



**Pós - graduação em  
Sensoriamento Remoto**

Monografia:

# **Estimativa de perda de CO<sub>2</sub> pelas queimadas: um estudo de caso no estado do Maranhão, Brasil.**

Débora J. Dutra

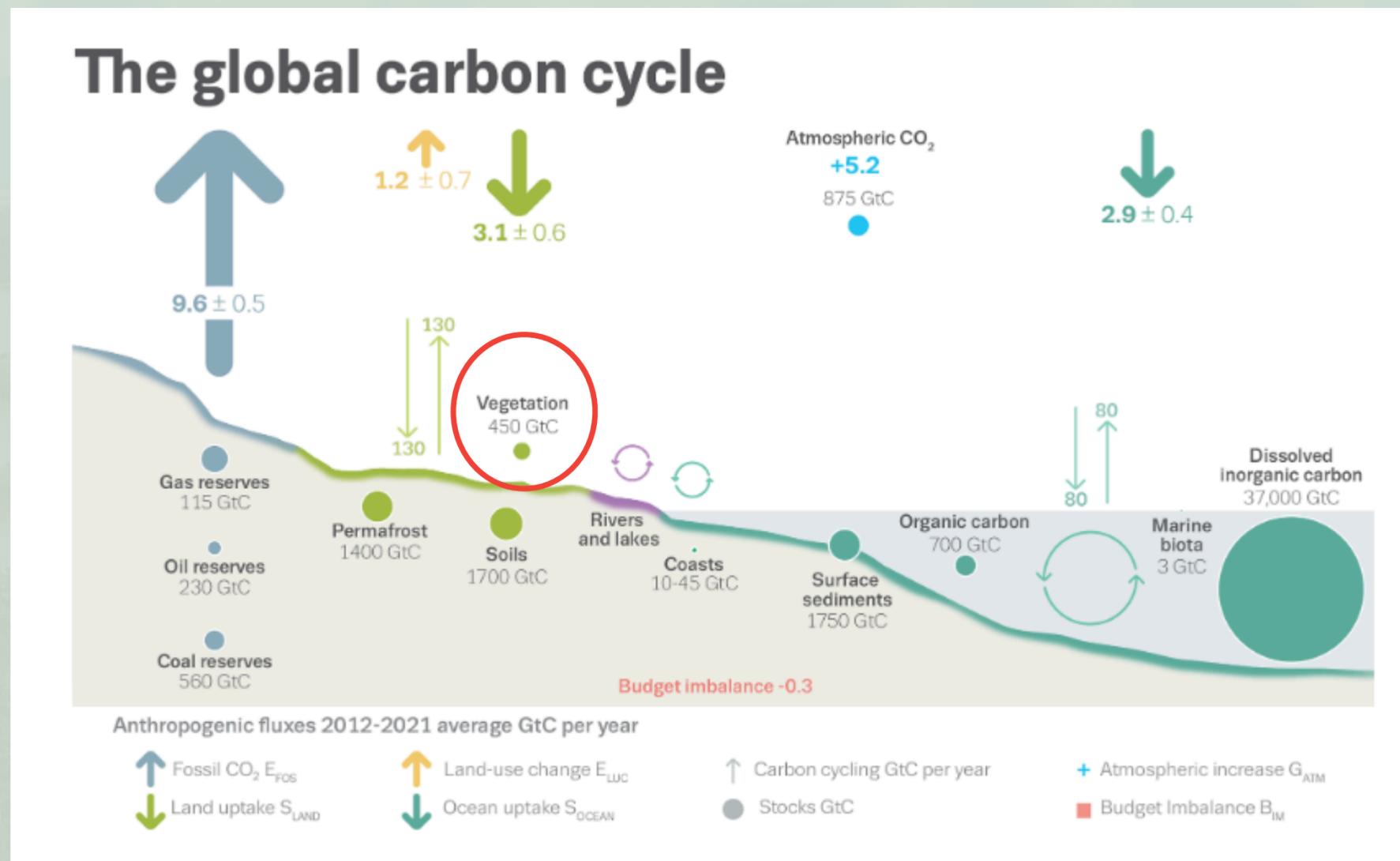
São José dos Campos, 27 de maio de 2024





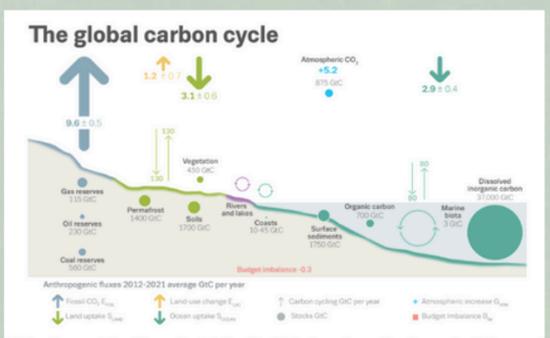
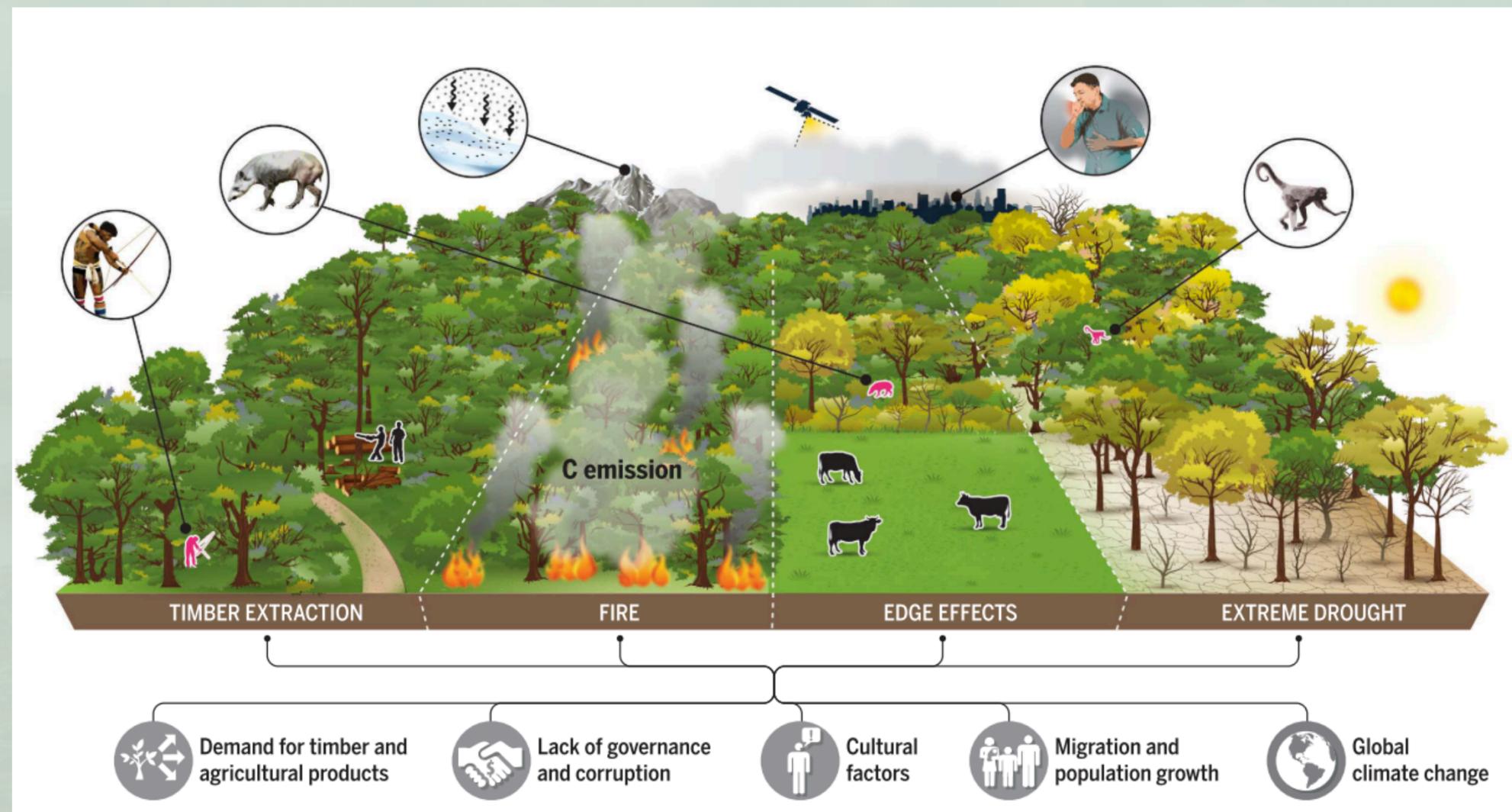


# Introdução



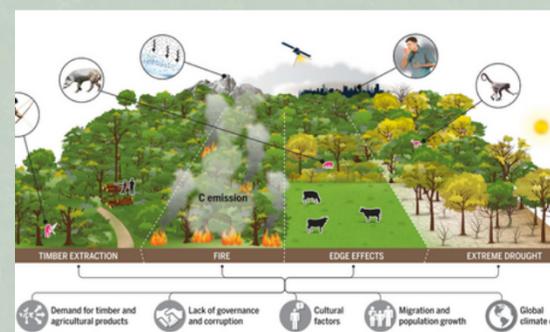
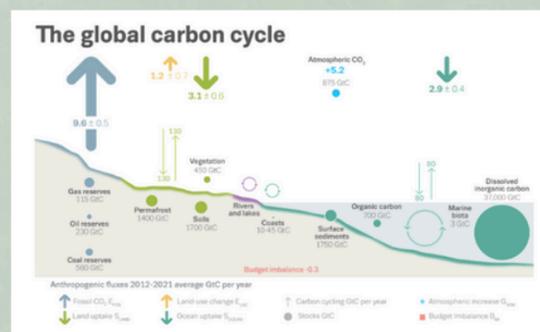
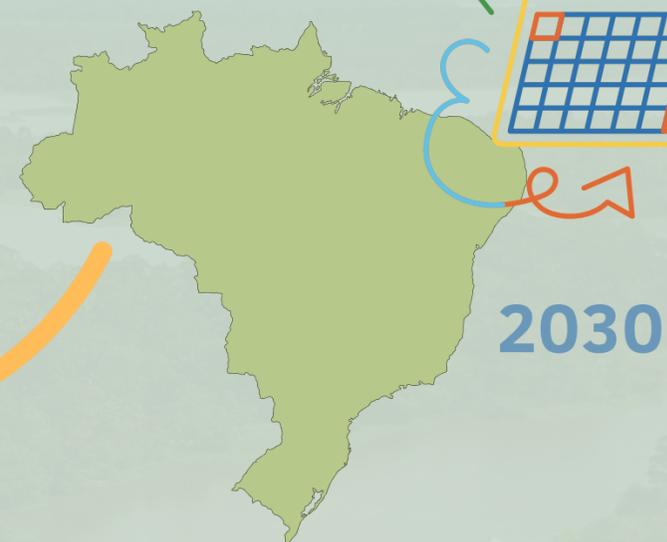


