



Sensoriamento remoto aplicado

Prof. Dr. Jorge Antonio Silva Centeno
Universidade Federal do Paraná
Departamento de Geomática

código	GA142
denominação	SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO
carga horária semanal	03 hrs e total 45 hrs.



Tema 02

Tema 1 — Impacto da dinâmica do uso e cobertura da terra sobre o potencial de escoamento superficial

Descrição:

Avaliação do impacto das mudanças no uso e cobertura da terra sobre o potencial de geração de escoamento superficial utilizando o método SCS Curve Number (SCS-CN).

Objetivos:

Investigar como alterações na cobertura da superfície terrestre modificam o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica.

-

Tema 02

Tarefas

- Estudar o modelo SCS Curve Number, seus fundamentos e o significado físico do parâmetro CN.
- Selecionar uma bacia hidrográfica para análise.
- Obter mapas históricos de uso e cobertura da terra (ex.: MapBiomas) para diferentes anos.
- Reclassificar as classes de uso da terra em valores de Curve Number.
- Calcular CN médio da bacia para diferentes períodos: 2000, 2010, 2020
- Elaborar mapa da Distribuição espacial dos valores de CN dentro da bacia.
- Analisar as alterações temporais e discutir suas implicações hidrológicas.
- interpretação dos efeitos da mudança da paisagem sobre o escoamento superficial.



MAPBIOMAS

- O MapBiomas é uma rede multi-institucional e colaborativa, formada por universidades, organizações não governamentais e empresas de tecnologia, que produz mapas anuais de cobertura e uso da terra, permitindo acompanhar como o território brasileiro mudou ao longo do tempo.
- A iniciativa surgiu no Brasil em 2015, no âmbito do Observatório do Clima, e posteriormente se estruturou como uma rede de instituições e especialistas organizados por biomas e temas.
- A partir de imagens de satélite, algoritmos de aprendizado de máquina e processamento em nuvem, o MapBiomas produz mapas anuais nos quais cada pixel é classificado segundo uma determinada classe de cobertura ou uso da terra.
- <https://brasil.mapbiomas.org/>



Uso/cobertura

- O MapBiomas usa uma legenda que combina informações de cobertura e uso da terra.
- Por isso, não se deve interpretar todas as classes simplesmente como “uso” ou simplesmente como “cobertura”.

Cobertura da terra

- É aquilo que está fisicamente sobre a superfície da Terra.

Uso da terra

- É a maneira como o ser humano utiliza aquela área.

Série temporal 1985–2025



Cobertura da terra

Pergunta-chave:

“ O que existe sobre o terreno?”

Exemplos:

- floresta
- vegetação herbácea
- água
- solo exposto
- áreas construídas
- lavoura
- pastagem



Uso da terra

Pergunta-chave:

“ Para que essa área está sendo utilizada?”

Exemplos:

- agricultura
- pecuária
- silvicultura
- mineração
- área urbana
- conservação



NDWI - princípio

O MapBiomas utiliza principalmente séries temporais anuais de imagens Landsat para produzir os mapas de cobertura e uso da terra.

- Para cada ano, são reunidas as imagens Landsat disponíveis para uma determinada área. A partir dessas imagens são calculadas estatísticas para cada pixel, como a mediana dos valores observados ao longo do ano, além de outras métricas da série temporal.
- Essas informações — bandas espectrais, índices e métricas temporais — formam as variáveis utilizadas pelo classificador Random Forest para atribuir uma classe a cada pixel.



SatFonte dos dados élites atuais

Imagens Landsat — séries históricas desde 1985.

Principal vantagem: longa série temporal, permitindo reconstruir e analisar as mudanças de cobertura e uso da terra ao longo de aproximadamente quatro décadas.

- Resolução espacial: 30 m.

A grande vantagem é ter uma série histórica longa e relativamente consistente, desde 1985, que permite acompanhar as mudanças ano a ano.



Coleções

O MapBiomas está constantemente atualizando e aprimorando suas classificações.

