA	TEMPO
Facilitador - Paulo Arns	00:00:00 - 00:02:32

EXPOSITOR	TEMPO
Sarney Filho - Secretário de Meio Ambiente - SEMA/DF	00:02:33 - 00:07:34
Jair Tannús - Diretor Presidente do SLU	00:07:56 - 00:12:32
Márcio Rojas - Representante do MCTI	00:13:10 - 00:17:20
Asler Lessels - Representando o PNUMA	00:17:44 - 00:21:25
Roberto Carlos Batista - Procurador do MPDFT	00:21:46 - 00:31:39



EXPOSITOR	TEMPO
Nazaré Soares - CITInova - Contextualização do evento	00:33:37 - 00:39:23



MESA 1 - APRESENTAÇÃO DO DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO LIXÃO DA ESTRUTURAL

PALESTRANTE	TEMPO
Prof. Dr. Eloi Campos - Universidade de Brasília - Diagnóstico Ambiental do Lixão da Estrutural	00:45:27 - 01:27:23
Perguntas e respostas	01:28:27 - 02:02:27
Dr. Elton Gloeden - Gerente do Departamento de Áreas Contaminadas da Cetesb - Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Estado de São Paulo.	02:04:39 - 02:46:26



MESA 1 - PERGUNTAS E COMENTÁRIOS REGISTRADOS NO CHAT

- Interessante os resultados do Mapa Potenciométrico, a área é bastante dinâmica do ponto de vista do fluxo subterrâneo.
- Essa área de 300 m ao lado do Parque Nacional é uma Unidade de Conservação Distrital que não poderia ter ocupação antrópica.
- No mapa de concentração de metais tem uma mudança abrupta de elevada para uma menor concentração de metais, mesmo sendo na direção de fluxo. Existe alguma barreira ali?
- Qual o grau de risco de ocupações urbanas sobre as áreas adjacentes, a exemplo da região de Santa Luzia? A qual, como demonstra os mapas, já está aumentando o impacto sobre a área com lançamentos de efluentes.
- O estudo não considerou que há mais duas unidades de conservação distritais Arie Córrego Cabeceira do Valo e Área de Relevante Interesse Ecológico da Vila Estrutural (essa ocupada pela invasão do Santa Luzia) e ao lado do Parque Nacional de Brasília. Há produção de hortifrutis na Cabeceira do Valo mas seriam impróprias ao consumo?
- Qual é o custo para reinjetar o chorume nesse sistema? Há limite na redução de toxicidade? E outros exemplos?
- Não seria necessário fazer uma investigação de contaminantes completa- Lista EPA, visto que o tempo desses contaminantes já fez com que eles já tenham se degradado e se transformado em outras substâncias de interesse?

- Mas o Lixão continua recebendo os resíduos de obras. Então ele ainda está sendo alimentado. Qual o nível de impacto desse chorume com essa atividade? OU de alteração dos contaminantes que foram encontrados nesse estudo?
- O estudo só está avaliando tecnologias *in situ* ou também está sendo analisada a possibilidade de tratamentos *ex situ*, como a mineração do aterro?
- Como devem ser tratadas as condições de isolamento físico do lixão não ações de remediação?
- Existe a intenção de medir a produção de metano fora da área do maciço, nas áreas ocupadas para fins da avaliação de intrusão de vapores?
- Importante destacar que toda a área do lixão está na APA do Planalto Central.
- Hoje tramita no IBRAM e no ICMBIO um projeto de urbanização denominado de Santa Luzia, com previsão de implantação na região sudoeste do entorno do Lixão, com prédios de razoável altura, inclusive para retirar as pessoas que hoje ocupam a linha dos 300 metros. Essa proposta do GDF não devia ser suspensa, devido aos riscos inerentes, para assim ser trabalhado uma nova proposta alternativa a ser construída para essa área do entorno do lixão
- Gostaria de saber sobre as plantações da Cabeceira do Valo, se há risco de contaminação, sabendo que as águas são boas, como está em relação pelo solo?
- Professor o que o senhor acha da utilização de microrganismos para tratamento e remediação do lixiviado, seria muito oneroso?
- O reflorestamento da zona tampão e um sistema de parques, com o uso de wetlands, seria um método para remediação da área, lembrando da importância da área para recarga de aquífero?
- Se o antigo lixão deixar de ser uma URE, outra área deverá ser destinada para receber os RCC1s. Os estudos atuais contemplam essa possibilidade?
- Já há em andamento estudo para edital para ATTRs, Áreas de transbordo, triagem e reciclagem de resíduos da construção civil em que serão destinados os RCC
- Como fazemos para acompanhar o projeto, em especial nas questões de reflorestamento?
- Quantos lixões em São Paulo estão sendo recuperados? Qual foi o melhor modelo e uso?
- Nos casos de reabilitação, quais as perspectivas, sob o ponto de vista econômico, da definição do uso futuro da área em relação aos custos da recuperação? Existe algum exemplo em São Paulo?

MESA 2 - EXPERIÊNCIAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM ATERROS SANITÁRIOS

PALESTRANTE	TEMPO
Eng. Químico Antônio Mallman- Empresa M2K. Tratamento físico químico com osmose reversa.	02:55:20 - 03:16:29
Profa. Dra. Cecília Herzog - PUC/Rio. Transformando Lixões em Parques Multifuncionais.	03:18:09 - 03:42:58
Perguntas e respostas também com a participação do Prof. Eloi Campos e da Sema Sra. Nazaré Soares	02:30:51 - 04:49:22



MESA 2 - PERGUNTAS E COMENTÁRIOS REGISTRADOS NO CHAT

- Antônio, vocês têm experiência com uso de zeólitas na redução da amônia. Obrigado.
- Antônio você poderia compartilhar conosco o custo por m³ do sistema implantado no município de Lageado / RS?
- Olá! Antônio, seria possível um tratamento que resultasse uma concentração pós tratamento da ordem 300 mg/l para DBO e Nitrogênio Amoniacal menor do que 1mg/l? Tendo em vista a relação comentada entre DBO alta e NH₃ alta.
- Cecília, vocês têm noção dos montantes investidos em cada projeto?
- Gostaria de fazer uma pergunta para a Cecília. Com relação a estabilidade destes maciços no Park Ariel Sharon existe o monitoramento, e qual a periodicidade deste monitoramento?
- Cecília, boa tarde, algum desses exemplos apresentados foram realizados por meio de parcerias público privadas PPP ou semelhante a operações urbanas consorciadas OUC?
- Boa tarde. Aproveitando a pergunta de Fabrício, gostaria de entender também como é feito o monitoramento de gases/chorume nessas revitalizações de lixões antigos. E até quanto tempo esses monitoramentos precisam ser feitos. 15 anos?
- Cecília, na sua opinião e com base no seu conhecimento, qual seria a opção mais adequada para a remediação do antigo lixão da Estrutural no DF?
- Parabenizo a todos os palestrantes e dirijo a pergunta à Professora Cecília: Pelo que foi apresentado no diagnóstico do lixão, existem importantes contrastes na área, seja por questões ambientais

ou sociais (parque nacional, ocupação urbana). Assim, pela sua experiência em vários lixões, além dos tratamentos tecnológicos necessários para os contaminantes, o que poderia ser um exemplo de reabilitação para o caso, visando conciliar uma possível função social/econômica da área a ser reabilitada e a proteção para o parque nacional?

- As atuais atividades de uso do lixão do DF, para depósito de resíduos da construção civil está devidamente licenciado?
- Antônio, e seu falar que esse (300 de DBO e 1 de Nh3) é o resultado de tratamento do Aterro sanitário de Brasília, operando com oxidação química seguida por filtros de zeólita, sem tratamentos com membranas posteriormente, esses resultados são possíveis?
- Porque não se fala em chorume para a agricultura?
- Tenho uma pergunta para a Cecília: Há algum tipo de programa de prevenção de resíduos ou educação ambiental nos parques recuperados? Não há um risco da população entender erroneamente que por ser possível transformar lixões em parques o passivo ambiental é facilmente recuperável?

MESA 3 - DIRETRIZES PARA REMEDIAÇÃO DO ANTIGO LIXÃO DA ESTRUTURAL

EXPOSITOR	TEMPO
Dr. Roberto Carlos Batista - Promotor do MPDFT	04:54:33 - 05:06:23
Heliana Kátia - Vice-Presidente da ABES	05:06:41 - 05:18:23
Rômulo Barbosa - Diretor-Adjunto do SLU	05:19:03 - 05:28:09
Élen Dânia - Superintendente de Resíduos Sólidos, Gás e Energia da Adasa	05:28:48 - 05:32:48
Sandro Lima - Diretor de Emergências, Riscos e Monitoramento do Brasília Ambiental	05:33:14 - 05:36:38
Elisa Meirelles - Assessora Especial da SEMA/DF	05:37:04 - 05:41:10
Perguntas, respostas e debate	05:41:50 - 06:13:20



MESA 3 - PERGUNTAS E COMENTÁRIOS REGISTRADOS NO CHAT

- Duas questões para o SLU e a ADASA. O valor cobrado para o recebimento de RCC na URE tanto o misto contaminado como o limpo e segregado é o mesmo. Há possibilidade em nome do uso adequado do terreno incentivar a separação onerando o recebimento de RCC misturado?
- Sr. Rômulo, a participação do SLU na recuperação da área é fundamental. Parte do apoio não requer muitos recursos financeiros, mas apenas alocação de serviços já contratados. Por exemplo, no controle das áreas plantadas, irrigação de plantios, instalação de cercas etc.
- Questão para o SLU e ADASA considerando o Marco Legal do SB - Lei 14.026/2020 há que se incluir na cobrança dos serviços de Manejo dos RSU o tratamento dos Resíduos. Está sendo revisto este valor a ser cobrado à população do DF?
- Para o SLU e ADASA, as duas novas glebas a serem incorporadas ao ASB de posse da TERRACAP está sendo concluído. No final de 2018 estava o processo bem encaminhado de uma das glebas e a outra com pendências cartoriais.
- Aproveitando o gancho da pergunta da Katia, por acaso a área da URE pode ser incluída em PPPs ou PPIs?
- Para o SLU e ADASA - o encaminhamento para que a iniciativa privada tivesse suas próprias UREs, havia uma possibilidade de cessão de terrenos por determinado período pela TERRACAP. Como está este processo que será capaz de aliviar o uso da área do ANTIGO LIXÃO no recebimento de RCC?
- Para o SLU e ADASA, há a previsão de estruturação de Parcerias Público- Privadas ou contratação comum por licitação e recursos do GDF para a limpeza e destinação final dos resíduos sólidos dos elementos de microdrenagem urbana? Há Marco regulatório existente pela ADASA?
- SLU: A madeira e os metais separados na Estrutural para produção do material britado são já destinados a cooperativas de catadores?
- Pergunta para o Rômulo. Com relação ao resíduos coletados e valor da taxa para deposição de resíduos no aterro sanitário de BSB os valores ainda são os contido na Resolução nº 17, de 23 de dezembro de 2019?
- Há alguma medida prevista para resolver o problema das ocupações irregulares para a região da Vila Santa Luzia, já que as condições de saneamento, os riscos ambientais e as ilegalidades socioambientais inerentes àquelas ocupações sub-humanas daquela região do entorno do lixão da estrutural é evidente. A Terracap, a SLU, o IBRAM, o DF Legal, tem alguma posição?
- Pergunta para SEMA: Quais os passos para a recuperação da área do ANTIGO
- LIXÃO? Para quando está prevista a conclusão dos estudos pela UnB? E a seguir o que vem? Está prevista a oitava e a participação da sociedade a respeito do processo?
- Para Prof. Eloi. Tem outras áreas da UNB fazendo outros estudos na área do ANTIGO LIXÃO ou todos os estudos estão sendo coordenados por você?
- Para prof. Eloi. Há estudos com apoio da CEB para aproveitamento energético com a participação da UnB?
- Para Prof. Eloi. Saberria dizer quanto custa estes estudos de diagnóstico em elaboração pela UnB e se teria uma estimativa para o custo de uma possível recuperação da área poluída pelo Antigo Lixão?

7 CONCLUSÕES

O evento foi finalizado dentro da programação e horário previstos, exceto pelo atraso inicial e ausência de um palestrante e uma instituição na Mesa 3, já relatados anteriormente. Avalia-se que entre a definição da data do evento e demais atividades de execução como as reuniões de planejamento e alinhamento com a empresa, houve efetividade pelo curto prazo.

Ressalta-se a capacidade de mobilização da equipe da Sema e Prismati que puderam realizar em período tão curto, o envio de convites, contato direto com palestrantes e testes, mudança de plataforma, que resultou em um número de participantes muito além do previsto, fato esse que demonstra a eficiência em sua divulgação, além do assunto ser de interesse público.

Como encaminhamento a Sema após edição do vídeo de gravação do workshop disponibilizará nas mídias sociais, as perguntas que não puderam ser respondidas serão supervisionadas pela Sema e encaminhadas aos palestrantes para responderem ao público. O envio de certificados será feito pela Sema mediante solicitação do participante.

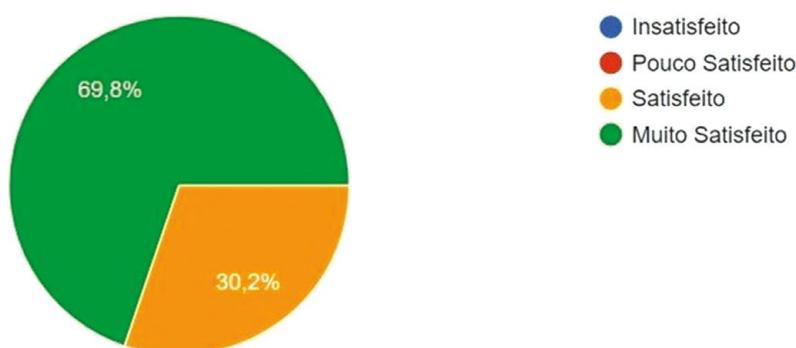
8 AVALIAÇÃO DO EVENTO E CERTIFICADOS

A avaliação do evento foi feita mediante resposta de formulário com apenas uma pergunta (Anexo 4). Não houve insatisfeitos entre os 53 participantes que participaram da enquete. Com elogios a qualidade das palestras, à organização e método adotado, contudo foram feitos os comentários da ausência de profissionais da saúde e da área social.

O envio de certificados será feito mediante solicitação do participante (Anexo 5).

Qual o seu grau de satisfação em relação ao Workshop?

53 respostas



9 ANEXOS

ANEXO 1. ROTEIRO E METODOLOGIA DA FACILITAÇÃO

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DO DISTRITO FEDERAL PROJETO CITINOVA

I WORKSHOP: DIAGNÓSTICO E TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES - REMEDIAÇÃO DO ANTIGO LIXÃO DA ESTRUTURAL

DATA: 10/11/2020

Horário: 09h às 12:00 e 14 às 17:30

Coordenação: SEMA, SLU, MCTI, GDF, PNUMA, MPDFT, Citinova/GDF

Execução: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)

Eloi Campos camposeloi@gmail.com

Elton Gloeden egloeden@sp.gov.br

Cecilia Herzog ceciliapherzog1@gmail.com

Atividades Preparatórias

HORA	MOMENTOS/ATIVIDADES		
8:00	Testar com membros das mesas de abertura e Mesa 1o uso dos recursos da Plataforma Webex Compartilhamento de Tela Configuração do mouse para ficar visível e em destaque		
8:30	Abrir sala de espera com mensagem		
8:50	Abrir sala de reunião com mensagem e música		
8:50	Filipe aceita participantes na sala do Workshop		
8:55	Facilitador - Mensagem de boas-vindas e avisando da pontualidade no início dos trabalhos		

Atividades de facilitação do evento

HORA	MOMENTOS	MICROFONE	ATIVIDADES
9:00- 9:01	MOMENTO 1 - Abertura dos trabalhos	Abre MicFacil	Bom dia aos participantes do I Workshop: DIAGNÓSTICO E TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES - REMEDIAÇÃO DO ANTIGO LIXÃO DA ESTRUTURAL Sejam todas Bem-Vindas! Sejam todos Bem-vindos! Este evento ocorre no âmbito do Projeto CITInova e de seus parceiros institucionais Execução: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)
9:01	MOMENTO 2 -	Mic aberto	Vamos dar início às atividades deste evento, abrindo espaço para que as instituições envolvidas no debate sobre o Lixão
9:02	Mesa de abertura - composição	Facilit.	da Estrutural possam dar as boas-vindas aos participantes e contextualizar o evento. Teremos falas dos representantes da SEMA, SLU, MCTI, PNUMA, MPDFT
09:02 09:03	Apresentação dos palestrantes 3-5 min / Instituição	Fecha MicFacilit. Abre MicPalest Idem idem	Lembramos que cada um terá como tempo disponível de 5 minutos 09:05 Convidamos para fazer uso da palavra e abrir os nossos trabalhos o Exlm. Sr. José Sarney Filho, Secretário de Estado do Meio Ambiente do DF Obrigado, 09:10 Convidamos Sr. Jair Vieira Tannús Júnior - Diretor-Presidente do SLU Obrigado, 09:15 Convidamos Sr. Marcio Rojas representante do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações - Obrigado, 09:20 Convidamos Sr. Asher Lessels representante do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA Obrigado, 09:25 convidamos Dr. Roberto Carlos Batista - Promotor de Justiça de Defesa do Meio Ambiente e Patrimônio Cultural (1º Prodema) Obrigado.
09:25 09:27	Encerramento da Mesa de abertura Agradecimento	Abre MicFacilit.	Agradecemos aos representantes dos órgãos e instituições pelas palavras neste momento inicial do evento, pelo incentivo e a valorização da participação e por demonstrar a importância que terão os resultados deste Workshop para os responsáveis pela implementação das ações de remediação do antigo Lixão da Estrutural.

HORA	MOMENTOS	MICROFONE	ATIVIDADES
9:27 9:29	MOMENTO 3 - Contextualização do evento	Mic aberto Facilit. Fecha MicFacilit.	Chamamos a atenção dos participantes para este rápido momento que vem a seguir onde buscaremos introduzir o Workshop DIAGNÓSTICO E TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES - REMEDIAÇÃO DO ANTIGO LIXÃO DA ESTRUTURAL no conjunto das atividades em desenvolvimento no Projeto CITInova - Promovendo Cidades Sustentáveis no Brasil através do Planejamento Urbano Integrado e de Investimentos em Tecnologias Inovadoras Quem fara esta introdução é a Sra. Nazaré Lima Soares em nome do Projeto CIT inova
09:29 09:35	Fala da Nazaré Facilit. Agradecimento	Abre micNazare Fecha MicNazare Abre MicFacilit.	Compartilhamento da Tela - apresentação Agradecimentos a Nazaré Obrigado pela contextualização sintética Então está evidente que este não será o único evento neste processo de remediação dos impactos do Lixão da Estrutural Ele está inserido num processo DIAGNÓSTICO - PLANO DE GERENCIAMENTO DE CONTAMINANTES - EXECUÇÃO COMPARTILHADA, todos já se sintam convidados a acompanhar as próximas etapas
09:35 09:40	Metodologia do evento	Mic aberto Facilit.	Antes de chamarmos a mesa 1, vamos reforçar algumas orientações sobre a metodologia do evento: como funciona, como será participação Trata-se de um evento remoto Já temos na sala tivemos mais de 250 inscrições e temos xx participantes no momento Temos que garantir que o evento permaneça dentro do programado Algumas orientações: <ol style="list-style-type: none"> 1. Horário do evento: das 09 às 12:00 e das 14:00 as 17:30 2. Solicitamos que ao saírem por algum motivo e que no intervalo do almoço, sempre que possível, mantenham-se conectados 3. Microfone – desligado – somente o organizador pode ligar os microfones. A interação com a coordenação, com os palestrantes e com os demais participantes será por meio do <i>Chat</i>. 4. As perguntas serão feitas por meio do <i>Chat</i> onde a relatoria do evento irá recolher e organizar as perguntas que serão lidas pelo Facilitador 5. As perguntas serão organizadas em blocos com conteúdos aproximados para facilitar a resposta 6. Se por ventura o tempo não for suficiente para responder a todas as perguntas, os Palestrantes se responsabilizam em encaminhar as respostas no e- mail de cada participante. 7. Caso sua conexão de internet caia, não se preocupe: é só sair e clicar em reingressar e você entrará no ambiente do evento novamente 8. Quanto aos CERTIFICADOS: quem quiser receber o certificado, deve entrar no Link que sera disponibilizado agora e preencher algumas informações 9. Da mesma forma, para a avaliação do evento, ser disponibilizado um link ao final da manhã e ao final da tarde
09:40	MOMENTO 4 MESA 1 Objetivo	Mic aberto Facilit.	Objetivo da mesa: Dentro do processo de construção do plano de gerenciamento de contaminantes, a primeira etapa é o DIAGNÓSTICO para termos uma leitura da situação atual,

HORA	MOMENTOS	MICROFONE	ATIVIDADES
09:41	APRESENTAÇÃO DO DIAGNÓSTICO AMBIENTAL		para orientar diretrizes e estratégias de intervenção A apresentação do Prof. Elói vai nos trazer os (i) principais pontos relativos ao nível de contaminação atual na região do Lixão da Estrutural e adjacências, (ii) Métodos utilizados e os resultados obtidos com relação à contaminação das águas e dos solos, caracterização e quantificação dos resíduos, (iii) quais as técnicas propostas, (iv) entre outros aspectos relativos ao diagnóstico.
09:41 09:42	Apresentação do Prof. Elói		Para apresentar este conteúdo, convidamos o Prof. José Elói Guimarães Campos Graduado, mestre e Doutor em Geologia pela UNB, Professor Titular do Departamento de Geociências da UNB, com experiência de mais de 25 de trabalhos em Hidrogeologia; Pedologia; Recursos Hídricos Subterrâneos; Sedimentologia; e Geologia Ambiental Coordenou diversos estudos relativos aos aquíferos do Distrito Federal e Entorno.
09:43 09:44	Metodologia Mesa 1	Mic aberto Facilit. Fecha MicFacilit.	- Solicitamos que as perguntas sejam encaminhadas por meio do <i>CHAT</i> durante a explanação para que possamos organizar blocos de perguntas. Não deixem para o final - FORMULAR PERGUNTAS Nome Entidade ou Profissão Pergunta de forma objetiva - Ao final da fala passaremos imediatamente a leitura das perguntas e as respostas em blocos - Prof. Elói com a palavra
09:44 10:44	Abre microfone Elói Facilitador Agradecimentos	Abre Mic Elói Fecha Mic Elói Abre MicFacilit.	Compartilhamento da Tela - apresentação Agradecimento ao Prof. Elói
10:44 11:45	Discussão Plenária	Mic aberto Facilit.	Passaremos agora a leitura das perguntas Solicitamos que os que quiserem formular perguntas o façam por meio do <i>CHAT</i> - FORMULAR PERGUNTAS Nome Entidade ou Profissão Pergunta de forma objetiva Passaremos imediatamente a leitura das perguntas

HORA	MOMENTOS	MICROFONE	ATIVIDADES
10:45 10:47	Leitura do Bloco de perguntas	Mic aberto Facilit. Fecha MicFacilit.	As perguntas estão direcionadas ao tema Fulano Instituição pergunta idem
3 a 5 minutos	Resposta Eloi	Abre MicElói	Resposta 3 a 5 min
Até as 11:18 11:18	Idem Flexibilidade Agradecer Palestrante	Idem Fecha Mic Elói	Idem Agradecimento
11:20			Prof. Eloi, muito obrigado pela apresentação didática e profunda sobre o diagnóstico do Lixão da estrutural. Saimos convencidos da necessidade de intervenção urgente, mas a mesmo tempo que é possível remediar a degradação ambiental Obrigado, sei que vais nos acompanhar até o final do evento. Seguimos dialogando portanto
11:20 11:21	Mesa 1 - Apresentação da Cetesb	Mic aberto Facilit. Fecha MicFacilit.	Este momento da Mesa 1, vai apresentar o Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Estado de São Paulo Já vamos subir um degrau no Diagnóstico, pois o Elton Gloeden vai dialogar com o diagnóstico apresentado pelo Prof. Elói a luz da experiência vivida no Estado de São Paulo e se possível, apontar onde estão os principais desafios para remediar os impactos do Lixão da Estrutural Neste etapa da Mesa 1 não teremos oportunidade de diálogo direto com os participantes. Mas todas as perguntas serão respondidas por e-mail
11:21 11:22	Apresentação do Palestrante		Elton Gloeden Geólogo, Mestre e Doutor em hidrogeologia pelo Instituto de Geociências da USP. Gerente do Departamento de Áreas Contaminadas da Cetesb
11:22 11:55	Fala do Palestrante	AbriuMicPales	Elton, por favor fique à vontade nos seus Compartilhar a tela
11:55 11:56	Agradecimento ao Palestrante		Obrigado Elton pelos esclarecimentos, creio que ficou bastante evidenciado que é possível remediar os impactos se houver informação disponível, um plano de ação, uma ação coordenada e monitoramento permanente;
11:56	MOMENTO 5	Abre MicFacilit.	- Solicitamos aos que não poderão retornar à tarde que preencham em 1 minuto a ficha de avaliação – o link está no

HORA	MOMENTOS	MICROFONE	ATIVIDADES
	Orientações Intervalo de Almoço	Fecha MicFacilit.	<p><i>Chat</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Os que quiserem certificado solicitamos que preencham a ficha que está no Link disponível no <i>Chat</i> - Nosso intervalo será até às 13:50 - Solicitamos o retorno a Sala às 13:50 para relaxar e ouvir uma boa música enquanto aguardamos o início dos trabalhos - A Mesa 2 terá início às 14:00 em ponto - Por favor, se possível não saiam da sala, mantenham seus aparelhos conectados na sala
13:55	Alerta	Abre MicFacilit.	<p>Sejam Bem-vindas e bem-vindos novamente Esperamos que todos estejam bem alimentados e dispostos para a continuidade dos trabalhos.</p> <p>Aproveitem uns minutos de relaxamento para darmos início as 14:00 a Mesa 2 do Workshop</p>
14:00 14:04	MOMENTO 6 Mesa 2 Objetivo EXPERIÊNCIAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM ATERROS SANITÁRIOS	Abre MicFacilit.	<p>Boa tarde a todos e todas! Agora que estamos todos bem abastecidos, não só pelo almoço, mas pelos conhecimentos adquiridos na mesa da manhã com o diagnóstico</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vale chamar a atenção que o evento está focado no diagnóstico, mas já apontando alternativas de remediação dos impactos ambientais no Lixão da Estrutural. - Pela manhã tivemos a oportunidade de acessar um conjunto de informações que dão um retrato da situação, com suas causas e também consequências se nada for feito. - A Mesa 2 avança em duas direções: <ul style="list-style-type: none"> - aponta tecnologias já em uso que podem remediar os impactos em relação a lixões, aterros sanitários e áreas degradadas similares; e a outra demonstra o que se pode esperar caso ações concretas forem feitas, utilizando experiências concretas de outros aterros que receberam intervenções para mitigar impactos ambientais. <p>A contribuição virá de três apresentações</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Empresa M2K - Tratamento físico químico com osmose reversa. 2. Empresa TECHTOOLS VENTURES - Experiência de tratamento de chorume em ozônio - Santana do Parnaíba - SP. (não esteve presente) 3. PUC/Rio - Transformando lixões - Cecília Herzog - <p>Na sequência vamos para os debates, dúvidas e esclarecimentos. Lembramos aos Palestrantes que cada um terá entre 20 a 25 minutos para suas apresentações Solicitamos que as perguntas sejam encaminhadas por meio do <i>CHAT</i> durante a explanação para que possamos organizar</p>

HORA	MOMENTOS	MICROFONE	ATIVIDADES
			<p>blocos de perguntas. Não deixem para o final</p> <p>FORMULAR PERGUNTAS</p> <p>Nome</p> <p>Entidade ou Profissão Pergunta de forma objetiva</p> <p>Ao final da fala passaremos imediatamente a leitura das perguntas e as respostas em blocos</p>
14:04 14:29	Apresentação 1 Antônio Mallmann Facilitador Agradecimento	Mic aberto Facilit. Abre Mic Empresa M2K Fecha MicOrad Abre MicFacilit.	<p>1) Tratamento físico químico e osmose reversa Eng. Químico Antônio Mallmann da Empresa M2K -</p> <p>Atuando desde 1993 em projetos ambientais, tendo desenvolvido projetos específicos de líquido percolado desde 2012</p> <p>Abrimos a Palavra a Sr.</p> <p>Compartilha Tela - Apresentação Retira compartilhamento de Tela</p> <p>Agradecemos a Antônio Mallmann pela exposição desta alternativa</p> <p>Lembrando para formularem as perguntas agora pois as formuladas no final podem não ter tempo para serem respondidas</p>
14:29 14:54	Apresentação 2 João Mariz Facilitador Agradecimento	Mic aberto Facilit. Abre Mic Empresa M2K Fecha MicOrad Abre MicFacilit.	<p>2) A Empresa TECHTOOLS VENTURES abordara sua experiência com tratamento de chorume em ozônio no município de Santana do Parnaíba - SP.</p> <p>A apresentação ser feita por João Mariz - Empresa TECHTOOLS VENTURES/WATEFFY.</p> <p>Temsua formação acadêmica em Portugal, onde cursou Economia, Gestão de Empresas, e Gestão Agrícola</p> <p>Pós Graduação em Gestão Ambiental</p> <p>Compartilha Tela - Apresentação</p> <p>Agradecimento a Sr. João Mariz</p> <p>Lembrando para formular as perguntas agora pois as formuladas no final podem não ter tempo para serem respondidas</p>
14:54 15:20	Apresentação 3 Profa. Cecília Herzog	Mic aberto Facilit. Abre Mic	<p>3) Profa. Cecília Herzog da PUC/Rio vai nos apresentar um estudo que reuniu um conjunto de experiências exitosas no processo de intervenção para transformação de lixões. Estas experiências estudadas e catalogadas devem jogar luz sobre o futuro, dando segurança de que as transformações são possíveis e viáveis.</p> <p>Profa. Cecília Herzog</p> <p>Paisagista urbana, professora, da PUC-Rio. Pesquisadora em Soluções baseadas na Natureza para cidades sustentáveis, resilientes. É autora de livros e artigos, palestrante, perita e</p>

HORA	MOMENTOS	MICROFONE	ATIVIDADES
	Facilitador Agradecimento	Fecha MicOrad Abre MicFacilit.	consultora. Compartilha Tela – Apresentação Agradecimentos Lembrando que serão priorizadas neste momento as perguntas formuladas para Profa. Cecília e depois as formuladas ao conjunto dos palestrantes.
15:20 14:21	Discussão Plenária	Mic aberto Facilit.	Solicitamos que os que quiserem formular perguntas o façam por meio do <i>CHAT</i> Passaremos imediatamente a leitura das perguntas
15:21 15:23	Leitura do Bloco de perguntas	Mic aberto Facilit. Fecha MicFacilit.	As perguntas estão direcionadas ao tema ou ao Palestrante X Fulano Instituição pergunta idem
15:23 15:35	Resposta Palestrante 2	Abre MicPainelista x	Resposta
15:35 15:47	Leitura do Bloco de perguntas	Mic aberto Facilit. Fecha MicFacilit.	As perguntas estão direcionadas ao tema ou ao Palestrante X Fulano Instituição pergunta idem
15:47 15:57	Leitura do Bloco de perguntas Para todos os Painelistas CONSIDERAÇÕES FINAIS 5 a 6 perguntas gerais ou específicas	Mic aberto Facilit. Fecha MicFacilit. Abre Mic por Painelista	Painelista 1 Resposta e considerações finais Painelista 2 Resposta e considerações finais Painelista 3 Resposta e considerações finais
15:57 16:00	Reforço	MicabertFacilit.	Reforçamos que as perguntas que não puderam ser respondidas oralmente, as respostas serão encaminhadas para o respectivo e-mail de cada participante que fez a pergunta.

HORA	MOMENTOS	MICROFONE	ATIVIDADES
			Agradecemos a compreensão.
16:00 16:02	<p>MOMENTO 7</p> <p>Mesa 3</p> <p>DIRETRIZES PARA REMEDIAÇÃO DO ANTIGO LIXÃO DA ESTRUTURAL</p> <p>Mesa a ser composta por tomadores de decisão.</p> <p>Fala de 5 a 7 minutos cada</p>	MicabertFacilit.	<p>A terceira e última mesa, fecha o Workshop</p> <p>Iniciamos com a Mesa 1 fazendo um diagnóstico da situação, passamos pela Mesa 2 apresentando tecnologias para remediação dos danos ambientais e demonstrando que experiências exitosas na remediação</p> <p>Agora a mesa 3 trazemos instituições que tem, de alguma forma, atribuições dentro de um arranjo institucional para implementar um Plano de Gerenciamento de Contaminantes na remediação da situação atual do Lixão da Estrutural aqui no DF</p> <p>Vale reforçar que este evento foca o diagnóstico e outros eventos focarão nas etapas seguintes do processo de elaboração do Plano de Gerenciamento de Contaminantes</p> <p>Então as instituições participantes desta mesa irão, ainda de forma preliminar, ajudar na compreensão de suas atribuições num arranjo institucional e apontar diretrizes gerais para remediar os passivos do antigo Lixão da Estrutural e que devem compor o Plano de Gerenciamento de Contaminantes.</p> <p>Diferentemente das mesas anteriores, não teremos tempo para que os representantes institucionais respondam às perguntas diretamente no evento, mas estão comprometidos em ler as contribuições e observações dos participantes e a responderem a todas as perguntas direcionando as respostas a cada um que colocar no CHAT</p>
16:02 16:09	<p>Instituição 1</p> <p>MPDFT o Sr - Dr. Roberto Carlos</p>	<p>MicabertFacilit.</p> <p>Abre MicPalest.</p> <p>Fecha MicPalest.</p> <p>Abre MicFacilit.</p>	<p>Reforçamos que cada representante institucional terá entre 5 a 7 minutos para suas considerações.</p> <p>Convidamos a fazer uso da palavra, representando MPDFT o Sr - Dr. Roberto Carlos Batista (Promotor)</p> <p>Fala Palestrante Agradecemos</p>
16:09 16:16	<p>Instituição 2</p> <p>ICMBio Sra - Juliana Alves (não esteve presente)</p>	<p>MicabertFacilit.</p> <p>Abre MicPalest.</p> <p>Fecha MicPalest.</p> <p>Abre MicFacilit.</p>	<p>Reforçamos que cada representante institucional terá entre 5 a 7 minutos para suas considerações.</p> <p>Convidamos a fazer uso da palavra a representante do ICMBio Sra - Juliana Alves (Chefe do Parque Nacional de Brasília)</p> <p>Fala Palestrante Agradecemos</p>

HORA	MOMENTOS	MICROFONE	ATIVIDADES
16:16 16:23	Instituição 3 ABES – a Sra. Heliana Kátia	MicabertFacilit. Abre MicPalest. Fecha MicPalest. Abre MicFacilit.	Reforçamos que cada representante institucional terá entre 5 a 7 minutos para suas considerações. Convidamos a fazer uso da palavra Presidente da ABES – a Sra. Heliana Kátia Fala Palestrante Agradecemos
16:23 17:30	Instituição 4 SLU- Sr. Rômulo Barbosa	MicabertFacilit. Abre MicPalest. Fecha MicPalest. Abre MicFacilit.	Reforçamos que cada representante institucional terá entre 5 a 7 minutos para suas considerações. Convidamos a fazer uso da palavra o diretor Adjunto da SLU - Sr. Rômulo Barbosa Fala Palestrante Agradecemos
17:30 17:37	Instituição 5 ADASA – Sra. Élen Dânia	MicabertFacilit. Abre MicPalest. Fecha MicPalest. Abre MicFacilit.	Reforçamos que cada representante institucional terá entre 5 a 7 minutos para suas considerações. Convidamos a fazer uso da palavra a Superintendente de Resíduos Sólidos, Gás e Energia da ADASA – Sra. Élen Dânia Fala Palestrante Agradecemos
17:37 17:44	Instituição 6 Brasília Ambiental – Sr. Sandro Lima	MicabertFacilit. Abre MicPalest. Fecha MicPalest. Abre MicFacilit.	Reforçamos que cada representante institucional terá entre 5 a 7 minutos para suas considerações. Convidamos a fazer uso da palavra o Diretor de Emergências, Riscos e Monitoramento do Brasília Ambiental – Sr. Sandro Lima Fala Palestrante Agradecemos

HORA	MOMENTOS	MICROFONE	ATIVIDADES
17:44 17:51	Instituição 7 SEMA/DF – Sra. Elisa Meirelles	MicabertFacilit. Abre MicPalest. Fecha MicPalest. Abre MicFacilit.	Reforçamos que cada representante institucional terá entre 5 a 7 minutos para suas considerações. Convidamos a fazer uso da palavra a Assessora Especial da SEMA/DF – Sra. Elisa Meirelles Fala Palestrante Agradecemos
17:51 17:52	Agradecimentos	Mic aberto Facilit.	Agradecemos as instituições que fizeram parte desta Mesa Redonda, pela forma como expuseram suas considerações e contribuições. Esperamos que nas etapas seguintes possamos avançar ainda mais no amadurecimento do arranjo institucional de implementação e no conteúdo do Plano de Gerenciamento de Contaminantes
17:52 17:53	MOMENTO 8 Avaliação	Mic aberto Facilit.	Solicitamos que todos os participantes preencham a ficha de avaliação que está sendo NOVAMENTE disponibilizado no CHAT (FILIPE) Quanto aos CERTIFICADOS é necessário Preencher a lista que está no link disponibilizado no <i>Chat</i>
17:53 17:55	MOMENTO 9 Agradecimentos e Orientações Finais	Mic aberto Facilit.	Aos participantes, agradecemos a colaboração para que o evento transcorresse de forma tranquila e harmônica, com o cumprimento do horário e propósito do evento Agradecemos a compreensão e a disciplina no uso desta plataforma participativa Lembramos a todos que este evento é parte de um processo de construção do Plano de Gerenciamento de Contaminantes, e posteriormente do monitoramento de sua implementação. A participação de cada um é importante nas próximas etapas. Relembramos que todas as perguntas que não foram respondidas aqui, as respostas serão encaminhadas para os respectivos e-mail Fiquem atentos para o calendário de eventos de 2021 Parabenizamos aos Gestores e suas equipes técnicas envolvidas na organização Abraços e muito obrigado por fazerem parte do esforço para tornar o Distrito Federal cada vez mais sustentável Tenham todos um ótimo final de ano e muita energia, disposição e alegria para enfrentar e desfrutar do ano de 2021 A sala ficara aberta mais alguns minutos para os que estão finalizando a avaliação E preenchendo a ficha para receberem o certificado