# Introdução





# Introdução





# Objetivos

Analisar a dinâmica de perda de biomassa entre os anos de 2019 e 2020 no estado do Maranhão e estimar os prejuízos econômicos advindos do processo emissões de carbono associado a queimadas por meio da aplicação de álgebra de mapas



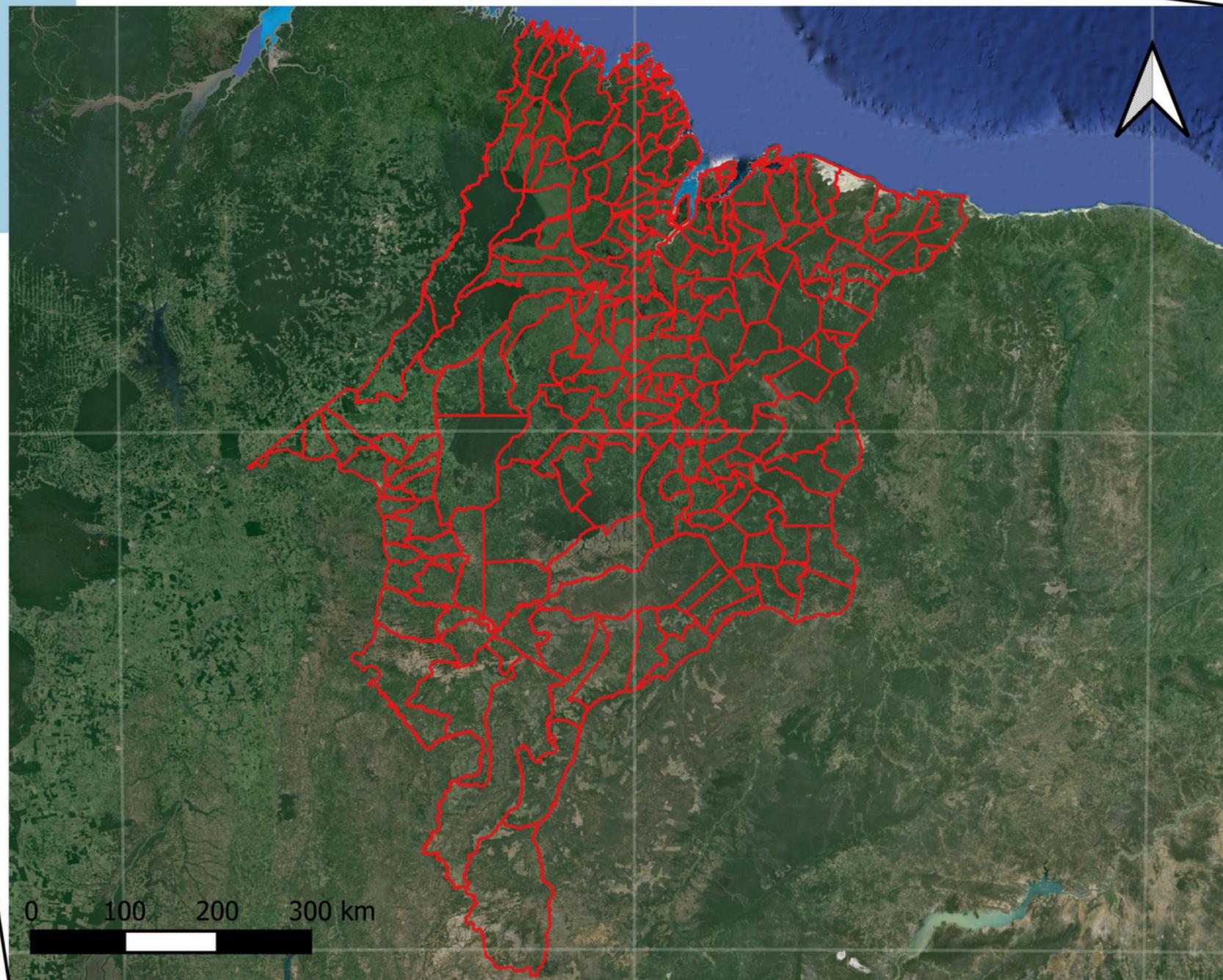
# Objetivos

Analisar a dinâmica de perda de biomassa entre os anos de 2019 e 2020 no estado do Maranhão e estimar os prejuízos econômicos advindos do processo emissões de carbono associado a queimadas por meio da aplicação de álgebra de mapas

- Qual a perda de biomassa ocasionadas pelas queimadas entre 2019 e 2020?;
- Qual a emissão de carbono equivalente para região de estudo?;
- Qual a biomassa remanescente na região após as queimadas?; e
- Quais as diferenças de perdas econômicas advindas da emissão de carbono para diferentes precificações de carbono?



-  Municípios do Maranhão
-  Estados do Brasil



0 100 200 300 km

50°0'W

45°0'W

40°0'W

5°0'S

10°0'S



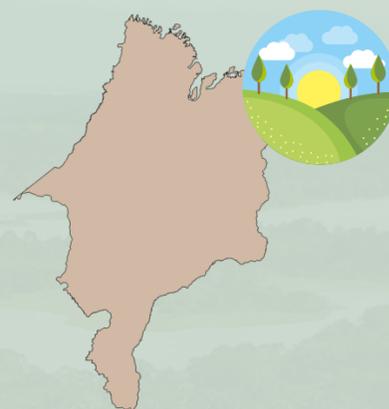
# Dados



Área queimada  
Leão et al. (2023)



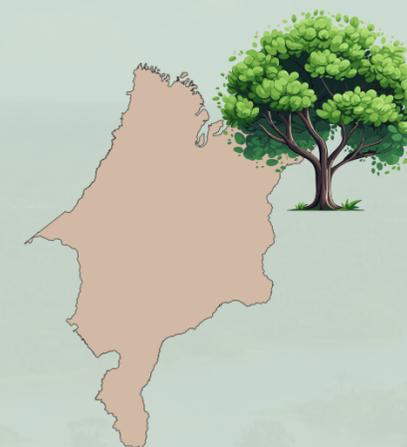
2001-2020



Uso do solo  
Mapbiomas 8



1985-2020



Biomassa  
ESA, 2021



2019-2020

# Metodologia



Área queimada  
(2001-2020)

Áreas que nunca  
queimaram até 2020

Áreas que queimaram  
na primeira vez em  
2019

Áreas que queimaram pela primeira  
vez em 2019 e que não queimaram  
antes ou mudaram de classe de uso  
do solo



Biomassa  
2020)

Média de  
biomassa

Seleção das áreas que  
permaneceram sem alterações até  
2019

Áreas sem distúrbio  
até 2020

Áreas que mudaram  
e não mudaram  
entre 2019 e 2020

Identificação da  
quantidade de perda  
de biomassa



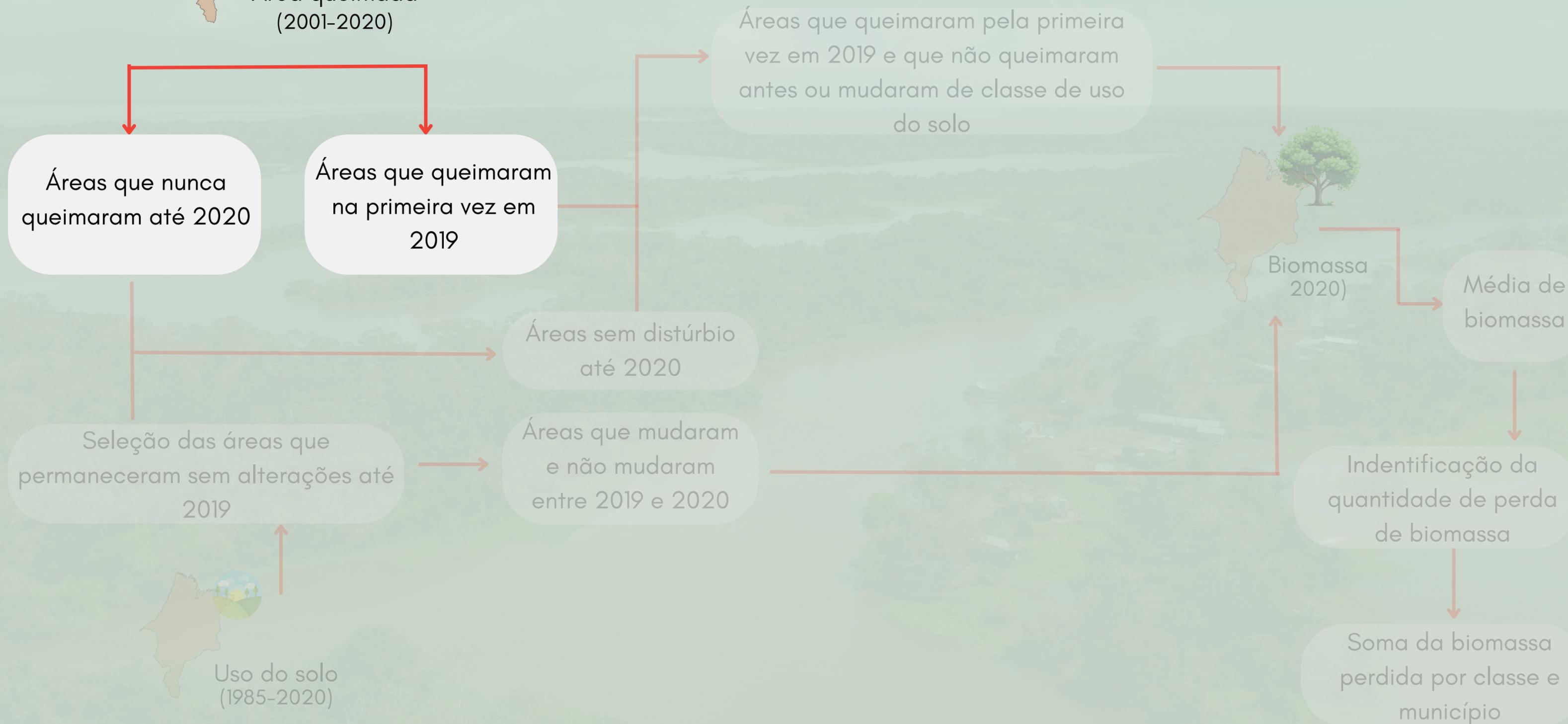
Uso do solo  
(1985-2020)

Soma da biomassa  
perdida por classe e  
município



Área queimada  
(2001-2020)

# Metodologia



# Metodologia



Área queimada  
(2001-2020)

Áreas que nunca  
queimaram até 2020

Áreas que queimaram  
na primeira vez em  
2019

Áreas que queimaram pela primeira  
vez em 2019 e que não queimaram  
antes ou mudaram de classe de uso  
do solo



Biomassa  
2020)

Média de  
biomassa

Áreas sem distúrbio  
até 2020

Áreas que mudaram  
e não mudaram  
entre 2019 e 2020

Identificação da  
quantidade de perda  
de biomassa

Soma da biomassa  
perdida por classe e  
município

Seleção das áreas que  
permaneceram sem alterações  
até 2019



Uso do solo  
(1985-2020)

# Metodologia



Área queimada  
(2001-2020)

