



09/12/2021

XXIV Curso de Uso Escolar de Sensoriamento Remoto no Estudo do Meio Ambiente

# Satélites e o Desenvolvimento Sustentável do Brasil

**Luiz Aragão & TREES Lab**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Coordenação-Geral de Ciências da Terra  
Divisão de Observação da Terra e Geoinformática  
Laboratório de Ecossistemas Tropicais e Ciências Ambientais



[luiz.aragao@inpe.br](mailto:luiz.aragao@inpe.br)



[@leocaragao](https://www.instagram.com/leocaragao)



[www.treeslab.org](http://www.treeslab.org)



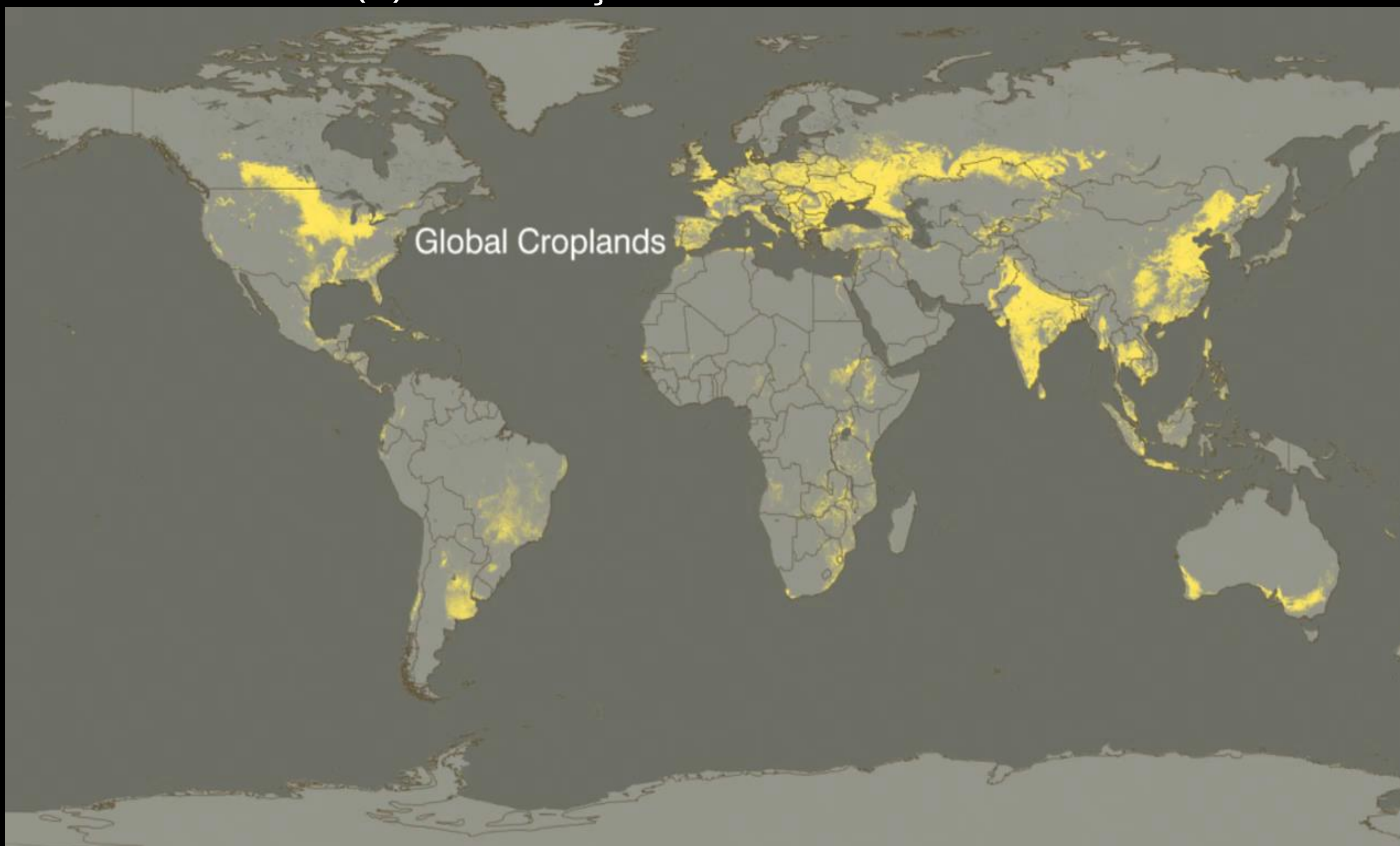
# A CRISE AMBIENTAL GLOBAL



# Não podemos extrapolar a capacidade suporte do planeta



- (1) Crescimento populacional de 8 bilhões atualmente para 11 bilhões no fim do século XXI
- (2) Uso excessivo de recursos naturais
- (3) Degradação excessiva dos recursos naturais
- (4) Mudanças climáticas





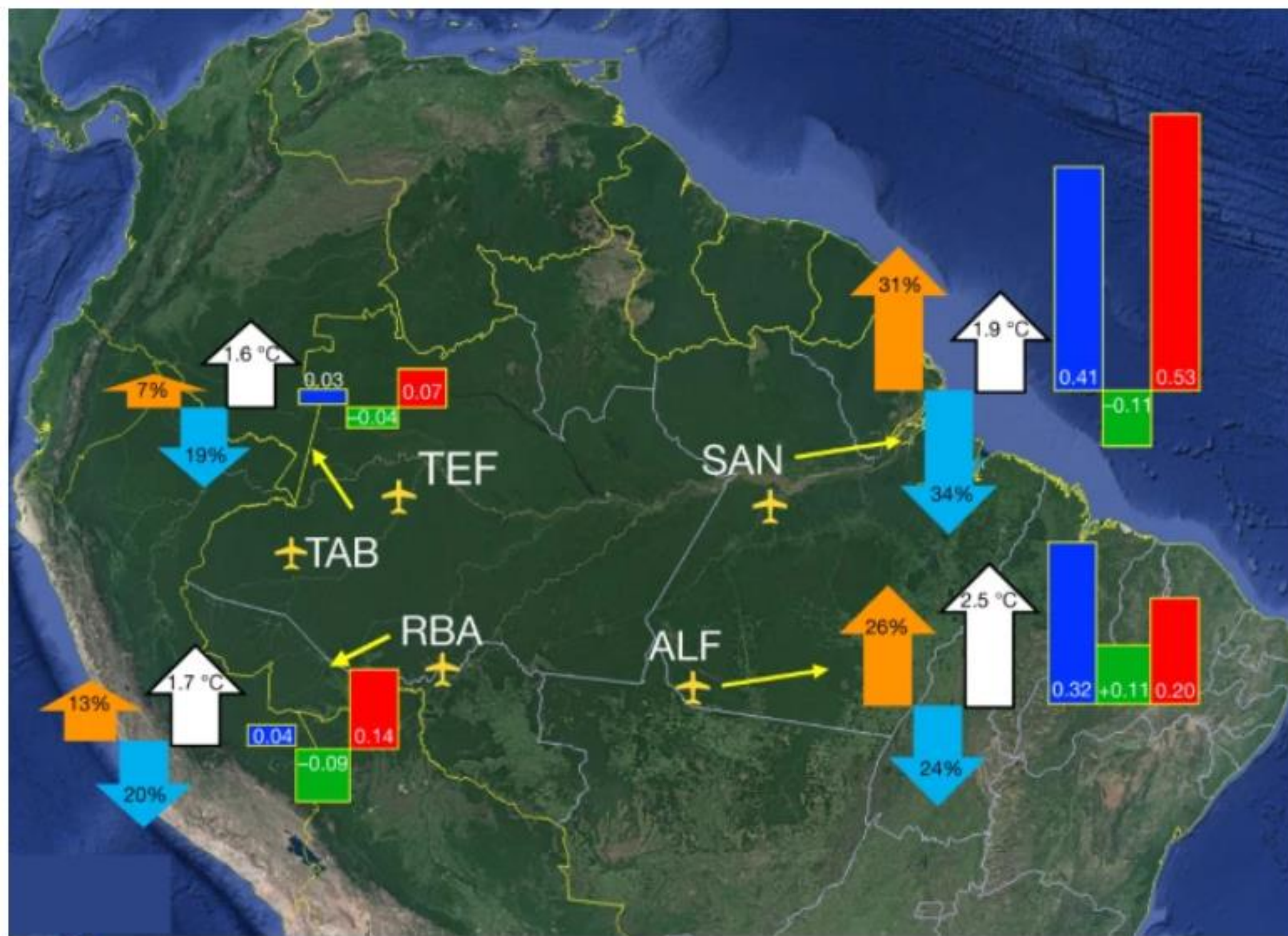
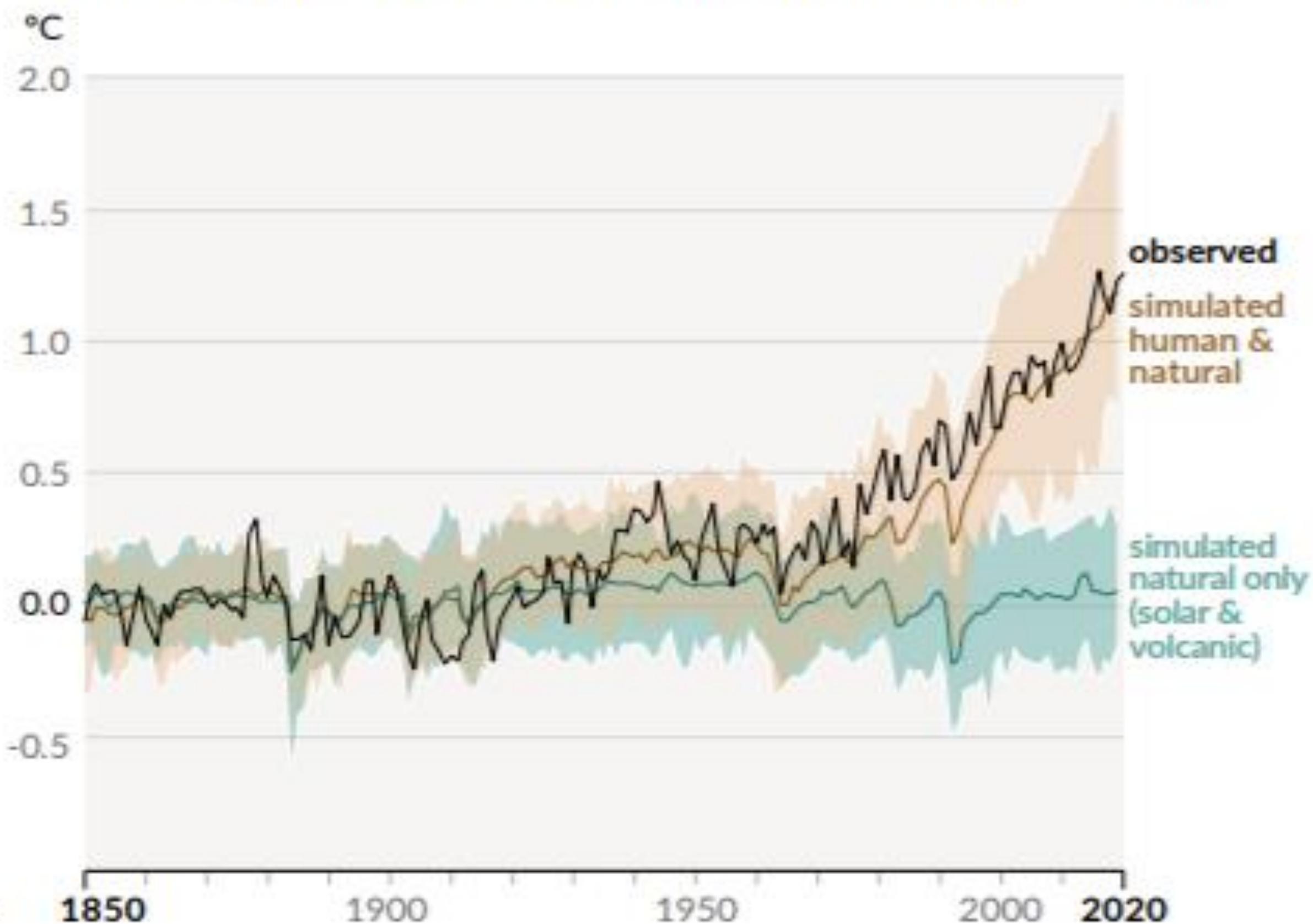
# Respostas do clima às ações humanas

A influência humana acelerou o aquecimento do planeta em uma taxa sem precedentes nos últimos 2000 anos (IPCC AR6). Com efeitos na Amazônia.



### Changes in global surface temperature relative to 1850-1900

b) Change in global surface temperature (annual average) as observed and simulated using human & natural and only natural factors (both 1850-2020)



- Deforestation
- Precipitation ASO
- Temperature ASO

- Total C flux (g C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>)
- NBE C flux (g C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>)
- Fire C flux (g C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>)



# O paradigma do desenvolvimento

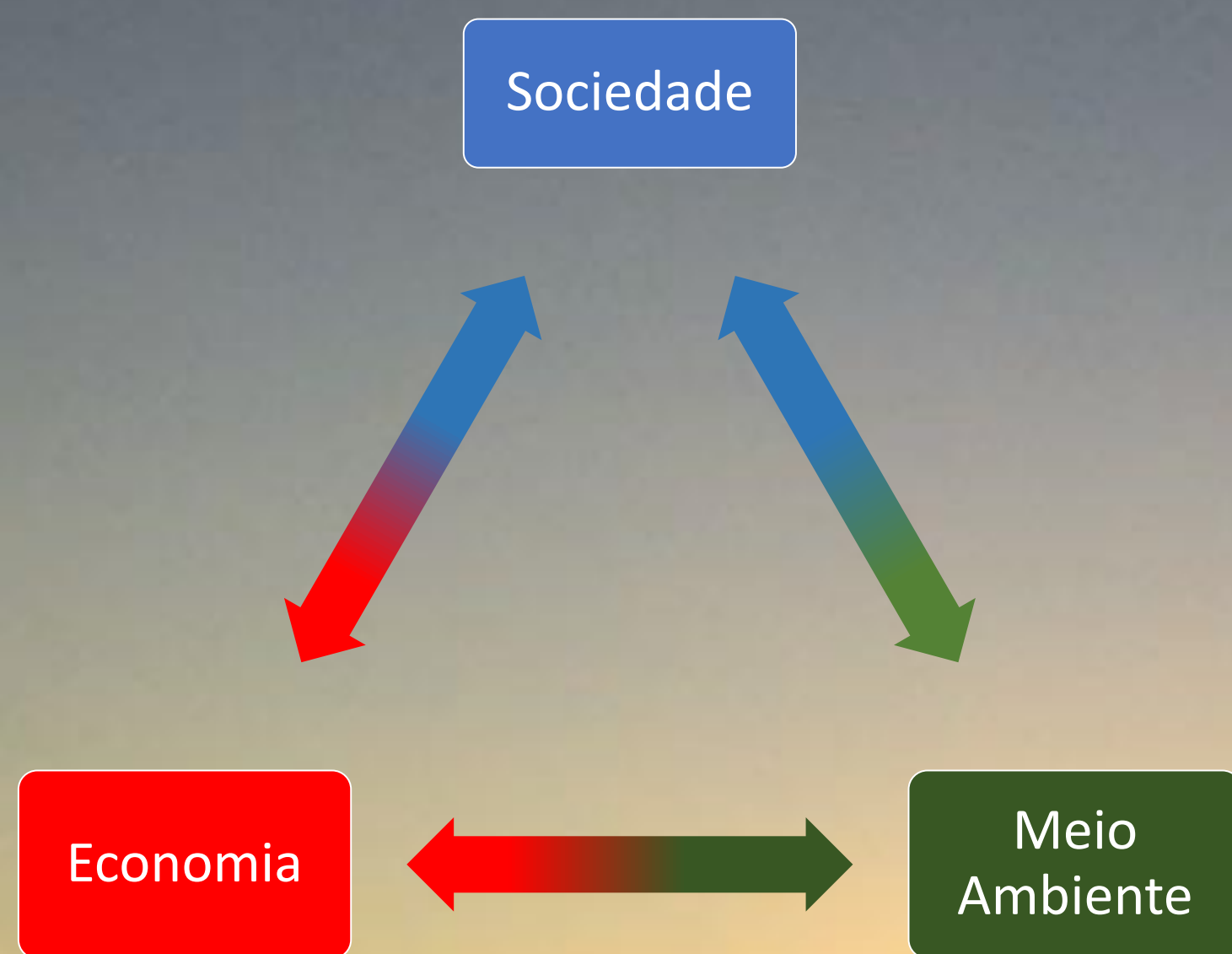
O desenvolvimento sustentável é uma necessidade para estabilizar as mudanças ambientais globais e garantir o bem-estar de populações futuras



## Século 21

Sustentabilidade:

Integração do capital social, ambiental e econômico



Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE)

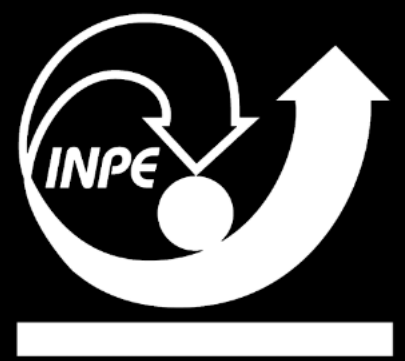
O Desenvolvimento de um país não depende unicamente de seu crescimento econômico



## Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (2015-2030)



# Os impactos na Amazônia



# Urgência em atacar os problemas ambientais



- ***AMAZÔNIA tem maiores taxas de desmatamento na era dos satélites***
- ***Perdeu quase 20% de sua área original – cerca de 2x Alemanha***
- ***Cerca de 40% das emissões do país***
- ***Efeitos colaterais em diversos serviços ecossistêmicos e setores econômicos***
- ***Limitação no poder de influência global (OCDE, ONU)***

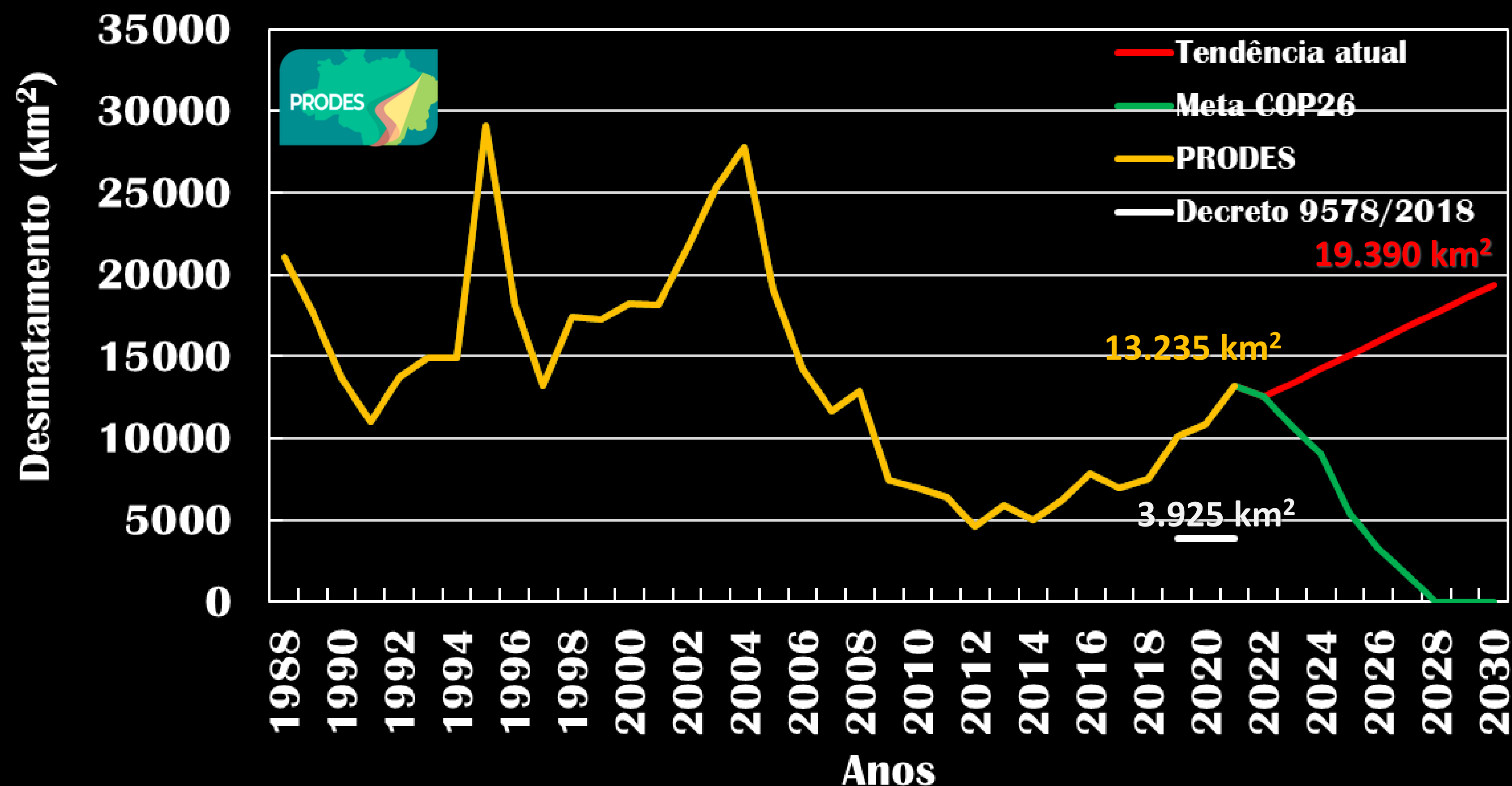


# O desmatamento aumenta e conseqüentemente nossas emissões de GEE



**Crítico para o cumprimento da NDC do Brasil**

**Em 2013 o desmatamento foi o mais alto desde 2006. A tendência atual nos remete aos valores de 2005.**



1. Zerar o desmatamento ilegal até 2028: 15% por ano até 2024, 40% em 2025 e 2026, e 50% em 2027, comparando com o ano de 2022;
2. Restaurar e reflorestar 18 milhões de hectares de florestas até 2030;
3. Alcançar, em 2030, a participação de 45% a 50% das energias renováveis na composição da matriz energética;
4. Recuperar 30 milhões de hectares de pastagens degradadas;
5. Incentivar a ampliação da malha ferroviária.
6. Redução de 30% das emissões de metano.





