



Fundamentos da Mudança do Clima



Instituto
de Pesquisa
Ambiental
da **Amazônia**

Emissões de gases de efeito estufa no Cerrado

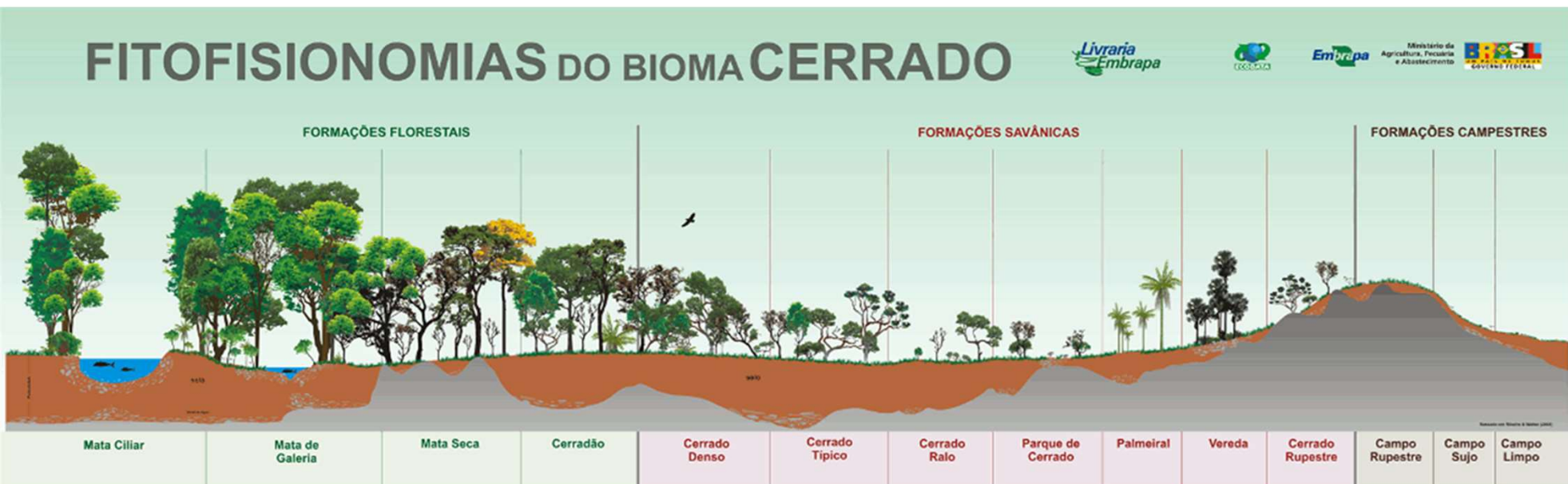
Felipe Lenti

Bioma Cerrado

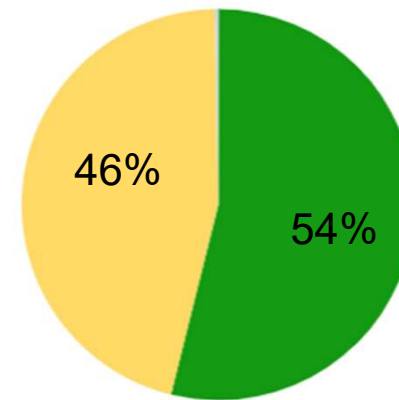
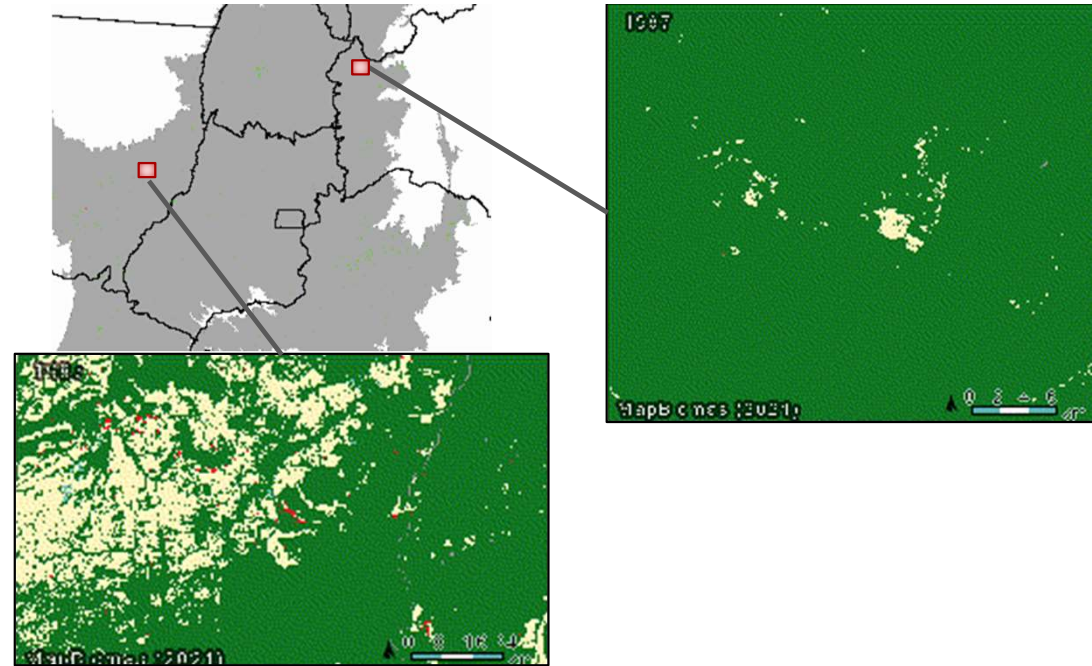
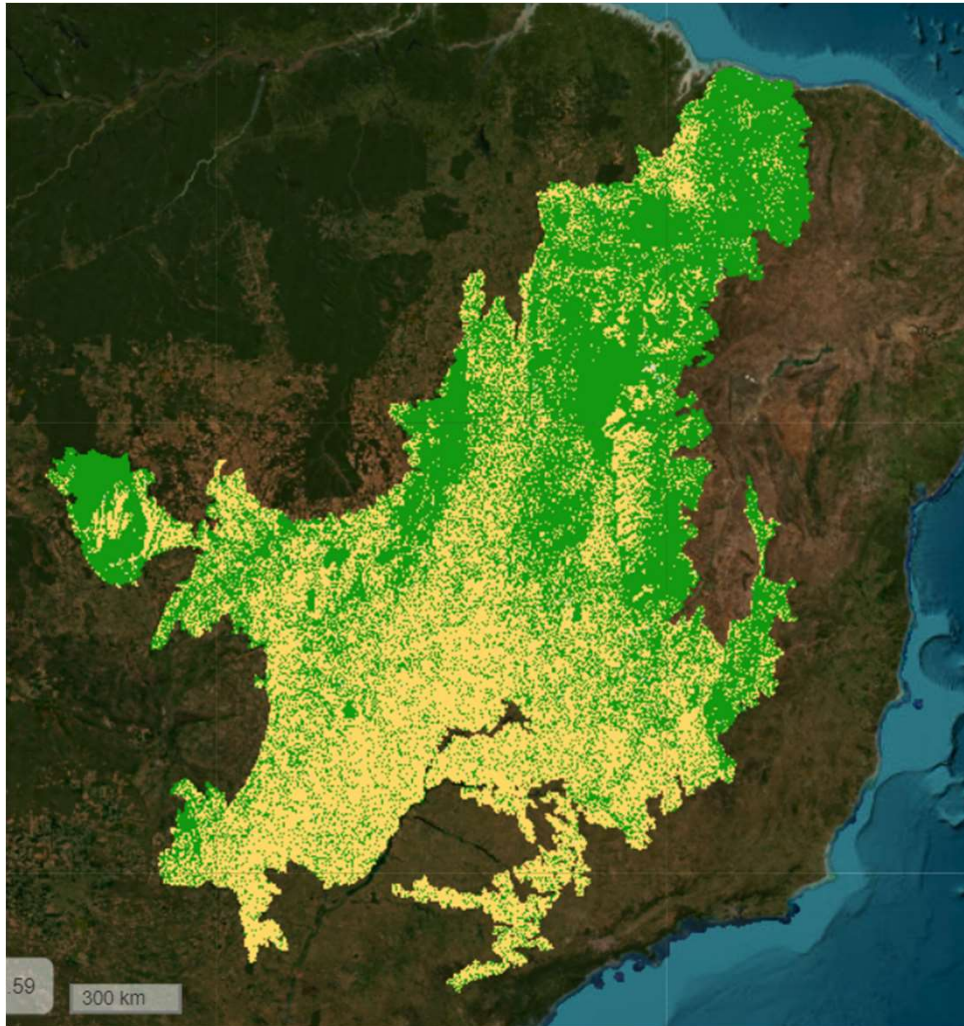
Mosaico de fitofisionomias naturais, hotspot de biodiversidade

Altamente sazonal (estações seca e chuvosa bem definidas)

Altamente ameaçado pela conversão de suas áreas naturais



Bioma Cerrado



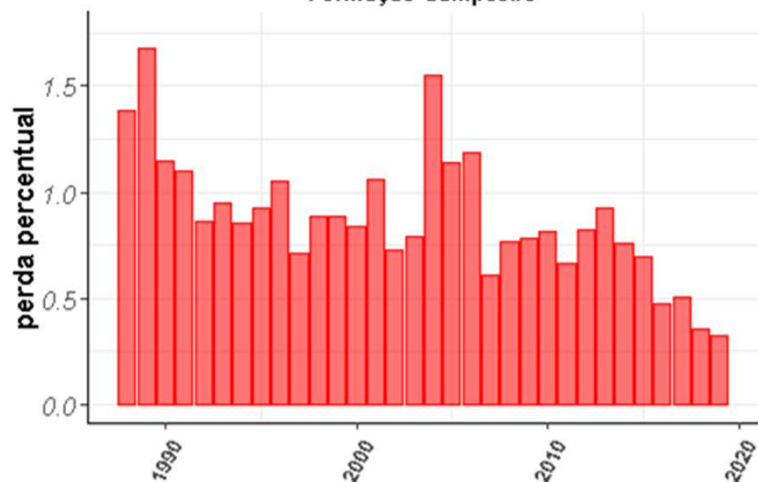
Quase metade do Cerrado já tinha sido perdida em 2021, segundo o MapBiomas.