Áreas que nunca  
queimaram até 2020

Áreas que queimaram  
na primeira vez em  
2019

Áreas que queimaram pela primeira  
vez em 2019 e que não queimaram  
antes ou mudaram de classe de uso  
do solo

Áreas sem distúrbio  
até 2020

Seleção das áreas que  
permaneceram sem alterações  
até 2019

Áreas que mudaram  
e não mudaram  
entre 2019 e 2020



Biomassa  
2020)

Média de  
biomassa

Identificação da  
quantidade de perda  
de biomassa

Soma da biomassa  
perdida por classe e  
município

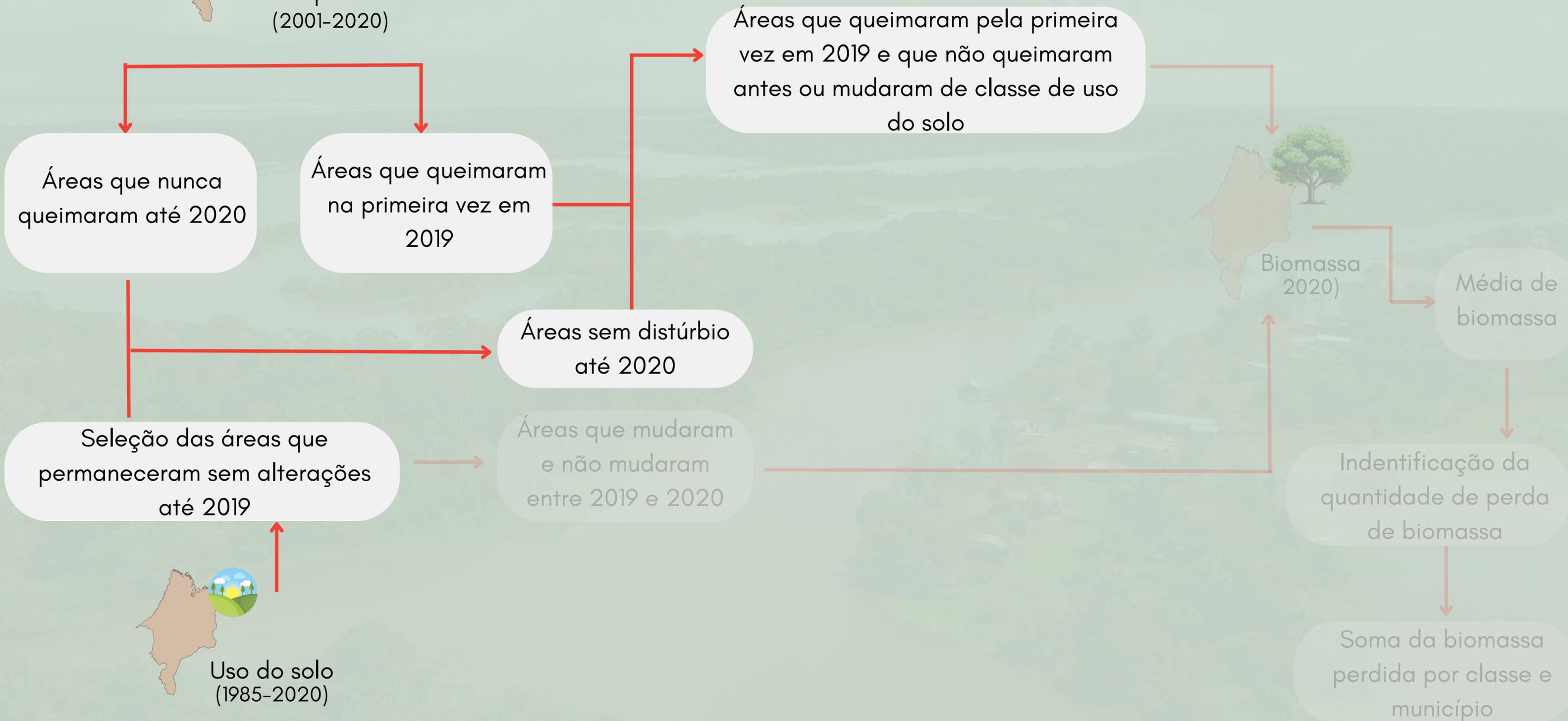


Uso do solo  
(1985-2020)



Área queimada  
(2001-2020)

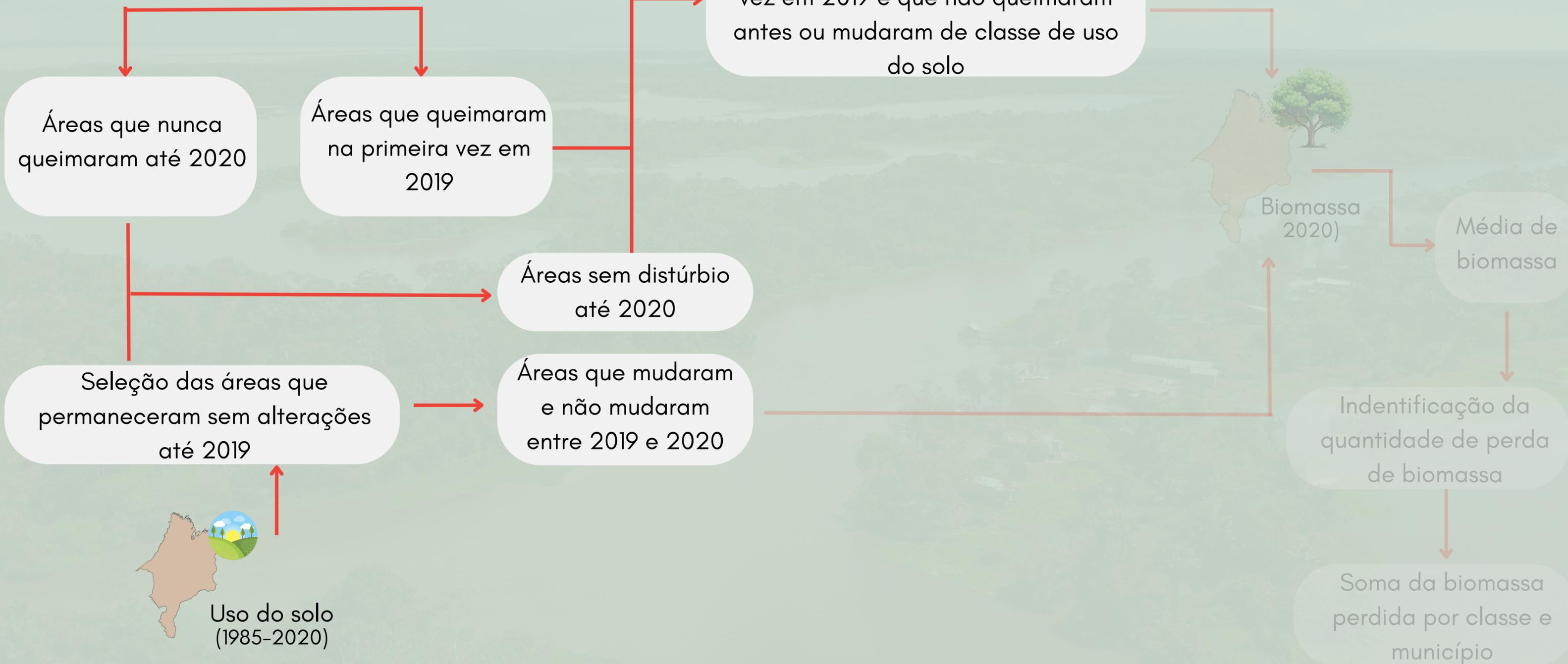
# Metodologia



# Metodologia



Área queimada  
(2001-2020)



# Metodologia

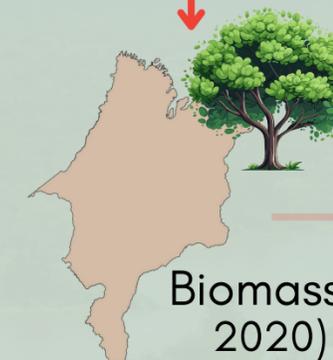


Área queimada  
(2001-2020)

Áreas que nunca  
queimaram até 2020

Áreas que queimaram  
na primeira vez em  
2019

Áreas que queimaram pela primeira  
vez em 2019 e que não queimaram  
antes ou mudaram de classe de uso  
do solo



Biomassa  
2020)

Média de  
biomassa

Áreas sem distúrbio  
até 2020

Áreas que mudaram  
e não mudaram  
entre 2019 e 2020

Identificação da  
quantidade de perda  
de biomassa

Soma da biomassa  
perdida por classe e  
município

Seleção das áreas que  
permaneceram sem alterações  
até 2019



Uso do solo  
(1985-2020)

# Metodologia

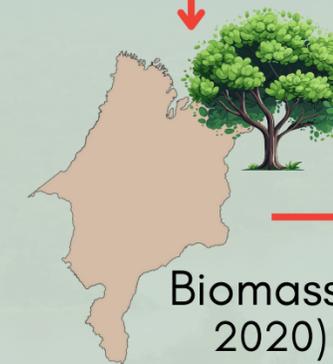


Área queimada  
(2001-2020)

Áreas que nunca  
queimaram até 2020

Áreas que queimaram  
na primeira vez em  
2019

Áreas que queimaram pela primeira  
vez em 2019 e que não queimaram  
antes ou mudaram de classe de uso  
do solo



Biomassa  
2020)

Média de  
biomassa

Áreas sem distúrbio  
até 2020

Áreas que mudaram  
e não mudaram  
entre 2019 e 2020

Identificação da  
quantidade de perda  
de biomassa

Soma da biomassa  
perdida por classe e  
município

Seleção das áreas que  
permaneceram sem alterações  
até 2019



Uso do solo  
(1985-2020)

# Metodologia

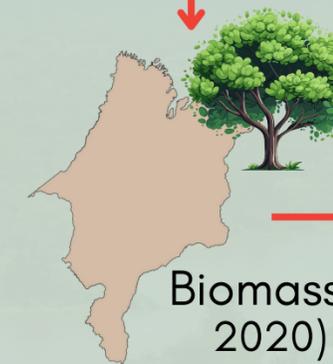


Área queimada  
(2001-2020)

Áreas que nunca  
queimaram até 2020

Áreas que queimaram  
na primeira vez em  
2019

Áreas que queimaram pela primeira  
vez em 2019 e que não queimaram  
antes ou mudaram de classe de uso  
do solo



Biomassa  
2020)

Média de  
biomassa

Áreas sem distúrbio  
até 2020

Áreas que mudaram  
e não mudaram  
entre 2019 e 2020

Identificação da  
quantidade de perda  
de biomassa

Seleção das áreas que  
permaneceram sem alterações  
até 2019

Soma da biomassa  
perdida por classe e  
município



Uso do solo  
(1985-2020)

# Metodologia

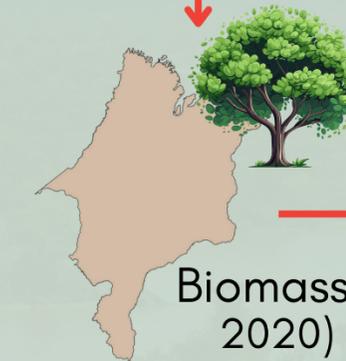


Área queimada  
(2001-2020)