# O problema é mais complicado

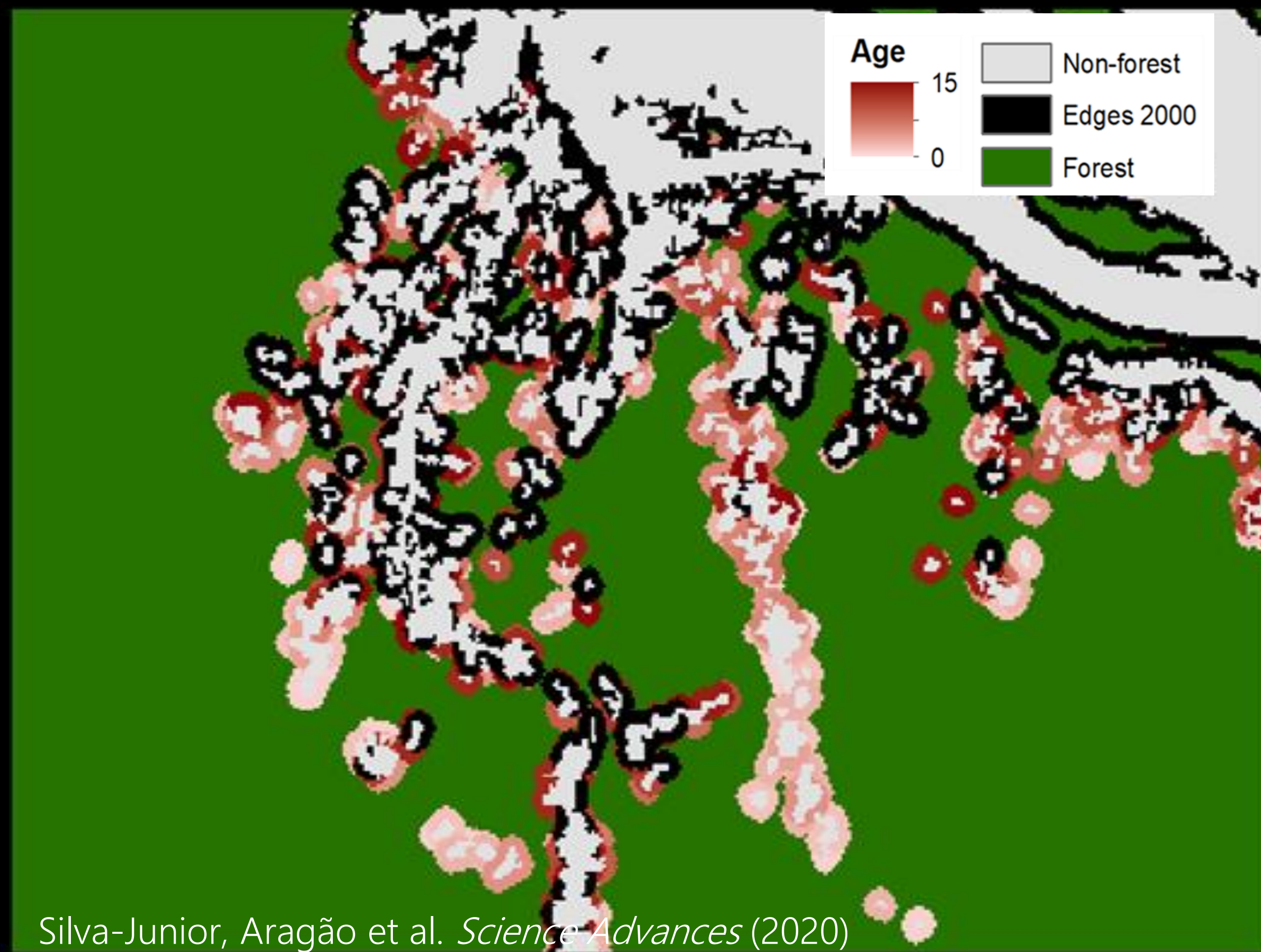
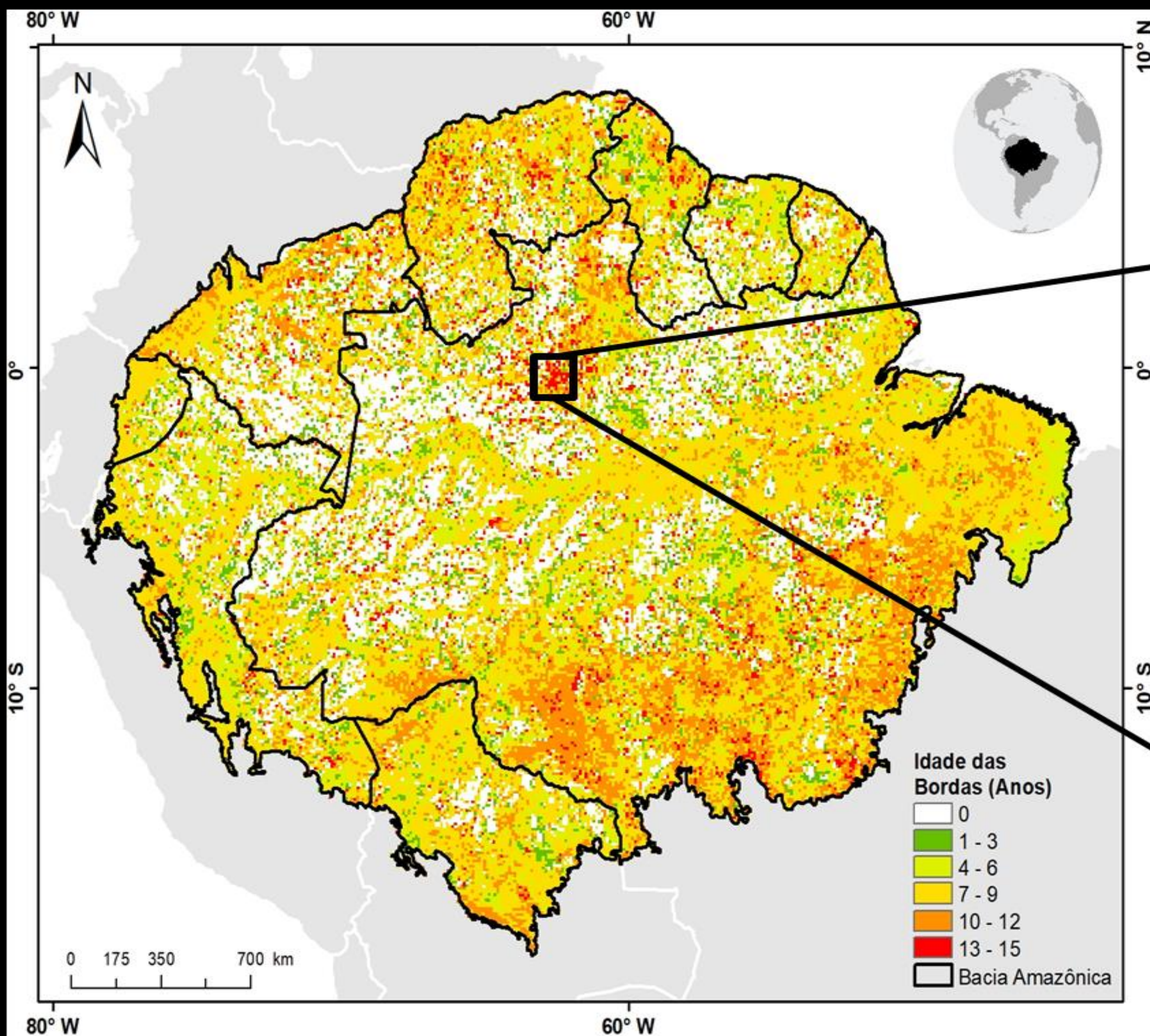
Efeitos de borda

Series temporais de satélites permitem quantificar esse impacto



Mapeamento da idade das bordas florestais

(Morphological Spatial Pattern Analysis)



Silva-Junior, Aragão et al. *Science Advances* (2020)

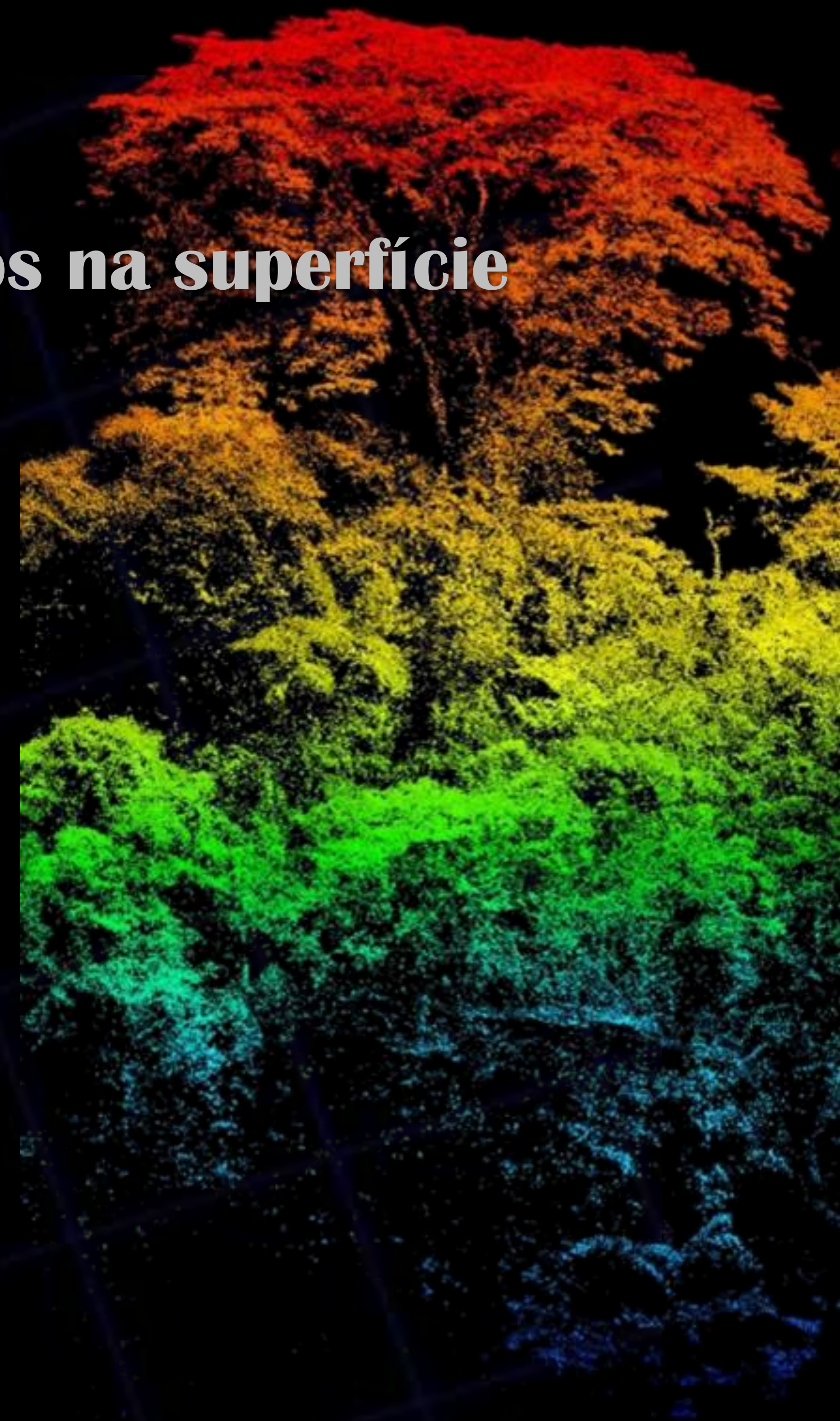


# Tecnologia de ponta



**LIDAR (Light Detection And Ranging)**

**Permite a reconstrução 3D da altura dos alvos na superfície**





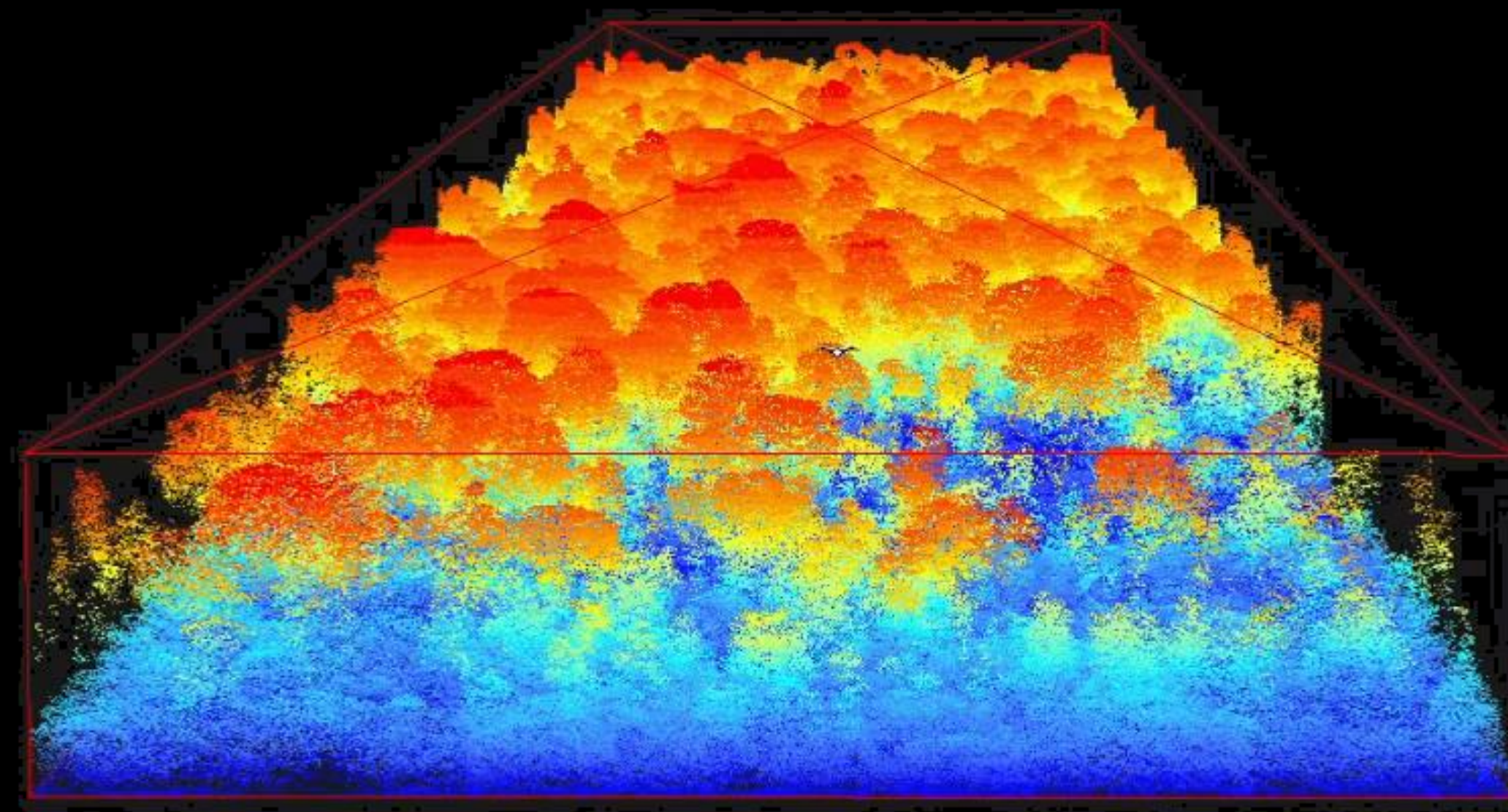
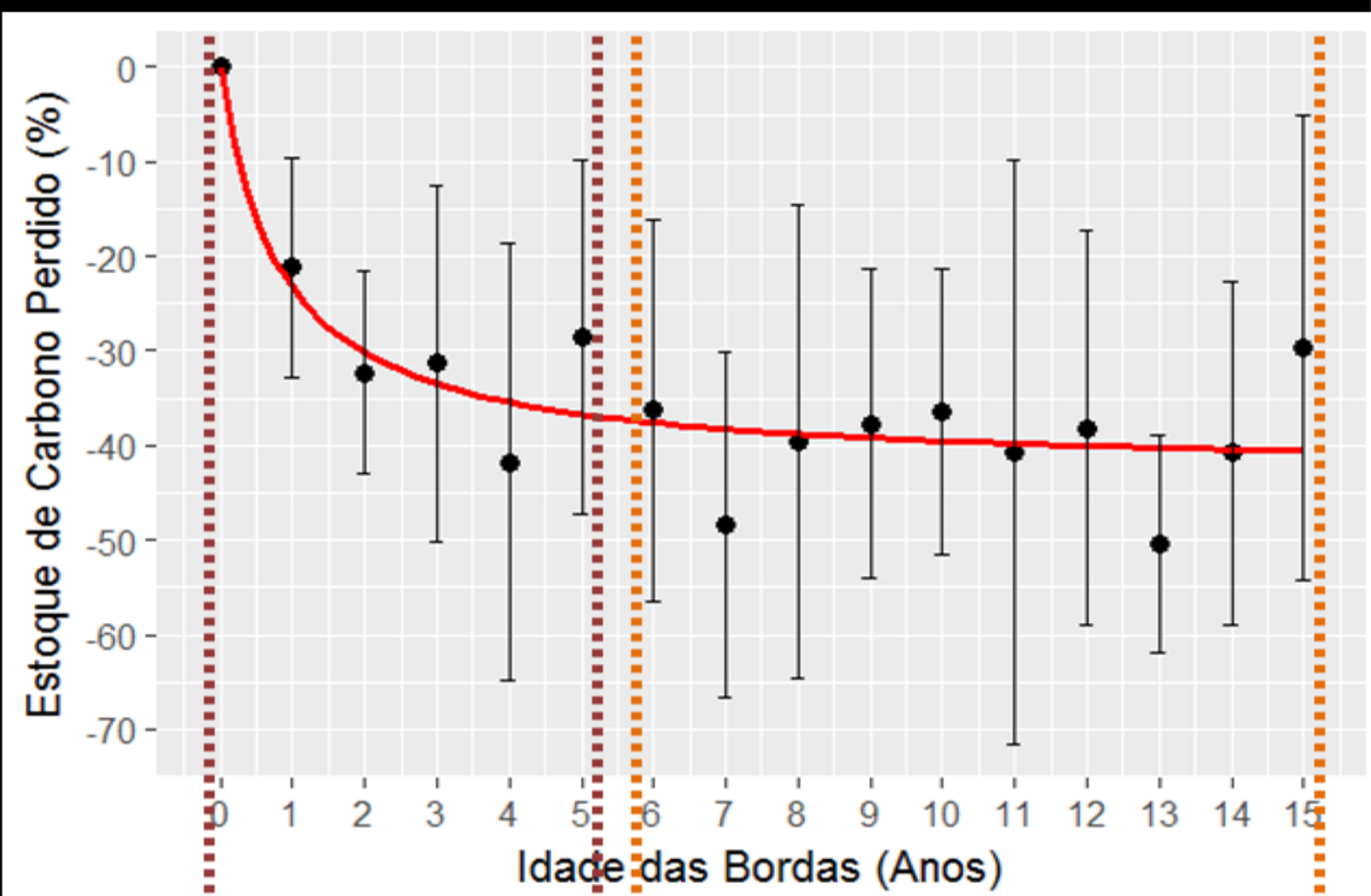
# Conhecimento científico dos problemas



## Efeitos de borda

## Quantificação da biomassa perdida com LIDAR

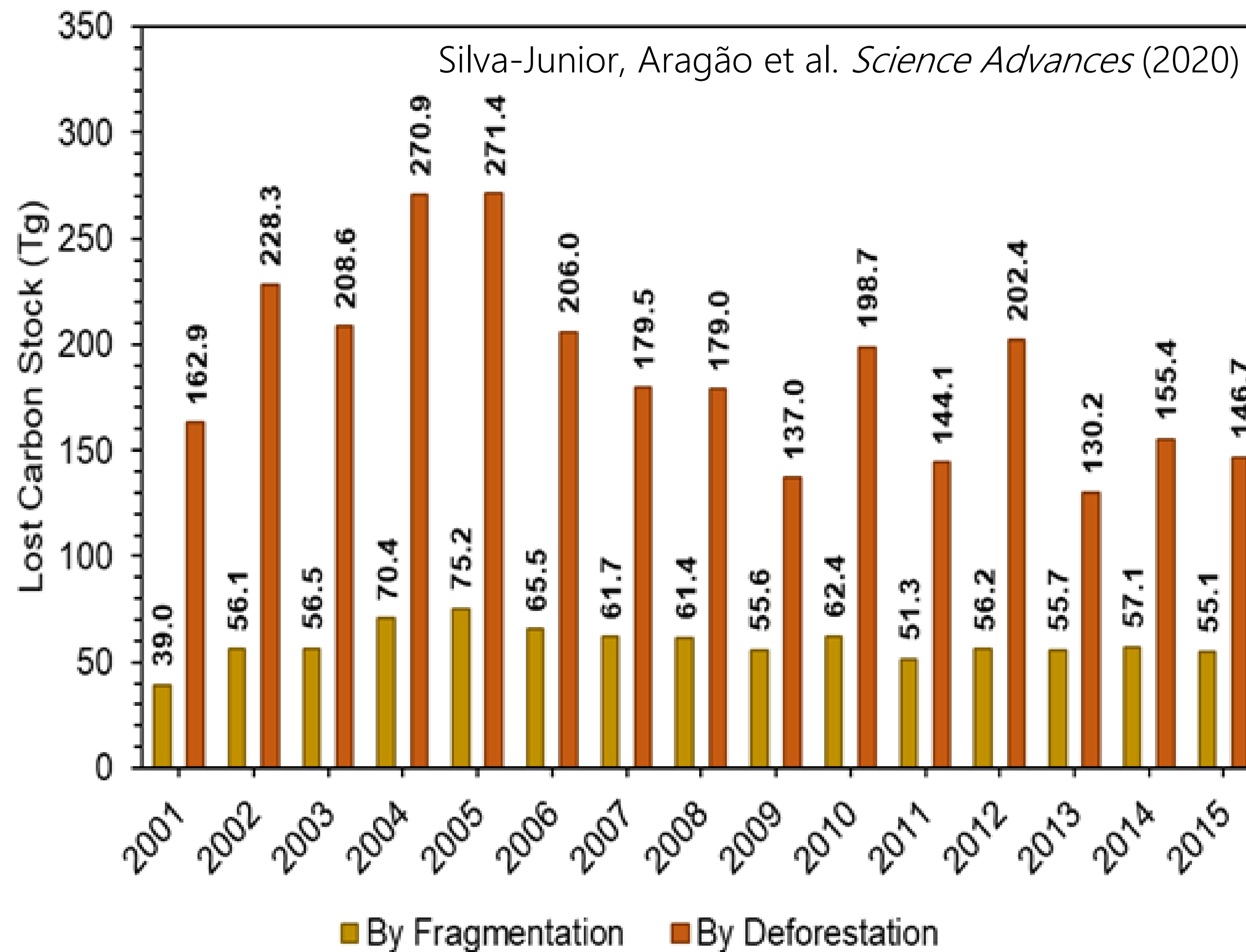
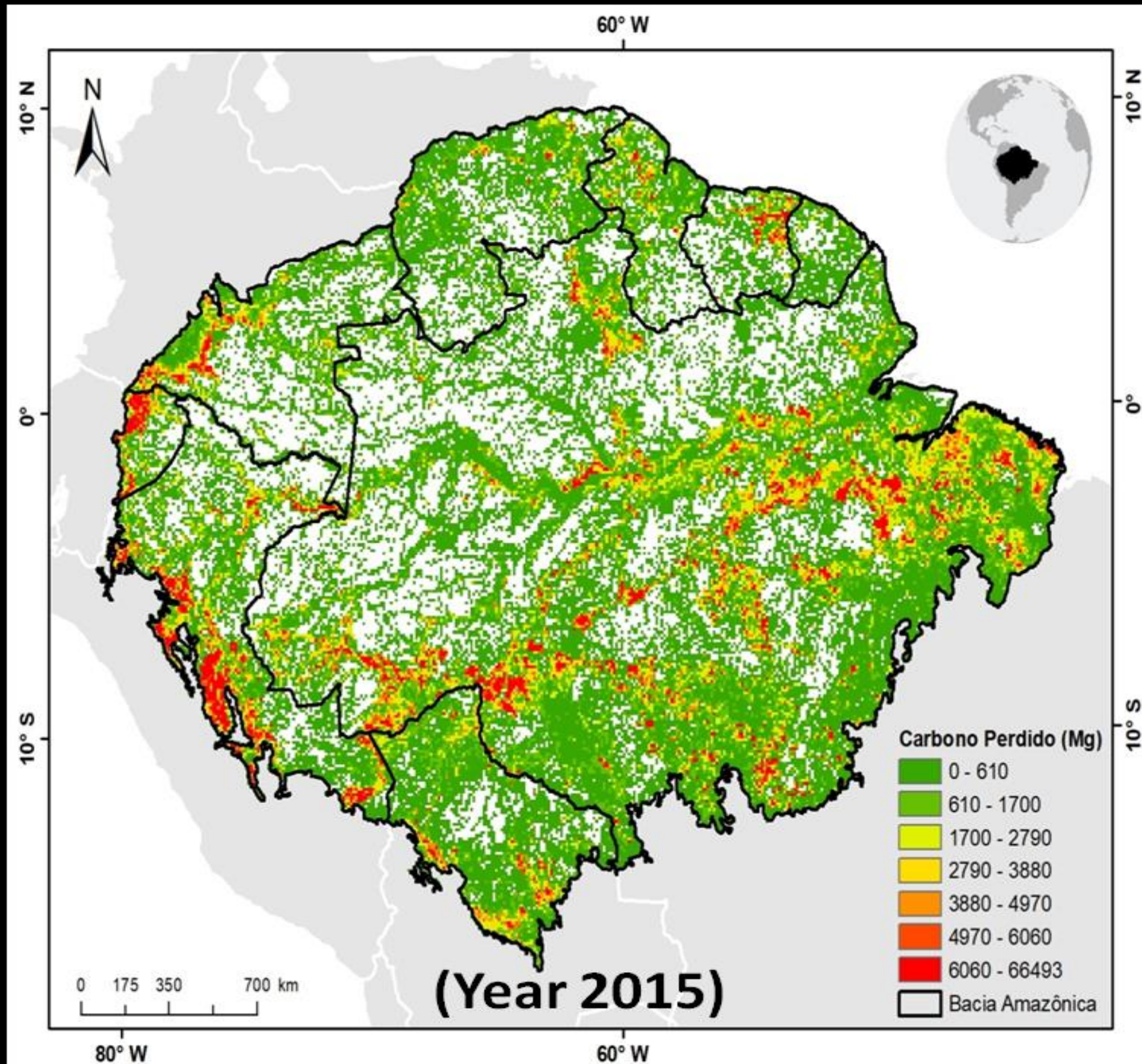
Integração de séries temporais de satélites e dados LIDAR nos permite quantificar o impacto