Fonte: mapbiomas.org

Bioma Cerrado

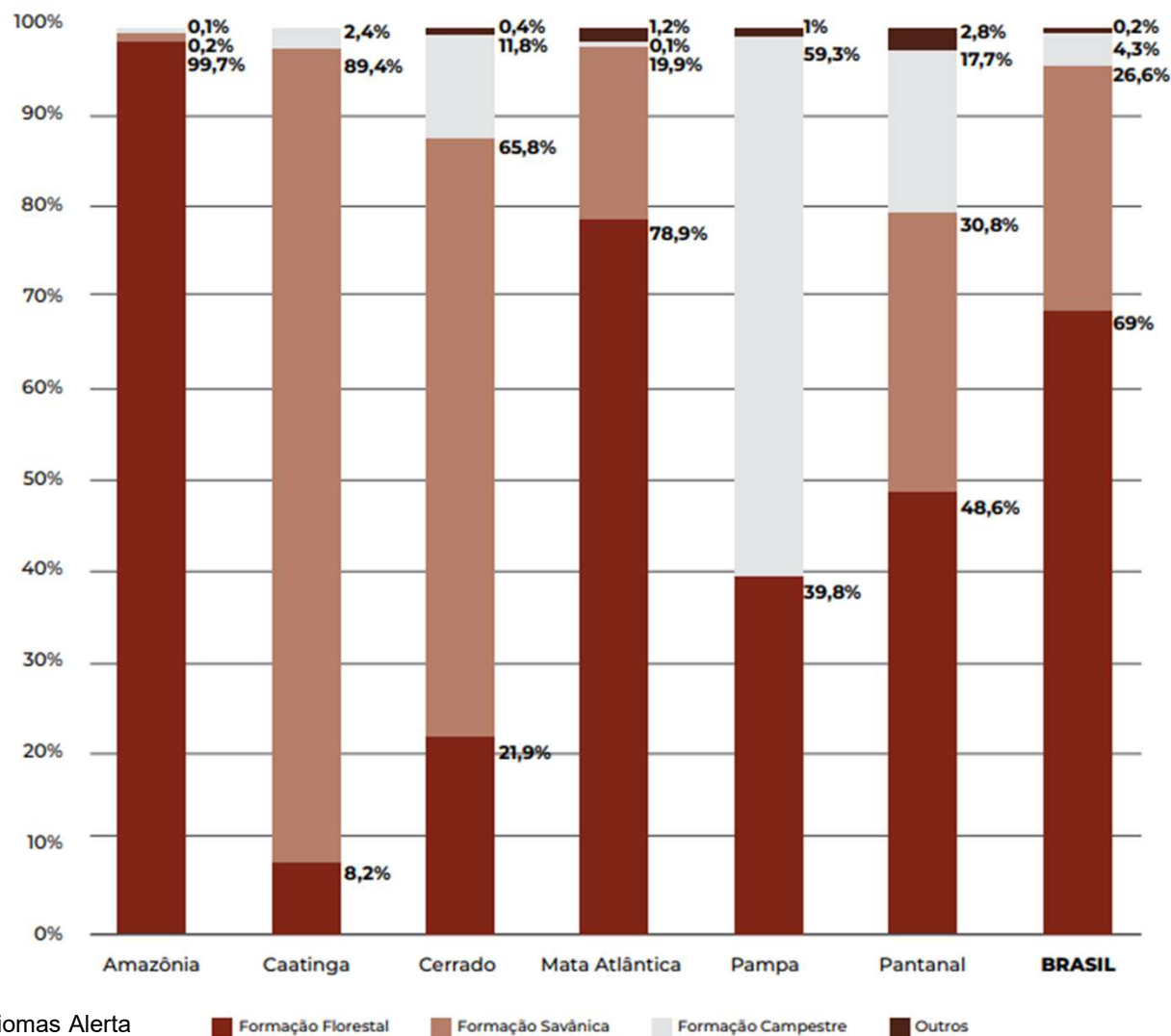
A maior perda em termos **absolutos** se dá em vegetação savânica (25% de sua área original perdida desde 1985).

Formação Campestre



Fonte: mapbiomas.org

Proporção de área desmatada por tipo de vegetação nativa nos biomas e no Brasil em 2021



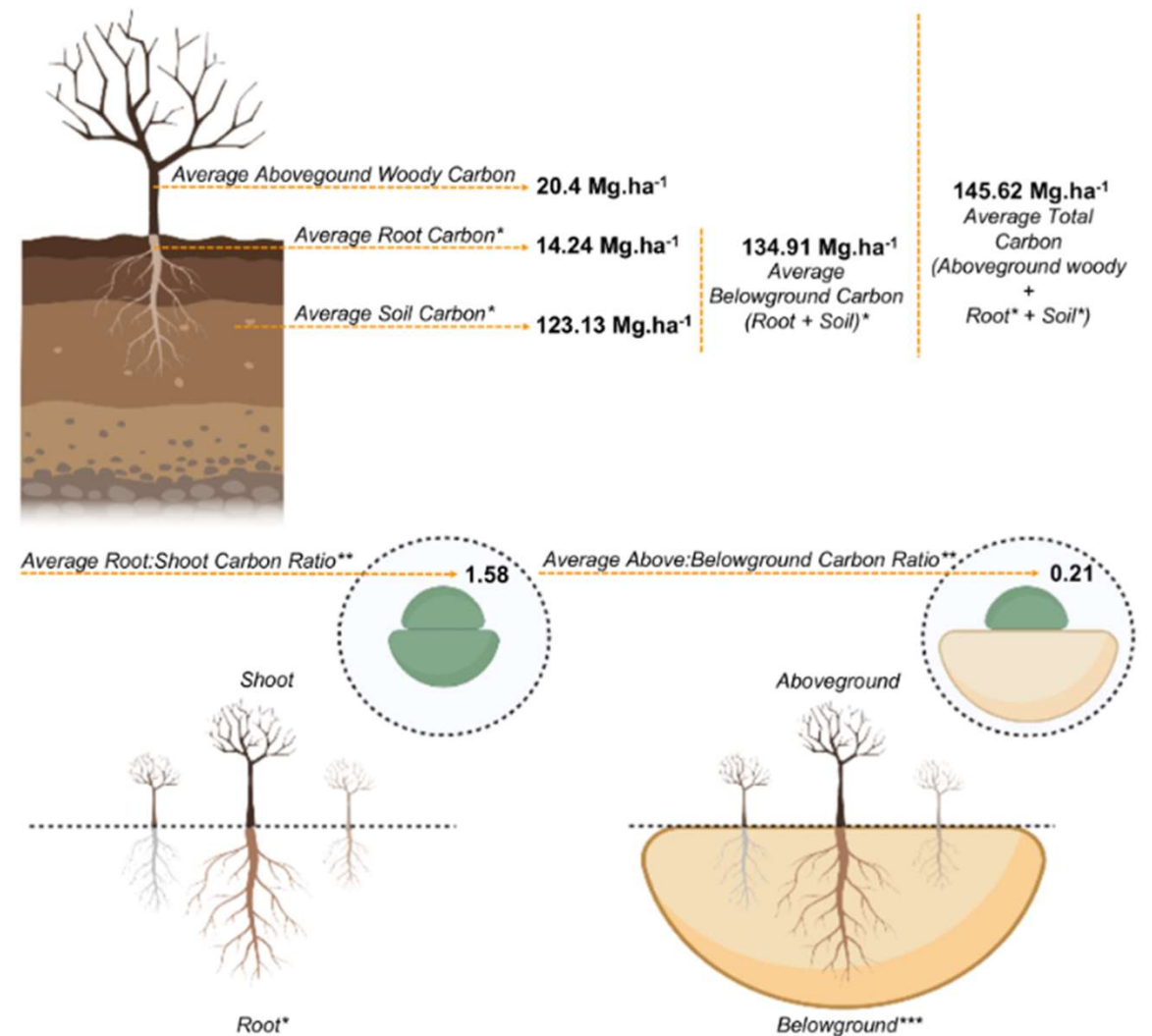
Fonte: MapBiomas Alerta

Bioma Cerrado

Estrutura e funcionamento diferentes das florestas tropicais úmidas em muitos níveis.

Savanas podem apresentar 7x mais biomassa abaixo do solo do que acima do solo (sem contar MOS).

Subestimativa das emissões causadas pela perda desse tipo de vegetação.