Áreas que nunca  
queimaram até 2020

Áreas que queimaram  
na primeira vez em  
2019

Áreas que queimaram pela primeira  
vez em 2019 e que não queimaram  
antes ou mudaram de classe de uso  
do solo



Biomassa  
2020)

Média de  
biomassa

Áreas sem distúrbio  
até 2020

Áreas que mudaram  
e não mudaram  
entre 2019 e 2020

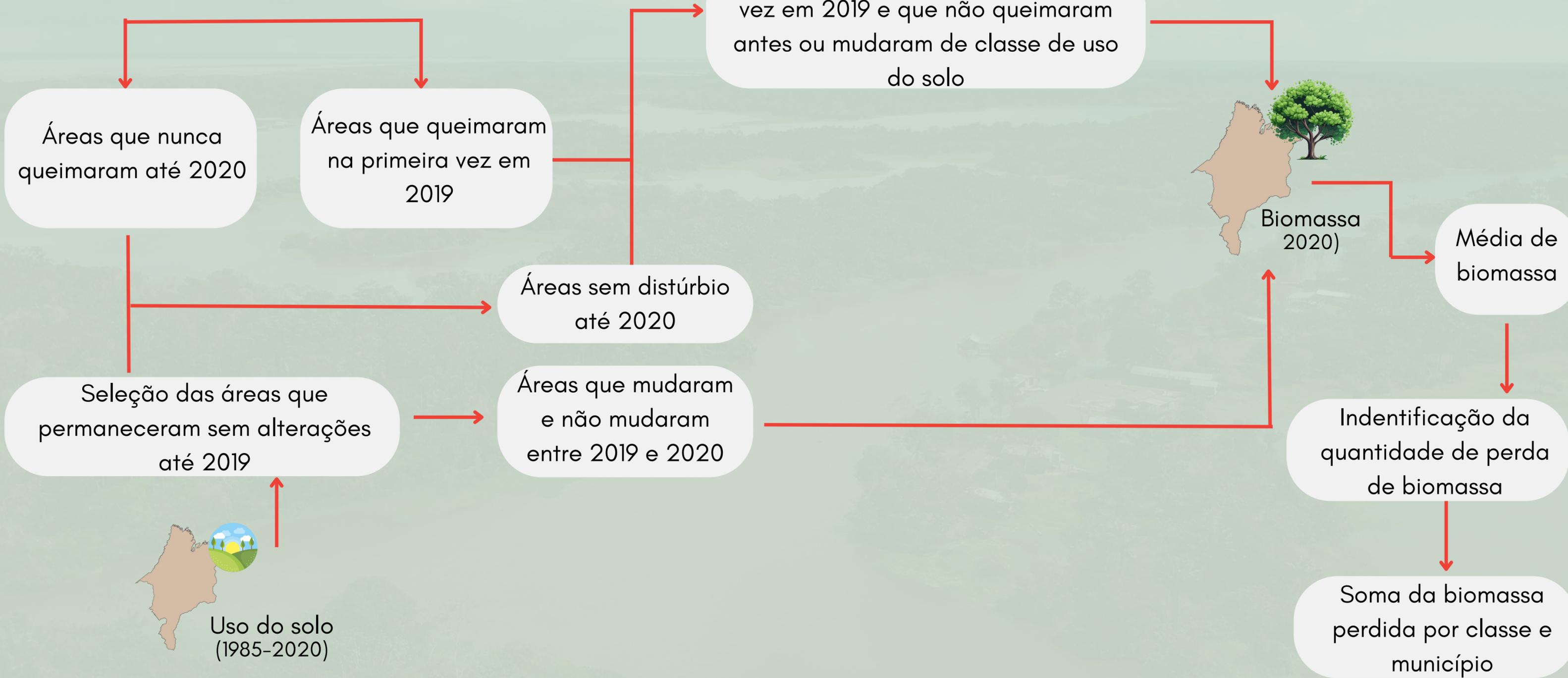
Identificação da  
quantidade de perda  
de biomassa

Soma da biomassa  
perdida por classe e  
município

Seleção das áreas que  
permaneceram sem alterações  
até 2019



Uso do solo  
(1985-2020)



# Metodologia



Soma da biomassa perdida  
por classe e município

Aplicação da equação de  
Pessôa (2022) para retirada da  
biomassa remanescente após  
passagem das queimadas

Aplicação do modelo de meia-vida de Chamber et al  
(2000) para identificar o tempo de decomposição da  
biomassa remanescente após a passagem do fogo e a  
contribuição nas emissões futuras de carbono

Aplicação das diretrizes do  
IPCC (2006) para conversão  
de biomassa para carbono  
equivalente

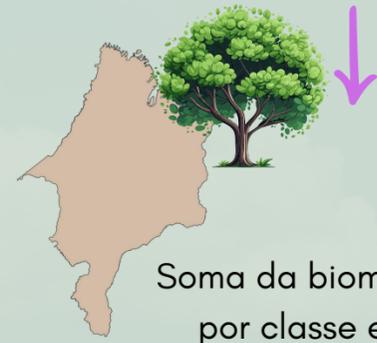
Valoração do carbono por  
meio da aplicação de  
quatro taxas de  
precificação de carbono

- World Bank: US\$155.86/ tCOeq;
- World Bank (América do Sul): US\$ 42.3175/ tCOeq
- Valor social do carbono US\$185/ tCOeq
- Projeto de Lei nº 2148/2015 (atual 1548579): 25-35/  
tCOeq

Mapa das perdas  
econômicas por município



# Metodologia



Soma da biomassa perdida  
por classe e município

Aplicação da equação de  
Pessôa (2022) para retirada da  
biomassa remanescente após  
passagem das queimadas

Aplicação do modelo de meia-vida de Chamber et al  
(2000) para identificar o tempo de decomposição da  
biomassa remanescente após a passagem do fogo e a  
contribuição nas emissões futuras de carbono

Aplicação das diretrizes do  
IPCC (2006) para conversão  
de biomassa para carbono  
equivalente

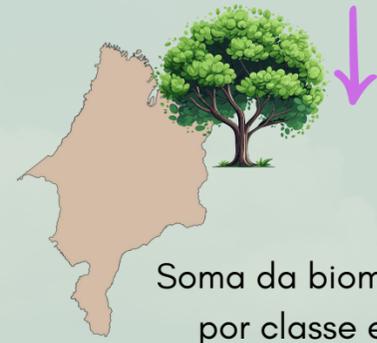
Valoração do carbono por  
meio da aplicação de  
quatro taxas de  
precificação de carbono

- World Bank: US\$155.86/ tCOeq;
- World Bank (América do Sul): US\$ 42.3175/ tCOeq
- Valor social do carbono US\$185/ tCOeq
- Projeto de Lei nº 2148/2015 (atual 1548579): 25-35/  
tCOeq

Mapa das perdas  
econômicas por município



# Metodologia



Soma da biomassa perdida  
por classe e município

Aplicação da equação de  
Pessôa (2022) para retirada da  
biomassa remanescente após  
passagem das queimadas

Aplicação do modelo de meia-vida de Chamber et al  
(2000) para identificar o tempo de decomposição da  
biomassa remanescente após a passagem do fogo e a  
contribuição nas emissões futuras de carbono

Aplicação das diretrizes do  
IPCC (2006) para conversão  
de biomassa para carbono  
equivalente

Valoração do carbono por  
meio da aplicação de  
quatro taxas de  
precificação de carbono

- World Bank: US\$155.86/ tCOeq;
- World Bank (América do Sul): US\$ 42.3175/ tCOeq
- Valor social do carbono US\$185/ tCOeq
- Projeto de Lei nº 2148/2015 (atual 1548579): 25-35/  
tCOeq

Mapa das perdas  
econômicas por município



# Metodologia



Soma da biomassa perdida  
por classe e município

Aplicação da equação de  
Pessôa (2022) para retirada da  
biomassa remanescente após  
passagem das queimadas

Aplicação do modelo de meia-vida de Chamber et al  
(2000) para identificar o tempo de decomposição da  
biomassa remanescente após a passagem do fogo e a  
contribuição nas emissões futuras de carbono

Aplicação das diretrizes do  
IPCC (2006) para conversão  
de biomassa para carbono  
equivalente

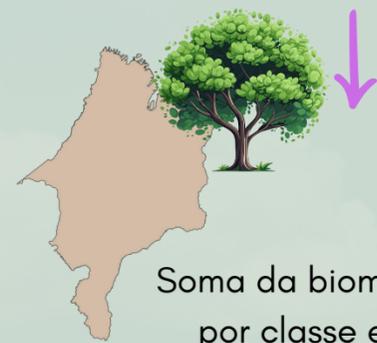
Valoração do carbono por  
meio da aplicação de  
quatro taxas de  
precificação de carbono

- World Bank: US\$155.86/ tCOeq;
- World Bank (América do Sul): US\$ 42.3175/ tCOeq
- Valor social do carbono US\$185/ tCOeq
- Projeto de Lei nº 2148/2015 (atual 1548579): 25-35/  
tCOeq

Mapa das perdas  
econômicas por município



# Metodologia



Soma da biomassa perdida  
por classe e município

Aplicação da equação de  
Pessôa (2022) para retirada da  
biomassa remanescente após  
passagem das queimadas

Aplicação do modelo de meia-vida de Chamber et al  
(2000) para identificar o tempo de decomposição da  
biomassa remanescente após a passagem do fogo e a  
contribuição nas emissões futuras de carbono

Aplicação das diretrizes do  
IPCC (2006) para conversão  
de biomassa para carbono  
equivalente

Valoração do carbono por  
meio da aplicação de  
quatro taxas de  
precificação de carbono

- World Bank: US\$155.86/ tCOeq;
- World Bank (América do Sul): US\$ 42.3175/ tCOeq
- Valor social do carbono US\$185/ tCOeq
- Projeto de Lei nº 2148/2015 (atual 1548579): 25-35/  
tCOeq

Mapa das perdas  
econômicas por município



# Metodologia



Soma da biomassa perdida  
por classe e município

Aplicação da equação de  
Pessôa (2022) para retirada da  
biomassa remanescente após  
passagem das queimadas

Aplicação do modelo de meia-vida de Chamber et al  
(2000) para identificar o tempo de decomposição da  
biomassa remanescente após a passagem do fogo e a  
contribuição nas emissões futuras de carbono

Aplicação das diretrizes do  
IPCC (2006) para conversão  
de biomassa para carbono  
equivalente

Valoração do carbono por  
meio da aplicação de  
quatro taxas de  
precificação de carbono

- World Bank: US\$155.86/ tCOeq;
- World Bank (América do Sul): US\$ 42.3175/ tCOeq
- Valor social do carbono US\$185/ tCOeq
- Projeto de Lei nº 2148/2015 (atual 1548579): 25-35/  
tCOeq

Mapa das perdas  
econômicas por município



# Metodologia



Soma da biomassa perdida  
por classe e município

Aplicação da equação de  
Pessôa (2022) para retirada da  
biomassa remanescente após  
passagem das queimadas

