

*Universidade Federal do Espírito Santo  
Centro de Ciências Agrárias e Engenharias  
Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais*

Defesa de Tese

# **Aprendizado de máquina aplicado na prevenção de incêndios florestais**

Doutorando: Ronie Silva Juvanhol

Orientador: Nilton Cesar Fiedler

Coorientador: Alexandre Rosa dos Santos



Jerônimo Monteiro – ES

2017

## Impactos

### Incêndios de grandes proporções

Chile – Janeiro/2017



11 mortos, 3,7 mil km<sup>2</sup>

Portugal – 2017



+ 100 mortos – junho/outubro

Califórnia – 2017



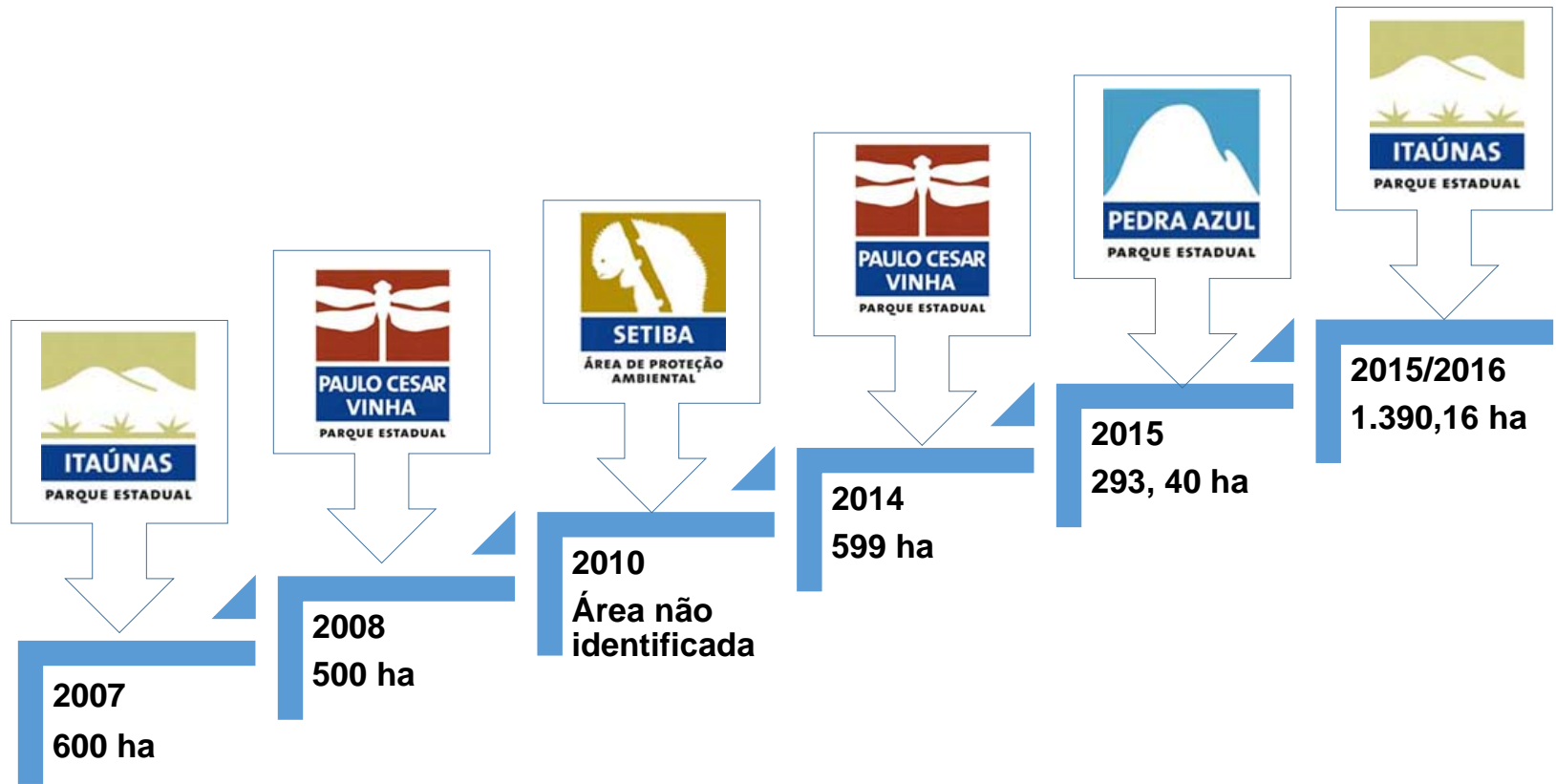
40 mortos – outubro

Ribas / MS 2017



1.000 hectares de plantio

# Grandes incêndios florestais nas UC's - ES



**Incêndios > 200 ha**

**Classificação proposta pelo Serviço Florestal Canadense**

# Grandes incêndios florestais nas UC's - ES



PEPCV, março de 2014.

Fonte: Prevines 2014



# Grandes incêndios florestais nas UC's - ES



PEPAZ, fevereiro de 2015.  
Fonte: Prevines 2015

# Grandes incêndios florestais nas UC's - ES



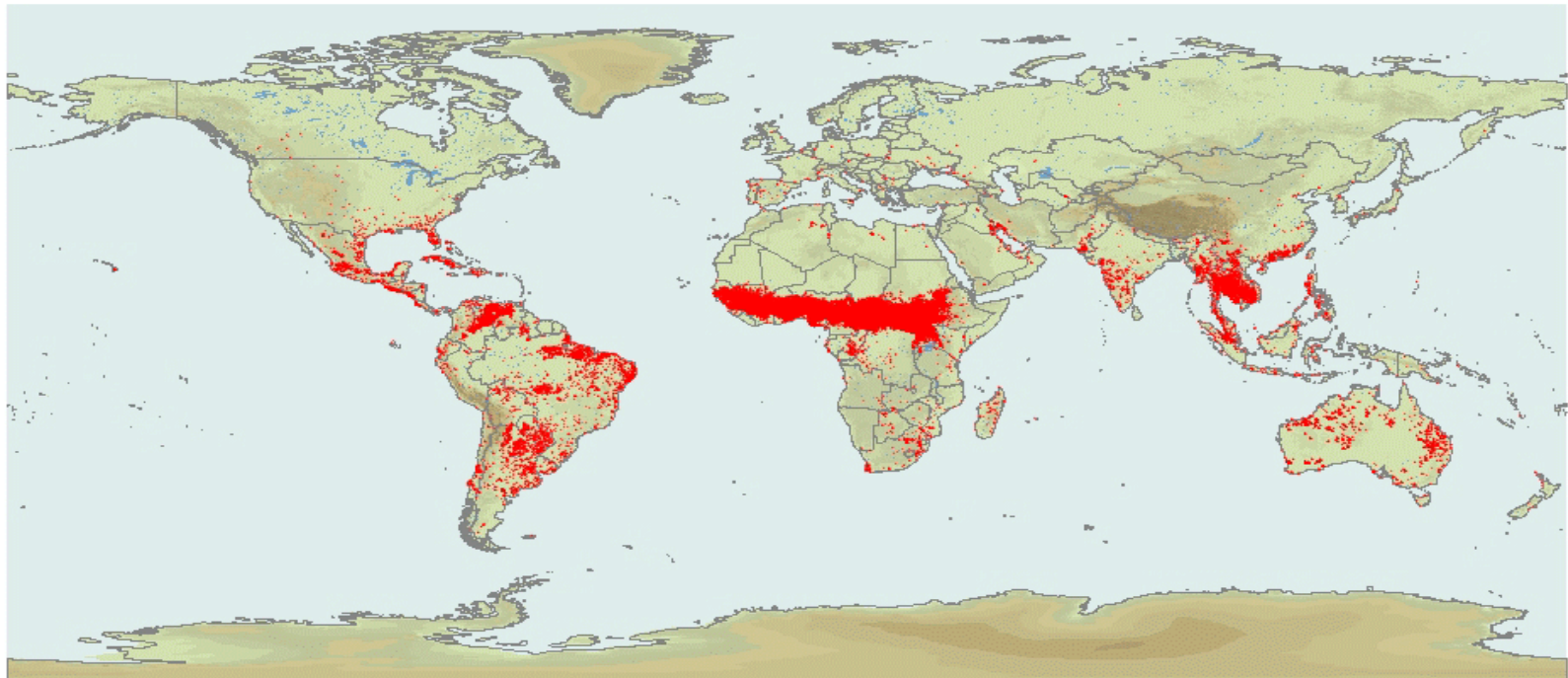
PEI, dezembro de 2015 e janeiro de 2016.