# Quantificação do impacto do efeito de borda

Responsáveis por cerca de 37% das emissões comprometidas brutas por desmatamento



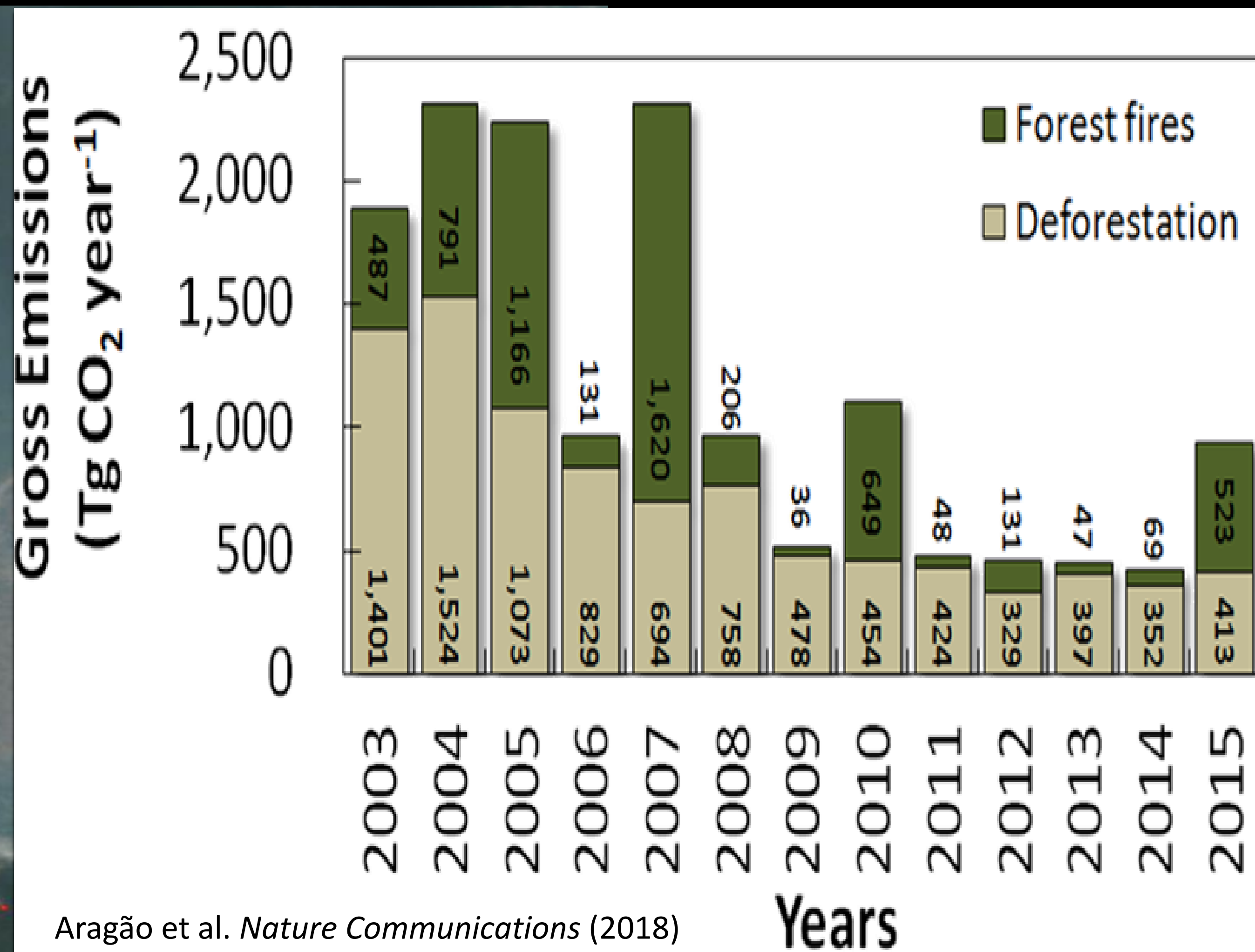


# Fogo

## Incêndios florestais causam emissões de carbono



**Os incêndios florestais contribuem, em média, com  $31 \pm 21\%$  das emissões provenientes do desmatamento. Essas emissões de incêndio excedem 50% durante anos secos.**





# As propostas legislativas não atendem as necessidades para gestão ambiental nacional

Esse aumento do desmatamento é resultado de diversas ações controversas:

Proposições de projetos de lei que levem à descriminalização da ocupação ilegal de terras públicas

**PL-2633/2020, PL-510/2021, PL-490/2007,**

**Flexibilização do licenciamento ambiental**

**PL-3729/2004**

camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2252589

PL 2633/2020 | Inteiro teor

Projeto de Lei

**Situação:** Aguardando Constituição de Comissão Temporária pela Mesa

## Projeto de Lei nº 510, de 2021

**Iniciativa:** Senador Irajá (PSD/TO)

**Assunto:** Econômico – Política fundiária e reforma agrária.

**Natureza:** Norma Geral

Texto inicial

Imprimir

### Ementa:

Altera a Lei nº 11.952, de 25 de junho de 2009, que dispõe sobre a regularização fundiária das ocupações incidentes em terras situadas em áreas da União; a Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, que institui normas para licitações e contratos da administração pública; a Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, que dispõe sobre os registros públicos; a Lei nº 13.240, de 30 de dezembro de 2015, que dispõe sobre a administração, a alienação, a transferência de gestão de imóveis da União e seu uso para a constituição de fundos; e a Lei nº 10.304, de 5 de novembro de 2001, que Transfere ao domínio dos Estados de Roraima e do Amapá terras pertencentes à União, a fim de ampliar o alcance da regularização fundiária e dar outras providências.

### Explicação da Ementa:

Dispõe sobre a regularização fundiária, por alienação ou concessão de direito real de uso, das ocupações de áreas de domínio da União; estabelece como marco temporal de ocupação a data de 25 de maio de 2012, quando foi editado o Código Florestal; amplia a área passível de regularização para até 2.500 hectares; dispensa vistoria prévia da área a ser regularizada, podendo ser substituída por declaração do próprio ocupante; e dá outras providências.

PL 490/2007 | Inteiro teor

Projeto de Lei

**Situação:**

**Acessóri de:**

**Identificação da Proposição**

<b>Autor</b>	<b>Apresentação</b>
Homero Pereira - PR/MT	20/03/2007

**Ementa**

Altera a Lei nº 6.001, de 19 de dezembro de 1973, que dispõe sobre o Estatuto do Índio.

**Dados Complementares:**

Estabelece que as terras indígenas serão demarcadas através de leis.

**Indexação**

Cadastrar para acompanhamento | Versão anterior da ficha | Versões para impressão

PL 3729/2004 | Inteiro teor

Projeto de Lei

**Situação:** Aguardando Apreciação pelo Senado Federal

**Acessóri de:**

**Identificação da Proposição**

<b>Autor</b>	<b>Apresentação</b>
Luciano Zica - PT/SP, Walter Pinheiro - PT/BA, Zezéu Ribeiro - PT/BA e outros	08/06/2004

**Ementa**

Propostas-legislativas/257161

# As ameaças do desmatamento à economia nacional



Plantação de soja em MT. Foto: IPAM



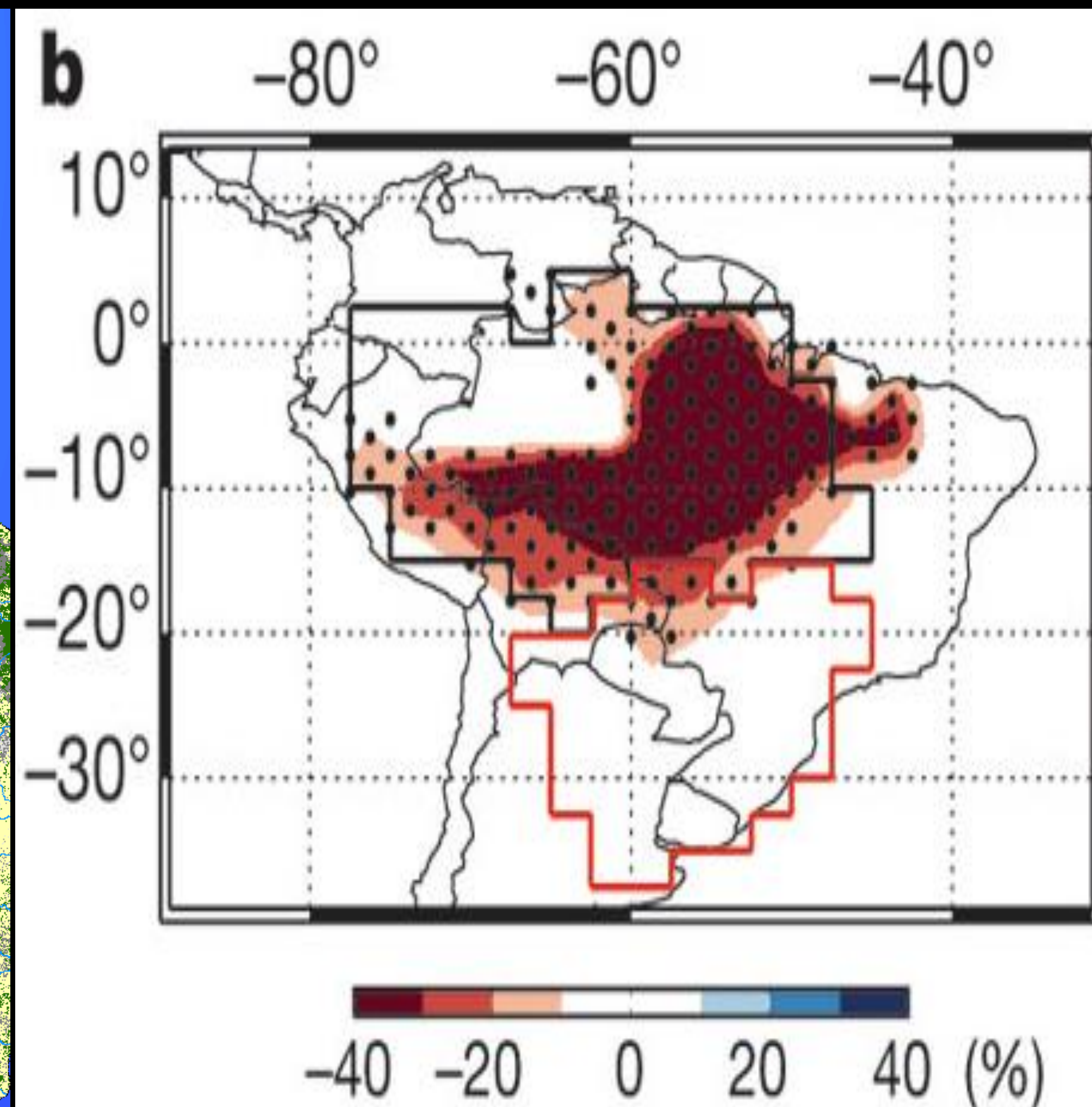
# Impacto no ciclo hidrológico

Autômatos celulares e regressões empíricas



Cenários de desmatamento

Efeito no ciclo hidrológico em 2050





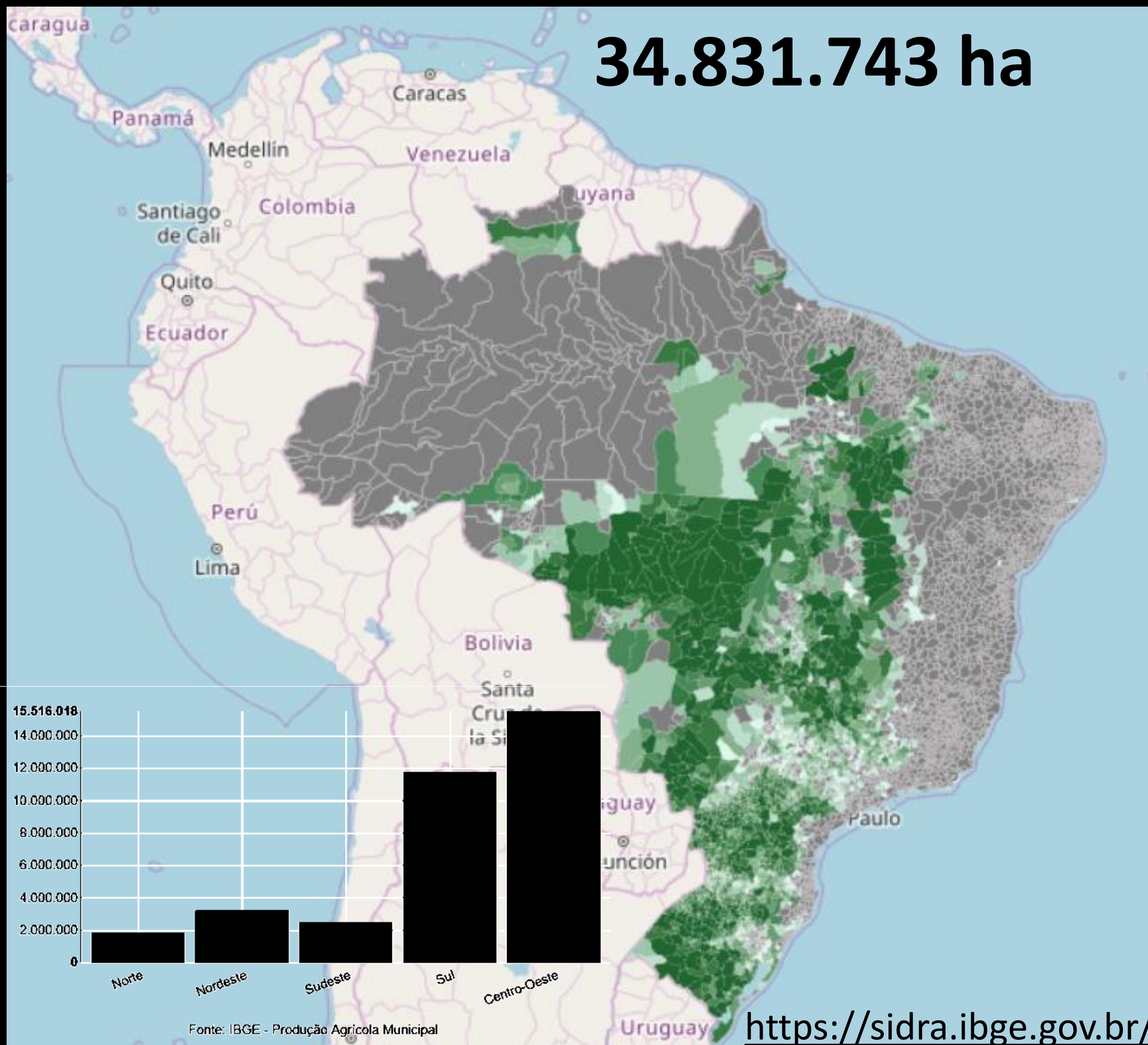


# Segurança alimentar em risco

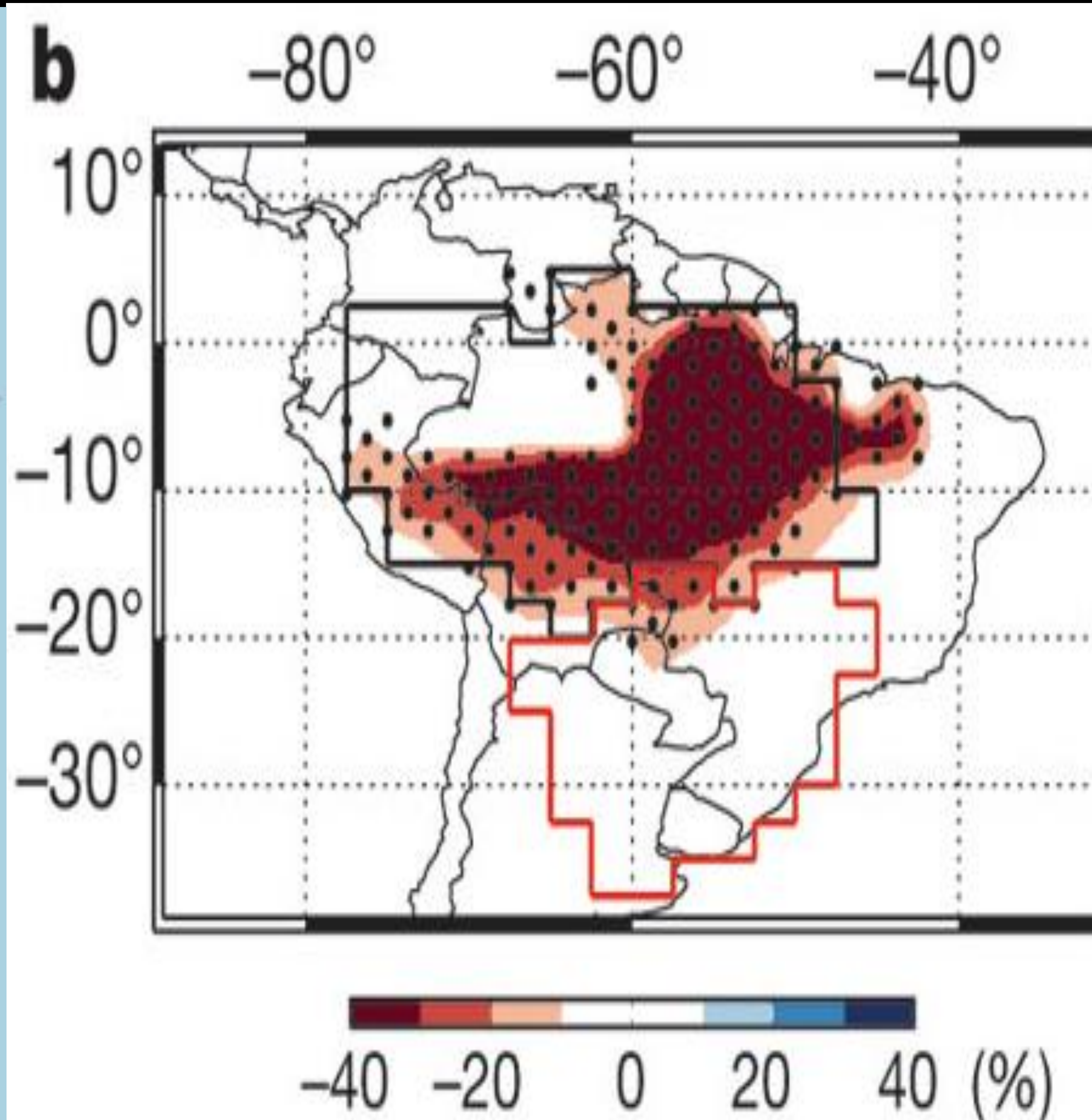


## Área total plantada em 2018

### 34.831.743 ha



## Redução de chuva em 2050



# Risco de enfraquecimento econômico

Queda nas exportações por redução de produção agrícola e embargos devido ao desmatamento





# Perdas econômicas devido às queimadas



- O prejuízo do ano de seca de 2010 foi de ~ US\$ 243,36 ± 85,05 milhões e, em todo o período (2008-2012), US\$ 307,46 ± 85,41 milhões.
- Esses valores representam 7,03 ± 2,45% e 9,07 ± 2,46% do PIB do Acre Essa perda poderia cobrir os custos anuais do PPCDAm para toda a Amazônia brasileira



