



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL

**CARACTERIZAÇÃO BIOFÍSICA DO TRANSECTO DISTRITO  
FEDERAL – SANTARÉM/PA**

**Paula Harethusa Pereira Costa Vidal**

ARTIGO

BRASÍLIA

2018



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL

**Paula Harethusa Pereira Costa Vidal**

**CARACTERIZAÇÃO BIOFÍSICA DO TRANSECTO DISTRITO  
FEDERAL – SANTARÉM/PA**

**Monografia de especialização em  
Geoprocessamento Ambiental apresentada a  
banca examinadora do Instituto de Geociências  
como exigência para a obtenção do título de  
especialista em Geoprocessamento**

**Aprovada em 15/03/18**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Edson Eyji Sano (orientador)

\_\_\_\_\_

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Julia Barbosa Curto

\_\_\_\_\_

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Marina Rolim Bilich

\_\_\_\_\_

O presente artigo foi elaborado como trabalho de conclusão do sexto curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Geoprocessamento Ambiental (especialização) oferecido pelo Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, com coordenação da Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Tati Almeida

A Especialização em Geoprocessamento Ambiental objetiva capacitar profissionais de nível superior no uso das tecnologias de Processamento e Interpretação de Imagens de Sensores Remotos Orbitais e de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), oferecendo aos especialistas qualificação de alto valor para a ascensão profissional.

O tema deste artigo é “Caracterização Biofísica do transecto Distrito Federal – Santarém/PA”, onde aplica-se vários conceitos propostos durante o curso, como fundamentos de cartografia e sensoriamento remoto, processamento e interpretação de imagens e Sistemas de Informações Geográficas. A orientação do trabalho foi dada pelo prof. Dr. Edson Eyji Sano.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

HH999c	Harethusa Pereira Costa Vidal, Paula Caracterização Biofísica do Transecto Distrito Federal - Santarém/PA / Paula Harethusa Pereira Costa Vidal; orientador Edson Eyji Sano; co-orientador Tati Almeida. -- Brasília, 2018. 17 p.  Monografia (Especialização - Geoprocessamento Ambiental) - Universidade de Brasília, 2018.  1. caracterização biofísica. 2. bioma cerrado. 3. bioma amazônia. 4. sensor TRMM. 5. uso do solo. I. Eyji Sano, Edson, orient. II. Almeida, Tati, co-orient. III. Título.
--------	--

# Caracterização Biofísica do transecto Distrito Federal – Santarém/PA

*Biophysical characterization of District Federal – Santarém/PA transect*

Paula Harethusa Pereira Costa Vidal<sup>1\*</sup>

**RESUMO:** Estudos disponíveis na literatura mostram que áreas de agricultura e pastagens possuem características biofísicas similares. Essa característica se mantém quando se analisa em uma escala regional como no caso deste artigo (1500 km). A caracterização biofísica foi realizada para seis municípios e no Distrito Federal (DF) em um transecto que compreende os biomas da Amazônia e do Cerrado e envolveu o levantamento de cinco parâmetros biofísicos: solo (análise pedológica), vegetação natural (índice de vegetação realçado - EVI2), clima (sensor *Tropical Rainfall Measurement Mission* - TRMM), uso da terra (intensidade de uso e ocupação interpretados a partir de imagens multiespectrais do satélite Landsat-8) e relevo (declividade derivada de imagens *Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM). Foram obtidos resultados de caráter qualitativo, mapas temáticos de pedologia, declividade e uso da terra para cada área de estudo, e os de caráter quantitativo com gráficos de porcentagem espacial para cada parâmetro. A análise de agrupamento, realizada a partir dos parâmetros biofísicos, evidenciou a formação de dois agrupamentos, o primeiro formado pelos municípios de Guaraí/TO e Araguaína/TO e o segundo formado pelo DF e Minaçu/GO. Santarém/PA foi o município que apresentou maior dissimilaridade entre as áreas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Caracterização biofísica; transecto, bioma cerrado; bioma amazônico; sensor TRMM; MODIS, pedologia, declividade, análise cluster, índice de vegetação, solo, uso e ocupação.