Fonte: Terra et al. 2023 *Science of the Total Environment*

* Up to 1-m depth

** At plot-level

*** Root + Soil Carbon up to 1-m depth 5

Gases de efeito estufa e equivalência em CO₂

GWP ~ Ab(IV) + meia-vida (atm.) + período

CO₂ (dióxido de carbono ou gás carbônico)

Proveniente principalmente da decomposição de matéria orgânica

CH₄ (metano)

Proveniente da queima de matéria orgânica ou decomposição em ambiente anaeróbico (sem oxigênio)

N₂O (óxido nitroso)

Proveniente da queima de matéria orgânica

H₂O (vapor de água)

Emissão por atividades humanas (irrigação, escapamento, torres de climatização) são removidas da atmosfera via precipitação na escala de semanas, logo **GWP ≈ 0**.
A quantidade de água no planeta é constante na escala geológica.

Potencial de aquecimento global
(em 100 anos)

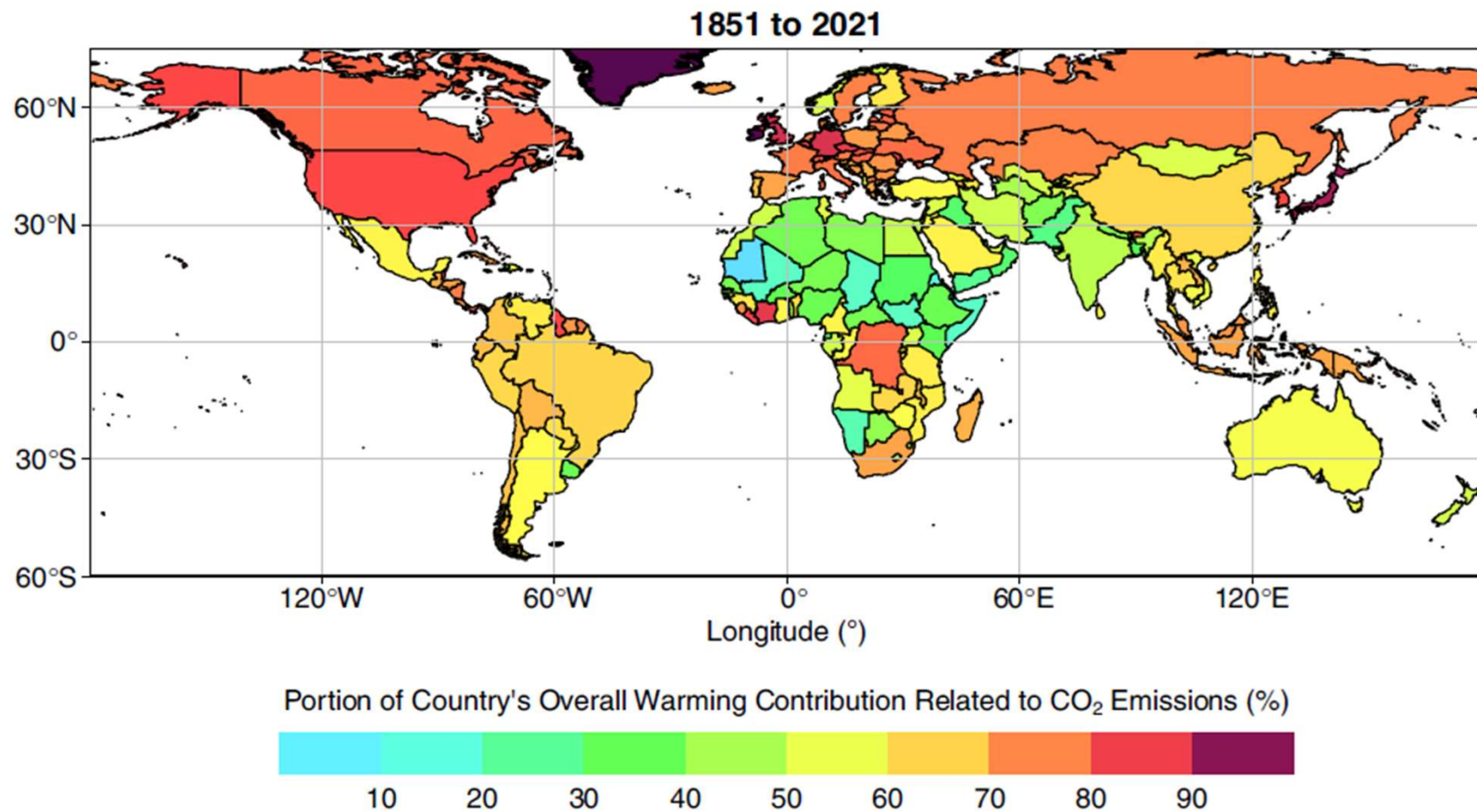
GWP = 1

GWP = 28

GWP = 265

Gases de efeito estufa

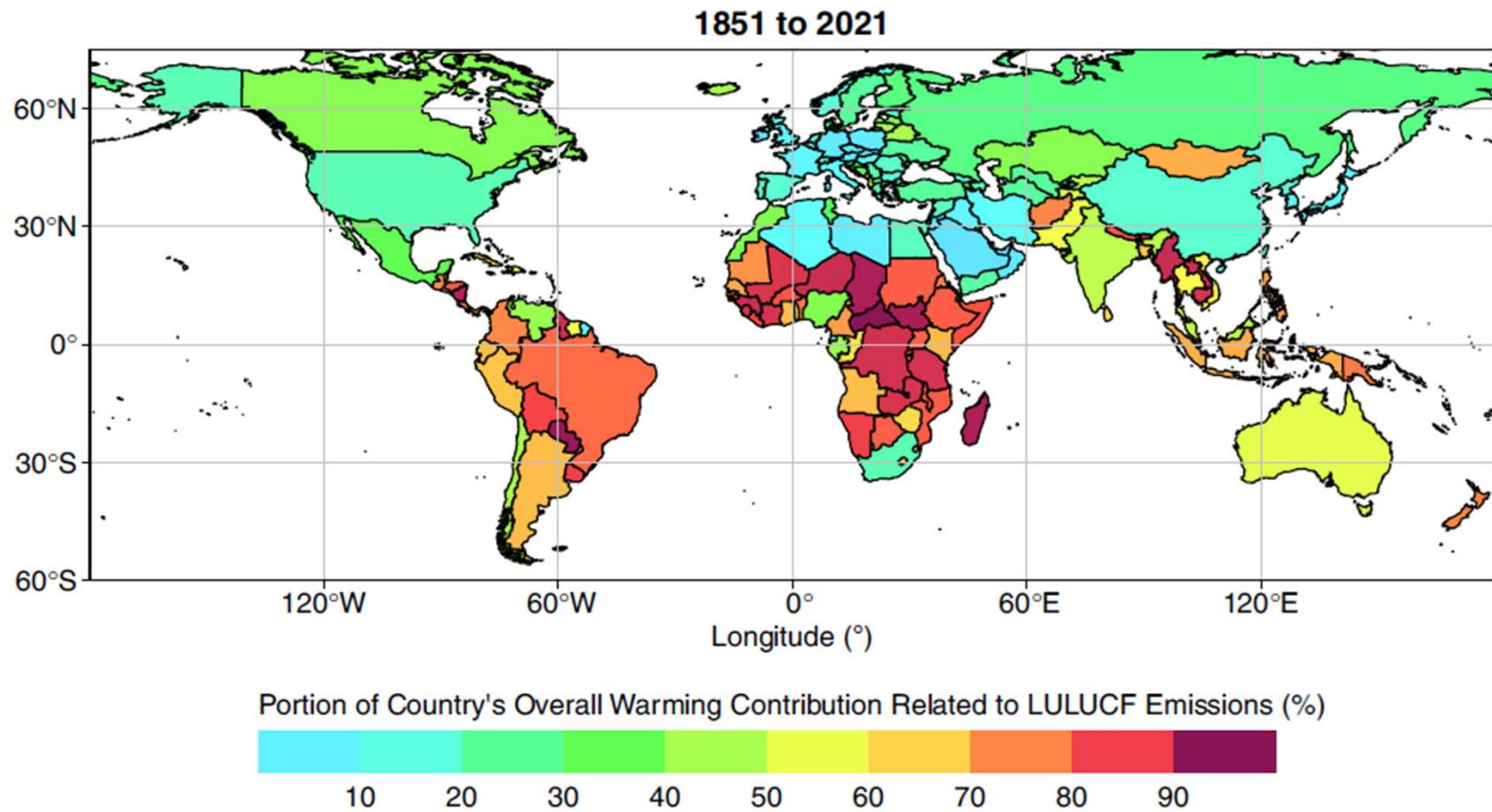