Fonte: Prevines 2015



# A problemática dos incêndios florestais

MODIS Rapid Response Fire Detections for 2005



JANUARY FEBRUARY MARCH APRIL MAY JUNE JULY AUGUST SEPTEMBER OCTOBER NOVEMBER DECEMBER



• MODIS Active Fire Detections  
□ World Countries

Active fires are detected using MODIS data from the Terra satellite.  
Source: MODIS Rapid Response <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov>  
Web Fire Mapper <http://maps.geog.umd.edu>

# Ações Preventivas

- **Desenvolvimento e utilização de modelos de predição do fogo**
  - Auxilia o manejo florestal
  - Tomada de decisão ativa e preventiva
  
- **Sistemas de Informações Geográficas**
  
- **Sensoriamento Remoto**



## Contextualização do problema

- Modelos comumente usados sugerem uma configuração a priori dos parâmetros de modelagem

**Conhecimento dos especialistas de fogo**

- Alta subjetividade

**Modelos estatísticos**

- Regressão linear
- Regressão logística

**Redes neurais**

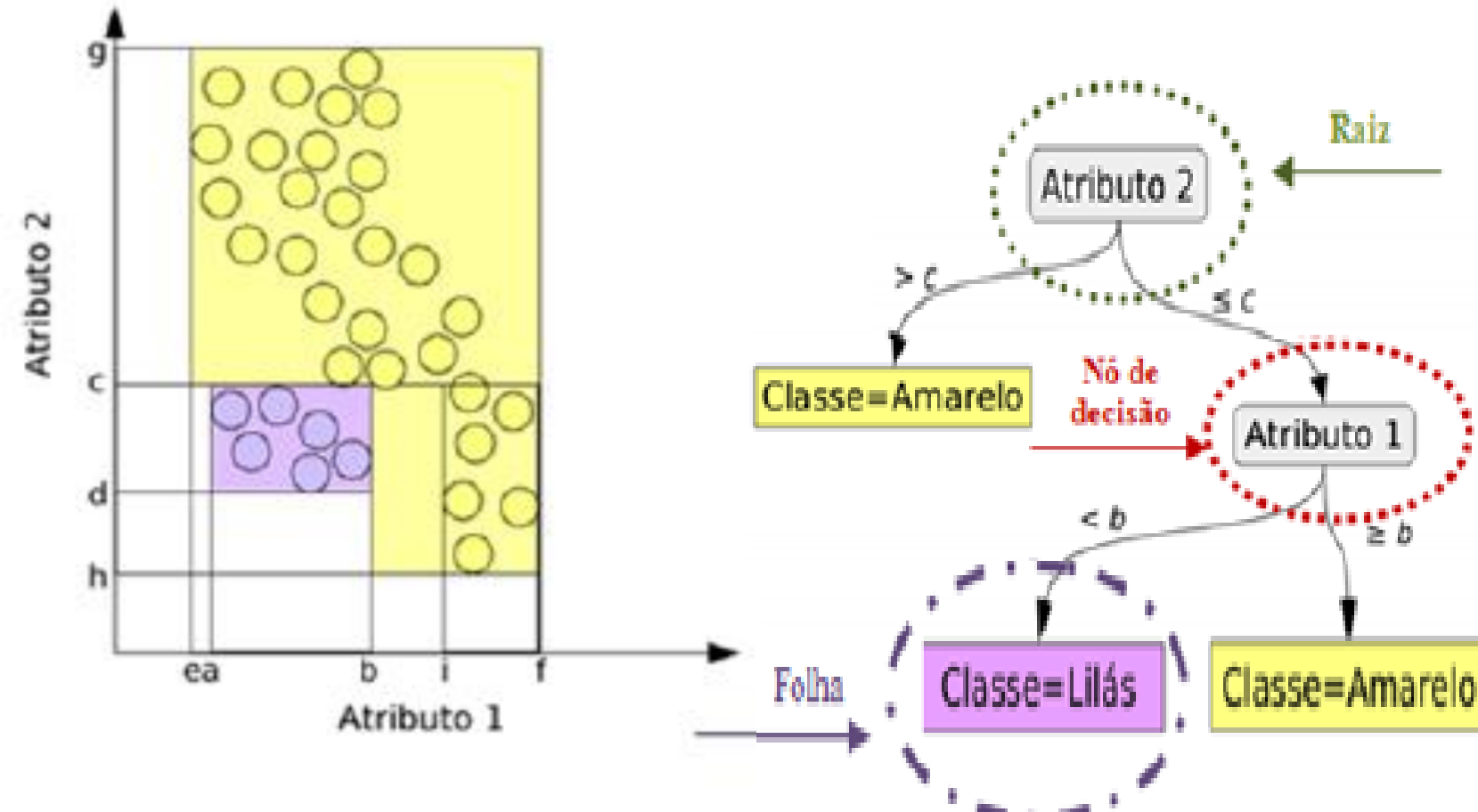
## Contextualização do problema

- Necessidade de ferramentas operacionais mais eficientes – **Sistema de Apoio à Decisão**;
- Fornecer informações úteis para a fase de planejamento prévio.

### Algoritmos de aprendizado de máquina

- *MaxEnt*
- *Random forest*
- *Boosted Regression Trees*
- *CART*  
(*Classification and Regression Trees*)

# ÁRVORE DE DECISÃO

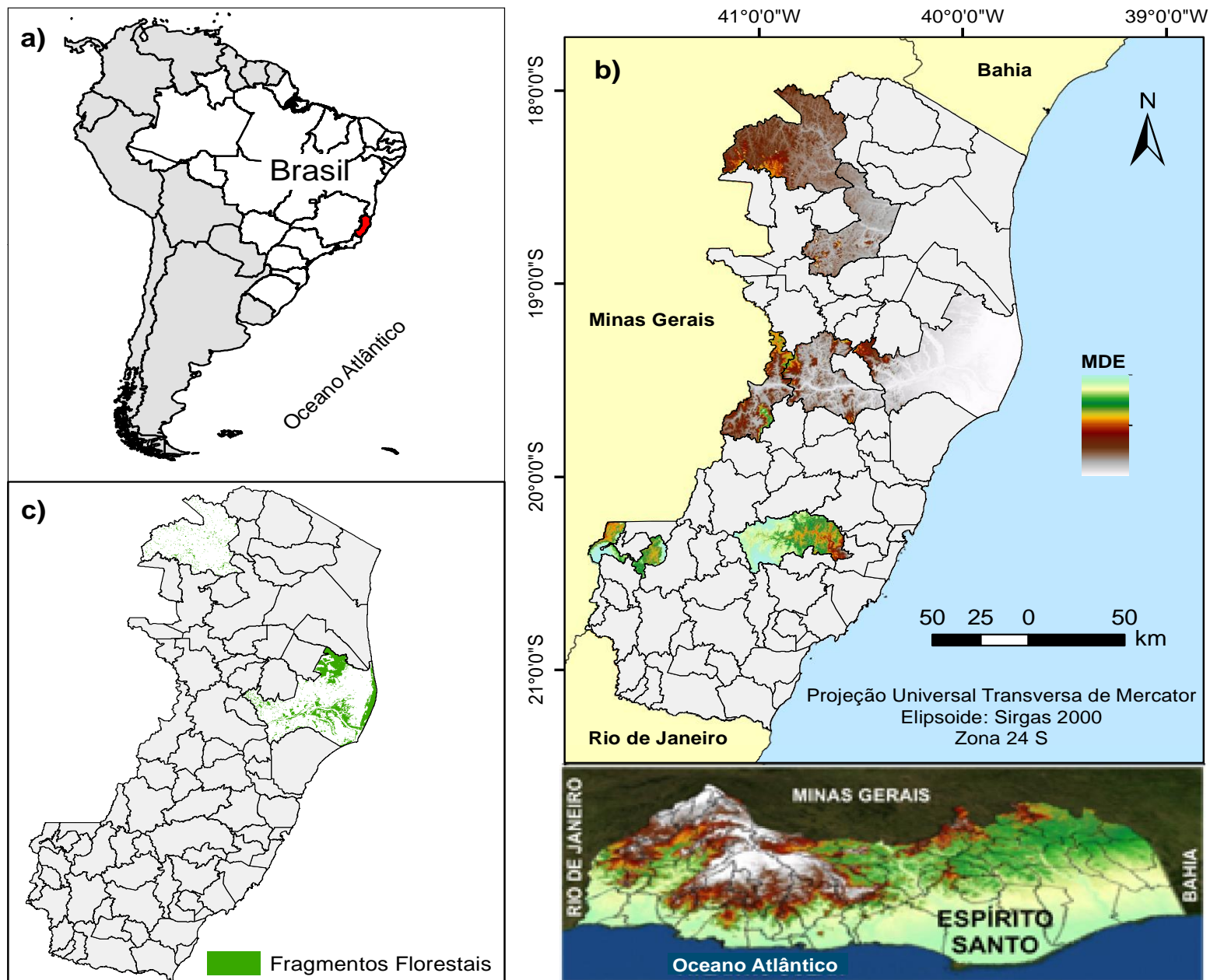


**Figura 1.** Exemplo de partição dos espaços atributos (esquerda) e exemplo de uma árvore de decisão (direita).

- Esta tese se insere no âmbito da **modelagem e análise espacial** pelo uso de **técnicas de aprendizado de máquina** para avaliar a **predição de fogo** em escala regional;
- A técnica proposta visa fornecer **saídas compreensíveis**, na forma de **regras de decisão**, capazes de prever os valores de risco médio para cada célula de grade, definindo assim as **unidades de manejo do fogo** no estado do Espírito Santo.