Atividades finais

ANEXO 2. LISTA DE PARTICIPANTES

CARIMBO DE DATA/HORA	NOME COMPLETO	INSTITUIÇÃO / CARGO	TELEFONE COM DDD	E-MAIL	GÊNERO
12/4/2020 17:13:57	Alba Evangelista Ramos	Adasa/SRH/Coordenação de Agência de Bacias Hidrográficas	61999721517	alba.ramos@adasa.df.gov.br	FEMININO
12/7/2020 15:09:17	Alda Dutra Duarte	Movimento Nossa Brasília - Membro Titular do Comitê do Projeto Citinova	61-981219709	aldaduartebr@gmail.com	FEMININO
12/9/2020 14:43:19	Alessandra Peres	Consultora Sema projeto Citlnova	61991042012	Alessandraperes.semadf@gmail.com	FEMININO
12/8/2020 12:17:30	Alex lima da silva	Faculdade pitágoras	98984812722	alexlima12@hotmail.com	MASCULINO
12/5/2020 12:26:05	Alexandre bedran	Associação das micro e pequenas empresas Ampec scia Estrutural	61984737157	alexandrebedran@hotmail.com	MASCULINO
12/7/2020 8:57:51	Alfrdo Rihm	BID HQ	+1 2026795194	jrihm@iadb.org	MASCULINO
12/8/2020 18:32:56	Aline Almeida Maia	Secretaria de Projetos Especiais	061982047542	alinemaiaappgt@gmail.com	FEMININO
12/9/2020 16:32:37	Aline Almeida Maia	Casa Civil	61999999999	aline.maia@buriti.df.gov.br	FEMININO
12/3/2020 9:36:25	Aline Alves Dos Santos	Universidade de Brasília	062 996070825	alinealvessantos97@gmail.com	
12/7/2020 6:57:16	Aline Carolina da Silva	Uniceplac	7999003320	alinesilva.ambiental@gmail.com	FEMININO
12/9/2020 13:19:08	ALINE DA NÓBREGA OLIVEIRA	SEDUH/ASSESSORA	61998695450	aline.oliveira@seduh.df.gov.br	FEMININO
12/4/2020 14:56:43	Alzira Rafaela Sousa dos Santos	Jogue Limpo Brasília / Encarregada	61982345241	jldf.gri@solvi.com	FEMININO
12/3/2020 15:34:06	Amanda Caroline do Nascimento da Silva	Universidade de Brasília (UnB) / estudante de graduação em geologia	(61) 99224-3404	amanda.cns@hotmail.com	
12/9/2020 14:51:37	Amanda de Freitas Meireles	Assessora - SEMA/DF	61996164590	amanda_fmeireles@hotmail.com	FEMININO
12/4/2020 14:12:20	AMANDDA CAROLLINE CAVALCANTE	Autônoma	61982183026	amanddacarol@gmail.com	FEMININO
12/8/2020 13:35:10	Ana Carolina Fuchs Freitas	Engenheira Ambiental	61984733541	fuchsambiental@gmail.com	FEMININO
12/4/2020 15:01:23	Ana Caroline Paiva Antunes de Almeida Oliveira	Instituto Brasília Ambiental - IBRAM	61 992811540	carolalmeida12@gmail.com	FEMININO
12/4/2020 15:03:19	Ana Caroline Paiva Antunes de Almeida Oliveira	Instituto Brasília Ambiental - IBRAM	61992811540	Ana.almeida@ibram.df.gov.br	FEMININO
12/8/2020 17:03:33	Ana Sofia Cavalcanti Jucá	Adasa / Assistente Técnico da SRS	(81)999983660	sofia.juca@adasa.df.gov.br	FEMININO

CARIMBO DE DATA/HORA	NOME COMPLETO	INSTITUIÇÃO / CARGO	TELEFONE COM DDD	E-MAIL	GÊNERO
12/7/2020 12:39:56	ANDRE CONTE CANTON	SABIN MEDICINA DIAGNÓSTICA / ENGENHEIRO AMBIENTAL	61999151331	andrecantoneng@gmail.com	MASCULINO
12/4/2020 13:28:28	André Souza	Assessor técnico Projeto CITinova/SEMA-DF	61981227689	andrelsouza@gmail.com	MASCULINO
12/8/2020 11:44:39	Andréa Paula de Carestiato Costa	Tecnica especializada	61981517860	acarestiato@gmail.com	FEMININO
12/4/2020 13:13:31	Andrea Portugal Fellows Kuhnert Dourado	SLU, Assessora especial	+556184473920	andrea.portugal.fellows@gmail.com	FEMININO
12/8/2020 19:25:44	Andrea rodrigues de almeida	Slu/Gerente de Aterros	61998398108	Andreaalmeida2803@gmail.com	FEMININO
12/4/2020 13:31:56	ANGELA DE FATIMA PEREIRA BISPO	Prefeitura Municipal	64992017379	angela_eng@hotmail.com	FEMININO
12/8/2020 8:36:26	Angélica Vieira Sousa Campos	Exército Brasileiro	+5561992181207	angelicavsc@gmail.com	FEMININO
12/7/2020 16:44:13	Anna Luiza Mendes Rossetto	Universidade de Brasília	61991104885	luiza.mrossetto@gmail.com	FEMININO
12/7/2020 10:00:20	Antônio Clarê Carrijo Barbosa	Caesb / Analista de Sistema de Saneamento	6132147921	claretcarrijo@gmail.com	MASCULINO
12/5/2020 15:31:45	Antônio Clarê Carrijo Barbosa	Caesb - Analista de Sistema de Saneamento	061991041204	claretcarrijo@gmail.com	MASCULINO
12/7/2020 8:56:45	Antonio Felipe Couto Junior	Universidade de Brasília / Professor	61 981999960	afcj@unb.br	MASCULINO
12/5/2020 0:12:14	Antonio Queiroz Barreto	IBRAM DF/ Analista	61996192909	aqzbarreto@gmail.com	MASCULINO
12/8/2020 8:27:20	Ariana Dias da Silva Ferreira Leite	Brasilia Ambiental/Chefe Unidade de Planejamento	61 993260078	ariana.leite@ibram.df.gov.br	FEMININO
12/2/2020 15:24:51	Arthur Siqueira Reis	Graduando da UnB	61985639505	arthur.sreis@gmail.com	
12/7/2020 12:58:20	Aruza Teresa Tanios Nemer Xavier	Caesb/DF	61 981457186	Aruzaxavier@caesb.df.gov.br	FEMININO
12/7/2020 14:14:11	Asher Lessels	PNUMA	+5561991529864	ASHER.LESSELS@UN.ORG	MASCULINO
12/7/2020 14:52:55	Atman coutinho solino	Simemp Serviços técnicos e Engenharia/ Engenheiro ambiental	61999487767	atmansolino@gmail.com	MASCULINO
12/4/2020 14:28:24	Bernadedth Rocha Simões	Prefeitura municipal de Senhor do Bonfim Bahia	74998017803	bernadethrocha2@gmail.com	FEMININO
12/5/2020 0:16:47	Bianca Alves Lima Ribeiro	Consultora Ambiental	21985708206	Bianca.ribeiro@poli.ufrj.br	FEMININO

CARIMBO DE DATA/HORA	NOME COMPLETO	INSTITUIÇÃO / CARGO	TELEFONE COM DDD	E-MAIL	GÊNERO
12/7/2020 14:54:22	BRUNO VELASCO DE OLIVEIRA	SIMEMP	61-992374117	brvelasco@gmail.com	MASCULINO
12/4/2020 14:51:50	Camilla Nunes de Menezes	Valenza Ambiental	(67) 98472-6765	camillaesa@gmail.com	FEMININO
12/9/2020 14:13:41	Carine Adriana Câmara Barbosa	MPDFT	61-981755430	carineadrianac@gmail.com	FEMININO
12/7/2020 10:51:11	Carla Patrícia Barbosa Ramos	SLU	61 985885591	carlabelacap@hotmail.com	FEMININO
12/9/2020 10:34:04	Carlos Romero Martins	IBAMA	61-999774115	carlos.martins@ibama.gov.br	MASCULINO
12/9/2020 14:35:18	CARMEN LIGIA LOPES	adasa	61992190339	ligia.lopes@adasa.df.gov.br	FEMININO
12/7/2020 9:18:17	CAROLINA LEITE QUEIROGA SCHUBART	SEMA/ASSESSORA ESPECIAL	(61) 98175-0205	schubart.carolina@gmail.com	FEMININO
12/7/2020 17:58:50	Caroline Ramos Medeiros	Prefeitura de Macaé / analista ambiental	22998529538	carol_rmedeiros@hotmail.com	FEMININO
12/4/2020 21:01:16	Catia dos Santos Conserva	DER DF - Arquiteta	61 992169852	cconserva@gmail.com	FEMININO
12/7/2020 9:13:20	Charles Dayler Silva de Almeida	SEMA-DF / Assessor Especial	(61) 999485868	charles.almeida@sema.df.gov.br	MASCULINO
12/7/2020 11:03:44	Cicero Carlos Gomes de lacerda	s.l.u analista	61 30133911	lacerda.cicero@bol.com.br	MASCULINO
12/9/2020 16:19:56	Clara Franco	Tv Globo	+55 61 9868-6818	clara.franco@globo	FEMININO
12/8/2020 20:31:16	Clarissa Dantas Adamatti	ADASA/ Estagiária	+5561985789430	clarissa.adamatti@uol.com.br	FEMININO
12/8/2020 10:22:17	CRISTIANO LOPES DA CUNHA	SECRETÁRIO EXECUTIVO DA CASA CIVIL	61 39614738	casa.civil@buriti.df.gov.br	MASCULINO
12/7/2020 14:00:48	Dandara Jucá Kokay Mariano	Secretaria de Obras de Águas Lindas de Goiás / Analista Ambiental	(61) 9 9945-8517	dandara.kokay.mariano@hotmail.com	FEMININO
12/8/2020 8:36:22	Daniella Azevedo De Albuquerque Costa	Caesb /Analista de Saneamento Geógrafa	+5561981881114	danazevedo@yahoo.com.br	FEMININO
12/4/2020 16:23:41	Daniella Castanheira	Instituto Brasília Ambiental/ Analista de Infraestrutura e Planejamento	(61) 998782911	daniella.castanheira@ibram.df.gov.br	FEMININO
12/4/2020 15:08:46	Débora Yamamoto Bonacina Takahashi	Bonacina Ambiental/ sócia-proprietária	6799642-3180	bonacina.ambiental@gmail.com	FEMININO
12/4/2020 15:09:26	Denise de Campos Gouvea	SEDUH/ GDF	996581713	dgouvea60@gmail.com	FEMININO
12/9/2020 8:05:48	Diego Hinterholz	Ecotech / Analista Ambiental	051 995013606	diego@ecotech.eng.br	MASCULINO

CARIMBO DE DATA/HORA	NOME COMPLETO	INSTITUIÇÃO / CARGO	TELEFONE COM DDD	E-MAIL	GÊNERO
12/7/2020 10:56:51	Dyego Randson Guerra de Medeiros	Diretor Licenciamento - DILIO da Subsecretaria de Acompanhamento Ambiental da Secretaria de Obras - SODF	6185942431	dyego.medeiros@so.df.gov.br	MASCULINO
12/6/2020 8:25:35	Edilene	Engenheira	61991126026	Edilene.costa@gmail.com	FEMININO
12/7/2020 19:48:28	EDMI MOREIRA	ECOS DO CERRADO MOVIMENTO	61981056929	edmisoscerrado@yahoo.com.br	MASCULINO
12/7/2020 12:48:19	Edmilson Martins de Oliveira	CBF-NP/ Diretor de Meio Ambiente	61 98118-7034	emodireito@gmail.com	MASCULINO
12/5/2020 14:29:00	Eduardo Cyrino de Oliveira Filho	Embrapa Cerrados/ Pesquisador	61992416494	Eduardo.cyrino@embrapa.br	MASCULINO
12/8/2020 14:52:21	Élen Dânia Silva dos Santos	Superintendente de Resíduos Sólidos, Gás e Energia	61 98137-6703	elen.santos@adasa.df.gov.br	FEMININO
12/7/2020 23:36:41	Elisa	Estudante	61982827272	Elisa.sette@gmail.com	FEMININO
12/9/2020 12:48:23	ERCILIA RAMOS RIBEIRO MORENO	Caesb Tecnica em Saneamento	61981337633	erciliapontocom@gmail.com	FEMININO
12/4/2020 16:19:39	Erica Yoshida De Freitas	Adasa	6139615058	Erica.freitas@adasa.df.gov.br	FEMININO
12/8/2020 8:36:01	Érika Stefane de Oliveira Salustiano	Exército Brasileiro / Analista Ambiental	61 98219-4413	erika.qualifica@gmail.com	FEMININO
12/6/2020 17:30:59	Fábio Pazini	prover/ diretor tecnico	69999222866	projetosprover@gmail.com	MASCULINO
12/9/2020 14:53:52	Felipe de Figueiredo Nébias	CEFET-RJ/Aluno de Engenharia Mecânica	21 973943418	felipenebias@gmail.com	MASCULINO
12/7/2020 11:43:17	Flávio Santos Gonçalves	Caesb / Gerente	6132137324	flaviogoncalves@caesb.df.gov.br	MASCULINO
12/7/2020 9:26:35	Flora Lyn de Albuquerque Fujiwara	Universidade de Brasília / Mestranda	61 982934030	florafujiwara@gmail.com	FEMININO
12/4/2020 22:42:25	Francelina Rodrigues de Sena	presidente da AMBNC e da ASMOVIN Associação de moradores da Nova colina	61 98604-9872	francelinasena@hotmail.com	FEMININO
12/8/2020 15:42:49	Francis Priscilla Vargas Hager	EB Geóloga	61 981856993	rozopri@gmail.com	FEMININO
12/4/2020 16:23:41	Gabriel Alcázar Plácido Teixeira	AST Brasil / Estagiário	021 996827665	gabrielalcazar@id.uff.br	MASCULINO
12/2/2020 18:30:47	Gabriel Coutinho Farias	UnB/Estudante de Graduação	61 992640667	gabrielcout@gmail.com	
12/7/2020 10:45:16	gabriel gonçalves chaib	auxiliar operacional	61 983288463	gabriechaibsam@gmail.com	MASCULINO

CARIMBO DE DATA/HORA	NOME COMPLETO	INSTITUIÇÃO / CARGO	TELEFONE COM DDD	E-MAIL	GÊNERO
12/5/2020 22:36:20	Gabriel Juraski	Agência Municipal de Meio Ambiente e Planejamento Urbano (PLANURB Campo Grande - MS)	67991511095	juraski7@gmail.com	MASCULINO
12/7/2020 15:57:21	GABRIEL TENORIO RAMOS	IBRAM / TÉCNICO ESPECIALISTA	61996374610	gabriel.tenorio@gmail.com	MASCULINO
12/7/2020 15:32:48	Gabriela de Almeida Ribeiro	Profissional independente	6182374363	gabi.ambiental@gmail.com	FEMININO
12/7/2020 17:01:37	Gabriela Fonseca Costa	GEF/SEMA Estagiária de Comunicação	61993215109	gabrielafonseca.comunicacao@gmail.com	FEMININO
12/9/2020 9:16:20	GERALDO DE ALMEIDA NETO	IBRAM/ Analista de Atividades de Meio Ambiente	61981338583	geraldaoabio@gmail.com	MASCULINO
12/9/2020 9:38:09	GEZELI BANDEIRA DE MELLO	SINDUSCON-DF	61 32348310	gezeli@sinduscondf.org.br	FEMININO
12/9/2020 13:31:45	Gizele Rosalem	Instituto Brasília Ambiental	6199991-6745	gizelerosalem@hotmail.com	FEMININO
12/2/2020 14:51:05	GLAUCO AMORIM DA CRUZ	SEMA-DF / COODENADOR DE IMPLEMENTAÇÃO DA POLÍTICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS	61 996899491	gamorimdacruz@gmail.com	
12/4/2020 18:12:14	Grahal Benatti	Chefe substituto/Parque Nacional de Brasília	61999872259	grahal.benatti@icmbio.gov.br	MASCULINO
12/9/2020 11:12:49	Grazielle Rodrigues	Casa Civil - Assessora Especial da Unidade de Articulação Institucional	61983059393	grazielle.consultoria@gmail.com	FEMININO
12/4/2020 15:53:24	Gustavo Antonio Carneiro	Superintendente de Recursos Hídricos	61 98612 1617	gustavo.carneiro@adasa.df.gov.br	MASCULINO
12/8/2020 18:53:19	Gustavo Pereira de Menezes	SLU - Gestor de Resíduos Sólidos	61981938572	gustavo.menezes@slu.df.gov.br	MASCULINO
12/2/2020 15:18:34	Hanna Costa Nogueira	UnB/Aluno	61996209395	hannacogueira@gmail.com	
12/7/2020 22:49:48	Homel Marques	Especialista de políticas públicas de meio ambiente	11995474263	homtrom@terra.com.br	MASCULINO
12/6/2020 6:46:23	Ian Souza Bandeira Chaves	Brasília Ambiental - Assessor - Engenheiro Ambiental	061981205704	ian.engambiental@gmail.com	MASCULINO
12/4/2020 11:20:16	Isabela Lustz Portela Lima	SLU - Gestor de Resíduos Sólidos, especialidade Biologia	061-981389191	isabela_lustz@yahoo.com.br	
12/8/2020 12:59:53	Isabelle Cristyna Lima Machado	Engenheira Ambiental e Sanitária	61999332295	isabelle.cristynabl@gmail.com	FEMININO
12/2/2020 14:55:34	Isadora Lobão Mori	Gerente de Resíduos/SEMA	61981591749	isadoralobao.sema@gmail.com	
12/4/2020 13:39:21	ITAMAR ANTONIO DE OLIVEIRA JUNIOR	INSITUTO AQUILA - GERENTE AMBIENTAL	83988174350	ENG.IAOLIVEIRA@GMAIL.COM	MASCULINO
12/6/2020 16:27:19	Jacqueline Barbosa de Oliveira Insaurele	Coordenadoria Geral de Perícias e Identificação de Mato Grosso do Sul - Perito Oficial Forense	67 99142-3890	jakokams@yahoo.com.br	FEMININO

CARIMBO DE DATA/HORA	NOME COMPLETO	INSTITUIÇÃO / CARGO	TELEFONE COM DDD	E-MAIL	GÊNERO
12/4/2020 19:41:29	Jadilson Antonio Campos Magalhães	MDR - Analista de Infraestrutura	71991728560	jadilsonmagalhaes@yahoo.com.br	MASCULINO
12/4/2020 15:25:22	Janaina Cristiane Santos	Engenheira Sanitarista e Ambiental	6799639447	janaina.cristianesantos@gmail.com	FEMININO
12/4/2020 23:41:39	JANAINA SOARES E SILVA ARAUJO	Brasília Ambiental / Analista de atividades do meio ambiente (diretora de licenciamento)	61982247379	janaina.ibram@gmail.com	FEMININO
12/4/2020 14:53:32	Janaina Trindade	SLU/Assessora	(61) 99985-9071	janaina.atrindade@gmail.com	FEMININO
12/8/2020 21:21:13	Jessica Rafaelly Almeida Lopes	UFRPE	(84)9666-4013	jessicarafaelyalmeida@hotmail.com	FEMININO
12/9/2020 15:59:40	Jeycianne Santos Mendes	Pitágoras- estudante	98982968231	jeyci.mendes@gmail.com	FEMININO
12/7/2020 23:32:34	Joana de oliveira Alves	Universidade de Brasília Aluna	61 986462157	Joanadeoliveiraalves@hotmail.com	FEMININO
12/6/2020 11:14:10	JOAO BOSCO COSTA DIAS	MPDFT-1ª PRODEMA/Chefe de Gabinete	61991410640	joao.dias@mpdft.mp.br	MASCULINO
12/9/2020 16:26:28	João Carlos Figueiredo	Unb / aluno	61998801543	JoaoCarlos_figueiredo@hotmail.com	MASCULINO
12/5/2020 4:28:24	João da Costa Castro	Hidrovida Soluções/ Proprietário	63992092513	jccleetro@hotmail.com	MASCULINO
12/3/2020 9:40:10	João Gabriel Cavalcante Vieira	Universidade de Brasília - UnB, aluno de graduação em Geologia.	61996838767	joaogabrielcvieira@gmail.com	
12/8/2020 15:57:27	João Henrique Toniolo Teche	Adasa - Estagiário	(61)99929-3556	jhenrique1671@gmail.com	MASCULINO
12/7/2020 10:16:30	João Suender Moreira	Secretaria de Estado de Saúde do DF	61981973683	joao.saudedf@gmail.com	MASCULINO
12/2/2020 15:13:53	José Eloi Guimarães Campos	Universidade de Brasília / Docente	61 99898167	eloi@ unb.br	
12/4/2020 13:42:19	Jose Roberto Furquim da Silva	Adm. Lago Norte - Gerente Areas Rurais	61999705807	Zefurquim@gmail.com	MASCULINO
12/7/2020 10:09:03	Júlia Espíndula Araújo Prado	Universidade de Brasília	61982435566	julia.espindula@aluno.unb.br	FEMININO
12/9/2020 9:16:07	Juliana Amaral de Azevedo	Estudante de Engenharia de Produção da PUC-RIO	21976177967	juliana.amaral96@hotmail.com	FEMININO
12/4/2020 15:04:11	Juliana Frutuoso Gomes	SLU/ Gestora de Resíduos Sólidos	61981880825	juliana.gomes@slu.df.gov.br	FEMININO
12/4/2020 15:37:39	Júlio Henrichs de Azevedo	Ministério da Economia/ Força de Trabalho -Analista Ambiental	(61)99913-9930	julio.henrichs@gmail.com	MASCULINO

CARIMBO DE DATA/HORA	NOME COMPLETO	INSTITUIÇÃO / CARGO	TELEFONE COM DDD	E-MAIL	GÊNERO
12/9/2020 12:47:35	JÚNIA DE OLIVEIRA PORTO	PARTICULAR	(61) 98316-3862	junia.junia@gmail.com	FEMININO
12/5/2020 11:16:35	KAREM RODRIGUES DE PAULA	Câmara dos Deputados	61995651566	karemrodrigues@gmail.com	FEMININO
12/7/2020 13:31:33	Karina Bassan Rodrigues	Analista em sistemas de saneamento	+5561995585995	karinabassan@gmail.com	FEMININO
12/4/2020 13:25:59	Kelly Cristina Dutra da Silva	Adasa	61999342806	kellycristinadutra@gmail.com	FEMININO
12/7/2020 10:02:00	Larissa Carvalho de Carvalho	SEDUH/Assessora	61983577777	lacarvalhodecarvalho@gmail.com	FEMININO
12/8/2020 18:11:17	Laura Magalhaes	Servidor público federal	61981141037	laurasm@gmail.com	FEMININO
12/5/2020 14:47:43	Laurene Desclaux	Ufrj / doutoranda em planejamento ambiental	21982242638	laurene.desclaux@gmail.com	FEMININO
12/5/2020 13:01:49	Leandro da Motta Alves	GPRAM/CBMDF - 2º Sargento	(61)991154909	leandrodamotta@hotmail.com	MASCULINO
12/7/2020 16:05:13	Leticia Pacheco dos Passos Claro	SEDUH/Assessora	6181364123	leticia.claro@seduh.df.gov.br	FEMININO
12/4/2020 13:28:02	Liane de Moura Fernandes Costa	Concremat - Engenheira	61 991173497	lianeuft@gmail.com	FEMININO
12/2/2020 15:17:51	Linda Beatriz da Silva Salss	UnB/Estudante	61982129432	Linda.beatrizssales@gmail.com	
12/7/2020 18:42:57	Lívia Xavier Alcântara dos Santos	Prefeitura de Macaé	22 99902-6677	liviexas@hotmail.com	FEMININO
12/4/2020 19:40:20	Luana Cristeli Sena	SLU	61982770444	luana.ambiente@gmail.com	FEMININO
12/4/2020 14:34:25	Lucio Mauro Rodrigues	Municipio secretário	61993039669	lmauro.secma@gmail.com	MASCULINO
12/8/2020 13:25:18	Luís Fábio Gonçalves de mesquita	Analista ambiental	61981220135	mesquita_4@hotmail.com	MASCULINO
12/8/2020 14:57:27	Luísa Patrícia Costa Bezerra de Souza	Adasa /assistente administrativo pleno	91066831	luisapatricialupa@gmail.com	FEMININO
12/9/2020 16:31:42	Luiz Carlos dos Santos	Casa Civil	61999999999	luizcarlos.santos@buriti.df.gov.br	MASCULINO
12/4/2020 13:41:52	Lúlio Azevedo	Adasa/ Regulador Serviços Públicos	61981671297	lulioazevedo@gmail.com	MASCULINO
12/8/2020 14:55:51	Lúlio Azevedo	Adasa/Regulador Serviços Públicos	61981671297	lulio.azevedo@adasa.df.gov.br	MASCULINO
12/9/2020 13:56:51	Luzideth Luzia gonçalves	MPDFT / Analista Pericial	61984410601	luzideth@mpdft.mp.br	FEMININO

CARIMBO DE DATA/HORA	NOME COMPLETO	INSTITUIÇÃO / CARGO	TELEFONE COM DDD	E-MAIL	GÊNERO
12/4/2020 20:56:45	Luzinete Fernandes Nogueira	DER	61995381184	Luzinete.nogueira0517@gmail.com	FEMININO
12/8/2020 17:10:25	MAGDA CORREAL	BID/SR SPECIALIST	5,73124E+11	MAGDAC@IADB.ORG	FEMININO
12/8/2020 6:29:45	Manoel Alessandro Machado de Araújo	IBAMA - Analista Ambiental	61983308875	manoel.araujo@ibama.gov.br	MASCULINO
12/7/2020 10:37:08	MARCIANO CLEY FERREIRA CHIMENES	Serviço de Limpeza Urbana, Assessor Técnico	061992144179	marcianocley@gmail.com	MASCULINO
12/8/2020 11:28:45	MARIA FERNANDA DE FARIA BARBOSA TEIXEIRA	SEMA / Gerente	(61) 99976-5549	mariafernandafbt@gmail.com	FEMININO
12/8/2020 13:25:08	Mariama Morena Alves Avallone	SLU/Gestora de Resíduos Sólidos - Jornalista	61991336928	mariamamorena@gmail.com	FEMININO
12/5/2020 8:44:23	Mariana dos Santos Diniz	UnB/Estudante de Doutorado	61996230935	marianadiniz12@gmail.com	FEMININO
12/9/2020 11:29:21	Marina Souto Gonçalves	Engenheira ambiental	61992399239	marinasoutounb@gmail.com	FEMININO
12/4/2020 15:48:17	Maurício Cortines Laxe	ICMBlo - Coordenador APA do Planalto Central	61-99970-5885	Mauriciolaxe@gmail.com	MASCULINO
12/9/2020 8:43:19	Mayara Menezes	SLU / Assessoria	61992268430	mayara.alves@slu.df.gov.br	FEMININO
12/2/2020 15:29:28	Mayck Andrew Silva Silvério	Universidade de Brasília/ Estudante	61995765178	maycksilverio1@gmail.com	FEMININO
12/9/2020 6:54:39	Michele Roberta Pedroso dos Santos Monteiro	UFPR/ Pós-graduanda	61982653191	michele.monteiro@outlook.com	FEMININO
12/5/2020 8:27:42	Moema Guimarães de Azeredo Morgado	ABHA / Gerente Técnica	61 98304 6472	Moema.unb@gmail.com	FEMININO
12/4/2020 14:26:16	Morgana Maria Arcanjo Bruno	Universidade Católica de Brasília/Professora	61981893744	morganamabruno@gmail.com	FEMININO
12/3/2020 9:21:47	Murilo Henrique Oliveira Pessoa	Geólogo	61981594667	murilopessoageo@gmail.com	FEMININO
12/8/2020 12:10:23	NAIARA GOMES DE MENEZES	Engenheira Ambiental	67996301808	naii.gm92@gmail.com	FEMININO
12/7/2020 16:21:55	Natacha Wüst	Gestora ambiental	51982131720	wustnatacha@gmail.com	FEMININO
12/7/2020 21:02:06	Natalia Costa Vieira	UnB/estudante	61993387353	vieira.natalia09@gmail.com	FEMININO
12/7/2020 9:25:45	Natália Cristina Chagas Mendes Teixeira	FAPE DF	61996444333	natalia.fapedf@gmail.com	FEMININO
12/5/2020 10:15:42	Nayara de Paula Martins Silva	Instituto Federal de Brasília/ técnica em assuntos educacionais	061999234883	nayaramartins.unb@gmail.com	FEMININO

CARIMBO DE DATA/HORA	NOME COMPLETO	INSTITUIÇÃO / CARGO	TELEFONE COM DDD	E-MAIL	GÊNERO
12/6/2020 9:30:56	Nelci Cortes Barbosa Conegundes	Presidente da Associação ASVALO (Associação dos Produtores do Núcleo Rural Cabeceira do	61 98671 5172	nelciconegundes@outlook.com	FEMININO
12/4/2020 14:30:00	Norma Chemin	SODF-SUAPS/Assessor Especial	61996450035	norma.chemin@so.df.gov.br	FEMININO
12/7/2020 15:08:05	Norma Dixo	Analista de sistema de saneamento - Caesb	61 991330922	Normadixo@gmail.com	FEMININO
12/8/2020 14:22:05	Núbia Patrícia Freitas Maia	ADASA/ ASSISTENTE ADMINISTRATIVO	61 999570536	nubiapfmaia@gmail.com	FEMININO
12/8/2020 9:59:04	OILTON MACEDO PAIVA	CAESB GSS2 Encarregado Projeto Biguá	61983049493	Oiltonpaiva@caesb.df.gov.br	MASCULINO
12/9/2020 11:00:55	Patrícia Helena Tavares Domingos dos Santos	Casa Civil - chefe da unidade de articulação institucional	61-99298-4493	patricia.domingos@buriti.df.gov.br	FEMININO
12/9/2020 9:26:27	Patrícia Valls e Silva	SEMA-DF/Coordenadora de Recursos Hídricos	61981194445	patyvalls@gmail.com	FEMININO
12/9/2020 16:20:36	Paula Thais da Silva Nascimento	UnB/ Aluna	61999688942	paulathaisn@gmail.com	FEMININO
12/5/2020 12:06:46	Paulo Batista Dos Santos	Instituto mover da vida	61985523765	Paulaodaestrutural@gmail.com	MASCULINO
12/9/2020 10:46:30	Paulo Rubens Martins Araujo Filho	Analista IBRAM	61981143535	paulormafilho@gmail.com	MASCULINO
12/4/2020 13:39:58	PEDRO ALVES DUARTE	Abes Df	61996689020	pedroaldus@gmail.com	MASCULINO
12/4/2020 14:05:16	PEDRO HENRIQUE LOPES BATISTA	Analista/Ministério do Desenvolvimento Regional - MDR	61983342733	PEDROHLBATISTA@YAHOO.COM.BR	MASCULINO
12/2/2020 15:28:24	Pedro Maragno do Almo	Universidade de Brasília	61998211138	pedrodoalmo@gmail.com	
12/4/2020 15:02:39	Priscilla Regina da Silva	Emater-DF	61982210177	priscilla.silva@emater.df.gov.br	FEMININO
12/7/2020 19:10:38	Rafael Bosco da Silva Vieira	Colégio La Salle Abel / Coordenador	21976050769	rafabsvieira@gmail.com	MASCULINO
12/5/2020 0:25:12	Rafael Ninno Muniz	INDDRA Energia e Resíduos	43 99692-6350	rafael@inddra.com	MASCULINO
12/7/2020 17:49:01	Rafaela da Silveira Pezarino	Secretaria Municipal de Ambiente de Macaé/ Analista Ambiental	22998148937	rafaelasipe@yahoo.com.br	FEMININO
12/4/2020 16:06:46	RAFAELLA ANSELMO JOANITTI	Exército Brasileiro	+5561984254802	rafaella.joanitti@gmail.com	FEMININO
12/7/2020 9:58:37	Raquel Matoso de Oliveira Nishimoto	Engenheira Ambiental	6799664-2664	eng.raquelnishimoto@gmail.com	FEMININO
12/7/2020	Rayana Lustosa da Costa Barros	Caesb - Assessora executiva	61 99423-9295	ray-costa@live.com	FEMININO

CARIMBO DE DATA/HORA	NOME COMPLETO	INSTITUIÇÃO / CARGO	TELEFONE COM DDD	E-MAIL	GÊNERO
11:48:49					
12/2/2020 15:20:04	Raylline Ferreira da Silva	Universidade de Brasília / Estudante de Geologia	(61)991433767	rayllineferreira@icloud.com	
12/7/2020 21:36:07	Rebecca Bugarin Araujo	Mrs ambiental	61999884590	Becca.bugarin@gmail.com	FEMININO
12/4/2020 16:11:40	Ricardo de Almeida Pimenta	Prefeitura Municipal de Magé	21 97299 4483	ricapim.smma@gmail.com	MASCULINO
12/7/2020 9:22:40	Ricardo Tezini Minoti	Professor da Universidade de Brasília	61992224242	rtminoti@gmail.com	MASCULINO
12/2/2020 15:17:14	Ricardo Vida e Silva	UnB/Aluno	61981036789	vidaricardo1@gmail.com	
12/7/2020 17:29:29	Roberta Carina da Silva Rodrigues	Universidade de Brasília/ mestranda	61991959799	roberta.carina@gmail.com	FEMININO
12/7/2020 11:07:58	Robson Rodrigues da Silva	ICMBio	61 995549962	robsob.silva@icmbio.gov.br	MASCULINO
12/4/2020 15:01:16	Rodrigo Soares Garcia da Silva	UFTM/Professor	034998886265	rodrigo.sgs@hotmail.com	MASCULINO
12/9/2020 11:16:02	Rodrigo Vieira Bogéa Soares	Suma Brasil / Assistente de Engenharia	61991154346	rodrigobogea@hotmail.com	MASCULINO
12/8/2020 8:45:53	ROGER HENRIQUE DE OLIVEIRA SOUZA	BRASÍLIA AMBIENTAL/ ANALISTA	61981746999	Roger.ibram@gmail.com	MASCULINO
12/9/2020 14:39:56	Romário Pereira de Carvalho Júnior	Unesp/Pós-graduando	61982274753	romario_pcj@hotmail.com	MASCULINO
12/4/2020 15:54:58	Rosângela Nóbrega	Assistente	61 99995 0455	rosangela.simoes@adasa.df.gov.br	FEMININO
12/7/2020 10:39:39	Samira lasbeck de Oliveira Soares	Reguladora de Serviços Públicos - Adasa	61981360559	samiraiasbeck@gmail.com	FEMININO
12/4/2020 15:52:19	Samuel Almeida Fonseca	Colaborador - Adasa	61993763559	samuel.fonseca@adasa.df.gov.br	MASCULINO
12/4/2020 14:54:19	Sandro Antonio de Lima	IBRAM/ ANALISTA DE PLANEJAMENTO URBANO E INFRESTRUTURA	(61)98257-2904	sandro.lima@ibram.df.gov.br	MASCULINO
12/8/2020 8:59:13	Sarah Borges Silva	UnB/estudante	62981731545	sarahbs@outlook.com	FEMININO
12/5/2020 9:46:13	Tais Avelar Guimarães	Universidade de Brasília - estudante	62982110247	taisavelarg@gmail.com	FEMININO
12/4/2020 13:58:03	Tayane de Siqueira Silva	Universidade Federal da Paraíba/Discente	87988623881	silvatayane123@gmail.com	FEMININO
12/5/2020 20:54:53	Thainy Cristina Silva Bressan	EcoJornada/fundadora e CEO	61982201889	thainybressan4@gmail.com	FEMININO

CARIMBO DE DATA/HORA	NOME COMPLETO	INSTITUIÇÃO / CARGO	TELEFONE COM DDD	E-MAIL	GÊNERO
12/7/2020 15:12:20	Thais Carvalho Cunha	Universidade de Brasília/ Aluna de Mestrado	61996549330	tccunha3@gmail.com	FEMININO
12/5/2020 9:23:13	Thais de Paiva Rodrigues Martins Lopes	Professora	61 991926676	thaisdepaival@gmail.com	FEMININO
12/4/2020 17:59:58	Thatiane Souza Tavares	Serviço de Limpeza Urbana (SLU) / Estagiária	61998726449	thatianest@gmail.com	FEMININO
12/8/2020 19:48:25	Thiago Petermann Hodecker	Ibram/analista	61983520434	thiago.hodecker@ibram.df.gov.br	MASCULINO
12/4/2020 16:56:55	Thyego Pery Monteiro de Lima	Ministério do Meio Ambiente/ Analista ambiental	61981192366	pery.monteiro@gmail.com	MASCULINO
12/4/2020 15:48:36	Vandete Inês Maldaner	Adasa	61.999.650.852	Vandete.maldaner@adasa.df.gov.br	FEMININO
12/5/2020 10:11:36	Vanessa Lima	Secretaria das Cidades do Ceará	+5585988640653	vanessaluana@hotmail.com	FEMININO
12/2/2020 18:53:09	Vinicius de Abreu Mendonça	SLU/Gestor de Resíduos Sólidos - Eng Mecânico	61 9 8181-5978	vinicius.mendonca@slu.df.gov.br	FEMININO
12/4/2020 16:32:09	Waldyr Ramos Junior	AST Ambiente / Engenheiro Ambiental	21982652399	waldyr.junior@ast-ambiente.com.br	MASCULINO
12/9/2020 16:00:24	Wanessa de Matos	Schumacher College/ pós graduanda	61981360629	wmatosfs@gmail.com	FEMININO
12/4/2020 14:56:38	William Bach	SLU / Estagiário	+5561992206013	will.wb11@gmail.com	MASCULINO
12/9/2020 9:23:48	Willian Fernando de Borba	Professor da UFSM	55999926799	borbawf@gmail.com	MASCULINO
12/9/2020 16:57:48	Juliana Gerhardt	Ibict/MCTI	51992612918	julianagerhardt@ibict.br	FEMININO
12/9/2020 16:58:17	Luana de Sousa Moreira	Ibict	(61)996689074	luanadesmoreira@gmail.com	FEMININO
12/9/2020 16:59:39	Vitória de Lima Brombilla	Ecotech	55 996708518	vitoria@ecotech.eng.br	FEMININO
12/9/2020 17:02:31	Renata Irala Alfonso	Engenheira Ambiental	67996486281	Renata.irala@hotmail.com	FEMININO
12/9/2020 17:35:45	Hamilton Favilla	SEMA	61981454418	hamiltonfavilla@hotmail.com	MASCULINO
12/9/2020 17:36:09	VITOR RODRIGUES LIMA DOS SANTOS	ADASA / REGULADOR DE SERVIÇOS PÚBLICOS	61 98119363	vitorrys@gmail.com	MASCULINO
12/9/2020 17:40:36	Silvo Gois de Alcantara	Regulador de Serviço Público	61991756161	silvo.alcantara@gmail.com	MASCULINO
12/9/2020 17:40:44	Ana Karoline Pinheiro Bezerra	IFCE	88 992248584	karolana040@gmail.com	FEMININO