**ABSTRACT:** The available studies show that the areas of agriculture and pastures have similar biophysical characteristics. This feature remains when analyzing on a regional scale as in the case of this article (1500 km). The biophysical characterization was carried out in six municipalities and the Federal District in a transect that includes the Cerrado and Amazonia biomes. Five biophysical parameters were analyzed: soil (pedological analysis), natural vegetation (enhanced vegetation index – EVI2), climate (Tropical Rainfall Measurement Mission - TRMM), land use (intensity of land use and occupation interpreted from multispectral images of Landsat-8 satellite) and relief (slope derived from the Shuttle Radar Topography Mission - SRTM images). Qualitative results, thematic maps of pedology, declivity and land use were obtained for each area of study, and those of quantitative character with spatial percentage graphs for each parameter. The cluster analysis performed from the biophysical parameters shows the similarity between two groups, the first composed by the Guaraí/TO and Araguaína/TO municipalities and the other composed by the DF and Minaçu/GO. The Santarém/PA was the municipality that presented greater dissimilarity among the areas.

**KEYWORDS:** *Biophysical characterization, remote sensing, transect, cerrado, amazonia, MODIS, land uses, vegetation index, time serie, cluster analysis, TRMM, pedology, slope map, soil.*

<sup>1</sup> Instituto de Geociências, Universidade de Brasília - UnB, Brasília (DF), Brasil. E-mail: batera.pavi@gmail.com

## INTRODUÇÃO

---

Este estudo foi elaborado como trabalho de conclusão do curso de especialização em Geoprocessamento Ambiental do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (UnB), com foco na teoria e aplicações das técnicas de processamento de imagens e sensoriamento remoto. Quando se trata de grandes áreas, como a do território brasileiro, a disponibilidade de dados é escassa e a realização de novos levantamentos de campo ou expansão da rede de monitoramento é onerosa, necessitando de informações geradas a partir de dados geoespaciais, os quais têm relativamente baixo custo de aquisição e podem ser disponibilizados quase que em tempo real.

Desta forma, o geoprocessamento tornou-se uma importante ferramenta para espacializar e monitorar os recursos naturais e as atividades antrópicas. A problemática do projeto envolve a identificação e o monitoramento dos processos de degradação de paisagem natural e uso e ocupação do solo. O objetivo principal foi a análise das respostas biofísicas frente aos processos históricos que condicionaram as transformações na paisagem.

O escopo do projeto envolve um transecto de aproximadamente 2.500 km que se inicia na região central do Brasil, no Distrito Federal (DF), e finaliza na região norte, mais precisamente no município de Santarém no estado do Pará. Essa trajetória foi escolhida por atravessar dois importantes biomas brasileiros de características fisiográficas distintas, o Cerrado e a Amazônia.

O trabalho foi dividido em cinco etapas: área de estudo, fonte de dados, materiais e métodos, resultados e discussão e por fim, conclusão.

## ÁREA DE ESTUDO

---

A área de estudo localiza-se na região Centro-Oeste e Norte do território brasileiro, compreendendo o DF e mais seis municípios: Minaçu no estado de Goiás; Guaraí, Porto Nacional e Araguaína no estado do Tocantins; e Parauapebas e Santarém no estado do Pará (Figura 1). A região é caracterizada por englobar dois importantes biomas brasileiros, o Cerrado e a Amazônia (Figura 2). A disposição geográfica das áreas de interesse se encontram na Tabela 1.

O bioma Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul e ocupa cerca de 22% do território nacional. A sua área contínua incide sobre os estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e DF, além dos enclaves no Amapá, Roraima e Amazonas. Neste espaço territorial, encontram-se as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), o que resulta em um elevado potencial aquífero e favorece a sua biodiversidade. A

Amazônia é o maior bioma do Brasil e um dos mais importantes do mundo, abrangendo os estados do Pará, Amazonas, Maranhão, Goiás, Mato Grosso, Acre, Amapá, Rondônia e Roraima em uma área de 4,2 milhões de km<sup>2</sup> (49,3% do território nacional). Representa aproximadamente 30% de todas as florestas tropicais remanescentes do mundo e detém grande parte da biodiversidade global (IBGE, 2004). Ademais, a riqueza natural da Amazônia se contrapõe dramaticamente aos baixos índices sócio-econômicos da região, de baixa densidade demográfica e crescente urbanização. Desta forma, o uso dos recursos florestais é estratégico para o desenvolvimento da região.