Considerando apenas CO₂



Fonte: Jones et al. 2023. *Nature*

Gases de efeito estufa

Considerando
todos os gases



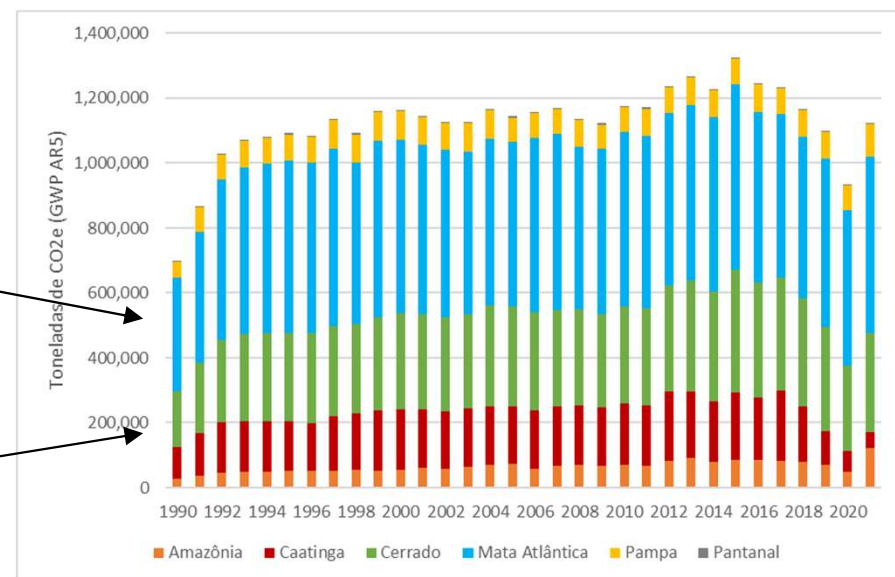
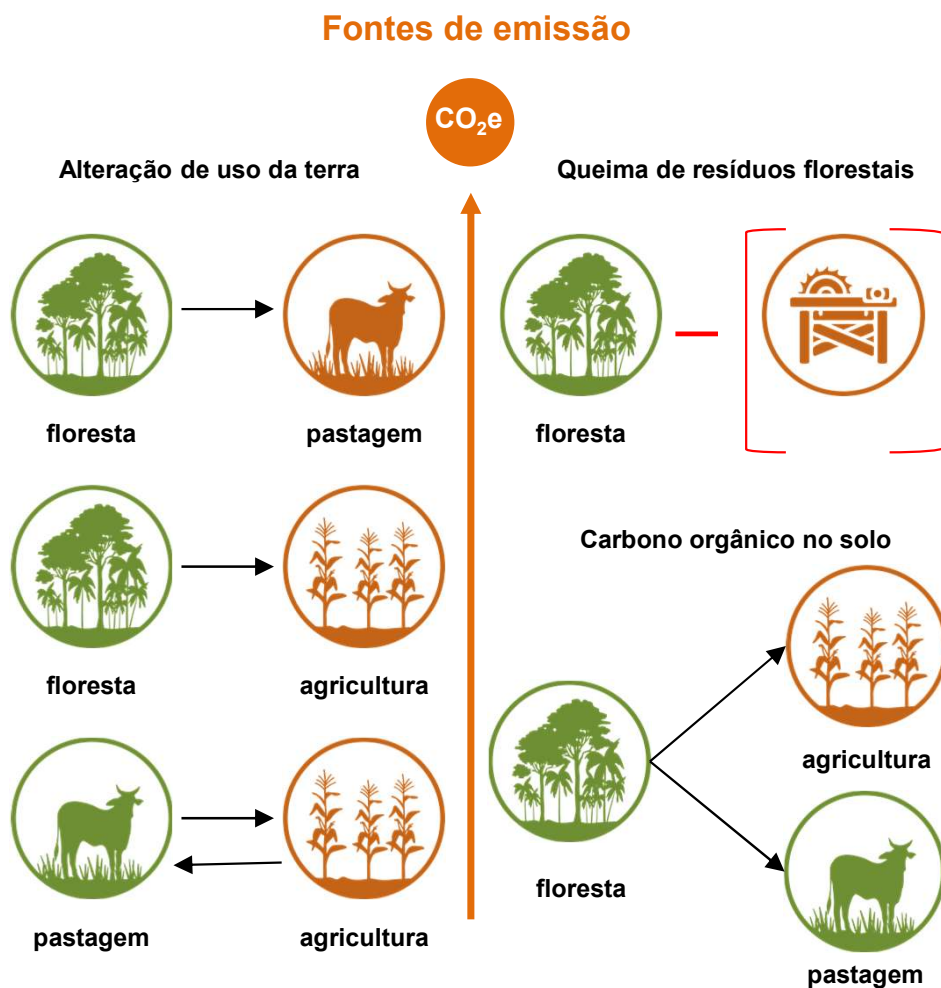
Fonte: Jones et al. 2023. *Nature*

Fontes de emissão no Cerrado

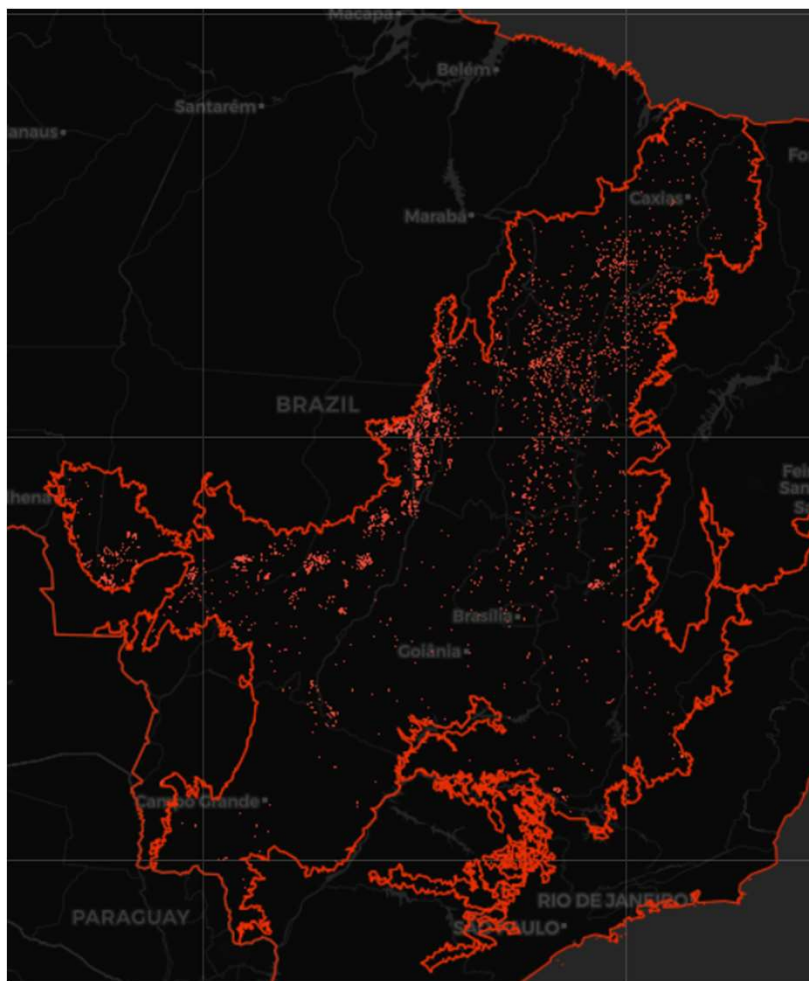
- **Uso da Terra:**
 - **Mudanças de uso da terra** (por exemplo, desmatamento), que causa a perda do estoque na vegetação nativa e no solo
 - **Queima de resíduos** de vegetação nativa, processo associado ao desmatamento
 - **Incêndios** em áreas naturais, ou **não** associados a desmatamento
 - **Reservatórios artificiais**

<i>Fonte de Emissão</i>	<i>CO₂</i>	<i>CH₄</i>	<i>N₂O</i>
<i>Mudanças de uso da terra</i>			
<i>Queima de resíduos</i>			
<i>Reservatórios</i>			
<i>Incêndios florestais</i>			

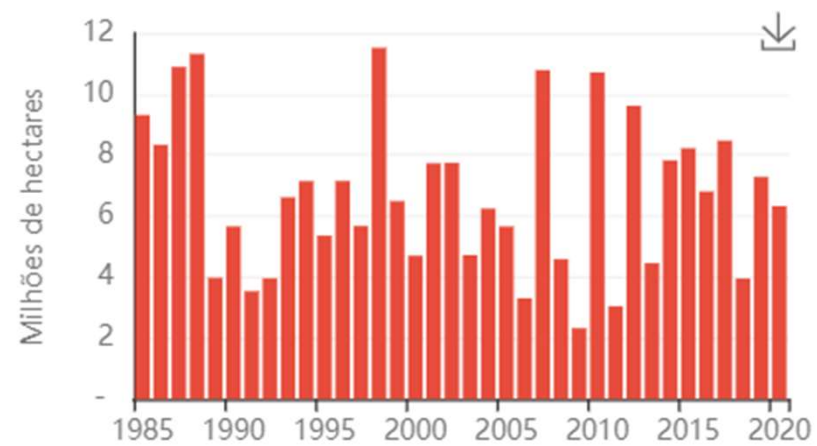
Mudanças de uso da terra e seus processos associados



