

*Inferência fuzzy para suporte ao  
mapeamento de intensidade de  
degradação florestal*

MARIA ANTÔNIA FALCÃO DE OLIVEIRA



# *Um pouco de contexto...*

Por que mapear a intensidade de degradação florestal?

- Extração seletiva de madeira
- Fogo florestal
- Efeito de borda



*Um pouco de contexto...*



Fonte: ONF Brasil



Fonte: IFT



Fonte: Geenpeace



Imagem Sentinel-2, R11G8B4

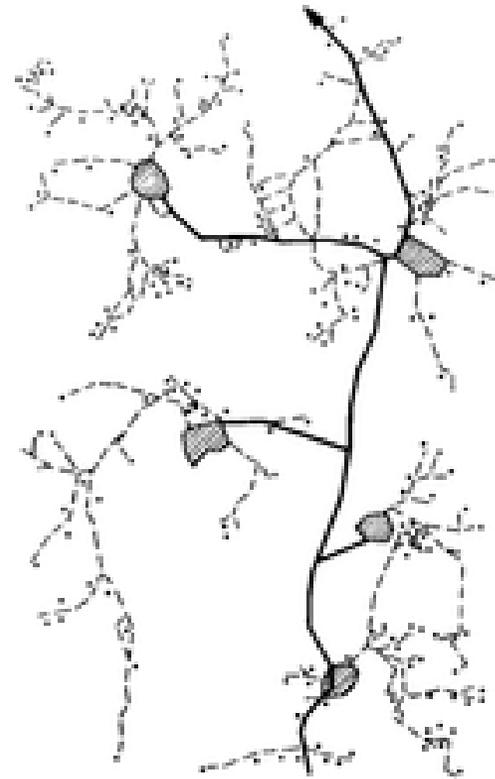
Oliveira, (2021)

# *Um pouco de contexto...*

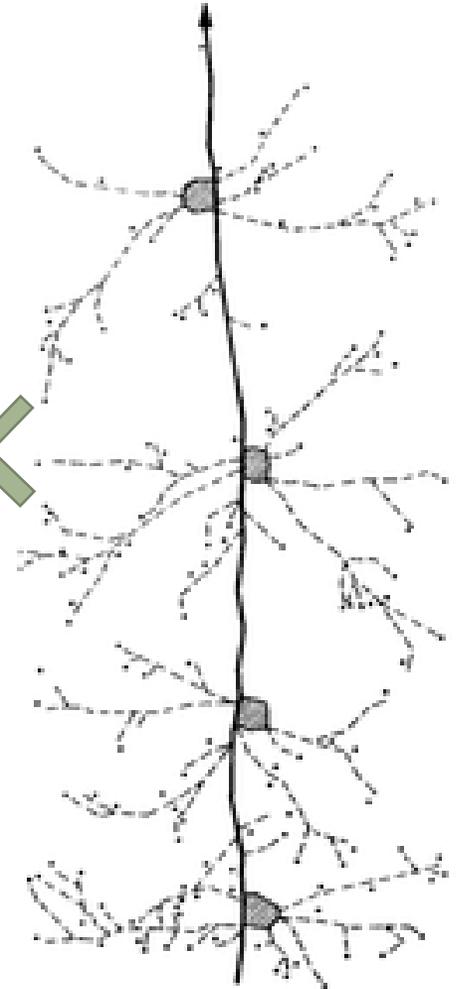


Fonte: CarbonoBrasil

## EXPLORAÇÃO SEM PLANEJAMENTO



## EXPLORAÇÃO PLANEJADA



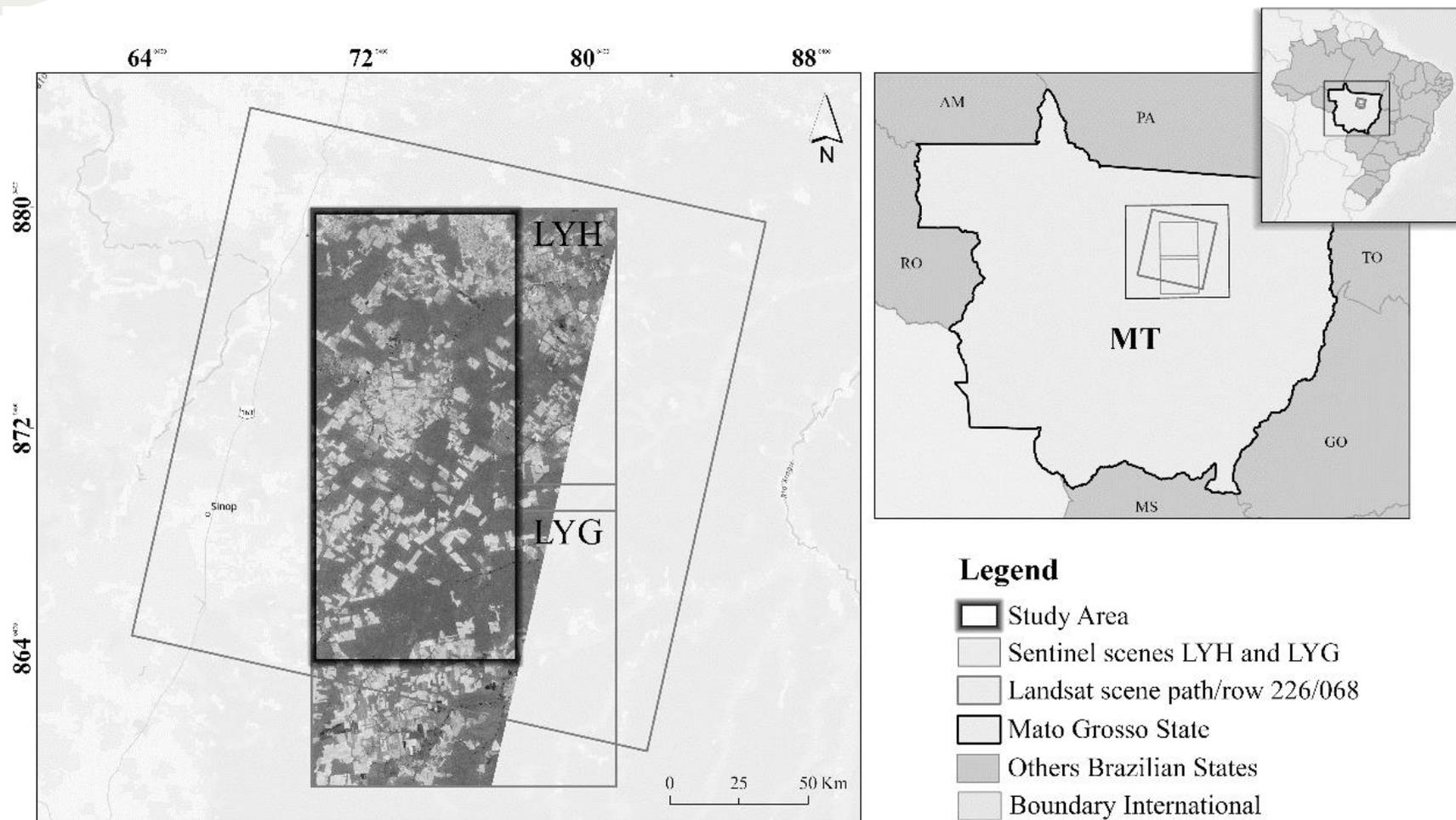
### LEGENDA

- Árvore extraída
- Estrada
- - - Trilha de arrasto
- █ Pátio de estocagem de toras

# *Objetivo*

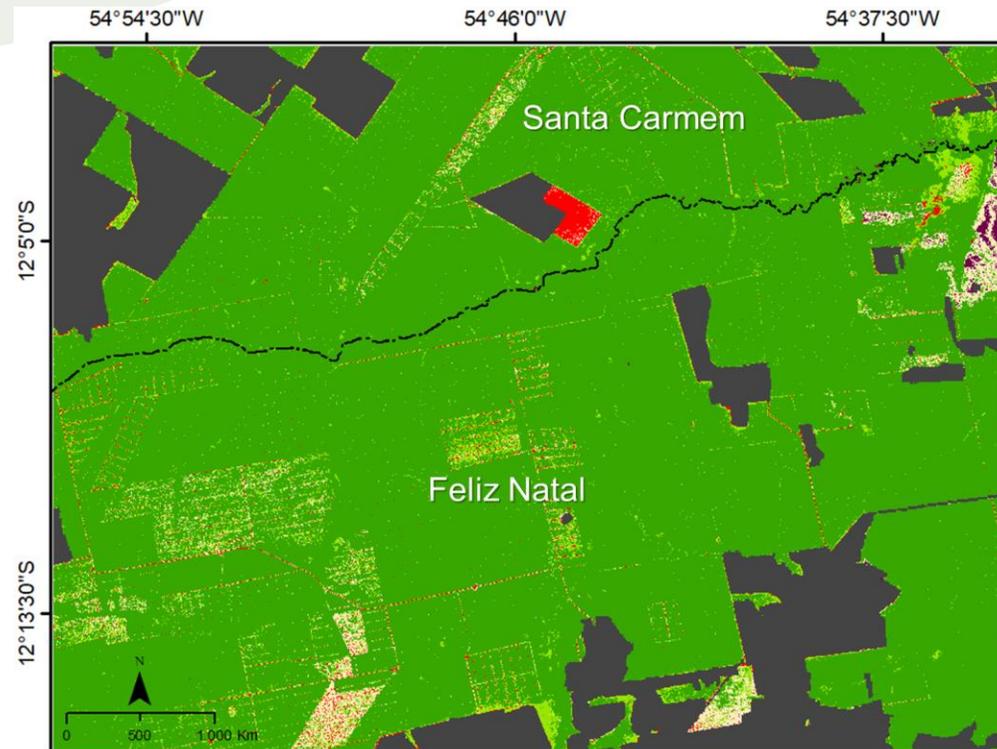
Identificar áreas com diferentes níveis de intensidade de degradação florestal com uso de técnicas de inferência geográfica (Fuzzy)