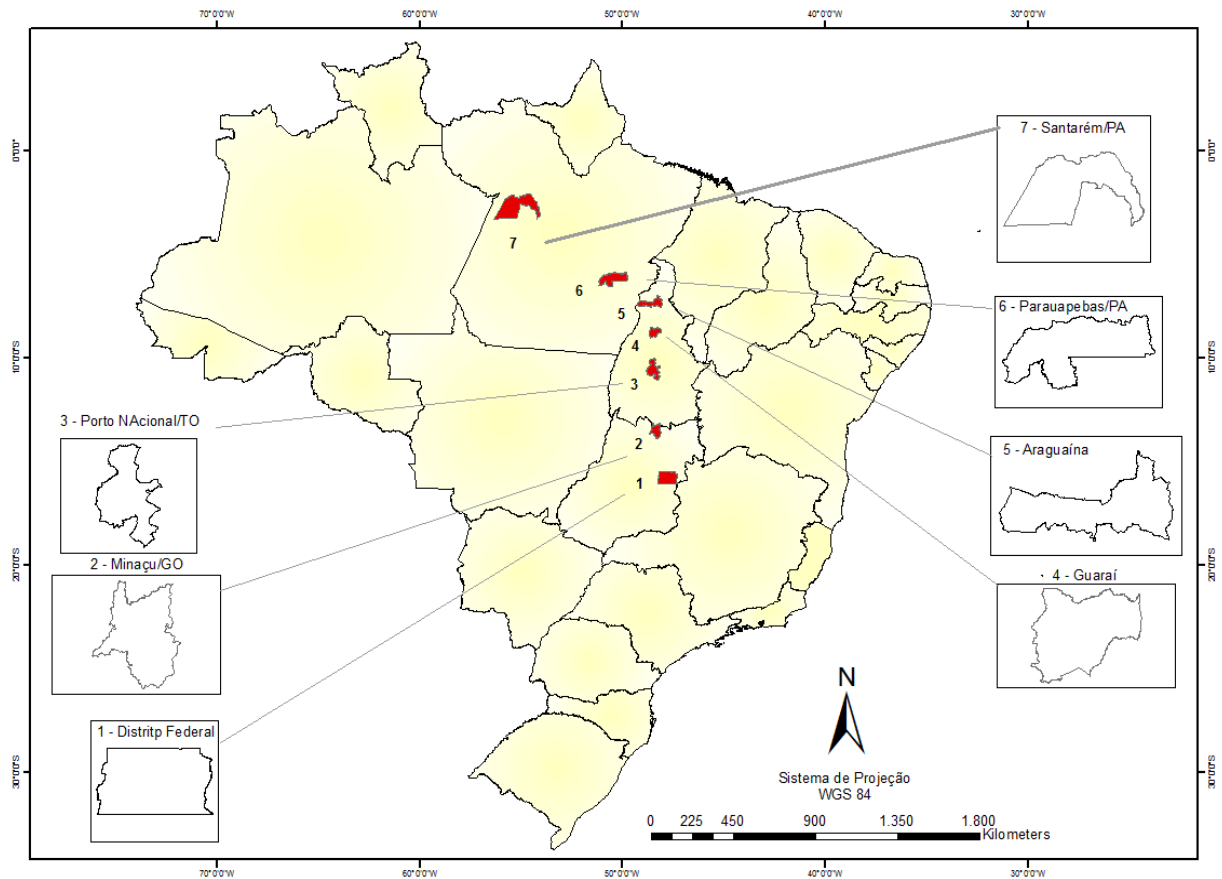


Figura 1 - Mapa de Localização do transecto Distrito Federal - Santarém/PA

- |                      |                       |                    |                 |
|----------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|
| 1 – Distrito Federal | 3 – Porto Nacional/TO | 6 – Araguaína/TO   | 7 – Santarém/PA |
| 2 – Minaçu/GO        | 4 – Guaraí/TO         | 7 – Parauapebas/PA |                 |