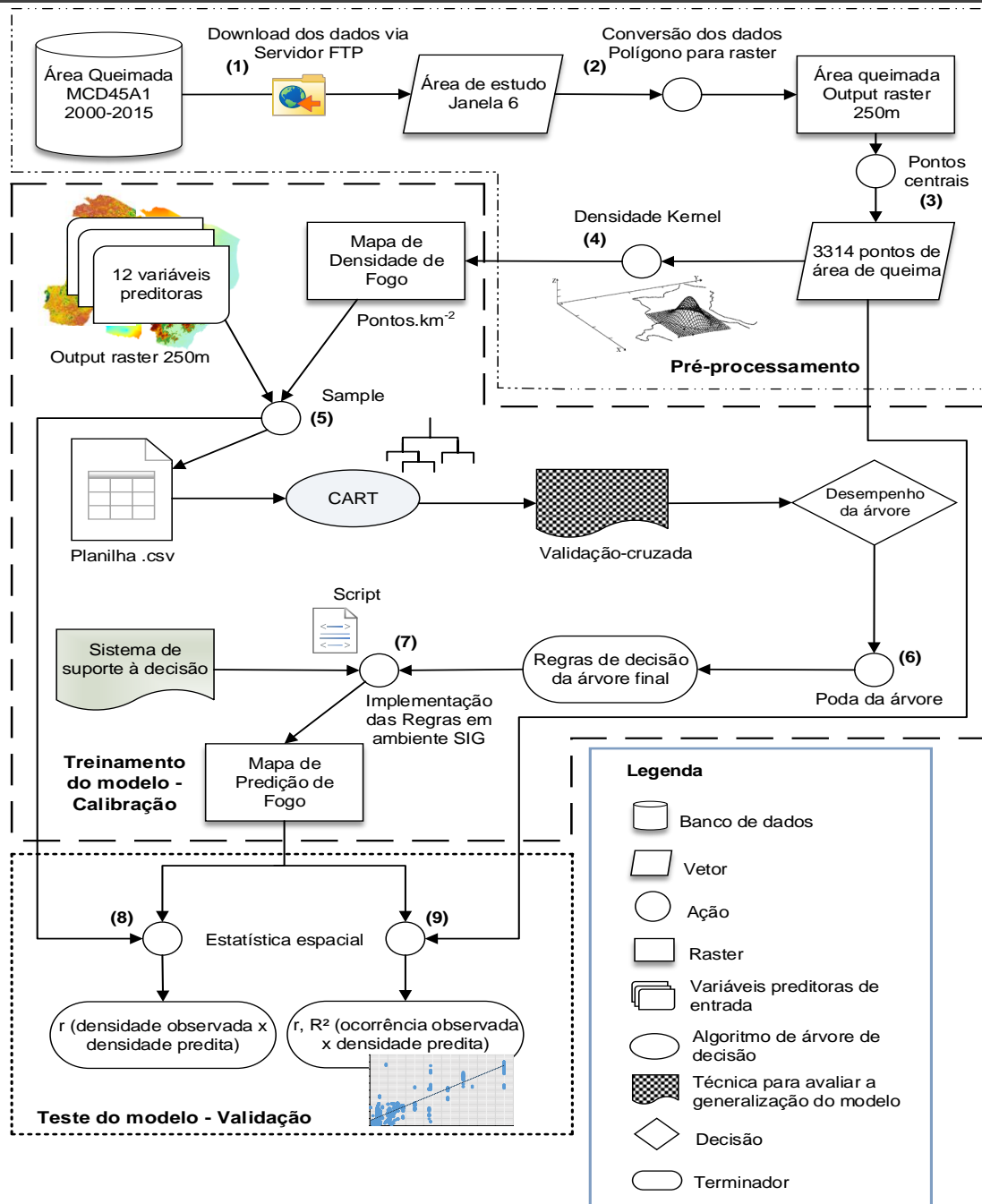


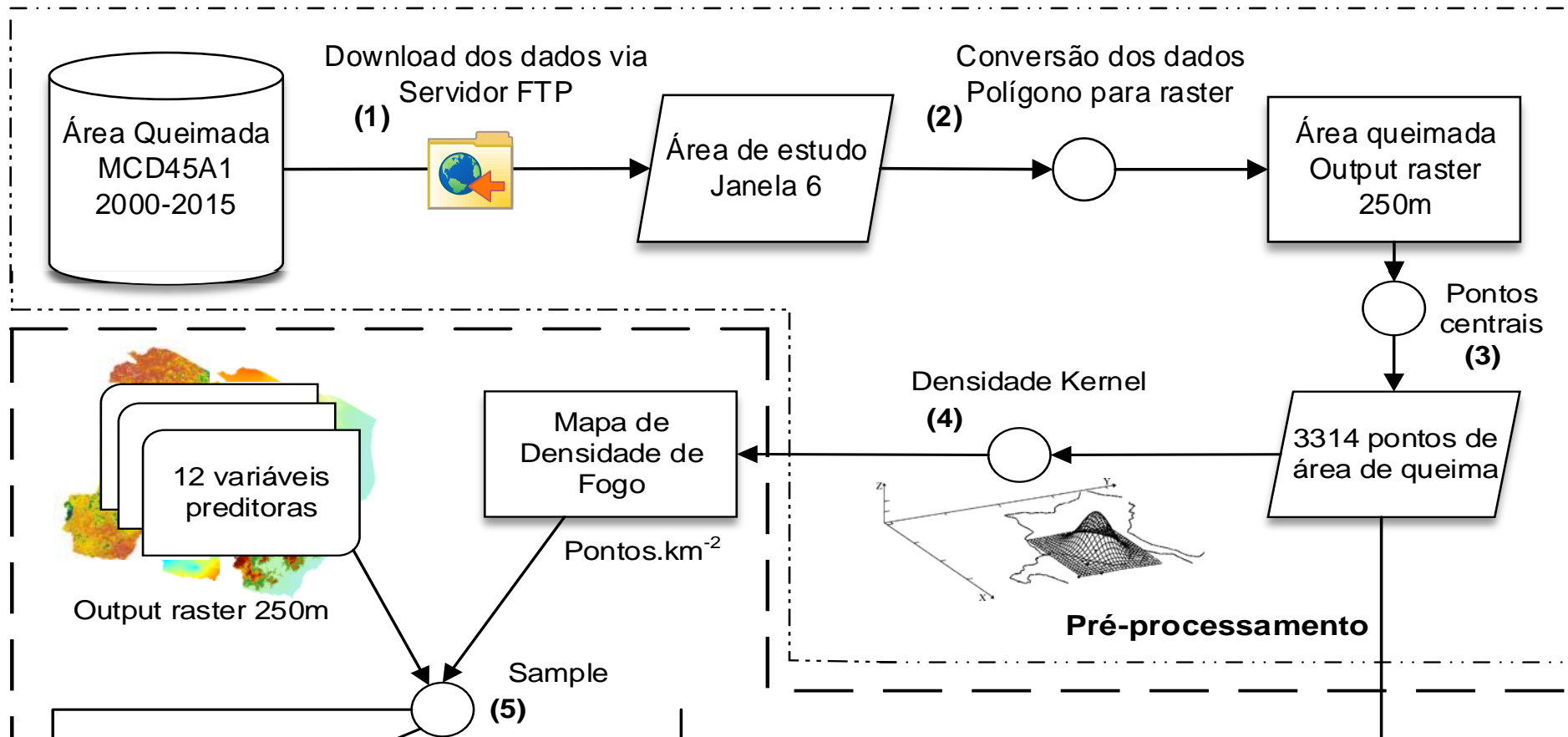
# MATERIAIS E MÉTODOS



**Figura 2.** Localização geográfica da área de estudo.

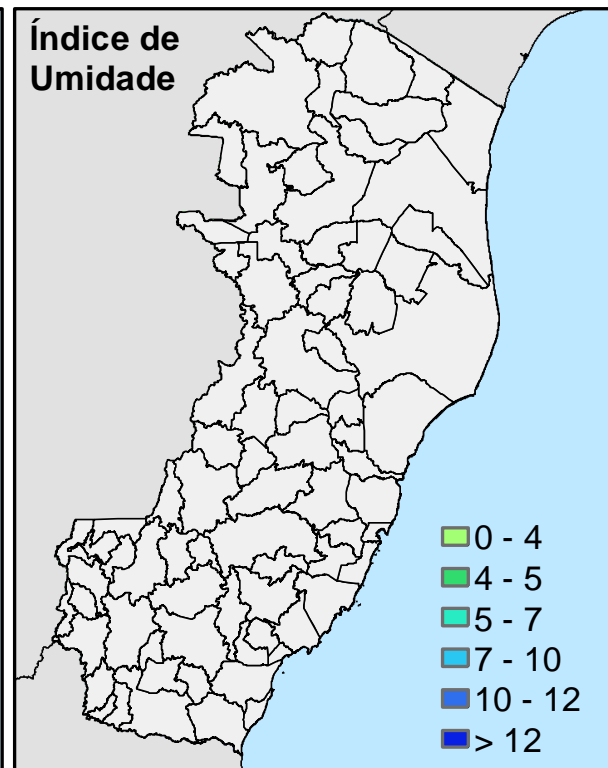
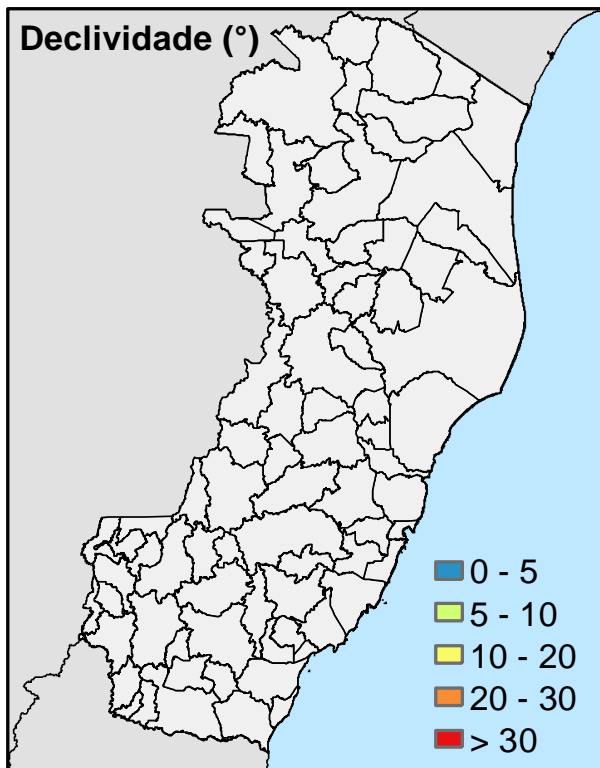
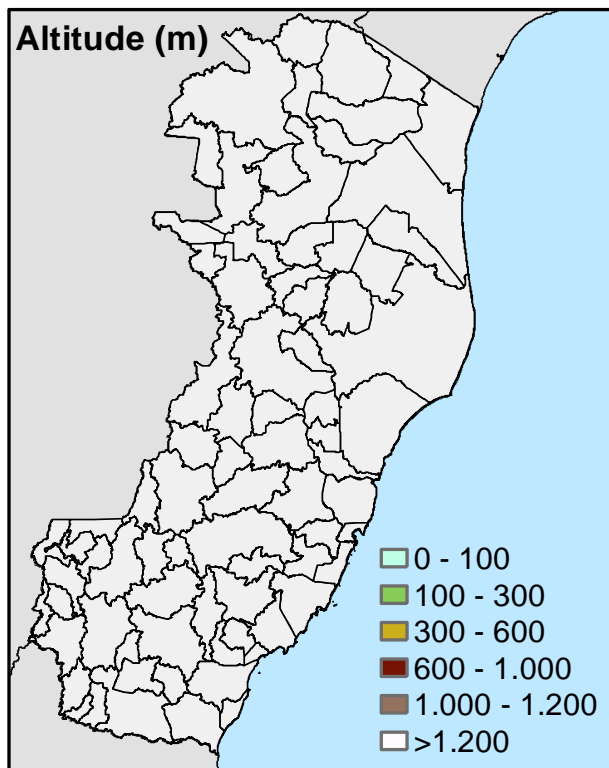
# MATERIAIS E MÉTODOS