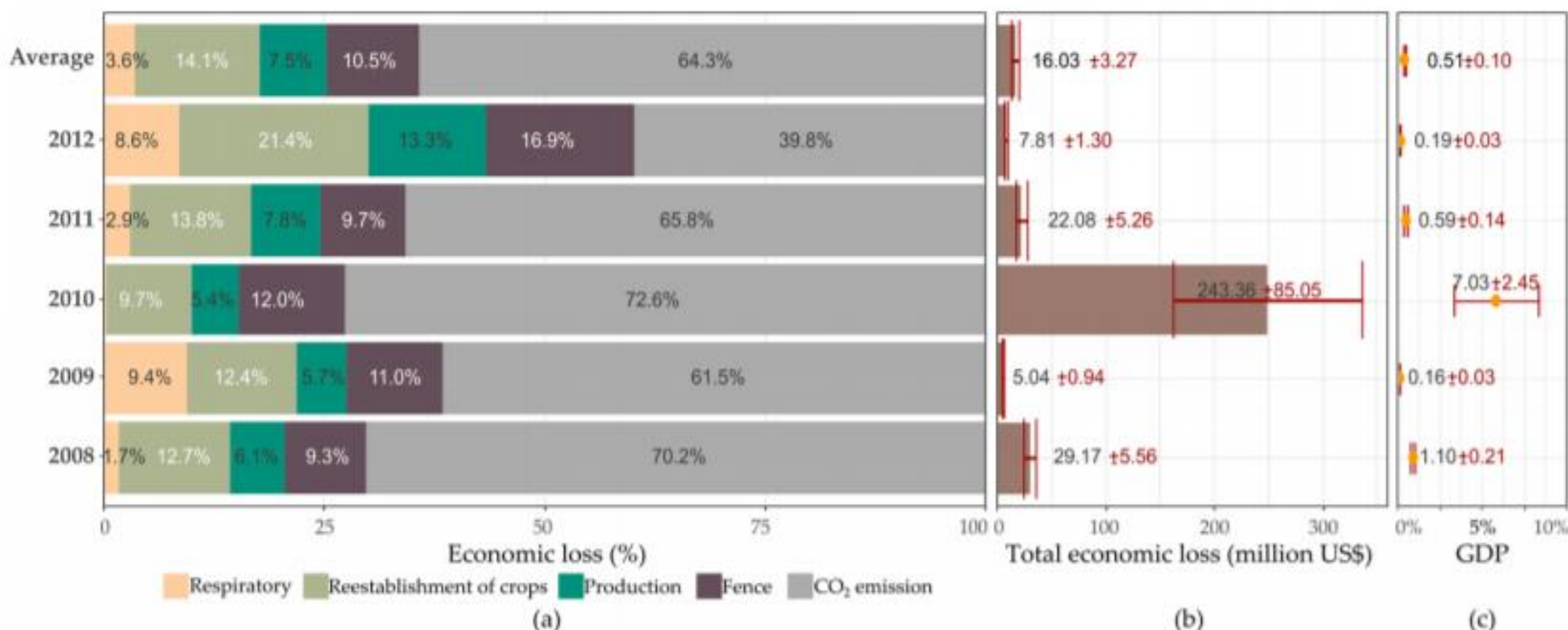
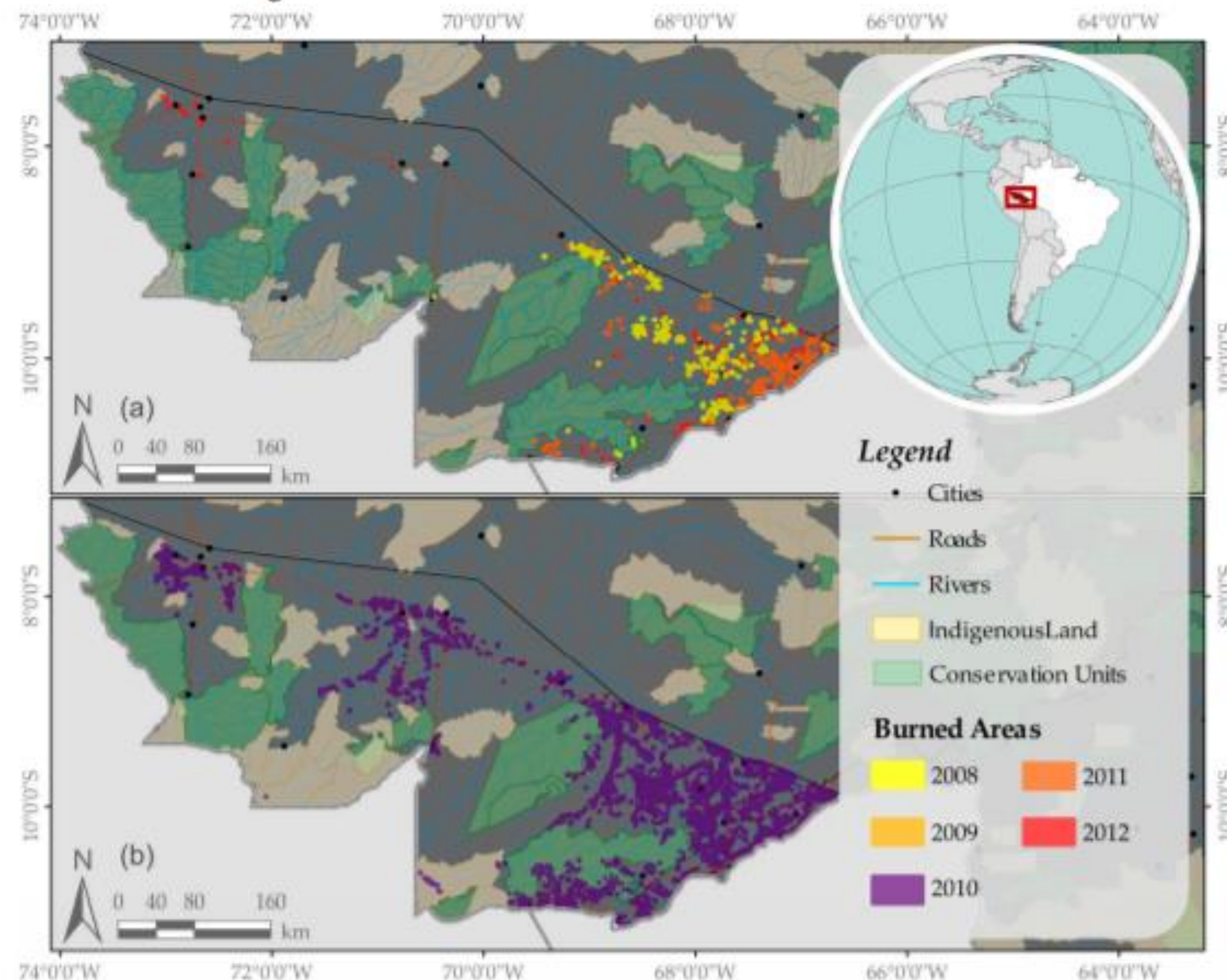
remote sensing



Article

## Translating Fire Impacts in Southwestern Amazonia into Economic Costs

Wesley A. Campanharo <sup>1,\*</sup>, Aline P. Lopes <sup>1</sup>, Liana O. Anderson <sup>2</sup>, Thiago F. M. R. da Silva <sup>3</sup> and Luiz E. O. C. Aragão <sup>1,4</sup>



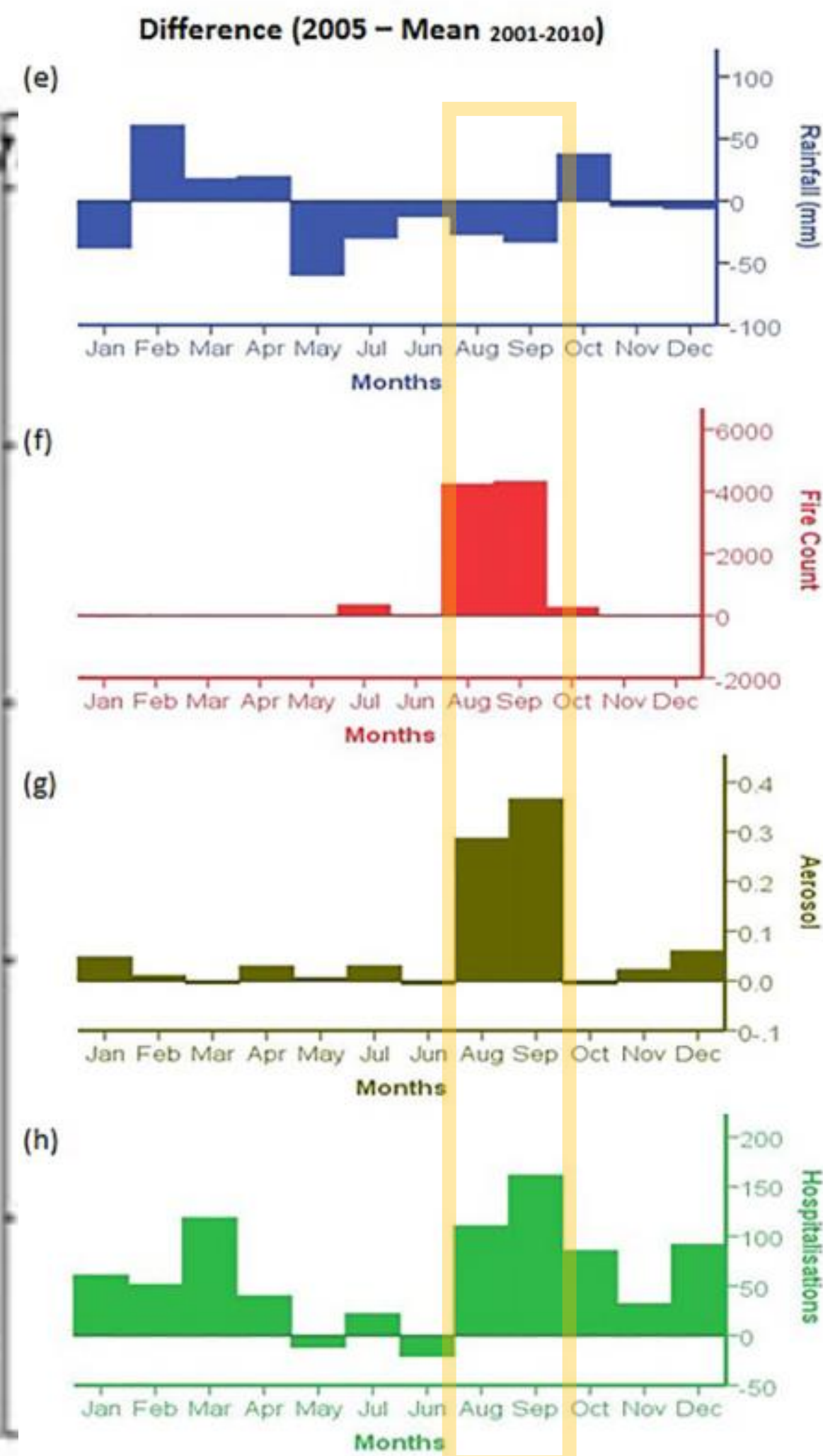
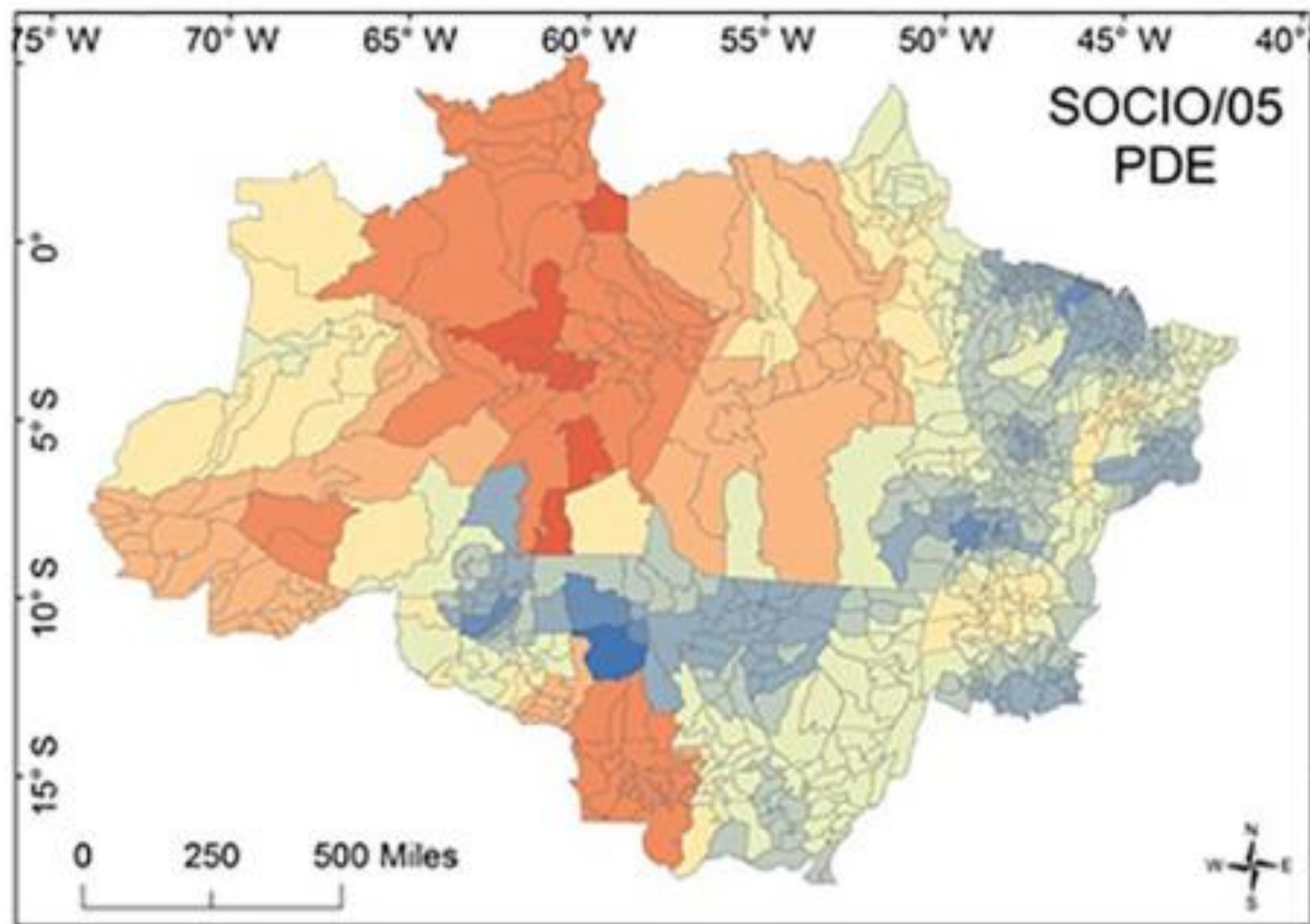


# Risco para a saúde da população



## Aumento no número de internações em regiões com mais queimadas e menor IDH

c) 2005 PDE SOCIO model



Smith,...Aragão *et al. Scientific Reports (2014)*



# Projeções para o planejamento de longo-prazo

## As atividades humanas são os principais impulsionadores do aumento do fogo. Eles podem ser gerenciados com políticas eficazes



Received: 22 December 2018 | Revised: 26 April 2019 | Accepted: 8 May 2019

DOI: 10.1111/gcb.14709

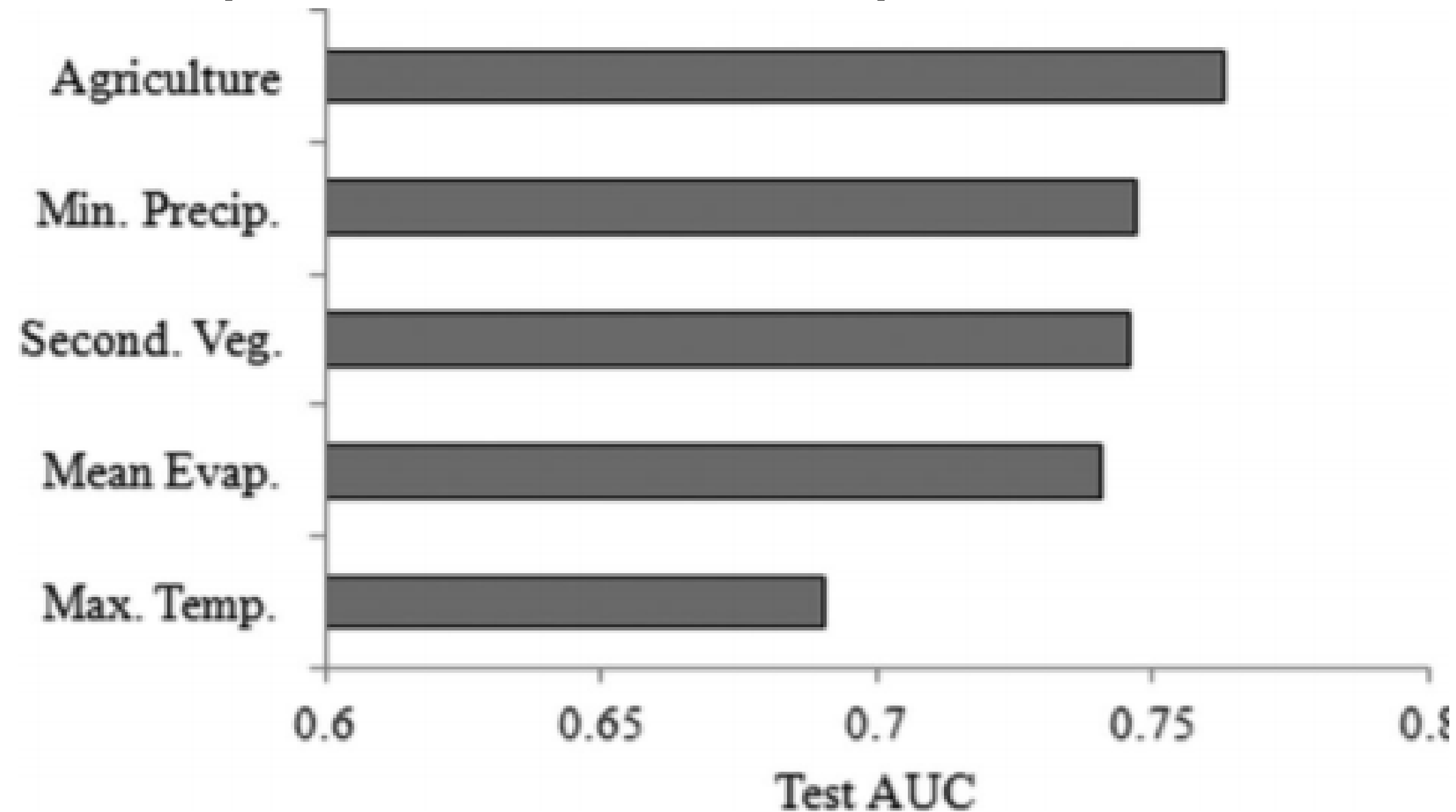
PRIMARY RESEARCH ARTICLE

Global Change Biology WILEY

### Effects of climate and land-use change scenarios on fire probability during the 21st century in the Brazilian Amazon

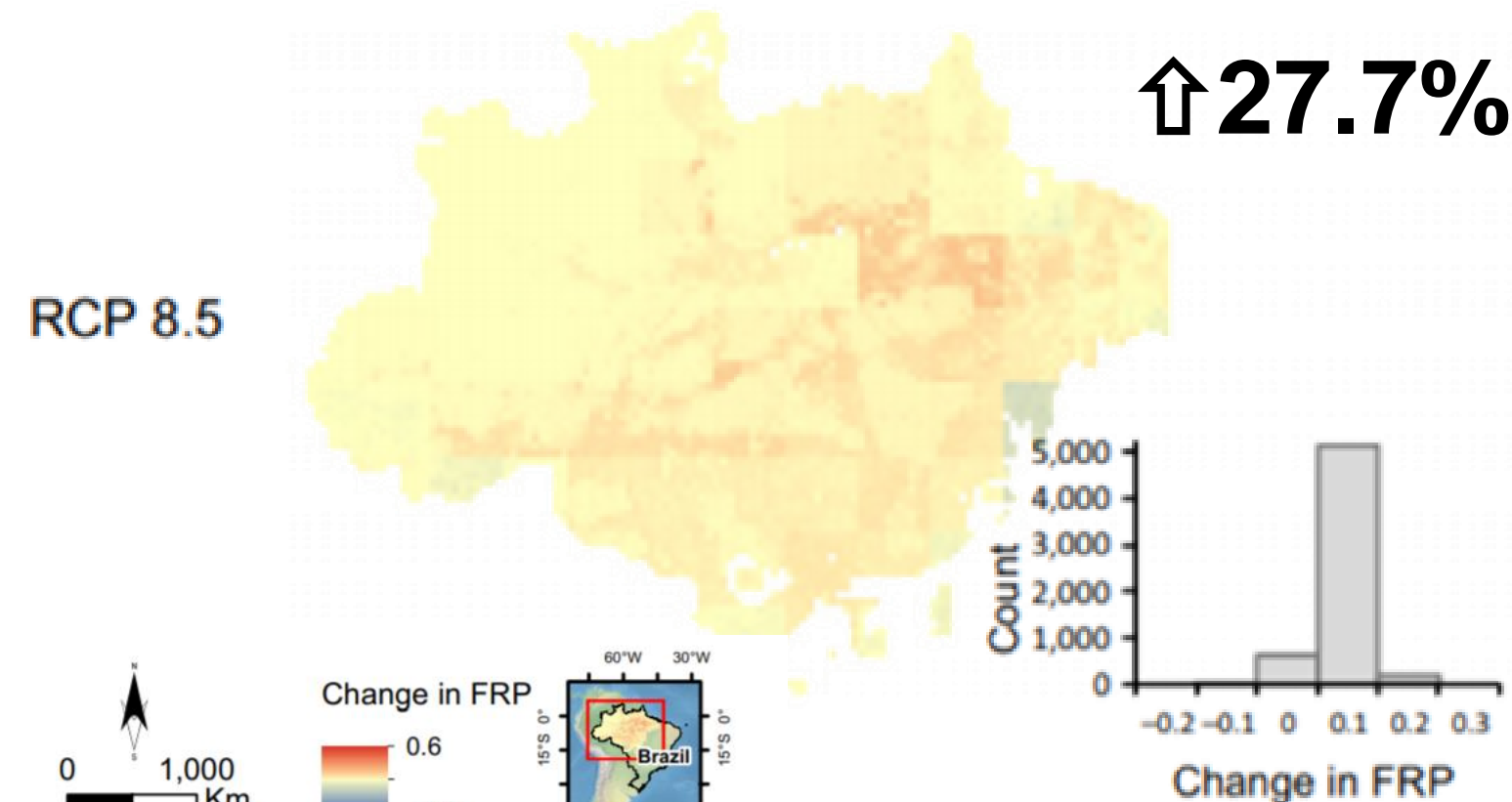
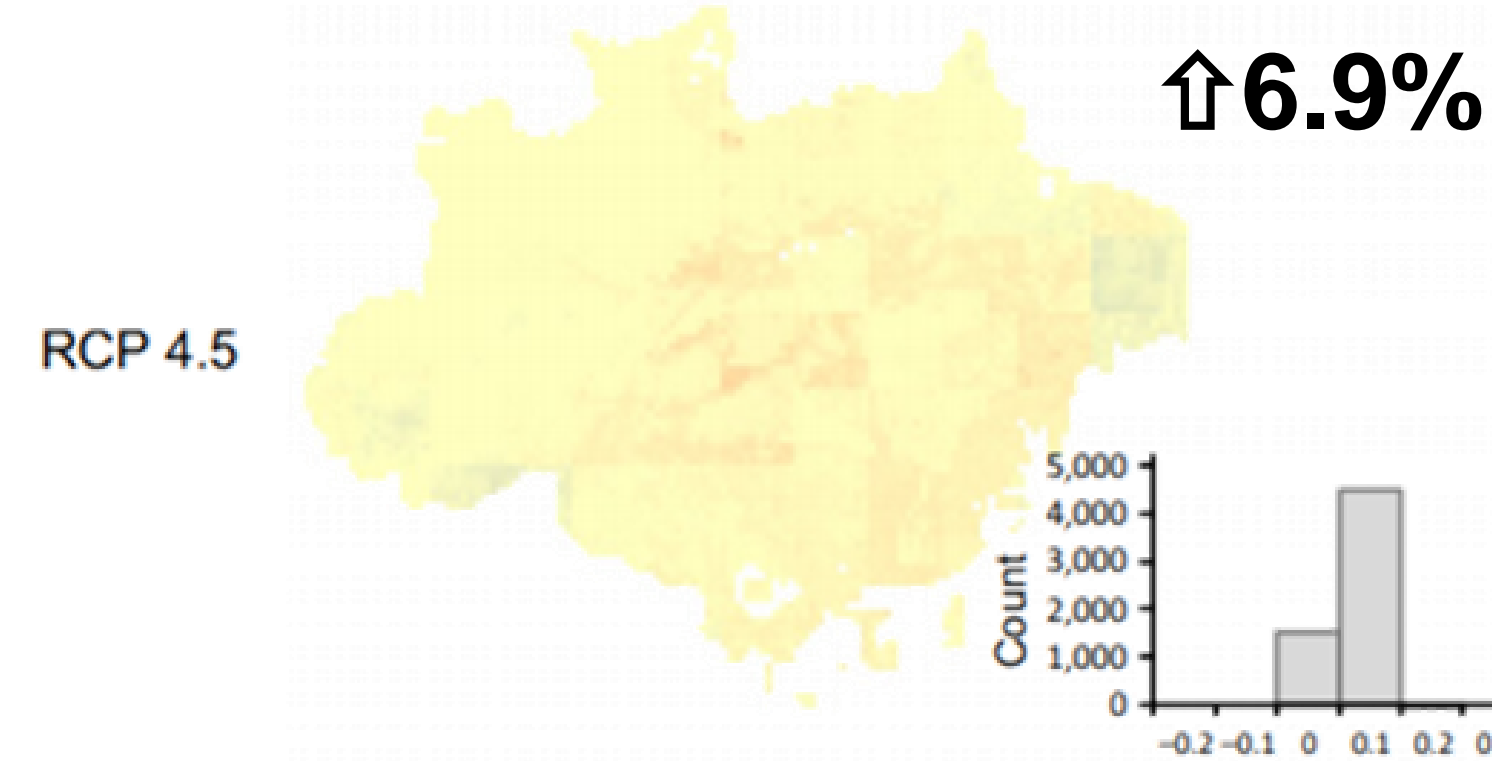
Marisa Gesteira Fonseca<sup>1</sup> | Lincoln Muniz Alves<sup>2</sup> | Ana Paula Dutra Aguiar<sup>2</sup> | Egidio Arai<sup>1</sup> | Liana Oighenstein Anderson<sup>3</sup> | Thais Michele Rosan<sup>1</sup> | Yosio Edemir Shimabukuro<sup>1</sup> | Luiz Eduardo Oliveira e Cruz de Aragão<sup>1,4</sup>