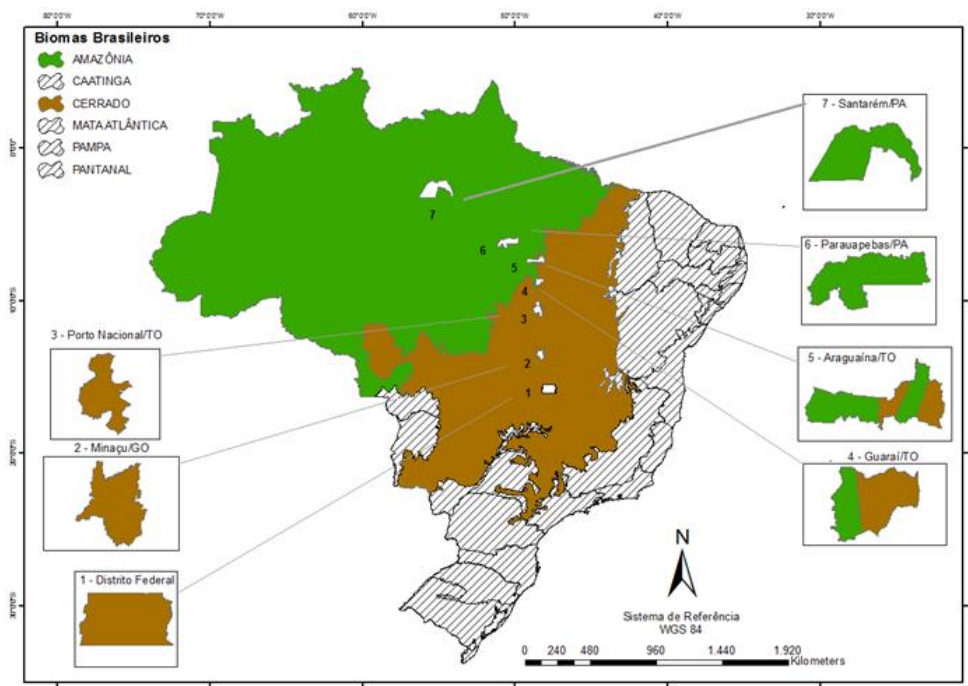


Figura 2 - Em destaque, bioma Cerrado em marrom e bioma Amazônia em verde. Pode-se observar para cada município do estudo e o Distrito Federal a ocorrência dos biomas destacados.

## FONTE DE DADOS

### Clima

Os dados climáticos foram obtidos pelo sensor TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) a bordo da plataforma *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), através da plataforma de pesquisa LAPIG-MAPS, mantida pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG/UFG <http://www.lapig.iesa.ufg.br>), a qual disponibiliza, já pronto para uso, diversos dados vetoriais e satelitários para o recorte espacial do Brasil.

O TRMM possui dois objetivos principais: compreender a distribuição espacial das chuvas nas regiões tropicais e analisar os sistemas convectivos e a distribuição de calor (WEITER, 2007). Para tanto, é equipado com cinco instrumentos, um imageador de micro-ondas (TMI), um radar de precipitação (PR), sensores no visível e infravermelho (VIRS), sensor de energia radiante e de nuvens (CERES) e um sensor para o imageamento de relâmpagos (LIS) (WEITER, 2007; LEIVAS *et al.*, 2009). Nos dias atuais, o sistema TRMM constitui-se em um dos métodos para estimativa pluviométrica mais utilizados pela comunidade científica, principalmente em função de seus dados serem considerados de alta confiabilidade (NICHOLSON, 2005). O produto TRMM utilizado neste estudo foi o 3B43, que se trata de um produto mensal, de resolução espacial de 0,25° x 0,25° (aproximadamente 30 km x 30 km). O objetivo para esse parâmetro, foi a comparação dos dados de precipitação média anual e mensal derivados do sensor TRMM para cada município da região de estudo.

O valor de precipitação em milímetros/município, se deu a partir da média de três pixels coletados em locais distintos no período correspondente de janeiro de 2000 a junho de 2017.

### Solo

A aquisição de dados de solo se deu pelo portal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e se refere ao arquivo *shapefile* de pedologia do Brasil na escala 1:250.000 (IBGE, 2017).

### Vegetação Natural

Esses dados foram coletados - assim como as informações climáticas - através da plataforma do INPE LAF, a partir de séries temporais do sensor MODIS. O índice de vegetação escolhido foi o *Enhanced Vegetation Index 2* (EVI2; Jiang *et al.*, 2008), que ressalta as variações de cobertura do solo. O cálculo do EVI2 foi baseado em imagens MODIS do produto MOD13Q1 (coleção 5, resolução de 16 dias composto e resolução espacial de 250 m), disponível no site da NASA. Ele é calculado usando as bandas espectrais de refletância da superfície do vermelho (RED) e infravermelho próximo (NIR), descrito pela Equação 1:

$$EVI2 = 2.5 * (NIR - RED) / (NIR + 2.4 * RED + 1)$$

(Equação 1)

### Relevo

Os dados de relevo foram gerados a partir de modelos digitais de elevação (MDE) derivados do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), resolução espacial de 30 metros e resolução radiométrica de 16 bits, obtidas na plataforma do Serviço Geológico americano (USGS), denominado *DE Earth Explorer*.

### Uso da Terra

A aquisição dos dados de uso da terra se deu a partir das imagens do satélite Landsat-8, obtidas gratuitamente da plataforma virtual do USGS. Foi utilizado um total de 16 cenas, especificadas na Tabela 2.