# *Estudo preliminar*



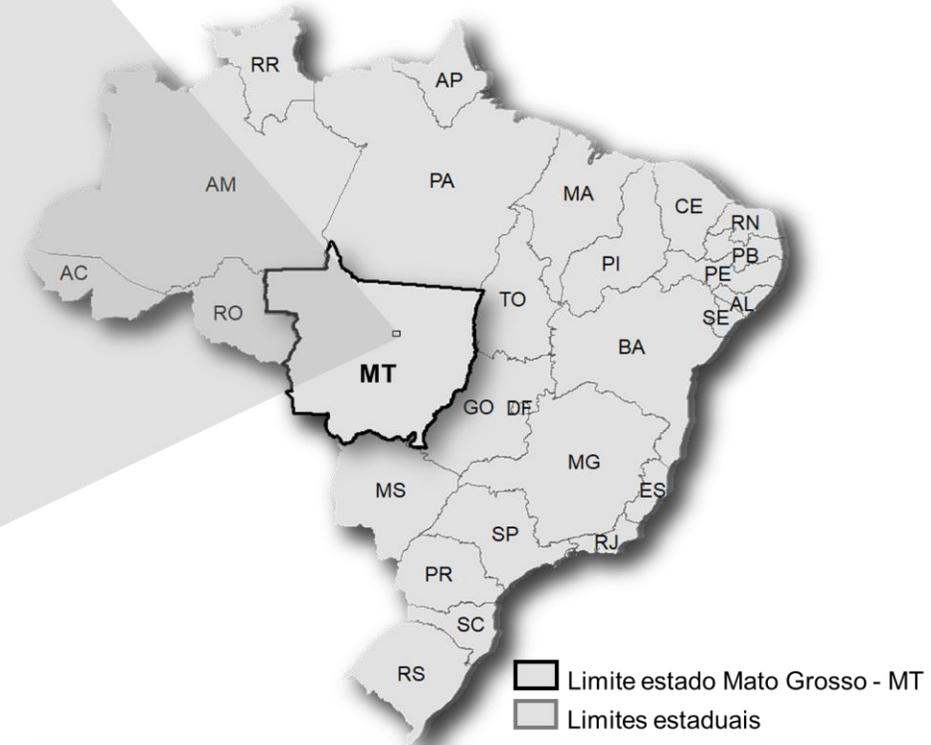
MSI/Sentinel-2 - 2017

# Área de estudo



Recorte – 3000 x 4000 pixels

Resolução de 10 m

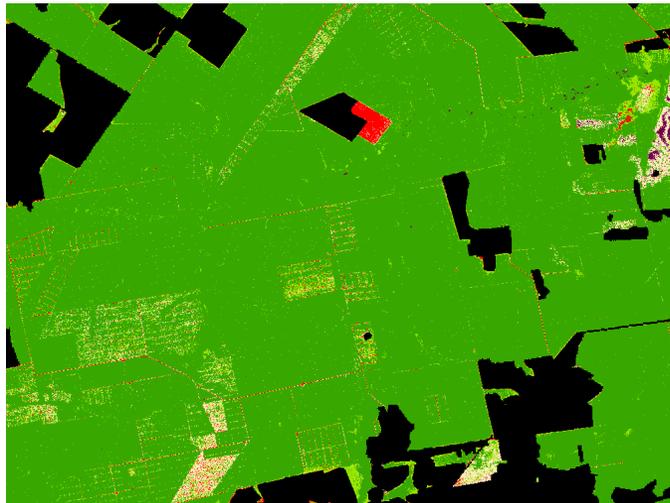


Base de dados: IBGE, 2021

# *Material e Métodos*

## **Materiais utilizados – variáveis indicadoras**

Classificação - 2017



■ BS ■ DG ■ FF ■ RG ■ FO

Máscara PRODES - 2017



Avaliação utilizando  
- Dados do DETER e  
- Dados de Planos de  
Manejo Florestal de MT

Utilizada na construção de  
indicadores de uso e  
cobertura da terra

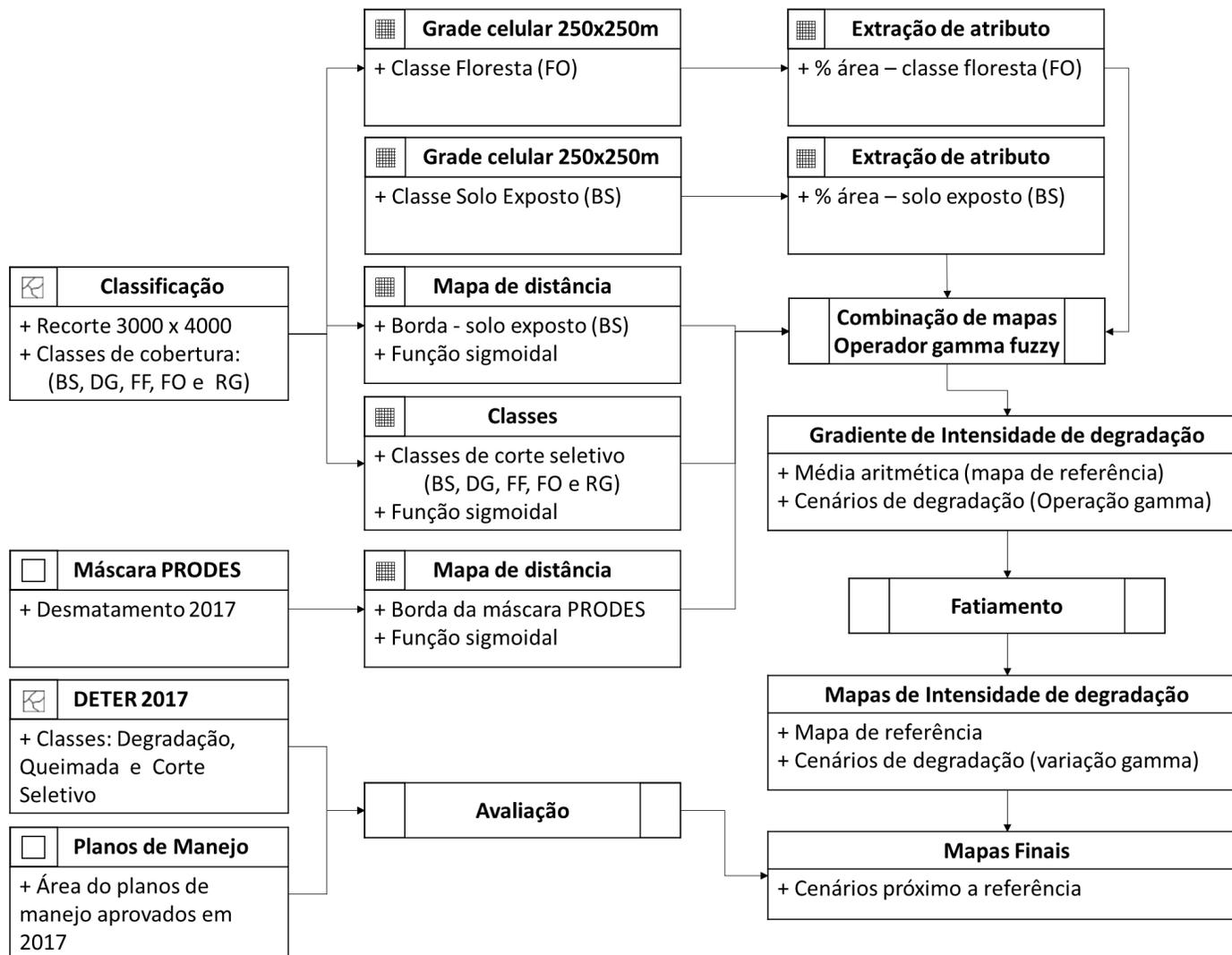
# *Material e Métodos*

## Indicadores de Intensidade de degradação

Fatores associados a degradação	Indicador	Variável	Função	Valores nas grades
1. Corte seletivo	Solo Exposto em área florestal	Fração da área de Solo Exposto	Linear	[0.001, 1]
2. Áreas não perturbadas	Floresta	1- fração de área de Floresta	Linear	[0.001, 1]
3. corte seletivo, queimada e regeneração	Classes de Cobertura da terra em área florestal	Pesos das classes de cobertura da terra	sigmóide	[0.001, 1]
4. Efeito de borda	Distância de borda - solo exposto em área florestal	Distância da borda – classe solo exposto	sigmóide	[0.001, 1]
	Borda – distância da borda de áreas desmatadas (PRODES)	Distância da borda – máscara de corte raso	sigmóide	[0.001, 1]