#### Importância de cada variável para o modelo



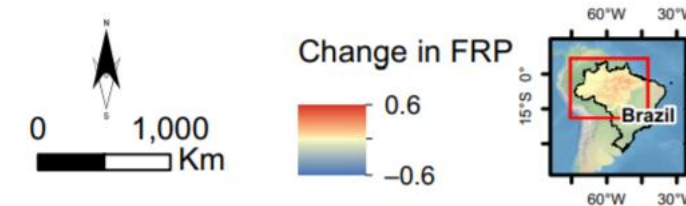
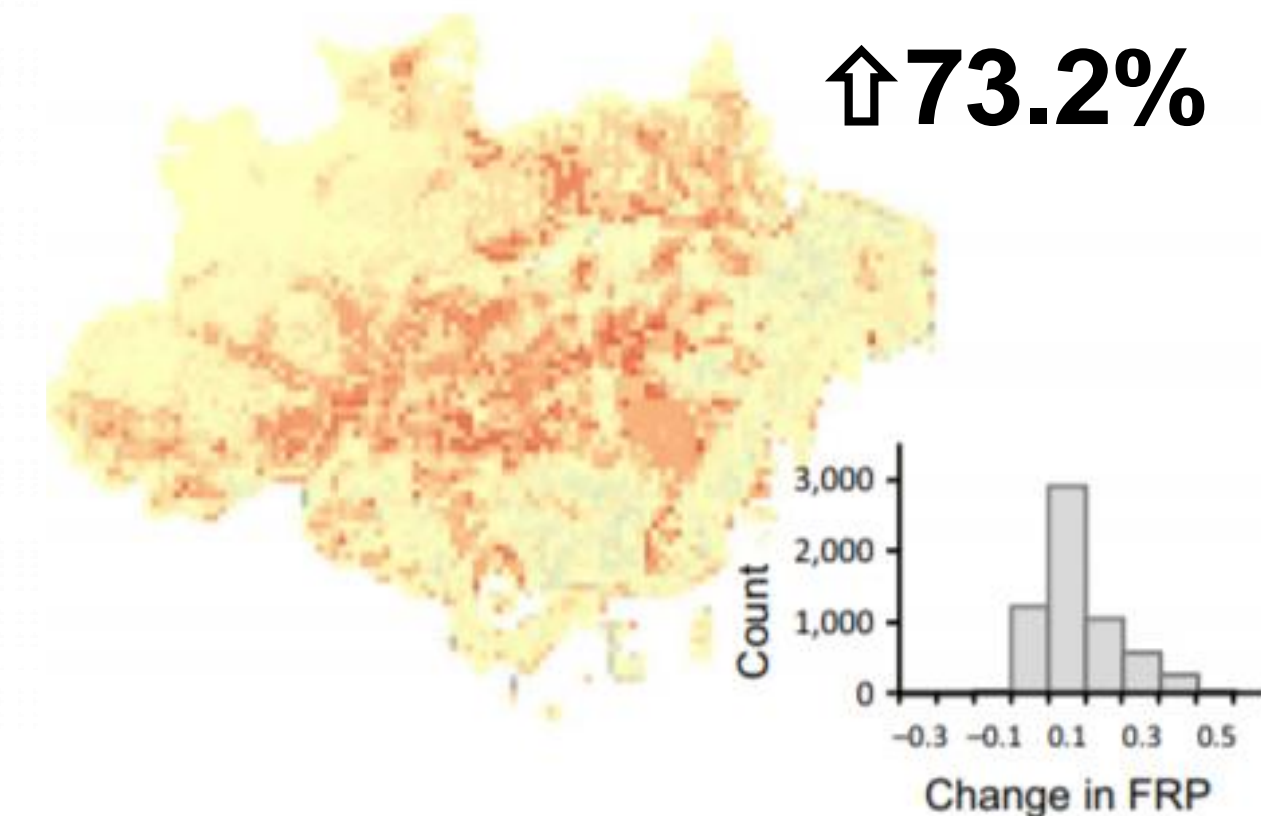
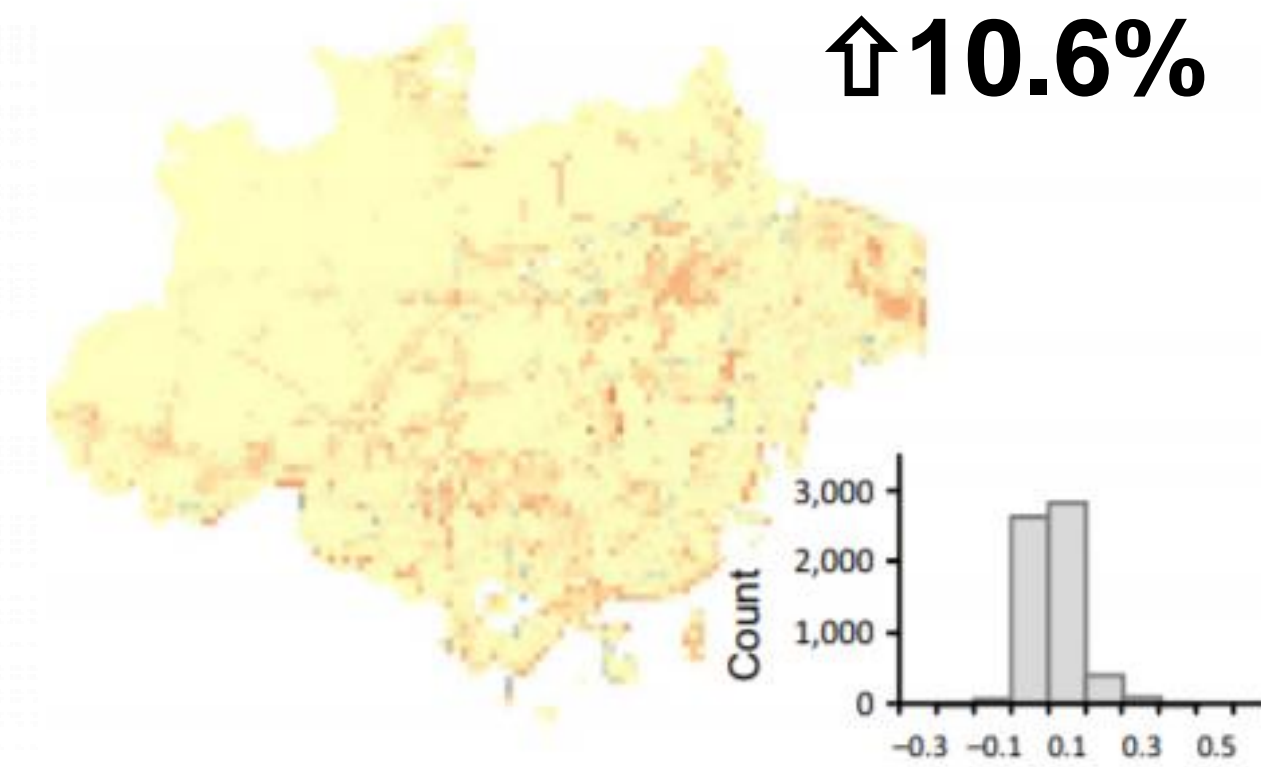
#### Clima (CMIP5)

2041–2070



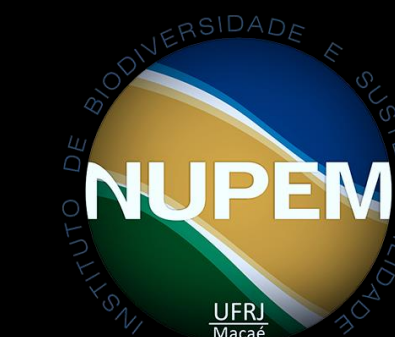
#### Uso da terra (INPE)

2041–2070





**UFRJ**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO

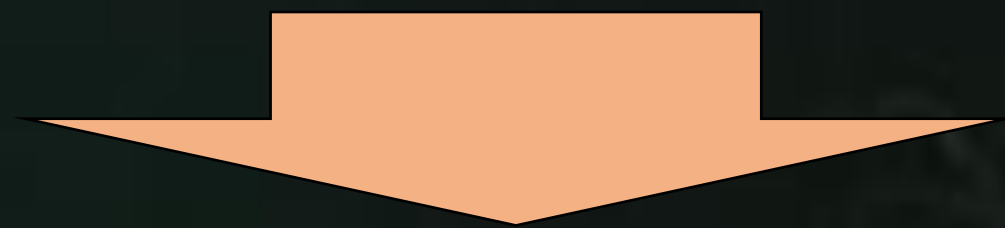


# CONHECIMENTO E TECNOLOGIAS PARA REVERSÃO DO PROBLEMA

**Como mitigar a degradação ambiental para  
atingir a sustentabilidade?**



**Mudanças no modelo atual de  
desenvolvimento**

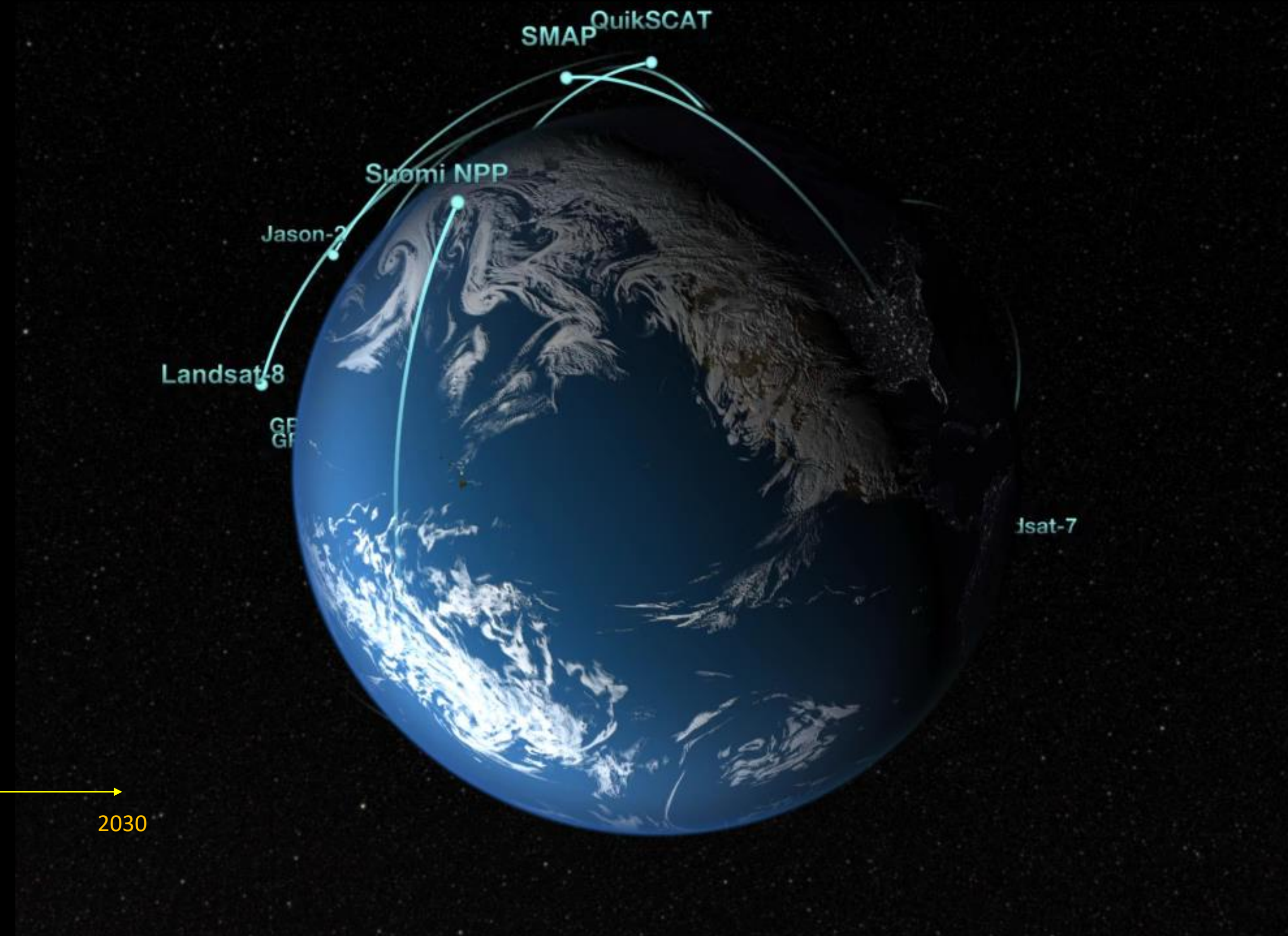
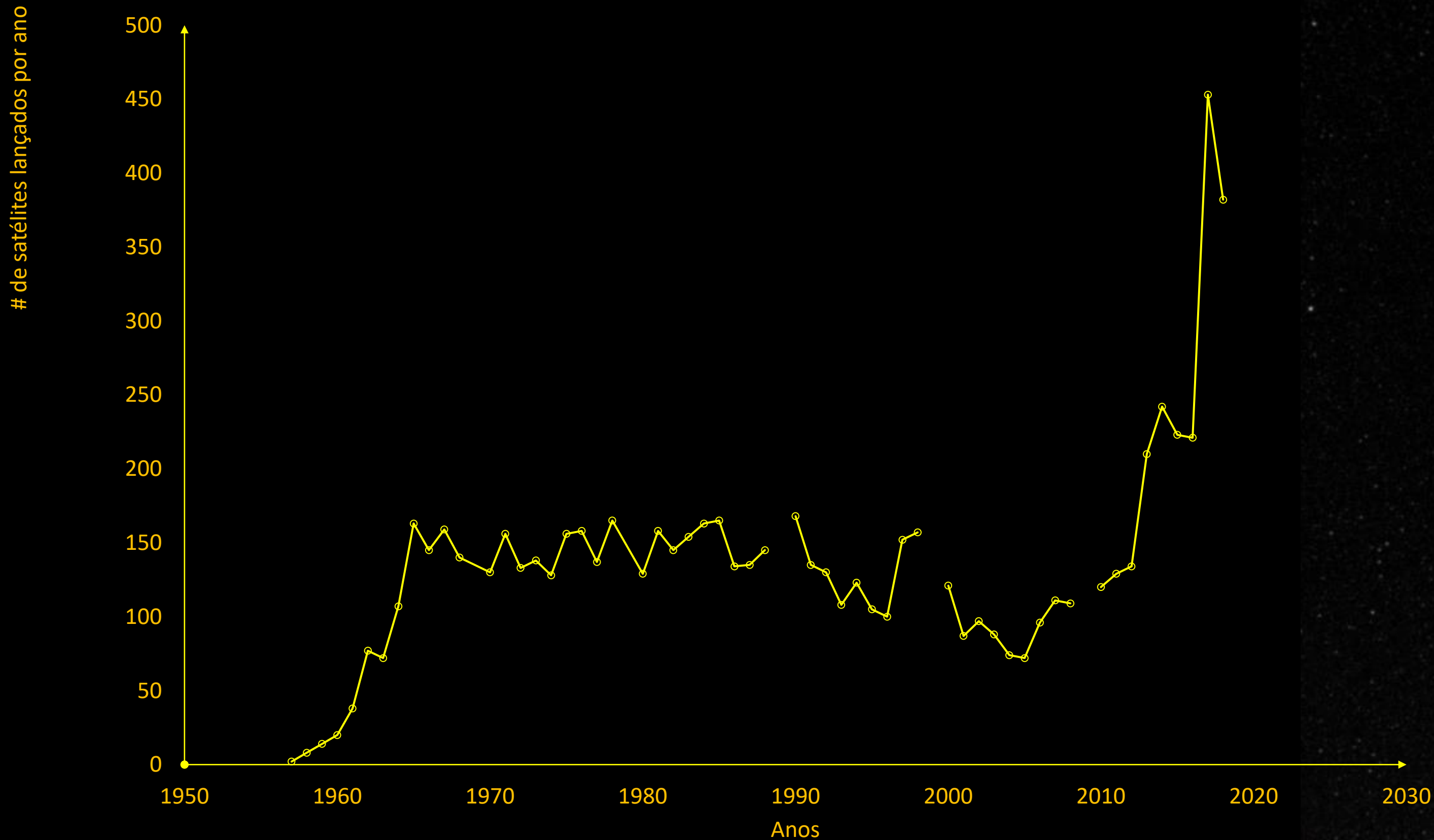


**Gestão ambiental territorial**



# Geotecnologias inovadoras e disponíveis

Existem, atualmente, 1.957 satélites ativos em órbita, representando um pouco menos que 40% de todos os satélites orbitando o planeta. Destes ativos, 735 (38%) realizam a Observação da Terra.







# Uma breve visão geral da história

UNIDADE DE PESQUISA DO MCTI



- O INPE surgiu no início da década de 1960, motivado pelas conquistas espaciais obtidas pela União Soviética e pelos Estados Unidos.
- Em 1957, os soviéticos lançaram o primeiro satélite ao espaço, Sputnik. Um ano depois, foi a vez dos Estados Unidos colocarem o Explorador em órbita da Terra.
- Fernando de Mendonça e Júlio Alberto de Moraes Coutinho, construíram uma estação de rastreamento, com a qual conseguiram captar os sinais dos dois satélites
- Em agosto de 1960, Jânio Quadros, assinou o decreto que criaria o Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais (GOCNAE), o embrião do que se tornaria o INPE



UNIDADE DE PESQUISA DO MCTI

# Sensoriamento Remoto para ciências ambientais aplicadas

1966 - Projeto MESA - Meteorologia por Satélite

1969 - Projeto Sensoriamento Remoto (SERE) -

Treinamento para missões de monitoramento dos recursos naturais.

70' s - Brasil terceiro país a receber dados LANDSAT

1972 - Mestrado em Sensoriamento Remoto (>1000 mestres)

1978 - 1º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto

-> 21º em 2023

80's - Programas de monitoramento de queimadas e desmatamento

1998 - Doutorado em Sensoriamento Remoto (>160 doutores)

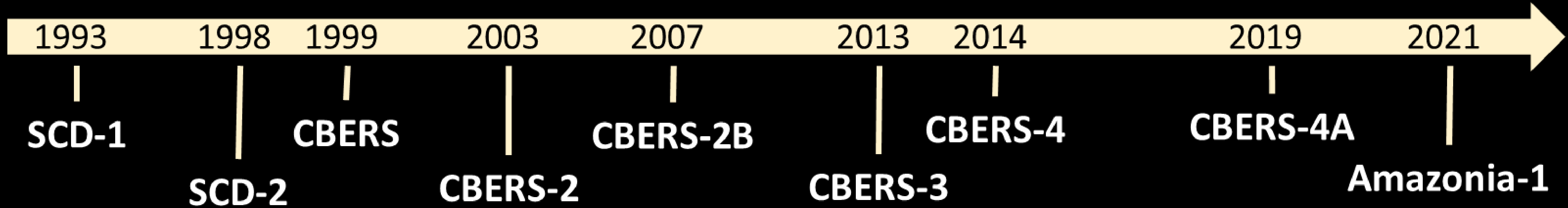




UNIDADE DE PESQUISA DO MCTI

# Satélites brasileiros

## Brazilian Satellites





# Os Satélites Brasileiros

Angra\_CBERS4A\_Câmera\_WPM: 2m resolução espacial





# Os Satélites Brasileiros

Rio de Janeiro\_CBERS4\_Câmera\_PAN: 5m resolução espacial





# Os Satélites Brasileiros

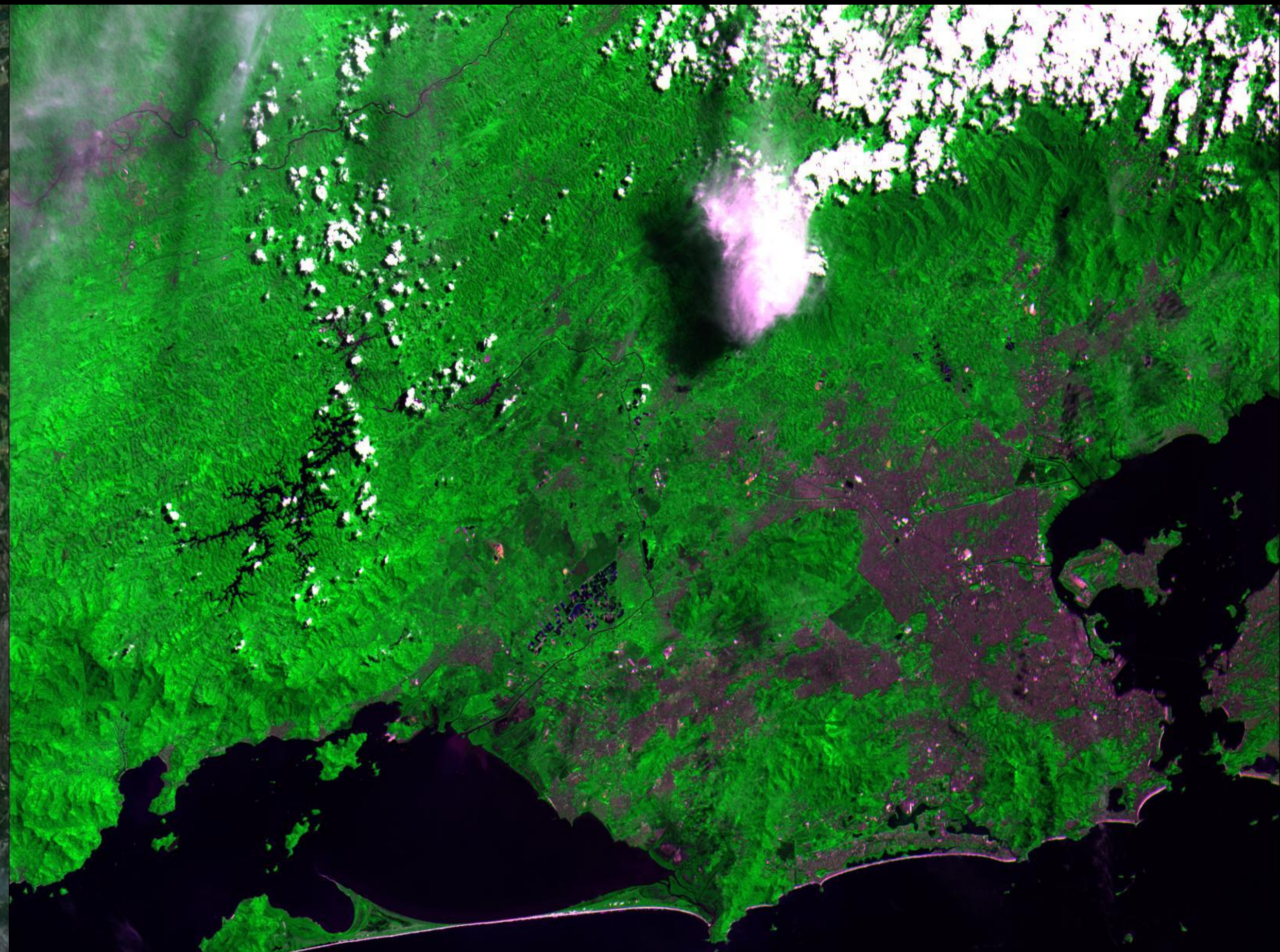
Amazônia\_Amazônia1\_Câmera\_WFI: 60m resolução espacial



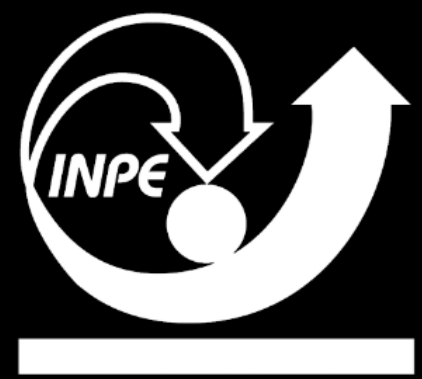
Camera WFI: ~60m – Primeiras imagens do AMAZONIA-1



Composição cor verdadeira mostrando as áreas agrícolas ao longo do rio São Francisco e seu entorno no município de Ibotirama, BA



Composição colorida falsa cor mostrando a região metropolitana do Rio de Janeiro e seu entorno. Em destaque abaixo do lado esquerdo a área de Restinga da Marambaia.