**Tabela 2** - Cenas do Landsat 8 utilizadas para cada área de interesse.

Área	Cena	Data
Distrito Federal	LC82210712017253LGN00	27/09/2017
Minaçu/GO	LC82210692017221LGN00	24/08/2017
	LC82220692017244LGN00	15/09/2017
Guaraí/TO	LC82220662016210LGN01	22/03/2016
Porto Nacional/TO	LC82240652017354LGN00	24/12/2017
	LC82250652017361LGN00	03/01/2018
Araguaína/TO	LC82220652017196LGN00	27/07/2017
	LC82230652017187LGN00	16/07/2017
Parauapebas/PA	LC82220672017260LGN00	29/09/2017
	LC82220682017260LGN00	29/09/2017
	LC82240642017354LGN00	24/12/2017
	LC82250642017361LGN00	03/01/2018
Santarém/PA	LC82270612017247LGN00	16/09/2017
	LC82270622017247LGN00	16/09/2017
	LC82280612017254LGN00	27/09/2017
	LC82280622017254LGN00	27/09/2017

## MATERIAIS E MÉTODOS

A hipótese a ser testada ao longo do projeto é sobre a existência da correlação espacial entre o uso da terra e os parâmetros biofísicos de solo, relevo, precipitação e índice de vegetação variando do bioma Cerrado ao bioma da Amazônia.

Para os procedimentos que necessitaram de uma plataforma de sistema de informação geográfica (SIG), foi utilizado o *software ArcGis 10.4* e, para o processamento de imagens, o *software ENVI5.1*.

Todos os dados foram manipulados no sistema de projeção WGS 84.

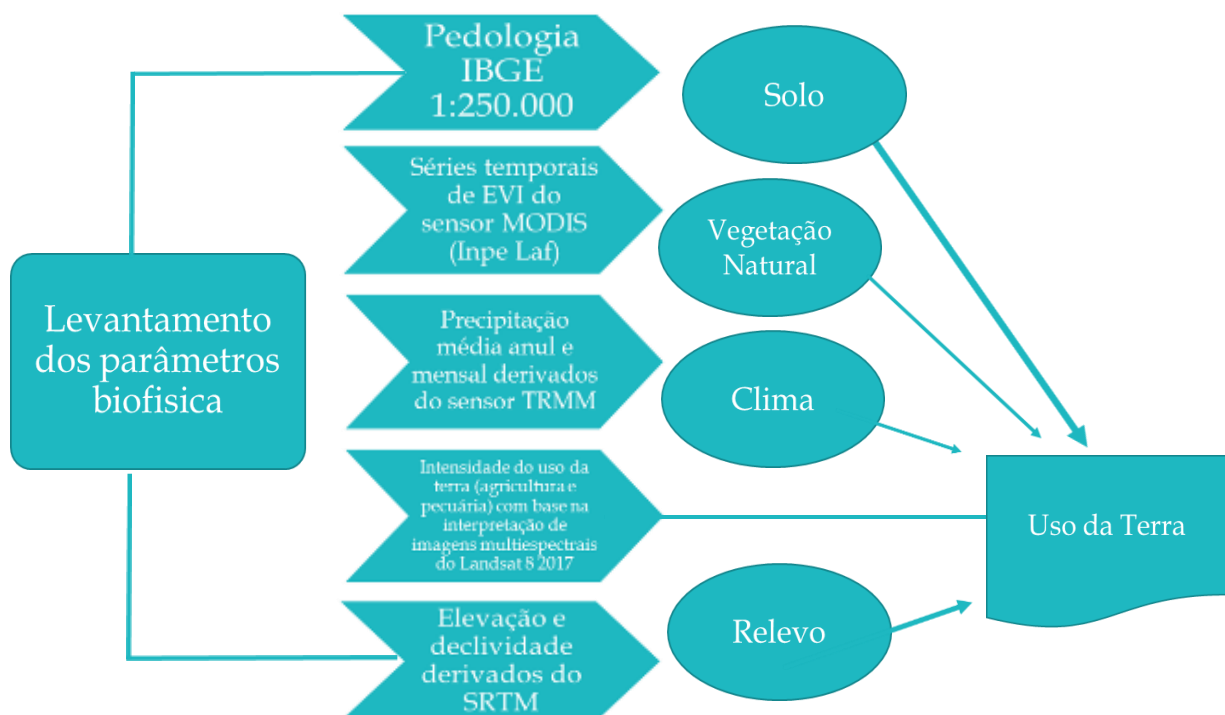
A Figura 3 apresenta o fluxograma da metodologia dividido nas cinco etapas apresentadas no tópico anterior.

### Clima

A importância do estudo da precipitação pluviométrica por meio de séries históricas é de grande valor para entender sua distribuição espacial e sazonal. A série temporal, em milímetros por mês, foi obtida para o período de 2000 a 2016. As análises estatísticas foram manipuladas e realizadas na planilha eletrônica Excel, na qual geraram-se dois gráficos:

- i) Precipitação anual/município; e
- ii) Média de precipitação/município.