Fogo



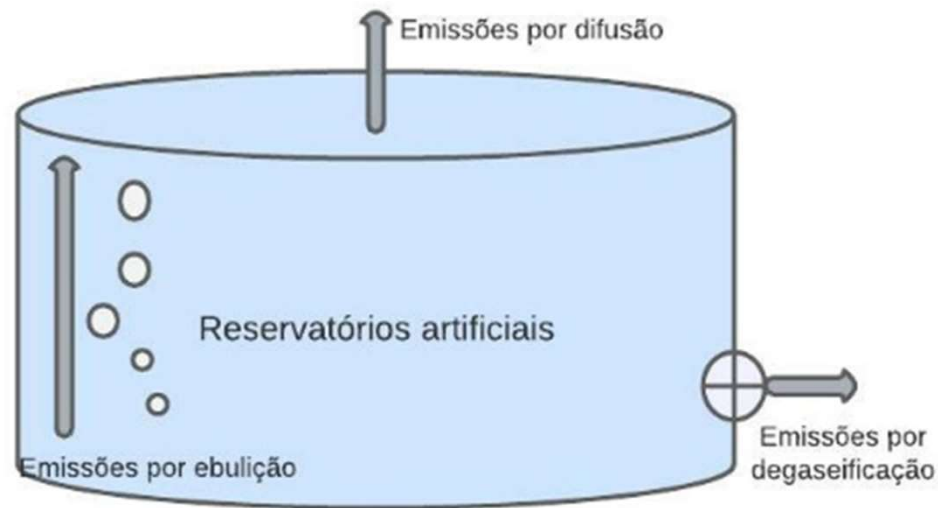
Total de área queimada por ano (ha)



Fonte: MapBiomas Fogo

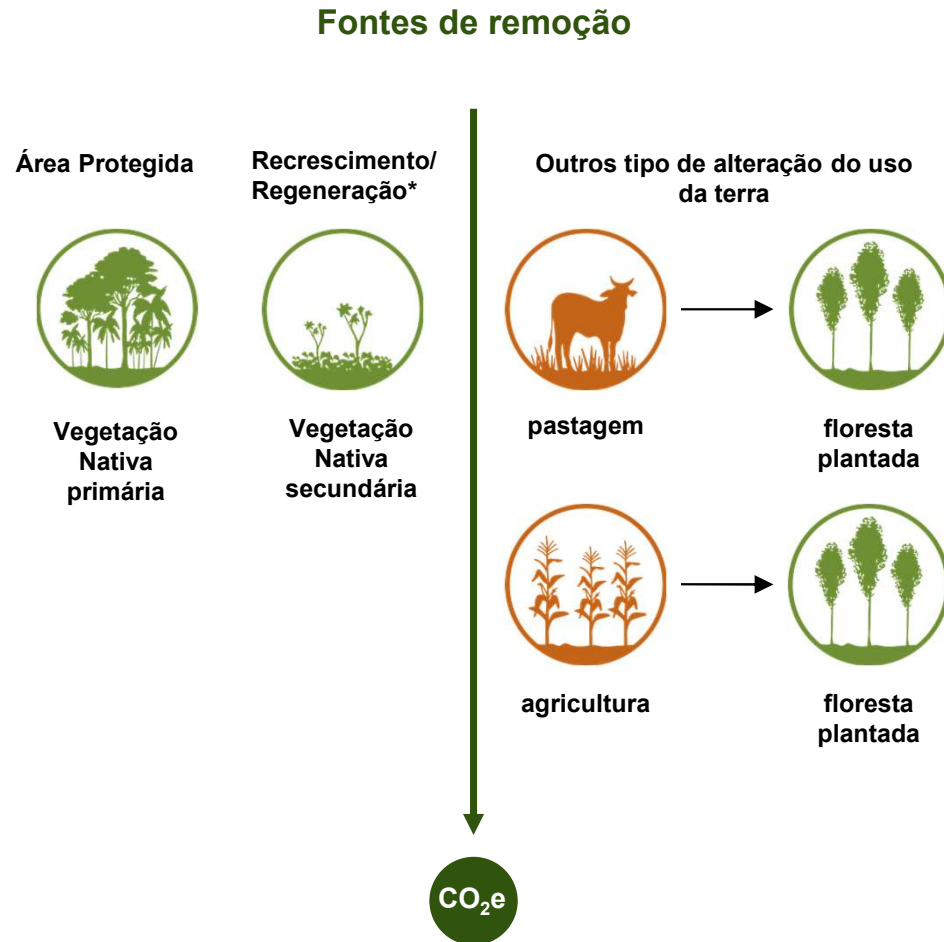
Reservatórios

$$\text{*Emissões brutas de CH}_4 = \text{Emissões por difusão} + \text{Emissões por ebulição} + \text{Emissões por degaseificação}$$



Há grandes incertezas associadas a essas estimativas, e por isso atualmente não são contabilizadas em nenhum projeto de estimativa de GEE no Brasil.

E as remoções?



Como estimar?

2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use



O que é o SEEG?

O Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (**SEEG**) é uma iniciativa do [Observatório do Clima](#) que compreende a produção de estimativas anuais das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil, documentos analíticos sobre a evolução das emissões e um portal na internet para disponibilização de forma simples e clara dos métodos e dados do sistema.

Como estimar?

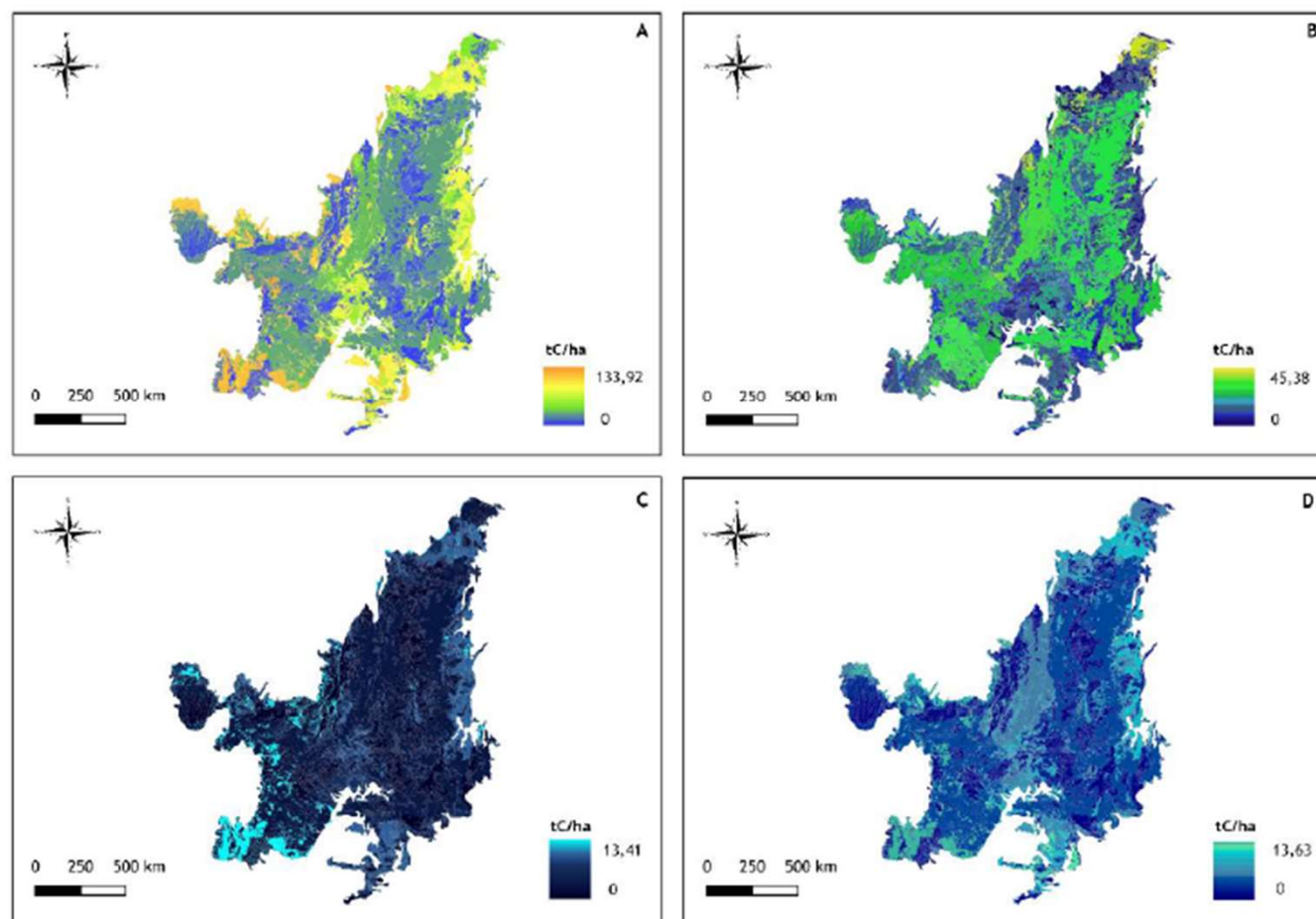
Informações necessárias:

- estoque de carbono
- taxas de mudança (por exemplo, incremento de estoque em vegetação em regeneração)
- fatores específicos (por exemplo, combustão por tipo de vegetação)
- mapas das transições de uso da terra
- mapas de áreas queimadas

Como estimar?