# Material e Métodos

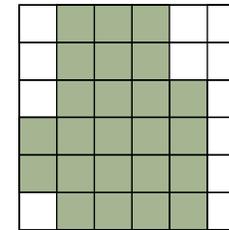
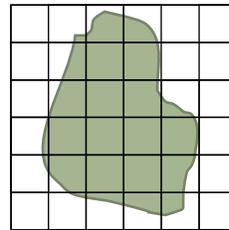
## Representação OMT-G do processo



# *Material e Métodos*

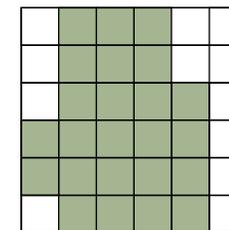
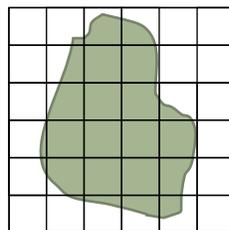
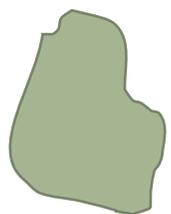
## Procedimento Metodológico

- Pré – processamento
- Criação da grade celular
- Extração de atributos

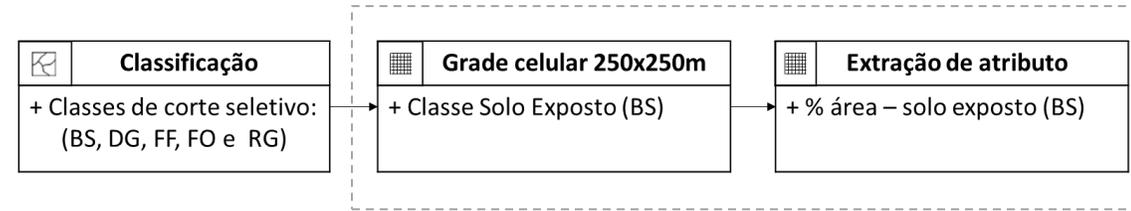


# *Material e Métodos*

Indicador	Função	Valores na células
<b>Floresta</b>	<b>Linear</b>	[0.001, 1]
<b>Solo Exposto em área florestal</b>	<b>Linear</b>	[0.001, 1]
<b>Distância de borda - solo exposto em área florestal</b>	<b>sigmóide</b>	[0.001, 1]
<b>Distância de borda de áreas desmatadas (PRODES)</b>	<b>sigmóide</b>	[0.001, 1]
<b>Classes de Cobertura da terra em área florestal</b>	<b>sigmóide</b>	[0.001, 1]