No primeiro, foram considerados todos os valores da série histórica, para cada município. Para confecção do segundo gráfico, foi utilizada a média dos valores da série histórica, obtendo-se uma quantidade representativa de chuva para cada área.



**Figura 3** - Fluxuograma com as etapas da metodologia executadas no estudo.

## Solo

Os dados de solo foram manipulados no *ArcGIS*, a partir do *shapefile* de pedologia do Brasil na escala de 1:250.000 do IBGE, que foi recortado para os limites geográficos de cada área, por meio da ferramenta *clip* do *ArcToolbox*.

A Embrapa, em parceria com diversas instituições de ensino e pesquisa de todo o Brasil, vem, ao longo dos anos, desenvolvendo e aprimorando o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Esse sistema, considerando o território nacional, dividem os diferentes tipos de solos em níveis categóricos.

O primeiro e o mais importante, denominado ordem, separa os solos em 13 níveis (EMBRAPA, 2009): Argissolos, Cambissolos, Chernossolos, Espodossolos, Gleissolos, Organossolos, Luvisolos, Neossolos, Nitossolos, Planossolos, Plintossolos, Vertissolos e Latossolos. Cada qual apresenta uma definição decorrente de suas características, em especial resultantes de seu processo de formação. De forma geral, pode-se separá-los pelo seu grau de desenvolvimento, teor de material mineral e orgânico, textura ao longo dos horizontes e saturação por água. Os demais níveis categóricos são definidos pelas características e propriedades dos solos como, por exemplo, sua coloração.

Na tabela de atributos do *shapefile Pedologia do Brasil*, a coluna ORDEM representou os dados utilizados para a confecção dos mapas pedológicos. Foram identificadas sete ordens de solo no transecto – Argissolo, Cambissolo, Latossolo, Neossolo, Plintossolo, Nitossolo, Gleissolo - e uma ordem classificada como “Outros”, esta representando feições não-pedológicas como área urbana e água. A análise estatística revelou a porcentagem de cada ordem nas sete áreas de estudo.

## Vegetação Natural

Os dados de vegetação natural tem por finalidade a análise de mudanças de uso e cobertura da terra e estimativa da biomassa remanescente. A utilização de dados oriundos de sensores remotos para a estimativa da biomassa se tornou uma opção interessante, pois além da facilidade da aplicação, reduz o custo e tempo despendidos com mapeamento de campo.

Os perfis temporais de EVI2 foram obtidos para o período de 2001 a 2017 e assim como a série de precipitação, após manipulação no Excel, geraram-se dois gráficos:

- i) Índice EVI/município; e
- ii) Média de Índice EVI/município

No primeiro, utilizaram-se todos os dados da série histórica para confecção de um gráfico de linhas, e no segundo, a média desses dados, gerando um gráfico de barras com valores médio representativos de EVI para cada município e o DF. A sazonalidade, também classificada em baixa, média e alta, foi definida pelo desvio-padrão, e a biomassa de cada área, pela média.

## Relevo

A declividade é a inclinação da superfície do terreno em relação à horizontal, consistindo na relação entre o desnível topográfico entre dois pontos e a distância horizontal entre esses pontos (GRANELL-PÉREZ, 2004). O seu cálculo depende do intervalo de medidas e seu resultado deve ser considerado uma estimativa, de tal forma que “o cálculo de declividade será sempre o resultado de um diferencial altimétrico entre vizinhos e, portanto, dependente da distância considerada” (VALERIANO, 2008).

Os valores de declividade neste artigo foram expressos em percentual (%), utilizando como base a classificação de declividade segundo a Embrapa (2006), tabela 3.

**Tabela 3 - Classificação de declividade (Embrapa, 2006)**

Declividade (Embrapa, 2006)	Faixa (%)
Plano	0-3
Suave Ondulado	3-8
Ondulado	8-20
Forte ondulado	20-45
Montanhoso	45-75
Escarpado	> 75

As informações obtidas a partir deste mapa podem indicar as áreas com possibilidades de mecanização da agricultura, limites de uso do solo e demais aplicações destinadas ao planejamento urbano e ambiental. Os mapas de declividade foram gerados no *ArcGIS* com as ferramentas do

*ArcToolbox*, a partir das imagens SRTM. O processo se deu em cinco etapas:

- i) Mosaico das cenas que compõe cada área.
- ii) Recorte dos mosaicos nos limites do município.
- iii) Reprojeção do *raster* (*project raster*), pois o arquivo matricial de entrada deverá estar obrigatoriamente num sistema de coordenadas planas quando expressos em porcentagem, caso contrário não será possível gerar a imagem. Por isso, a imagem foi reprojeta para o sistema de coordenadas UTM e *datum* WGS84.
- iv) Aplicação da ferramenta *Slope* com a medida de declividade em porcentagem; e
- v) Reclassificação dos valores segundo Embrapa (2006).