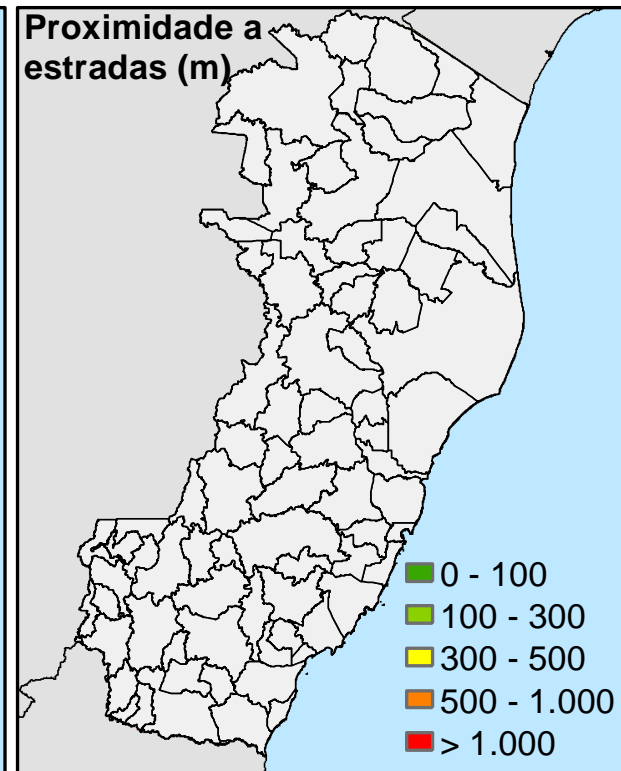
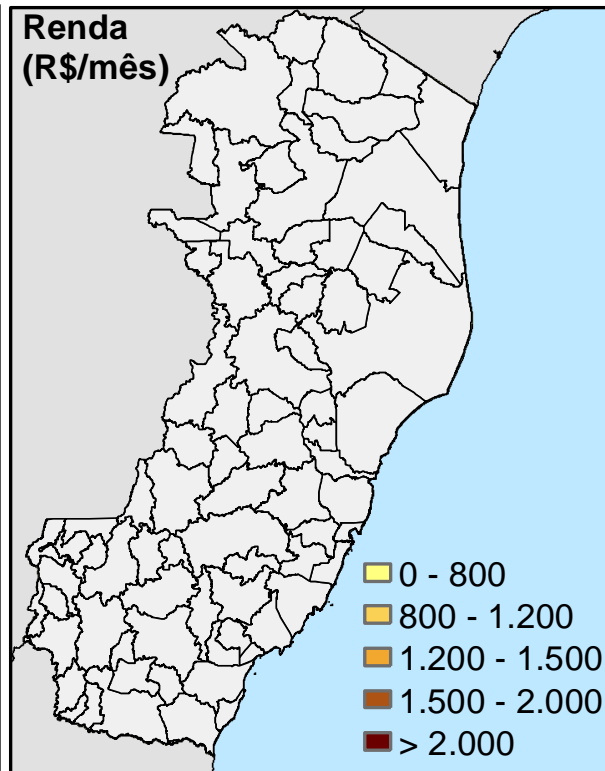
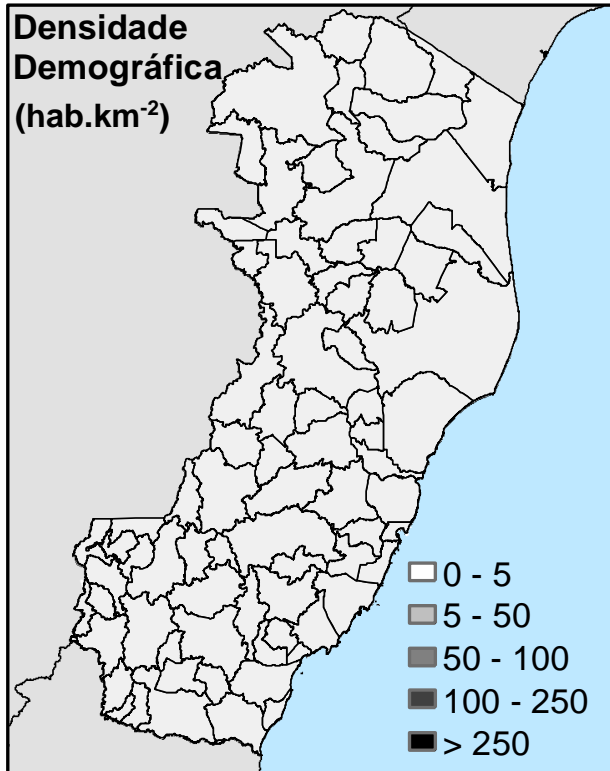
**Figura 3.** Visão geral dos principais procedimentos envolvidos no processo, apontando as principais etapas para determinar o mapa de densidade de fogo e previsão de fogo.