Aplicação do modelo de meia-vida de Chamber et al  
(2000) para identificar o tempo de decomposição da  
biomassa remanescente após a passagem do fogo e a  
contribuição nas emissões futuras de carbono

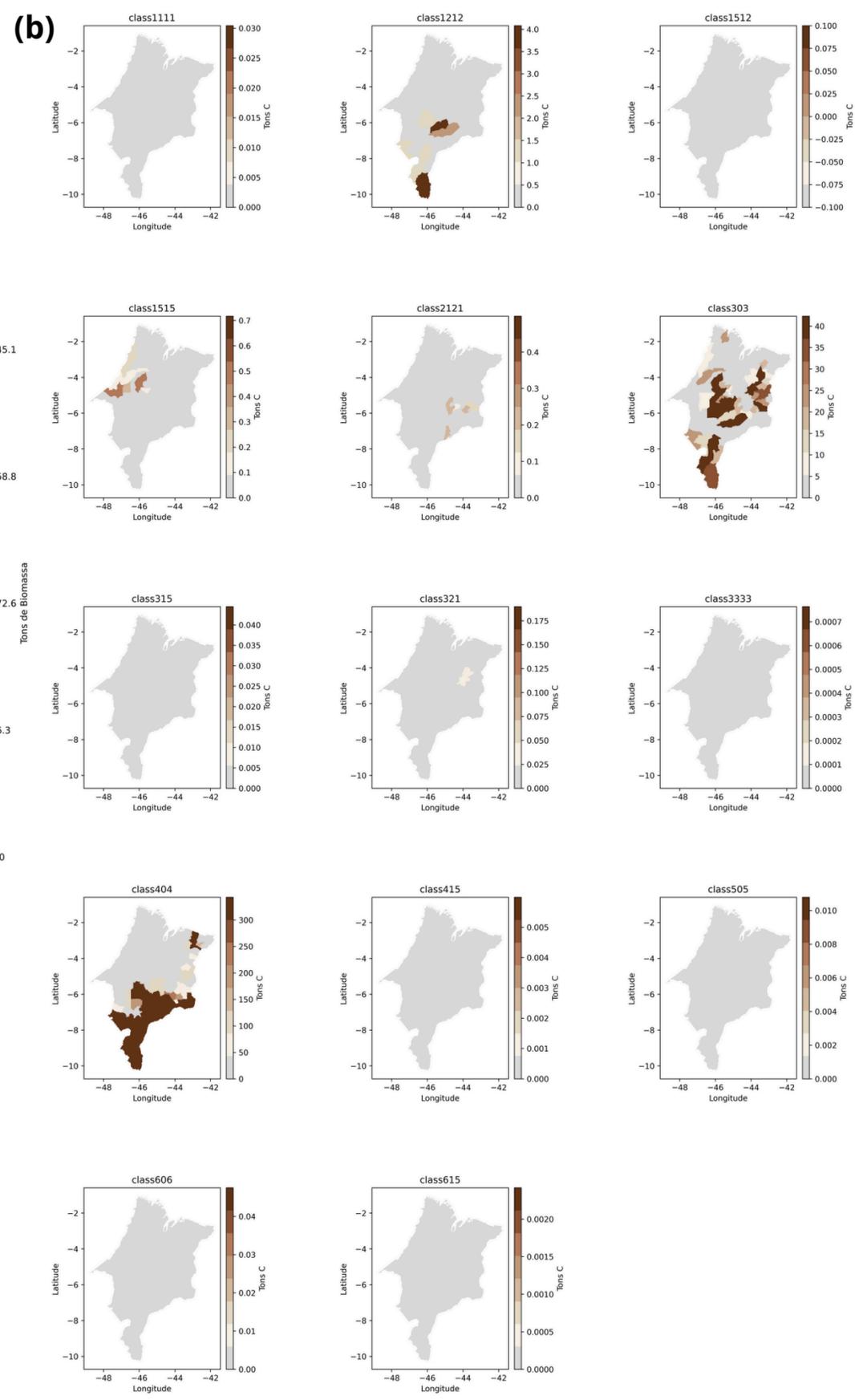
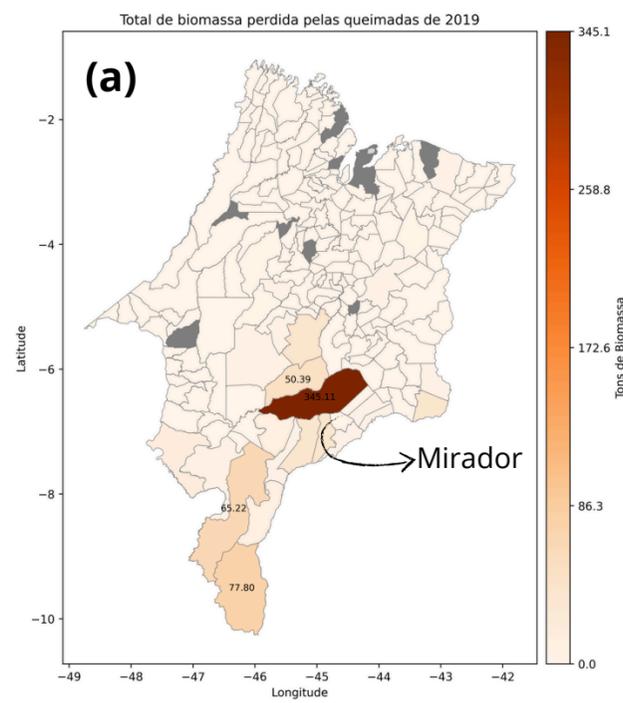
Aplicação das diretrizes do  
IPCC (2006) para conversão  
de biomassa para carbono  
equivalente

Valoração do carbono por  
meio da aplicação de  
quatro taxas de  
precificação de carbono

- World Bank: US\$155.86/ tCOeq;
- World Bank (América do Sul): US\$ 42.3175/ tCOeq
- Valor social do carbono US\$185/ tCOeq
- Projeto de Lei nº 2148/2015 (atual 1548579): 25-35/  
tCOeq

Mapa das perdas  
econômicas por município

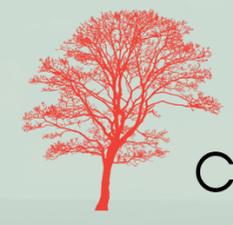




# Resultados



Amazônia



Cerrado



Umidade

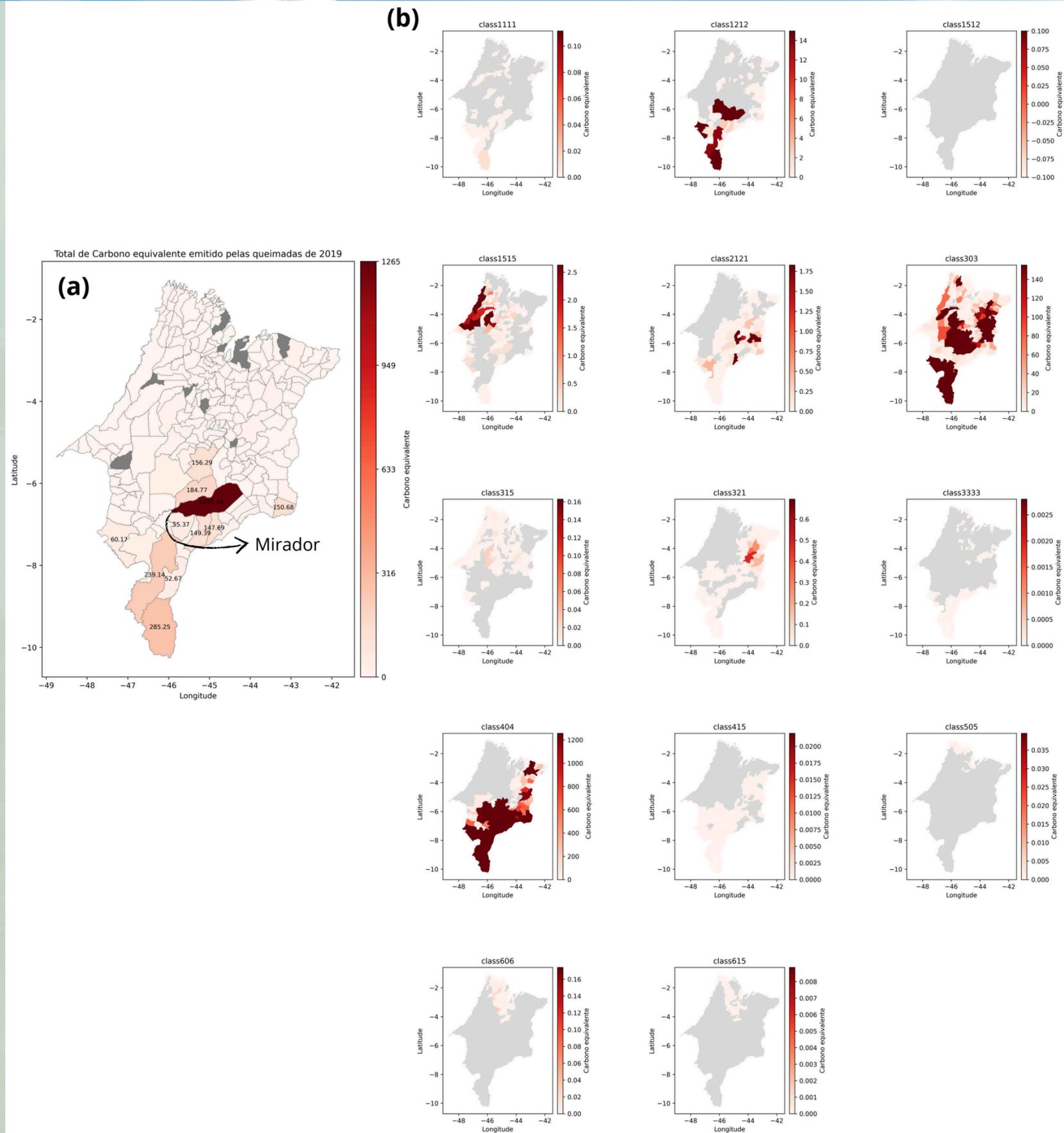


Intensidade do fogo e histórico de incêndios

Secas prolongadas aumentam a probabilidade de incêndios intensos



Conversão de florestas em pastagens aumenta a fragmentação e suscetibilidade a incêndios