# Material e Métodos

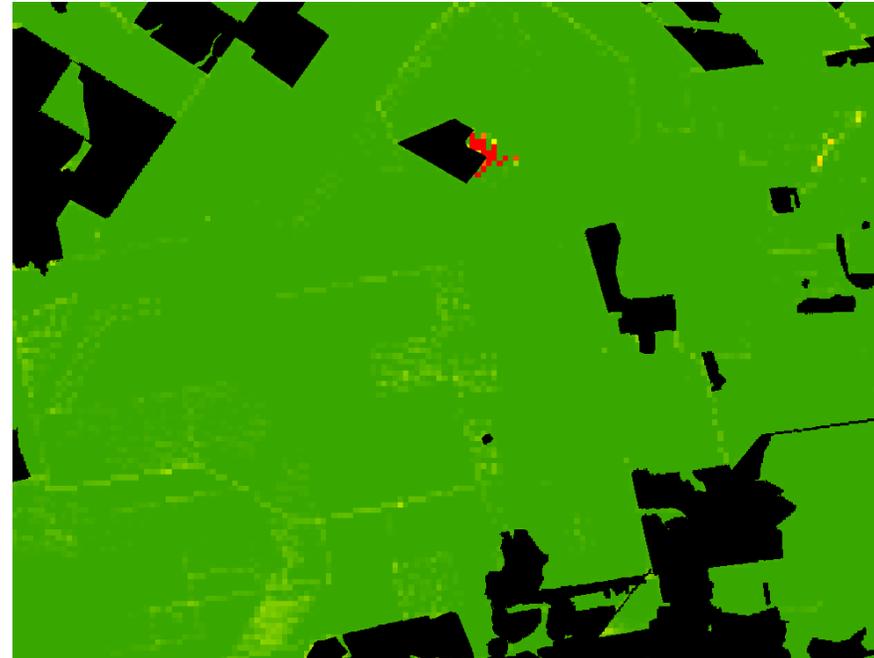


Grade celular 250 x 250m

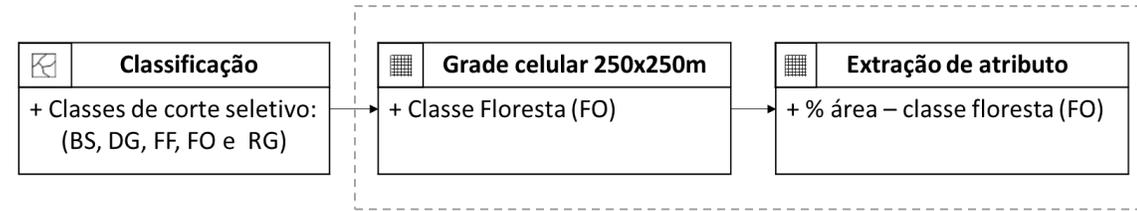


■ Classe BS □ Grade celular

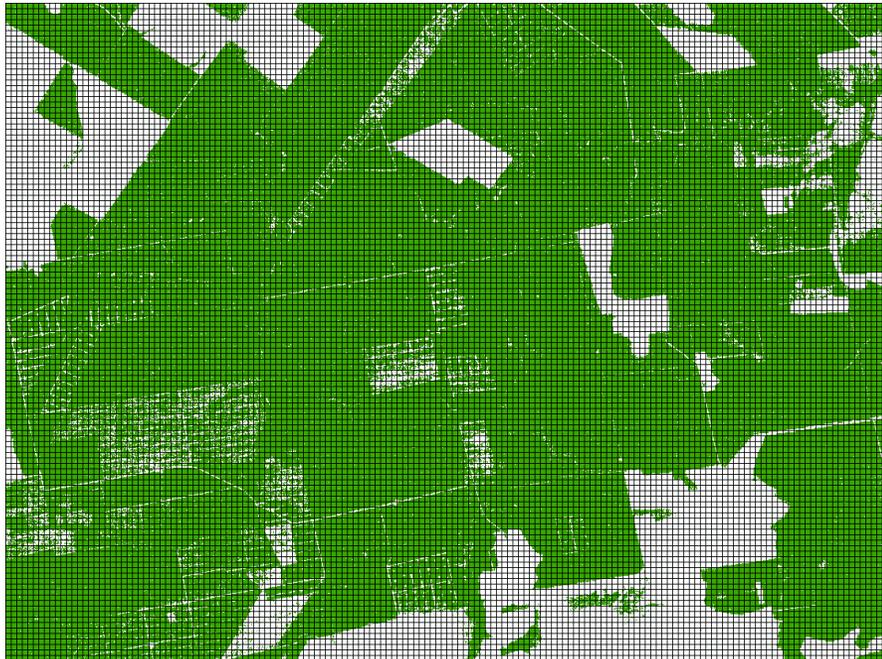
% Área Solo Exposto – Ext. de atributos



# Material e Métodos

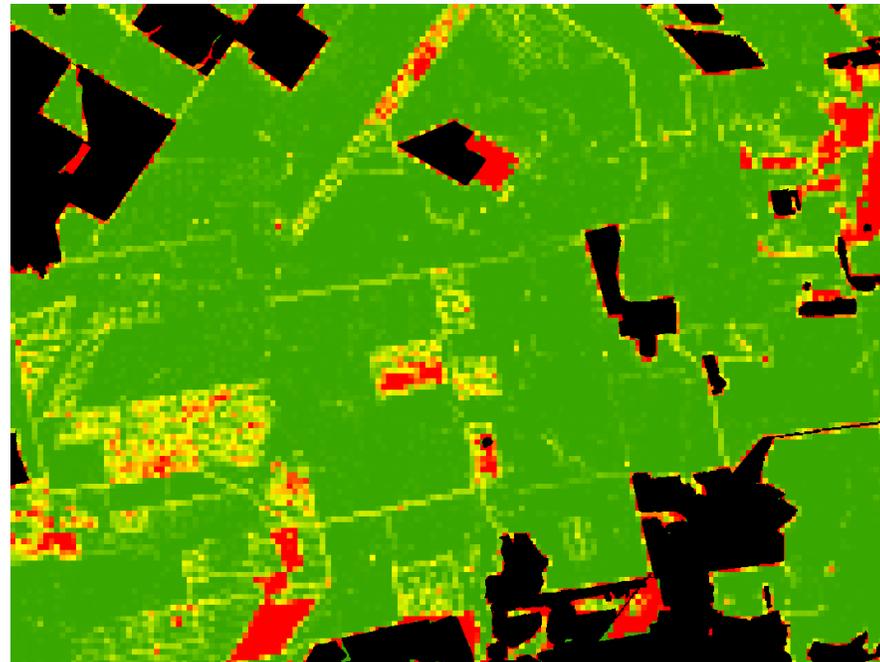


Grade celular 250 x 250m



■ Classe FO □ Grade celular

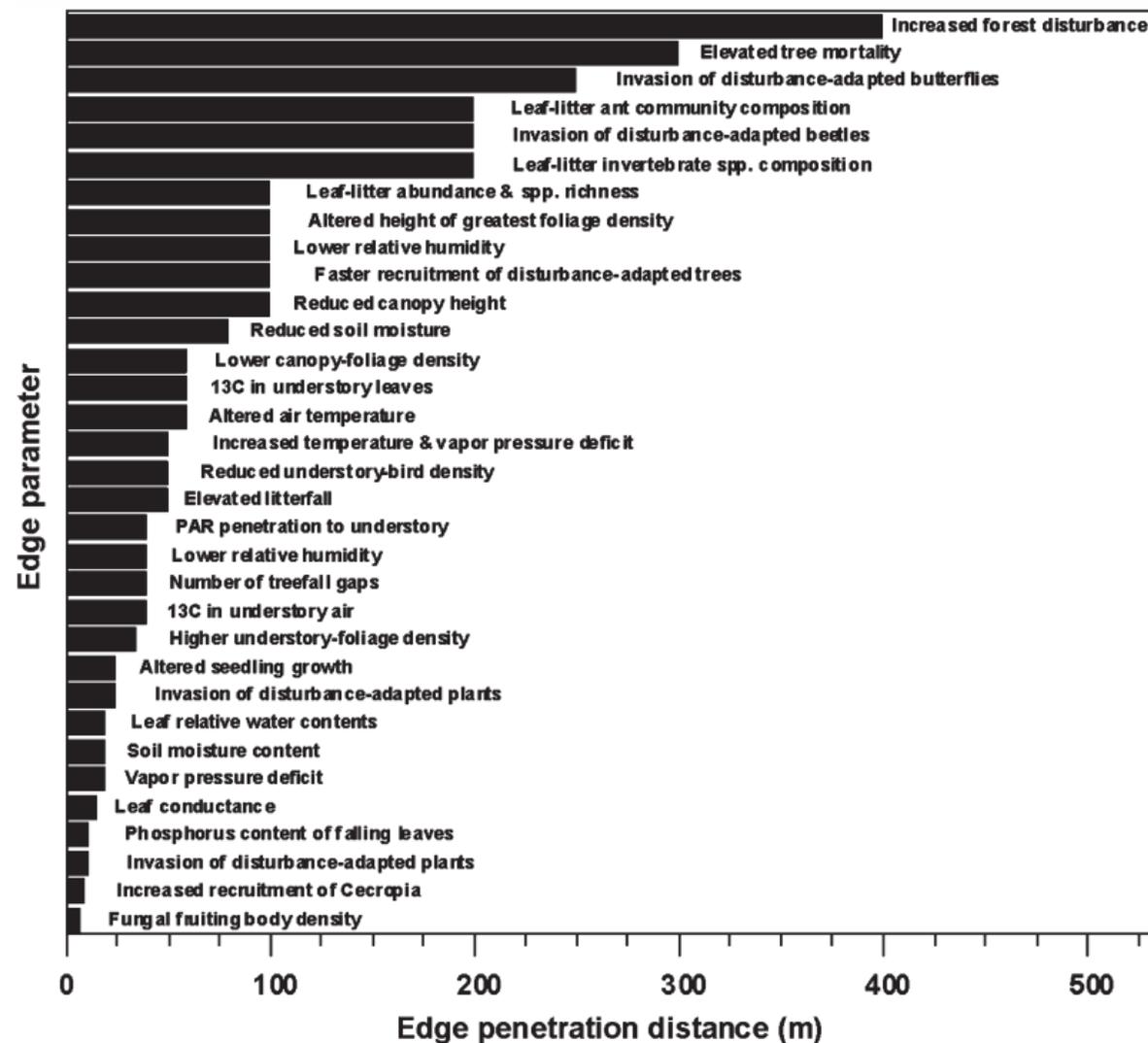
% Área Floresta - Extração de atributos



# Material e Métodos

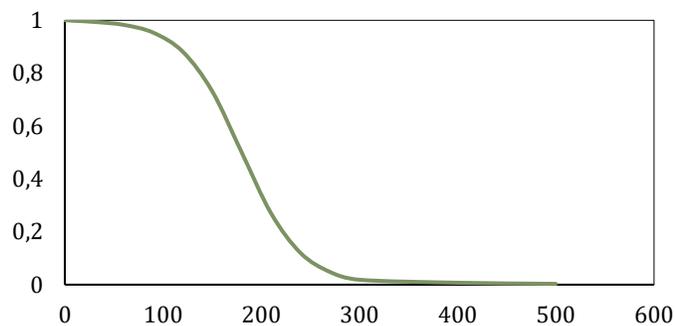
Faixas de distância da borda da máscara PRODES e solo exposto em área florestal

0 – 10
10 – 30
30 – 60
60 – 90
90 – 120
120 – 150
150 – 180
180 – 210
210 – 240
240 – 270
270 – 300
300 – 400
400 – 500

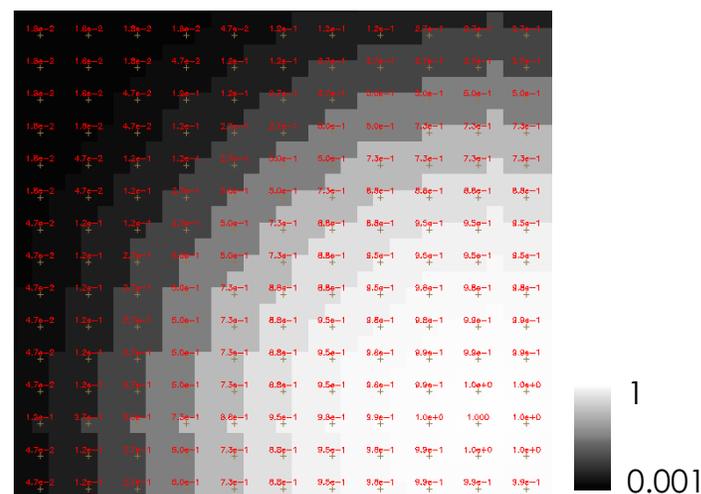


# Material e Métodos

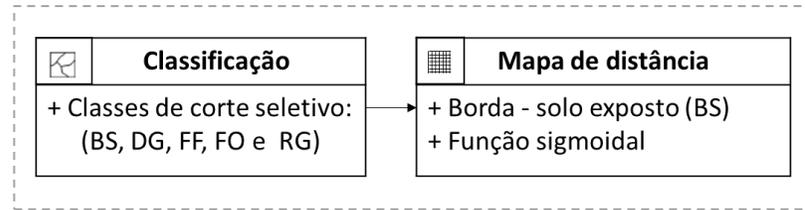
Indicador	Função	Valores na células
Floresta	Linear	[0.001, 1]
Solo Exposto em área florestal	Linear	[0.001, 1]
Distância de borda - solo exposto em área florestal	sigmóide	[0.001, 1]
Distância de borda de áreas desmatadas (PRODES)	sigmóide	[0.001, 1]
Classes de Cobertura da terra em área florestal	sigmóide	[0.001, 1]



0 – 10	1
10 – 30	0,998
30 – 60	0,993
60 – 90	0,982
90 – 120	0,953
120 – 150	0,881
150 – 180	0,731
180 – 210	0,500
210 – 240	0,269
240 – 270	0,119
270 – 300	0,047
300 – 400	0,018
400 – 500	0,007
> 500	0,001