# Os Satélites Brasileiros



Camera WFI: ~60m – CBERS4, CBERS4A, AMAZONIA-1

Camera MUX: ~20m – CBERS4, CBERS4A

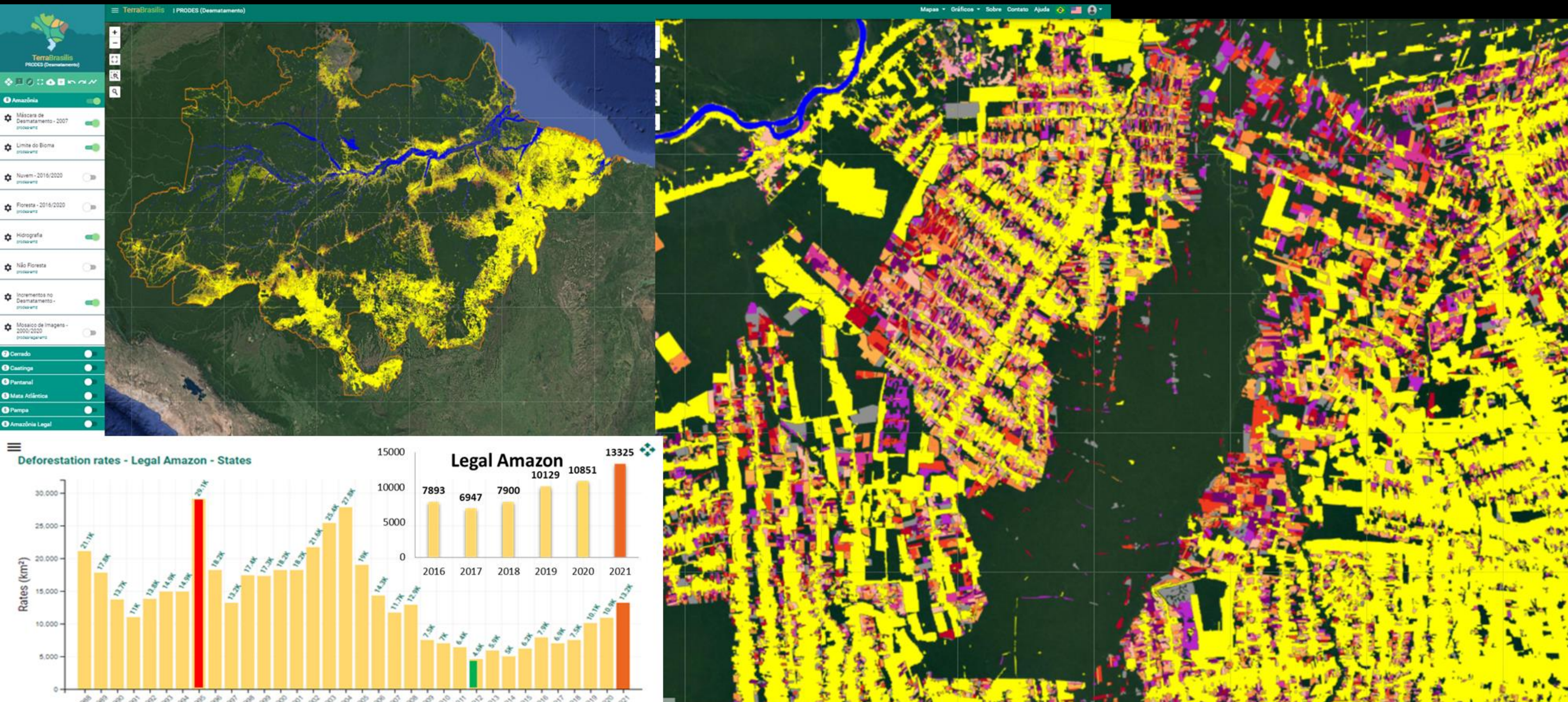




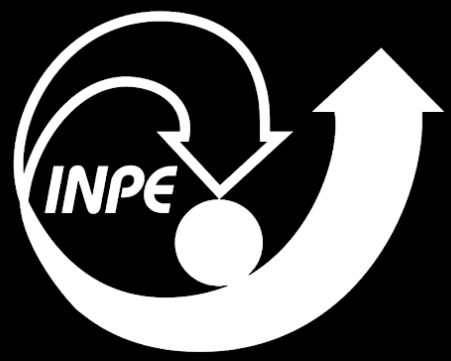
# Capacidade de monitoramento e disponibilização de informações (PRODES)



<http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/alerts/legal/amazon/aggregated/>







# Mapa de alertas diários de desmatamento

## DETER

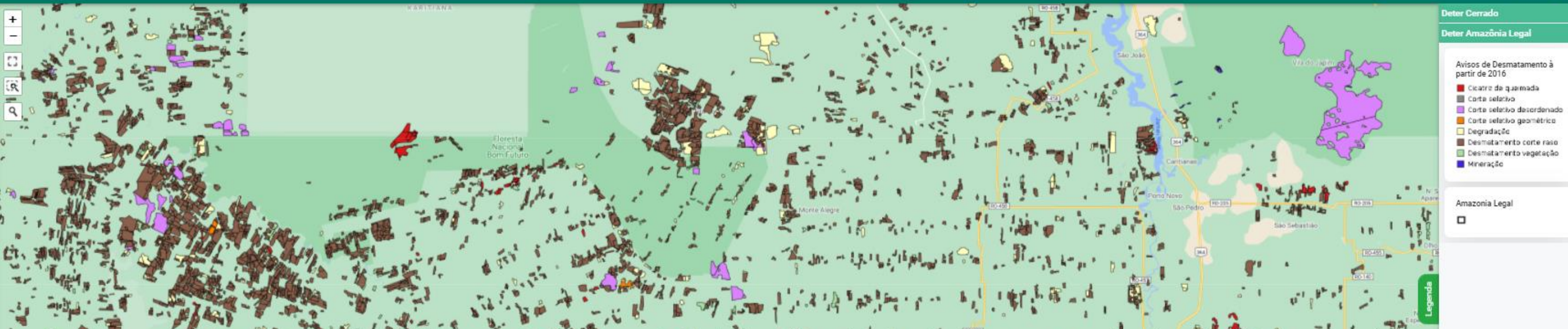
UNIDADE DE PESQUISA DO MCTI

⚠ Não seguro | terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/map/alerts

🔍 🌟 🗺️ 🏠 🌐 🇺🇸 🇧🇷 🇺🇸 Atualizar

TerraBrasilis | DETER (Avisos)

Mapas ▾ Gráficos ▾ Sobre Contato Ajuda 🇺🇸 🇧🇷 🇺🇸



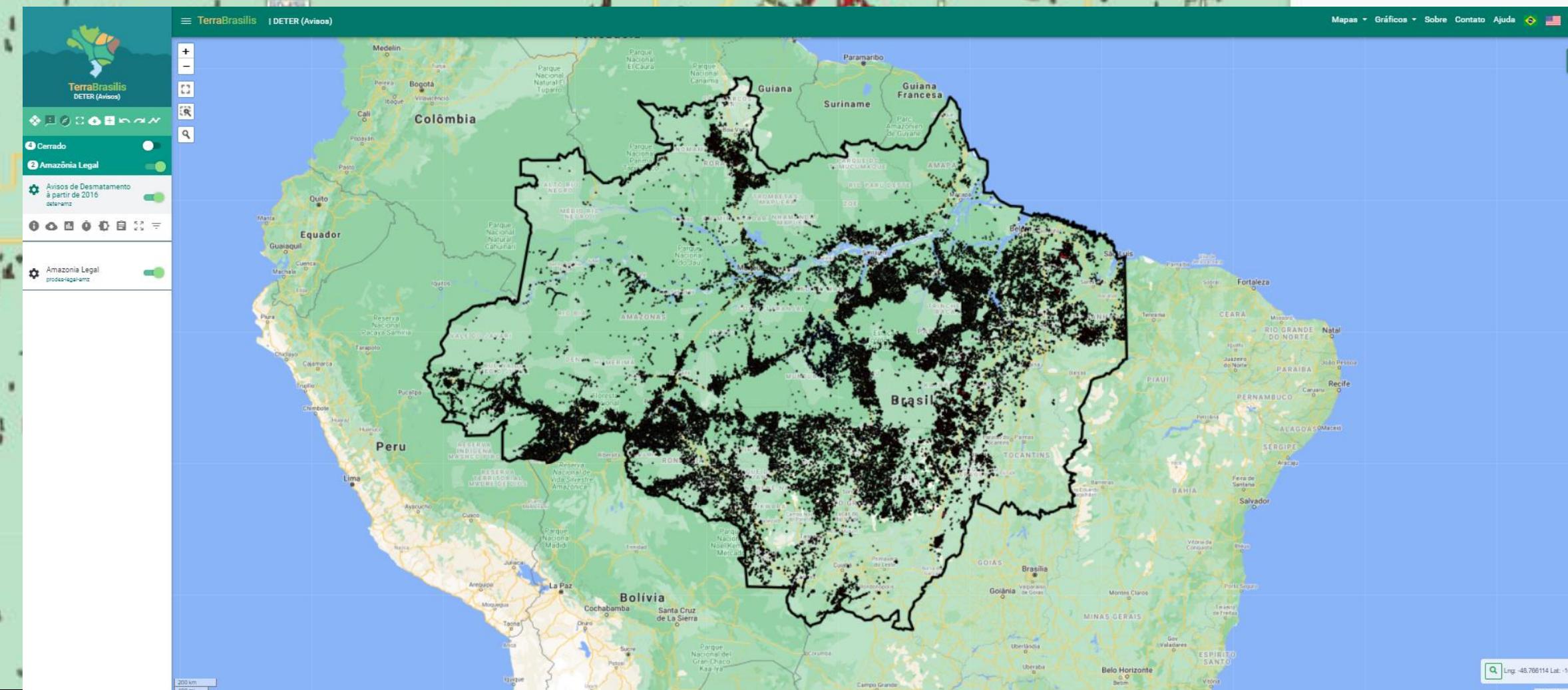
**Deter Cerrado**

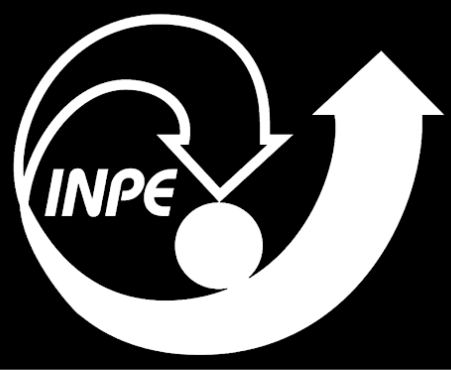
**Deter Amazônia Legal**

Avisos de Desmatamento à partir de 2016

- 🔴 Cicatriz de queimada
- 🟪 Corte seletivo
- 🟠 Corte seletivo desordenado
- 🟡 Corte seletivo geométrico
- 🟡 Degradação
- 🟤 Desmatamento corte raso
- 🟢 Desmatamento vegetação
- 🟠 Mineração

Amazonia Legal





UNIDADE DE PESQUISA DO MCTI

# Alertas diários de desmatamento

## Painel analítico DETER

**TerraBrasilis**  
DETER (Avisos)

Gráficos - Avisos Diários

- Amazônia Legal
- Bioma Cerrado

Gráficos - Agregado Mensal

- Amazônia Legal
- Bioma Cerrado

Ferramentas

- Baixar Dados
- Imprimir Gráficos

TerraBrasilis | DETER (Avisos)

Mapas Gráficos Sobre Contato Ajuda

### Análise - Amazônia Legal

Área dos avisos (km²) Número de avisos

Avisos de desmatamento  
8.355,53 km²

Avisos de degradação

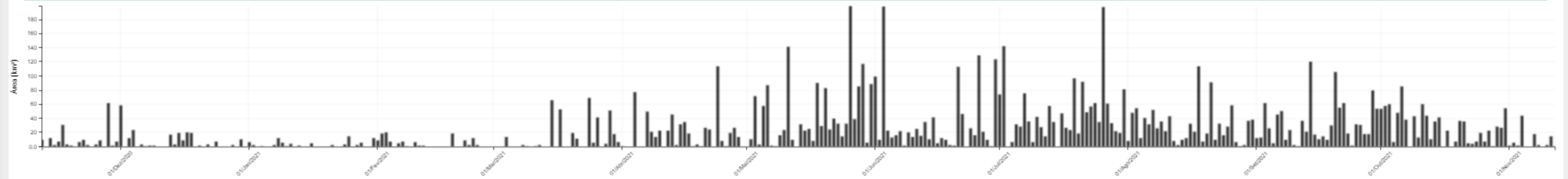
Todas as classes de aviso

Número de avisos  
40.073

### Distribuição de área ao longo do tempo

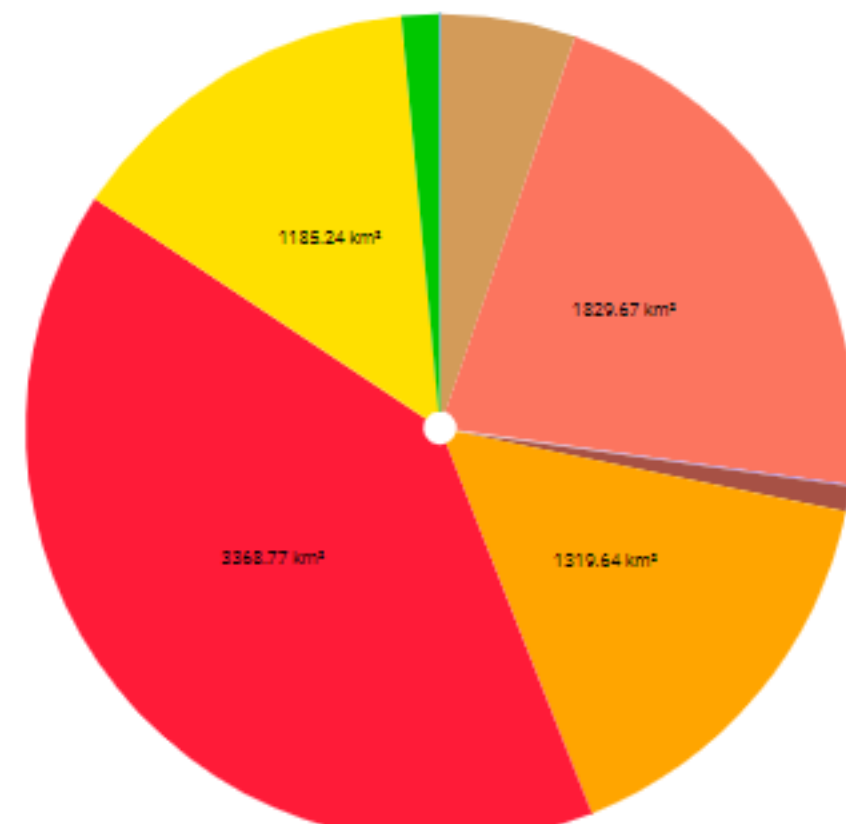
Alterar o intervalo: 11/11/2020 12/11/2021

Atualizado até: 12/11/2021



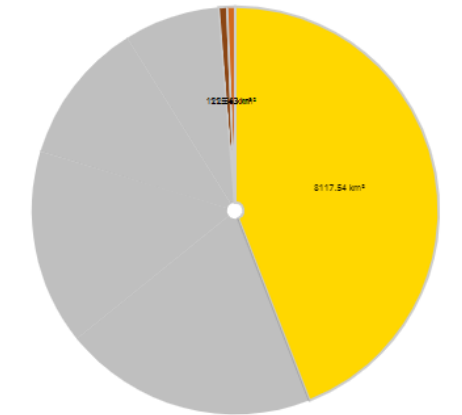
### Área por Estados

- AC
- AM
- AP
- MA
- MT
- PA
- RO
- RR
- TO

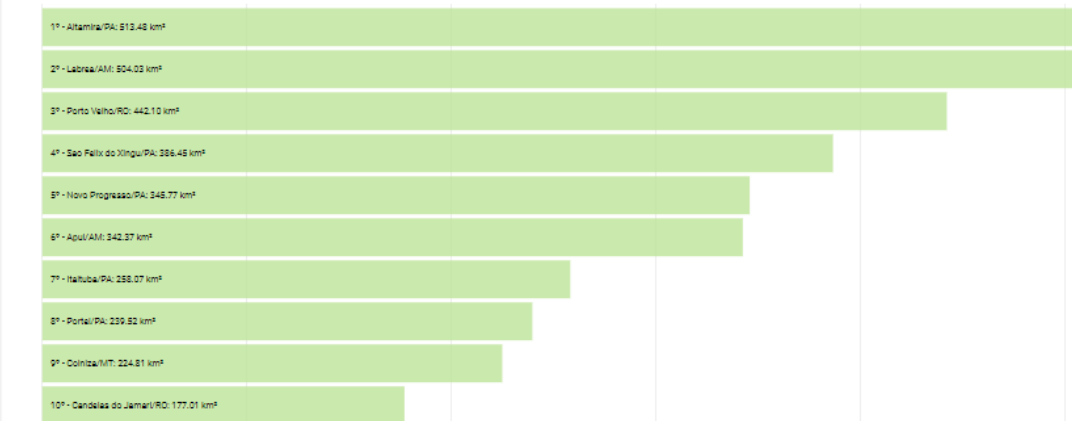


### Área por Classes

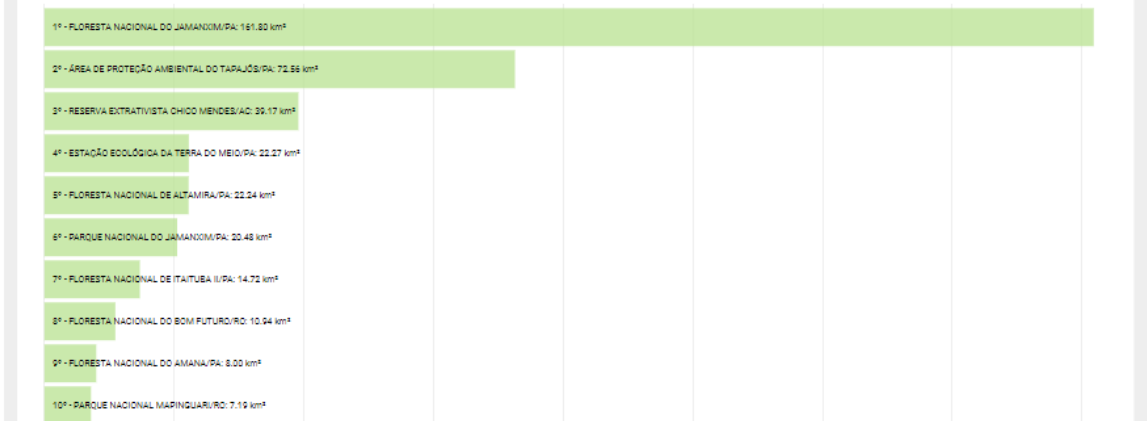
- Desmatamento com Solo Escuro
- Desmatamento com Solo Escuro
- Desmatamento com Solo Escuro
- Desmatamento com Solo Escuro
- Desmatamento com Solo Escuro
- Desmatamento com Solo Escuro
- Desmatamento com Solo Escuro
- Desmatamento com Solo Escuro
- Desmatamento com Solo Escuro
- Desmatamento com Solo Escuro



### Municípios com maior área de desmatamento



### Áreas de proteção com maior área de desmatamento





# Capacidade de monitoramento e disponibilização de informações



## Uma política de prevenção e combate do fogo também requer informações



**FILTROS**

CONTINENTES  
América do Sul

PAÍSES  
Todos os países  
Argentina  
Bolívia  
Brasil  
Chile

ESTADOS  
Todos os estados  
ACRE  
ALAGOAS  
AMAPÁ  
AMAZONAS

MUNICÍPIOS BRASILEIROS  
Municípios Brasileiros

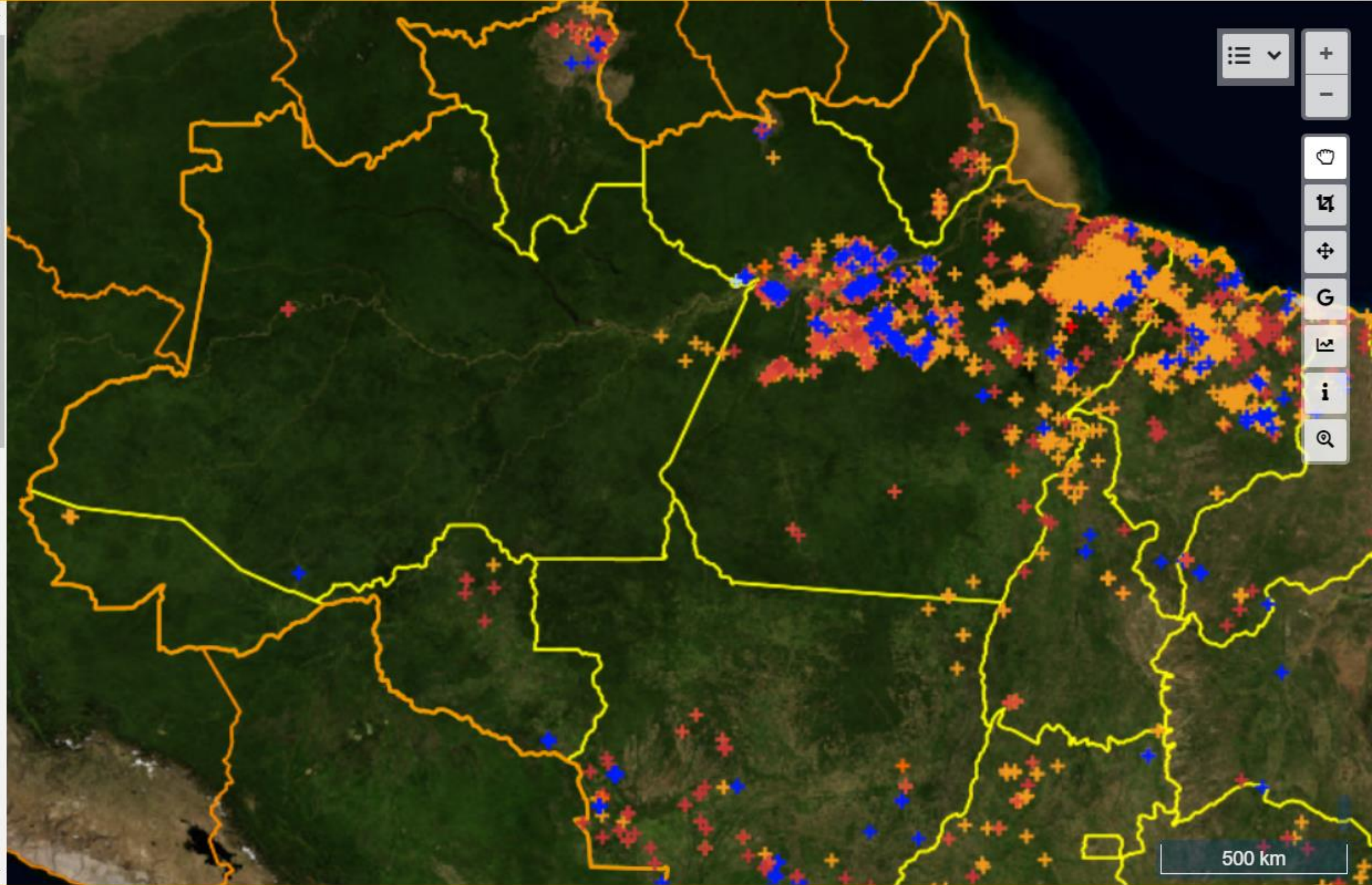
UCS / TIS BRASILEIRAS  
UCs / TIs Brasileiras

INTERNO  APENAS BUFFER 5KM  APENAS BUFFER 10KM

DATA INÍCIO (UTC): 2021/11/08  
DATA FIM (UTC): 2021/11/09

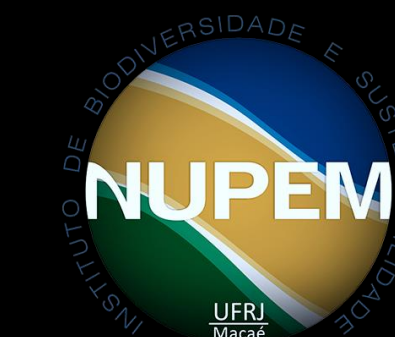
SATÉLITES  
TODOS  
Satélite de referência (A...  
Terra Manhã  
Terra Tarde  
Aqua Manhã

BIOMAS (BRASIL)  
TODOS  
Amazônia  
Caatinga  
Cerrado  
Mata Atlântica





**UFRJ**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO



# CONHECIMENTO CIENTÍFICO PARA APOIAR SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS

# Buscando soluções para mitigar o aquecimento global



As Soluções baseadas na natureza (NbS) são definidas pela IUCN como "ações para proteger, gerenciar de forma sustentável e restaurar ecossistemas naturais ou modificados, que abordam os desafios sociais de forma eficaz e adaptativa, proporcionando simultaneamente benefícios ao bem-estar humano e à biodiversidade".