CARIMBO DE DATA/HORA	NOME COMPLETO	INSTITUIÇÃO / CARGO	TELEFONE COM DDD	E-MAIL	GÊNERO
12/9/2020 17:46:19	Carlos Alberto da Silva	Ministério do Desenvolvimento Regional/Analista Administrativo	61996050932	carlos.alberto@mdr.gov.br	MASCULINO
12/9/2020 17:56:12	Márcia Fernandes Coura	Sema/DF / Subsecretária de Assuntos Estratégicos	(61)996076669	marciacoura.semadf@gmail.com	FEMININO
12/9/2020 18:05:30	Dalma Maria Caixeta	ABES-DF	061- 99271 1950	dalmacaixeta@gmail.com	FEMININO
12/9/2020 18:11:38	andressa fraga barbosa	engenheira ambiental	(67)99152-9466	andressafraga.costaengenharia@gmail.com	FEMININO
12/9/2020 18:44:58	Monique dos Santos Costa	Geóloga	61996828392	moniquesc@outlook.com	FEMININO
12/9/2020 18:57:00	Leonardo Yamada Arantes	Gestor de Resíduos Sólidos / SLU	62999955797	leonardo.arantes@slu.df.gov.br	MASCULINO
12/9/2020 19:09:12	Kayane do Nascimento Pinho	Universidade Federal de Sergipe	79999014068	kayaneotnemicsan@gmail.com	FEMININO

ANEXO 3. APRESENTAÇÕES DAS PALESTRAS E VÍDEOS E SEUS HIPERLINKS

MESA 1:

APRESENTAÇÃO DO DIAGNÓSTICO AMBIENTAL - PROFESSOR ELÓI CAMPOS



Mesa1_Apresnt1_Dia gnostico Ambiental Li

GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS NO ESTADO DE SÃO PAULO- ELTON GLOEDEN



Mesa1_Apresent2_GE RENCIAMENTO DE ÁR

MESA 2:

TRATAMENTO FÍSICO-QUÍMICO COM OSMOSE REVERSA- ENG. QUÍMICO ANTÔNIO MALLMAN- EMPRESA M2K



Mesa2_Apres2_ETE_C horume_M2K.pdf

TRANSFORMANDO LIXÕES EM PARQUES MULTIFUNCIONAIS - CECÍLIA HERZOG - PUC/RIO



Mesa2_Apres3_Herzo g-Lixao-Brasilia.pdf



Web Video 1920x1080 5637K.mp

[Clique aqui para o vídeo da gravação do evento na íntegra](#)

ANEXO 4. AVALIAÇÃO DO EVENTO

Carimbo de data/hora	Qual o seu grau de satisfação?	Gostaria de compartilhar alguma crítica ou sugestão?
10/12/2020 12:07:11	Muito Satisfeito	
10/12/2020 12:07:14	Satisfeito	Não
10/12/2020 12:07:32	Muito Satisfeito	Excelente apresentação do Prog. Eloi
10/12/2020 12:07:34	Satisfeito	Gostei bastante da organização da palestra, inclusive nas dúvidas separadas em blocos. muito obrigado!
10/12/2020 12:08:04	Muito Satisfeito	
10/12/2020 12:25:39	Satisfeito	
10/12/2020 16:03:38	Satisfeito	Não
10/12/2020 16:03:59	Muito Satisfeito	
10/12/2020 16:04:07	Muito Satisfeito	
10/12/2020 16:04:11	Muito Satisfeito	
10/12/2020 16:04:17	Muito Satisfeito	
10/12/2020 16:04:22	Muito Satisfeito	
10/12/2020 16:04:30	Muito Satisfeito	
10/12/2020 16:04:31	Muito Satisfeito	Excelentes palestrantes! Um dia de muito aprendizado, obrigada!
10/12/2020 16:04:43	Muito Satisfeito	O mediador Paulo conduziu muito bem os trabalhos e o Professor Eloi expalnou brilhantemente o Diagnóstico.
10/12/2020 16:05:16	Muito Satisfeito	
10/12/2020 16:05:19	Satisfeito	
10/12/2020 16:05:39	Muito Satisfeito	
10/12/2020 16:06:04	Muito Satisfeito	Excelente organização e informações muito relevantes para as instituições que atuam no DF, em especial na Estrutural.
10/12/2020 16:06:09	Satisfeito	Não ao evento, mas ao diagnóstico. Ficou muito bom, deixando a desejar pela ausência de estudos mais detalhados sobre os gases do lixão, embora tenha sido citado uma outra fren
10/12/2020 16:06:28	Muito Satisfeito	Gostaria de solicitar que iniciativas como esta se tornem rotineiras, com temas relevantes para toda a sociedade, assim como este que foi muito bem abordado por todos os palestrant
10/12/2020 16:06:28	Muito Satisfeito	
10/12/2020 16:06:54	Satisfeito	
10/12/2020 16:06:56	Muito Satisfeito	
10/12/2020 16:07:32	Satisfeito	
10/12/2020 16:08:17	Muito Satisfeito	o Workshop foi bem organizado, as discussões extremamente bem embasadas. A SEMA e todos os palestrantes estão de parabéns. Sempre muito bom ouvir os levantamentos do pr
10/12/2020 16:08:50	Muito Satisfeito	Que estes momentos sejam realizados com mais frequência
10/12/2020 16:08:59	Muito Satisfeito	
10/12/2020 16:09:00	Satisfeito	
10/12/2020 16:09:27	Satisfeito	
10/12/2020 16:09:39	Muito Satisfeito	O evento contou com palestrantes com atuação relativa ao problemas dos lixões (técnica de tratamento, usos futuros e aspectos jurídicos). Entendo que poderá ser complementado o
10/12/2020 16:11:19	Muito Satisfeito	
10/12/2020 16:24:29	Muito Satisfeito	
10/12/2020 16:25:10	Satisfeito	Careceu o debate da presença de algum profissional da saúde pública e da área social para uma abordagem socioambiental
10/12/2020 16:30:55	Muito Satisfeito	
10/12/2020 16:33:54	Muito Satisfeito	termos mais eventos, ver a possibilidade de dividir em 2 dias, 2manhãs ou 2 tardes, ao invés de dia corrido
10/12/2020 16:42:28	Muito Satisfeito	
10/12/2020 16:43:42	Satisfeito	Não
10/12/2020 16:44:17	Muito Satisfeito	Acontecer com mais frequência
10/12/2020 16:44:51	Muito Satisfeito	
10/12/2020 16:52:07	Muito Satisfeito	
10/12/2020 16:52:31	Muito Satisfeito	
10/12/2020 16:53:56	Muito Satisfeito	
10/12/2020 17:24:59	Muito Satisfeito	Parabenizar pela organização, a condução, mediação, palestra, discussão
10/12/2020 17:27:05	Muito Satisfeito	

ANEXO 5. MODELO DE CERTIFICADO A SER OFERECIDO AOS PARTICIPANTES

Certificado de Participação

Certificamos que

XXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX

participou do I Workshop: DIAGNÓSTICO E TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES - REMEDIAÇÃO DO ANTIGO LIXÃO DA ESTRUTURAL, realizados no dia 10 de dezembro de 2020, com carga horária de 08 horas.

Brasília, xx dezembro de 2020

Nazaré Soares,
Coordenadora do Projeto GEF-Cidades
Sustentáveis no Distrito Federal

José Sarney Filho,
Secretário de Estado do Meio Ambiente
SEMA-DF

EXECUÇÃO

COORDENAÇÃO

PARCEIROS





PARTE 2

**MODELO BÁSICO CONCEITUAL DA CONTAMINAÇÃO
E SISTEMA PILOTO DE REMEDIAÇÃO DE SOLO E ÁGUA SUBTERRÂNEA**

SUMÁRIO

>	RESUMO EXECUTIVO	414
>	1 INTRODUÇÃO	416
>	2 IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS CONTAMINADAS	418
>	3 MODELO BÁSICO CONCEITUAL DA CONTAMINAÇÃO E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL	422
>	3.1 Contaminação das águas subterrâneas	427
>	3.2 Degradação dos solos	430
>	3.3 Contaminação das águas superficiais	431
>	3.4 Poluição atmosférica	431
>	4 SISTEMAS PILOTOS DE REMEDIAÇÃO E MITIGAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL	433
>	4.1 Considerações iniciais	434
>	4.2 Fitorremediação de solos contaminados por metais	436
>	4.3 Estabilização de metais no solo	443
>	4.4 Recomposição da vegetação natural em áreas expostas e degradadas	459
>	4.5 Estabilização da pluma de contaminação	463
>	4.6 Tratamento de efluente da pluma de contaminação	467
>	5 ANÁLISE DE VIABILIDADE AMBIENTAL, TÉCNICA E ECONÔMICA	469
>	6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	473
>	7 REFERÊNCIAS	482
>	8 APÊNDICE	481

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Representação esquemática do modelo conceitual para o gerenciamento de áreas contaminadas e degradadas pelo Lixão e pela Unidade de Recebimento de Entulhos da Estrutural. A pluma migra lateralmente por processos de dispersão e advecção. Os gases de efeito estufa e os gases de combustão de óleo diesel e particulados são disseminados a partir de correntes de vento (principalmente no período seco do ano). A contaminação do Córrego Cabeceira do Valo se dá pela descarga do aquífero pela sua margem esquerda e se dispersa com o próprio fluxo da água; a descarga a partir da margem direita causa diluição da contaminação (por se tratar de águas de boa qualidade química). A degradação dos solos se dá pela supressão dos horizontes superficiais e por restos de rejeitos não removidos	425
Figura 2	Mapa de distribuição da concentração de cloreto (em mg/L) na área do antigo Lixão da Estrutural, atual Unidade de Recebimento de Entulhos	428
Figura 3	Mapa de distribuição da concentração de sódio na área do Lixão da Estrutural, atual Unidade de Recebimento de Entulhos (em mg/L)	429
Figura 4	Mapa de isoconcentração da demanda química de oxigênio (DQO) na área do Lixão da Estrutural, atual Unidade de Recebimento de Entulhos (em mg/L)	429
Figura 5	Mapa da pluma de contaminação das águas subterrâneas no Lixão da Estrutural, atual Unidade de Recebimento de Entulhos, com base na condutividade elétrica das águas em $\mu\text{S}/\text{cm}$	430
Figura 6	A – Situação da área do plantio no âmbito da poligonal do Lixão da Estrutural; B – Poligonais dos perímetros plantados. Em vermelho, limite do plantio de espécies arbóreas e arbustivas nativas do cerrado e mata de galeria. Em amarelo, área do plantio de eucalipto. Em azul, área de plantio de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>). Em cor laranja, plantio de girassol (<i>Helianthus annuus</i>). Imagem do <i>Google Earth</i> de 29 de maio de 2020	442
Figura 7	Localização da área de desenvolvimento do experimento	444
Figura 8	A – Sítio experimental arado e gradeado após a primeira etapa de amostragem; B – Local com incorporação do pó de dolomito e irrigação localizada com 40 litros de água para potencializar a incorporação do carbonato de cálcio e do magnésio ao perfil do solo	445
Figura 9	Tradagem manual durante amostragem do solo nas proximidades dos locais demarcados em que a dosagem de dolomito foi ampliada e onde foi realizada a irrigação localizada	446
Figura 10	Difratogramas de raios X das amostras 1S0-01A, 1S0-01B, 1S0-13A e 1S0-13B. tot = Total – pó prensado sobre a lâmina; e n = Normal – fração argila separada seca ao ar e orientada sobre a lâmina	448
Figura 11	Pontos coletados na primeira e na segunda séries de amostragens	452

Figura 12	Influência do pH sobre a adsorção de alguns metais e oxi-ânios metálicos sobre hidróxidos de Fe amorfo	455
Figura 13	Solubilidade de metais pesados em função do pH e do Eh (na ausência de matéria orgânica dissolvida ou sólida) (a) os principais minerais que controlam a solubilidade dos metais pesados; (b) tendência de aumento da solubilidade dos metais	456
Figura 14	Moto-coveadora em operação em campo. Este sistema manual permite a perfuração de uma "cova" cilíndrica de até 60 cm de profundidade com 10 cm de diâmetro	460
Figura 15	Irrigação manual com uso de regadores e água bruta captada no Córrego Cabeceira do Valo em reservatório de 1.000 litros	460
Figura 16	Formigas cortadeiras em ataque a muda recém-plantada	461
Figura 17	Cobertura de NPK em planta em início de desenvolvimento. Os grânulos devem ser depositados na depressão da cova original para ampliar a efetividade da fertilização	462
Figura 18	Recobrimento do pé da planta com capim seco para manutenção da umidade, principalmente no período seco do ano	462
Figura 19	Carta imagem com a localização dos poços que deverão compor cada bateria de bombeamento. Imagem de 29 de maio de 2020 obtida do sistema <i>Google Earth</i>	464
Figura 20	Ilustração do sistema de contenção da pluma por barreira hidráulica. Em projeção horizontal (superior) e em seção (inferior). Com a contenção da pluma, a água que flui em direção ao poço municipal ou para o curso d'água superficial é desprovida de contaminantes	465
Figura 21	Perfil típico do poço individual que deverá compor cada bateria de rebaixamento	467

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1	Ementas e objetivos das normas brasileiras (NBRs) relacionadas aos estudos de passivos ambientais e assuntos correlatos	420
Tabela 2	Localização dos espécimes vegetais amostrados na área do Lixão da Estrutural	437
Tabela 3	Localização dos espécimes vegetais amostrados na área do <i>Campus</i> Universitário Darcy Ribeiro e adjacências	438
Tabela 4	Resultados das análises químicas de massa foliar de plantas nativas e exóticas amostradas na área do Lixão da Estrutural e no <i>Campus</i> Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília	440
Tabela 5	Localização dos pontos de amostragem das plantas de ciclo curto	442
Tabela 6	Resultados das análises de massa foliar de girassol após seu ciclo de desenvolvimento	443
Tabela 7	Resultados das análises dos teores de metais em massa foliar e grãos de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>) após crescimento e secamento	443
Tabela 8	Resultados da difratometria de Raios X	447
Tabela 9	Resultados das análises dos teores dos elementos na primeira série de amostragem e do dolomito	450
Tabela 10	Resultados das análises dos teores dos elementos na segunda série de amostragem	451
Tabela 11	Resultados de medição de pH em água e KCl e do dolomito usado no experimento da primeira e da segunda campanhas de amostragem	453
Tabela 12	Mobilidade relativa dos metais pesados segundo o Eh e o pH do solo	455
Tabela 13	Disponibilidade relativa de metais retidos no solo para plantas	456
Tabela 14	Resultados de análises submetidas a agitação e contato com zeólita granular. CE em $\mu\text{S}/\text{cm}$ e demais substâncias em mg/L. Em verde destacadas as substâncias que sofreram redução, e em amarelo aquelas que sofreram elevação	468
Tabela 15	Discriminação da viabilidade das ações propostas para mitigação dos impactos decorrentes da operação do Lixão da Estrutural	470
Tabela 16	Dados de análises de amostras coletadas em poços de monitoramento sobre o Lixão e adjacências. Profundidade de amostragem em metros; condutividade elétrica em $\mu\text{S}/\text{cm}$; temperatura em $^{\circ}\text{C}$; demais substâncias em mg/L. LQ - limite de quantificação do método analítico	482
Tabela 17	Histórico dos dados de níveis freáticos em poços de monitoramento (medidas em metros)	484
Tabela 18	Histórico dos dados de temperatura das águas de amostras obtidas de poços de monitoramento (medidas em $^{\circ}\text{C}$)	485
Tabela 19	Histórico dos dados de condutividade elétrica das águas em poços de monitoramento (resultados em $\mu\text{S}/\text{cm}$)	486

RESUMO-EXECUTIVO

Este documento técnico representa o Produto 4 no âmbito do contrato nº 101/2019 celebrado entre o Global Environment Facility (GEF) *Promovendo cidades sustentáveis no Brasil*, coordenado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), em parceria com a ONU Meio Ambiente e o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), com a Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos (Finatec).

Nesta etapa são apresentados o modelo conceitual da contaminação e os resultados dos projetos pilotos realizados desde o início do desenvolvimento do projeto, bem como enumeradas as ações destinadas à eliminação ou à mitigação dos impactos.

Os estudos de diagnóstico indicam que a questão ambiental mais crítica observada na região é a contaminação das águas subterrâneas freáticas a partir da formação de uma pluma de contaminação de chorume. A expansão dessa pluma já acarretou a contaminação do Córrego Cabeceira do Valo, que drena a porção oeste do Lixão. O desenvolvimento horizontal da pluma foi devidamente mapeado, e os dados ainda permitiram definir os locais em que a pluma se encontra estratificada. É importante salientar que apenas os aquífero freáticos vinculados ao manto de intemperismo estão contaminados, e que a contaminação ainda não se estendeu para os aquíferos fraturados mais profundos.

A área apresenta ainda impactos devido à contaminação atmosférica por gases de efeito estufa produzidos pela decomposição dos resíduos orgânicos (com destaque para o metano e o dióxido de carbono). Atualmente esses gases são canalizados por sistemas de drenos verticais (manilhas de concreto preenchidas por blocos de rocha) e queimados.

A degradação dos solos e da vegetação natural foi identificada a partir da remoção dos horizontes superficiais e da supressão do cerrado nativo em locais onde foram depositados e posteriormente retirados os resíduos (principalmente na faixa de 300 metros situada entre a cerca limítrofe do limite do Parque Nacional de Brasília e o limite leste da área de efetiva acumulação de detritos).

Para interromper a migração e o espalhamento da pluma de chorume foi proposta a instalação de barreiras hidráulicas representadas por baterias de poços localizados em porções marginais das áreas com maiores concentrações de contaminantes. A proposição das barreiras hidráulicas ocorreu a partir dos dados hidráulicos das zonas saturada e não saturada dos aquíferos e dos dados de testes de bombeamento em poços de monitoramento. O efluente produzido a partir do rebaixamento do aquífero pode ser submetido a duas rotas: tratamento e lançamento final em curso d'água natural receptor ou reinjeção no maciço de resíduos (com conseqüente atenuação por meio de processos geoquímicos). A alternativa a ser adotada dependerá da avaliação econômica e ambiental, além de outras variáveis de decisão.



Visando à recuperação das áreas degradadas por acúmulo e remoção dos resíduos, é proposta a recomposição da vegetação nativa com a utilização de espécies arbóreas de médio e grande porte do cerrado e da mata de galeria.

Ainda no sentido de eliminação e mitigação dos efeitos deletérios do antigo lixão e de preservação ambiental da área, são propostas as seguintes ações: impermeabilização e instalação de drenagem de águas pluviais da porção norte da área, a qual representa o atual foco de produção ativa de chorume primário. As águas interceptadas pelo sistema de drenagem deverão ser infiltradas nas áreas marginais do aterro de resíduos para maximizar a diluição da pluma de contaminação em um processo de tratamento *in situ*. Os projetos pilotos realizados visaram à eliminação da contaminação de metais nos solos, tendo sido consideradas técnicas de fitorremediação e estabilização para conter a biodisponibilidade dessas substâncias tóxicas. Contudo, após a avaliação dos resultados das análises dos solos em diferentes profundidades e em diferentes condições de exposição (áreas adjacentes ao maciço de resíduos, áreas sobre o maciço de resíduos e áreas no interior do Parque Nacional de Brasília) foram constatados baixos teores de metais. Dessa forma, as técnicas utilizadas mostraram restrita aplicabilidade ao contexto estudado, porém os resultados indicam que essas metodologias podem ser utilizadas em áreas com efetiva contaminação das porções superiores dos perfis de solos.

As ações propostas para minimização dos impactos e ampliação da proteção ambiental da área ainda deverão ser submetidas a análises e avaliações de viabilidade econômica, o que deverá ser apresentado no Produto 5 deste projeto.





1 INTRODUÇÃO

Nesta etapa dos estudos serão apresentados o Modelo Conceitual da Contaminação e a descrição dos Sistemas Pilotos de Remediação. O modelo e as propostas de remediação são baseados exclusivamente no diagnóstico ambiental consolidado apresentado no Produto 3 deste mesmo projeto. Este diagnóstico determinou que a contaminação das águas subterrâneas é a questão ambiental mais relevante relativa à operação do antigo Lixão da Estrutural até janeiro de 2018 e à operação da Unidade de Recebimento de Entulhos, desde então, até o presente momento.

Os estudos de diagnóstico ambiental mostraram ainda que são três os aspectos críticos da degradação ambiental causada pela antiga operação do Lixão na região e pela atual operação da Unidade de Recebimento de Entulhos: contaminação dos aquíferos freáticos por chorume; poluição atmosférica (principalmente no período seco do ano) e degradação dos solos pela acumulação/remoção de resíduos sólidos.

Adicionalmente, a operação da atual Unidade de Recebimento de Entulhos ainda causa impactos significativos no Parque Nacional de Brasília, com destaque para a produção de particulados que em parte afetam a unidade de conservação, nucleação de queimadas que comumente adentram a área desta unidade de conservação ambiental e atração de catadores de resíduos que também interferem na área do Parque Nacional de Brasília.

Uma questão relevante na região é a ocupação denominada “Santa Luzia”, uma invasão de terras com fracionamento em pequenos lotes sem nenhum controle ambiental, que inclusive se estendeu até a cerca limítrofe do Parque Nacional de Brasília. Essa ocupação já gera efluentes que escoam para o interior da área da unidade de conservação e que poderão alcançar a nascente do Córrego do Acampamento. Apesar da importância, este tema não será tratado neste estudo, uma vez que extrapola o escopo ambiental, que é o tema principal do projeto e não consta do Termo de Referência que define as diretrizes do estudo em desenvolvimento. A questão social deve ser tratada por profissionais habilitados e com participação ativa de diferentes órgãos do Governo do Distrito Federal.

Para que este produto tenha maior alcance em termos de auxiliar na abordagem dos problemas da contaminação e responder aos questionamentos de outros órgãos do Governo do Distrito Federal, notadamente ao Instituto Brasília Ambiental (Ibram), sua apresentação será enquadrada em normas específicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Nesse sentido, são citadas a NBR 16210-1: “Modelo conceitual no gerenciamento de áreas contaminadas – procedimento” e a NBR 16784-1: “Reabilitação de áreas contaminadas – plano de intervenção. Parte 1: procedimento de elaboração”.



2 IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS CONTAMINADAS

O diagnóstico ambiental da área estudada (Produto 3 deste projeto) traz o mapeamento dos compartimentos contaminados (com exceção da contaminação atmosférica).

Nesse contexto, está discriminado o mapa de distribuição da pluma de contaminação por chorume, além de outros mapas temáticos relacionados: mapa da espessura da zona não saturada, mapa potenciométrico natural e atual e mapa de sentido de migração da pluma. Esses mapas foram produzidos com base nos dados das análises das amostras obtidas dos poços de monitoramento e auxílio de geoprocessamento.

Com relação à distribuição vertical da contaminação, foi constatado que a pluma se apresenta estratificada nas proximidades dos centros geradores. A estratificação, que se deve à recarga natural por águas de chuvas e aos processos de mistura de soluções, torna-se homogênea nas porções mais distais. A homogeneização ocorre devido à grande solubilidade dos componentes majoritários que compõem o chorume (cloreto, sódio, série nitrogenada, cálcio, magnésio e outros), além da diminuição progressiva de sua densidade ao longo das linhas de fluxo.

Com relação às águas superficiais, foi apresentado o mapa de qualidade dos recursos hídricos superficiais, confirmando as informações existentes. Apenas o Córrego Cabeceira do Valo apresenta contaminação determinada pela descarga da pluma de contaminação subterrânea.

Os valores de *background* das substâncias químicas de interesse associadas a cada compartimento contaminado são: águas subterrâneas e superficiais: ausência de amônia, DQO menor que 0,1 mg/L; sódio < 1,5 mg/L; cloreto < 2,0 mg/L e cálcio < 2,5 mg/L.

Os solos afetados por diferentes formas de degradação foram espacializados, e os resultados são apresentados no mapa de qualidade dos solos com as seguintes classes de contaminação potencial: i) por fertilizantes e agroquímicos (área de produção de hortaliças), efluentes domésticos (escoamento a partir da ocupação Santa Luzia), áreas de acumulação e remoção de resíduos sólidos (área embargada), área com acumulação de resíduos em baixa densidade (porção sul da área principal do lixão) e área com acumulação vertical de grandes volumes de rejeitos (corpo principal do maciço do Lixão). Além desse mapa, ainda foi proposto o mapa de volumes de resíduos com três classes discriminando locais com baixa, moderada e elevada densidade de resíduos.

Para os solos foram considerados os valores de referência de qualidade e os valores de prevenção propostos pela Cetesb (2016).

Os estudos de passivos ambientais e de gerenciamento de áreas contaminadas adotam roteiros metodológicos e diretrizes segundo normas específicas da ABNT (Tabela 1) e a Resolução 420 do Conama (2009), incluindo as seguintes etapas:

- avaliação preliminar;
- investigação confirmatória;
- investigação detalhada;
- avaliação de risco;
- plano de intervenção;
- monitoramento.



TABELA 1 – EMENTAS E OBJETIVOS DAS NORMAS BRASILEIRAS (NBRs) RELACIONADOS AOS ESTUDOS DE PASSIVOS AMBIENTAIS E ASSUNTOS CORRELATOS

ANO DE PUBLICAÇÃO OU ATUALIZAÇÃO	NÚMERO DA NBR: EMENTA	OBJETIVOS
2013c	16209: Avaliação de risco à saúde humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas.	Estabelece os procedimentos de avaliação de risco à saúde humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas em decorrência da exposição a substâncias químicas presentes no meio físico.
2013a	16210: Modelo conceitual no gerenciamento de áreas contaminadas – procedimento.	Estabelece os procedimentos e os conteúdos mínimos para o desenvolvimento de modelos conceituais em objeto de estudo.
2011a	15515-1: Passivo ambiental em solo e água subterrânea. Parte 1: Avaliação preliminar.	Estabelece os procedimentos mínimos para avaliação preliminar de passivo ambiental visando à identificação de indícios de contaminação de solo e água subterrânea.
2011b	15515-2: Passivo ambiental em solo e água subterrânea. Parte 2: Investigação confirmatória.	Estabelece os requisitos necessários para o desenvolvimento de uma investigação confirmatória em áreas onde foram identificados indícios reais ou potenciais de contaminação de solo e água subterrânea após a realização de uma avaliação preliminar.
2013b	15515-3: Avaliação de passivo ambiental em solo e água subterrânea. Parte 3: Investigação detalhada.	Estabelece os procedimentos mínimos para a investigação detalhada de áreas onde foi confirmada contaminação em solo ou água subterrânea com base em série histórica de monitoramento, avaliação preliminar, investigação confirmatória ou estudos ambientais.
2020	16784-1: Reabilitação de áreas contaminadas – Plano de intervenção. Parte 1: Procedimento de elaboração.	Estabelece o procedimento para a elaboração de planos de intervenção para reabilitação de áreas contaminadas, contemplando a definição de medidas de intervenção, a apresentação do modelo conceitual de intervenção e o relatório técnico do plano de intervenção.

Como o caso em estudo é uma questão particular, de um passivo/ativo ambiental de grande porte por ser vinculado a um dos maiores locais de acumulação de resíduos urbanos do Brasil, o tratamento do ponto de vista do método de estudo deve ser adaptado.

Dessa forma, as etapas de *avaliação preliminar* e de *investigação confirmatória* são consideradas já alcançadas em razão dos inúmeros estudos realizados na área desde 1996 até 2020. Nesse conjunto, embora não formalizado sob a ótica das normas, os resultados de dissertações de mestrado, teses de doutorado, relatórios técnicos, relatórios de operação do Lixão/Unidade de Recebimento de Entulhos, estudos ambientais para licenciamento e manutenção das licenças de operação, dentre outros, representam o histórico da contaminação e a confirmação da contaminação dos diferentes compartimentos e tipos de contaminantes.

O diagnóstico ambiental, formalizado como o Produto 3 deste projeto, representa a investigação detalhada. Naquele documento é possível verificar o detalhamento da contaminação das águas subterrâneas e superficiais, a degradação da vegetação nativa e dos solos por impermeabilização, a acumulação de diferentes volumes de resíduos e o escoamento superficial de efluentes e uso para a agricultura intensiva. O fator que deve ser destacado é a exceção para a contaminação atmosférica, que não foi estudada suficientemente, sendo ainda necessário intensificar os esforços para melhor entendimento da produção de gases pela decomposição dos resíduos.

As ações que comporão o plano de intervenção serão apresentadas preliminarmente neste relatório e detalhadas no próximo relatório deste projeto (Produto 5), incluindo as iniciativas para minimizar os impactos e a avaliação econômica para sua implantação. Dentre as ações são enumeradas: estabilização da pluma de contaminação a partir da instalação e da operação de barreiras hidráulicas; tratamento ou reinjeção dos efluentes bombeados para a estabilização da pluma de contaminação; enclausuramento da



principal zona de geração de chorume primário; e recomposição da vegetação nativa na área embargada para acumulação de resíduos. Além das ações de mitigação/recuperação propriamente ditas, também será apresentada uma proposta para uso futuro da área.

O monitoramento ambiental de toda a região deverá ser continuado e realizado antes, durante e depois de implantadas as ações de minimização dos impactos. Nesse esforço deverão ser monitorados os seguintes compartimentos: a qualidade das águas subterrâneas (a partir de poços de monitoramento) e das águas superficiais (manutenção dos pontos de controle), a qualidade do ar (com a instalação de uma estação de medição de particulados totais e suspensão), o crescimento da vegetação nativa reintroduzida (com medição do desenvolvimento de espécies selecionadas) e a efetividade do sistema de impermeabilização e canalização das águas pluviais (com avaliação visual e registro fotográfico dos sulcos e outros processos erosivos lineares).





3 MODELO BÁSICO CONCEITUAL DA CONTAMINAÇÃO E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

A contaminação e a degradação da área do Lixão da Estrutural (atual Unidade de Recebimento de Entulhos da Estrutural) e adjacências são integralmente associadas ao uso da região como área de destinação final dos resíduos sólidos urbanos do Distrito Federal por quase seis décadas.

A degradação dos solos, a contaminação das águas subterrâneas e das águas superficiais bem como a poluição do ar estão vinculadas diretamente aos resíduos e sua decomposição ou ao manejo da área para recebimento dos resíduos.

Segundo a ABNT (2013), tendo como base a NBR 16210, o modelo conceitual deve ter um conteúdo mínimo e um escopo que contemple os seguintes itens (texto adaptado da referida Norma Técnica):

- I. *Determinação dos limites da área objeto de estudo e resumo das informações históricas de uso e ocupação*, com a representação da área objeto de estudo e seu entorno, reunindo dados e informações históricas e atuais relacionadas ao local com base em mapas, imagens aéreas, seções transversais, dados ambientais, registros de níveis de poços e parâmetros físico-químicos das águas, relatórios, estudos e outras fontes de informação. Neste estudo essa etapa foi alcançada nos estudos de diagnóstico ambiental da área com análises de solos, estudos geofísicos, instalação de poços de monitoramento, análises de massa foliar da vegetação nativa e exótica encontrada na área, análises de águas superficiais e subterrâneas, dentre outras ações. O histórico de acumulação de resíduos e ocupação urbana da área adjacente ao Lixão. Diversos estudos já apresentaram o histórico, sendo o trabalho de Cunha *et al.* (2021) um dos mais recentes com este mesmo objetivo.
- II. *Determinação das fontes de contaminação*, com identificação e caracterização das potenciais, suspeitas e reais fontes de contaminação por meio da indicação de sua localização (externa ou interna na área objeto de estudo) e seus limites; as substâncias químicas de interesse, suas áreas, seus volumes, concentrações médias na fonte, além das taxas e dos mecanismos de dispersão dos contaminantes. Esta ação foi plenamente desenvolvida com base nos resultados das análises químicas de solos e águas, e além dos principais contaminantes, foram determinados os indicadores das diferentes fontes de poluição.
- III. *Identificação das substâncias químicas de interesse*, com a identificação dos contaminantes existentes na água subterrânea, nas águas superficiais, nos solos, nos sedimentos, na biota e no ar, bem como seu comportamento físico-químico típico em cada meio. Esta etapa foi contemplada, com exceção de contaminantes eventualmente presentes na fauna, os quais não foram analisados por este projeto.
- IV. *Ocorrência natural das substâncias de interesse* – deve ser avaliada a possibilidade de ocorrência natural das concentrações das substâncias químicas de interesse, bem como seus valores de *background* para se distinguir a real contaminação. Os valores de *background* químicos nas águas dos aquíferos foram obtidos do trabalho de Arraes *et al.* (2005), e os valores de referência para os solos foram obtidos dos resultados analíticos de áreas não sujeitas à contaminação.
- V. *Avaliação da possibilidade de mobilização de substâncias naturais em função da interação destas com o contaminante, além dos processos envolvidos na distribuição dos contaminantes*. A liberação dos contaminantes da água subterrânea se dá por advecção, fluxo lateral e descarga do aquífero. A liberação dos contaminantes atmosféricos se dá através dos sistemas de drenos de gases instalados no maciço de resíduos.
- VI. *Caracterização do meio físico*, com a descrição das características geológicas, pedológicas, hidrogeológicas, geoquímicas, hidrológicas, geomorfológicas e outras características consideradas relevantes para o estudo. No caso deste estudo, todos esses parâmetros estão devidamente apresentados e atualizados no Produto 3, sendo sintetizados a seguir: geologia – formações



Ribeirão Piçarrão e Ribeirão do Torto do Grupo Paranoá, de idade mesoproterozoica; pedologia – latossolos vermelhos distróficos de textura muito argilosa; hidrogeologia – Sistema P1 do domínio intergranular e Subsistemas S e S/A do Sistema Paranoá; hidrologia: bacias dos Córregos Cabeceira do Valo (a oeste), do Ribeirão Bananal (a nordeste) e do Acampamento (a leste); geomorfologia – compartimento da Depressão do Paranoá nos domínios do Plano Intermediário. O detalhamento do meio físico encontra-se disponível no Produto 3 deste projeto.

- VII. *Identificação, caracterização e localização das potenciais, suspeitas e reais fontes de contaminação* – etapa concluída com o mapeamento da pluma de contaminação do aquífero freático, com o mapeamento das áreas de acumulação dos resíduos, com as análises gravimétricas *ex situ* dos resíduos sólidos, com as análises nas áreas de nascentes e com o conjunto de análises químicas realizadas em amostras de solos e de águas.
- VIII. *As vias de transporte dos contaminantes*, incluindo os principais meios de migração através da água subterrânea, água superficial, ar, solo, sedimento e biota, devendo ser identificados para cada fonte e classificados em potenciais, suspeitos ou reais. No caso da área em estudo, os meios de dispersão da contaminação são o aquífero freático, o Córrego Cabeceira do Valo, o escoamento das águas superficiais, os latossolos das áreas adjacentes e o ar atmosférico, com suas correntes de ventos.
- IX. *Identificação e caracterização dos receptores da contaminação* – com relação aos compartimentos do meio físico considerados receptores naturais da contaminação destacam-se: os aquíferos freáticos e as nascentes e os Córregos Cabeceira do Valo, Acampamento e Bananal como receptores da contaminação das águas; a própria atmosfera como receptora da contaminação por gases de efeito estufa; e os horizontes A e AB dos perfis pedogenéticos como receptores da contaminação e da degradação dos solos. Com relação aos receptores do meio biótico destacam-se: a vegetação nativa e exótica como receptores de toda a carga de contaminantes; os organismos terrestres e aquáticos como receptores da contaminação dos cursos d'água; e os seres humanos como receptores potenciais da contaminação das águas e da atmosfera.
- X. *Bens a proteger* – os bens naturais a serem protegidos incluem o aquífero freático (que deverá ter o fluxo invertido e os efluentes tratados ou recirculados), os solos (que deverão ter sua cobertura vegetal recomposta com uso de espécies nativas), a atmosfera (que deverá receber o mínimo de gases com o menor grau possível de agressividade) e as águas superficiais (que deverão ter sua classificação mantida na Classe Especial ou melhorada para a classe imediatamente inferior, no caso do Córrego Cabeceira do Valo). Além dos bens anteriormente enumerados, também deve ser protegida a saúde respiratória dos residentes nas áreas adjacentes ao Lixão/Unidade de Recebimento de Entulhos da Estrutural.

Segundo a ABNT (2013), “um modelo conceitual é a representação escrita ou gráfica de um sistema ambiental e os processos biológicos, químicos e físicos que determinam o transporte dos contaminantes a partir das fontes, através dos meios, até os receptores envolvidos”.

Os estudos prévios de diagnóstico mostram que os problemas ambientais podem ser hierarquizados em função de sua magnitude, intensidade e criticidade, da seguinte forma:

1. contaminação das águas subterrâneas;
2. degradação dos solos;
3. contaminação das águas superficiais;
4. poluição atmosférica.