# *Material e Métodos*

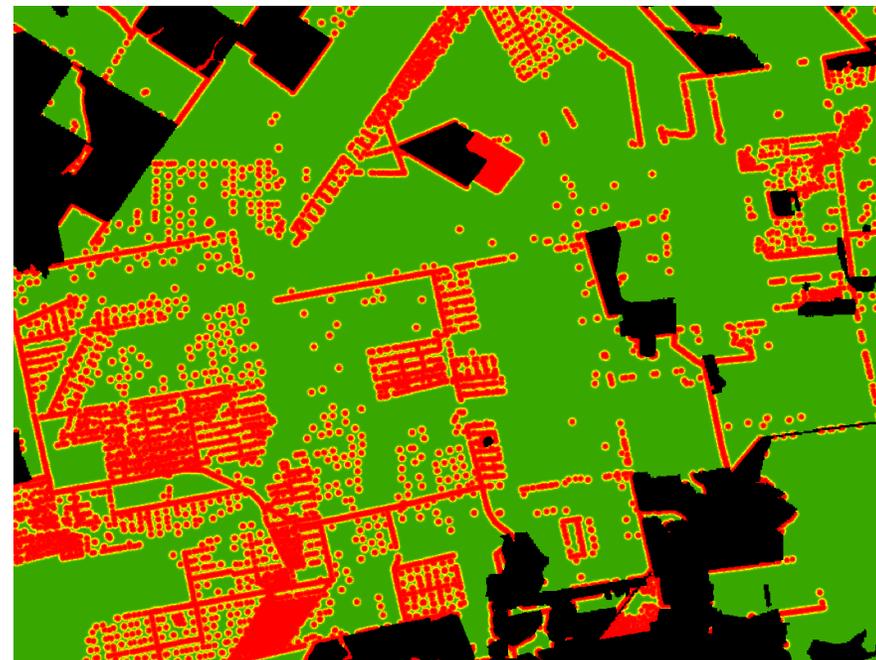


Classe Solo Exposto - BS

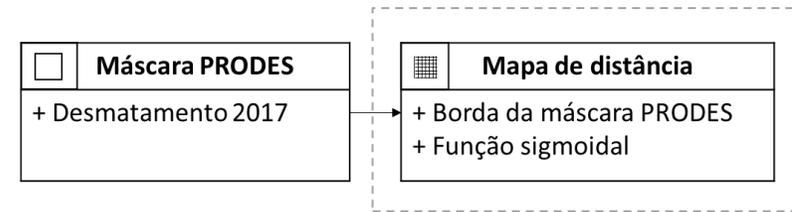


■ Classe BS

Distância da borda



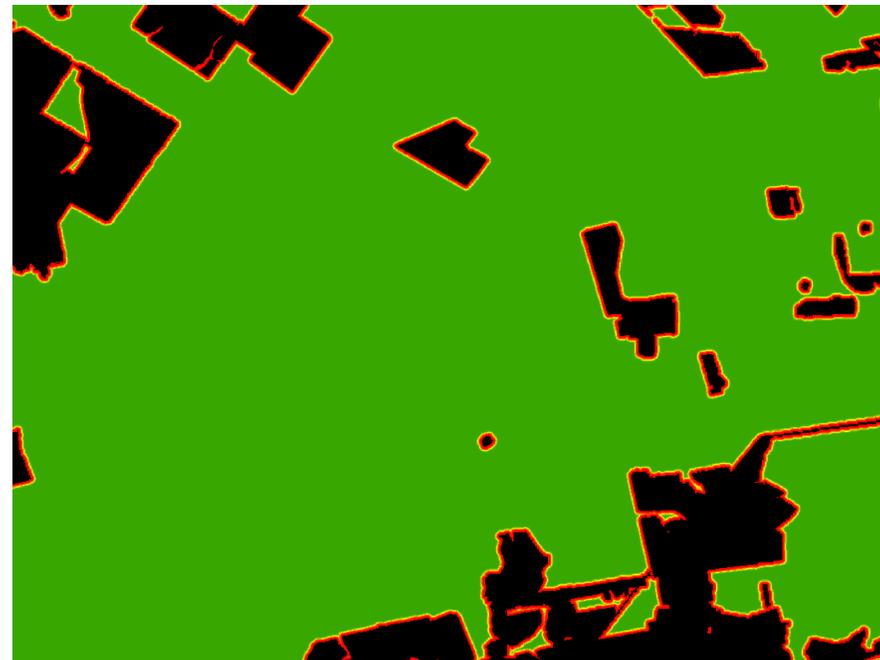
# *Material e Métodos*



Máscara PRODES



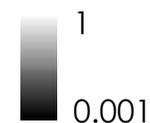
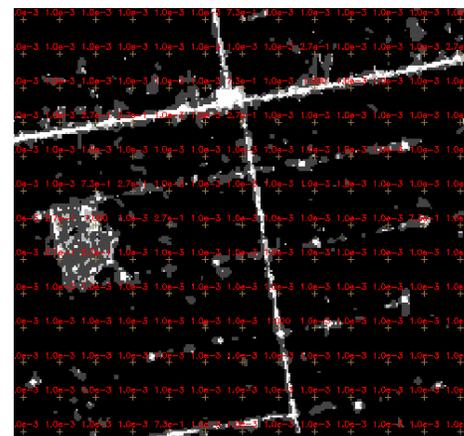
Distância da borda



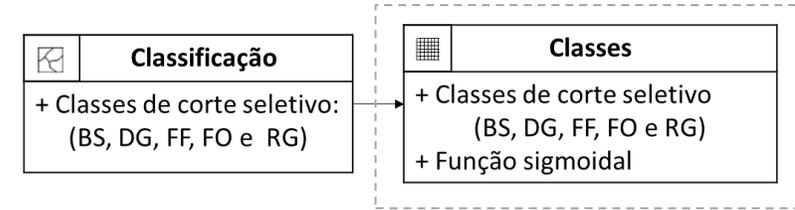
# Material e Métodos

Indicador	Função	Valores na células
Floresta	Linear	[0.001, 1]
Solo Exposto em área florestal	Linear	[0.001, 1]
Distância de borda - solo exposto em área florestal	sigmóide	[0.001, 1]
Distância de borda de áreas desmatadas (PRODES)	sigmóide	[0.001, 1]
<b>Classes de Cobertura da terra em área florestal</b>	<b>sigmóide</b>	<b>[0.001, 1]</b>

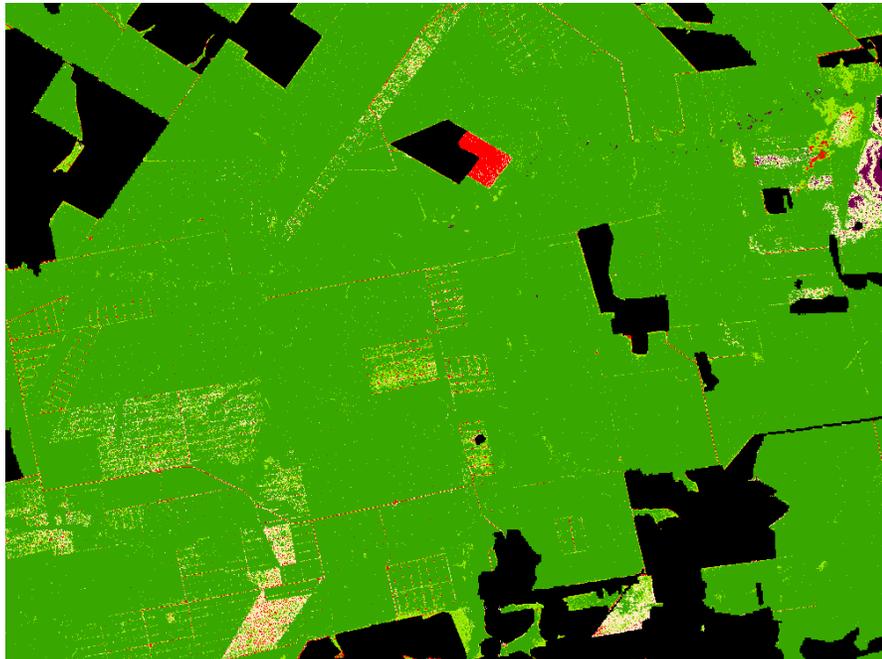
BS	1
DG	0,731
FF	0,500
RG	0,269
FO	0,001