- Esse processo é realizado por meio de “Coleções”, que correspondem a novas versões dos mapas e da série histórica.
- Atualmente, a versão mais recente é a Coleção 11.
- Os dados das Coleções podem ser acessados e visualizados no Google Earth Engine (GEE), permitindo explorar espacialmente as classificações e a série histórica.



Amostras de treinamento

- Na Coleção 11, as amostras de referência utilizadas no treinamento são obtidas a partir de diferentes fontes de dados.
- • Entre elas estão áreas consideradas estáveis nas coleções anteriores do próprio MapBiomas, além de outros mapeamentos e bases de referência, como o MapBiomas Alerta, o Atlas da Mata Atlântica e o mapa de pedologia do IBGE.
- Assim, as coleções anteriores também contribuem para a construção das amostras utilizadas no treinamento das novas classificações.

Para classificar imagens históricas, são utilizados dados de referência que permitem identificar a classe correspondente àquele período, incluindo mapeamentos anteriores, áreas estáveis, mapas temáticos e interpretação das imagens históricas.



Classificador: Random Forest (RF)

- As variáveis espectrais, índices e métricas temporais extraídas das séries Landsat são utilizadas como variáveis de entrada do classificador.
- O Random Forest é formado por um conjunto de árvores de decisão, construídas a partir das amostras de treinamento.
- Cada árvore realiza uma classificação com base nas variáveis de entrada, e o resultado final é obtido pela combinação das decisões das diferentes árvores.
- Para cada pixel, o classificador estima a classe mais provável com base no padrão espectral e temporal aprendido nas amostras de referência.



Resultado

Tabela/Códigos de legenda da Coleção 11 – MapBiomias
<https://brasil.mapbiomas.org/>

Plataforma MapBiomias

- Remodelada em 2025, a plataforma permite o cruzamento e integração de dados e temas monitorados pelo MapBiomias - vegetação nativa, agricultura, pastagem, mineração, cicatrizes de fogo, superfície de água, estoque de carbono no solo e muitos outros - com diferentes territórios e mapas em 3D.
- A estrutura é compartilhada entre os 17 países da rede.



Legenda

No MapBiomias, as classes são organizadas em uma estrutura hierárquica, em função do nível de generalização:

- Nível 1 → categorias mais gerais
 - Nível 2 → classes mais específicas
 - Nível 3 → maior detalhamento
 - Nível 4 → classes de maior detalhamento
-
- exemplo

Nível	Classe	Código
1	Formação Florestal	1
1	Vegetação Herbácea e Arbustiva	10

Exemplo nível 2

- No MapBiomas, as classes são organizadas em uma estrutura hierárquica, em função do nível de generalização:
- O Nível 2, por exemplo, cria sub-classes de uma classe mais geral do nível 1.

Nível	Classe	Código
1	Formação Florestal	1
2	Formação Florestal	3
2	Floresta Alagável	6
2	Formação Savânica	4
2	Savana Alagada (beta)	7
2	Mangue	5
2	Restinga Arbórea	49
1	Vegetação Herbácea e Arbustiva	10

Códigos

Os códigos da legenda estão disponíveis na página do MapBiomas

https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/3/2026/08/CodigosDeLegenda_LegendCodes_MapBiomas_Brazil_Collection11_PDF.pdf

Códigos das classes da legenda da Coleção 11 do MapBiomas Brasil				
Legend classes code - MapBiomas Brazil Collection 11				
COLEÇÃO 11 - CLASSES	COLLECTION 11 - CLASSES	ID	HEX CODE	COLOR
1. Floresta	1. Forest	1	#1f8d49	
1.1 Formação Florestal	1.1. Forest Formation	3	#1f8d49	
1.2. Floresta Alagável	1.2 Floodable Forest	6	#007785	
1.3. Formação Savânica	1.3. Savanna Formation	4	#7dc975	
1.4. Savana Alagada (beta)	1.4. Flooded Savanna (beta)	7	#228c70	
1.5. Mangue	1.5. Mangrove	5	#04381d	
1.6. Restinga Arbórea	1.6. Wooded Sandbank Vegetation	49	#02d659	
2. Vegetação Herbácea e Arbustiva	2. Herbaceous or Shrubby Vegetation	10	#d6bc74	
2.1. Formação Campestre	2.1. Grassland Formation	12	#d6bc74	



GEE

No Google Earth Engine é possível carregar uma coleção do MapBiomas, escolher o ano e visualizar o mapa, usando o próprio catálogo de dados do MapBiomas no GEE.