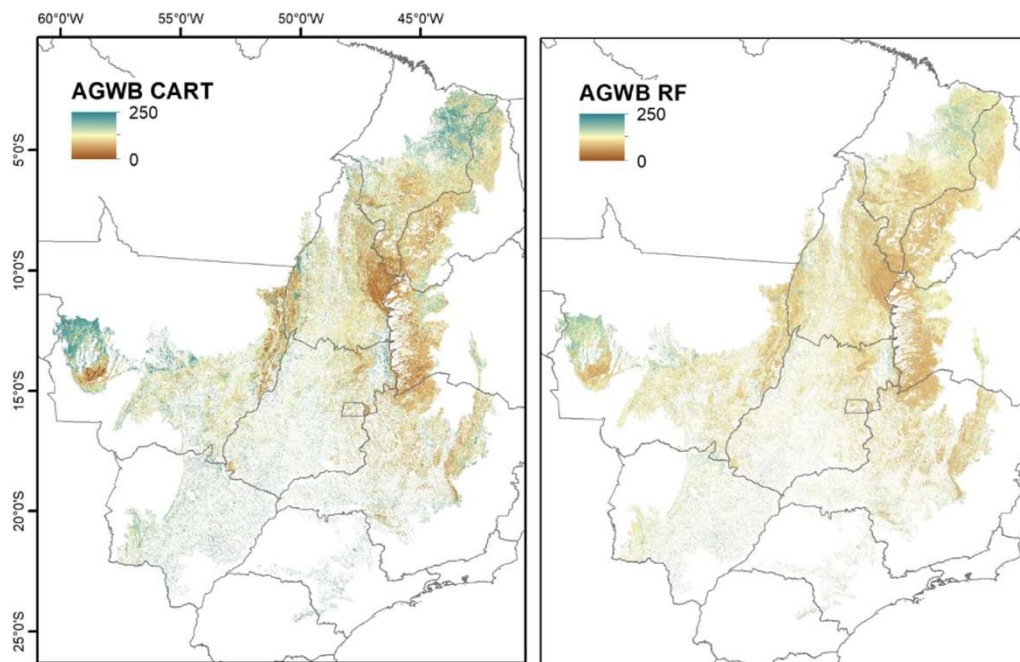
Estoque de carbono:
Quarta Comunicação
Nacional

Figura 31. Mapas de estoque de carbono dos diferentes reservatórios do Cerrado (A - Acima do solo; B - Abaixo do Solo; C - Madeira Morta e D - Serapilheira).

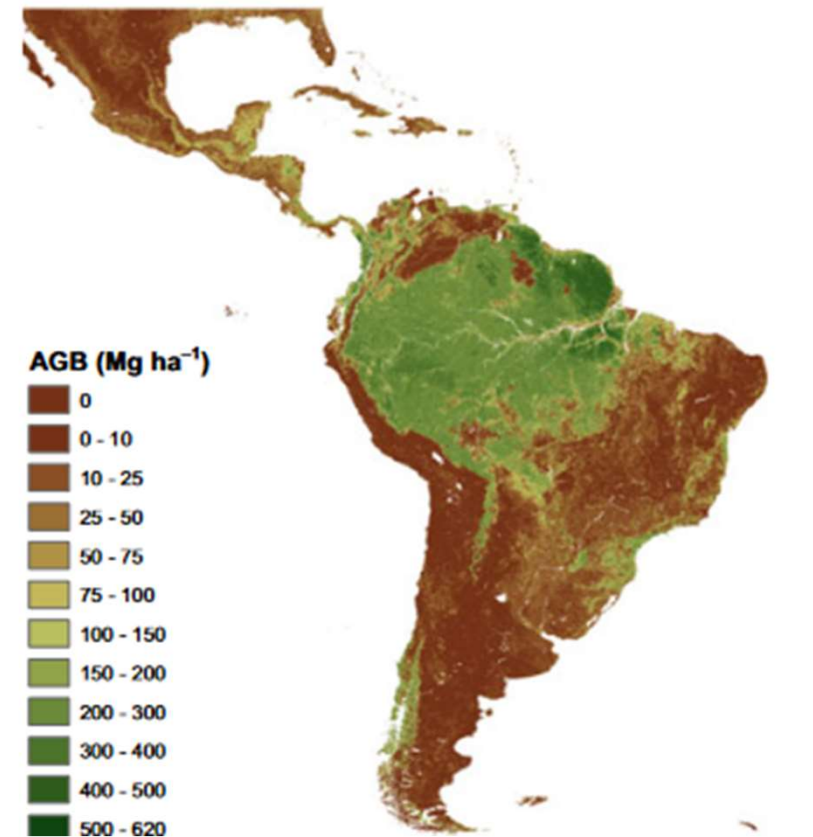


Como estimar?

Estoque de carbono (fontes não oficiais):



Fonte: Zimbres et al. 2021. *Forest Ecology and Management*



Fonte: Avitabile et al. 2016. *Global Change Biology*

Como estimar?

Taxas de mudança e fatores específicos

Tabela 49. Fatores de combustão e referências, por bioma e categoria da vegetação. F= Floresta; G= Campo; OFL= Outras Terras Florestadas.

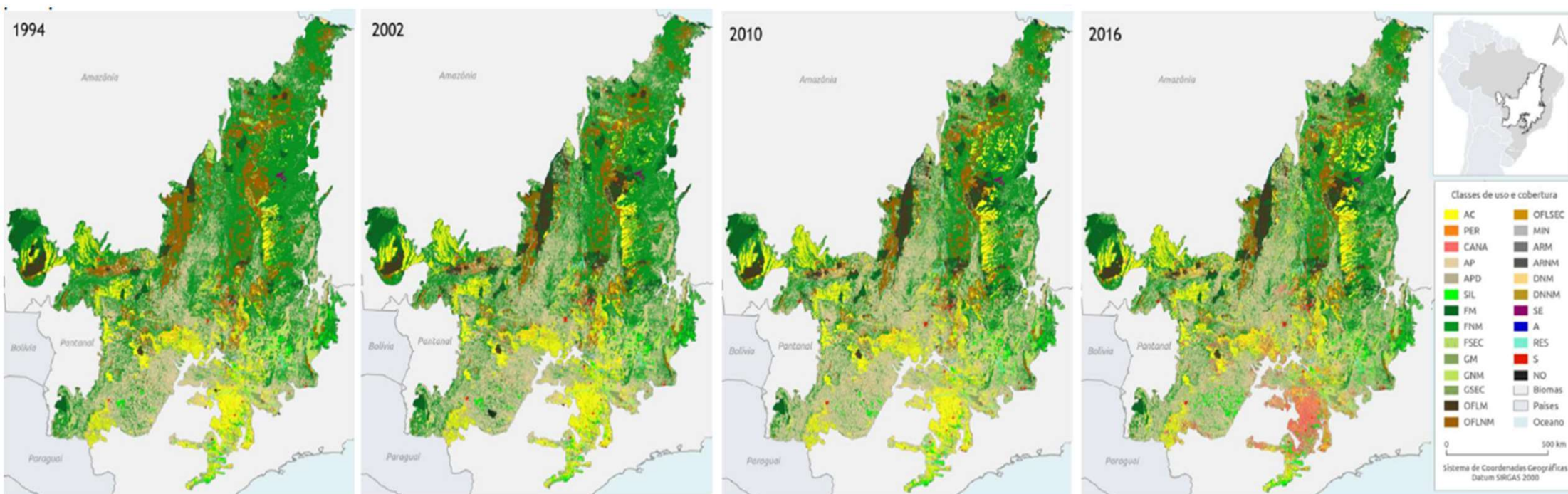
Bioma	Categoria	Valor (Adimensional)	Fitofisionomias avaliadas	Referências
Amazônia	F	0,368	Da, Db, Ds, Aa, Ab, As, Cs, Fa, Fb, Fs, Pa, Sd, Td, Sa, La	WARD <i>et al.</i> , 1992; KAUFFMAN <i>et al.</i> , 1995; ARAUJO <i>et al.</i> , 1999; FEARNside <i>et al.</i> , 1993; 1999; 2001; CARVALHO JR <i>et al.</i> , 1995; 1998; 2001; GRAÇA <i>et al.</i> , 1999; BALCH <i>et al.</i> , 2008; CASTRO; KAUFFMAN, 1998
	G	0,771	Sg, Tg, Lg, Rm	BARBOSA; FEARNside, 2005 - Média Sg, Sp, Tg, Tp
	OFL	0,539	Sp, Tp, Lb	BARBOSA; FEARNside, 2005
Cerrado	F	0,379	Dm, Ds, Aa, Ab, As, Cm, Cs, Fa, Fb, Fs, Fm, Pa, Pm, Sd, Td, Sa, Ta	WARD <i>et al.</i> , 1992; KAUFFMAN <i>et al.</i> , 1995; ARAUJO <i>et al.</i> , 1999; FEARNside <i>et al.</i> , 1993; 1999; 2001; CARVALHO JR <i>et al.</i> , 1995; 1998; 2001; GRAÇA <i>et al.</i> , 1999; BALCH <i>et al.</i> , 2008; CASTRO; KAUFFMAN, 1998; BALCH <i>et al.</i> , 2008
	G	0,920	Sg, Tg	CASTRO; KAUFFMAN, 1998 - Média Campo limpo e sujo
	OFL	0,840	Sp, Tp	CASTRO; KAUFFMAN, 1998

Fonte: Quarta Comunicação Nacional

Parâmetro	Fator Cerrado Metodologia/Referência
Remoção de floresta primária (tC/ha ano)	Correlação dos vórtices turbulentos (eddy correlation) em torre micrometeorológica em Savan Arborizada (ROCHA <i>et al.</i> , 2002)
	44
Percentual de estoque de floresta secundária remanescente em relação ao carbono inicial (%)	Média de estimativas de percentual em floresta secundárias na Amazônia (2 a 18 anos) (ALVES <i>et al.</i> , 1997), na Amazônia e Para (5 a 80 anos) (FEARNside; GUIMARÃES, 1996), mata ciliar em regeneração (1,1 a 28 anos) em São Paulo (MELO; DURIGAN, 2006) e Cambrazal no Mato Grosso (SCHÖNGART <i>et al.</i> , 2011)
	1,72
Remoção de floresta secundária com histórico de floresta (tC/ha ano)	Foi considerado o valor de biomassa acima do solo para vegetação secundária florestal (Cerradão em SP) de 1,41 tC/ha por ano (média entre 2 a 4 t/ha/ano) (DURIGAN, 2004), considerando fator de conversão para carbono de 0,47 (0,94 a 1,88 tC/ha/ano). Fator de expansão para biomassa subterrânea de 0,22 para florestas (MIRANDA <i>et al.</i> , 2014)
	2,85
Remoção de floresta secundária com histórico de pastagem (tC/ha ano)	Média entre pastagens abandonadas entre 1 a 5 anos e 6 a 10 anos na Amazônia (FELDPAUSCH <i>et al.</i> , 2007). Fator de expansão para biomassa subterrânea de 9,20 (IPCC 2006, vol. 4, cap. 4, tab. 4.4)
	4,73
Remoção de floresta secundária com histórico de agricultura (tC/ha ano)	Dados de biomassa de árvores (DAP $\geq$ 5cm) de 130 parcelas (10 x 10 m) em Roraima (ALVES <i>et al.</i> , 1997)

Como estimar?