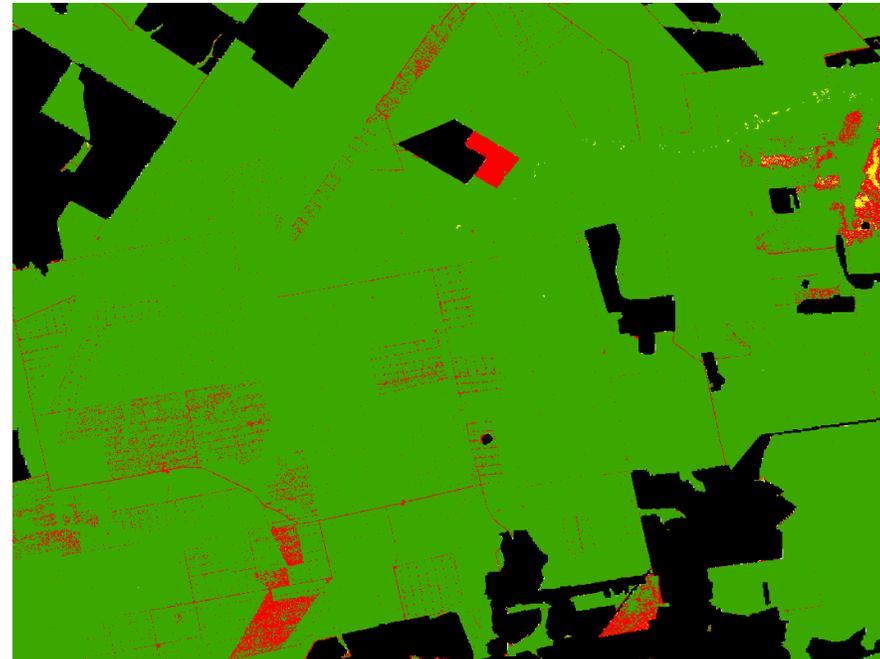
# Material e Métodos



Classificação



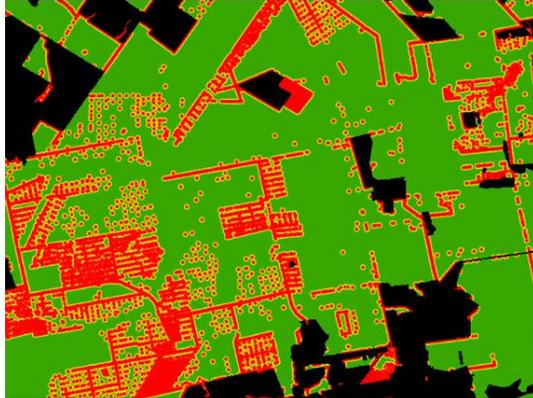
Grade ponderada das classes



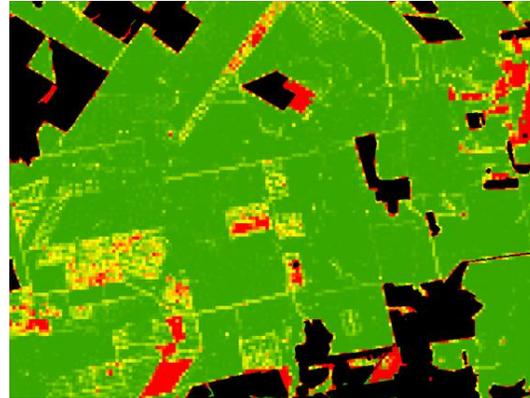
BS DG FF RG FO

# *Material e Métodos*

Grade distância Solo Exposto



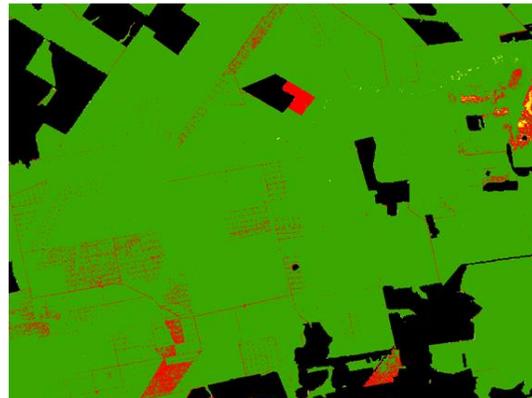
Grade celular floresta



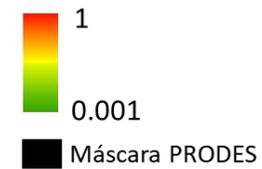
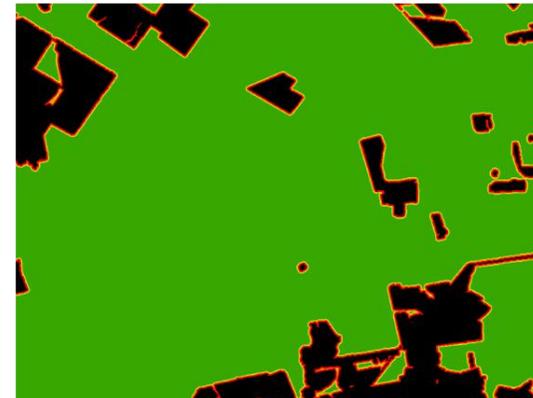
Grade celular solo exposto



Grade classes



Grade distância máscara prodes



# *Lógica Fuzzy*

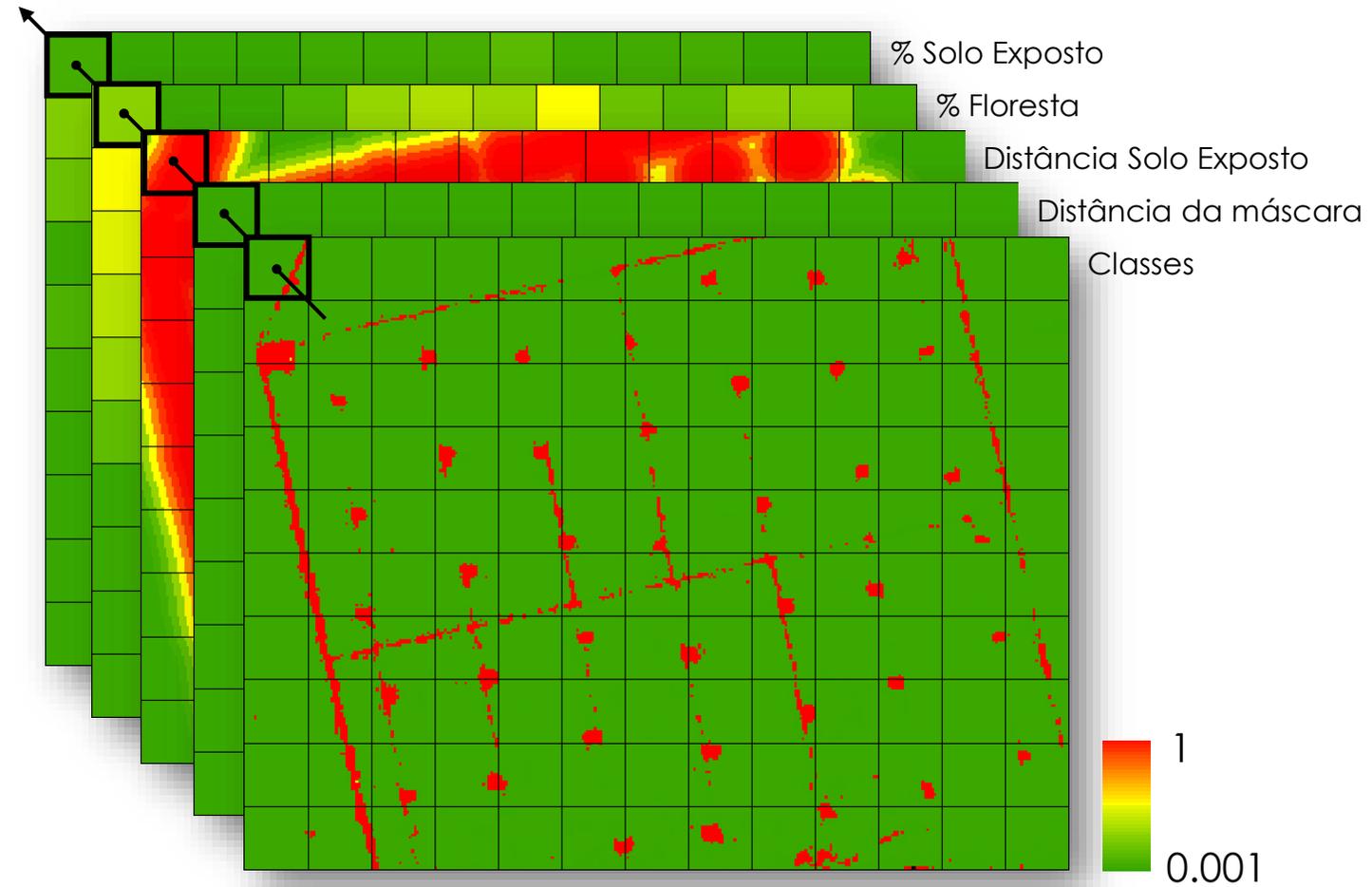
## Operador gamma

$$\mu_i = (\text{soma algébrica fuzzy})^\gamma * (\text{produto algébrico fuzzy})^{1-\gamma}$$

$$\mu_{\text{combinação}} = \prod_{i=1}^n \mu_i$$

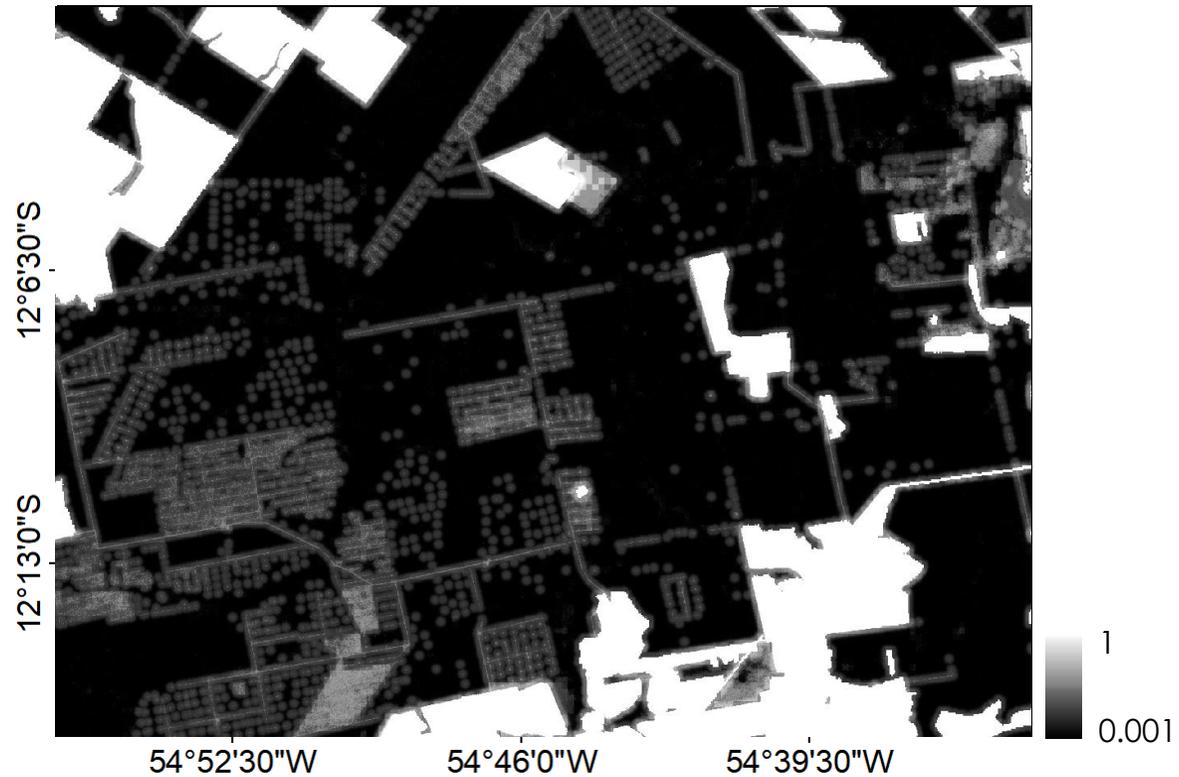
$$\mu_{\text{combinação}} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i)$$