# Gestão sustentável do uso da terra



O Brasil possui 180 milhões de ha de pastagens, cerca de 40% (75M ha) degradadas

## Atlas Digital das Pastagens Brasileiras



**Camadas Geográficas**

Pastagem Mapa Base Limites

Escolha um bioma / estado / município...

- Área de Pastagem - Brasil
- Pastagem Degradada - 2018
- Rebanho Bovino - UA (2017)  
158.205.000 UA  
(0,89 UA/ha no(a) país) [CSV](#) [SHP](#)
- Potencial de Intensificação da Pecuária
- Pontos de Campo
- Pontos Visualmente Inspeccionados

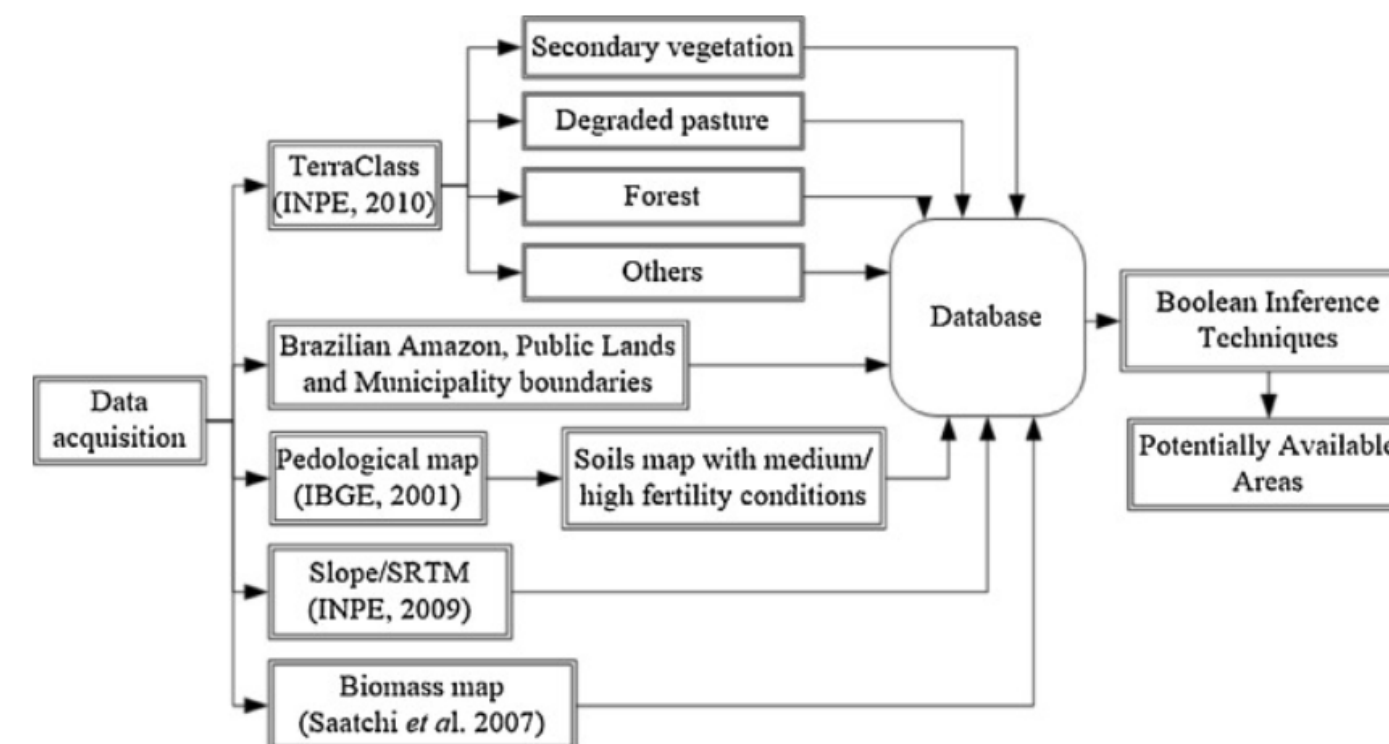
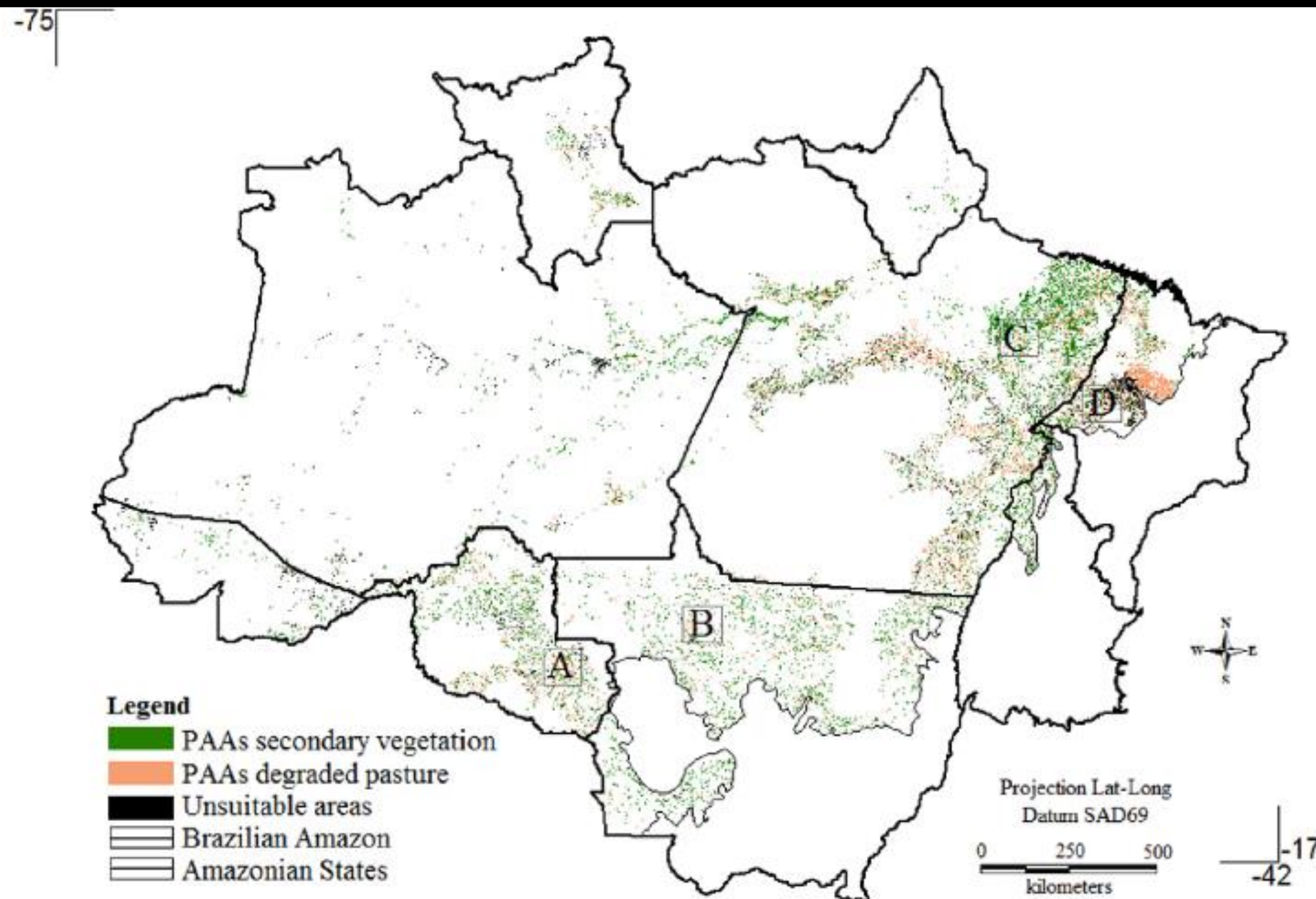
**Legendas**

Área de Pastagem - Brasil



VERD  
Área  
Past  
Ano:  
Códig  
Muni

Cerca de 200,000 km<sup>2</sup>, área equivalente ao estado do Paraná, estão potencialmente disponíveis para a agricultura, cerca de 2 estados do Rio só de pastagens degradadas



Potential land availability for agricultural expansion in the Brazilian Amazon

Denise Zanatta Martini<sup>a,†</sup>, Mauricio Alves Moreira<sup>a</sup>,  
Luiz Eduardo Oliveira e Cruz de Aragão<sup>a</sup>, Antônio Roberto Formaggio<sup>a</sup>,  
Eloi Lennon Dalla-Nora<sup>b</sup>

**Table 2**

PAAs identified from different land use and land cover classes, free of any legal restrictions and with favorable productive potential.

States	Secondary vegetation		Pasture	
	(km <sup>2</sup> )	(%) <sup>a</sup>	(km <sup>2</sup> )	(%) <sup>b</sup>
Acre	2,766.30	0.07	567.38	0.01
Amapá	689.95	0.02	282.52	0.01
Amazonas	9,921.76	0.24	2,778.22	0.07
Maranhão	5,793.42	0.14	16,139.50	0.38
Mato Grosso	23,285.03	0.55	11,350.83	0.27
Pará	54,393.55	1.29	39,356.39	0.93
Rondônia	12,586.45	0.30	10,374.65	0.25
Roraima	2,433.40	0.06	1,891.63	0.04
Tocantins	4,292.65	0.10	1,453.45	0.03
<b>Total</b>	<b>116,162.50</b>	<b>2.75</b>	<b>84,194.56</b>	<b>2.00</b>

<sup>a</sup> Value relative to the total area of the Brazilian Amazon (4,217,247.56 km<sup>2</sup>).

Fig. 5. Spatial pattern of PAAs derived from degraded pasture, secondary vegetation and legally available areas with usage restriction in the Brazilian Amazon for t



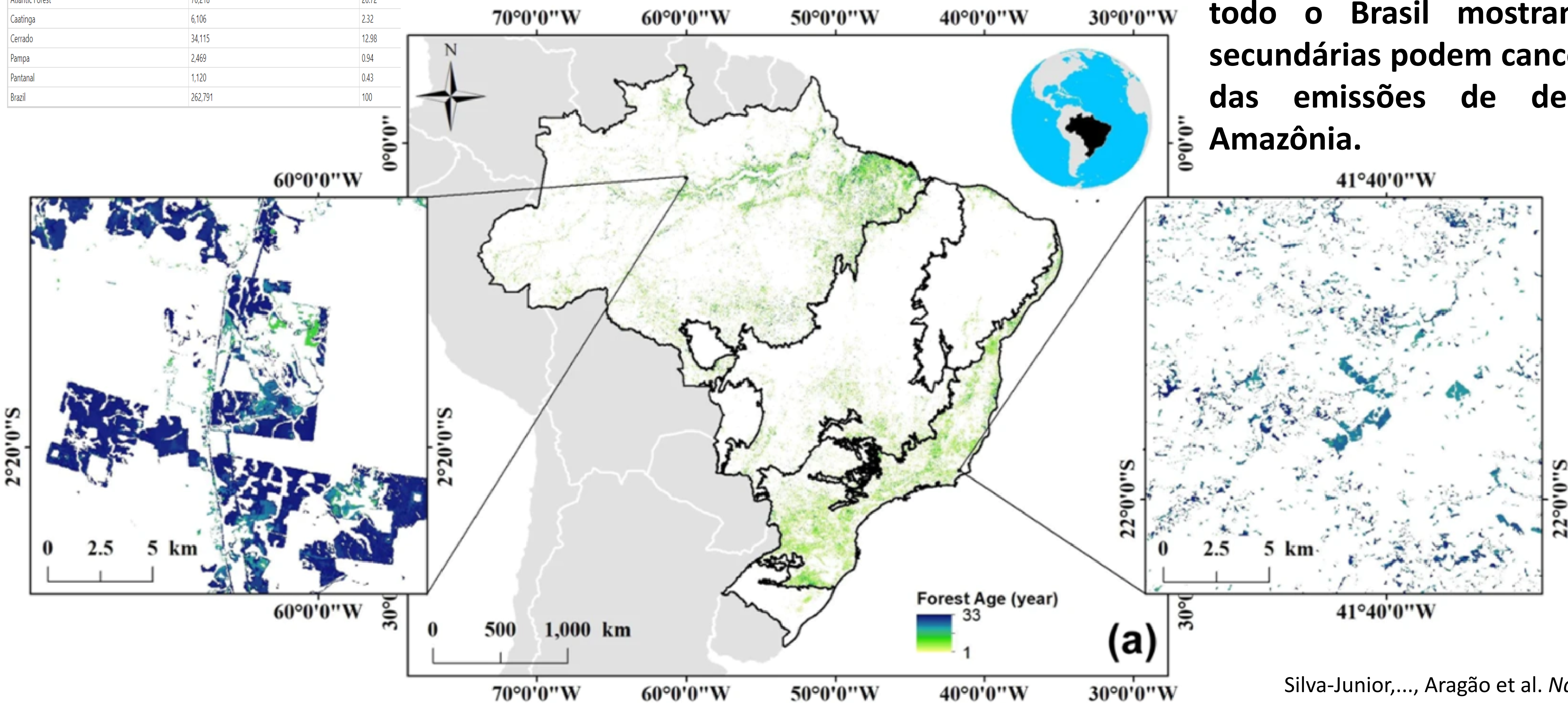
# Mapeamentos de grande escala para reportar as remoções de carbono pelas florestas



## Regeneração florestal como solução baseada na natureza para mitigação de emissões C e restabelecimento de funções florestais

Biome	Extent (km <sup>2</sup> )	Extent (%)
Amazon	148,764	56.61
Atlantic Forest	70,218	26.72
Caatinga	6,106	2.32
Cerrado	34,115	12.98
Pampa	2,469	0.94
Pantanal	1,120	0.43
Brazil	262,791	100

A análise de 30 anos de dados Landsat em todo o Brasil mostram que florestas secundárias podem cancelar cerca de 12% das emissões de desmatamento da Amazônia.

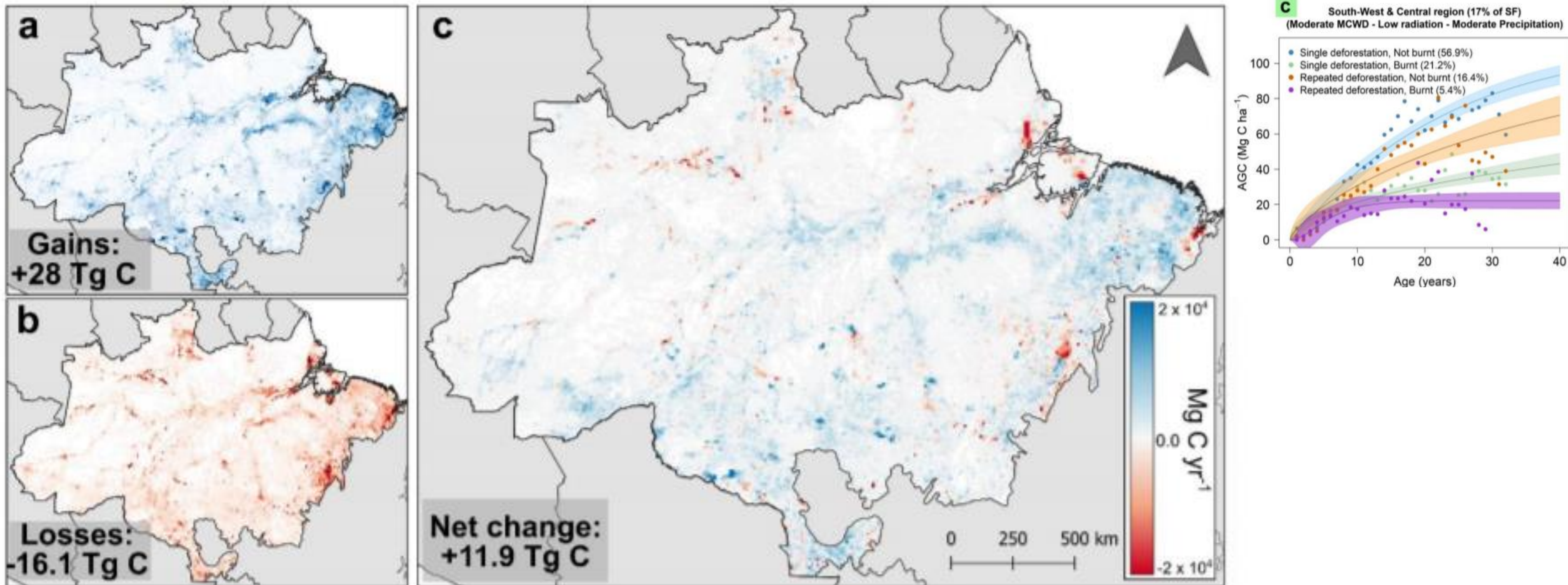






# A tecnologia RADAR para quantificar a taxa de acúmulo de carbono das florestas secundárias

Onde crescer as florestas secundárias depende da compreensão do funcionamento dos sistemas florestais, da estrutura fundiária e de seus fatores limitantes