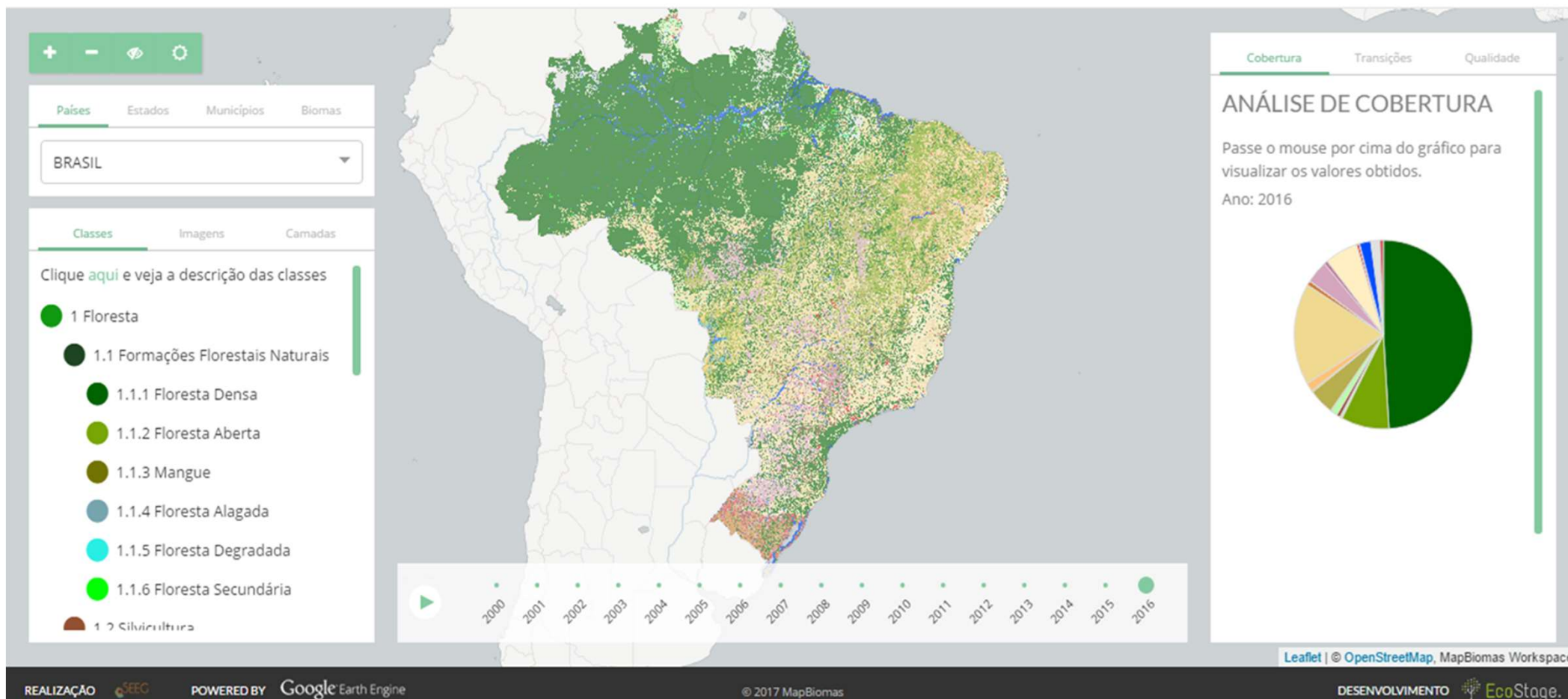
Mapeamento das transições de uso da terra: Quarta Comunicação Nacional



Fonte: Quarta Comunicação Nacional

Como estimar?

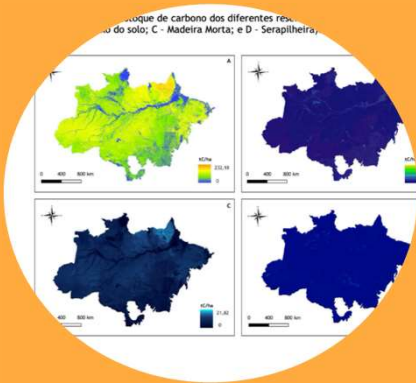
Maapeamento das transições de uso da terra: MapBiomias



Fonte: mapbiomas.org

Como estimar?

O caso do fogo: também não contabilizado pela Comunicação Nacional



Estoques de
biomassa aérea e
necromassa
(Quarto Inventário)

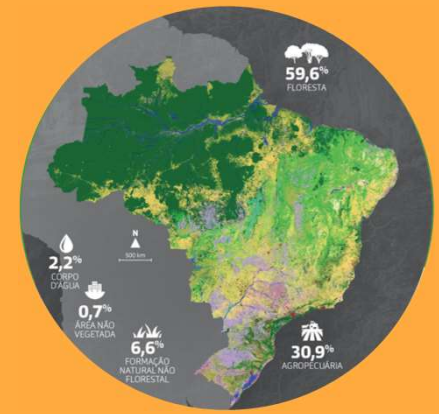
Massa acima do solo, Fator de combustão

FWD	CWD, primeira queima
68.3	64.3
98.25	71.9
68.3	62.9
68.3	64.3
68.3	62.9
68.3	62.9

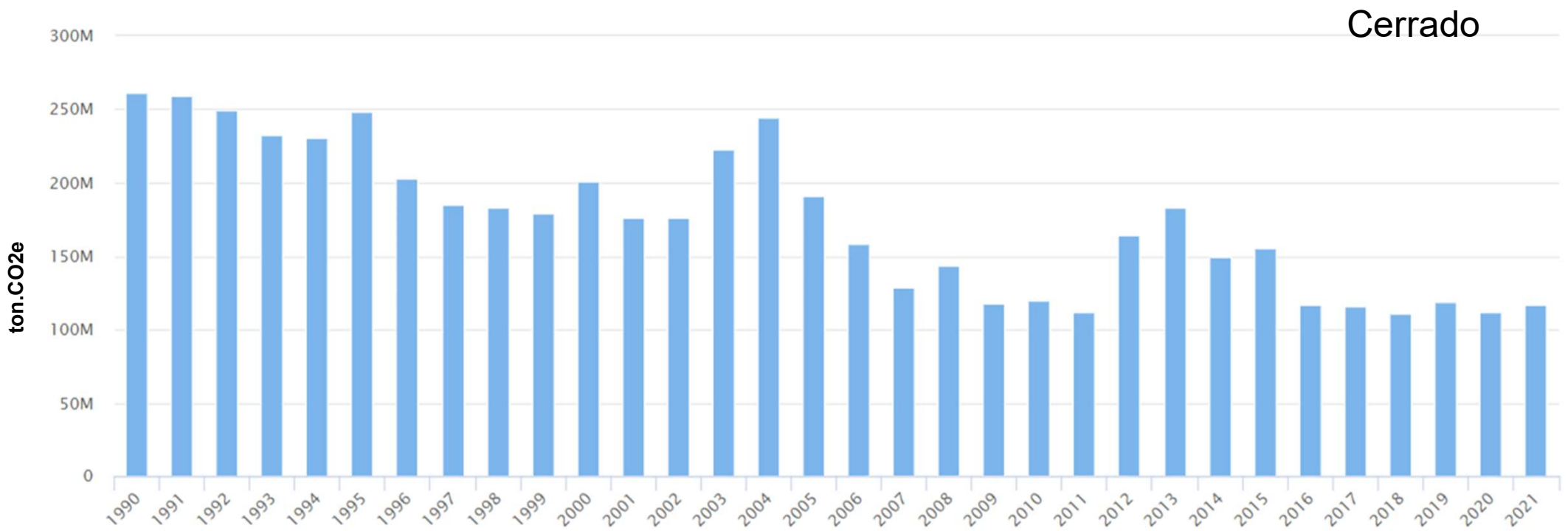
Fatores de
combustão
(Revisão literatura)