# Lógica Fuzzy



# *Mapa de referência*

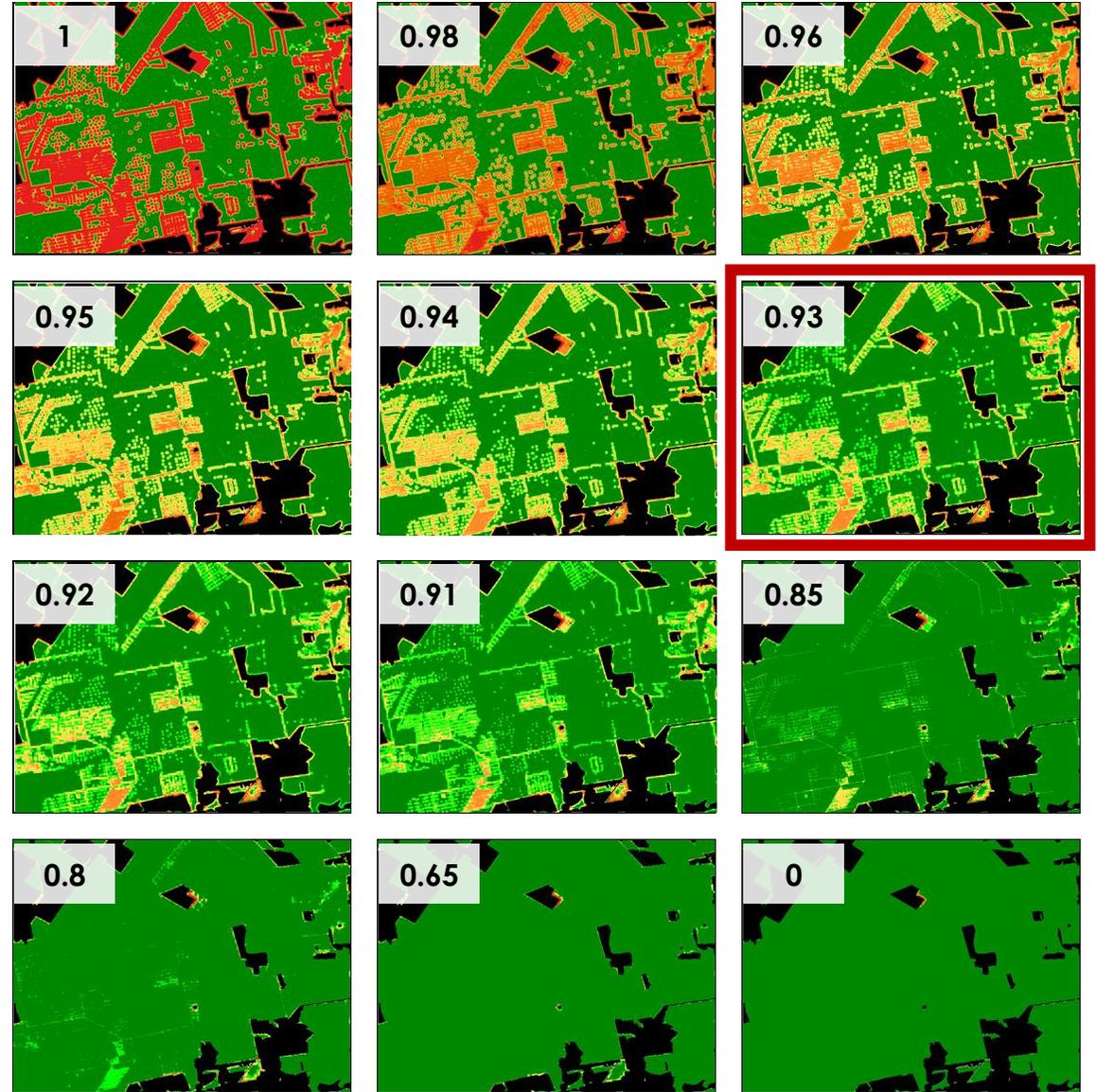
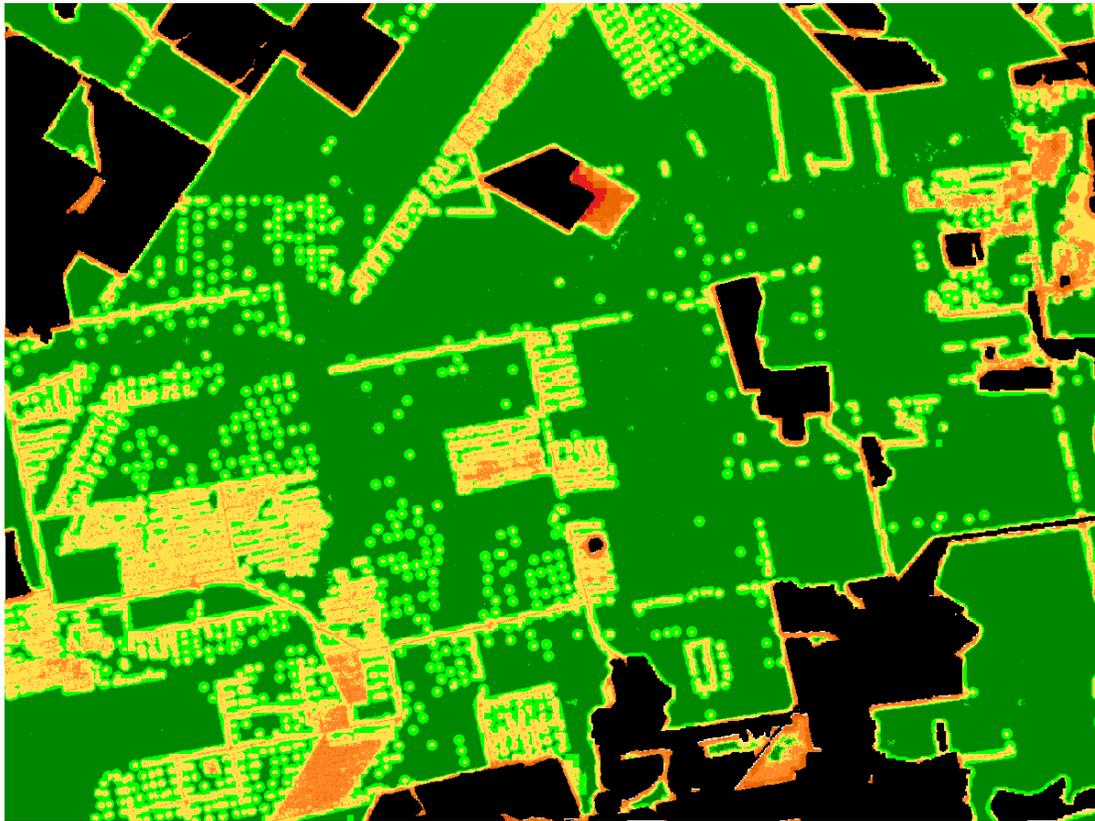
Mapa de referência - Média