## ■ Variáveis topográficas

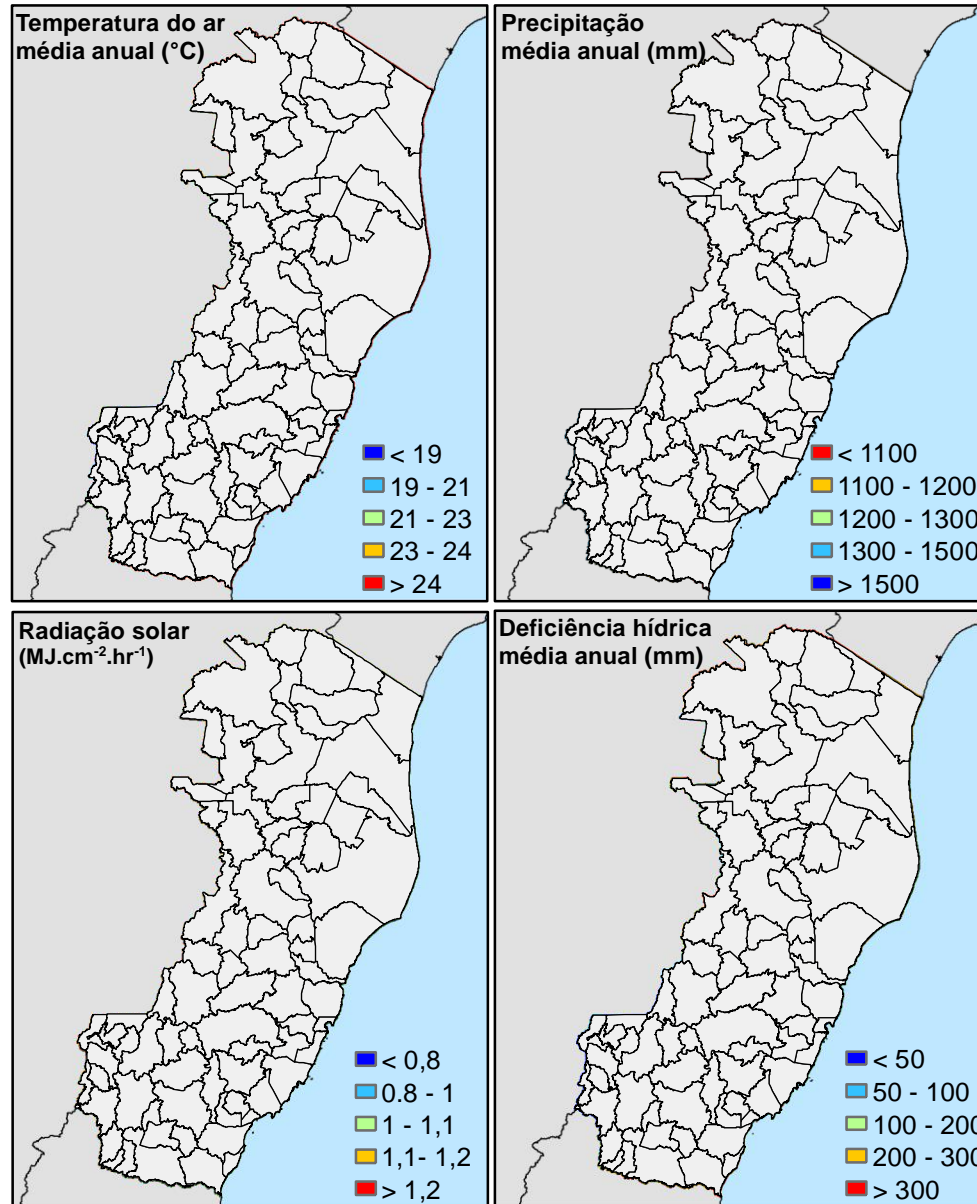




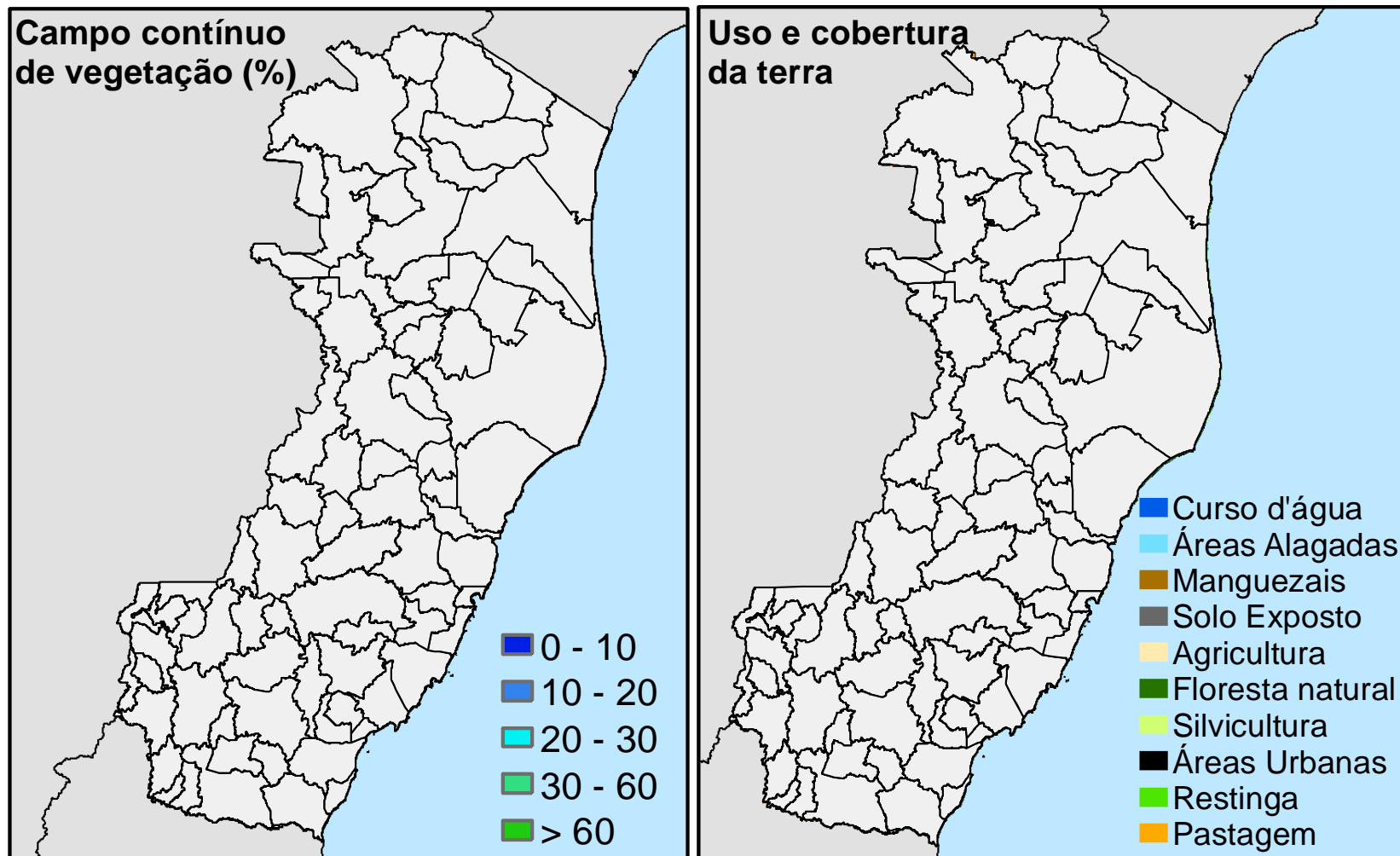
## ■ Variáveis socioeconômicas

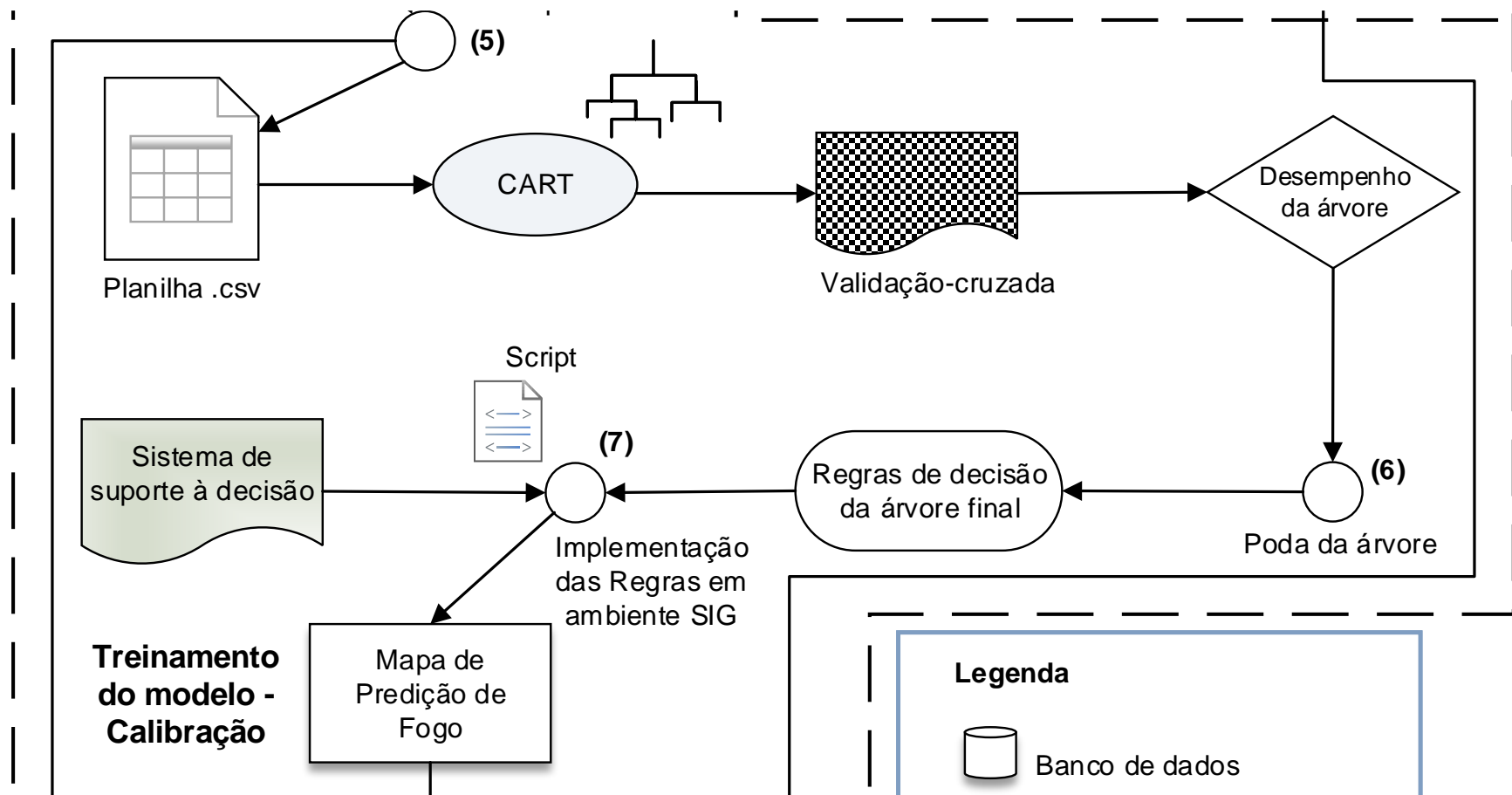


## ■ Variáveis climáticas



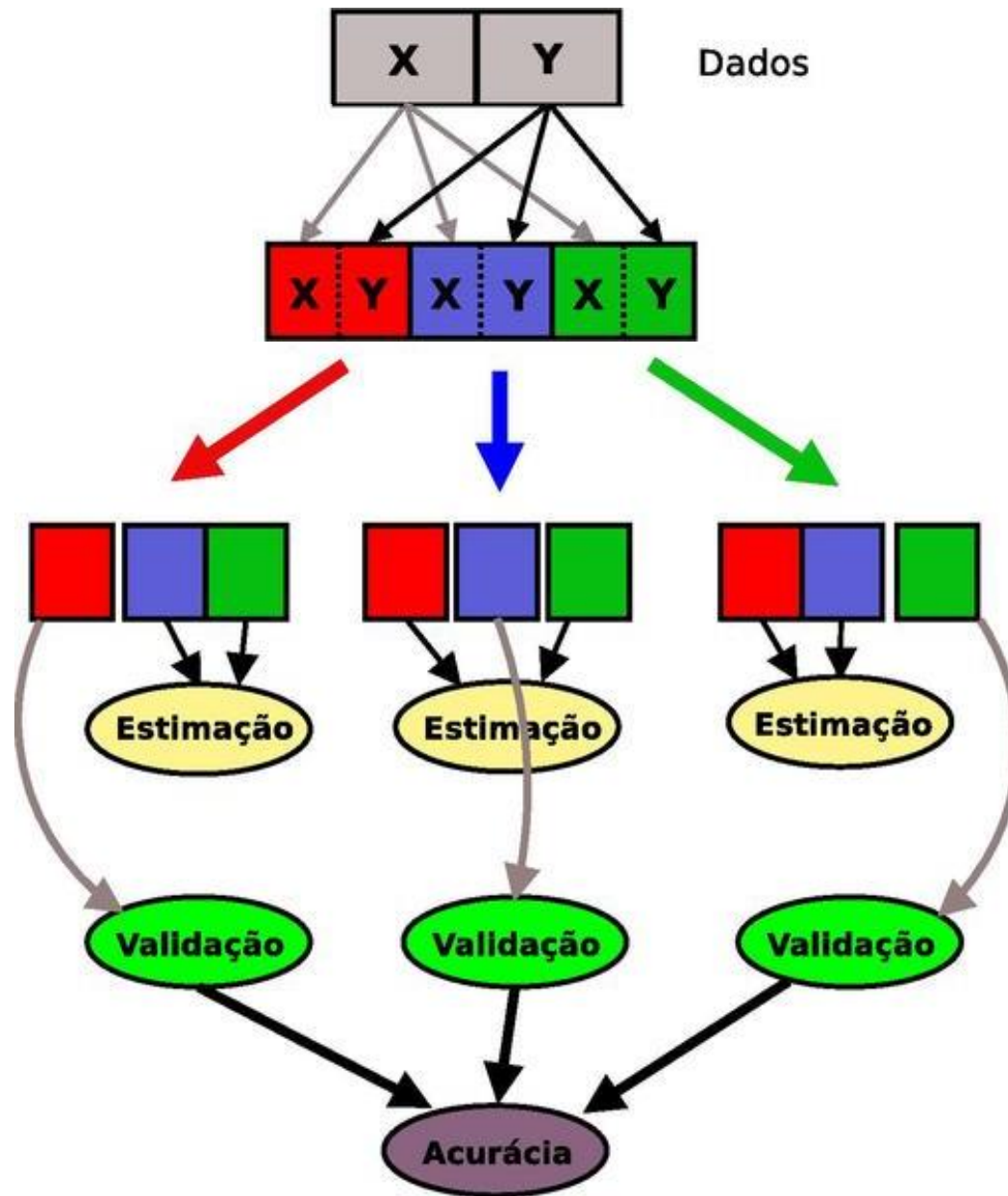
## ■ Variáveis de vegetação



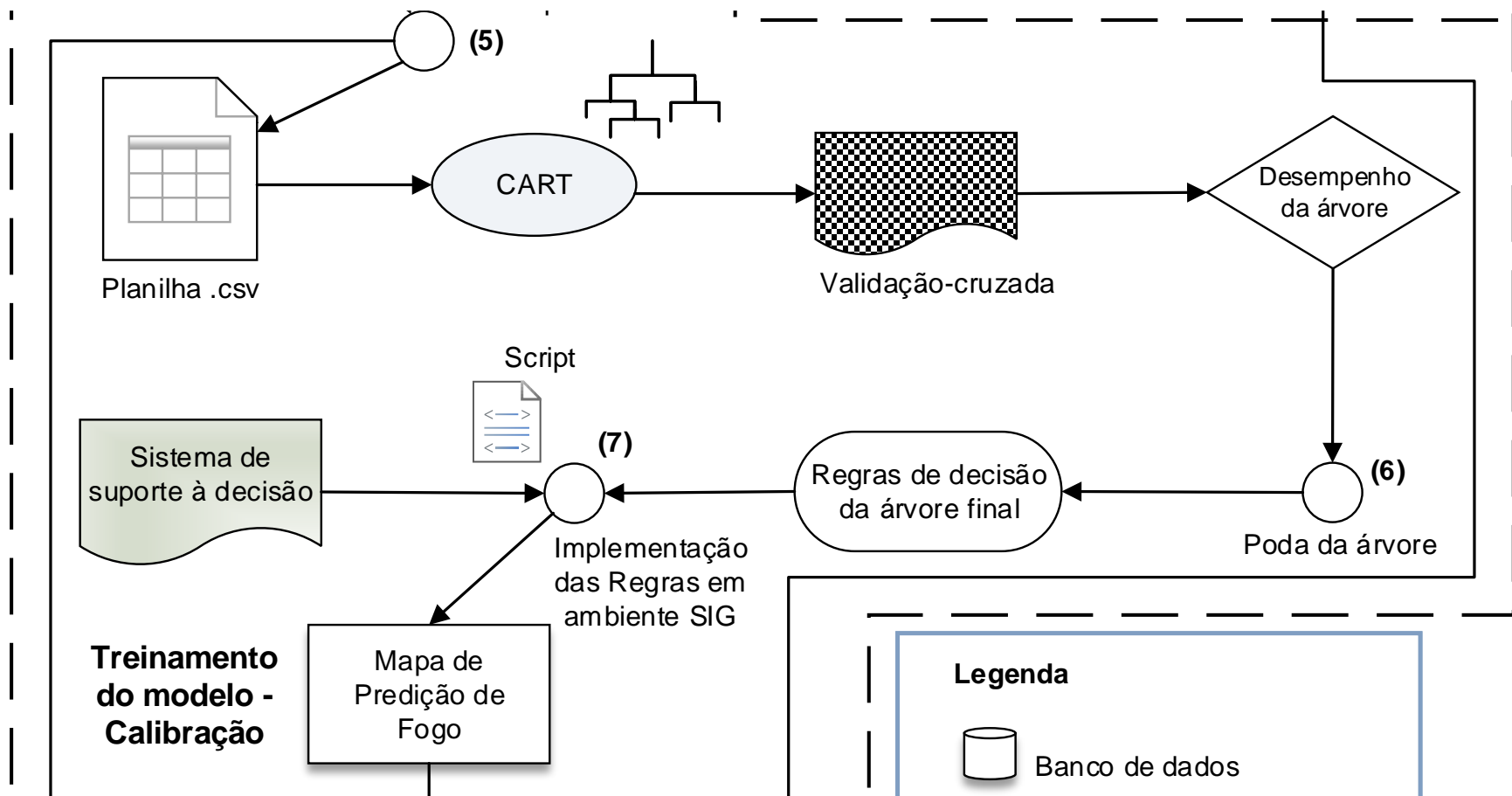


**Figura 3.** Visão geral dos principais procedimentos envolvidos no processo, apontando as principais etapas para determinar o mapa de densidade de fogo e predição de fogo.

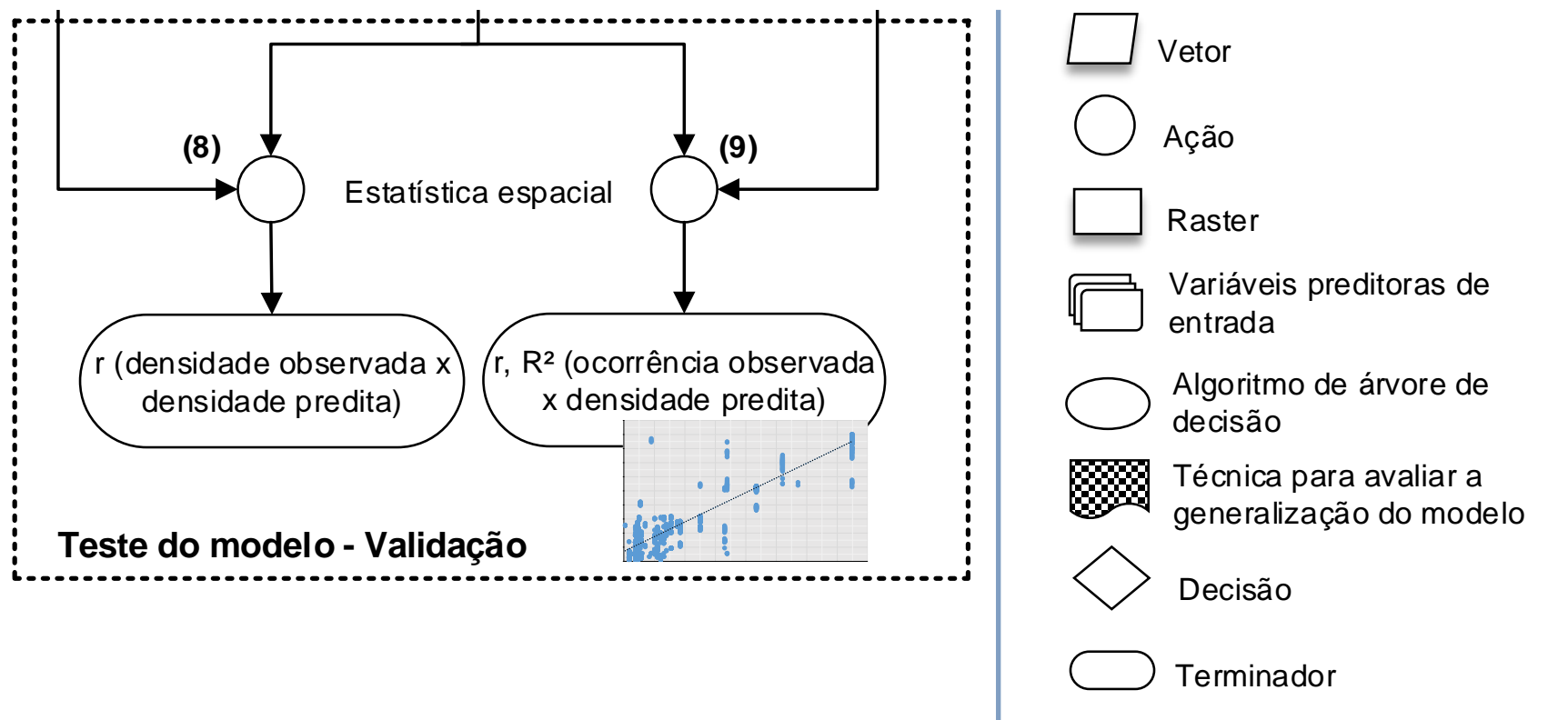




**Figura 4.** Exemplo do esquema de particionamento e execução do método  $k$ -fold com  $k=3$ .



**Figura 3.** Visão geral dos principais procedimentos envolvidos no processo, apontando as principais etapas para determinar o mapa de densidade de fogo e predição de fogo.



**Figura 3.** Visão geral dos principais procedimentos envolvidos no processo, apontando as principais etapas para determinar o mapa de densidade de fogo e predição de fogo.