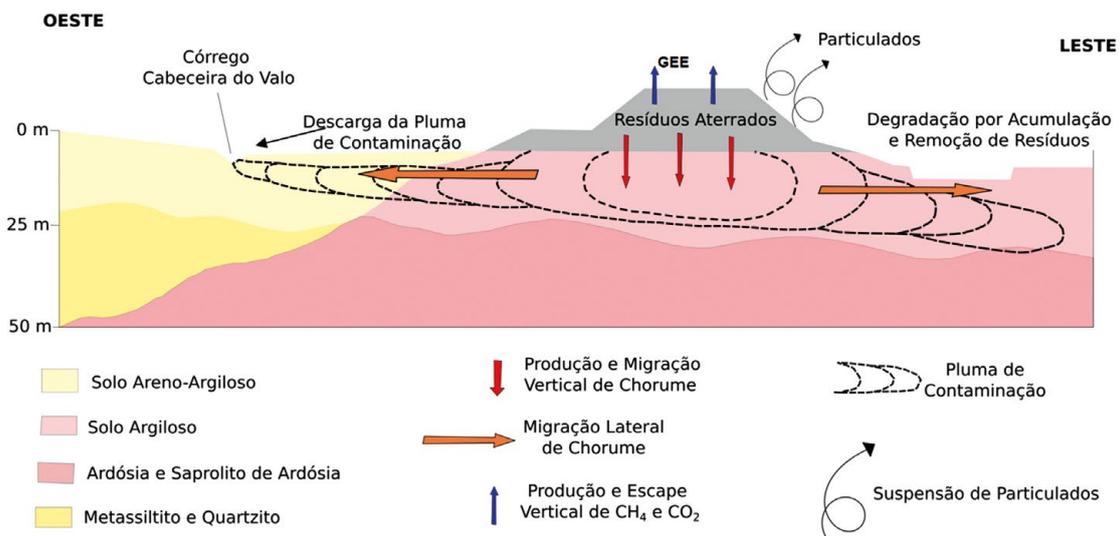


A contaminação dos solos, um aspecto inicialmente considerado potencialmente crítico, mostrou-se como um fator de menor importância, sendo vinculado ao tipo de resíduos acumulados.

A Figura 1 mostra de forma esquemática o modelo conceitual da contaminação e da degradação geradas pelo antigo Lixão da Estrutural e pela operação atual da Unidade de Recebimento de Entulhos.

Em seguida são descritos os modelos conceituais de geração e propagação dos efluentes responsáveis pela degradação ambiental da área do Lixão e imediações.

FIGURA 1 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO MODELO CONCEITUAL PARA O GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS E DEGRADADAS PELO LIXÃO E PELA UNIDADE DE RECEBIMENTO DE ENTULHOS DA ESTRUTURAL. A PLUMA MIGRA LATERALMENTE POR PROCESSOS DE DISPERSÃO E ADVECÇÃO. OS GASES DE EFEITO ESTUFA, OS GASES DE COMBUSTÃO DE ÓLEO DIESEL E OS PARTICULADOS SÃO DISSEMINADOS A PARTIR DE CORRENTES DE VENTO (PRINCIPALMENTE NO PERÍODO SECO DO ANO). A CONTAMINAÇÃO DO CÓRREGO CABECEIRA DO VALO SE DÁ PELA DESCARGA DO AQUIFERO PELA SUA MARGEM ESQUERDA E SE DISPERSA COM O PRÓPRIO FLUXO DA ÁGUA; A DESCARGA A PARTIR DA MARGEM DIREITA CAUSA DILUIÇÃO DA CONTAMINAÇÃO (POR SE TRATAR DE ÁGUAS DE BOA QUALIDADE QUÍMICA). A DEGRADAÇÃO DOS SOLOS SE DÁ PELA SUPRESSÃO DOS HORIZONTES SUPERFICIAIS E POR RESTOS DE REJEITOS NÃO REMOVIDOS



O conjunto de dados levantados no estudo de diagnóstico ambiental é considerado robusto e suficiente para responder a todas as demandas das normas técnicas.

Mesmo não considerando a instalação de poços multiníveis, a rede de poços de monitoramento com seções filtrantes em duas ou três profundidades foi suficiente para a determinação tridimensional da pluma de contaminação. Essa rede de poços permitiu inclusive o mapeamento da estratificação da pluma de chorume, bem como sua profundidade máxima de alcance. Os dados do par de poços raso e profundo (poço 18) operado pela Adasa também ratificam que a contaminação está situada apenas no aquífero freático, não tendo afetado ainda o aquífero fraturado situado a maior profundidade.

A eventual limitação da rede de monitoramento das águas subterrâneas, em função da má distribuição ou de vazios amostrais, não é função de limitação técnica, mas sim de limitações logísticas, uma vez que na área urbana com elevada densidade e traçado urbanístico irregular não há espaço para a construção de poços ou para a realização de estudos geofísicos.



Os dados de águas superficiais, mesmo em número reduzido, são suficientes para as conclusões sobre a contaminação das águas superficiais, uma vez que foram obtidos de amostras de águas situadas em suas zonas de cabeceira, e em alguns casos muito próximo às nascentes, área que deverá receber mais prontamente as eventuais contaminações.

Os dados obtidos do trabalho de Del'Rey (2020) confirmam a contaminação atmosférica e trazem valores de razões de metano e gás carbônico nas saídas dos drenos de gases, bem como os processos envolvidos na sua geração.

Os resultados das análises gravimétricas dos resíduos mostram que os dois principais componentes enterrados são terra e restos de obras, seguidos de madeira. Esse conjunto de materiais corrobora os baixos teores de metais encontrados nos solos e no chorume (mesmo em sua fase de maior concentração sob a pilha de resíduos mais espessa e mais recentemente depositada).

Segundo a NBR 16209 (ABNT 2013a), a SQI ou substância química de interesse representa a fase química quantificada em amostra proveniente do meio físico, que está relacionada à fonte primária ou secundária de contaminação.

As substâncias químicas de interesse vinculadas à contaminação dos diferentes compartimentos são:

- Águas subterrâneas – amônia, demanda química de oxigênio, cloreto, sódio, cálcio e magnésio. Os metais, ao contrário do que inicialmente considerado, não apresentam teores elevados, uma vez que os resíduos são oriundos de fontes produtoras domésticas (resíduos urbanos). Além de a fonte não produzir e acumular muito resíduo rico em metais, os processos de reciclagem que sempre existiram retiram grande parte das fontes potenciais desses materiais. Além das substâncias químicas de interesse propriamente ditas, no caso das águas subterrâneas o nível freático ou carga potenciométrica é muito importante, pois determina o sentido do fluxo e possibilita a estimativa da recarga. A condutividade elétrica (CE) da água é um fator diretamente proporcional ao total de sólidos dissolvidos (TDS) e também não é especificamente uma substância química de interesse, mas deve ser considerada, pois retrata o total de íons presentes na água com forte proporcionalidade com relação às substâncias indicadoras da contaminação.
- Águas superficiais – amônia, nitrato, cloreto e sódio. Estas substâncias foram consideradas, pois são as principais que sofrem elevação com relação ao *background* regional. Neste caso, a única drenagem que se apresenta contaminada pela descarga de chorume é o Córrego Cabeceira do Valo. A contaminação é atenuada, pois esse córrego recebe descarga dos aquíferos pela sua margem direita, o que minimiza fortemente o processo de poluição.
- Atmosfera – metano. A substância química de interesse associada à poluição atmosférica é um gás produzido por metanogênese *in situ* com a decomposição anaeróbia dos resíduos orgânicos. A possibilidade de inclusão de outras substâncias químicas de interesse gasosas como CO₂ ou SO₂ é dificultada pela impossibilidade de se separar fontes de geração distintas (ex.: CO₂ oriundo do Lixão e de combustão de combustíveis fósseis) ou pela questão de se determinar e medir alguns tipos de gases (ex.: gases ricos em enxofre).

No caso dos solos que não apresentam valores de indicadores acima dos referenciais de qualidade não há uma substância química de interesse específica, sendo a exposição de sua superfície, a presença de restos de resíduos, a presença de vegetação exótica e pioneira, com destaque para margaridão (*Tithonia diversifolia*), leucena (*Leucaena leucocephala*) e mamona (*Ricinus communis L.*), e a ausência de vegetação natural os principais parâmetros a serem observados.

As substâncias químicas de interesse deverão ser consideradas os principais parâmetros para análise e monitoramento para que as intervenções propostas sejam focadas, isto é: redução de amônia, DQO,



cloreto e sódio em águas subterrâneas, redução de amônia e nitrato no Córrego Cabeceira do Valo, substituição da vegetação exótica com a utilização da técnica de recomposição da vegetação nativa (na área embargada) e redução das emissões de metano.

3.1 CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A contaminação dos aquíferos freáticos é desencadeada pela acumulação dos resíduos e por seu aterramento. Inicialmente (até o ano de 1985) os resíduos eram tratados na forma de pequenas células relativamente rasas (até 5 metros de profundidade com extensão variável), que eram aterradas por solos locais submetidos a pequena compactação. Posteriormente, em função do aumento da produção de resíduos (vinculado ao aumento da população), o aterro passou a operar por empilhamento vertical, resultando em uma elevação de até 35 metros. Na operação de acumulação vertical, os resíduos são depositados em patamares, homogeneizados (espalhados), compactados e aterrados. As áreas ativas de recebimento de rejeitos eram mobilizadas ao longo do tempo, de forma que o antigo lixão foi progressivamente ampliado na direção noroeste. Nos anos 1990 houve o início de expansão do processo de aterramento para leste e nordeste (em direção ao limite do Parque Nacional de Brasília), contudo, por intervenção do Ministério Público do Distrito Federal e Territórios (MPDFT), uma faixa de 300 metros (área de tamponamento do Parque Nacional) foi considerada “embargada” para deposição de resíduos, e o material já acumulado foi retirado ou parcialmente retirado.

A contaminação das águas subterrâneas não se dá diretamente pelos resíduos, mas por sua decomposição a partir da degradação da matéria orgânica em contato com as águas de recarga, o que gera o chorume. O volume de chorume varia em razão do volume de resíduos enterrados, sendo a operação em trincheiras rasas geradora de pequeno volume de chorume. Ao contrário, a operação no formato vertical que acumula volumes expressivos de lixo apresenta potencial para geração contínua de chorume por mais de vinte anos após o término de operação do Lixão.

O chorume gerado no maciço de resíduos e principalmente em sua porção basal migra lateralmente com o próprio fluxo da água subterrânea por advecção. No caso do Lixão da Estrutural, o fluxo espalha-se para oeste/sudoeste (em direção ao Córrego Cabeceira do Valo) e para leste/sudeste/nordeste (em direção à área da nascente do Córrego do Acampamento).

Na base do maciço de resíduos, o chorume apresenta elevada densidade, podendo alcançar até 25.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (equivalente a 15,3 gramas de sais dissolvidos por litro). A concentração dos contaminantes diminui progressivamente quando se afasta do maciço de resíduos, chegando a 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nas margens da poligonal do Lixão e reduzindo para valores da ordem 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ou menor a distância de alguns quilômetros da área do Lixão. A diminuição da concentração ocorre por três processos: i) diluição por mistura com a água do aquífero (que apresenta excelente qualidade natural); ii) diluição por mistura com a água de recarga (águas de chuva que anualmente se infiltram e alcançam a zona saturada do aquífero); e iii) atenuação natural pela interação do contaminante com a porção sólida do aquífero (argilas, argilomineerais, óxidos, hidróxidos e grãos minerais residuais).

Por causa da natureza dos materiais em subsuperfície, o processo de atenuação natural é maior em direção ao Parque Nacional de Brasília, pois o aquífero é composto por materiais mais argilosos, cuja capacidade de retenção de cargas contaminantes é maior. O menor gradiente hidráulico em direção ao Parque Nacional de Brasília também é um fator importante para a contenção da migração da pluma de contaminação para leste/sudeste. Dois fatores se somam para que a pluma se amplie em direção ao Córrego Cabeceira do Valo: presença de areia média a grossa no arcabouço do aquífero e maior gradiente hidráulico. Esse arranjo faz com que a pluma migre com uma velocidade de até dezenas de metros por ano.



Dentre os principais indicadores da contaminação destacam-se: sódio, cloreto, amônia, demanda química de oxigênio (DQO), cálcio e magnésio. O sódio e o cloreto são derivados do sal de cozinha liberados de restos de alimentos já processados que chegam ao aterro. A amônia representa o nitrogênio na forma reduzida oriundo de alimentos descartados e de outras fases orgânicas encaminhados ao Lixão. O cálcio e o magnésio são derivados de restos de obras na forma de fragmentos de concreto, revestimentos e outros resíduos compostos por argamassas e outros produtos ricos em cimento. A DQO elevada é própria do ambiente fortemente redutor que utiliza oxigênio nas diferentes reações que se processam no interior do maciço de resíduos, o qual pode ser visto como um grande reator químico em condições fortemente redutoras.

O cenário de contaminação das águas subterrâneas foi determinado por duas baterias de análises de amostras obtidas da rede de poços de monitoramento. O primeiro conjunto de resultados foi apresentado no diagnóstico ambiental da área (Produto 3). Os resultados do segundo levantamento, realizado no dia 18 de setembro de 2020, são apresentados nos mapas das Figuras 2 a 5 (e no Apêndice, Tabela 16).

Esses produtos cartográficos produzidos pela espacialização dos resultados analíticos em ambiente de sistema de informação geográfica mostram que o total de sais dissolvidos (TDS) é prioritariamente determinado pelos seguintes indicadores da contaminação: cloreto, sódio e amônia, além da demanda química de oxigênio. O padrão de distribuição espacial dos diferentes indicadores que se mantêm de forma independente corrobora a definição prévia dos principais indicadores adotados. Em média, esses quatro indicadores correspondem a 60% do TDS na zona de produção do chorume e alcançam 40% nas zonas de distribuição da contaminação.

FIGURA 2 – MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CLORETO (EM MG/L) NA ÁREA DO ANTIGO LIXÃO DA ESTRUTURAL, ATUAL UNIDADE DE RECEBIMENTO DE ENTULHOS. SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS SIRGAS 2000, ZONA 23 (IMAGEM BASE OBTIDA DO SISTEMA GOOGLE EARTH, MAIO DE 2020)

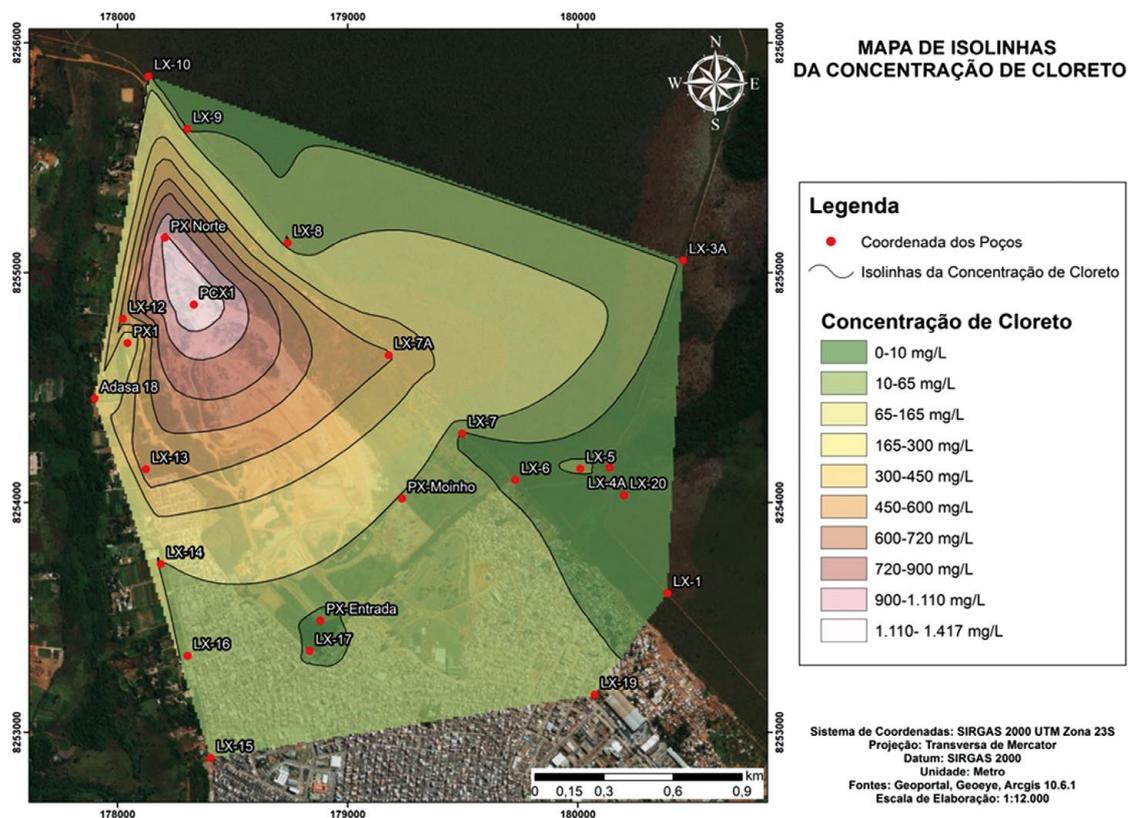


FIGURA 3 – MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SÓDIO NA ÁREA DO LIXÃO DA ESTRUTURAL, ATUAL UNIDADE DE RECEBIMENTO DE ENTULHOS (EM MG/L). SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS SIRGAS 2000, ZONA 23 (IMAGEM BASE OBTIDA DO SISTEMA GOOGLE EARTH, MAIO DE 2020)

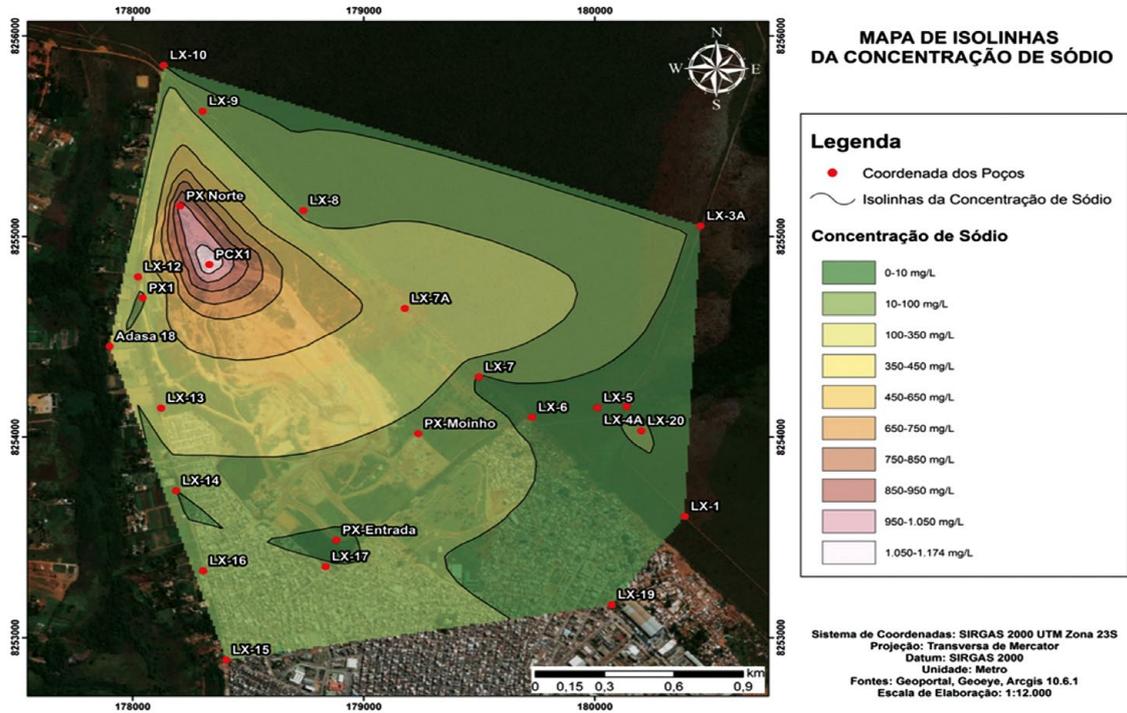


FIGURA 4 – MAPA DE ISOCONCENTRAÇÃO DA DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO) NA ÁREA DO LIXÃO DA ESTRUTURAL, ATUAL UNIDADE DE RECEBIMENTO DE ENTULHOS (EM MG/L). SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS SIRGAS 2000, ZONA 23 (IMAGEM BASE OBTIDA DO SISTEMA GOOGLE EARTH, MAIO DE 2020)

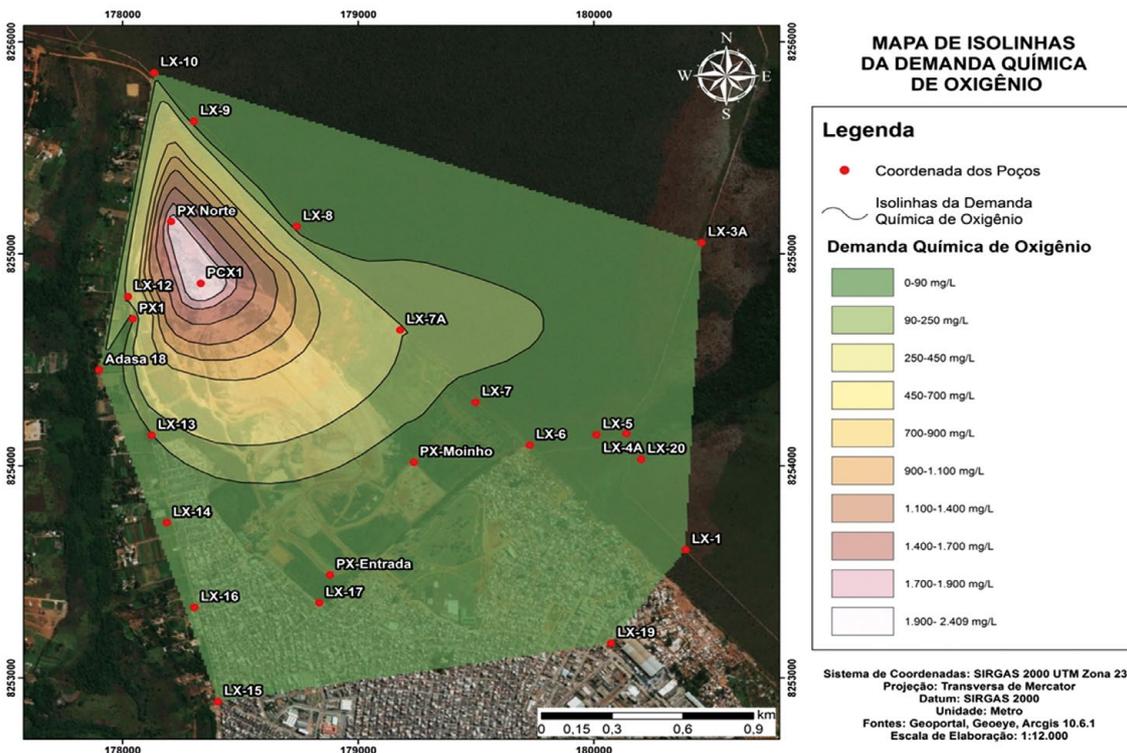
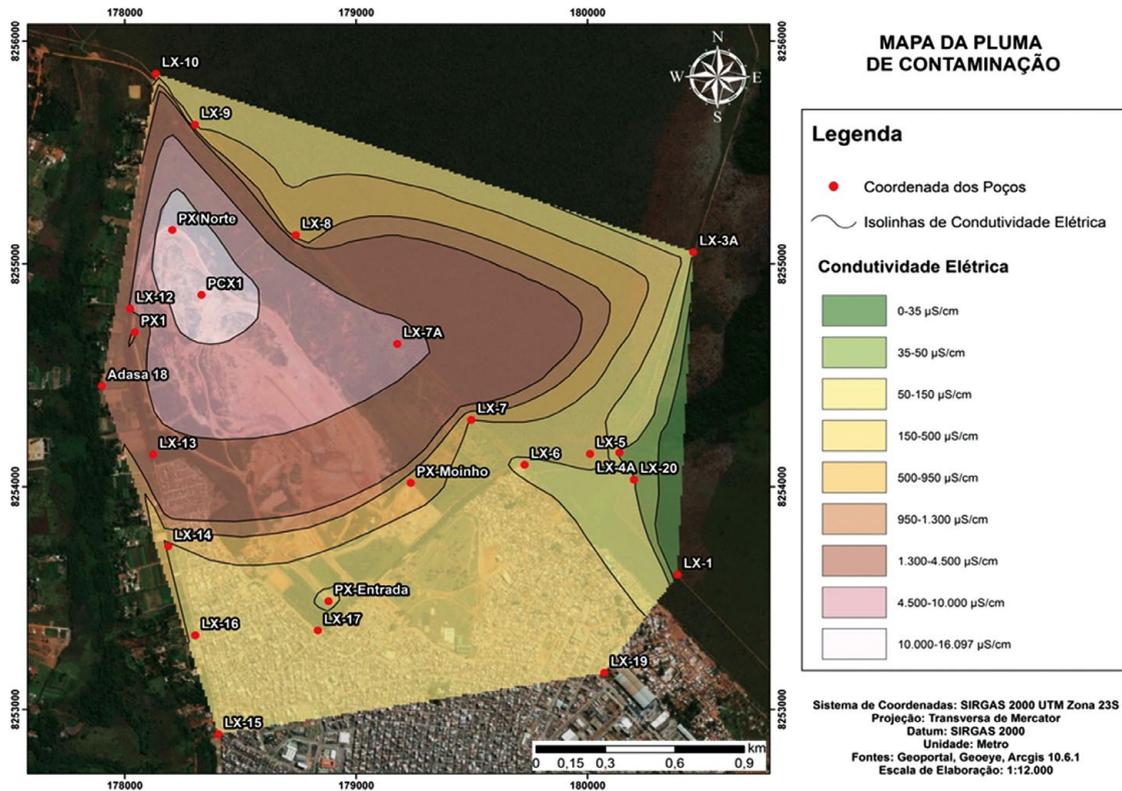


FIGURA 5 – MAPA DA PLUMA DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO LIXÃO DA ESTRUTURAL, ATUAL UNIDADE DE RECEBIMENTO DE ENTULHOS, COM BASE NA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DAS ÁGUAS EM $\mu\text{S}/\text{CM}$. SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS SIRGAS 2000, ZONA 23 (IMAGEM BASE OBTIDA DO SISTEMA GOOGLE EARTH, MAIO DE 2020)



3.2 DEGRADAÇÃO DOS SOLOS

A degradação dos solos na região do antigo Lixão da Estrutural, atual Unidade de Recebimento de Entulhos, ocorre por diferentes processos: acumulação e aterramento de resíduos (nas áreas de deposição de lixo), remoção dos horizontes superficiais (principalmente na área embargada), plantação de produtos hortigranjeiros (nas chácaras situadas na margem esquerda do Córrego Cabeceira do Valo), invasões urbanas (na área da ocupação de Santa Luzia) e impermeabilização/compactação dos horizontes superficiais (na área urbana consolidada da Cidade Estrutural).

As diferentes formas de uso e ocupação dos solos na área do Lixão e vizinhanças acarretam dois tipos de problema: potencial contaminação e redução da infiltração das águas de recarga dos aquíferos. A contaminação é potencialmente gerada pelos próprios resíduos sólidos, pelos efluentes da ocupação Santa Luzia e pelos agroquímicos aplicados na agricultura intensiva. A redução da recarga é comprovada pelo aumento do escoamento superficial observado na área urbana, principalmente após eventos de precipitação considerados anômalos.

Os trabalhos de diagnóstico foram específicos para a determinação de metais de transição dos horizontes superficiais dos solos, contudo não foram observados teores expressivos deste tipo de contaminante. A conclusão a respeito dos baixos teores de metais nos solos foi de que a própria natureza dos resíduos não representa uma fonte anômala de metais por se tratar de resíduos eminentemente urbanos.



O modelo urbano da Cidade Estrutural – horizontal, de elevada densidade, sem áreas verdes com elevadas taxas de impermeabilização – causa maior problema ambiental que os resíduos presentes na região. Esta questão resulta na diminuição da recarga natural dos aquíferos.

A área embargada entre o Lixão e o Parque Nacional de Brasília constitui uma ampla faixa que se apresenta fortemente degradada em função da abertura de trincheiras (de até 5 metros de profundidade) e do acúmulo de resíduos e sua posterior remoção parcial. Nesta faixa a vegetação natural de cerrado foi substituída por espécies exóticas, com destaque para o margaridão (*Tithonia diversifolia*), a leucena (*Leucaena leucocephala*) e a mamona (*Ricinus communis L.*). Além da remoção dos horizontes superficiais e da substituição da vegetação natural, ainda há locais com restos de resíduos que não foram totalmente removidos.

3.3 CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

Com relação à degradação das águas superficiais, apenas o Córrego Cabeceira do Valo já apresenta mudança de sua qualidade natural em decorrência da chegada da pluma de contaminação. Essa constatação é facilmente corroborada pelos dados de análises de águas freáticas no poço Adasa 18 (poço raso) e já havia sido determinada no trabalho de Del'Rey (2020) por dados de monitoramento.

A qualidade das águas do Córrego Cabeceira do Valo ainda é bastante satisfatória, uma vez que recebe grande contribuição de descarga a partir dos aquíferos freáticos situados em sua margem direita. O escoamento de base desses aquíferos rasos é responsável pela diluição de parte da carga de chorume que entra pela vertente esquerda.

No diagnóstico ambiental da área, o Córrego Cabeceira do Valo foi classificado como pertencente à Classe 2 de enquadramento dos corpos d'água (suas águas podem ser utilizadas para recreação, pesca, irrigação de hortaliças e frutíferas, dessedentação de animais e só após tratamento convencional para abastecimento urbano). As outras duas drenagens superficiais que fluem a partir da área do Lixão – Córrego do Acampamento e Ribeirão Bananal – não apresentam mudança de sua qualidade natural, sendo enquadradas na Classe Especial (classe mandatária em Unidades de Conservação de Proteção Integral para preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas).

Os estudos de modelagem de fluxo (Produto 3 deste projeto) indicam que essas duas cabeceiras foram poupadas da contaminação por diferentes fatores convergentes: menor gradiente hidráulico (que limita a velocidade do fluxo), maior presença de materiais argilosos em subsuperfície (que têm maior poder de atenuação da carga contaminante), maior distância entre a área de geração do efluente e as nascentes (que permite maior tempo de depuração da carga contaminante) e melhores condições de recarga dos aquíferos freáticos (que amplia a diluição da contaminação por águas de chuva de excelente qualidade).

3.4 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

A degradação da matéria orgânica sob condições fortemente redutoras a temperaturas que podem exceder 40 °C resulta no desenvolvimento do processo de metanogênese, no qual o carbono orgânico total (COT) presente nos resíduos enterrados se transforma em metano (CH₄). Além do metano, há também a produção de dióxido de carbono (CO₂) em situações com menor deficiência de oxigênio. Esses voláteis são os principais componentes eliminados para a atmosfera a partir da degradação química dos resíduos e são importantes gases de efeito estufa.



Além desses gases, são produzidos na área outros contaminantes atmosféricos, incluindo particulados (derivados do trânsito de caminhões e máquinas em vias não pavimentadas e áreas não vegetadas), fumaça de queimadas (de resíduos e de cobertura vegetal) e gases de combustão (produzidos em escapamentos de motores de caminhões e máquinas). A contaminação atmosférica é mais crítica no período seco do ano, em que a metanogênese é maior, as queimadas são mais frequentes e os ventos, mais fortes, favorecendo a produção de particulados.

A quantificação da poluição atmosférica não é possível, uma vez que não há estações de monitoramento na região. Apenas foram realizadas algumas campanhas de medição de gases gerados no maciço de resíduos nas saídas dos drenos, resultando em cerca de 70% em volume de $\text{CH}_4 + \text{CO}_2$.

Além dos trabalhos de medição de gases por meio dos drenos instalados no maciço de resíduos, ainda existem relatórios periódicos sobre a qualidade do ar a partir da instalação de equipamentos de amostragem de grandes volumes. A título de exemplo, cita-se o Relatório de Valor Ambiental (2019), que traz os resultados das medições de 24 horas de amostragem de grande volume em um ponto no raio de influência do britador de blocos e agregados instalado na porção sul da Unidade de Recebimento de Entulhos. Os resultados mostram que no mês de agosto de 2019 (considerado um mês crítico com relação aos particulados atmosféricos) os valores de partículas totais em suspensão (PTS) variam de 125,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ com a unidade de britagem parada e 186,64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ com a unidade em operação. Esses resultados indicam que, com relação aos particulados totais, a atmosfera na região ainda está dentro dos padrões que consideram o teor de 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como valor máximo permitido para esse parâmetro de qualidade do ar.

Atualmente, as medidas efetivamente aplicadas para minimizar a poluição atmosférica são: queima do metano na saída dos drenos para produzir $\text{CO}_2 +$ vapor de água (os quais apresentam menor impacto como gás de efeito estufa) e aspersão de água com auxílio de caminhões-pipa nas vias de maior trânsito de caminhões e máquinas (para retenção de particulados finos). Não há controle dos incêndios florestais que se iniciam nas áreas limítrofes e adentram na área do Lixão, inclusive migrando em direção ao Parque Nacional de Brasília.



4 SISTEMAS PILOTOS DE REMEDIAÇÃO E MITIGAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os sistemas pilotos e as técnicas apresentadas neste produto devem se enquadrar nas seguintes diretrizes: ter baixo custo de implantação e operação, simular soluções baseadas na natureza, corresponder a ações com ampla efetividade e ter mínimo impacto na população residente nas áreas adjacentes.

As propostas aqui apresentadas são baseadas na ABNT (2020) e seguem a NBR 16784-1: Reabilitação de Áreas Contaminadas – Plano de Intervenção, Parte 1: Procedimento de Elaboração, tendo as seguintes linhas guias:

Segundo a ABNT (2020):

A elaboração de um plano de intervenção deve ser realizada de forma clara e concisa, dentro de uma abordagem sistemática de avaliação das melhores alternativas de intervenção visando à reabilitação da área contaminada para uso pretendido, considerando a mitigação dos riscos à saúde humana e ao meio ambiente a níveis aceitáveis de risco bem como, quando possível, a extinção da exposição.

As medidas de mitigação e remediação devem ser determinadas com base na natureza dos contaminantes, nas feições do meio, nos cenários de migração dos contaminantes, no risco existente à população, nos objetivos da reabilitação, no uso desejado para o local e na proteção dos serviços ambientais a serem protegidos e na sustentabilidade dos ecossistemas associados.

O plano de intervenção deve considerar as seguintes fases:

- I. *Determinação dos objetivos da remediação/mitigação* – no caso deste estudo pretende-se minimizar a migração da pluma de contaminação, diminuir a produção de chorume primário, minimizar os impactos da poluição atmosférica e recuperar as áreas com solos degradados.
- II. *Definição de ações a serem adotadas* – contenção da pluma de contaminação com uso de baterias de poços de bombeamento (com ou sem tratamento do efluente), estabilização de metais nos solos, revegetação de solos degradados e fitorremediação de solos eventualmente contaminados por metais de transição.
- III. *Desenvolvimento do modelo conceitual de intervenção* – este modelo deve ser baseado no modelo conceitual de contaminação e deve prever ações de mitigação/remediação para cada uma das questões evidenciadas nos estudos prévios (diagnóstico ambiental).
- IV. *Seleção das técnicas a serem adotadas* – devem ser seguidas as premissas das soluções baseadas na natureza, sendo também relevante o baixo custo dos métodos adotados.
- V. *Análise de incertezas e restrições do plano* – na etapa final das avaliações, as limitações das técnicas sugeridas devem ser consideradas em termos de aplicabilidade para o caso específico em estudo e quanto aos custos envolvidos e à viabilidade de expansão dos pilotos em grande escala.

Os objetivos do plano de remediação/mitigação foram definidos considerando a conclusão do diagnóstico ambiental e os riscos à saúde humana e foram organizados conforme a NBR 16209 (ABNT, 2013). Os seguintes objetivos foram considerados na proposição das ações de mitigação deste estudo:

- I. controlar as fontes de contaminação, com destaque para a pluma de chorume, os solos degradados e os gases de efeito estufa;



- II. atingir os menores níveis possíveis de contaminação dos aquíferos freáticos, minimizar a contaminação do Córrego Cabeceira do Valo e evitar a contaminação dos Córregos Acampamento e Bananal;
- III. minimizar os impactos ao Parque Nacional de Brasília a partir dos efluentes e dos contaminantes gerados na área do antigo Lixão e atual Unidade de Recebimento de Entulhos da Estrutural.

Conforme a ABNT (2020), a decisão sobre as medidas de intervenção a serem adotadas deve ter como base:

- I. redução das concentrações das substâncias químicas de interesse nos compartimentos do meio físico contaminados que oferecem risco à saúde humana, considerando sua distribuição mapeada na etapa de investigação detalhada (a qual deve ser realizada conforme a ABNT, 2013). No caso específico deste estudo, o Diagnóstico Ambiental (Produto 3) representa este estudo detalhado, mesmo que em parte por suas especificidades não siga o mesmo roteiro da NBR 15515-3;
- II. controle, mitigação e eventualmente eliminação da exposição em locais onde foram determinados teores acima dos definidos pelas normas e legislações (exemplo: teores de amônia e DQO nas águas subterrâneas);
- III. contenção e controle da expansão das plumas de contaminação mapeadas na investigação detalhada.

Para alcançar os objetivos propostos, o plano de intervenção considera técnicas de tratamento e contenção, medidas de engenharia, implantação de cinturão verde na área limítrofe do Parque Nacional de Brasília, além de contar com o controle institucional por intermédio de diferentes órgãos (Secretaria do Meio Ambiente – Sema-GDF; Ministério Público do Distrito Federal e Territórios – MPDFT; Instituto Brasília Ambiental – Ibram; e Agência Distrital de Águas, Energia e Saneamento – Adasa) e com o apoio executivo, principalmente do Serviço de Limpeza Urbana (SLU) e empresas contratadas.