# Dados de altíssima resolução para reduzir custos e certificar as operações florestais



remote sensing

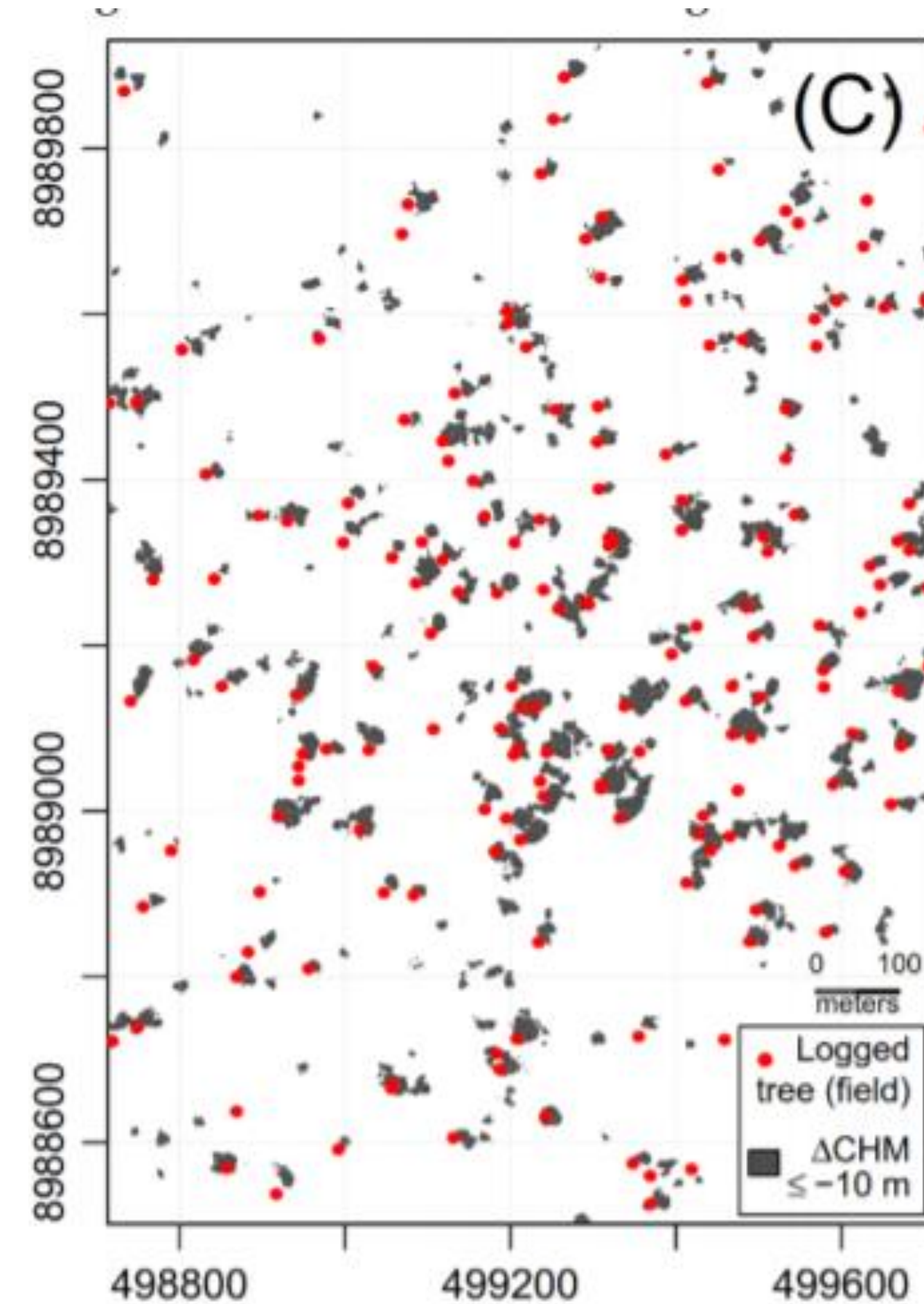
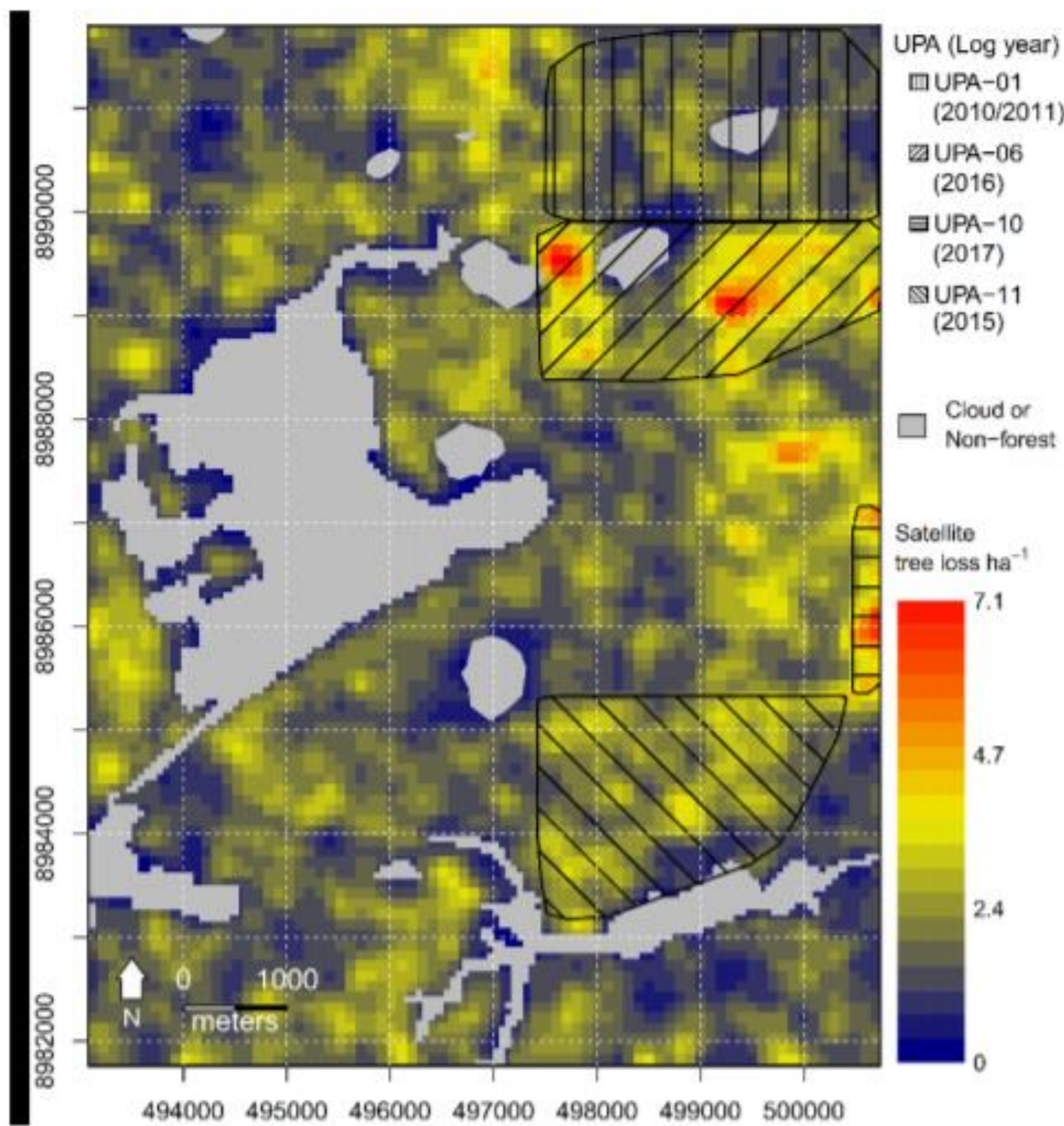
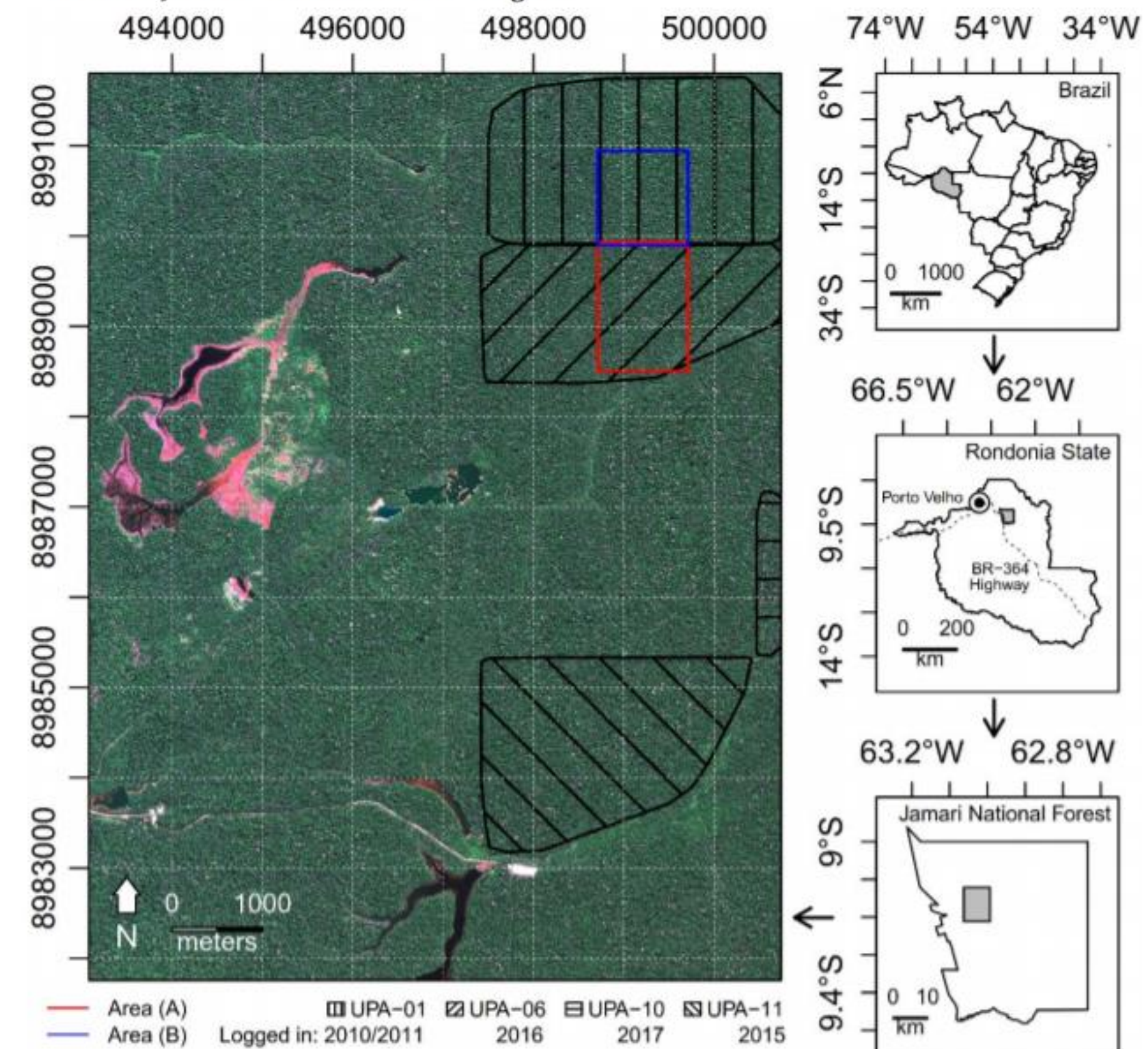


## Article Quantifying Canopy Tree Loss and Gap Recovery in Tropical Forests under Low-Intensity Logging Using VHR Satellite Imagery and Airborne LiDAR

Ricardo Dalagnol <sup>1,2,\*</sup>, Oliver L. Phillips <sup>2</sup>, Emanuel Gloor <sup>2</sup>, Lênio S. Galvão <sup>1</sup>, Fabien H. Wagne <sup>3</sup>, Charton J. Locks <sup>3</sup> and Luiz E. O. C. Aragão <sup>1,4</sup>

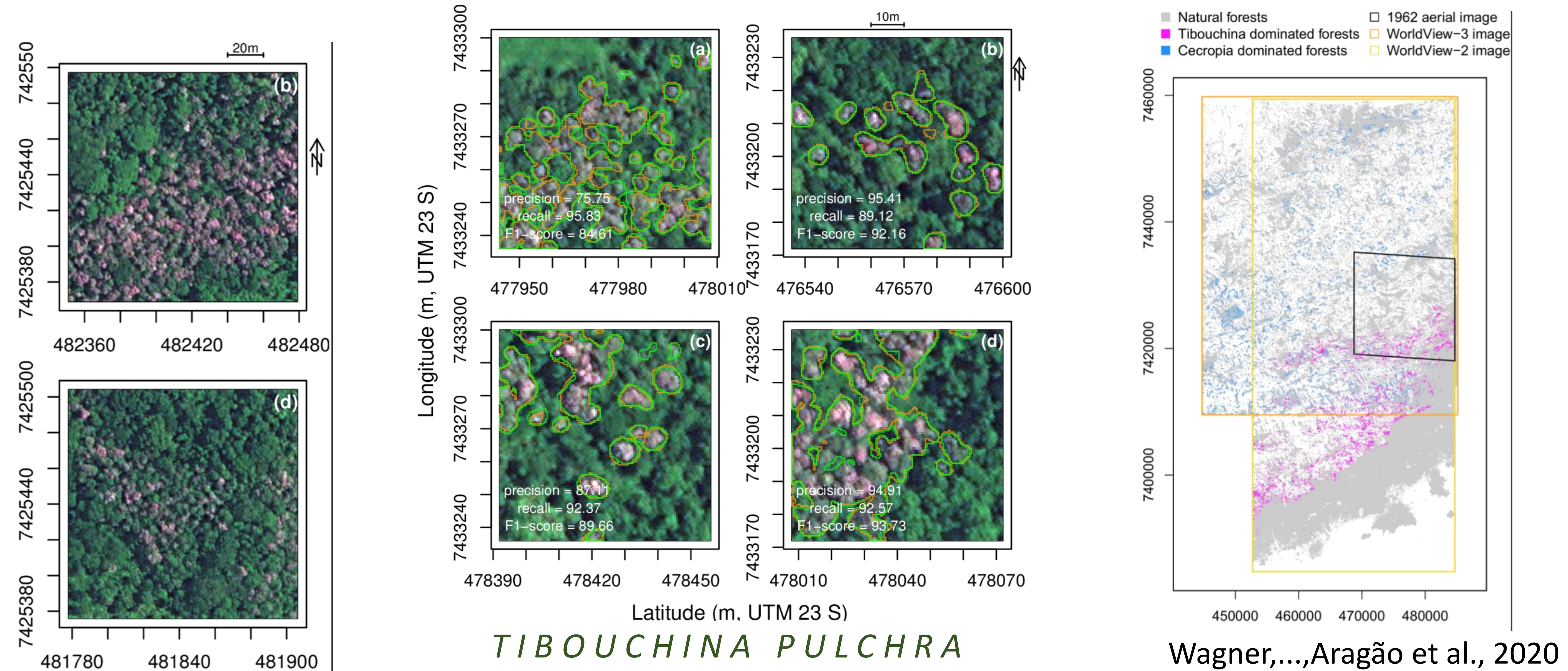
### LIDAR 2015 a 2017

96,5% das árvores registradas detectaram perda de 6% do dossel



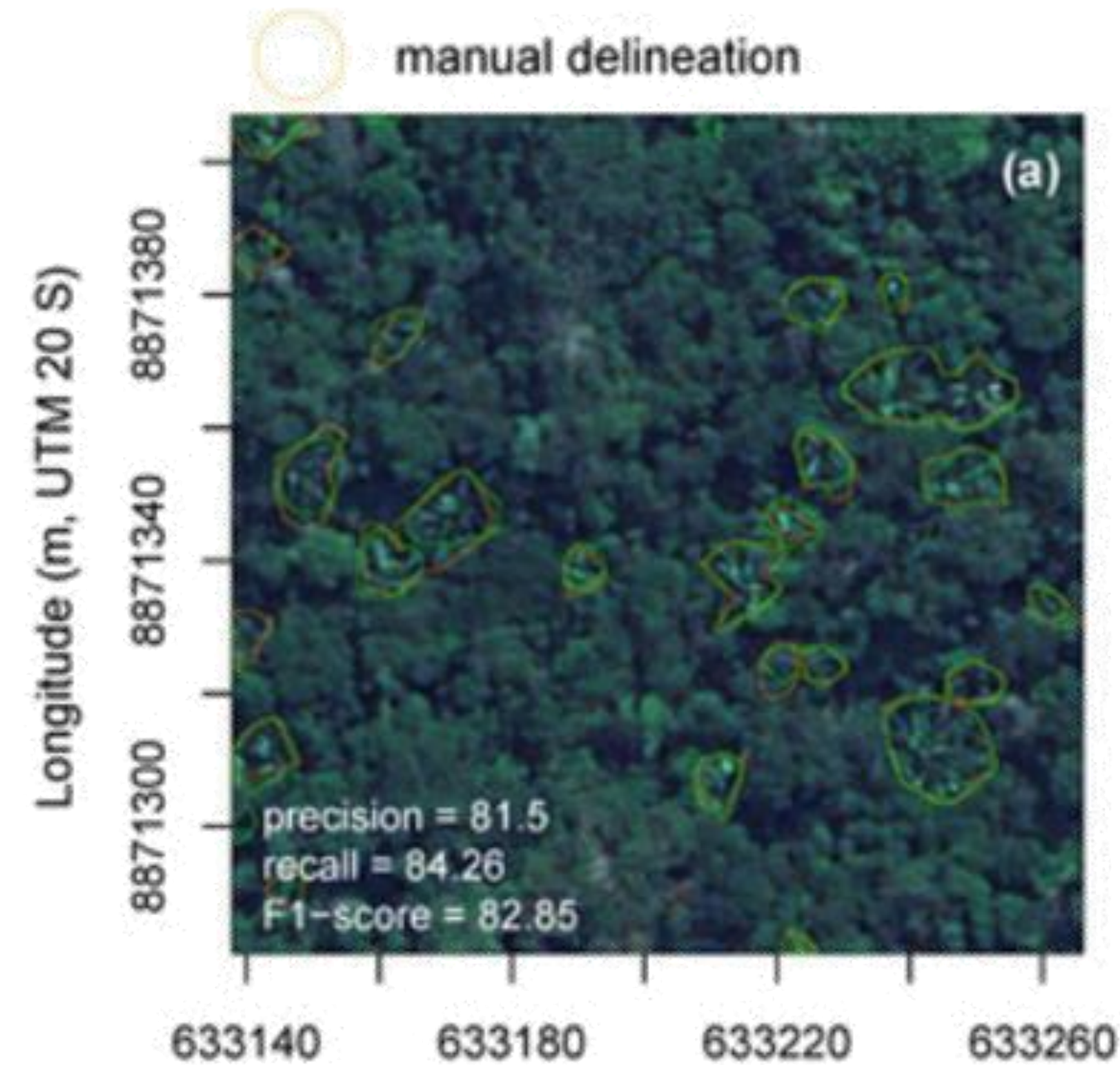


# Inteligência artificial para identificação de espécies para monitoramento da diversidade, saúde florestal e bioeconomia

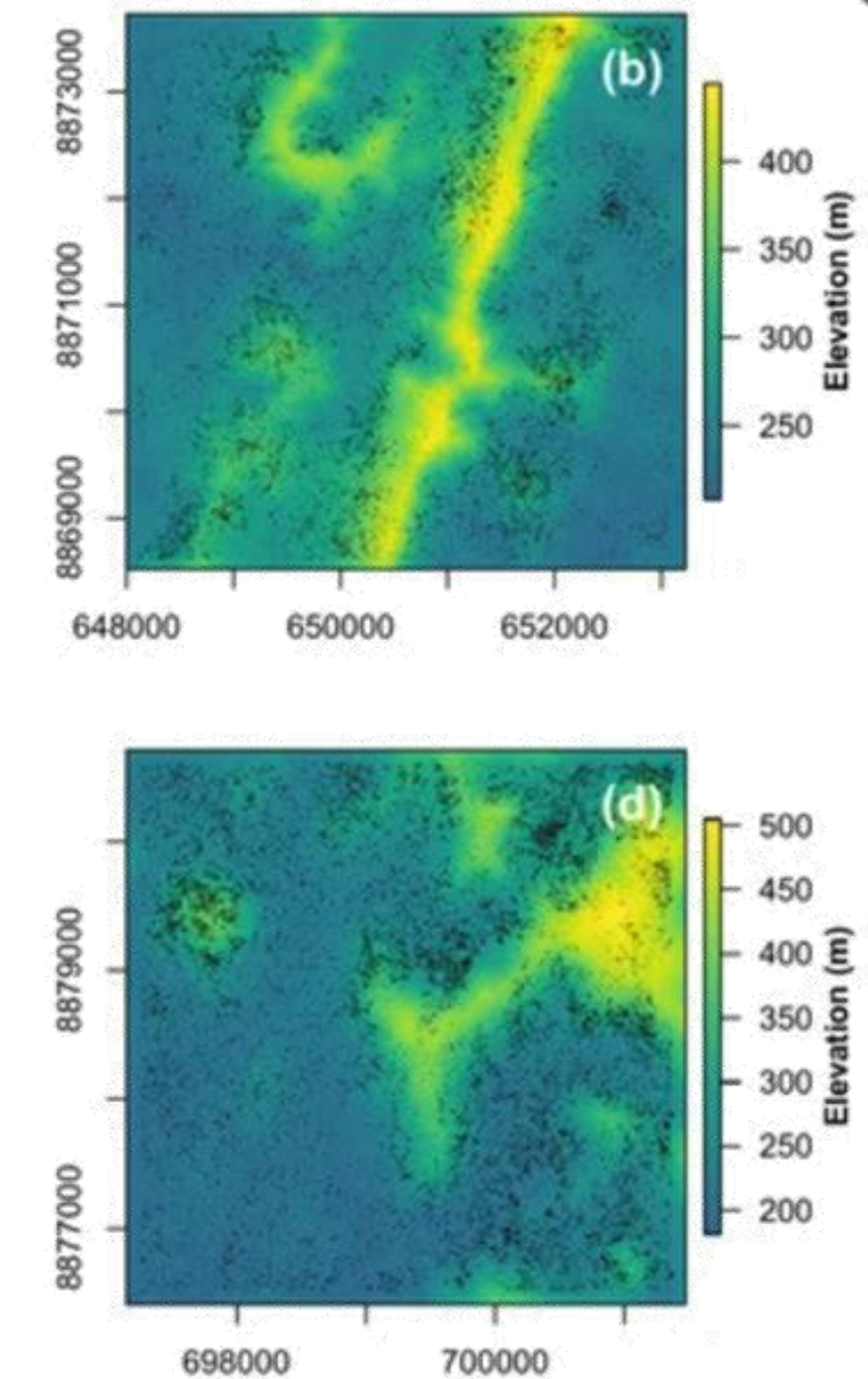
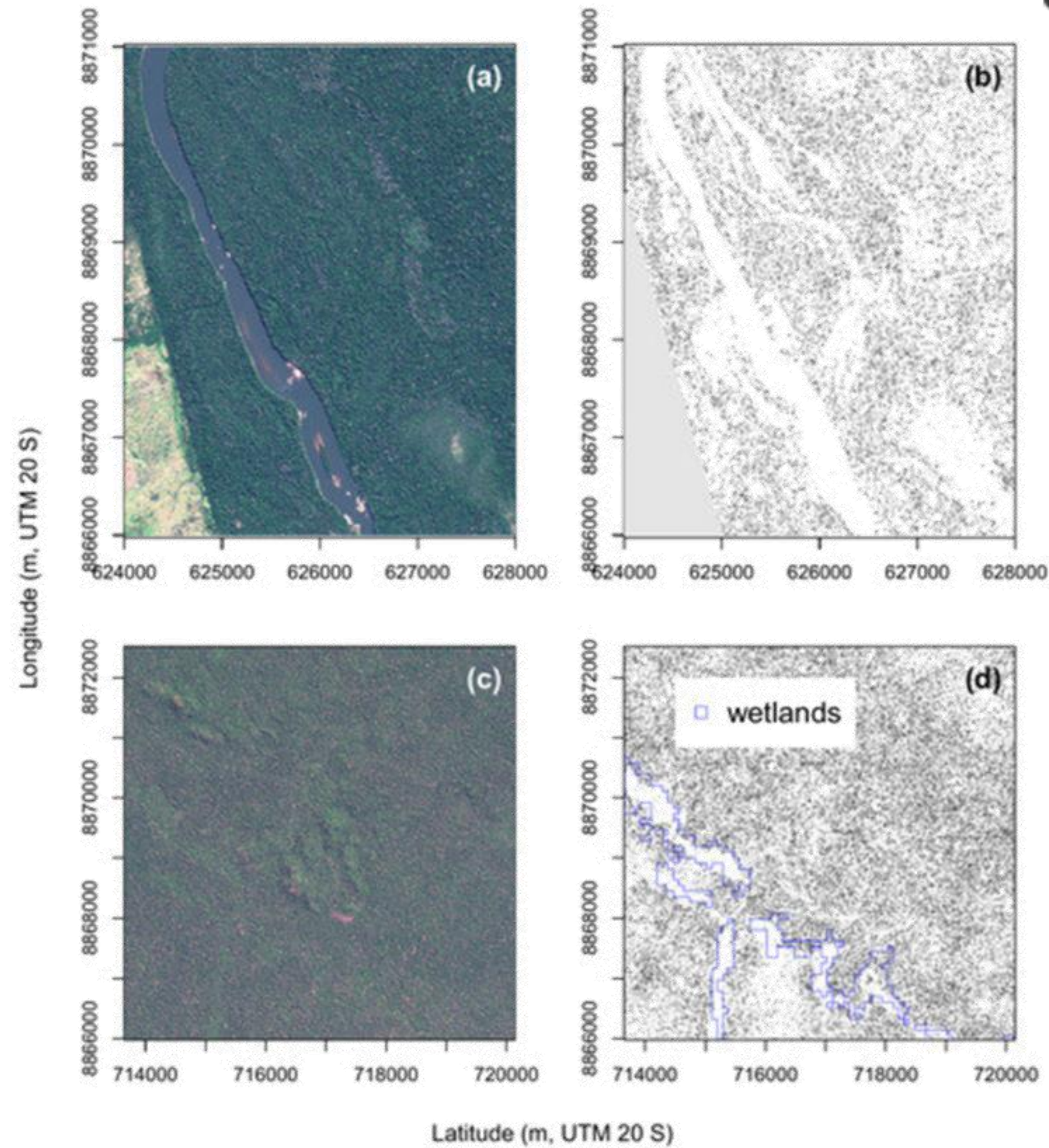




# Inteligência artificial para identificação de espécies para monitoramento da diversidade, saúde florestal e bioeconomia



*Attalea speciosa* distribution



Wagner,...,Aragão et al., 2020

**Lição 1: A gestão dos recursos naturais apoiada por geotecnologias gera inúmeras oportunidades para o Brasil liderar o mundo rumo ao desenvolvimento sustentável e combater diretamente as mudanças climáticas. Preservar os recursos naturais nos garante voz ativa na geopolítica mundial.**

**Lição 2: O desenvolvimento do Brasil depende de tecnologias que dependem da indústria, que depende de energia e depende das pessoas, que dependem da água e alimentos. Tudo depende de uma gestão ambiental e territorial competente para garantir o futuro do país.**

**Luiz E. O. C. Aragão**

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

[luiz.aragao@inpe.br](mailto:luiz.aragao@inpe.br)

[@leocaragao](#)

<https://www.treeslab.org/>