Para isto:

- no Google Earth Engine Code Editor:
[Google Earth Engine Code Editor](#)
- No lado esquerdo, abra a aba “Scripts”.
- Você pode acessar os assets do MapBiomas pelo catálogo de dados. O MapBiomas disponibiliza os mapas como assets do Earth Engine.



Problemas

// MapBiomias - Coleção 11 - Cobertura 30m

```
var asset = 'projects/mapbiomas-  
public/assets/brazil/lulc/collection11/mapbiomas_brazil_collection11_coverag  
e_v3';
```

```
var mapbiomas = ee.Image(asset);
```

```
var ano = 2020; // Escolha o ano
```

// Selecciona a classificação daquele ano

```
var mapa = mapbiomas.select('classification_' + ano);
```

// Visualizar

```
Map.addLayer(mapa, {}, 'MapBiomias ' + ano);
```

// Centraliza no Brasil

```
Map.setCenter(-51, -15, 4);
```



No GEE , com cores

```
var year = 2020;
var Palette = require('users/mapbiomas-global/LULC:LULC_palette.js');
var vis_LULC = Palette.get('vis_LULC');
var map = ee.Image(
  'projects/mapbiomas-
public/assets/brazil/lulc/collection11/mapbiomas_brazil_collection11_coverag
e_v3'
);
Map.addLayer(
  map.select('classification_' + year),
  vis_LULC,
  'MapBiomas Col. 11 - ' + year,
  true
);
Map.setCenter(-51.0, -15.0, 4);
```



Uma “region”

// Desenhe uma região no GEE (Geometry)

```
var asset = 'projects/mapbiomas-  
public/assets/brazil/lulc/collection11/mapbiomas_brazil_collection11_coverag  
e_v3';
```

```
var mapbiomas = ee.Image(asset);
```

```
var ano = 2020;
```

```
var mapa = mapbiomas.select('classification_' + ano);
```

```
var region = geometry;
```

// Recortar o MapBiomas pela região desenhada

```
var mapa_region = mapa.clip(region);
```



Visualizar

// Centralizar na região

```
Map.centerObject(region, 9);
```

// Paleta oficial do MapBiomas

```
var Palette = require('users/mapbiomas-global/LULC:LULC_palette.js');
```

```
var vis_LULC = Palette.get('vis_LULC');
```

// Visualizar

```
Map.addLayer(  
  mapa_region,  
  vis_LULC,  
  'MapBiomas ' + ano  
);
```

Separar Manguezais

```
// MapBiomas - Coleção 11
var asset = 'projects/mapbiomas-public/assets/brazil/lulc/collection11/mapbiomas_brazil_collection11_coverage_v3';

var mapbiomas = ee.Image(asset);

var ano = 2020;

var mapa = mapbiomas.select('classification_' + ano);

var region = geometry;

// Criar mapa binário de Mangue
// Mangue = 1
// Outras classes = 0

var mangue = mapa.eq(5).rename('mangue');

// Recortar pela região desenhada
var mangue_region = mangue.clip(region);

// Visualização binária
var vis_binario = {
  min: 0,
  max: 1,
  palette: ['white', 'black']
};

Map.addLayer(
  mangue_region,
  vis_binario,
  'Mangue - ' + ano
);

Map.centerObject(region, 9);
```

Separar Manguezais

Neste caso, deve-se identificar na tabela de classes o código correspondente

// MapBiomas - Coleção 11

```
var asset = 'projects/mapbiomas-  
public/assets/brazil/lulc/collection11/mapbiomas_brazil_collection11_coverage_v3';  
var mapbiomas = ee.Image(asset);  
var ano = 2020;  
var mapa = mapbiomas.select('classification_' + ano);  
var region = geometry;
```