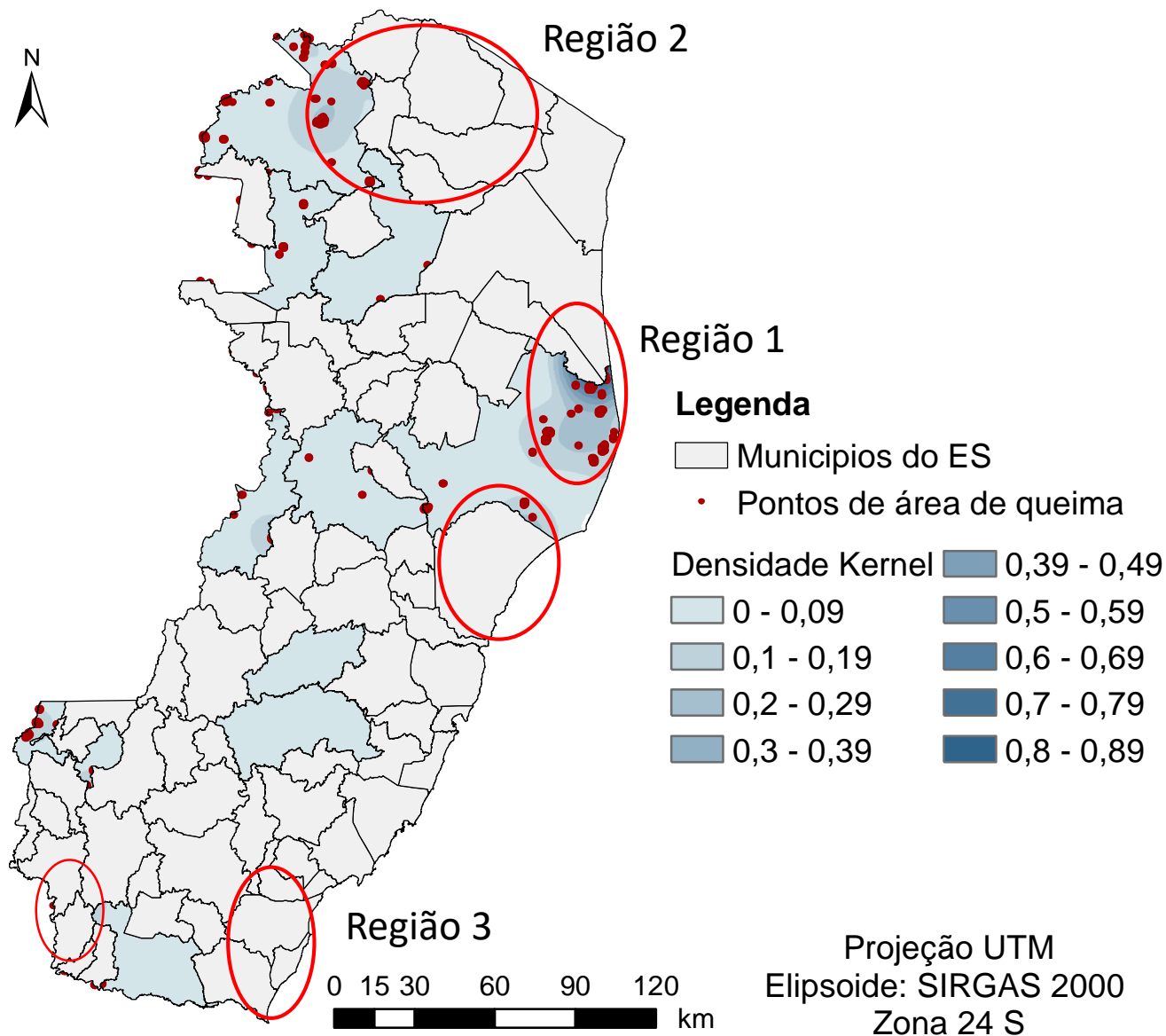
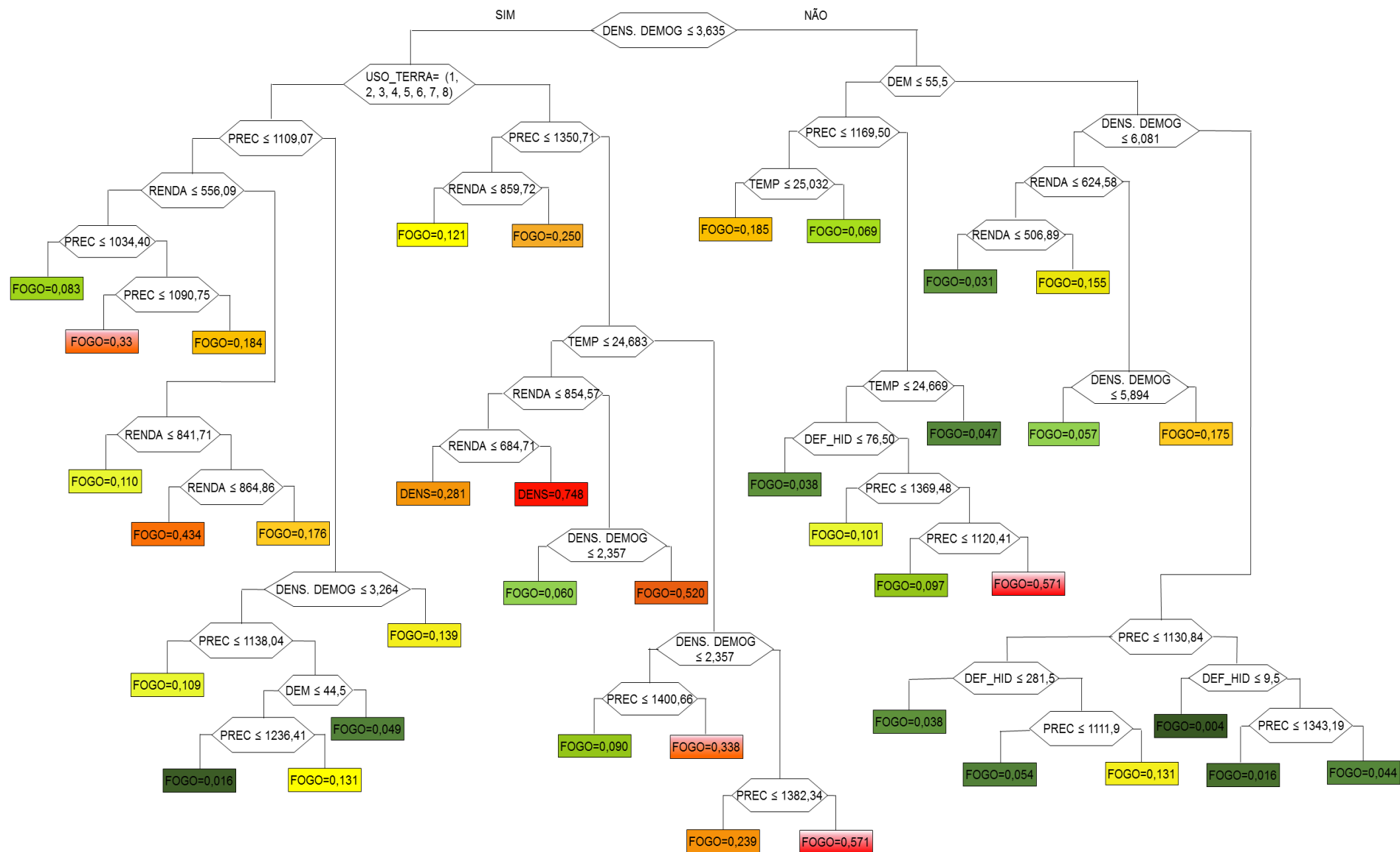


Figura 5. Mapa de densidade de fogo *Kernel*.