# *Resultados*

Média

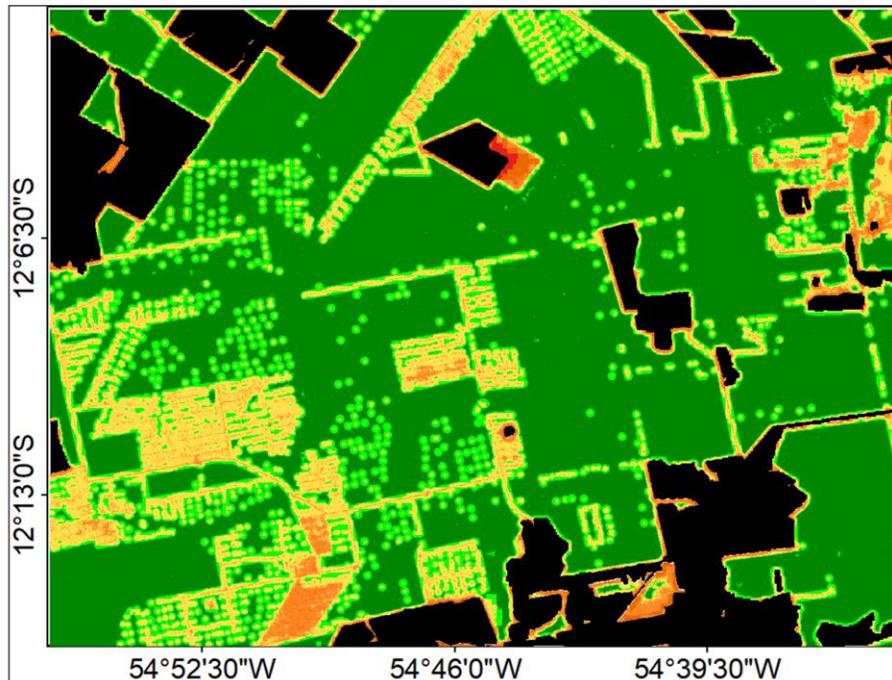


# Resultados

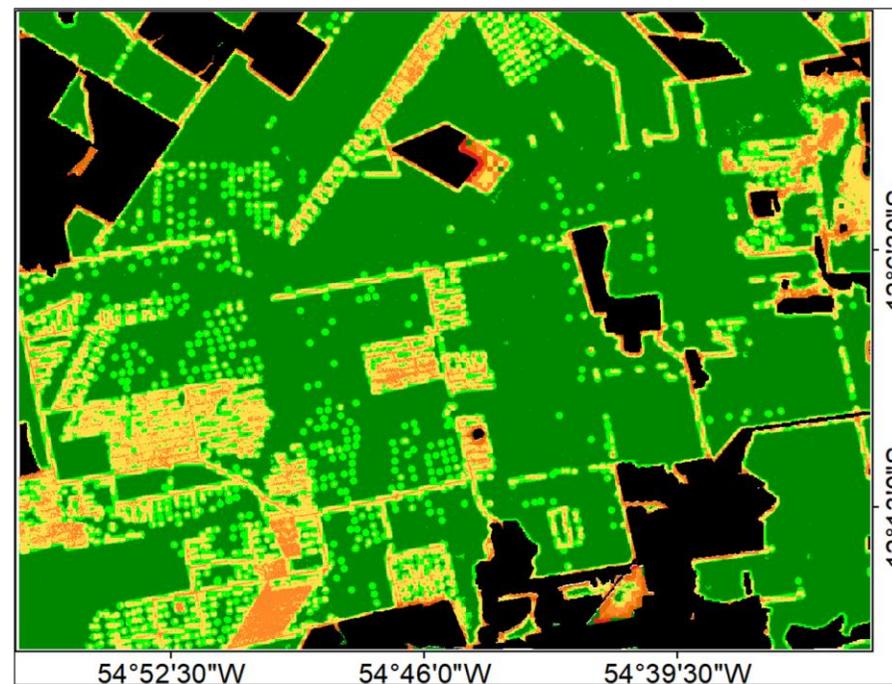
	Média	Gamma 0.91	Gamma 0.92	Gamma 0.93	Gamma 0.94	Gamma 0.95
Alta degradação	<b>53,49%</b>	0,09%	0,11%	<b>0,15%</b>	0,24%	0,42%
Alta/Média degradação	<b>12,12%</b>	0,70%	0,82%	<b>0,91%</b>	1,01%	1,77%
Média degradação	<b>14,89%</b>	1,37%	2,67%	<b>4,54%</b>	6,18%	8,62%
Baixa/Média degradação	<b>3,76%</b>	8,02%	12,00%	<b>15,72%</b>	19,78%	21,11%
Baixa degradação	<b>0,72%</b>	16,55%	15,35%	<b>12,94%</b>	8,84%	5,85%
Nenhuma/Baixa degradação	<b>0,10%</b>	73,27%	69,04%	<b>65,74%</b>	63,96%	62,24%

# Resultados

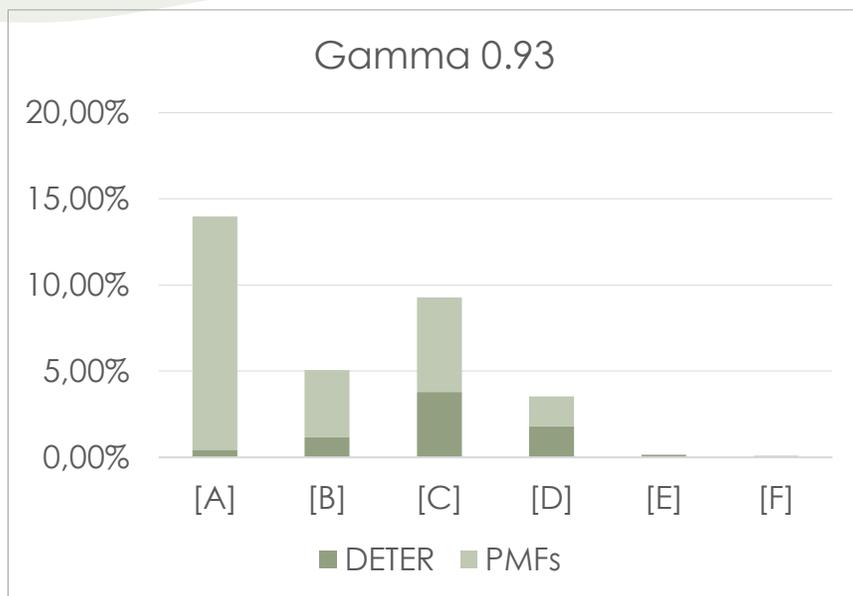
Média



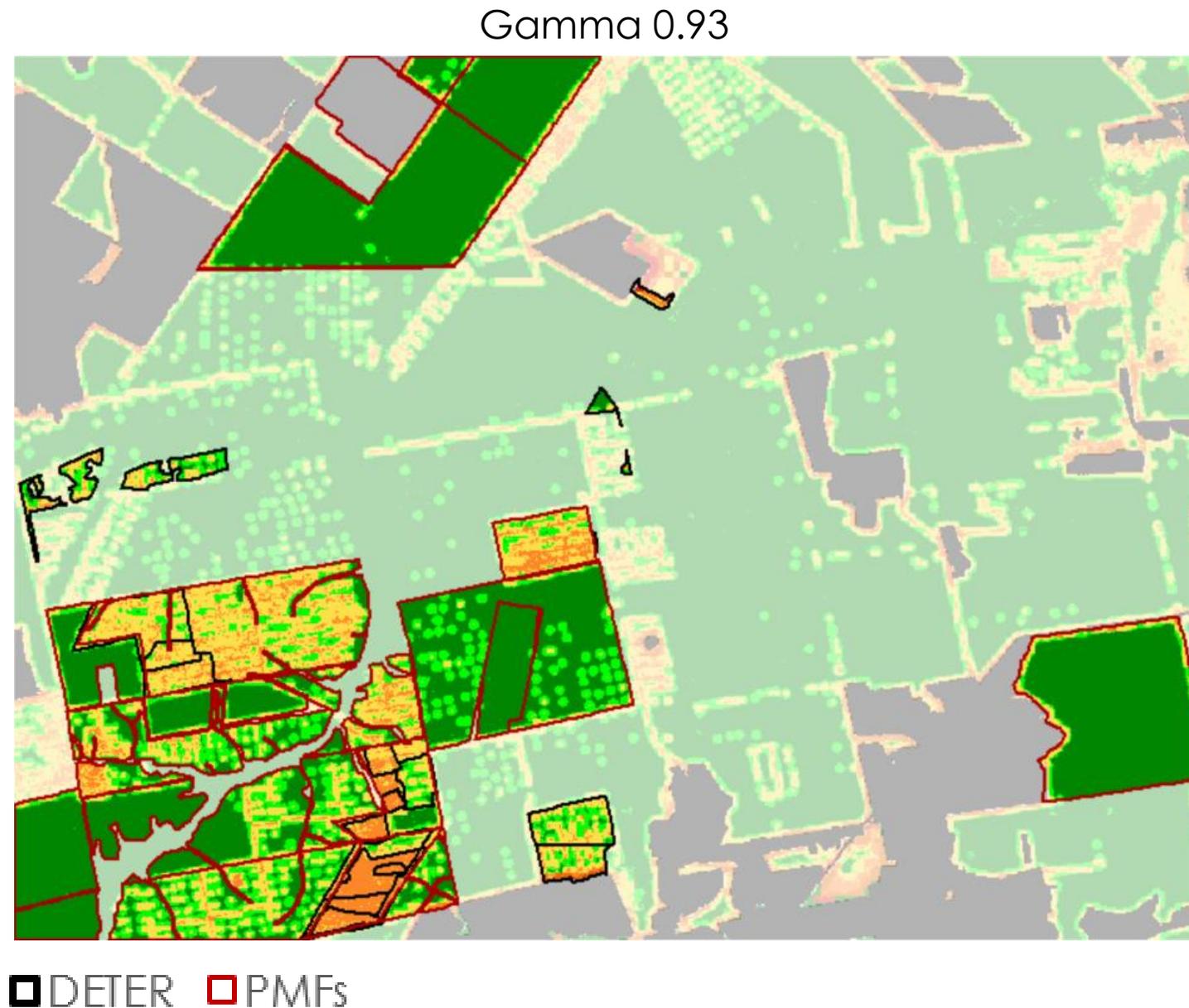
Gamma 0.93



# Resultados



- [A] Alta degradação
- [B] Média/Alta degradação
- [C] Média
- [D] Baixa/Média degradação
- [E] Baixa degradação
- [F] Nenhum/Baixa degradação



# *Considerações Finais*

- A técnica utilizada mostrou-se eficiente para obtenção de mapas de intensidade da degradação florestal;
- A possibilidade de gerar vários cenários é uma das grandes vantagens de sua utilização;
- Referências de campo e inclusão de outras métricas são recomendadas

# *Referências apresentadas*

BONHAM-CARTER, G. F. **Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS**. Elsevier, 1994.

LAURANCE, W. F., CAMARGO, J. L., FEARNside, P. M., LOVEJOY, T. E., WILLIAMSON, G. B., MESQUITA, R. C. G., MEYER, C. F. J., BOBROWIEC, P. E. D., LAURANCE, S. G. W. An Amazonian rainforest and its fragments as a laboratory of global change. **Biological reviews**, v. 93, n. 1, p. 223-247, 2018.

OLIVEIRA, M. F. O et al. Mapeamento e quantificação de área corte seletivo para o monitoramento florestal na Amazônia. Artigo em preparação

PACHECO, F. D. Distribuição espacial da plantação de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) pela agricultura familiar em municípios do Pará, Brasil. 2020. Disponível em:  
[http://wiki.dpi.inpe.br/lib/exe/fetch.php?media=ser300:apresentacao\\_geo\\_flavia\\_pacheco.pdf](http://wiki.dpi.inpe.br/lib/exe/fetch.php?media=ser300:apresentacao_geo_flavia_pacheco.pdf)

***Obrigada!***

maria.oliveira@inpe.br