# Resultados



Amazônia



Cerrado



Umidade



Intensidade do fogo e histórico de incêndios

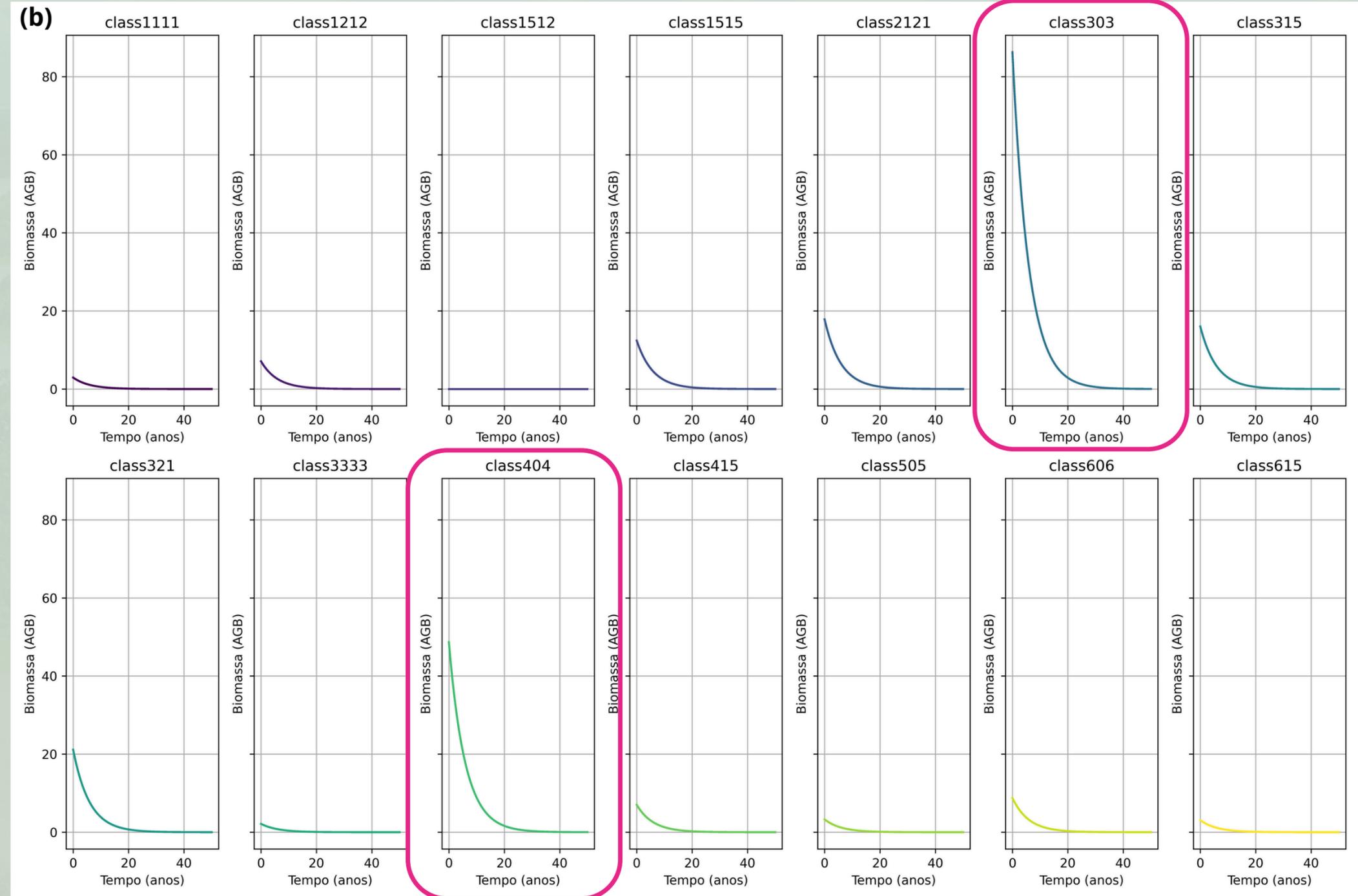
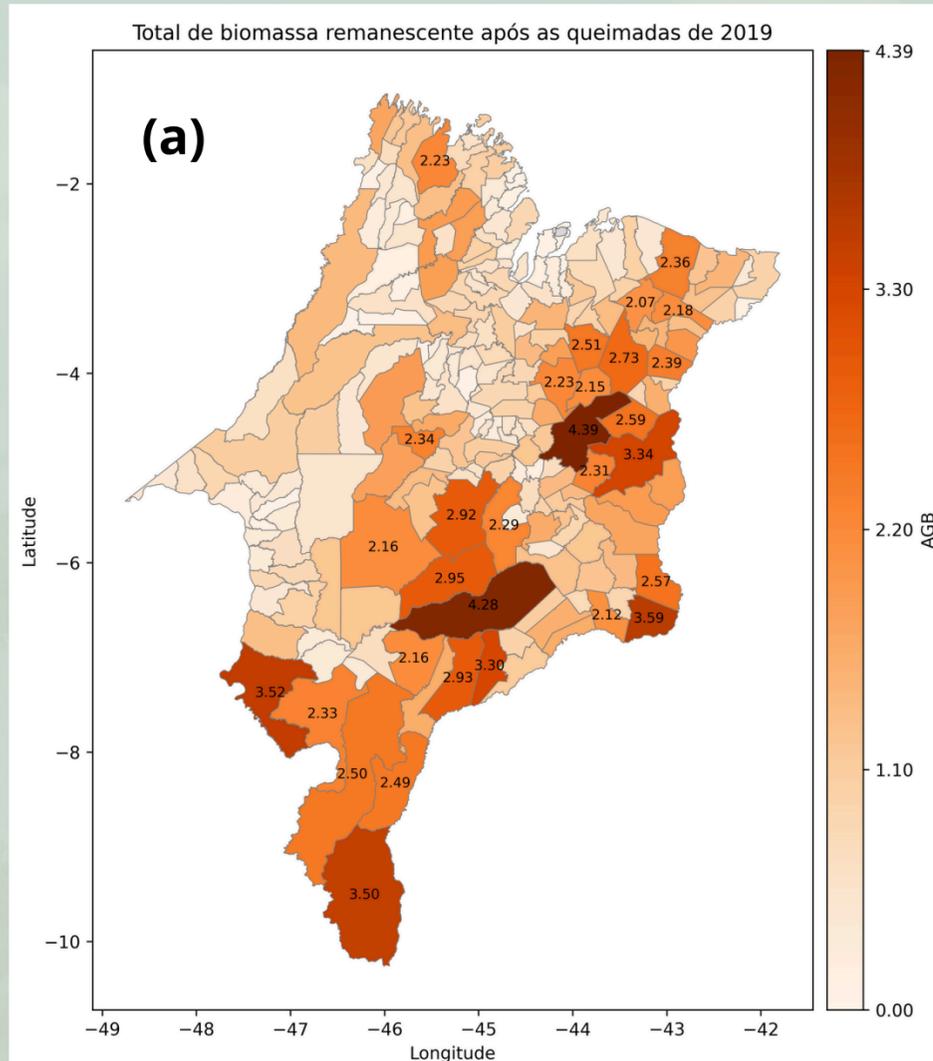


Secas prolongadas aumentam a probabilidade de incêndios intensos



Conversão de florestas em pastagens aumenta a fragmentação e suscetibilidade a incêndios