## Uso da Terra

As cenas do Landsat-8 selecionadas foram processadas no *software ENVI 5.3*. Não foram realizados pré-processamentos nas imagens, como correção atmosférica. Uma classe denominada de Nuvem/Sombra foi adicionada às demais classes de vegetação natural, uso da terra e água. As banda smultiespectrais 4, 5 e 6 foram utilizadas nas etapas de classificação.

A classificação supervisionada foi realizada utilizando o método da máxima verossimilhança (MAXVER). Esse método corresponde à classificação “pixel-a-pixel” e avalia quantitativamente a variância e covariância dos padrões espectrais de cada pixel. Por ser supervisionado, ela necessita de treinamento do classificador na identificação das classes de interesse na imagem. A vantagem dessa técnica é a de se obter os resultados mais precisos dentre os classificadores “pixel-a-pixel”; isso quando a quantidade de amostras de pixel para cada conjunto for razoavelmente elevado.

Para o mosaico das imagens nos municípios que possuem mais de uma cena (como Santarém, com quatro cenas) foi utilizado o algoritmo *Seamless Mosaic*. Para o corte da imagem respeitando os limites dos municípios e DF, utilizou-se a ferramenta *subset data from roi*, para então classificar a imagem coletando as amostras das classes pré-definidas. Os sete mapas temáticos de

uso e ocupação da terra foram finalizados no *ArcGIS*.

Foi analisada a similaridade das áreas de estudo por meio da análise estatística multivariada por agrupamento hierárquico (*cluster analysis*, Dillon & Goldstein, 1984). O índice de separabilidade dessa análise é apresentada na forma de um dendrograma de similaridade (Moita Neto & Moita, 1998). Nesse estudo, foi utilizada, como parâmetros de entrada do *cluster analysis*, os valores de índice de vegetação, dados de precipitação, porcentagem de ocorrência das classes de solo, declividade e uso da terra e o IDH. A distância euclidiana foi utilizada para medir a separabilidade entre classes.

---

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos incluíram as análises estatísticas dos dados do sensor MODIS para precipitação e índice de vegetação EVI-2, os mapas temáticos de pedologia (solo), declividade (relevo) e uso da terra para cada município e o DF, além da análise espacial.

### Clima

As Figuras 4 a 11 apresentam os resultados quantitativos de precipitação do sensor TRMM para a série histórica de 2000 a 2016. Na Figura 4, todos os dados da série foram considerados para cada município e o DF. Da Figura 5 a 11, tem-se esses valores de precipitação separados para melhor visualização.

É possível observar que os maiores valores de precipitação, em milímetros, ocorreu em Parauapebas, seguido por Santarém, Araguaína, Guaraí, Porto Nacional, Minaçu e DF.

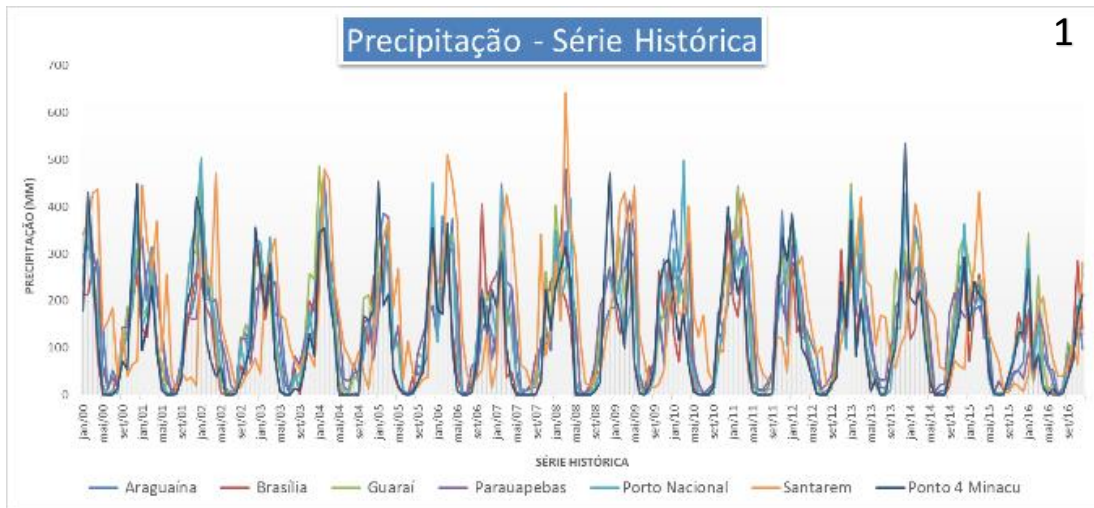


Figura 4 - Série histórica de precipitação (2000 - 2016) para os seis municípios e o Distrito Federal.