A principal premissa para a elaboração do plano de intervenção é garantir, por meio de medidas de remediação, engenharia e/ou institucionais, a reabilitação da área para futuros usos. As premissas a serem consideradas incluem:

- I. não ampliação das unidades de exposição definidas nos mapas de contaminação dos diferentes compartimentos (água subterrânea, água superficial e solo degradado);
- II. controlar, eliminar ou interromper a exposição dos ambientes subterrâneo e superficial aos agentes contaminantes;
- III. considerar a viabilidade técnica, os aspectos econômicos e os condicionantes socioambientais;
- IV. considerar a capacitação técnica das partes envolvidas e o potencial colaborativo das diferentes instituições envolvidas na execução do plano de gerenciamento da área contaminada como um todo, que inclui o antigo Lixão, a Unidade de Recebimento de Entulhos, a Cidade Estrutural e vizinhanças.



4.2 FITORREMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS POR METAIS

Duas ações foram consideradas nos projetos de fitorremediação de metais nos solos em áreas adjacentes aos locais de deposição de resíduos nos quase sessenta anos de operação do Lixão da Estrutural: **Subprojeto FT-1** – comparação do conteúdo de metais presentes em plantas nativas e exóticas na área da Estrutural e no *Campus* Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília; e **Subprojeto FT-2** – plantio de espécies arbóreas nativas, incluindo: mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii*), ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus*), angico (*Anadenanthera macrocarpa*), pata-de-vaca (*Bauhinia forficata*), jatobá (*Hymenaea courbaril*), fedegoso (*Senna macranthera*), mulungu (*Erythrina verna*), copaíba (*Copaifera langsdorffii*), cedro (*Cedrus*) e baru (*Dipteryx alata*); exótica: eucalipto (*Eucalyptus*); e de cultivo de ciclo curto: sorgo (*Sorghum bicolor*) e girassol (*Helianthus annuus*) em área adjacente ao Lixão da Estrutural e verificação dos teores de metais acumulados na biomassa.

Subprojeto FT-1

No Subprojeto FT-1 foram considerados quatro pontos de amostragens de quatro espécies nativas e quatro espécies exóticas, totalizando 64 pontos de amostragens (32 na área do Lixão e 32 no *Campus* Darcy Ribeiro). A área do *Campus* da Universidade de Brasília foi escolhida para comparação por estar situada a mais de 12 km a oeste da área do Lixão da Estrutural e ter o mesmo contexto geológico, pedológico e geomorfológico, o que, em princípio, permite uma avaliação por comparação direta, sem vieses em função dos principais parâmetros do meio físico.

As seguintes espécies exóticas foram consideradas: eucalipto (*Eucalyptus*), margaridão (*Tithonia diversifolia*); leucena (*Leucaena leucocephala*) e mamona (*Ricinus communis* L.); e dentre as espécies nativas foram escolhidas: angico (*Anadenanthera macrocarpa*), pequi (*Caryocar brasiliense*), araticum (*Annona montana*) e ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus*). A escolha dessas espécies foi baseada em dois critérios: abundância ou existência nas duas áreas de amostragem e conhecimento prévio de sua potencial capacidade de acumulação de metais. As amostras foram codificadas com a terminologia F01 de 01 a 32 e F02 de 01 a 32, com F01 representando as amostras obtidas na área do Lixão e F02, as amostras obtidas no *Campus* da Universidade de Brasília.

As Tabelas 2 e 3 trazem as coordenadas de localização de cada planta cujas folhas foram amostradas diretamente de galhos mais baixos ou com auxílio de podão para o corte de galhos mais elevados, respectivamente na área do Lixão e adjacências e na área do *Campus* Universitário Darcy Ribeiro (Asa Norte de Brasília).



TABELA 2 – LOCALIZAÇÃO DOS ESPÉCIMES VEGETAIS AMOSTRADOS NA ÁREA DO LIXÃO DA ESTRUTURAL

AMOSTRA	ESPÉCIE	UTM OESTE	UTM SUL	COTA (M)
AMOSTRAGEM NA ÁREA DO LIXÃO DA ESTRUTURAL				
ESPÉCIES NATIVAS				
F01-01	Angico	179.381	8.254.320	1115
F01-02	Angico	179.454	8.254.186	1110
F01-03	Angico	179.246	8.254.129	1115
F01-04	Angico	820.994	8.254.896	1128
F01-05	Pequi	179.477	8.254.252	1109
F01-06	Pequi	179.219	8.254.572	1118
F01-07	Pequi	179.253	8.254.527	1121
F01-08	Pequi	179.227	8.254.608	1119
F01-09	Araticum	179.379	8.254.219	1112
F01-10	Araticum	179.164	8.254.642	1117
F01-11	Araticum	179.480	8.254.139	1119
F01-12	Araticum	179.345	8.254.148	1117
F01-13	Ipê	179.085	8.254.749	1130
F01-14	Ipê	179.164	8.254.642	1117
F01-15	Ipê	179.715	8.253.612	1125
F01-16	Ipê	179.158	8.254.634	1121
ESPÉCIES EXÓTICAS				
F01-17	Eucalipto	178.891	8.253.380	1136
F01-18	Eucalipto	820.994	8.254.896	1128
F01-19	Eucalipto	821.311	8.253.997	1121
F01-20	Eucalipto	821.076	8.255.585	1131
F01-21	Leucena	178.891	8.253.380	1136
F01-22	Leucena	179.175	8.253.964	1120
F01-23	Leucena	821.455	8.254.019	1132
F01-24	Leucena	821.012	8.254.912	1134
F01-25	Margaridão	178.891	8.253.380	1136
F01-26	Margaridão	179.175	8.253.964	1120
F01-27	Margaridão	821.455	8.254.019	1132
F01-28	Margaridão	821.012	8.254.912	1134
F01-29	Mamona	178.891	8.253.380	1136
F01-30	Mamona	179.175	8.253.964	1120
F01-31	Mamona	821.455	8.254.019	1132
F01-32	Mamona	821.012	8.254.912	1134



TABELA 3 – LOCALIZAÇÃO DOS ESPÉCIMES VEGETAIS AMOSTRADOS NA ÁREA DO CAMPUS UNIVERSITÁRIO DARCY RIBEIRO E ADJACÊNCIAS

AMOSTRA	ESPÉCIE	UTM OESTE	UTM SUL	COTA (M)
AMOSTRAGEM NA ÁREA DO CAMPUS DARCY RIBEIRO (UNB)				
ESPÉCIES NATIVAS				
F02-01	Angico	192.277	8.254.737	1038
F02-02	Angico	192.378	8.253.321	1039
F02-03	Angico	192.500	8.255.503	1030
F02-04	Angico	192.548	8.254.715	1038
F02-05	Pequi	194.153	8.259.668	1025
F02-06	Pequi	191.896	8.255.483	1043
F02-07	Pequi	193.600	8.254.992	1015
F02-08	Pequi	193.781	8.254.779	1022
F02-09	Araticum	194.305	8.259.661	1028
F02-10	Araticum	193.781	8.254.779	1022
F02-11	Araticum	192.373	8.255.941	1024
F02-12	Araticum	192.732	8.253.865	1037
F02-13	Ipê	191.690	8.256.120	1036
F02-14	Ipê	192.372	8.254.666	1043
F02-15	Ipê	192.924	8.254.995	1027
F02-16	Ipê	192.118	8.255.783	1035
ESPÉCIES EXÓTICAS				
F02-17	Eucalipto	193.781	8.254.779	1022
F02-18	Eucalipto	192.378	8.253.321	1039
F02-19	Eucalipto	192.319	8.253.860	1050
F02-20	Eucalipto	193.106	8.255.090	1013
F02-21	Leucena	193.868	8.259.503	1015
F02-22	Leucena	190.886	8.256.852	1022
F02-23	Leucena	193.467	8.255.098	1015
F02-24	Leucena	192.266	8.253.814	1051
F02-25	Margaridão	193.868	8.259.503	1015
F02-26	Margaridão	193.202	8.254.932	1020
F02-27	Margaridão	192.677	8.255.059	1023
F02-28	Margaridão	-	-	-
F02-29	Mamona	194.075	8.259.620	1016
F02-30	Mamona	191.596	8.256.540	1034
F02-31	Mamona	191.892	8.254.620	1050
F02-32	Mamona	192.361	8.253.658	1040

Esse procedimento de amostragem de plantas já desenvolvidas objetivou uma avaliação da capacidade de acumulação de metais nos tecidos vegetais sem a necessidade de plantar e aguardar o tempo necessário para que fosse possível amostrar a massa foliar. Também se deve ter em mente que muitos dos espécimes amostrados se desenvolvem diretamente sobre a área de aterro de resíduos, e outras estão dispostas em sua faixa marginal, isto é, representam áreas submetidas à ação de potencial degradação pelo Lixão.

A Tabela 4 traz os resultados das análises dos metais selecionados nas plantas nativas e exóticas nas duas áreas de amostragem.

Esses resultados mostram que não há variação estatística entre as concentrações dos metais em plantas coletadas na área do Lixão e adjacências e na área do *Campus* Universitário Darcy Ribeiro. Teores maiores podem ser observados de forma aleatória em amostras de plantas situadas no Lixão da Estrutural e na Asa Norte de Brasília, o que comprova que os metais têm origem geogênica e pedogênica sem vínculo com acumulação anômala em função da operação do Lixão. Essa conclusão já havia sido relatada durante os estudos de diagnóstico ambiental (Produto 3) e foi vinculada à origem dos resíduos acumulados: exclusivamente oriundos de fontes domésticas, sem contribuição de indústrias, mineração ou outras origens mais críticas que disponibilizam maiores teores de metais.

De qualquer forma, os resultados podem ser aplicados a futuros estudos de fitorremediação de solos contaminados por metais, pois os dados analíticos indicam que determinadas plantas acumulam valores anômalos de certos metais, isso se considerando os valores médios e modais observados (eliminando-se os *outliers*).

Das plantas testadas, o eucalipto (*Eucalyptus*) é o principal acumulador de sódio, uma vez que, enquanto os demais tipos vegetacionais acumulam valores da ordem de no máximo poucas centenas de mg/kg de massa foliar, alcança valores entre 1.609 e 18.958 mg/kg (com média de 8.812 mg/kg).

O cobre ocorre com teores na ordem de grandeza da unidade em todas as plantas, com exceção do margaridão (*Tithonia diversifolia*), em que varia com teores de 5,66 até 15,42, com média de 10,85 mg/kg. Esse teor médio representa mais que 100% da média dos demais tipos de vegetação e indica que essa espécie de planta pode ser potencialmente aplicada para fitorremediação de solos contaminados por cobre (principalmente para casos em que os teores nos solos forem anômalos).

Embora os teores sejam bastante variáveis, o margaridão (*Tithonia diversifolia*) também se destaca como um acumulador de zinco. Neste caso, os teores variam desde menores que o limite de detecção (em uma amostra do Lixão) até o valor máximo de 132,11 mg/kg, com média de 72 mg/kg de massa foliar. Esse valor médio é maior que todas as demais plantas, com destaque para o eucalipto (*Eucalyptus*) e o angico (*Anadenanthera macrocarpa*), cujos valores são menores que o limite de quantificação do método analítico para todas as amostras. Leucena (*Leucaena leucocephala*) e ipê apresentam valores médios da ordem de 25 mg/kg, e as demais plantas, valores muito baixos.



TABELA 4 – RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS DE MASSA FOLIAR DE PLANTAS NATIVAS E EXÓTICAS AMOSTRADAS NA ÁREA DO LIXÃO DA ESTRUTURAL E NO CAMPUS DARCY RIBEIRO DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

PLANTA	AMOSTRA	CA	MG	K	NA	CU	FE	ZN	AL	PB	CD	AS	HG
		G/KG	G/KG	G/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG
Angico	F01 - 01	21,28	1,71	4,14	265,13	2,38	141,58	< 0,01	433	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Angico	F02 - 01	16,58	1,58	5,21	226,29	4,44	162,05	< 0,01	3.853	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Angico	F01 - 02	23,25	1,73	4,11	205,49	2,75	145,95	< 0,01	10.315	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Angico	F02 - 02	9,89	0,94	4,47	363,92	3,65	261,38	< 0,01	12.252	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Angico	F01 - 03	4,05	0,80	5,66	223,95	4,01	175,72	< 0,01	8.069	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Angico	F02 - 03	24,54	0,66	5,04	367,19	3,62	124,39	< 0,01	6.458	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Angico	F01 - 04	11,68	2,02	7,17	528,16	6,37	298,27	< 0,01	18.551	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Angico	F02 - 04	16,66	0,77	5,12	206,18	7,14	148,41	< 0,01	7.194	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pequi	F01 - 05	8,01	0,89	4,52	100,87	3,42	493,65	17,94	1326	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pequi	F02 - 05	10,18	1,08	3,06	73,32	2,14	334,95	12,1	16.700	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pequi	F01 - 06	5,21	1,18	4,12	204,69	2,75	582,44	12,55	28.304	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pequi	F02 - 06	9,06	1,54	4,53	107,58	3,51	527,64	15,35	25.432	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pequi	F01 - 07	7,63	0,56	3,37	126,09	2,51	589,38	9,61	39.379	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pequi	F02 - 07	3,71	0,64	4,00	117,87	2,25	530,63	11,89	24.959	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pequi	F01 - 08	3,11	0,92	2,96	142,58	3,38	867,86	19,52	39.990	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pequi	F02 - 08	4,70	0,48	2,67	82,56	3,16	702,56	12,85	44.595	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Araticum	F01 - 09	8,32	0,48	6,00	170,42	6,38	253,68	16,54	690	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Araticum	F02 - 09	3,79	0,58	6,98	66,82	5,07	81,44	14,04	3.285	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Araticum	F01 - 10	3,88	1,09	7,00	82,20	9,44	187,71	20,65	13.438	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Araticum	F02 - 10	7,22	1,44	4,54	91,43	3,23	234,17	19,77	12.321	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Araticum	F01 - 11	9,39	0,70	4,93	90,94	5,71	208,01	14,34	11.615	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Araticum	F02 - 11	5,54	2,07	5,24	72,72	6,31	154,36	20,73	12.184	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Araticum	F01 - 12	14,04	2,09	2,97	107,95	3,33	210,02	29,59	12.830	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Araticum	F02 - 12	7,81	0,78	4,13	156,02	4,04	110,15	14	4.342	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Ipê	F01 - 13	15,04	1,93	6,88	168,80	8,74	144,29	36,15	519	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Ipê	F02 - 13	10,88	1,11	5,67	102,87	5,74	139,44	19,75	6.209	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Ipê	F01 - 14	13,09	0,97	4,32	240,42	4,80	439,90	28,52	207,72	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Ipê	F02 - 14	14,88	2,14	4,01	261,73	6,11	131,85	11,32	5.866	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Ipê	F01 - 15	12,47	2,68	4,60	371,04	6,92	436,48	63,79	31.337	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Ipê	F02 - 15	19,00	1,49	7,74	153,29	5,59	182,08	16,92	9.512	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Ipê	F01 - 16	14,43	1,41	5,91	177,53	3,81	116,63	21,18	8.103	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Ipê	F02 - 16	23,51	2,01	3,52	67,30	5,24	109,89	13,43	6.011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Eucalipto	F01 - 17	5,52	1,31	8,35	18.958,89	2,99	210,62	< 0,01	719	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Eucalipto	F02 - 17	3,88	1,19	5,80	4.053,98	3,82	295,37	< 0,01	5.407	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Eucalipto	F01 - 18	5,67	1,19	6,91	8.642,51	2,58	186,93	< 0,01	10.168	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Eucalipto	F02 - 18	5,88	0,75	6,02	10.899,35	3,34	107,81	< 0,01	4387	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Eucalipto	F01 - 19	6,43	1,17	13,08	8.451,06	5,48	116,10	< 0,01	12.533	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Eucalipto	F02 - 19	4,73	1,67	6,02	7.291,58	5,12	106,49	< 0,01	3.734	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Eucalipto	F01 - 20	11,96	2,11	9,09	10.593,48	5,64	130,05	< 0,01	8.292	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Eucalipto	F02 - 20	12,07	2,41	4,34	1.609,79	2,31	86,76	< 0,01	6.526	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01



PLANTA	AMOSTRA	CA	MG	K	NA	CU	FE	ZN	AL	PB	CD	AS	HG
		G/KG	G/KG	G/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG	MG/KG
Leucena	F01 - 21	9,54	1,83	8,66	170,62	4,86	143,38	20,35	137	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Leucena	F02 - 21	9,28	1,82	12,96	193,25	8,61	464,91	21,35	22.261	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Leucena	F01 - 22	9,20	1,82	12,35	175,23	6,67	368,54	22,35	23.555	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Leucena	F02 - 22	17,21	2,34	12,09	176,04	5,27	290,43	23,35	3750	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Leucena	F01 - 23	9,94	1,91	11,37	87,58	6,76	303,63	24,35	15.672	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Leucena	F02 - 23	6,97	1,06	8,00	42,37	3,05	105,36	25,35	10.012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Leucena	F01 - 24	6,97	1,54	12,13	218,33	9,54	230,05	26,35	11.013	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Leucena	F02 - 24	6,22	1,06	5,98	146,63	2,37	48,96	27,35	1.914	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Margaridão	F01 - 25	16,98	2,91	21,60	266,52	8,12	636,01	< 0,01	1.983	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Margaridão	F02 - 25	9,09	1,18	14,93	118,70	7,04	251,80	87,71	8.973	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Margaridão	F01 - 26	15,67	2,47	22,75	117,21	12,71	354,49	132,11	26.920	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Margaridão	F02 - 26	11,89	2,63	14,77	111,71	5,66	135,25	77,85	5.744	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Margaridão	F01 - 27	17,59	2,37	23,44	163,32	14,67	209,96	79,1	15.984	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Margaridão	F02 - 27	13,20	1,83	24,87	150,41	11,62	574,59	58,83	30.305	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Margaridão	F01 - 28	26,32	2,70	20,22	102,25	15,42	313,00	83,18	24.983	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Margaridão	F02 - 28	14,24	2,74	20,64	109,20	11,61	301,10	58,17	11.639	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Mamona	F01 - 29	15,24	2,11	15,47	471,59	5,10	217,71	1	542	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Mamona	F02 - 29	11,02	1,62	18,85	333,27	7,01	220,85	2,88	13.247	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Mamona	F01 - 30	9,67	1,63	14,60	270,34	6,80	162,30	7,71	4.502	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Mamona	F02 - 30	14,77	1,98	18,39	323,71	6,08	261,30	0,19	10.131	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Mamona	F01 - 31	13,11	1,39	10,19	143,55	8,22	299,97	32,11	3.980	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Mamona	F02 - 31	11,75	1,27	11,13	144,84	7,22	96,97	32,32	2.213	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Mamona	F01 - 32	9,53	1,87	17,10	312,10	5,95	117,22	5,24	5.552	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Mamona	F02 - 32	10,84	1,47	8,10	119,07	9,04	87,96	23,91	3.657	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01

O ferro e o alumínio ocorrem de forma expressiva em todas as plantas analisadas. Todavia, os teores são anômalos no margaridão (*Tithonia diversifolia*) dentre as espécies exóticas e no pequi (*Caryocar brasiliense*) dentre as espécies nativas. No margaridão (*Tithonia diversifolia*), o ferro ocorre com teor médio de 347 mg/kg (com variação de 15 a 636), e o alumínio, de 15.816 mg/kg (com variação de 1.983 a 30.305). No caso do pequi (*Caryocar brasiliense*), os teores médios são, respectivamente, 578 e 27.585 mg/kg para o Fe e o Al

Esses resultados corroboram os resultados das análises que mostram não haver contaminação significativa dos solos na área do Lixão e adjacências em razão da presença do Lixão e da atual operação da Unidade de Recebimento de Entulhos na região.

Subprojeto FT-2

No subprojeto FT-2 foram realizados dois tipos de plantios visando à verificação da capacidade de retenção de metais pelas diferentes fases vegetacionais: i) plantas arbóreas, plantadas com mudas; e ii) plantas de ciclo curto sorgo (*Sorghum bicolor*) e girassol (*Helianthus annuus*), plantadas com sementes. A localização das áreas de plantio está destacada na Figura 6.

As plantas de espécies arbóreas ainda estão em fase de desenvolvimento e não foram amostradas para verificação de sua capacidade de acumulação de metais. O sorgo (*Sorghum bicolor*) e o girassol tiveram



seu ciclo de vida concluído e foram amostrados no final do período seco, e sua massa foliar em base seca foi encaminhada ao laboratório Soloquímica (Tabela 5). Os resultados estão apresentados nas Tabelas 6 e 7, respectivamente para girassol (*Helianthus annuus*) e sorgo (*Sorghum bicolor*).

TABELA 5 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DAS PLANTAS DE CICLO CURTO

AMOSTRA	ESPÉCIE	COORDENADA UTM		ELEVAÇÃO
GS1	Girassol	192.378	8.253.321	1039
GS2	Girassol	192.500	8.255.503	1030
GS3	Girassol	192.548	8.254.715	1038
GS4	Girassol	194.153	8.259.668	1025
SG1	Sorgo	191.896	8.255.483	1043
SG2	Sorgo	193.600	8.254.992	1015
SG3	Sorgo	193.781	8.254.779	1022
SG4	Sorgo	194.305	8.259.661	1028
SG5	Sorgo	193.781	8.254.779	1022

Os dados mostram que o girassol (*Helianthus annuus*) tem maior poder de acumulação dos elementos do complexo sortivo, incluindo cálcio, magnésio, sódio e potássio, além de ferro e alumínio. Com relação aos metais de transição, como os teores nos solos são baixos não foi encontrado qualquer valor acima do limite de quantificação no método analítico que, neste caso, é de 0,001 mg/kg de solo.

FIGURA 6 - **A**- SITUAÇÃO DA ÁREA DO PLANTIO NO ÂMBITO DA POLIGONAL DO LIXÃO DA ESTRUTURAL; **B** - POLIGONAIS DOS PERÍMETROS PLANTADOS. EM VERMELHO, LIMITE DO PLANTIO DE ESPÉCIES ARBÓREAS E ARBUSTIVAS NATIVAS DO CERRADO E DA MATA DE GALERIA. EM AMARELO, ÁREA DO PLANTIO DE EUCALIPTO. EM AZUL, ÁREA DE PLANTIO DE SORGO (*SORGHUM BICOLOR*). EM COR LARANJA, PLANTIO DE GIRASSOL (*HELIANTHUS ANNUUS*) (IMAGEM DO GOOGLE EARTH, 29 DE MAIO DE 2020)



A

B



TABELA 6 – RESULTADOS DAS ANÁLISES DE MASSA FOLIAR DE GIRASSOL APÓS SEU CICLO DE DESENVOLVIMENTO

IDENTIFICAÇÃO	K	CA	MG	NA	AL	FE	CU	ZN	PB	CD	AS	HG
EXTRATOR	KCL	KCL	KCL	MEHLICH I	KCL	MEHLICH I						
UNIDADES	CMOL/DM ³	MG/KG										
GS1	24,76	4,39	39,54	314,10	14,22	458,12	43,29	2.398	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
GS2	37,58	5,20	37,77	425,70	12,93	589,43	35,00	34.848	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
GS3	40,72	4,64	44,97	561,22	18,01	619,52	29,38	57.304	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
GS4	41,02	7,14	32,91	356,37	21,53	674,22	37,13	56.601	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Média	36,02	5,34	38,79	414,34	16,67	585,32	36,2	37.787	-	-	-	-

TABELA 7 – RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS TEORES DE METAIS EM MASSA FOLIAR E GRÃOS DE SORGO (*SORGHUM BICOLOR*) APÓS CRESCIMENTO E SECAMENTO

IDENTIFICAÇÃO	K	CA	MG	NA	AL	FE	CU	ZN	PB	CD	AS	HG
EXTRATOR	KCL	KCL	KCL	MEHLICH I	KCL	MEHLICH I						
UNIDADES	CMOL/DM ³	MG/KG										
SG1	5,65	1,66	18,30	301,86	3,54	191,01	15,29	2.934	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
SG2	5,49	1,69	20,69	262,62	3,40	229,13	15,14	6.754	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
SG3	5,66	2,11	20,29	285,65	3,23	168,80	14,20	514	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
SG4	5,66	3,16	22,72	-	3,60	270,67	14,51	11.279	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
SG5	0,78	1,37	4,90	114,34	3,83	86,05	23,27	6.294	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Média	4,64	1,99	17,38	241,11	3,52	189,13	16,48	5.555	-	-	-	-

O sorgo (*Sorghum bicolor*) apresenta os menores teores de todos os metais, sendo os valores médios com relação ao conteúdo das mesmas espécies químicas analisadas para o girassol (*Helianthus annuus*) as seguintes: potássio 7,36%; cálcio 27,26%; magnésio 44,8%; sódio 58,19%; alumínio 21,11%; ferro 32,32%; cobre 45,52% e zinco 14,7%.

4.3 ESTABILIZAÇÃO DE METAIS NO SOLO

Para Moreira *et al.* (2010), os resíduos sólidos urbanos possivelmente podem servir como fonte de metais pesados que afetam principalmente os solos e as águas subterrâneas, incluindo cádmio, cobre, chumbo, zinco, cobalto, crômio e arsênio. Contudo, Costa (2005) aponta que o problema reside não só no fato de uma maior concentração total desses metais pesados no solo, mas também na sua biodisponibilidade. Segundo Guedes (2008), o metal na forma solúvel está na forma iônica ou de complexos orgânicos e é facilmente absorvido pelas plantas ou é lixiviado, podendo atingir as águas subterrâneas. Na forma trocável, o metal ligado eletrostaticamente em sítios de adsorção carregados negativamente na matéria orgânica ou em minerais pode ser facilmente trocado por íons presentes na solução do solo, sendo então biodisponibilizados.



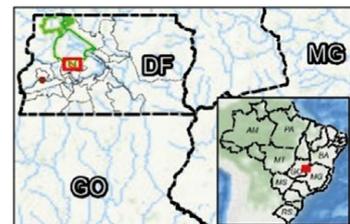
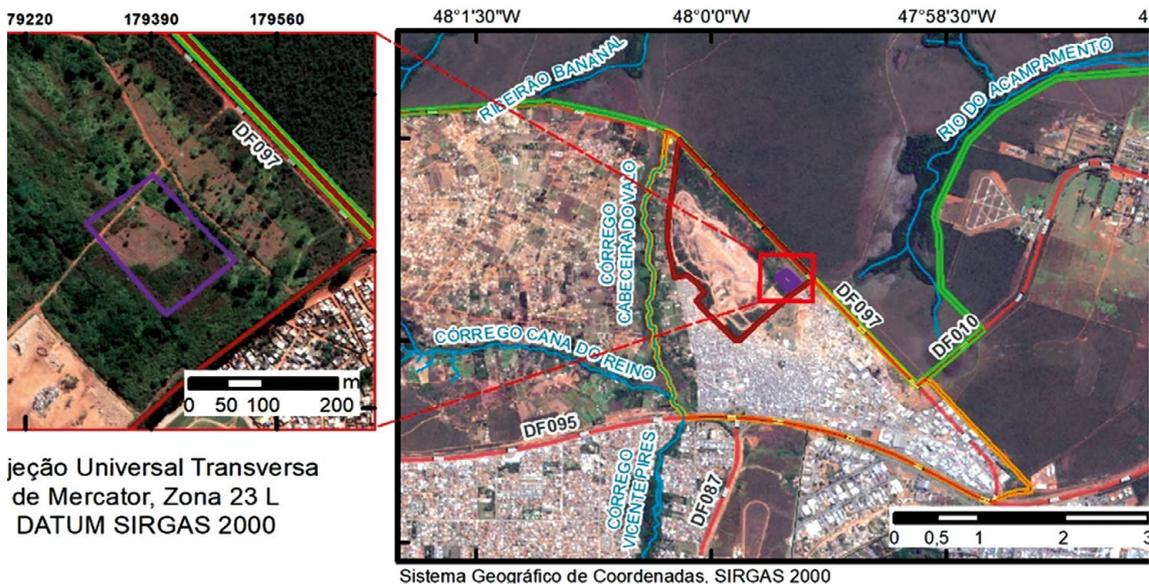
Mesmo após a mudança para o novo aterro em Samambaia, ainda existe o passivo ambiental, e os danos provenientes de anos de acumulação de resíduos na região são visíveis. Este trabalho tem o objetivo de determinar os limites das áreas afetadas, os impactos ambientais aos solos, entender sua dinâmica e propor soluções. Para tanto, uma área de estudo piloto de 1,9 ha de extensão foi selecionada nos limites do terreno do Lixão da Estrutural para o experimento de estabilização da contaminação por metais no solo (Figura 7).

Materiais e métodos

O experimento desenvolvido objetivou a estabilização dos metais biodisponíveis nos solos a partir da elevação do pH nos horizontes superficiais de forma a funcionar como uma medida de mitigação da contaminação eventualmente incorporada ao perfil de solos pela destinação de resíduos sólidos urbanos na área.

Esse experimento foi dividido em três etapas: amostragem prévia dos solos na poligonal piloto, calagem do solo com uso de pó de dolomito e amostragem posterior. Para a coleta dos solos foram utilizados enxadão, cavadeira articulada (boca de lobo), trado manual, trena, sacos plásticos, fita adesiva, pincel permanente e câmera fotográfica. Cada ponto foi georreferenciado com o auxílio de GPS de mão. Após a tradagem, as amostras eram acondicionadas nos sacos plásticos e identificadas, depois se registravam os dados do ponto e da amostra.

FIGURA 7 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE DESENVOLVIMENTO DO EXPERIMENTO (IMAGEM BASE OBTIDA DO SISTEMA *GOOGLE EARTH*, MAIO DE 2020)



No momento da amostragem prévia o solo encontrava-se com o perfil alterado por antigos aterros. Dessa maneira, estava compactado em algumas porções, com presença de resíduos a poucos centímetros da superfície e recoberto por gramíneas exóticas. No dia 4 de janeiro de 2020 foram amostrados 13 pontos de melhor acesso e com maior facilidade de perfuração manual a duas profundidades: Amostra A - 0 a 20 cm, Amostra B - 40 a 60 cm.

A primeira série de amostras contou com análise da mineralogia em alguns dos perfis no laboratório de raios X do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. O material foi moído em pó fino em gral e pistilo de porcelana e preparado de duas maneiras: amostra total - pó prensado sobre a lâmina; e fração argila - separada seca ao ar e orientada sobre a lâmina. Após a preparação, as leituras foram feitas no difratômetro de raios X da marca Rigaku.

Com o intuito de descompactar o solo e potencializar a incorporação do dolomito durante a calagem, o terreno foi arado e gradeado (Figura 8A) com grade aradora. O preparo do solo se deu nos dias 12 e 13 de março de 2020. Uma semana mais tarde foi realizada a pulverização do pó de dolomito na área como um todo. No dia 20 de março de 2020, com a constatação de que a pulverização não aconteceu de forma homogênea, foi feita a demarcação de 17 pontos espalhados pela área gradeada e realocou-se o pó de dolomito junto a essas áreas específicas (Figura 8B).

O dolomito utilizado na calagem foi amostrado para as mesmas análises químicas a que os solos foram submetidos para a obtenção de seus valores químicos de referência. Três toneladas de pó de dolomito foram incorporadas ao solo na parcela experimental.

Em 13 de maio de 2020, com o intuito de simular uma precipitação, foram adicionados aproximadamente 40 litros de água junto a cada uma das demarcações (Figura 8B). Esta ação foi necessária para compensar o encerramento do período chuvoso, de forma que o aumento da umidade poderia auxiliar na incorporação do dolomito, no aumento do pH do solo e consequente otimização das reações químicas em subsuperfície.

FIGURA 8 - A - SÍTIO EXPERIMENTAL ARADO E GRADEADO APÓS A PRIMEIRA ETAPA DA AMOSTRAGEM; **B** - LOCAL COM INCORPORAÇÃO DO PÓ DE DOLOMITO E IRRIGAÇÃO LOCALIZADA COM 40 LITROS DE ÁGUA PARA POTENCIALIZAR A INCORPORAÇÃO DO CARBONATO DE CÁLCIO E DO MAGNÉSIO AO PERFIL DE SOLO



A

B

A segunda série de amostragem aconteceu no dia 11 de junho de 2020, da mesma maneira que a primeira: Amostra A - 0 a 20 cm; Amostra B - 40 a 60 cm de profundidade. A tradagem foi feita preferencialmente no local onde foi despejada a água (Figura 9) E prontamente as amostras foram encaminhadas ao laboratório.

FIGURA 9 – TRADAGEM MANUAL DURANTE AMOSTRAGEM DO SOLO NAS PROXIMIDADES DOS LOCAIS DEMARCADOS EM QUE A DOSAGEM DE DOLOMITO FOI AMPLIADA E ONDE FOI REALIZADA A IRRIGAÇÃO LOCALIZADA



As análises das duas séries de amostras de solo e do dolomito utilizado foram feitas no laboratório Solo-química Análises de Solos, em Brasília. Para avaliar a efetividade do controle do pH na estabilização dos metais trocáveis, os procedimentos analíticos foram realizados com a mesma metodologia de estudos de fertilidade de solos (SILVA *et al.*, 1998) nos dois conjuntos de análise.

A preparação das amostras foi feita com o destorroamento de forma manual, secagem em estufa (40 °C), separação das frações do solo por tamisação e homogeneização da fração menor que 2 mm (terra fina seca ao ar - TFSA), identificação e reserva da TFSA.

A medição do pH em água foi realizada por meio do potenciômetro com a imersão do eletrodo na porção em suspensão da solução de solo (1:2,5 - 10 cm³ de TFSA solubilizados em 25 ml de água destilada/deionizada). Por sua vez, a medição do pH em KCl ocorreu depois do processo de extração de 10 cm³ de TFSA em 100 ml de solução de KCl 1M (agitada por 5 minutos em agitador horizontal circular e decantada durante uma noite, desfeitos os montículos de fundo no dia seguinte).

Após as leituras do pH houve as extrações para análises com uso de dois procedimentos: solução de KCl e método de extração Mehlich I. A extração pelo método Mehlich I desenvolve-se com 10 cm³ de TFSA em 100 ml de solução extratora duplo-ácida (HCl 0,05M + H₂SO₄ 0,0125M). Em seguida, a solução deve ser agitada por 5 minutos em agitador horizontal circular e decantada durante uma noite, e, por fim, desfeitos os montículos de fundo no dia seguinte.

As extrações por solução de KCl foram feitas para K, Ca, Mg e Al. As extrações pelo método Mehlich I foram feitas para Na, Fe, Cu, Zn, Pb, Cd, As e Hg. Feitas as extrações, as amostras são levadas ao espectrofotômetro de absorção atômica para a leitura dos teores. Tais elementos foram selecionados para análise por serem os principais indicadores de eventual contaminação dos solos pelo uso contínuo da área para disposição de resíduos sólidos urbanos.

Síntese sobre o meio físico da área

A geologia da área do Distrito Federal inclui quatro grandes conjuntos litoestratigráficos, incluindo os Grupos Paranoá e Canastra de idade mesoproterozoica e os Grupos Bambuí e Araxá de idade neoproterozoica (CAMPOS *et al.*, 2012). Na área de estudo ocorrem sob os solos espessos rochas atribuídas às



formações Ribeirão do Torto e Ribeirão Piçarrão do Grupo Paranoá, respectivamente representadas por ardósias e por metassiltitos com lentes e camadas de quartzitos grossos no topo (CAMPOS *et al.*, 2013).

A Região Administrativa da Estrutural situa-se majoritariamente sobre latossolos. O mapa de solos do Distrito Federal (REATTO *et al.*, 2004) mostra que na maior proporção da área ocorrem latossolos vermelhos com presença de latossolos vermelho-amarelos em menor proporção, e de gleissolos háplicos em estreitas faixas no vale do Córrego Cabeceira do Valo e do Córrego do Acampamento. Vale ressaltar que por se tratar de uma área antropizada há anos, os solos no Lixão e nas imediações comumente incluem aterros ou apresentam a retirada de horizontes superficiais, ou ainda apresentam porções alóctones pedogenizadas.

O compartimento geomorfológico em que se localiza a área de estudo é a Região de Dissecação Intermediária ou Plano Intermediário, na Depressão do Paranoá (NOVAES-PINTO, 1994; MARTINS; BAPTISTA, 1998; CAMPOS, 2012). O padrão de relevo local e regional é predominantemente plano a suave ondulado, com variação de altitude entre 1.090 e 1.150 metros (incluindo a elevação artificial representada pela pilha de resíduos).

O clima do Distrito Federal, segundo a classificação de Köppen, é tropical, com duas estações nítidas: a primavera/verão, representada por um período chuvoso, e o outono/inverno, que marca o período seco (CODEPLAN, 2017). A temperatura média é de 21,1 °C, e a média anual de pluviosidade é de 1.500 mm (CLIMATE-DATA.ORG).

Resultados

Análises da mineralogia do solo feitas por difração de raios X foram realizadas nas amostras 1S0-01A, 1S0-01B, 1S0-13A e 1S0-13B da primeira série de amostragem. Os mesmos minerais foram caracterizados em todas as amostras analisadas (Tabela 8).

TABELA 8 – RESULTADOS DA DIFRATOMETRIA DE RAIOS X

MINERAL	FÓRMULA QUÍMICA
Quartzo	SiO ₂
Caulinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
Gibbsita	Al(OH) ₃
Goethita	FeO(OH)
Hematita	Fe ₂ O ₃
Anatásio	TiO ₂
Rutilo	TiO ₂

Os difratogramas das quatro amostras apresentaram os mesmos picos, portanto os mesmos minerais. Foram plotados os dois tipos de análise em cada difratograma, incluindo a amostra total e a amostra da fração argilosa (Figura 10).