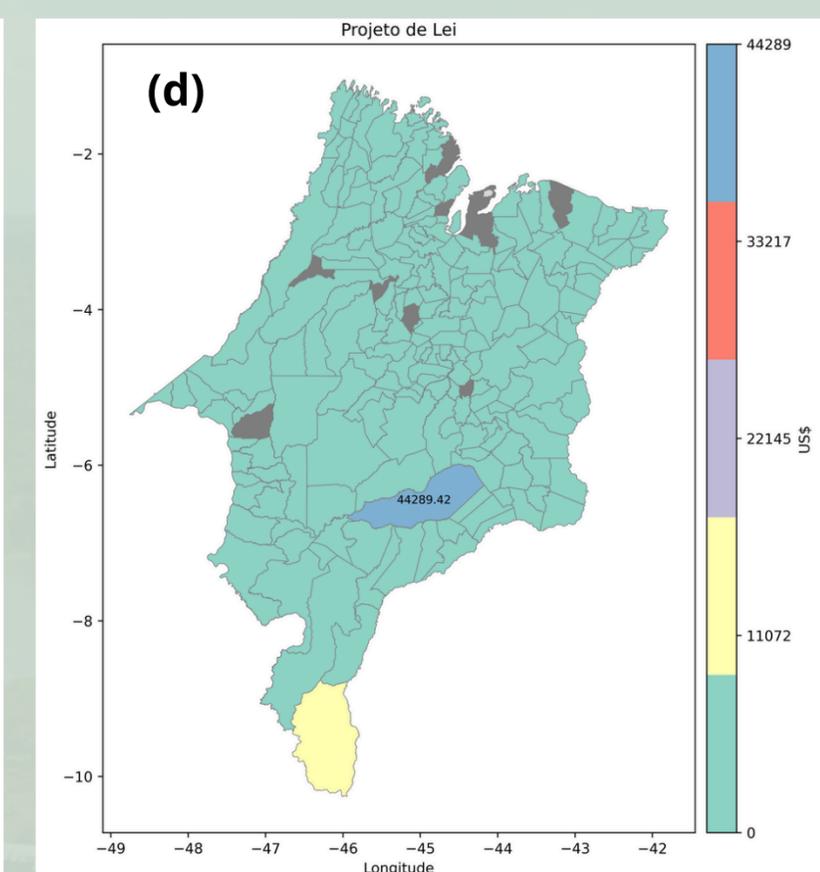
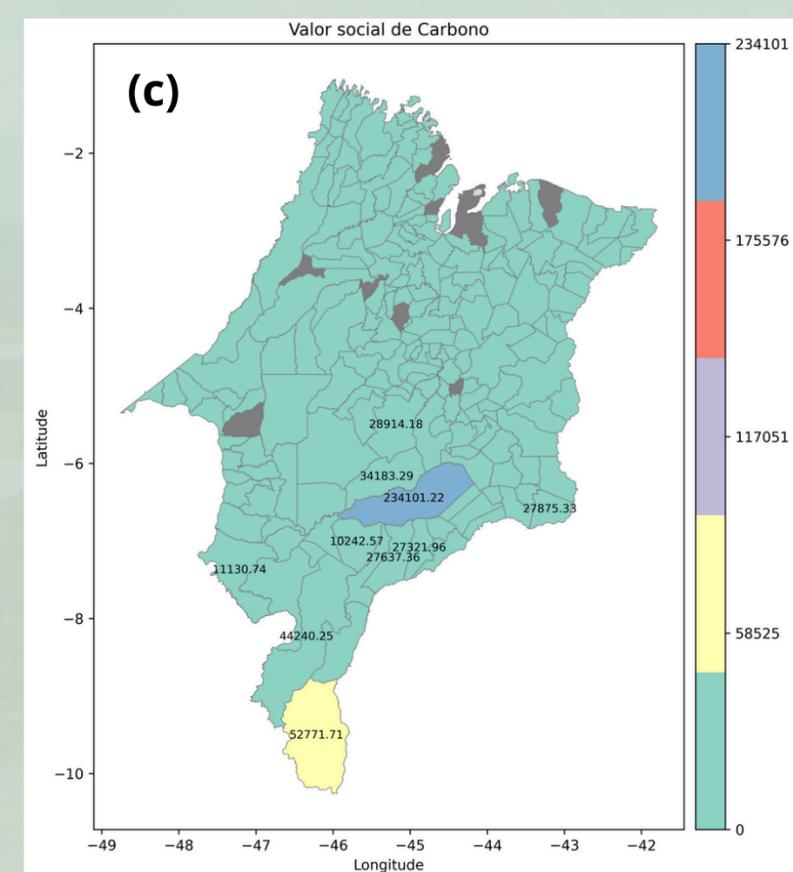
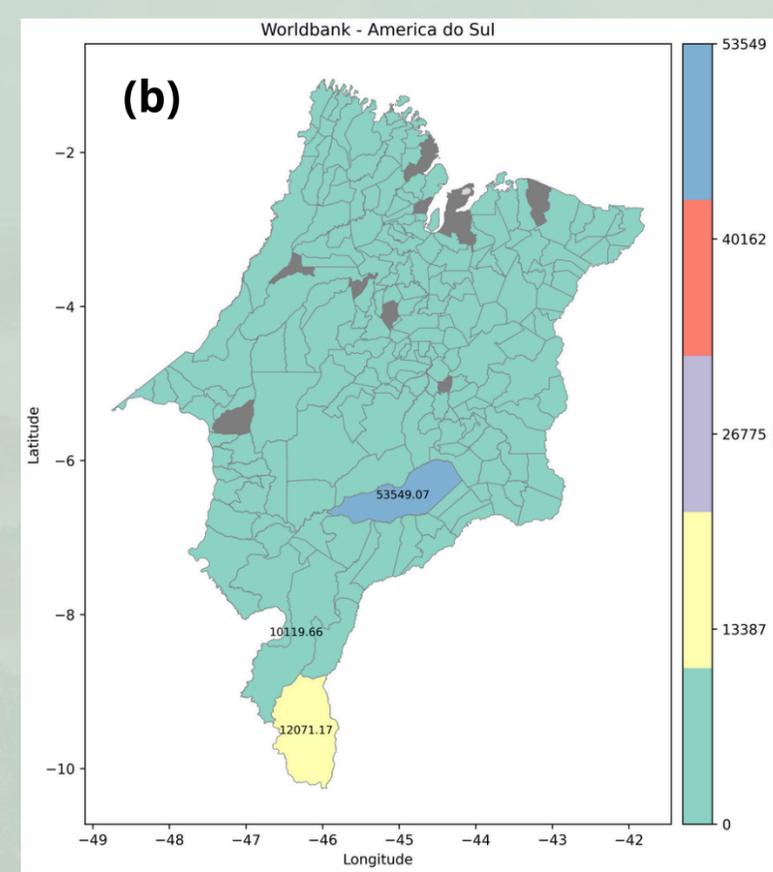
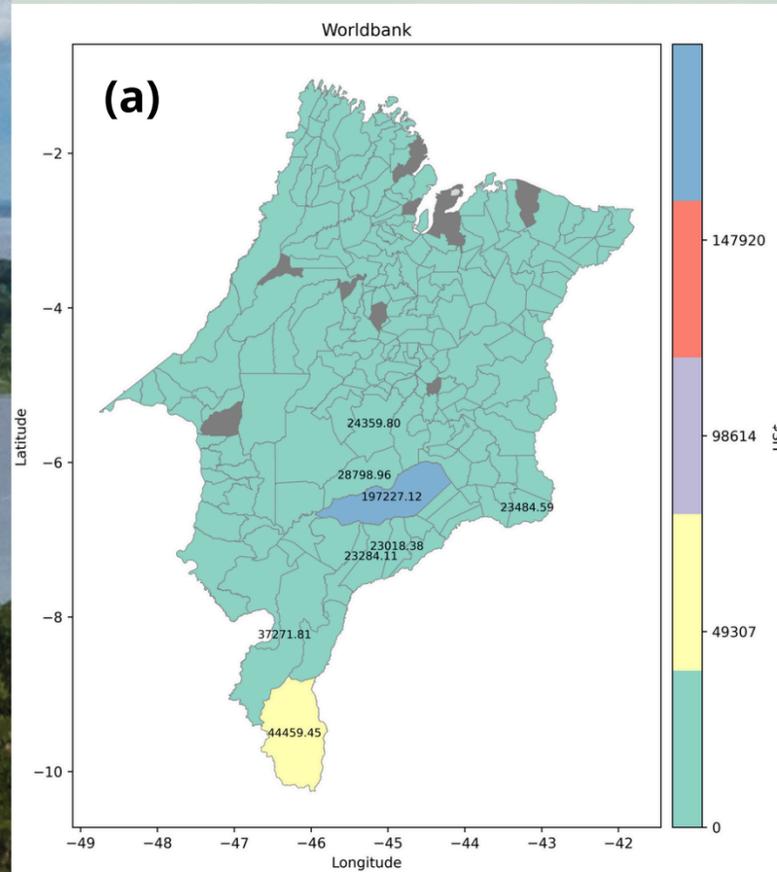
# Resultados



Características da vegetação dos biomas influenciam no processo de regeneração e decomposição da biomassa remanescente



# Resultados



Grandes variações entre metodologias



Valor social do carbono e estimativas do World Bank refletem diferentes prioridades

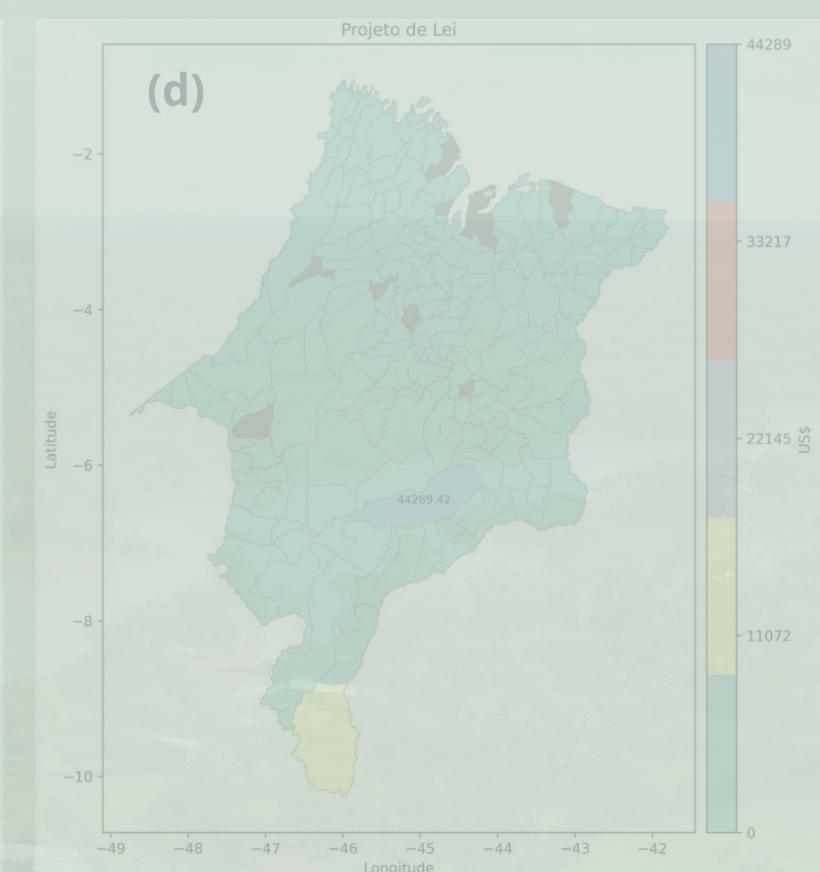
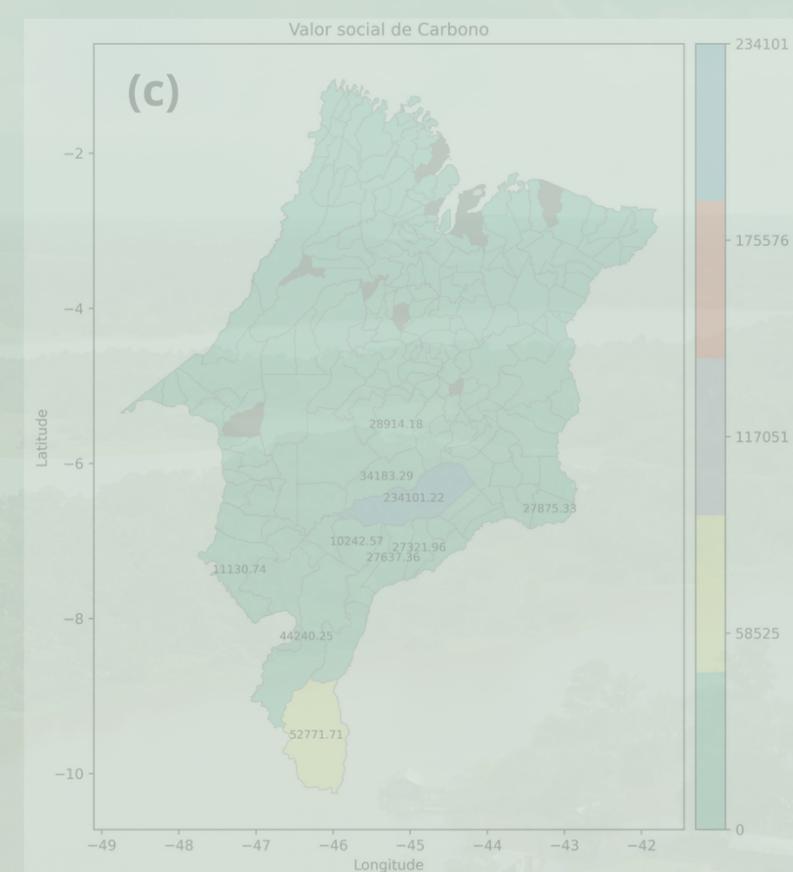
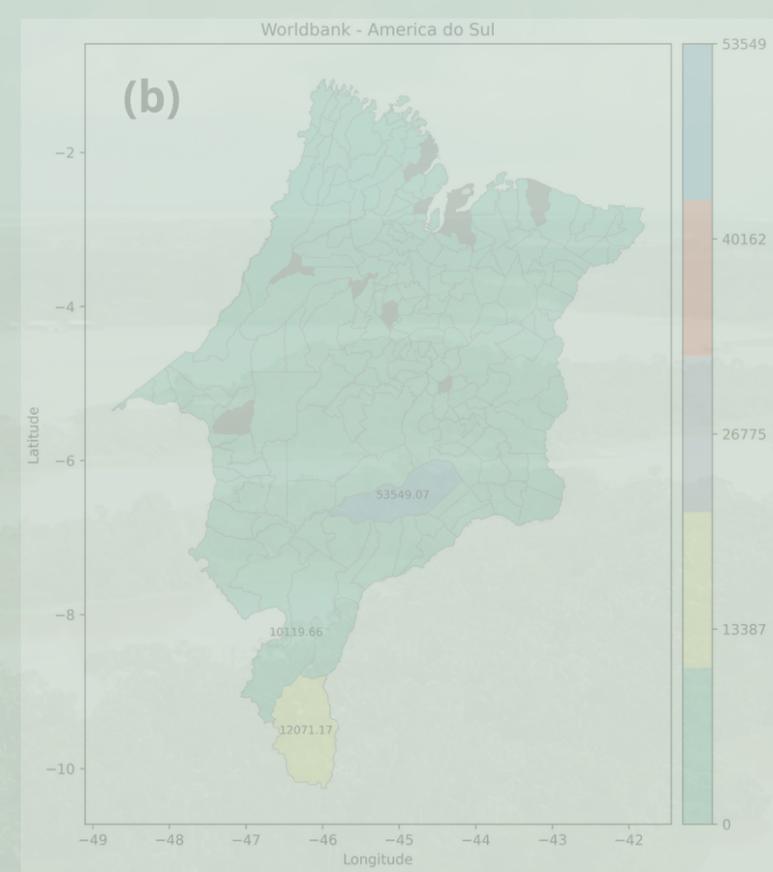
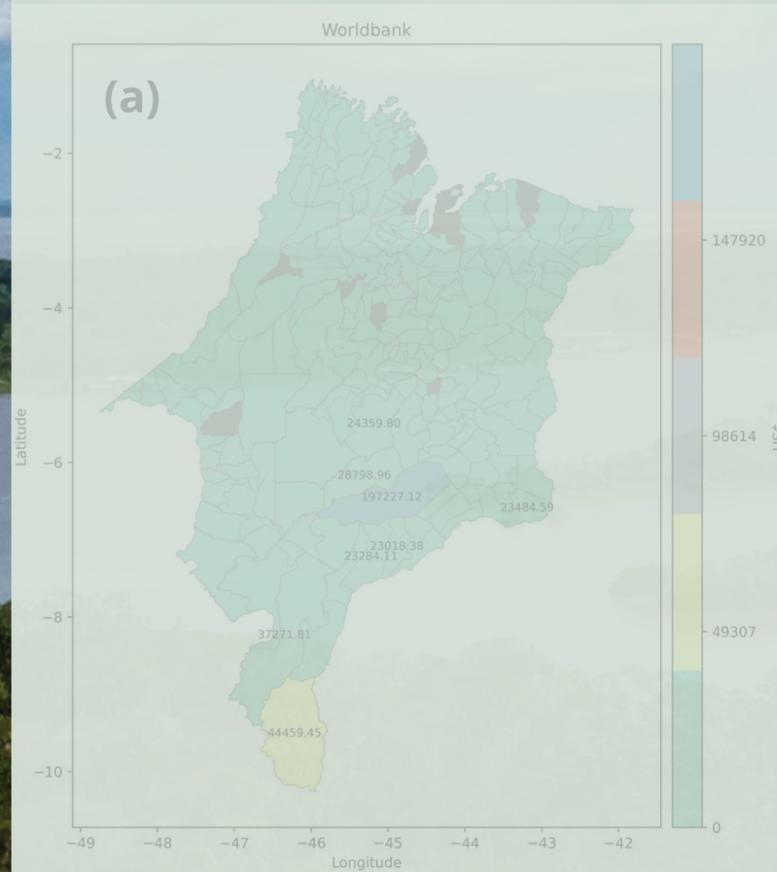