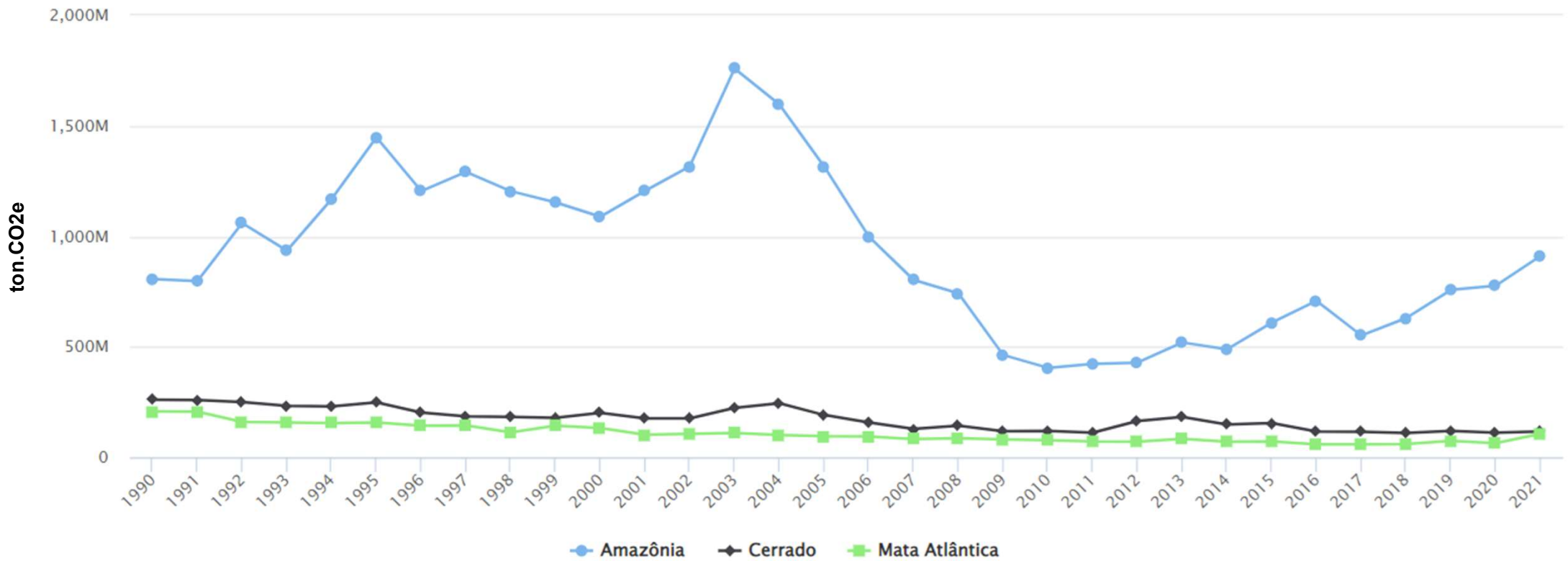
Mapas anuais de
áreas queimadas
MapBiomass
Fogo



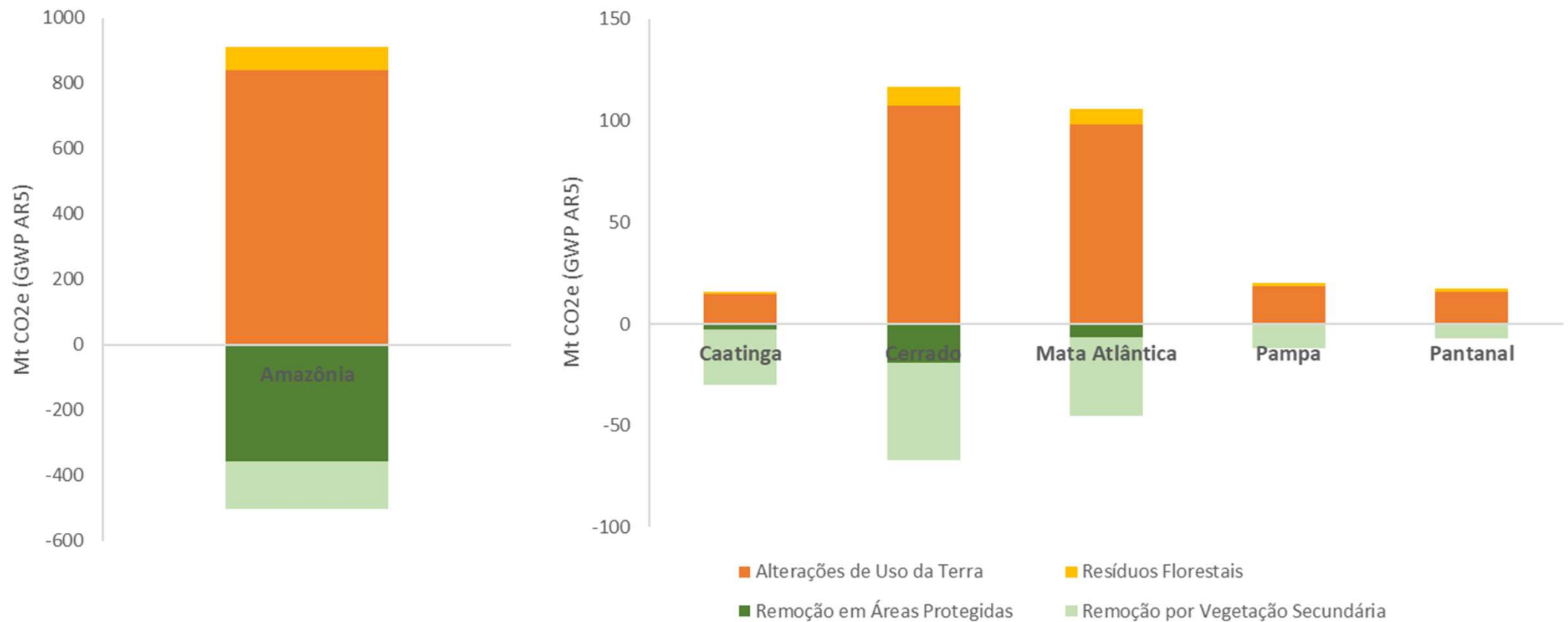
Histórico e panorama do setor de MUT



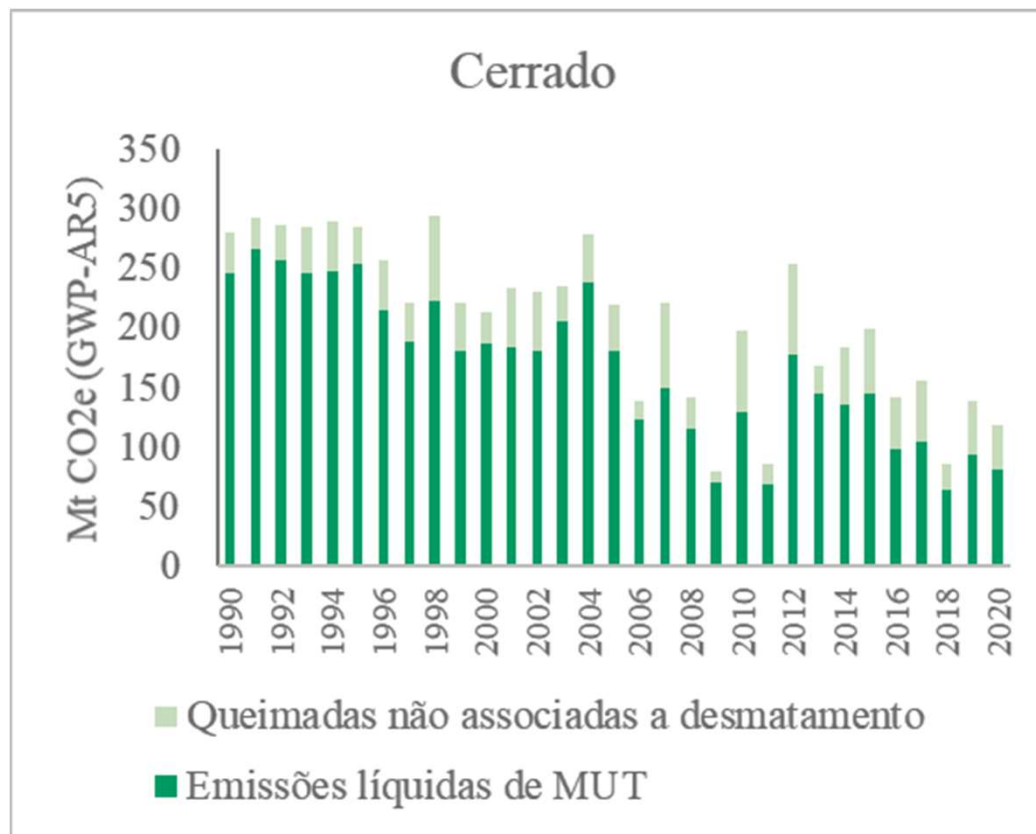
Histórico e panorama atual



Histórico e panorama atual: 2020 - 2021



Histórico e panorama atual



Queimadas não associadas a desmatamento

Se considerássemos as emissões líquidas por fogo em vegetação natural no Cerrado, as emissões líquidas totais reportadas seriam em média 26% maiores.

Mitigação

- Combate ao desmatamento ilegal
- Combate ao fogo em regime danoso
- Recuperação de áreas degradadas (regeneração natural ou restauração ativa)



Segundo o MapBiomas Alerta, 98% da área desmatada em 2021 no Cerrado teve indício de ilegalidade.





Obrigado

felipe.lenti@ipam.org.br