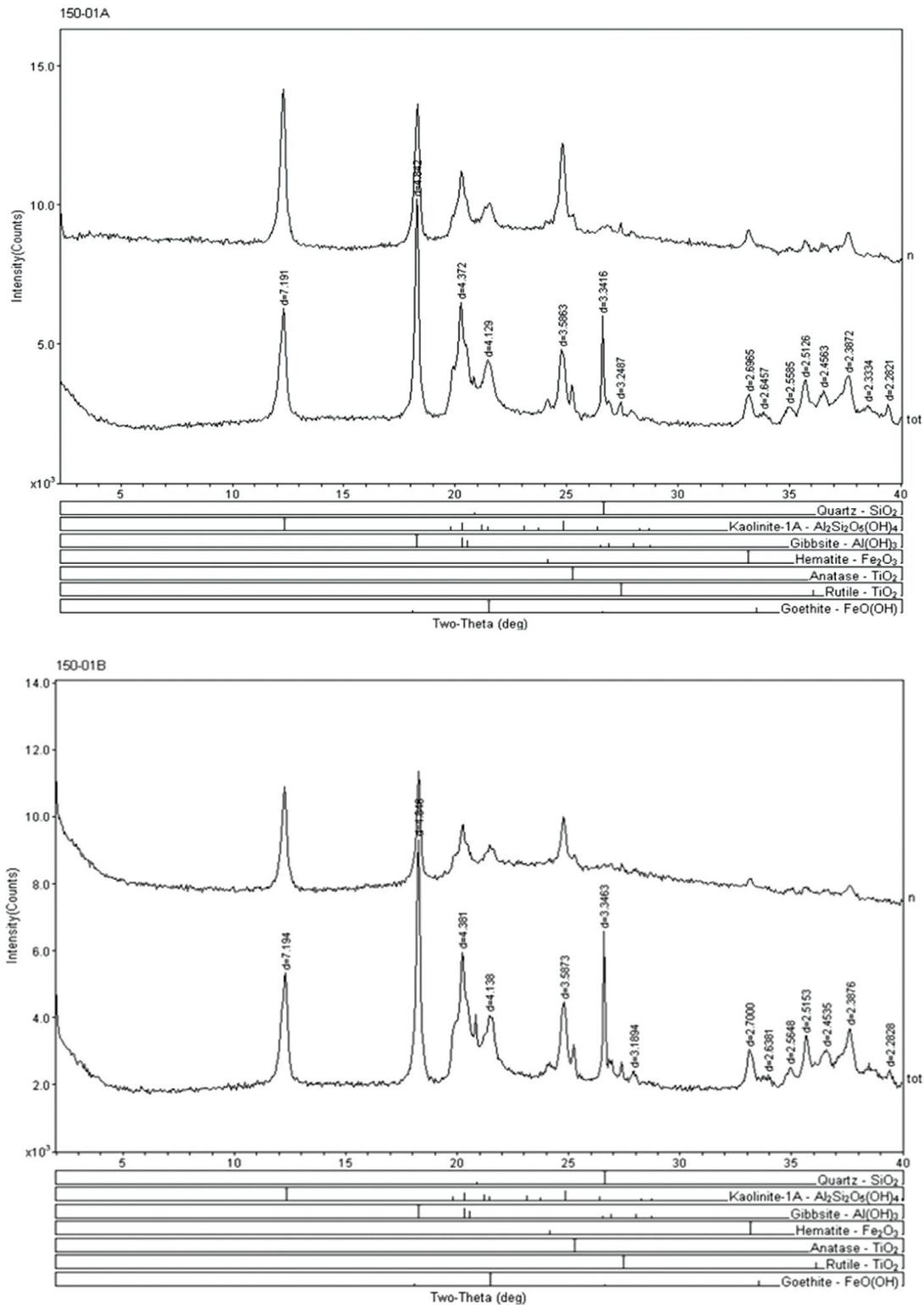
O quartzo, o anatásio e o rutilo são considerados minerais resistentes, sendo originados do material de partida (metassedimentos do Grupo Paranoá). A caulinita, a gibbsita, a hematita e a goethita são minerais derivados dos processos pedogenéticos, sendo as principais fases em que a eventual contaminação por metais deverá ficar retida.

Em ambas as etapas de amostragem foram analisados os seguintes metais: potássio, cálcio, magnésio, sódio, alumínio, ferro, cobre, zinco, chumbo, cádmio, arsênio e mercúrio. A Tabela 9 traz os resultados analíticos da primeira campanha de amostragem, e a Tabela 10, os resultados da segunda campanha.



Os teores obtidos da análise do dolomito são os seguintes: K - 0,02 cmol/dm³; Ca - 2,6 cmol/dm³; Mg - 0,8 cmol/dm³; Na - 0,01 cmol/dm³; Al - zero; Fe - 45,1 mg/kg; Cu - 0,9 mg/kg; Zn - 0,1 mg/kg; Pb - 0,1 mg/kg; Cd - < 0,01 mg/kg; As - < 0,01 mg/kg e Hg - < 0,01 mg/kg.

FIGURA 10 - DIFRATOGRAMAS DE RAIOS X DAS AMOSTRAS 150-01A, 150-01B, 150-13A E 150-13B. TOT = TOTAL - PÓ PRENSADO SOBRE A LÂMINA; E N = NORMAL - FRAÇÃO ARGILA SEPARADA SECA AO AR E ORIENTADA SOBRE A LÂMINA



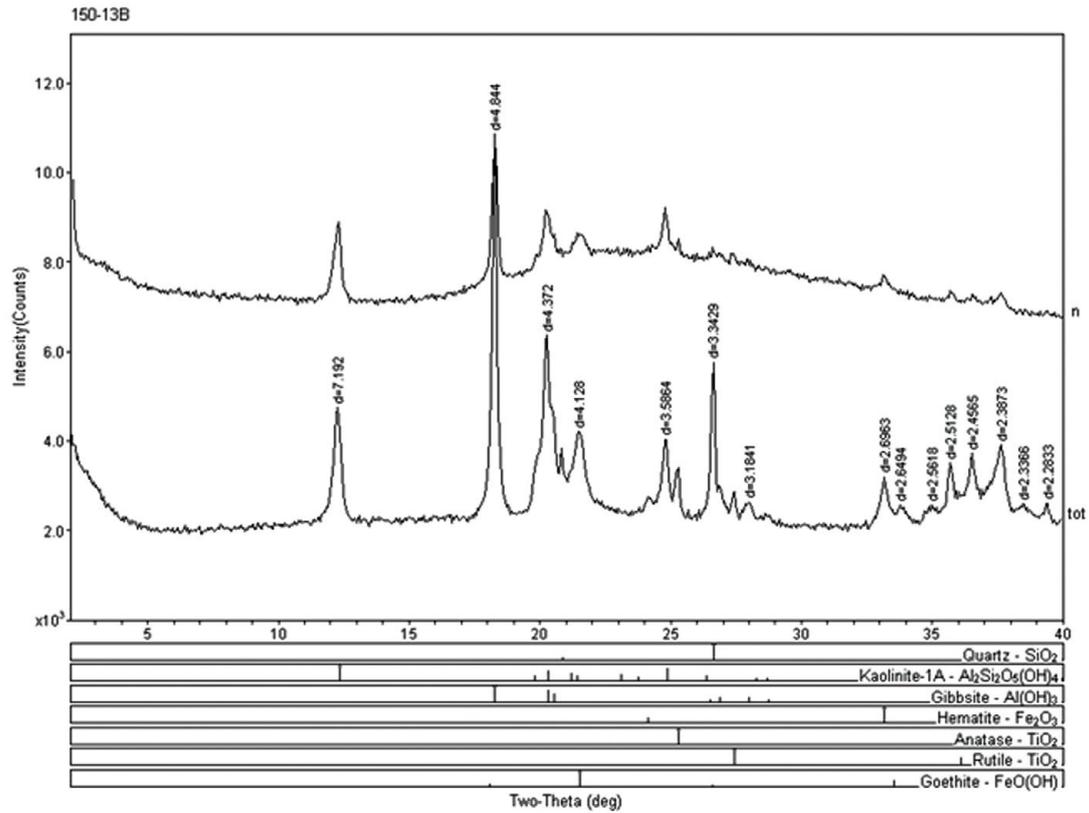
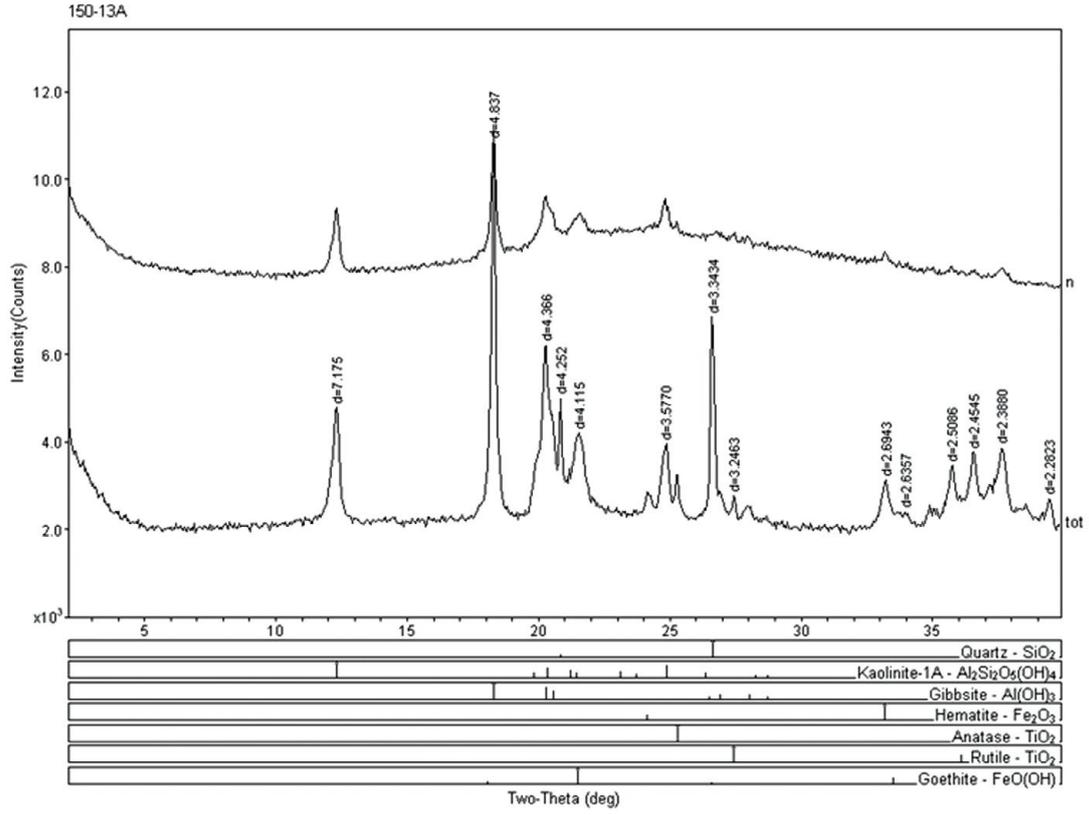


TABELA 9 – RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS TEORES DOS ELEMENTOS NA PRIMEIRA SÉRIE DE AMOSTRAGEM E DO DOLOMITO

IDENTIFICAÇÃO	K	CA	MG	NA	AL	FE	CU	ZN	PB	CD	AS	HG
EXTRATOR	KCL	KCL	KCL	MEHLICH I	KCL	MEHLICH I						
UNIDADES	CMOL/ DM ³	MG/KG										
1SO - 1A	0,05	2,7	0,6	0,01	0	57,9	0,5	0,5	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1SO - 1B	0,04	0,9	0,1	0,01	0	103,7	0,5	0,1	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1SO - 2A	0,04	2,9	0,5	0,01	0	62,4	0,4	0,3	0,6	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1SO - 2B	0,06	0,7	0,1	0,01	0	97,9	0,4	0,01	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1SO - 3A	0,03	3,3	0,7	0,01	0	75,5	0,5	1,8	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1SO - 3B	0,02	0,6	0	0,01	0,1	71,7	0,3	0,01	0,6	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1SO - 4A	0,04	4,8	0,4	0,02	0	127,4	0,9	3,6	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1SO - 4B	0,02	0,8	0	0,01	0,1	117,5	0,4	0,1	0,6	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1SO - 5A	0,04	2,1	0,3	0,01	0	79,5	0,4	0,3	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1SO - 5B	0,02	0,8	0	0,01	0	102,9	0,4	0,1	0,8	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1SO - 6A	0,07	2,9	0,5	0,01	0	73,4	0,4	0,3	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1SO - 6B	0,03	0,7	0,1	0,01	0	95,4	0,4	0,01	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1SO - 7A	0,04	1,8	0,3	0,01	0,1	70,7	0,5	0,1	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1SO - 7B	0,03	0,6	0,1	0,01	0,1	67,5	0,3	0,01	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1SO - 8A	0,03	1,5	0,3	0,01	0	60,6	0,4	0,1	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1SO - 8B	0,02	0,7	0,1	0,01	0,1	101,7	0,5	0,01	0,6	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1SO - 9A	0,03	1,6	0,2	0,01	0	110,5	0,5	0,1	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1SO - 9B	0,02	0,8	0,1	0,01	0	98,8	0,4	0,01	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1SO - 10A	0,03	2,5	0,4	0,01	0	95,5	0,4	0,4	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1SO - 10B	0,01	0,9	0,1	0,01	0	114,7	0,4	0,2	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1SO - 11A	0,02	2,4	0,4	0,01	0	120,3	0,6	0,3	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1SO - 11B	0,01	1,1	0,1	0,01	0	61,2	0,4	0,1	0,6	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1SO - 12A	0,03	3,5	0,4	0,01	0,1	42	0,4	0,5	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1SO - 12B	0,01	0,7	0	0,01	0	43,3	0,4	0,1	0,6	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1SO - 13A	0,02	0,9	0,1	0,01	0	73,3	0,6	0,1	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1SO - 13B	0,01	0,7	0,1	0,01	0	89,6	0,5	0,01	0,5	< 0,01	< 0,01	< 0,01

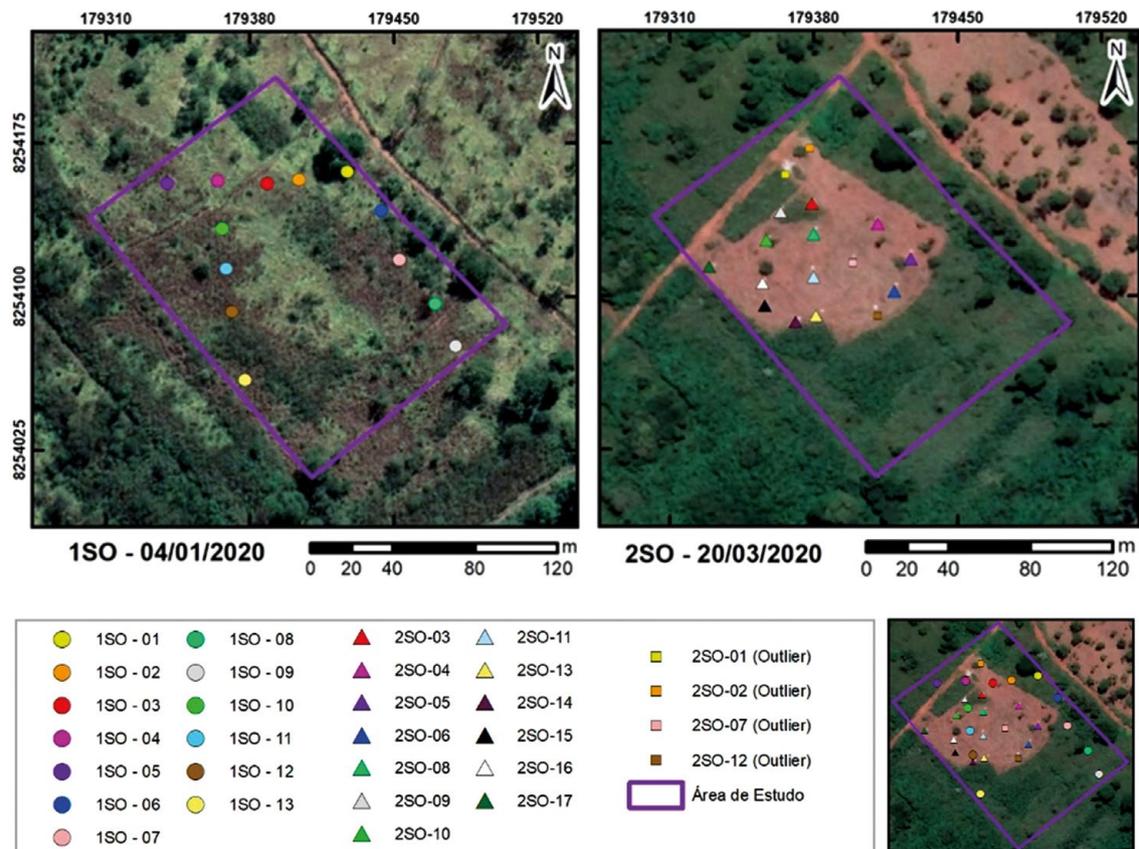
TABELA 10 – RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS TEORES DOS ELEMENTOS NA SEGUNDA SÉRIE DE AMOSTRAGEM

IDENTIFICAÇÃO	K	CA	MG	NA	AL	FE	CU	ZN	PB	CD	AS	HG
EXTRATOR	KCL	KCL	KCL	MEHLICH I	KCL	MEHLICH I						
UNIDADES	CMOL/ DM ³	MG/KG										
2SO - 3A	0,06	1,4	0,4	0,06	0	49,1	0,3	0,1	0,8	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2SO - 3B	0,02	0,7	0,3	0,15	0	57,2	0,3	0	0,8	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2SO - 4A	0,04	0,7	0,4	0,04	0	52,6	0,2	0	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2SO - 4B	0,05	0,6	0,3	0,01	0,1	38,4	0,2	0	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2SO - 5A	0,08	0,9	0,6	0,01	0	39,7	0,2	0,1	0,6	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2SO - 5B	0,05	0,6	0,3	0,01	0	38,6	0,2	0	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2SO - 6A	0,02	1,2	0,2	0,01	0,1	68,6	0,3	0,1	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2SO - 6B	0,05	1,4	0,9	0,04	0	76,5	0,5	0,08	0,9	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2SO - 8A	0,11	1,2	0,6	0,01	0	57,2	0,3	0,3	0,8	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2SO - 8B	0	0,7	0,3	0,02	0	60,4	0,3	0,01	0,8	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2SO - 9A	0,04	1	0,5	0,02	0	59,4	0,3	0,2	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2SO - 9B	0	0,9	0,6	0,01	0	46,9	0,2	0,01	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2SO - 10A	0,08	0,9	0,4	0,02	0	46,1	0,3	0,2	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2SO - 10B	0,01	0,6	0,3	0,02	0	54,3	0,3	0,1	0,8	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2SO - 11A	0,05	0,8	0,2	0,01	0	54,4	0,2	0,1	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2SO - 11B	0,05	0,8	0,3	0,01	0	43,8	0,2	0,1	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2SO - 13A	0,09	1,1	0,6	0,01	0,1	30,8	0,2	0,1	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2SO - 13B	0,02	0,6	0,2	0,01	0	41,9	0,2	0	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2SO - 14A	0,15	0,8	0,3	0,01	0	56,3	0,3	0,1	0,8	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2SO - 14B	0,18	0,8	0,2	0,01	0	56,6	0,3	0,1	0,8	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2SO - 15A	0,05	0,7	0,3	0,01	0	49	0,2	0,1	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2SO - 15B	0,07	0,6	0,2	0,01	0	29,6	0,2	0,1	0,6	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2SO - 16A	0,09	0,6	0,2	0,01	0,1	47,1	0,2	0,1	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2SO - 16B	0,07	0,7	0,4	0,01	0	48,2	0,2	0,1	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2SO - 17A	0,01	0,9	0,5	0,01	0,1	32,5	0,2	0,1	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2SO - 17B	0	0,6	0,2	0,01	0	32,2	0,2	0,1	0,6	< 0,01	< 0,01	< 0,01



A Figura 11 indica a área de estudo com os pontos amostrados plotados nas duas campanhas. Observa-se que na primeira foram coletadas 13 amostras, e na segunda, 17 amostras. Para trabalhar com a mesma quantidade de pontos, quatro pontos da segunda campanha que apresentavam valores atípicos (*outliers*) em relação ao conjunto de dados foram eliminados da análise global dos resultados.

FIGURA 11 – PONTOS COLETADOS NA PRIMEIRA E NA SEGUNDA SÉRIES DE AMOSTRAGENS



Os valores de pH em água e KCl para as duas campanhas de amostragens são exibidos na Tabela 11 juntamente com os valores de pH do dolomito utilizado no experimento.

Dentre os metais analisados se fazem presentes os essenciais e os não essenciais para o solo e as plantas (com provável fonte natural) bem como os metais leves e os pesados (com provável fonte antrópica). Os metais pesados, dependendo de sua concentração e estado de oxidação, podem ser nocivos aos organismos vegetais e animais. Alguns metais não apresentaram resultados, uma vez que sua concentração é inferior aos limites de quantificação (LQ) do método analítico utilizado.

É importante salientar que os teores dos elementos e os valores de pH não são correlacionáveis de maneira direta, ou seja, não são correspondentes diretamente, pois foram amostrados em locais distintos. Portanto, a análise e a interpretação da dinâmica do experimento são feitas de maneira global sob a ótica estatística.



TABELA 11 – RESULTADOS DE MEDIÇÃO DE PH EM ÁGUA E KCL E DO DOLOMITO USADO NO EXPERIMENTO DA PRIMEIRA E DA SEGUNDA CAMPANHAS DE AMOSTRAGEM

1ª CAMPANHA DE AMOSTRAGEM			2ª CAMPANHA DE AMOSTRAGEM		
IDENTIFICAÇÃO	PH	PH	IDENTIFICAÇÃO	PH	PH
TIPO DE EXTRATOR	ÁGUA	KCL	TIPO DE EXTRATOR	ÁGUA	KCL
1SO - 1A	6,3	5,1	2SO - 3A	6,2	5,8
1SO - 1B	6,1	5,2	2SO - 3B	6,1	5,6
1SO - 2A	6	5,3	2SO - 4A	6,2	5,6
1SO - 2B	5,9	4,9	2SO - 4B	6	5,6
1SO - 3A	6,1	5,3	2SO - 5A	6,1	5,6
1SO - 3B	5,8	5,3	2SO - 5B	6	5,7
1SO - 4A	6,1	5,5	2SO - 6A	6	5,6
1SO - 4B	5,7	5,4	2SO - 6B	6,3	5,7
1SO - 5A	5,9	5,4	2SO - 8A	6,3	5,7
1SO - 5B	5,8	5,5	2SO - 8B	6,1	5,6
1SO - 6A	6	5,6	2SO - 9A	6,2	5,6
1SO - 6B	5,8	5,4	2SO - 9B	6	5,6
1SO - 7A	5,9	5,5	2SO - 10A	6,2	5,5
1SO - 7B	5,8	5,5	2SO - 10B	6,1	5,6
1SO - 8A	6,1	5,6	2SO - 11A	6,1	5,4
1SO - 8B	5,8	5,7	2SO - 11B	6	5,5
1SO - 9A	5,8	5,5	2SO - 13A	6,2	5,9
1SO - 9B	5,6	5,4	2SO - 13B	6,3	5,9
1SO - 10A	5,8	5,4	2SO - 14A	6,1	5,7
1SO - 10B	5,6	5,5	2SO - 14B	6,1	5,9
1SO - 11A	6,2	5,4	2SO - 15A	6	5,8
1SO - 11B	5,6	5,2	2SO - 15B	6	5,8
1SO - 12A	6,7	5,3	2SO - 16A	6	5,6
1SO - 12B	5,5	5,4	2SO - 16B	6,1	5,6
1SO - 13A	6	5,1	2SO - 17A	6,1	5,7
1SO - 13B	5,8	5,4	2SO - 17B	6	5,7
DOLOMITO	7,9	8,4			

Discussões

O entendimento da estabilização dos metais passa também pelo conhecimento da forma como se encontram e de sua dinâmica no solo. Kabata-Pendias e Adriano (1995) apontam que os metais pesados podem encontrar-se no solo nas seguintes formas: 1) íons ou complexos dissolvidos na solução do solo; 2) íons trocáveis associados às cargas negativas da matéria orgânica e de minerais do solo; 3) íons mais fortemente ligados aos sítios de troca; 4) formando quelatos insolúveis com ligantes orgânicos ou orga-



no-minerais; 5) incorporados aos microrganismos e seus resíduos biológicos; 6) oclusos em óxidos de Fe e Al; 7) participando da estrutura cristalina de minerais silicatados.

Os processos envolvidos na estabilização dos metais pesados são precipitação, complexação, adsorção e transformações redox. Tais processos são regidos por propriedades e características químicas e físicas inerentes ao solo e aos metais, tais como: acidez ativa (pH), capacidade de troca catiônica (CTC), teor de matéria orgânica, potencial oxidação-redução, concentração do metal, atividade microbiana, textura e temperatura do solo (ALLOWAY, 1995).

A mobilidade de metais no ambiente supergênico (incluindo todo o perfil pedogênico desde a rocha alterada até os horizontes superficiais mais ricos em matéria orgânica) também é controlada pela carga e pelo tamanho dos íons.

A procedência dos metais pesados no solo pode ser de origem natural (geogênica ou pedogênica) ou de fonte antropogênica. A origem natural dos metais é diretamente relacionada à composição mineralógica do material parental. Portanto, da variedade de rochas existentes deriva uma diversidade de minerais portadores de metais pesados e a ocorrência em fases distintas: residual, neoformada e dissolvida. A fase residual é composta de minerais com estrutura cristalina muito estável que permanecem no perfil de solo após a evolução dos processos pedogenéticos. A fase neoformada consiste basicamente dos argilominerais, dos óxidos e dos hidróxidos formados com a ação do intemperismo sobre as rochas. A fase dissolvida é gerada a partir da hidrólise dos minerais, que libera íons migrantes no perfil susceptíveis a precipitação. Por fim, diversas atividades humanas são fonte externa de metais pesados no solo: descarte de resíduos sólidos urbanos, agropecuária (resíduos orgânicos animais, fertilizantes, corretivos, etc.), siderurgia, mineração, dentre outras.

As ardósias e os metassiltitos que representam o substrato geológico da área estudada não são favoráveis à acumulação de metais pesados nos solos. O titânio e o zircônio têm presença atribuída aos metassedimentos, sendo associados ao rutilo, à titanita e ao zircão, que ocorrem como minerais resistentes. O ferro e o alumínio são também vinculados ao material parental, mas atualmente ocorrem na forma de óxidos e hidróxidos ligados aos minerais neoformados do solo (hematita, goethita, gibbissita). Metais como cobre, chumbo e zinco têm origem vinculada à disposição de resíduos sólidos, uma vez que não ocorrem naturalmente nos minerais que compõem as rochas ou o perfil dos solos.

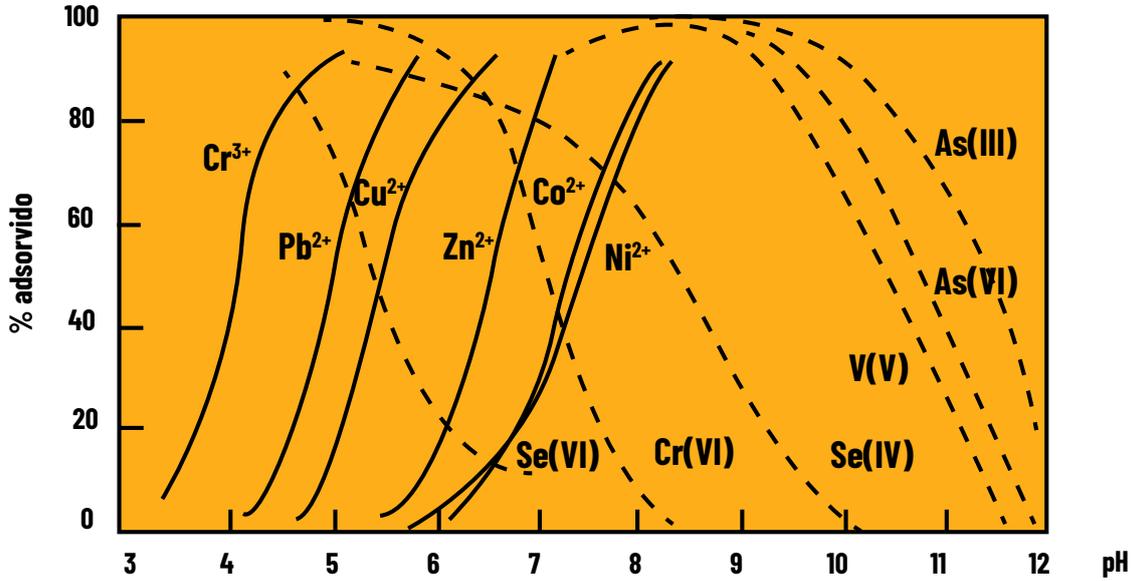
O pH foi determinado em água e em solução de KCl, pois, segundo Ronquim (2010), quando as amostras são coletadas geralmente estão úmidas. Devido à umidade natural existe a possibilidade do aumento na concentração de alguns sais no período de coleta, armazenamento, transporte e preparo para análise. Assim, a determinação do pH é afetada, e a leitura do pH em solução salina (no caso, KCl) possibilitaria resultados mais robustos com uma leitura mais estável e efeito sazonal amenizado.

Dentre as propriedades que afetam a estabilização dos metais pesados, Kabata-Pendias e Adriano (1995) afirmam que o pH é um dos fatores que mais tem influência. Segundo eles, a elevação do pH causa o aumento da CTC pela desprotonação dos grupamentos ácidos da matéria orgânica e da superfície dos óxidos na formação de hidróxidos, carbonatos e fosfatos insolúveis com os metais traço e na complexação mais efetiva pela matéria orgânica. Portanto, para garantir a permanência efetiva da estabilização dos metais são necessários o controle e o monitoramento do pH (em água e KCl) em uma taxa frequente e assegurar que a fonte não libere mais metais a ponto de superar a capacidade de retenção do solo.

Em uma mesma linha de conceitos, outros autores apresentam argumentos substanciais que vêm reforçar e contribuir com as interpretações. Manzione e Merrill (1989) afirmam que o pH do solo condiciona a adsorção de metais pesados nos componentes do solo e, portanto, suas solubilidades. A Figura 12 representa graficamente essa relação direta supracitada entre pH e capacidade de adsorção.



FIGURA 12 – INFLUÊNCIA DO PH SOBRE A ADSORÇÃO DE ALGUNS METAIS E OXI-ÂNIOS METÁLICOS SOBRE HIDRÓXIDOS DE FE AMORFO



Na Tabela 12 proposta por Plant e Raiswell (1983, *apud* GRACIA; DORRONSORO, 2018) estão sintetizadas as condições de mobilidade de metais pesados e elementos associados em função das condições de pH e Eh.

TABELA 12 – MOBILIDADE RELATIVA DOS METAIS PESADOS SEGUNDO O EH E O PH DO SOLO

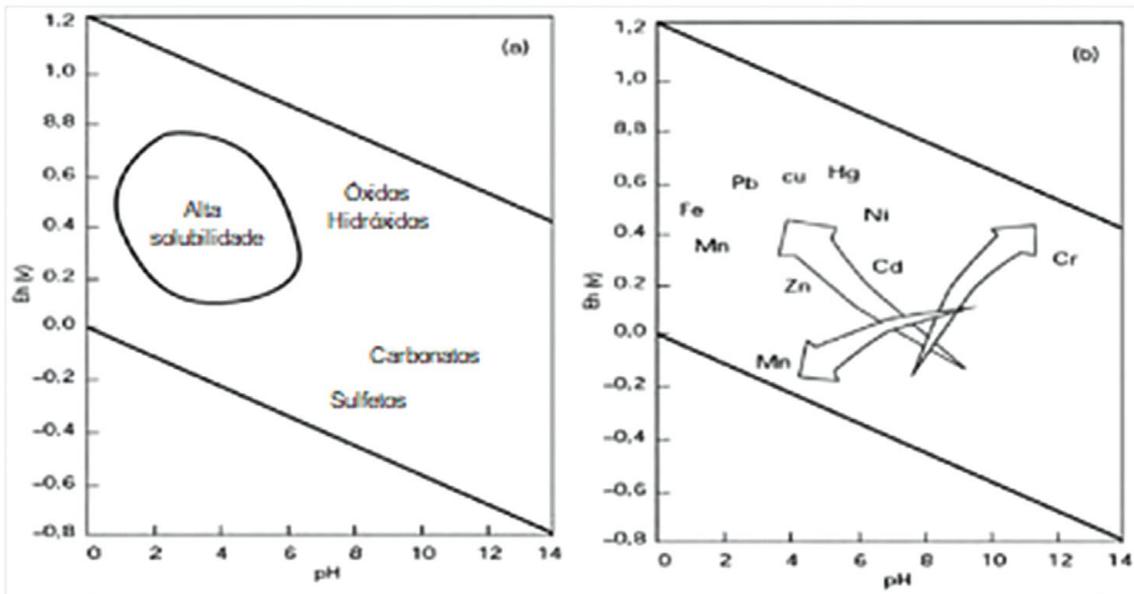
MOBILIDADE	OXIDANTE	ÁCIDO	NEUTRO E ALCALINO	REDUTOR
Alta	Zn	Zn, Cu, Co, Ni, Hg, Ag, Au		
Média	Cu, Co, Ni, Hg, Ag, Au, Cd	Cd	Cd	
Baixa	Pb	Pb	Pb	
Muito baixa	Fe, Mn, Al, Sn, Pt, Cr, Zr	Al, Sn, Pt, Cr	Al, Sn, Cr, Zn, Cu, Co, Ni, Hg, Ag, Au	Zn, Cu, Co, Ni, Hg, Ag, Au, Cd, Pb

Fonte: PLANT; RAISWELL, 1983

De acordo com Föstner (1987, *apud* HUERTOS; BAENA, 2008), o potencial de oxidação-redução determina o estado no qual o metal se encontra em função das cargas dos cátions, que podem ser mais oxidadas (maiores cargas positivas) ou mais reduzidas (menores cargas positivas). Os diagramas de fase Eh-pH a certa concentração são usados para mostrar a estabilidade de compostos metálicos e proporcionam um método para prever o comportamento de metais pesados ante uma mudança nas condições ambientais (Figura 13).



FIGURA 13 – SOLUBILIDADE DE METAIS PESADOS EM FUNÇÃO DO PH E DE EH (NA AUSÊNCIA DE MATÉRIA ORGÂNICA DISSOLVIDA OU SÓLIDA) (A) OS PRINCIPAIS MINERAIS QUE CONTROLAM A SOLUBILIDADE DOS METAIS PESADOS; (B) TENDÊNCIA DE AUMENTO DA SOLUBILIDADE DOS METAIS



Nesse sentido, Kabata-Pendias (1995) aponta que dependendo do metal retido no solo e das condições físico-químicas sua disponibilidade relativa para plantas será variável, controlando a possibilidade de incorporação pelos organismos (Tabela 13).

TABELA 13 – DISPONIBILIDADE RELATIVA DE METAIS RETIDOS NO SOLO PARA PLANTAS

FORMA DO METAL NO SOLO	MOBILIDADE-DISPONIBILIDADE RELATIVA
Íons simples ou complexos em solução	Fácil
Cátions de troca	Média
Metais quelatados por compostos orgânicos	Menos disponíveis
Metais adsorvidos sobre partículas do solo	Menos disponíveis
Compostos metálicos precipitados sobre partículas do solo	Disponíveis quando se dissolve o composto
Metais associados ou incorporados a uma matriz biológica	Disponíveis quando se decompõem
Metal associado ou fazendo parte da estrutura de mineral	Disponível quando se meteoriza/destrói o mineral

Nos resultados das análises e na comparação das duas campanhas de amostragens é possível observar que o pH, de maneira geral, aumenta tanto em água como em KCl. Da amostragem 1SO (A e B) para a 2SO (A e B) houve um aumento médio de 3,32% do pH em água e 5,36% em KCl. Na amostragem mais rasa (0 a 20 cm), da série 1SO – A para a série 2SO – A houve um aumento médio de 1,01% do pH em água e 5,00% em KCl. Já na amostragem mais profunda (40 a 60 cm), da série 1SO – B para a série 2SO-- B houve um aumento médio de 5,75% do pH em água e 5,73% em KCl.

As análises de chumbo mostraram um aumento médio de 12,5% (de 0,64 para 0,72 mg/kg) no seu teor disponível. Uma vez que esse metal tem baixa mobilidade no meio pedogênico, seu aumento na concentração disponível é atribuído à fonte do material utilizado para a calagem do solo. O pó de dolomito

aplicado para a elevação do pH do solo apresenta 1,1 mg/kg de Pb, sendo este o maior teor encontrado em todas as análises realizadas. Mesmo considerando os teores preexistentes e os valores depois da distribuição do dolomito, os valores observados estão abaixo até do valor de referência para solos (CETESB, 2014). Dadas as suas condições de mobilidade e o teor final, esse excesso de chumbo possivelmente está adsorvido sobre partículas do solo (óxidos e hidróxidos), quelatados por compostos orgânicos ou como cátions de troca.

Em contrapartida, o zinco teve uma queda média de 74,9% (0,35 para 0,08 mg/kg) no seu teor disponível. Sua mobilidade é variável conforme as condições do ambiente, portanto o aumento do pH provavelmente influenciou sua crescente estabilização. Como não há minerais nos solos com esse metal em sua estrutura cristalina, a provável fonte do zinco é considerada de origem antrópica em função do descarte de resíduos na área. Como os teores observados estão abaixo do valor de referência (CETESB, 2014), a contaminação da área é considerada de baixa intensidade. Pela diminuição do seu teor e suas condições de mobilidade, provavelmente encontra-se quelatado por compostos orgânicos, como cátion de troca ou como carbonato (smithsonita - $ZnCO_3$).

O cobre teve um decréscimo médio de 44,9% (de 0,45 para 0,25 mg/kg) no seu teor disponível. Os valores encontrados indicam que o cobre apresenta origem antropogênica, pois não há minerais no material de partida que poderiam ser considerados sua fonte primária natural. Tendo em vista a redução do seu teor e sua mobilidade média a muito baixa devido às condições de pH e Eh, presumivelmente o cobre está adsorvido sobre partículas do solo (óxidos e hidróxidos), quelatados por compostos orgânicos ou como cátions de troca.

O ferro apresentou uma redução média de 42,7% (de 85,1 para 48,7 mg/kg) no seu teor disponível. Sua ocorrência é natural nesse tipo de solo (latossolo) na forma de óxido (hematita) e hidróxido (goethita). Contudo, a parcela reduzida muito provavelmente está associada a fases não minerais ou mineraloides, que na prática são fases sem estrutura cristalina definida. Estima-se que parte do ferro que apresentou diminuição esteja formando complexos com outros metais, por exemplo, formando carbonatos de cálcio, magnésio e ferro (ankerita - $Ca(Mg,Fe)(CO_3)_2$), considerando também a redução nos teores de cálcio, que são minerais com maior estabilidade no meio pedogênico.

