

# Modelagem e Análise de Riscos Ambientais em Blumenau por Meio de Imagens de Satélite

Felipe Karmann, João Souza

30 de maio de 2025

## 1 Descrição do problema

A cidade de Blumenau é historicamente vulnerável a enchentes, sendo este fato devido à sua geografia montanhosa, rios urbanos e padrões de chuva intensos. A gestão de riscos naturais requer ferramentas que combinem automação, visão computacional e análise de dados geográficos para monitorar o uso do solo e identificar áreas críticas.

A partir dos artigos escolhidos para servir de base para o nosso trabalho, o problema a ser resolvido é a criação de um programa que detecte padrões e características do terreno em fotos tiradas por satélites, e, com as informações colhidas no estudo de Lacerda, Fonseca e Faria (2017), calcule as probabilidades de alagamento na região retratada. O algoritmo tem por objetivo ajudar órgãos públicos, como a Defesa Civil, na tomada de decisão rápida e baseada em evidência visual.

## 2 Montagem da base

### 2.1 Fonte de dados

A base de imagens foi criada com fotos de satélite da região de Blumenau, com foco naquelas com histórico significativo de alagamento.

### 2.2 Estrutura da base

As imagens foram rotuladas com base em coloração e características visuais, utilizando segmentação por cor em espaço HSV em vez de máscaras manuais.

## 3 Preparação

O programa usa subtração de cores para encontrar em cada imagem seções que correspondam aos quatro tipos de solo (área urbana, solo exposto, pastagem e matas), e as áreas alagadas, se houver.

Cada imagem passa pelas seguintes etapas:

- conversão para HSV: o modelo trabalha no espaço HSV (Hue, Saturation, Value), mais robusto à variação de iluminação;
- redução de ruído com filtro bilateral;
- criação de máscaras binárias para classes de terreno (matas, urbana, solo exposto, pastagem e enchente).

A função `enhance_water_detection()` melhora a identificação de áreas alagadas, mesmo sob sombra ou baixa visibilidade.

## 4 Modelo da rede

Embora não se trate de uma rede neural convencional, este algoritmo pode ser interpretado como uma rede de regras heurísticas e de segmentação que classifica pixels da imagem com base em cores HSV.

## 5 Treinamento

Este algoritmo não requer treinamento supervisionado pois não utiliza redes neurais; ele opera por regras fixas. No entanto, as faixas HSV foram calibradas manualmente com base em amostras de imagens reais de Blumenau.

## 6 Classificação e testes

Durante a classificação, o algoritmo atribui categorias de risco às áreas da imagem com base na predominância de cada tipo:

- solo exposto ou pastagem  $> 8\%$   $\rightarrow$  risco de erosão ou deslizamento;
- enchente  $> 3\%$   $\rightarrow$  risco de alagamento urbano ou rural.

Exemplo de estatísticas geradas:

Estatísticas da imagem:

- Matas (Baixo risco): 38.45%
- Área Urbana (Médio risco): 23.12%
- Pastagem (Alto risco): 14.80%
- Solo Exposto (Alto risco): 12.55%
- Área Alagada (Enchente): 4.10%

ALERTA: Areas de enchente detectadas

ALERTA: Muito solo exposto risco de erosão

## 7 Código

O programa está dividido em funções-chave:

- `load_image(path)`: carrega e valida a imagem de entrada;
- `create_masks(hsv)`: gera máscaras binárias para cada classe de risco com base em faixas de cor HSV;
- `enhance_water_detection(hsv)`: aprimora a detecção de água utilizando múltiplas técnicas (tons de azul, marrom e sombras);
- `apply_masks(image, masks)`: aplica as máscaras sobre a imagem com cores indicativas e transparência;
- `calculate_risk_areas()`: calcula a porcentagem de cada classe na imagem;
- `add_legend_and_stats()`: gera legenda visual e insere alertas diretamente na imagem final;
- `process_image(image_path)`: integra todas as etapas para processar uma imagem completa.

## 8 Resultados

### 8.1 Demonstração de entradas e saídas

Entrada: imagem de satélite da cidade de Blumenau após período de chuvas:

Saída: imagem processada com destaque visual das áreas e legendas:

- verde escuro → matas;
- vermelho → solo exposto;
- azul → áreas urbanas;
- roxo ou preto → enchente.