// Criar mapa binário de Mangue

// Mangue = 1

// Outras classes = 0

```
var mangue = mapa.eq(5).rename('mangue');
```

// Recortar pela região desenhada

```
var mangue_region = mangue.clip(region);
```

Visualizar

// Visualização binária

```
var vis_binario = {  
  min: 0,  
  max: 1,  
  palette: ['white', 'black']  
};
```

```
Map.addLayer(  
  mangue_region,  
  vis_binario,  
  'Mangue - ' + ano  
);
```

```
Map.centerObject(region, 9);
```



aplicação

Hipótese: As áreas de mangue têm diminuído ao longo do tempo em função do aquecimento global.

- a) Carregue as imagens do MapBiomas para três anos: 1990, 2000 e 2010.
- b) Para cada ano, identifique e separe as áreas classificadas como mangue.
- c) Visualize individualmente as imagens binárias correspondentes a cada ano.
- d) Componha uma
imagem colorida RGB utilizando as três imagens binárias:
 - Canal R → mangue em 1990
 - Canal G → mangue em 2000
 - Canal B → mangue em 2010
- e) Analise a composição RGB e identifique áreas de permanência, expansão e redução das áreas de mangue ao longo do período.
- f) Com base nos resultados, avalie se os dados são compatíveis com a hipótese proposta.



```
var asset = 'projects/mapbiomas-  
public/assets/brazil/lulc/collection11/mapbiomas_brazil_collection11_coverage_v3';  
var mapbiomas = ee.Image(asset);  
var region = geometry;  
  
// Função para selecionar Mangue          // Mangue = 1          // Outras classes = 0  
  
function selecionarMangue(ano) {  
  var mapa = mapbiomas.select('classification_' + ano);  
  
  return mapa.eq(5)  
    .rename('mangue_' + ano)  
    .clip(region);  
}  
  
// Criar os três mapas binários  
var mangue1990 = selecionarMangue(1990);  
var mangue2000 = selecionarMangue(2000);  
var mangue2020 = selecionarMangue(2020);
```



// Visualização

```
var vis_mangue = { min: 0, max: 1, palette: ['white', 'black'] };
```

```
Map.addLayer( mangue1990, vis_mangue, 'Mangue 1990');
```

```
Map.addLayer( mangue2000, vis_mangue, 'Mangue 2000');
```

```
Map.addLayer( mangue2020, vis_mangue, 'Mangue 2020');
```

```
Map.centerObject(region, 9);
```



COMPOSIÇÃO RGB

```
var rgb = ee.Image.cat([  
  mangue1990,  
  mangue2000,  
  mangue2020  
]);
```

```
// Visualizar composição  
Map.addLayer( rgb, { min: 0, max: 1 }, 'Mudança - RGB');
```

```
Map.centerObject(region, 9);
```



Considere

Na a composição RGB cada cor passa a representar uma combinação temporal.
Por exemplo:

- preto → não era mangue em nenhum dos três anos;
- vermelho → mangue apenas em 1990;
- verde → mangue apenas em 2000;
- azul → mangue apenas em 2010;
- amarelo → mangue em 1990 e 2000;
- ciano → mangue em 2000 e 2010;
- branco → mangue nos três anos.

Isso transforma a RGB em uma espécie de “assinatura temporal” da permanência ou mudança do manguezal.

“Com base na composição RGB, avalie se houve redução das áreas de mangue entre 1990 e 2010. Os resultados são compatíveis com a hipótese proposta? Discuta outras possíveis causas das mudanças observadas.”



Considerando R = 1990, G = 2000 e B = 2010:

Cor	Situação	Interpretação
preto	0-0-0	não era mangue em nenhum ano
vermelho	1-0-0	perda após 1990 → diminuição
amarelo	1-1-0	perda entre 2000 e 2010 → diminuição
verde	0-1-0	mangue somente em 2000 → transição intermediária, ambígua
ciano	0-1-1	aparecimento até 2010 → aumento
azul	0-0-1	novo mangue em 2010 → aumento
branco	1-1-1	permanência do mangue

Vermelho + amarelo → evidências de perda de mangue.