O alumínio teve uma redução média de 16,6% (com média de 0,023 para 0,019 cmol/dm³) no seu teor disponível. Sua ocorrência é natural no tipo de latossolo presente na área do experimento, sendo associado à estrutura de argilominerais e hidróxidos de alumínio, mas também na forma trocável (solúvel ou adsorvido na superfície de minerais e fases amorfas). Muito provavelmente a porção que sofre redução após a elevação do pH é a parcela trocável, pois o alumínio situado na estrutura interna dos minerais estáveis não sofre interação ambiental com variações restritas de pH e condições óxido-redução.

Os baixos valores de Na, Mg, Ca e K (bases trocáveis do complexo sortivo) corroboram as características dos solos com maior grau de intemperismo (SOBRAL *et al.*, 2015), como o latossolo vermelho observado na área. O sódio teve um aumento médio de 100% (variando de 0,01 para 0,02 cmol/dm³) em teor disponível, seu acréscimo na concentração disponível é ligado provavelmente à fonte do material utilizado na calagem e está disponível como íons simples ou complexos em solução ou cátions de troca. O magnésio mostrou aumento de 61,6% (de 0,23 para 0,37 cmol/dm³) em seu teor médio disponível, sendo também atribuído ao dolomito, e ficou disponível como íons simples ou complexos em solução ou cátions de troca. O potássio teve um aumento médio de 87% (0,02 para 0,05 cmol/dm³), seguindo a mesma tendência do magnésio e do sódio em relação à fonte e à forma disponível. O cálcio teve uma redução média de 49,1% (de 1,65 para 0,83 cmol/dm³) no seu teor disponível. Avalia-se que uma parcela do cálcio que apresentou redução esteja formando complexos com outros metais, provavelmente formando carbonatos (ankerita - $Ca(Mg,Fe)(CO_3)_2$), levando-se em consideração também o decréscimo nos teores de ferro.



Quatro conjuntos (A e B) de amostras da segunda campanha de coleta de amostras apresentavam comportamento de *outliers* e foram desconsiderados convenientemente para equipar com a quantidade de elementos da primeira série. As amostras 2SO-01 A e B possuíam teores discrepantes de cálcio, chumbo, ferro e sódio em relação às médias. Por sua vez, a 2SO-02 A e B destoava com altos valores de cálcio, cobre e zinco. Altos valores de ferro conferiam a 2SO-07 A e B um caráter atípico em relação aos demais, já na 2SO-12 A e B, o cálcio que a enviesava da tendência.

Por fim, vale ressaltar que para os elementos que tiveram seus teores reduzidos não implica necessariamente a remoção ou a inatividade permanente do metal. A metodologia empregada, de maneira geral, acarreta a retenção dos metais de duas maneiras principais: precipitação (como carbonatos) e adsorção (nos óxidos e nos hidróxidos), portanto em formas efetivas mesmo com uma eventual queda dos valores de pH.

Conforme Huertos e Baena (2008), os óxidos estão finamente dispersos na massa do solo, por isso são muito ativos, e devido à sua baixa cristalinidade e pequeno tamanho de partícula apresentam alta capacidade de sorção para metais divalentes, principalmente cobre e chumbo, e em menor grau zinco, cobalto, cromo, molibdênio, níquel e arsênio. Os autores afirmam ainda que a presença de carbonatos, além de garantir a manutenção do pH elevado, tende a induzir a precipitação dos metais (especialmente como carbonatos) e a adsorver determinados metais.

Com mais tempo de monitoramento é esperada a manutenção na tendência crescente nos valores de pH e conseqüentemente uma redução maior nos teores de metais retidos, seja na forma precipitada ou adsorvida. Posteriormente, com prováveis condições ambientais favoráveis à mobilidade desses metais, não aconteceria sua liberação por já estarem fora do sistema, retidos na estrutura de minerais estáveis ou adsorvidos em fases amorfas.

Considerações finais sobre estabilização dos metais nos solos

Por meio do histórico e do levantamento fotográfico da situação da área observou-se que o passivo ambiental existe, sendo necessário monitoramento de diferentes formas a se complementar a interpretação da dinâmica da contaminação ou poluição nos diferentes meios possíveis de serem afetados.

As concentrações totais dos metais apresentaram valores homogêneos de acordo com cada série de amostragem. Os teores dos metais que poderiam acarretar contaminação não ultrapassaram os valores de referência de um solo natural de acordo com os valores orientadores da Cetesb (2014). Estudos de geofísica (eletrorresistividade) nas proximidades da área (CAVALCANTI *et al.*, 2011) indicam valores anômalos de condutividade elétrica nas águas subterrâneas, possibilitando a lixiviação desses metais para a zona saturada, o que contribui para a manutenção da pluma de contaminação.

Com base nos resultados analisados antes e após a calagem e observando-se que os teores originais já se apresentam reduzidos, caso fossem maiores, provavelmente a técnica utilizada poderia ser ainda mais eficaz na estabilização dos metais. A área piloto em que foi aplicada essa sistemática talvez não tenha sido a mais adequada a esse experimento e metodologia, pois se esperava alta contaminação devido às suas características e localização. No entanto, isso não anula o fato de que o procedimento proposto e testado pode ser empregado na mitigação de impactos em áreas com contaminação comprovada de maior magnitude.

Parte dos metais que sofreram redução de teores é considerada retida na estrutura de fases amorfas ou na forma de ankerita, que é um carbonato rico em cálcio, magnésio e ferro. A redução dos teores de outros metais é atribuída a sua absorção por fases amorfas. A elevação de magnésio, chumbo e sódio é, sem dúvida, vinculada ao dolomito utilizado para a elevação do pH.



4.4 RECOMPOSIÇÃO DA VEGETAÇÃO NATURAL EM ÁREAS EXPOSTAS E DEGRADADAS

A remediação e a recuperação das áreas que tiveram os solos decapeados e foram submetidas à acumulação de resíduos, mesmo que posteriormente recobertos ou retirados, deverão ser alcançadas a partir da recomposição da vegetação nativa. Neste caso, o conceito de fitorremediação é aplicado apenas à revegetação da área com uso de espécies arbóreas de maior porte, uma vez que o diagnóstico mostrou não haver contaminação de metais nos solos para se justificar o uso de espécies vegetais bioacumuladoras. Nem mesmo os solos diretamente associados aos resíduos (em alguns casos enriquecidos em matéria orgânica) apresentaram valores anômalos para metais.

Assim, a área piloto plantada com o objetivo inicial de retenção de metais nos solos (de cerca de meio hectare) foi também considerada teste de plantio para a recuperação da faixa embargada, que compõe uma área de cerca de 60 hectares (300 metros por 2.000 metros). A experiência acumulada no acompanhamento da área piloto (com o objetivo inicial de contenção de eventual contaminação por metais) deve ser empregada para ampliação da recomposição da vegetação nativa.

A faixa embargada tem um papel fundamental para a proteção do Parque Nacional de Brasília e desempenha um papel de tampão para absorver cargas de contaminação atmosférica, retenção do escoamento superficial e ampliação da recarga do aquífero freático, e por isso sua recuperação deve ser prioritária.

A escolha das espécies deve levar em consideração dois critérios: i) ser espécie arbórea de grande porte de forma que as copas da futura massa florestal possam funcionar como filtro da poluição atmosférica e ii) apresentar desenvolvimento rápido nas condições de latossolos ácidos e aluminicos (como os encontrados na área). A experiência do plantio na área do Lixão e a observação de árvores utilizadas no urbanismo nas cidades do Distrito Federal indicam que as seguintes espécies se enquadram nos critérios: angico (*Anadenanthera macrocarpa*), cedro (*Cedrela fissilis*), landim (*Calophyllum brasiliense*), jequitibá (*Cariniana estrellensis*), ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus*) e pata-de-vaca (*Bauhinia forficata*). Além dessas, outras plantas típicas do cerrado e da mata de galeria que apresentem bom desenvolvimento em áreas de cerrado *sensu strictu* também devem ser consideradas para ampliar a diversidade na área recuperada.

Após a definição das espécies a serem plantadas, uma etapa importante é a escolha das mudas. A experiência na área piloto mostra que o desenvolvimento mínimo das mudas é um pré-requisito para que as plantas tenham um crescimento maior após o transplante e para minimizar as perdas comuns no início do enraizamento. O investimento na aquisição de mudas de maior porte e maior desenvolvimento é fundamental para o sucesso da revegetação.

A abertura dos "berços" de plantio ("covas") também é importante. Para as plantas no ambiente do cerrado que apresentam raízes pivotantes é fundamental que as covas sejam profundas para favorecer o desenvolvimento inicial das plantas. Assim, a profundidade mínima deve ser de 60 cm, e a abertura lateral pode ter dimensões menores. As covas podem ser abertas com moto-coveadoras (Figura 14) ou com auxílio de máquina de maior porte (trator equipado com sistema de broca circular). O plantio deve ser aleatório, contendo uma planta a cada 5 metros, com a intercalação de diferentes espécies por toda a área a ser ocupada pela prática de recomposição da vegetação nativa.

A porção basal da cova deve ser preenchida com solo rico em matéria orgânica (*top soil*) ou matéria vegetal em decomposição e ainda com fertilizantes solúveis. A experiência mostra que a aplicação de uma mistura de pó de rocha dolomítica, com NPK comercial (que é um fertilizante químico solúvel rico em nitrato, fosfato e potássio) e outros fertilizantes naturais (pó de rocha fosfatada, esterco, matéria vegetal triturada e outras fontes de matéria orgânica) é alternativa efetiva e viável.



Quando o plantio não puder ser feito no início do período chuvoso (considerado o ideal), um sistema de irrigação deverá ser implantado. Para que o plantio tenha um desenvolvimento mínimo é necessária a irrigação localizada no pé de cada planta com 4 a 5 litros de água por pelo menos duas vezes por semana. A irrigação pode ser feita por regadores manuais em pequenos plantios (Figura 15) ou requerer o auxílio de caminhões tanque e mangueiras para ampliar a área de atuação e o número de mudas plantadas. Esta etapa é essencial para o primeiro ano de desenvolvimento do plantio, uma vez que o período seco na região é muito longo (de maio a setembro) e o déficit hídrico é muito grande, principalmente nas últimas semanas do período seco. Nesse intervalo a irrigação deve ter sua frequência ampliada.

FIGURA 14 – MOTO-COVEADORA EM OPERAÇÃO EM CAMPO. ESTE SISTEMA MANUAL PERMITE A PERFURAÇÃO DE UMA “COVA” CILÍNDRICA DE ATÉ 60 CM DE PROFUNDIDADE COM 10 CM DE DIÂMETRO



FIGURA 15 – IRRIGAÇÃO MANUAL COM USO DE REGADORES E ÁGUA BRUTA CAPTADA NO CÓRREGO CABECEIRA DO VALO EM RESERVATÓRIO DE 1.000 LITROS



No caso do Lixão da Estrutural, esta etapa pode ser uma tarefa simples, uma vez que a operação da Unidade de Recebimento de Entulhos já requer o uso de caminhões-pipa para aspersão de água nas vias de acesso, e a mesma estrutura pode ser aplicada à irrigação do plantio no primeiro ano após o plantio.

Todo o plantio deve ser protegido por sistemas de aceiros, de forma que sejam minimizados os riscos de queimadas florestais no período seco do ano. Os aceiros devem contornar todo o perímetro plantado e ainda incluir sistemas internos para proteção no caso de algum tipo de acidente com fogo alcançar a área plantada. Essa prática deve ser permanente, pois se trata de uma área periurbana em que as queimadas acontecem praticamente todos os anos (entre os meses de maio e setembro).

Ainda no sentido de eliminar os riscos de perdas por incêndios florestais, a fase de gramíneas que naturalmente se desenvolve entre as mudas deve ser retirada. Esse coroamento deve ser feito de preferência manualmente com uso de enxadas e auxílio de roçadeira. Além de minimizar o risco de queimadas, essa ação também diminui a concorrência entre as árvores e as gramíneas, ampliando o crescimento das plantas.

O controle de formigas cortadeiras é um fator crítico para o sucesso do plantio, uma vez que se trata de um tipo de praga muito comum que afeta preferencialmente as árvores no início de seu desenvolvimento. No primeiro ano do plantio as inspeções das áreas plantadas devem ser diárias, pois no intervalo de poucos dias esses insetos podem eliminar dezenas de mudas no início de seu crescimento (Figura 16).

FIGURA 16 – FORMIGAS CORTADEIRAS EM ATAQUE A MUDA RECÉM-PLANTADA



No primeiro ano após o plantio, pelo menos duas etapas de fertilização devem ser realizadas. A fertilização pode ser feita com qualquer tipo de melhorador de solos, mas o uso de NPK comercial é uma prática aconselhável, por se tratar de um produto solúvel que pode ser incorporado rapidamente aos solos e recuperado pelas raízes das plantas. No caso de se optar pelo uso de NPK, deve-se aplicar cerca de 50 gramas por cova, e o material deve ser espalhado junto ao pé de cada planta (Figura 17). Após a aplicação do fertilizante pode-se acumular matéria orgânica em decomposição junto à cova (Figura 18) para minimizar a perda de umidade nos períodos de recessão de chuvas e ainda ser uma fonte de nutrientes para as plantas.

FIGURA 17 – COBERTURA DE NPK EM PLANTA EM INÍCIO DE DESENVOLVIMENTO. OS GRÂNULOS DEVEM SER DEPOSITADOS NA DEPRESSÃO DA COVA ORIGINAL PARA AMPLIAR A EFETIVIDADE DA FERTILIZAÇÃO



FIGURA 18 – RECOBRIMENTO DO PÉ DA PLANTA COM CAPIM SECO PARA MANUTENÇÃO DA UMIDADE, PRINCIPALMENTE NO PERÍODO SECO DO ANO



Para o caso da área do Lixão da Estrutural sugere-se que a recomposição da vegetação nativa seja feita por etapas sucessivas com plantio de cerca de 10 hectares por ano, de forma que em seis anos a área possa ser totalmente recuperada. Essa prática poderá permitir que os solos sejam preparados no período seco de cada ano para que o plantio seja feito no início do período das chuvas e que todas as melhores práticas possam ser aplicadas. Para que a recuperação da vegetação nativa alcance o resultado desejado e a máxima efetividade do investimento, é essencial que pelo menos um trabalhador fique permanentemente responsável pelas inspeções diárias nas áreas plantadas. Dentre suas ações devem se destacar: avaliação do desenvolvimento das plantas nos estágios iniciais, replantio de mudas perdidas, acompanhamento da irrigação, inspeções diárias do ataque de pragas (com destaque para as formigas cortadeiras), avaliação periódica dos sistemas de aceiros de fogo e demais ações de proteção das parcelas de plantios.

O custo de aplicação dessa importante ação de recuperação ambiental da área pode ser dividido em duas parcelas: i) implantação das áreas plantadas e ii) manutenção do plantio. Os investimentos para implantação deverão ser divididos ao longo de seis anos, e o custeio da manutenção poderá ser efetivamente minimizado, pois será possível diluir os custos dentro dos contratos e processos da própria operação da Unidade de Recebimento de Entulhos.

4.5 ESTABILIZAÇÃO DA PLUMA DE CONTAMINAÇÃO

A estabilização da migração e do espalhamento da pluma de contaminação de chorume passa pelo bombeamento e pelo tratamento ou pela reinjeção dos efluentes. Idealmente, o fluido bombeado deveria ser tratado e lançado em um corpo receptor. Entretanto, devido às limitações vinculadas ao custo do tratamento, a porção da pluma retirada por bombeamento poderá ser reinjetada no maciço de resíduos. A reinjeção no maciço é uma técnica que resulta em oxidação, precipitação e diminuição da toxidez do contaminante. No caso específico do Lixão da Estrutural, estima-se que a amônia deverá sofrer oxidação para nitrato e que a DQO será reduzida a cada movimentação completa no circuito bombeamento-reinjeção.

Como o fluxo da água em um meio natural migra de um ponto de maior carga hidráulica para um ponto de menor carga, a estabilização do fluxo deve passar pela inversão local do fluxo natural a partir da criação de um cone de depressão junto aos poços de rebaixamento e bombeamento. Dessa forma, para a contenção da pluma e para evitar que o fluxo migre em direção às nascentes é necessária a instalação de poços de bombeamento na forma de baterias isoladas nos locais em que a pluma apresenta maior concentração de contaminantes.

Essa ação deverá complementar a atenuação e a depuração natural que o próprio aquífero já desenvolve como uma de suas funções primordiais. A localização das baterias de poços foi determinada com base no diagnóstico ambiental (Produto 3) e visa à contenção da migração da pluma nos locais com maior concentração de contaminação. Como a maior parte da pluma com maior concentração migra em direção ao Córrego Cabeceira do Valo, serão posicionadas duas baterias de poços naquele setor e uma bateria na porção oposta, próximo ao limite com o Parque Nacional de Brasília (Figura 19). A bateria do setor leste deverá ser composta por cinco poços, pois as vazões e a área afetada por contaminação de grande concentração naquela região são menores.

Testes hidráulicos foram realizados em poços para verificar suas vazões potenciais e o respectivo rebaixamento. No dia 12/02/2021, o poço LX12, com nível estático de 7,71 metros, foi bombeado por duas horas, com vazão de 2.500 L/h, até que o nível se estabilizou em 11,98 metros. O rebaixamento de 4,27 metros é suficiente para manter a pluma estável com fluxo de oeste para leste. No dia 17 de março, mais dois poços



foram testados hidráulicamente, com bombeamento de 2.500 L/h, produzindo os seguintes resultados: poço LX13 – nível estático de 6,54 metros, com bombeamento por 2,5 horas, alcançando o nível dinâmico de 9,41 metros (rebaixamento de 2,87 metros), e poço LX5 – nível estático de 2,70 metros e nível dinâmico de 3,82 metros, com bombeamento por 40 minutos e estabilização a partir de 2 minutos após início do teste e recuperação instantânea. Os resultados dos testes nos poços LX13 e LX5 mostram que para a contenção da pluma será necessário o aumento da vazão com uso de bomba com maior potência.

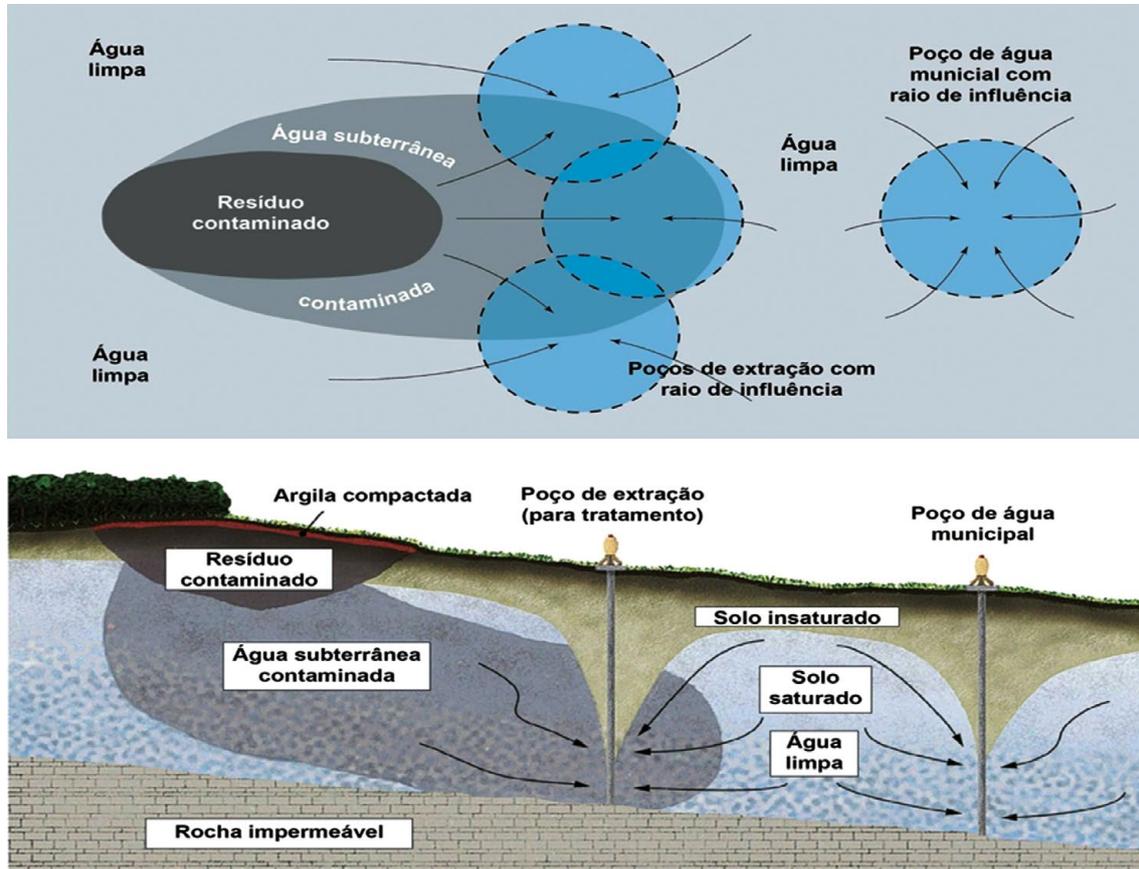
Poços construídos em solos argilosos em ardósias apresentam vazões muito reduzidas e dificilmente poderiam contribuir para o rebaixamento do nível freático em barreiras hidráulicas.

A Figura 20 mostra como o estabelecimento do cone de depressão de poços pode causar a inversão do fluxo e a contenção da migração do contaminante, produzindo uma área do aquífero livre dos efluentes em direção a jusante.

FIGURA 19 – CARTA IMAGEM COM A LOCALIZAÇÃO DOS POÇOS QUE DEVERÃO COMPOR CADA BATERIA DE BOMBEAMENTO (IMAGEM DE 29 DE MAIO DE 2020 OBTIDA DO SISTEMA *GOOGLE EARTH*)



FIGURA 20 – ILUSTRAÇÃO DO SISTEMA DE CONTENÇÃO DA PLUMA POR BARREIRA HIDRÁULICA. EM PROJEÇÃO HORIZONTAL (SUPERIOR) E EM SEÇÃO (INFERIOR). COM A CONTENÇÃO DA PLUMA, A ÁGUA QUE FLUI EM DIREÇÃO AO POÇO MUNICIPAL OU PARA O CURSO D'ÁGUA SUPERFICIAL É DESPROVIDA DOS CONTAMINANTES



Fonte: BRUSSEAU *et al.*, 2019

Os dados hidrodinâmicos dos aquíferos freáticos são suficientes para a determinação do número de poços que deverão compor cada bateria, uma vez que se acumulam dados oriundos dos testes de infiltração *in situ*, descrição dos perfis construtivos e pedo-litológicos, *Slug Test*, além dos testes de bombeamento em poços selecionados.

A locação das baterias de poços para composição da barreira hidráulica foi feita pela integração de locais com maior concentração da pluma de contaminação, locais com presença de materiais arenosos em profundidade e poços com as maiores vazões.

A hidráulica de poços e os mecanismos que controlam o rebaixamento em aquíferos considerados homogêneos e isotrópicos, além de livres devem ser norteados pelo método de Neuman aplicado a essa categoria de reservatório subterrâneo (FREEZE; CHERRY, 1979; DRISCOLL, 1986; FITTS, 2002; FETTER, 2004).

Nas baterias de poços situadas a oeste a distância entre os poços varia entre 50 e 100 metros, por se tratar de uma região rica em material arenoso em subsuperfície. Na bateria de leste os poços deverão apresentar uma distância de cerca de 40 metros para alcançar o mesmo objetivo de rebaixamento.



A água contaminada bombeada a partir das baterias de poços de leste deverá ser encaminhada para as piscinas de chorume já instaladas e posteriormente reinjetada nos mesmos sistemas em que o chorume é atualmente disposto com auxílio de caminhões-pipa. A bateria situada a oeste deverá injetar o efluente no poço de injeção localizado a 350 metros a sudoeste na borda do maciço de resíduos. Caso seja necessário, um pequeno reservatório pode ser instalado nas proximidades da bateria para viabilizar a ligação da tubulação adutora para a reinjeção.

Como o objetivo é a inversão do fluxo do Sistema Aquífero Freático, os poços deverão ser rasos (até 30 metros) com ampla seção filtrante e com espaço anelar preenchimento com pré-filtro silicoso, fino (0,4 a 0,6 cm) em bem selecionado. O diâmetro de perfuração deverá ser de 7 polegadas, e o revestimento de 4 polegadas de diâmetro. A porção rasa do poço (5 metros iniciais) deverá ser concretada, compondo o sele sanitário do poço. A Figura 21 mostra o perfil padrão do poço que deverá ser instalado nas baterias de bombeamento.

As bombas deverão ser de 2,5 polegadas de diâmetro com capacidade de bombeamento de até 3 m³/h. Considerando que cada bateria de poço tenha de três a cinco poços, espera-se bombear uma vazão de 9 a 15 m³/h, suficiente para causar o rebaixamento de alguns metros da superfície potenciométrica livre e a inversão do fluxo de forma convergente em direção à bateria de poços.

As baterias de poços deverão ser submetidas a constante vigilância para evitar vandalismos e furtos de equipamentos (principalmente cabos elétricos e bombas submersíveis), os quais, infelizmente, ocorrem de forma constante na área do Lixão e adjacências.

O bombeamento deverá ser realizado durante 12 horas diárias de forma simultânea em todos os poços que compõem cada bateria de bombeamento, preferencialmente durante o período noturno, quando a energia elétrica tem menor custo.

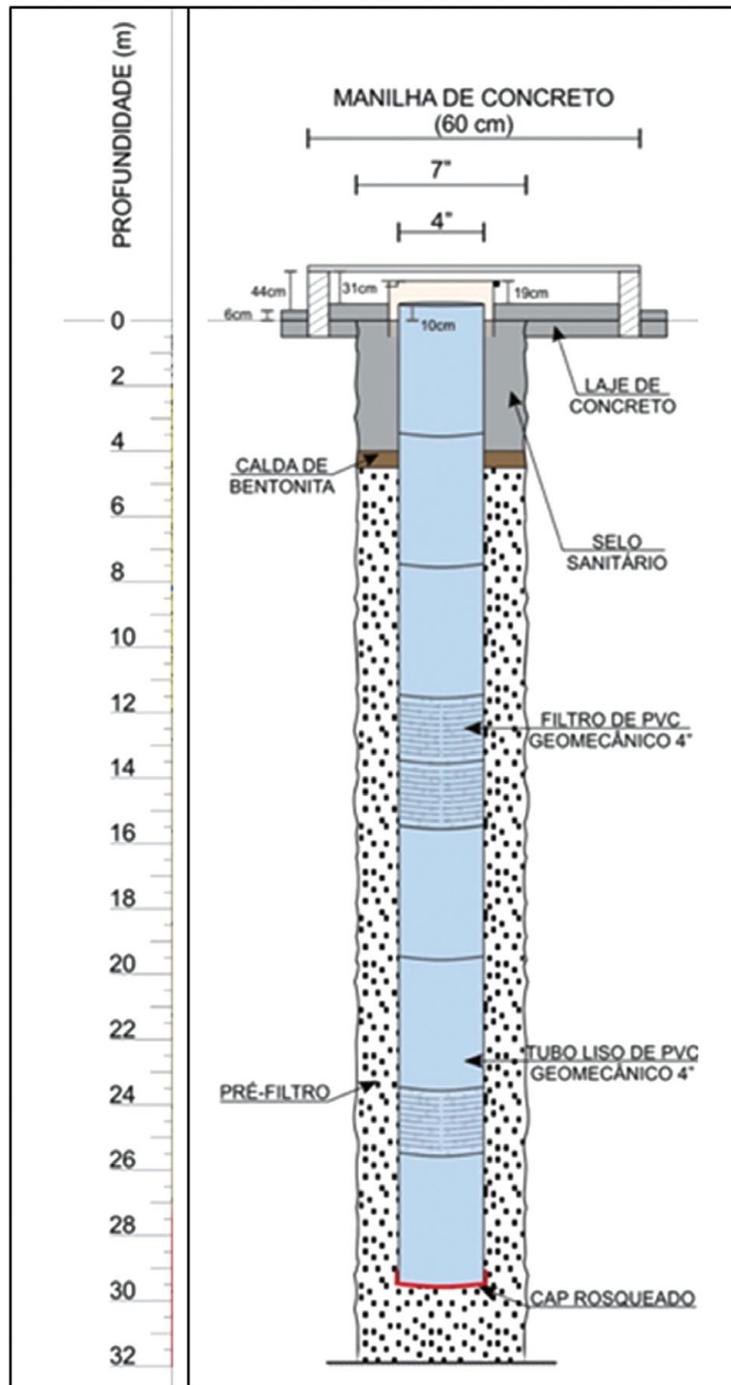
Após a instalação das baterias de poços e o início de operação do sistema de rebaixamento, os três sistemas deverão ser monitorados para obtenção dos seguintes dados:

- valor total do rebaixamento em cada poço individualmente pelo bombeamento por pelo menos 6 horas contínuas;
- avaliação do rebaixamento a partir do bombeamento simultâneo de todos os poços que compõem a bateria de rebaixamento;
- avaliação do tempo de recuperação dos níveis depois de interrompido o bombeamento; e
- determinação da vazão de bombeamento de cada bateria.

Essas informações serão aplicadas para a gestão do material bombeado desde a definição dos parâmetros químicos médios do efluente, passando pela capacidade da estação de tratamento, pelo volume dos reservatórios auxiliares até a determinação das vazões máximas para reinjeção no maciço (caso esta seja a alternativa adotada).



FIGURA 21 – PERFIL TÍPICO DO POÇO INDIVIDUAL QUE DEVERÁ COMPOR CADA BATERIA DE REBAIXAMENTO



4.6 TRATAMENTO DE EFLUENTE DA PLUMA DE CONTAMINAÇÃO

Com relação ao tratamento de efluentes bombeados da pluma de contaminação, os experimentos estão em fase de montagem e verificação.

Dois testes deverão ser realizados: tratamento não convencional com uso de filtro de zeólita para remoção ou redução de amônia e fitorremediação com auxílio de algas no formato *wetland* construída.

A amônia é a fase mais reduzida da série nitrogenada e é originada a partir da decomposição da matéria orgânica acumulada no Lixão. Sua origem primária é em grande parte vinculada a restos de alimentos, cascas de frutas, matéria vegetal e outros restos orgânicos. A decomposição anaeróbia leva à conversão de nitrogênio em amônia, que pode ser oxidada para nitrito e posteriormente para nitrato. Fase nitrogenada com elevado teor de amônia e com baixo teor de nitrato confirma que se trata de um ambiente de decomposição altamente redutor (VESILIND; MORGAN, 2013; SINGH *et al.*, 2005). A amônia é uma fase altamente tóxica que tem como valor máximo permitido para potabilidade 1,5 mg/L, e como todas as substâncias da série nitrogenada apresenta grande dificuldade de tratamento.

O teste preliminar com zeólita para redução de amônia foi feito a partir do contato de 25 litros da água do poço 12 com 4 quilos de zeólita granular (com granulometria variando de 0,3 a 0,6 cm) com agitação. Este experimento alcançou o resultado apresentado na Tabela 14, sendo que as amostras LX12-02, LX12-02A e LX12-02B se referem à amostragem inicial às 8h, amostragem às 12h e às 16h.

TABELA 14 – RESULTADOS DE ANÁLISES SUBMETIDAS À AGITAÇÃO E AO CONTATO COM ZEÓLITA GRANULAR. CE EM $\mu\text{S}/\text{CM}$ E DEMAIS SUBSTÂNCIAS EM MG/L . EM VERDE DESTACADAS AS SUBSTÂNCIAS QUE SOFRERAM REDUÇÃO, E EM AMARELO AQUELAS QUE SOFRERAM ELEVAÇÃO

	LX12-02	LX12-02A	LX12-02B
CE	4.800	3.320	2.880
SO₄²⁻	144	14	114
Cl⁻	530	475	602,5
NH₄⁺	325	60,3	17,3
NO₃	0,2	1,0	0,7
DQO	283	100	103
Ca²⁺	35,1	31,9	76,8
Mg²⁺	33,7	12,3	32,0
Na⁺	235	267	500

As análises mostram forte redução dos teores de amônia, com diminuição de 325 para 60,3, e na última amostra para 17,3 mg/L. A redução da DQO foi significativa, porém estabilizou já após 4 horas de contato com a zeólita. Por sua vez, o sódio apresentou forte elevação: de 235 para 500 mg/L após 8 horas de contato; o cálcio apresentou elevação de 35,1 para 76,8 mg/L; e o cloreto, elevação de 530 para 602,5 mg/L em 8 horas de contato com a zeólita.

A redução da amônia já era esperada, pois este mineral é utilizado de forma comercial em sistemas de tratamento de efluentes para redução da amônia (HEDSTRÖM, 2001; KOTOULAS, 2019). A diminuição da DQO deve ser associada aos mesmos mecanismos que resultam na redução da amônia, isto é, a partir de trocas iônicas.

O aumento do sódio é vinculado à solubilização da zeólita, que é um mineral com alto poder de dissolução e rico neste cátion, conforme sua composição química: $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, com fórmula geral $(\text{Na}-\text{Ca})_{2-3}\text{Al}(\text{Al.Si})_2\text{Si}_3\text{O}_{36-12}\cdot \text{H}_2\text{O}$. Essa elevação pode ser um problema, pois na porção da pluma amostrada o teor inicial estava no limite da potabilidade, e na última amostra após 8 horas de contato com a zeólita o teor ultrapassa o limite máximo permitido pela legislação.

Os experimentos deverão ser ampliados com aplicação de outras técnicas não convencionais para tratamento de efluentes.





5 ANÁLISE DE VIABILIDADE AMBIENTAL, TÉCNICA E ECONÔMICA

De certa forma, a avaliação da viabilidade dos pilotos instalados ficou prejudicada depois que se constatou que os solos não estavam contaminados por metais, como considerado no início do desenvolvimento da pesquisa de campo. Neste caso, os testes pilotos de fitorremediação descritos como FT-01 e FT-02 perderam sua função como pretendido desde a formulação do termo de referência para a realização dos estudos.

Assim, será realizada uma análise global para a viabilidade técnica, ambiental e econômica dos pilotos testados e das ações propostas para mitigação dos problemas, conforme informações contidas na Tabela 15.

TABELA 15 – DISCRIMINAÇÃO DA VIABILIDADE DAS AÇÕES PROPOSTAS PARA MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS DECORRENTES DA OPERAÇÃO DO LIXÃO DA ESTRUTURAL

AÇÃO	VIABILIDADE AMBIENTAL	VIABILIDADE TÉCNICA	VIABILIDADE ECONÔMICA
Fitorremediação de solos contaminados por metais FT-01 e FT-02	Elevada	Inviável, pois os solos não se apresentam contaminados	Moderada, ação com custo de implantação médio a elevado
Estabilização de metais no solo	Elevada	Elevada, resultados alcançados mesmo em condição de não contaminação	Elevada, ação de baixo custo
Recomposição da vegetação nativa de áreas expostas e degradadas	Elevada	Elevada	Moderada em função da ampla área a ser tratada
Estabilização da pluma de contaminação	Elevada	Elevada, técnica simples e já testada em diferentes locais	Moderada a baixa, em função do tempo de aplicação da técnica
Tratamento de efluente da pluma de contaminação	Elevada	Moderada, necessidade de testar diferentes técnicas	Inviável, em função do grande volume de efluente e do custo por m ³
Reinjeção dos efluentes no maciço de resíduos	Elevada	Elevada	Moderada, sendo vinculada ao custo de energia para o bombeamento

A fitorremediação tem sido desenvolvida na maior parte das aplicações na forma de estudos de casos para contaminantes específicos. Todavia, nos Estados Unidos e no Canadá já existem ações em que essa técnica é realizada de forma comercial em escala industrial. Nesses casos, essa técnica apresenta ampla viabilidade técnica, ambiental e econômica. No caso do Lixão da Estrutural, a aplicabilidade é reduzida, pois não há contaminação por metais.

A técnica utilizada para estabilização de metais nos solos apresentou ampla viabilidade técnica, ambiental e econômica, mesmo após a constatação da restrita concentração de metais por fontes antropogênicas nos solos. Os resultados do experimento, com a redução da mobilidade do ferro e do alumínio, indicam que essa técnica pode ser aplicada para áreas contaminadas por acumulação de metais.

A recomposição da vegetação nativa de áreas expostas e degradadas é uma ação com ampla viabilidade ambiental no sentido de auxiliar a solucionar questões amplas referentes à ecologia da região (incluindo fauna e flora). Da mesma forma, é tecnicamente viável, pois já foi testada em diferentes situações no bioma cerrado e apresenta resultados importantes, mesmo em alguns anos após sua implantação. Com relação à viabilidade econômica, é considerada moderada, pois para a efetivação desta ação, além do plantio *sensu strictu*, envolve reconformação do relevo local, controle de pragas e incêndios, coberturas por fertilizantes, irrigação nos períodos secos dos anos iniciais após o plantio, além dos demais custos associados.



A estabilização da pluma de contaminação apresenta ampla viabilidade técnica e ambiental, pois se trata de uma técnica já consagrada e utilizada para diferentes tipos de plumas de contaminação de águas subterrâneas. A viabilidade econômica, contudo, é considerada moderada a baixa, pois requer investimentos na instalação dos sistemas de bombeamento (baterias de poços, bombas, sistemas de alimentação elétrica, reservatórios auxiliares e outras despesas), além de elevado custo de operação dos sistemas (energia elétrica, segurança, reposição de equipamentos, entre outras).

O tratamento de efluentes é uma das principais ações para a atenuação da toxidez de cargas contaminantes. No entanto, sua viabilidade é vinculada ao custo unitário do tratamento por metro cúbico e ao volume a ser tratado. No caso em estudo, a viabilidade ambiental é considerada muito alta, pois pode mitigar o principal efeito negativo vinculado ao Lixão. A viabilidade técnica é considerada moderada, pois ainda não existem métodos universais aplicados para tratamento de plumas de chorume com diferentes graus de concentração de substâncias contaminantes. Nesse sentido, inúmeras técnicas deverão ser testadas até se determinar a mais eficiente para depuração simultânea de amônia, cálcio, magnésio e redução da DQO. A maior questão que limita a adoção das técnicas de tratamento da pluma é seu custo, por se tratar de um volume *in situ* muito grande e em processo contínuo de renovação a partir da recarga que se processa no interior do maciço de resíduos.