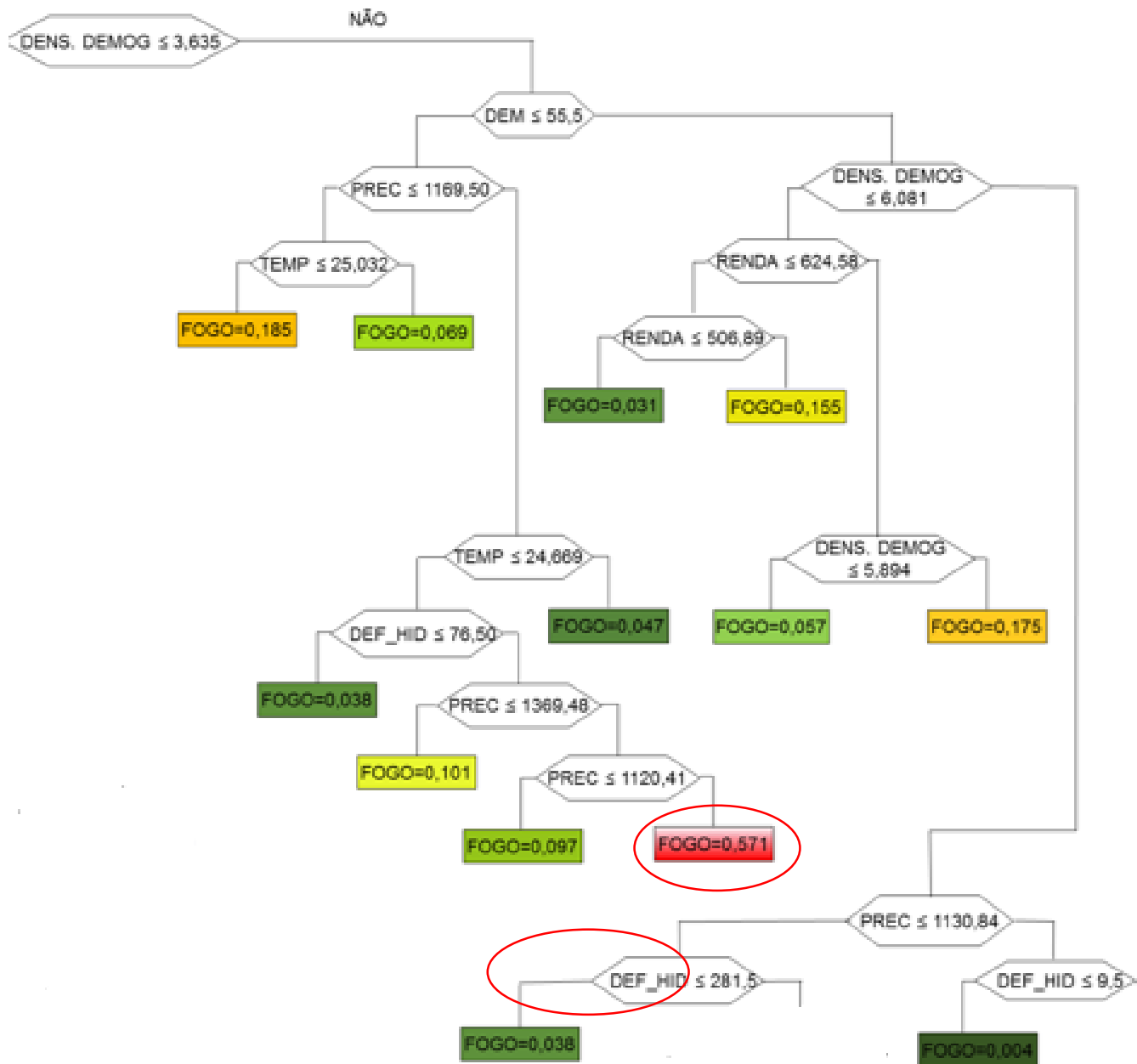
# RESULTADOS E DISCUSSÃO



**Figura 6.** Regras de decisão representado na forma de árvore binária.



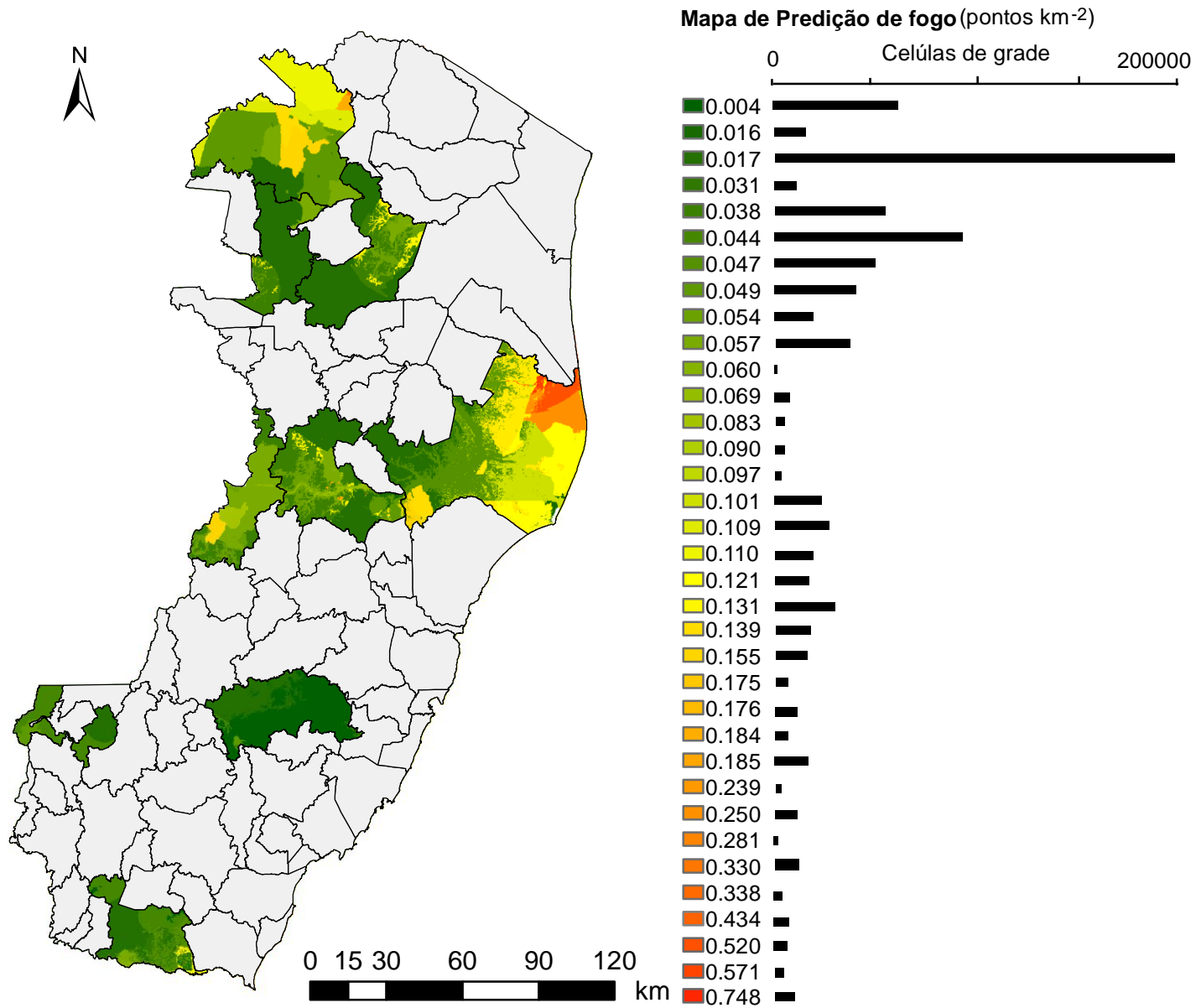
# RESULTADOS E DISCUSSÃO



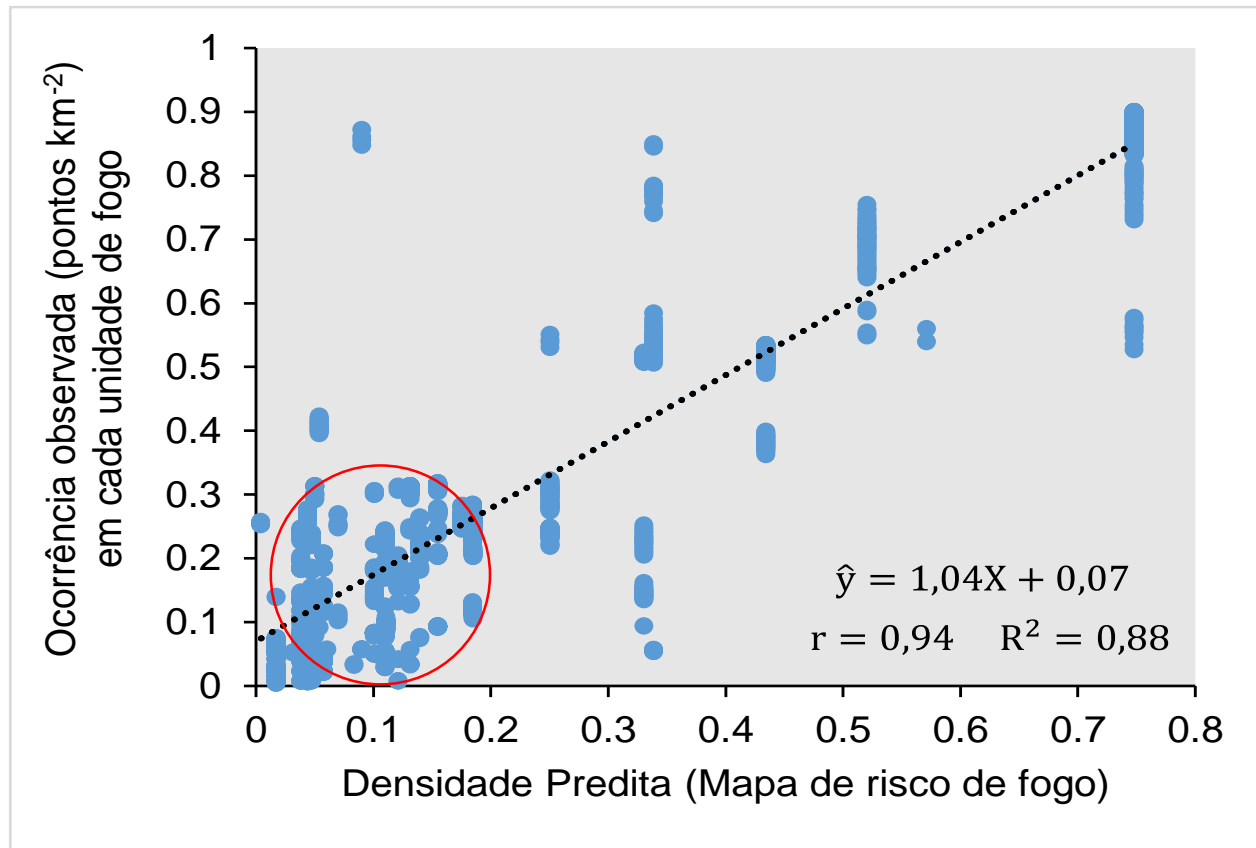
**Figura 6.** Regras de decisão representado na forma de árvore binária.

**Tabela 1.** Pontuação de cada variável no processo da árvore de decisão

Variável	Pontuação (%)
Densidade Demográfica	100
Precipitação média anual	78,4
Uso e cobertura da terra	75,07
Renda	36,05
Altitude	33,51
Índice topográfico composto	24,06
Deficiência hídrica média anual	22,89
Temperatura média anual	22,13
Proximidade a estradas	9,92
Declividade	9,14
Campo contínuo de vegetação	1,04
Radiação solar	0,01



**Figura 7.** Mapa de predição de fogo.



**Figura 8.** Equação de regressão obtida entre a densidade predita e a ocorrência observada de incêndios em cada unidade de manejo de fogo.

- *O estudo demonstrou como o potencial de duas **técnicas não paramétricas**, combinadas com **SIG**, pode fornecer um modelo significativo para **predizer unidades de risco de incêndio no estado**;*
- *O modelo de árvore de decisão resultante mostra um bom desempenho entre sua dimensão e o erro de validação cruzada;*
- *Os limiares de decisão de cada variável preditora, pode apoiar os gestores florestais em importante tomada de decisão.*
- *O fator socioeconômico, ambiental e vegetação, são mais importantes na predição de fogo em escala regional;*

- *A técnica proposta pode ser considerada como uma alternativa à técnica tradicional.*
- *Este estudo apresenta um método de análise de dados avançada, cuja aplicação pode ser estendida a outros campos da ciência.*





**AO COMITÊ DE ORIENTAÇÃO**

**OBRIGADO!**

*Ronie Silva Juvanhol*

roniejuvanhol@gmail.com