Necessidade de critérios uniformes e abrangentes



Desenvolvimento de modelos precisos para informar políticas eficazes.

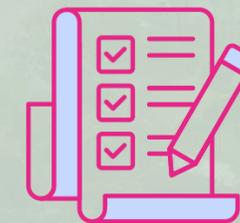
# Resultados



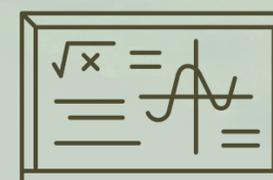
Grandes variações entre metodologias



Valor social do carbono e estimativas do World Bank refletem diferentes prioridades

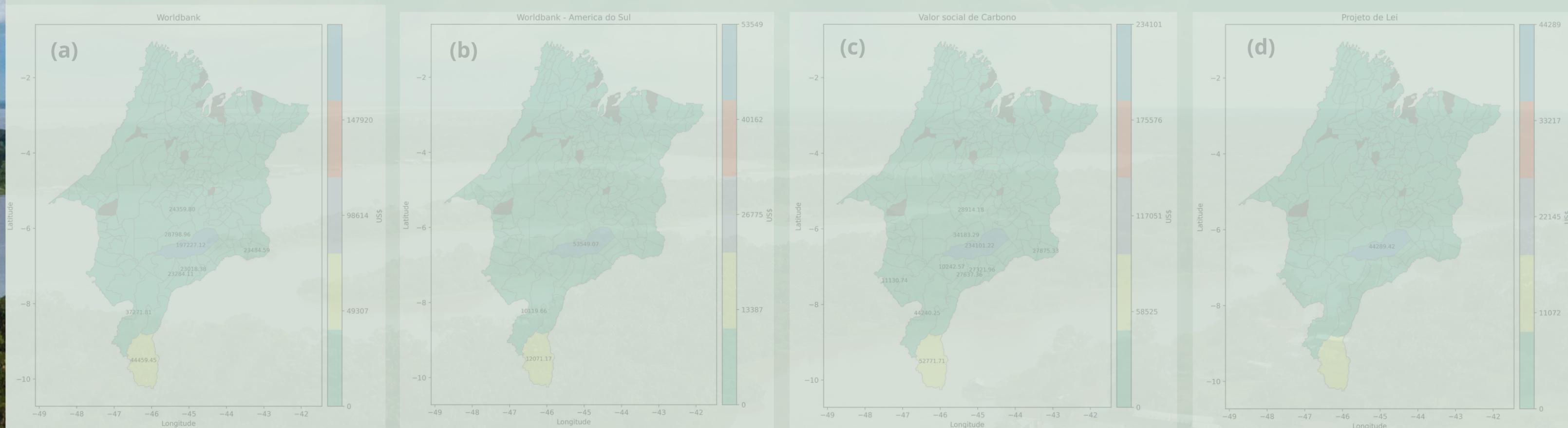


Necessidade de critérios uniformes e abrangentes



Desenvolvimento de modelos precisos para informar políticas eficazes.

# Resultados



US\$	World Bank	World Bank (América do Sul)	Valor social de carbono	Projeto de Lei nº 1548579
<b>World Bank</b>	0.0			
<b>World Bank - (América do Sul)</b>	348740.37	0.0		
<b>Valor social de carbono</b>	89502.12	438242.49	0.0	
<b>Projeto de Lei nº 1548579</b>	371215.72	22475.35	460717.84	0.0

## Limitações:



Baseado em dados de apenas um ano



Não considera regeneração florestal



Não considera as emissões do processo de decomposição da biomassa remanescente após passagem do fogo



Diferentes resoluções espaciais

## Resultados



### Estudos Futuros:

Análises detalhadas sobre regeneração e decomposição da biomassa



Avaliar efeitos cumulativos de outros processos de degradação florestal e resiliência dos ecossistemas ao fogo.

## Limitações:



Baseado em dados de apenas um ano



Não considera regeneração florestal



Não considera as emissões do processo de decomposição da biomassa remanescente após passagem do fogo



Diferentes resoluções espaciais

# Resultados



## Estudos Futuros:

Análises detalhadas sobre regeneração e decomposição da biomassa



Avaliar efeitos cumulativos de outros processos de degradação florestal e resiliência dos ecossistemas ao fogo.

# Conclusão



## Regiões Afetadas:

- Florestas e cerrado foram as mais afetadas.
- Maiores perdas de biomassa concentradas no sul do estado.
- Florestas transformadas em pastagem e outros usos.
- Cerrado mostrou resiliência, regenerando-se rapidamente.

## Emissões de Carbono:

- Áreas queimadas emitiram grandes quantidades de CO<sub>2</sub>eq, especialmente nas florestas.
- Quantificação das emissões sublinha a necessidade de estratégias de conservação adaptadas.

## Impactos Econômicos:

- Perdas econômicas significativas variaram entre os municípios.
- Metodologias de precificação do carbono mostraram grandes discrepâncias nos valores estimados.
- Avaliações precisas são essenciais para políticas de gestão ambiental e mitigação climática.

## Desafios e Recomendações:

- Necessidade de dados a longo prazo e análises detalhadas da regeneração vegetal e recorrência de incêndios.
- Estudos futuros devem expandir essas análises para uma compreensão mais abrangente dos impactos das queimadas.

# Conclusão



## Regiões Afetadas:

- Florestas e cerrado foram as mais afetadas.
- Maiores perdas de biomassa concentradas no sul do estado.
- Florestas transformadas em pastagem e outros usos.
- Cerrado mostrou resiliência, regenerando-se rapidamente.

## Emissões de Carbono:

- Áreas queimadas emitiram grandes quantidades de COeq, especialmente nas florestas.
- Quantificação das emissões sublinha a necessidade de estratégias de conservação adaptadas.

## Impactos Econômicos:

- Perdas econômicas significativas variaram entre os municípios.
- Metodologias de precificação do carbono mostraram grandes discrepâncias nos valores estimados.
- Avaliações precisas são essenciais para políticas de gestão ambiental e mitigação climática.

## Desafios e Recomendações:

- Necessidade de dados a longo prazo e análises detalhadas da regeneração vegetal e recorrência de incêndios.
- Estudos futuros devem expandir essas análises para uma compreensão mais abrangente dos impactos das queimadas.

# Conclusão



## Regiões Afetadas:

- Florestas e cerrado foram as mais afetadas.
- Maiores perdas de biomassa concentradas no sul do estado.
- Florestas transformadas em pastagem e outros usos.
- Cerrado mostrou resiliência, regenerando-se rapidamente.

## Emissões de Carbono:

- Áreas queimadas emitiram grandes quantidades de CO<sub>2</sub>eq, especialmente nas florestas.
- Quantificação das emissões sublinha a necessidade de estratégias de conservação adaptadas.

## Impactos Econômicos:

- Perdas econômicas significativas variaram entre os municípios.
- Metodologias de precificação do carbono mostraram grandes discrepâncias nos valores estimados.
- Avaliações precisas são essenciais para políticas de gestão ambiental e mitigação climática.

## Desafios e Recomendações:

- Necessidade de dados a longo prazo e análises detalhadas da regeneração vegetal e recorrência de incêndios.
- Estudos futuros devem expandir essas análises para uma compreensão mais abrangente dos impactos das queimadas.

# Conclusão



## Regiões Afetadas:

- Florestas e cerrado foram as mais afetadas.
- Maiores perdas de biomassa concentradas no sul do estado.
- Florestas transformadas em pastagem e outros usos.
- Cerrado mostrou resiliência, regenerando-se rapidamente.

## Emissões de Carbono:

- Áreas queimadas emitiram grandes quantidades de CO<sub>2</sub>eq, especialmente nas florestas.
- Quantificação das emissões sublinha a necessidade de estratégias de conservação adaptadas.

## Impactos Econômicos:

- Perdas econômicas significativas variaram entre os municípios.
- Metodologias de precificação do carbono mostraram grandes discrepâncias nos valores estimados.
- Avaliações precisas são essenciais para políticas de gestão ambiental e mitigação climática.

## Desafios e Recomendações:

- Necessidade de dados a longo prazo e análises detalhadas da regeneração vegetal e recorrência de incêndios.
- Estudos futuros devem expandir essas análises para uma compreensão mais abrangente dos impactos das queimadas.