A reinjeção dos efluentes da pluma de contaminação no maciço de resíduos é uma ação com elevada viabilidade ambiental e técnica, pois deve conter a migração e o espalhamento da pluma (protegendo os aquíferos e os cursos d'água superficiais), além de ser uma prática comumente adotada em diferentes sistemas similares. Porém, sua viabilidade econômica é considerada moderada em decorrência do consumo de energia elétrica para bombeamento do efluente até os poços de injeção situados em posição topograficamente mais elevada que a cota das baterias de poços que deverão compor a barreira hidráulica. Com relação à avaliação das vantagens *versus* desvantagens da efetiva implantação das técnicas propostas, as seguintes considerações podem ser enumeradas:

- a fitorremediação não apresenta vantagem de implantação, pois não foi constatada a efetiva contaminação dos solos nas áreas adjacentes aos locais de acumulação dos rejeitos. Mesmo as amostras obtidas diretamente da cobertura do maciço de resíduos, em alguns casos com enriquecimento em matéria orgânica, não apresentaram teores anômalos de metais;
- a estabilização dos metais nos solos resulta no mesmo tipo de avaliação aplicada às técnicas de fitorremediação – não apresenta vantagem ou desvantagem de implantação pelo fato de os solos não estarem contaminados por metais. Portanto, os resultados alcançados indicam que a técnica pode ser aplicada em locais nos quais os solos se encontrem efetivamente contaminados por metais;
- a recomposição da vegetação nativa de áreas expostas e degradadas é uma ação que apresenta grande vantagem com relação a sua não implantação. Desse modo, vale destacar a importância que a “área embargada” exerce na proteção do Parque Nacional de Brasília, e a recomposição da vegetação daquela faixa deverá ampliar de forma significativa essa função. Para alcançar a máxima efetividade, é importante que a escolha das espécies e o manejo desde o plantio até o controle das pragas e demais ações sejam feitos sob a ótica das melhores práticas ecológicas (diversificar as espécies a serem plantadas; aplicar práticas de manejo de baixo impacto; evitar o uso de herbicidas, etc.), com máximo uso de técnicas naturais e baseadas na natureza (como uso de rochagem para remineralização e fertilização dos solos, uso de massa vegetal triturada como fonte de matéria orgânica, etc.);
- o tratamento de efluente da pluma de contaminação é uma ação que resulta em ampla vantagem com relação ao não tratamento. O recurso hídrico gerado após o tratamento poderá ser utilizado



como insumo de produção agrícola ou simplesmente ser lançado em corpos receptores, ampliando a oferta de águas para diferentes usos. A desvantagem da implantação desta técnica é vinculada ao seu elevado custo. Os recursos financeiros eventualmente aportados para a depuração dos efluentes até níveis de potabilidade podem ser utilizados para outras diferentes aplicações com maiores ganhos ambientais e sociais (desde que bem direcionados). A título de exemplo, a economia financeira vinculada ao não tratamento pode ser aplicada à construção de moradias populares para minimizar a ocupação irregular de Santa Luzia; à melhoria do isolamento e à ampliação da segurança do Parque Nacional de Brasília (em áreas adjacentes ao Lixão da Estrutural); à contenção da pluma de contaminação; além da implantação de outras ações prioritárias na recuperação da área impactada e suas adjacências;

- a reinjeção dos efluentes no maciço de resíduos apresenta vantagens no sentido de limitar a migração e a ampliação da pluma além de apresentar baixo custo global em termos de instalação e operação. Esta é uma técnica que pode ser considerada já testada, pois os dados mostram que o aquífero freático local apresenta amplo poder de retenção das cargas contaminadas, mesmo a pequenas distâncias dos centros de produção do chorume (diminuição de mais de 90% de espécies contaminantes em apenas 60 metros de migração da pluma). Da mesma forma, é uma técnica consagrada e comumente aplicada em diversos casos de lixões e aterros de resíduos.



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo conceitual da contaminação e as propostas de intervenção para mitigação dos impactos foram desenvolvidos com base nas diretrizes da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), com aplicação das NBRs 16210 e 16784-1.

O modelo conceitual da contaminação tem início na coleta e no transporte do lixo doméstico nos vários núcleos urbanos do Distrito Federal, e sua acumulação na área do antigo Lixão durante um período maior que cinquenta anos. Após a compactação e o aterramento dos resíduos, os processos de decomposição anaeróbica são iniciados gerando o chorume, que migra verticalmente para a zona saturada do aquífero e posteriormente migra lateralmente em direção às nascentes (de forma mais efetiva em direção ao Córrego Cabeceira do Valo). Ainda em condições anaeróbicas, há geração de gases de efeito estufa, principalmente metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), que são liberados para a atmosfera e se somam a outros elementos de poluição do ar, como gases de combustão e particulados atmosféricos. Além das águas subterrâneas, das águas superficiais e da atmosfera, os solos em áreas adjacentes ao Lixão também sofreram degradação e compõem parte da matriz no modelo conceitual da contaminação.

As campanhas completas de amostragem de águas subterrâneas alcançaram os mesmos resultados obtidos na campanha preliminar. Esses resultados mostram que os principais indicadores da contaminação das águas subterrâneas são: amônia, cloreto, sódio, cálcio, magnésio e demanda química de oxigênio (DQO), sendo a condutividade elétrica das águas o melhor parâmetro para mostrar a distribuição espacial da contaminação das águas subterrâneas.

Com relação às intervenções para mitigação, remediação ou eliminação dos problemas, os seguintes resultados podem ser enumerados:

- I. a elevação do pH é eficaz para a minimização da biodisponibilidade e a estabilização dos metais nos solos, mesmo considerando que as coberturas pedogenéticas locais não apresentem níveis de contaminação críticos, os resultados mostraram diminuição dos metais além de Fe e Al. Para alcançar melhores resultados com a aplicação desta técnica, é importante controlar a qualidade do dolomito aplicado para elevação do pH dos solos;
- II. a recuperação de solos degradados, particularmente a faixa de 300 metros (embargada para acumulação de resíduos), deverá ser alcançada com a recomposição da vegetação nativa por espécies arbóreas de médio e grande portes. A experiência acumulada durante o desenvolvimento do experimento de fitorremediação dos solos deverá ser aproveitada para esta etapa de implantação, com destaque para a manutenção do plantio nos primeiros anos (irrigação, controle de pragas, manutenção de aceiros, etc.);
- III. a poluição atmosférica é um problema efetivo, principalmente no período seco do ano. Mesmo considerando que os dados disponíveis sejam quantitativos (devido à inexistência de estações de monitoramento), as ações atualmente desenvolvidas são consideradas efetivas para sua minimização, incluindo queima dos gases de efeito estufa (que deve ser intensificada) e aspersão de água nas vias de acesso, com trânsito mais intenso de veículos (com auxílio de caminhões-pipa);
- IV. a redução da poluição dos aquíferos deverá ser alcançada com a instalação de barreiras hidráulicas vinculadas a baterias de poços em locais com condições críticas e posterior tratamento dos efluentes bombeados (preferencialmente) ou, no mínimo, com reinjeção no maciço de resíduos;
- V. a contaminação do Córrego Cabeceira do Valo pela descarga do aquífero poluído deverá ser minimizada a partir da implantação das ações para mitigação da pluma de contaminação dos



aquíferos freáticos (instalação de barreira hidráulica a partir de bateria de poços de bombeamento);

- VI.** a impermeabilização da porção norte do maciço de resíduos, a porção mais crítica de geração atual de chorume, é uma ação não testada por este estudo, mas que deverá resultar em ampla efetividade no impacto global do antigo Lixão.

A escolha das técnicas a serem aplicadas para minimizar os efeitos nocivos dos compartimentos contaminados deverá passar pela avaliação dos pilotos instalados e testados, bem como por uma análise de viabilidade econômica. Após a decisão das técnicas mais adequadas a serem implantadas, as instituições envolvidas e responsáveis pela instalação, pela manutenção e pela fiscalização das ações deverão ser definidas.

Os dados de variação de níveis freáticos mostram um comportamento distinto entre os poços situados em áreas naturais e em áreas modificadas (urbanizadas e com aterro) (Tabela 17, Apêndice). A elevação dos níveis ocorre de forma mais rápida nas áreas não naturais e responde ao início das chuvas de forma mais lenta nos locais de solos não perturbados. No momento em que se completar um ano de medições de dados, ou no mínimo um ciclo completo de valores mínimo e máximo, será possível estimar a recarga efetiva dos aquíferos nos diferentes ambientes estudados.

Posteriormente, os resultados das estimativas de recarga dos aquíferos serão aplicados no desenvolvimento de modelos de diluição da pluma de contaminação e evoluirão até a geração de informações sobre a atenuação natural da contaminação e a capacidade de filtragem das cargas contaminantes pelo próprio sistema aquífero.

Os dados de monitoramento das temperaturas (Tabela 18) também podem ser utilizados para mostrar a distribuição da contaminação, mas a sensibilidade deste parâmetro não é suficiente para um mapeamento detalhado. Os pontos mais críticos de geração de chorume mostram as maiores temperaturas: > 40 °C no poço PCX-01 e próximo a 30 °C no poço PX-Norte. As anomalias também são observadas nos demais poços em que a contaminação se mostra mais crítica, como, por exemplo, nos poços LX-12, LX13, LX14, PX-Moinho e PX-Entrada.

Os dados de condutividade elétrica das águas (Tabela 19) são os mais apropriados para a determinação da distribuição da contaminação das águas subterrâneas como um todo, pois agrega todos os cátions e ânions dissolvidos nas águas dos aquíferos freáticos.

Embora a contaminação dos aquíferos freáticos seja o principal problema de contaminação vinculado ao Lixão da Estrutural, o *risco à saúde humana* da população residente na zona urbana consolidada da Cidade Estrutural é mínimo, uma vez que aqueles habitantes não são abastecidos por água subterrânea, mas pelo Sistema de Abastecimento Integrado do Descoberto, exclusivamente mantido por mananciais superficiais. O risco atual é apenas associado à parte da população da ocupação Santa Luzia, que utiliza água captada a partir de poços escavados. Neste caso, a ingestão de água contaminada por tempo prolongado pode resultar em problemas de saúde, mais especificamente associados às seguintes substâncias químicas de interesse: amônia e nitrato, além de patógenos não avaliados de forma sistemática por este trabalho.

Durante a eventual continuidade do monitoramento realizado por este estudo, sugere-se que sejam integrados alguns poços escavados situados na área de Santa Luzia à rede de monitoramento especificamente para análises de potabilidade, incluindo os seguintes indicadores: pH, amônia, nitrato, cálcio, magnésio, sódio, cloreto, coliformes totais e coliformes termotolerantes.



Com relação à aplicação dos resultados para a proposição e a implantação de políticas públicas para a solução dos problemas, podem-se enumerar as seguintes ações que em seu conjunto deverão auxiliar o Governo do Distrito Federal nesta questão:

- enumerar as secretarias e as gerências que deverão estar à frente da questão com a determinação de responsabilidades e a delegação de funções específicas com prazos para o alcance das metas;
- internalizar, divulgar, discutir e repercutir os resultados deste projeto nos diferentes órgãos que compõem a estrutura de governo, desde as secretarias diretamente envolvidas com as questões ambientais até outras autarquias, agências e fundações que podem auxiliar na solução dos problemas;
- realizar seminários setoriais para divulgação e discussão dos resultados com o propósito de cotejar diferentes ideais e propostas sobre a mesma questão. Nesse sentido, devem ser discriminadas reuniões técnicas com instituições de pesquisa acadêmica (Universidade de Brasília, Universidade Católica e outras), instituições federais de controle ambiental (MMA, Ibama, ICMBio e outras), Ministério Público Federal e outras organizações que podem ser posteriormente identificadas;
- iniciar as tratativas para geração e canalização de recursos financeiros para custear as ações necessárias à eliminação ou à mitigação dos impactos ambientais negativos observados;
- publicar e manter registros formais e públicos dos resultados e das discussões a fim de evitar a descontinuidade das ações em função das futuras mudanças dos atores envolvidos na questão (desde governos até técnicos responsáveis pela tomada de decisões);
- integrar a questão ambiental às questões sociais que atualmente estão evidentes na região do Lixão da Estrutural, mais particularmente com a situação da ocupação de Santa Luzia.



7 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15515-1: Passivo ambiental em solo e água subterrânea. Parte 1 – Avaliação preliminar. 2011a. 47p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15515-2: Passivo ambiental em solo e água subterrânea. Parte 2 – Investigação confirmatória. 2011b. 19p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16210: Modelo conceitual no gerenciamento de áreas contaminadas – Procedimento. 2013a. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15515-3: Avaliação de passivo ambiental em solo e água subterrânea. Parte 3 – Investigação detalhada. 2013b. 22p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16209: Avaliação de risco à saúde humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas. 2013c. 40p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16784-1: Reabilitação de áreas contaminadas – Plano de intervenção. Parte 1 – Procedimento de elaboração. 2020. 14p.

ALLOWAY, B. J. *Heavy metals in soil*. Londres, 1995. 339p.

ARRAES, T. M. *at al. Hidroquímica das águas subterrâneas profundas do Distrito Federal: relatório de estágio supervisionado*. Brasília: Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 2005. 16p.

BRUSSEAU, M. L.; PEPPER, I. L.; GERBA, C. P. *Environmental and pollution science*. Academic Press, 2019. 633p.

CAMPOS, J. E. G. Geologia do Distrito Federal. *Zoneamento ecológico-econômico do Distrito Federal*. Vol. II, Meio Físico. Brasília: Seduh/GDF, 2012.

CAMPOS, J. E. G.; BOGOSSIAN, J.; CARVALHO, R. M. Sedimentology of the psammo-pelitic-carbonate unit, Paranoá Group, and Sete Lagoas Formation, Bambuí Group: examples of mixed carbonate-siliciclastic sedimentation in the proterozoic of the Brasília Fold Belt. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 42, n. 3, p. 513-522, 2012.

CAMPOS, J. E. G. *at al. Geologia do Grupo Paranoá na porção externa da Faixa Brasília. Brazilian Journal of Geology*, v. 3, n. 43, p. 461-476, 2013.

CAVALCANTE, M. M. *at al. Investigação geofísica (eletrorresistividade e GPR) nos limites do Lixão da Estrutural e do Parque Nacional de Brasília - DF (resultados preliminares)*. TWELFTH INTERNATIONAL CONGRESS OF THE BRAZILIAN GEOPHYSICAL SOCIETY. Rio de Janeiro/RJ, 2011. 6p.

CETESB. Decisão de diretoria n. 004-2014/E/C/I – Aprovação dos valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo – Cetesb, São Paulo, 2014.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Valores orientadores para solo e água subterrânea. 2016. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/padroes-de-qualidade-de-solo-agua-subterranea/>

CLIMATE-DATA.ORG/AM OP/OPENSTREETMAP CONTRIBUTORS. 2020. *Clima Brasília: temperaturas e precipitações médias*. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/distrito-federal/brasil-852/>. Acesso em: 20 jun. 2020.

CODEPLAN. *Atlas do Distrito Federal*. Brasília. Secretaria de Educação e Cultural/Codeplan. 2017. 114p.



- CONAMA. Resolução Conama 420. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. 2009. 20p.
- COSTA, C. N. *Biodisponibilidade de metais pesados em solos do Rio Grande do Sul*. 2005. 126p Tese (Doutorado) – Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- CUNHA, L. S.; BORGES, W. R.; RORIZ, L. E. S. Histórico do Antigo Aterro Controlado do Jóquei Clube (Lixão da Estrutural, Brasília-DF). In: BRASIL, C. P.; CUNHA, L. S.; FRONTIN, S. O. (Org.). *Hibridização de fontes de geração de energia elétrica em áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos*. Estudo de caso: Aterro Controlado do Jóquei Clube (Lixão da Estrutural, Brasília-DF), 2021. p. 138-154.
- DEL'REY, G. O. *Metanogênese e variações isotópicas do carbono em ambiente de deposição de resíduos sólidos: o Aterro Controlado do Jóquei Clube de Brasília-DF*. 2020. 93p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 2020.
- DRISCOLL, F. G. *Groundwater and Wells*. Johnson Screen, St. Paul, Minnesota. 2. ed. 1986. 1089p.
- FETTER, C. W. *Applied hydrogeology*. Fourth Edition. New York: MacMillan College Publ. Co., 2004. 619p.
- FITTS, C. R. *Groundwater Science*. Academic press. 2002.
- FREEZE, R. A.; CHERRY, J. A. *Groundwater*. New York: Prentice Hall, 1979. 604p.
- GARCIA, I.; DORRONSORO, C. *Contaminación del suelo: Tema 15-Contaminación por metales pesados*. 2018. Disponível em: <<http://www.edafologia.net/conta/tema15/introd.htm>>. Acesso em: 9 jul. 2020.
- GUEDES, M. R. *Metais pesados em solos: ocorrência*. 2008. Disponível em: <<http://scienceblogs.com.br/geofagos/2008/07/metaispesados-em-solos-ocorrencia.php>>. Acesso em: 6 abr. 2020.
- HEDSTRÖM, A. Ion exchange of ammonium in zeolites: a literature review 1. *J. Environ. Eng.*, v. 127, n. 8, p. 673-681, 2001.
- HUERTOS, E. G.; BAENA, A. J. R. Contaminación de suelos por metales pesados. *Revista de la Sociedad Española de Mineralogía: Macla, Madri*, n. 10, p. 48-60, 2008.
- KABATA-PENDIAS, A. *Agricultural problems related to excessive trace metal contents of soils*. Heavy Metals, ed. W. Salomons, U. Förstner & P. Mader, Springer-Verlag, Berlin, 1995. p. 3-18.
- KABATA-PENDIAS, A.; ADRIANO, D. C. Trace metals. In: REICHCIGL, J. E. *Soil amendments and environmental quality*, 1995. p. 139-167.
- KOTOULAS, A. *at al. Zeolite as a potential medium for ammonium recovery and second cheese whey treatment*. *Water*, 11, 136; 2019. doi: 10.3390/w11010136.
- LUZ, A. B. *Zeólitas: propriedades e usos industriais*. Rio de Janeiro: Cetem – Centro De Tecnologia Mineral/CNPq, 1995. 35p.
- MANZIONE, M. A.; MERRIL, D. T. *Trace metal removal by iron co-precipitation: field evaluation*. Electric Power Research Institute, Report GS-6438, jun. 1989.



MARTINS, E. S.; BAPTISTA, G. M. M. Compartimentação geomorfológica e sistemas morfodinâmicos do Distrito Federal. In: lema/Sematec/UnB. *Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal*. Brasília, v. 1, Parte II, 53p., 1998.

MARTINS, C. A. S. *at al.* A dinâmica de metais-traço no solo. *R. Bras. Agrociência*, Pelotas, v. 17, n. 3-4, p. 383-391, 2011.

MOREIRA, D. A. *at al.* Determinação das características de resíduo sólido urbano aterrado. *Engenharia Ambiental*, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 1, p. 099-108, 2010.

PINTO, M. N. Caracterização geomorfológica do Distrito Federal. In: PINTO, M. N. (Org.). *Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas*. 2. ed. rev. ampl. Brasília: UnB/Sematec, 1994. Cap. 9, p. 285-344.

REATTO, A. *at al.* Mapa pedológico digital – SIG, atualizado do Distrito Federal Escala 1:100.000 e uma síntese do texto explicativo. Documentos, Planaltina-DF, 120 1-31. 2004. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/566388/1/doc120.pdf>>. Acesso em: 7 jun. 2020.

RONQUIM, C. C. *Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais*. 1. ed. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. 26 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8), 2010.

SINGH, K. P. *at al.* Distribution of nitrogen species in groundwater aquifers of an industrial area. *Environment Geochemistry and Health*, Amsterdam, v. 28, n. 5, p. 473-485, 2005.

SILVA, F. C. *at al.* *Análises químicas para avaliação da fertilidade do solo: métodos usados na Embrapa Solos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1998. 40p. (Documentos, 3).

SOBRAL, L. F. *at al.* *Guia prático para interpretação de resultados de análise de solo*. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 13 p. (Documentos, 206).

VESILIND, P. A.; MORGAN, S. M. *Introdução à engenharia ambiental*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.





8 APÊNDICES

TABELA 16 – DADOS DE ANÁLISES DE AMOSTRAS COLETADAS EM POÇOS DE MONITORAMENTO SOBRE O LIXÃO E ADJACÊNCIAS. PROFUNDIDADE DE AMOSTRAGEM EM METROS; CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM $\mu\text{S}/\text{CM}$; TEMPERATURA EM $^{\circ}\text{C}$; DEMAIS SUBSTÂNCIAS EM MG/L . LQ – LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO DO MÉTODO ANALÍTICO (AMOSTRAGENS REALIZADAS EM 16 DE NOVEMBRO DE 2020)

POÇO-AMOSTRA PARÂMETRO	LX1-02	LX3A-02	LX4A-02	LX5-02	LX6-02	LX7-02	LX7A-02	LX8-02	LX9-02	LX10-02	LX12-02	LX13-02
Prof. Amostragem	10,0	10,0	10,0	15,0	20,0	20,0	8,5	20,0	20,0	18,0	20,0	15,0
Cond. elétrica.	19	36,9	35,7	295,0	68,4	462	6.000,0	519,0	449,0	408,0	4.800,0	3.480,0
Temp.	23,4	23,2	23,7	23,7	23,9	23,8	24,9	24,1	23,1	22,8	26,2	23,5
pH	7,61	7,98	7,32	8,92	7,49	9,12	9,22	9,41	9,64	9,07	8,07	7,82
Amônia	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3,2	386,0	<LQ	<LQ	<LQ	325,0	81,6
Nitrito	<LQ	0,021	0,027	0,055	0,005	0,002	0,247	0,012	<LQ	0,004	<LQ	0,240
Nitrato	0,4	0,3	<LQ	0,5	0,2	<LQ	2,9	<LQ	0,2	0,2	0,2	9,3
Cloreto	0,9	5,6	5,5	13,0	1,9	1,5	466,0	6,8	6,6	10,1	530,0	552,5
Sulfato	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	56,0	<LQ	<LQ	<LQ	144,0	<LQ
DQO	13,0	24	3,13	7,0	19,0	15,0	265	<LQ	<LQ	31	283,0	80,0
Antimônio	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Arsênio	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Bário	<LQ	0,03	<LQ	0,021	0,026	0,030	0,183	0,032	0,041	0,032	0,065	0,359
Cádmio	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Chumbo	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobalto	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cobre	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0097	<LQ
Crômio	<LQ	<LQ	0,019	0,021	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Mercurio	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Níquel	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Zinco	0,075	0,079	0,072	0,058	0,065	0,049	0,068	0,053	0,036	0,051	0,069	0,045
Cálcio	4,74	4,19	4,19	43,7	10,1	52,9	27,4	56,6	41,3	42,9	35,1	112,0
Magnésio	1,99	0,6	0,45	20,5	0,79	26,9	24,3	25,7	18,6	20,4	33,7	61,0
Sódio	1,33	0,76	5,06	5,17	4,78	3,91	441,0	13,9	15,1	8,52	235,0	220,0



POÇO-AMOSTRA PARÂMETRO	LX14- 02	LX15- 02	LX16- 02	LX17- 02	LX18- 02	LX19- 02	LX20- 02	PX ENTR- 02	PX MOINHO-02	PX NORTE-02	PX1-02	PCX1- 02
Prof. Amostragem	20,0	20,0	15,0	15,0	15,0	15,0	2,0	20,0	20,0	21,0	15,0	21,0
Cond. elétrica.	364,0	182,4	158,2	303,0	223	322	49,5	75,9	698,0	15.350	798,0	16.150,0
Temp.	24,1	24,2	23,2	24,1	25,0	23,4	23,5	27,4	25,8	29,4	31,5	42,6
pH	7,92	7,18	8,35	8,73	9,04	8,78	7,59	6,8	8,77	9,15	7,51	7,84
Amônia	<LQ	<LQ	0,7	<LQ	<LQ	0,2	<LQ	<LQ	77,2	1.710,0	32,4	1.825,0
Nitrito	0,122	0,010	<LQ	0,003	0,018	<LQ	<LQ	<LQ	0,015	<LQ	0,003	<LQ
Nitrato	13,0	15,3	0,2	0,2	<LQ	0,2	1,0	0,3	0,3	8,7	0,7	4,7
Cloreto	50,4	17,8	2,4	8,9	7,6	15,0	1,9	2,6	52,8	1.145,0	44,0	1.424,0
Sulfato	<LQ	<LQ	<LQ	42,0	<LQ							
DQO	51,0	14,0	21,0	39,0	26,0	15,0	7,0	29,0	32,0	2.060,0	32,0	2.420,0
Antimônio	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ							
Arsênio	<LQ	<LQ	0,1622	<LQ	0,0235							
Bário	0,022	0,019	0,069	2,39	0,092	0,015	<LQ	<LQ	<LQ	0,042	0,040	0,259
Cádmio	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ							
Chumbo	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,274	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,095	<LQ	<LQ
Cobalto	<LQ	<LQ	0,049	<LQ	0,054							
Cobre	<LQ	0,0043	<LQ	<LQ	0,0393	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,0034	<LQ	0,0034
Crômio	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,034	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,064	<LQ	0,086
Mercurio	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ							
Níquel	<LQ	<LQ	0,142	<LQ	0,148							
Zinco	0,128	0,066	0,052	0,041	0,121	0,073	0,057	0,044	0,048	0,117	0,033	0,082
Cálcio	31,2	3,9	13,8	33,6	30,9	61,1	<LQ	7,44	2,33	19,5	46,2	33,4
Magnésio	1,92	1,0	1,03	2,39	3,16	27,6	0,14	0,5	0,35	19,8	7,21	49,5
Sódio	6,26	29,9	3,63	11,2	38,2	3,05	13,4	5,91	36,3	1.000,0	30,2	1.180,0

TABELA 17 – HISTÓRICO DOS DADOS DE NÍVEIS FREÁTICOS EM POÇOS DE MONITORAMENTO (MEDIDAS EM METROS). OBS.: OS POÇOS PCX-1 E PX-1 FORAM SUBSTITUÍDOS A PARTIR DO DIA 22/03/2021

DATA/ POÇO	29/08/20	19/09/2020	10/10/2020	31/10/2020	16/11/2020	11/12/2020	04/01/2021	29/01/2021	10/02/2021	22/03/2021	28/04/2021	19/05/202
LX-1	5,45	5,70	5,92	6,06	6,01	5,90	5,68	5,35	5,33	3,86	4,33	4,65
LX-2	3,37	3,57	3,70	3,67	3,32	3,43	2,88	3,07	2,86	2,16	2,56	2,82
LX-3A	8,51	8,79	10,24	10,47	9,18	9,28	9,25	10,34	23,6	10,10	7,51	8,09
LX-4A	1,25	1,32	1,24	1,35	1,23	1,29	1,18	1,24	1,19	0,97	1,05	1,11
LX-5	3,83	4,04	4,17	4,25	4,00	4,05	3,68	3,86	3,79	2,80	3,20	3,43
LX-6	6,46	6,69	6,89	7,05	6,90	6,95	6,65	6,72	6,67	5,34	5,69	5,97
LX-7	12,80	13,03	13,18	13,52	13,68	13,88	14,04	14,14	14,19	13,40	12,91	13,08
LX-7A	8,50	8,72	8,97	9,20	9,35	9,54	9,68	9,84	9,92	9,20	8,94	9,02
LX-8	13,92	14,08	14,26	14,43	14,55	14,75	15,93	15,08	15,16	14,68	14,58	14,63
LX-9	11,78	11,92	12,09	12,24	12,32	12,47	12,56	12,69	12,76	12,13	11,96	12,17
LX-10	9,11	9,34	9,57	9,76	9,81	9,96	9,90	10,09	10,10	8,79	9,00	-
LX-11	6,90	6,99	7,06	7,07	-	7,13	7,09	7,17	-	-	-	7,00
LX-12	7,80	7,96	8,09	8,18	8,08	8,07	7,52	7,64	7,71	6,02	-	7,50
LX-13	8,22	8,41	8,58	8,59	8,47	8,51	7,97	8,11	8,10	6,65	-	7,76
LX-14	9,93	10,14	10,34	10,50	10,51	10,56	10,21	10,28	10,32	9,00	-	9,70
LX-15	8,22	8,24	8,24	8,05	7,76	7,53	7,37	7,62	7,36	7,22	-	7,77
LX-16	8,99	9,49	9,92	9,87	9,52	9,57	8,85	8,94	8,77	6,39	-	8,12
LX-17	15,41	15,71	16,00	16,23	16,03	15,87	15,78	15,58	15,57	14,38	14,28	14,45
LX-18	6,37	6,63	6,85	6,96	6,78	6,72	6,34	6,22	6,13	5,12	5,20	5,43
LX-19	5,58	5,81	6,02	6,14	5,99	5,95	5,61	5,50	5,37	4,44	4,60	4,82
LX-20	1,28	1,37	1,45	1,42	1,26	1,30	1,08	1,18	1,07	0,81	0,94	1,04
PX-Norte	21,14	21,27	21,31	21,39	21,23	21,48	21,54	21,54	21,50	20,76	20,76	21,30
PX-Moinho	13,59	13,85	14,11	14,40	14,58	14,72	14,43	14,64	14,56	12,98	13,42	13,67
PX-Entrada	17,55	17,86	18,16	18,43	18,43	18,37	17,90	17,63	17,69	15,94	16,28	16,67
PCX-1	21,46	21,53	21,60	21,67	21,63	21,53	21,32	21,13	21,13	11,80	12,10	12,43
PX-1	10,05	10,20	10,36	10,46	10,26	10,28	9,51	9,72	9,81	7,90	8,98	8,90



TABELA 18 – HISTÓRICO DOS DADOS DE TEMPERATURA DAS ÁGUAS DE AMOSTRAS OBTIDAS DE POÇOS DE MONITORAMENTO (MEDIDAS EM °C). OBS.: OS POÇOS PCX-1 E PX-1 FORAM SUBSTITUÍDOS A PARTIR DO DIA 22/03/2021

DATA/ POÇO	29/08/20	19/09/2020	10/10/2020	31/10/2020	16/11/2020	11/12/2020	04/01/2021	29/01/2021	10/02/2021	22/03/2021	28/04/2021	19/05/2021
LX-1	23,1	23,7	23,8	23,2	23,4	23,1	23,1	23,8	23,5	23,8	23,3	22,9
LX-2	22,8	23,4	23,1	22,7	23,0	22,6	22,9	23,7	23,1	23,5	23,0	22,7
LX-3A	22,5	22,8	23,3	22,3	23,2	22,8	23,4	24,3	23,6	23,6	23,4	23,7
LX-4A	23,3	22,9	23,8	22,8	23,7	23,6	23,4	24,8	24,5	24,4	24,1	23,7
LX-5	23,6	23,9	24,2	22,8	23,7	23,3	23,6	24,3	23,9	24,2	23,7	22,9
LX-6	24,2	23,5	23,9	23,1	23,9	23,4	23,4	24,0	24,7	24,3	23,7	23,1
LX-7	23,2	23,6	23,7	22,9	23,8	23,0	23,2	23,6	23,7	22,7	23,2	22,9
LX-7A	23,4	23,9	24,0	23,4	24,9	23,4	23,6	24,0	24,4	23,2	23,3	23,2
LX-8	23,3	23,9	23,7	23,3	24,2	22,9	23,1	23,7	25,0	24,8	23,6	22,8
LX-9	23,1	22,8	22,8	22,2	23,1	22,1	22,9	23,0	24,7	23,3	23,3	22,1
LX-10	22,9	22,6	23,8	22,2	22,8	22,6	22,5	22,8	23,1	23,0	23,5	-
LX-11	23,1	24,3	24,3	23,2	-	24,2	24,1	24,3	-	-	-	24,3
LX-12	27,3	26,6	28,9	26,6	26,2	26,2	26,8	27,1	26,4	26,8	-	26,4
LX-13	24,6	25,4	24,0	23,3	23,5	24,2	23,7	23,9	23,9	24,0	-	24,1
LX-14	23,8	24,2	25,4	23,6	24,1	24,1	24,3	24,5	24,3	24,5	-	24,6
LX-15	23,9	23,7	24,2	23,3	24,2	23,4	24,0	23,9	23,9	24,6	-	24,6
LX-16	23,4	23,6	25,6	23,0	23,8	23,0	23,5	23,9	24,4	23,7	-	23,9
LX-17	23,6	23,6	24,0	23,4	24,1	22,8	23,4	23,9	24,2	22,8	23,8	23,2
LX-18	23,1	23,6	24,1	24,0	25,0	22,9	24,0	23,8	24,4	2,7	24,0	23,8
LX-19	23,1	23,6	24,2	23,9	23,4	23,7	23,3	23,5	23,8	23,0	23,9	23,0
LX-20	23,6	24,2	23,4	22,7	23,5	23,2	23,4	23,9	23,4	23,7	24,2	22,8
PX-Norte	26,9	28,5	28,5	27,0	29,4	26,8	27,7	28,4	28,2	29,2	29,9	26,2
PX-Moinho	23,6	24,9	25,2	24,3	25,8	24,4	24,4	24,8	24,5	24,0	24,2	24,4
PX-Entrada	26,6	27,1	26,9	27,4	27,4	26,9	27,0	27,8	25,5	25,9	26,9	26,7
PCX-1	41,6	42,7	42,9	41,8	42,6	42,1	41,1	41,6	42,3	36,0	36,8	35,4
PX-1	28,8	31,5	31,8	29,5	31,5	30,6	27,8	30,8	31,2	27,7	27,2	27,0

TABELA 19 – HISTÓRICO DOS DADOS DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DAS ÁGUAS EM POÇOS DE MONITORAMENTO (RESULTADOS EM $\mu\text{S}/\text{CM}$). OBS.: OS POÇOS PCX-1 E PX-1 FORAM SUBSTITUÍDOS A PARTIR DO DIA 22/03/2021

DATA/ POÇO	29/08/20	19/09/2020	10/10/2020	31/10/2020	16/11/2020	11/12/2020	04/01/2021	29/01/2021	10/02/2021	22/03/2021	28/04/2021	19/05/2021
LX-1	24,6	17,78	16,49	20,7	19,08	20,18	12,0	14,52	-	40,0	82,7	67,5
LX-2	177,9	199,1	213,6	255,0	268,0	279,0	179,0	331,0	229,0	183,4	217,0	371,0
LX-3A	50,0	21,72	36,8	23,4	36,9	27,4	13,06	27,3	19,99	8,99	6,79	4,86
LX-4A	75,1	36,8	41,3	36,8	35,7	35,2	30,7	32,2	32,0	29,0	26,3	25,6
LX-5	418,0	361,0	299,0	324,0	351,0	367,0	370,0	387,0	313,0	294,0	305,0	281,0
LX-6	110,6	100,7	82,9	75,3	68,4	64,5	54,7	51,8	51,7	51,7	48,6	38,4
LX-7	463,0	496,0	498,0	532,0	522,0	543,0	520,0	533,0	527,0	475,0	469,0	483,0
LX-7A	4.040,0	6.230,0	4.005,0	3.790,0	6.000,0	3.020,0	4.510,0	6.580,0	7.090,0	6.740,0	6.360,0	4.070,0
LX-8	424,0	463,0	493,0	516,0	519,0	546,0	565,0	559,0	559,0	573,0	556,0	550,0
LX-9	406,0	429,0	440,0	452,0	449,0	469,0	472,0	467,0	441,0	467,0	453,0	456,0
LX-10	422,0	428,0	411,0	417,0	408,0	420,0	394,0	395,0	377,0	371,0	264,0	-
LX-11	2.460,0	1.162,0	1.468,0	1.061	-	599,0	631,0	599,0	-	-	-	696,0
LX-12	4.730,0	4.600,0	4.570,0	3.480,0	4.800,0	4.560,0	4.280,0	3.220,0	3.320,0	3.620,0	-	3.650,0
LX-13	2.670,0	2.240,0	1.960,0	3.440,0	3.480,0	2.720,0	2.730,0	2.700,0	2.250,0	2.770,0	-	2.141,0
LX-14	319,0	346,0	352,0	370	364,0	359,0	349,0	342,0	299,0	307,0	-	253,0
LX-15	195,5	185,3	188,7	183,3	182,4	183,9	170,4	186,6	175,1	187,6	-	186,0
LX-16	164,7	203,5	188,6	169,4	158,2	183,5	122,7	120,1	117,3	153,0	-	140,9
LX-17	203,7	284,0	301,0	307,0	303,0	330,0	257,0	280,0	291,0	226,0	195,4	179,7
LX-18	157,9	194,4	196	194,6	223,0	216,0	214,3	213,8	217,0	224,0	60,0	38,4
LX-19	283,0	453,0	431,0	423,0	482,0	451,0	475,0	423,0	431,0	412,0	391,0	393,0
LX-20	45,1	45,4	47,0	47,4	49,5	50,0	50,2	52,7	52,2	53,7	60,1	57,7
PX-Norte	18.230	17.690,0	17.960,0	18.220,0	15.350,0	15.540,0	15.370,0	15.590,0	15.330	13.310,0	19.290,0	14.560,0
PX-Moinho	778,0	994,0	977,0	909,0	689,0	979,0	1.021,0	995,0	1.037,0	1.082,0	1.039,0	1.094,0
PX-Entrada	100,3	92,9	84,0	101,4	75,9	85,4	182,2	132,4	146,4	175,4	159,3	148,4
PCX-1	15.470,0	15.540,0	15.910,0	16.460,0	16.150,0	17.380,0	16.550,0	14.710,0	15.020,0	23.500,0	25.100,0	24.500,0
PX-1	327,0	315,0	327,0	331,0	798,0	869,0	874,0	893,0	907,0	7.050,0	6.960,0	7.050



REALIZAÇÃO

**Secretaria de
Meio Ambiente**



CONSULTORIA CONTRATADA



PARCEIROS COEXECUTORES



FINANCIADOR MULTILATERAL



AGÊNCIA IMPLEMENTADORA



AGÊNCIA EXECUTORA