Figura 5 - Série histórica de precipitação para o Distrito Federal.

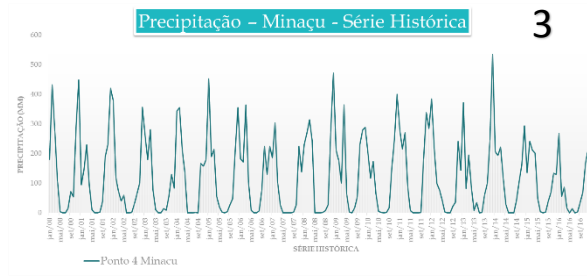


Figura 6 - Série histórica de precipitação para Minaçu/GO

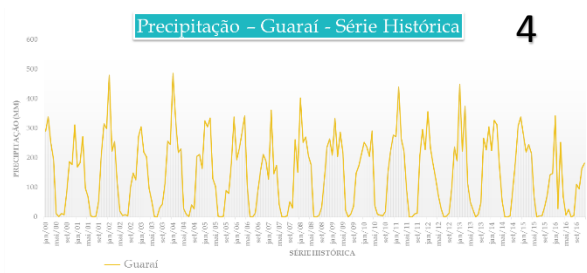


Figura 2 - Série histórica de precipitação para Guarai/TO

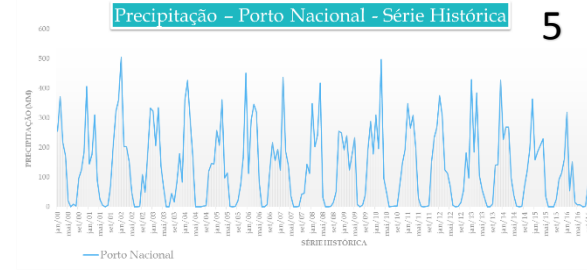


Figura 8 - Série histórica de precipitação para Porto Nacional/TO

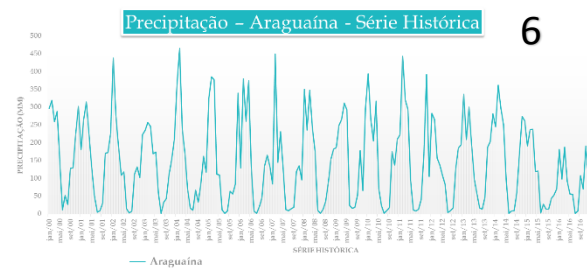


Figura 9 - Série histórica de precipitação de araguaína/TO.

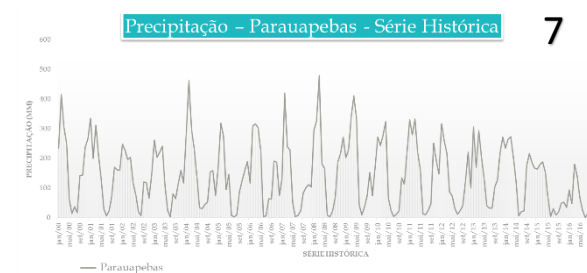


Figura 10 - Série histórica de precipitação para Parauapebas/PA

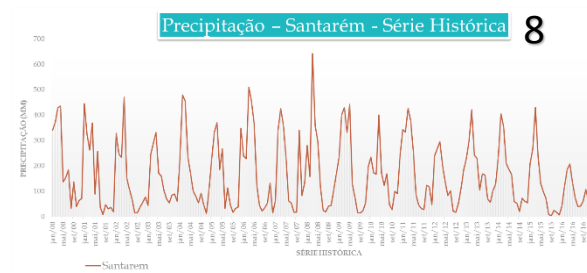


Figura 11 - Série histórica de precipitação para Santarém/PA

A Figura 12 apresenta o histograma da média de precipitação por município em ordem decrescente: Santarém, com 165,89 mm; Guarai, com 146,62 mm; Araguaína, com 146,06 mm; Parauapebas, com 144,27 mm; Porto Nacional, com 134,97 mm; Minaçu, com 119,96 mm e o Distrito Federal com 115,79 mm.

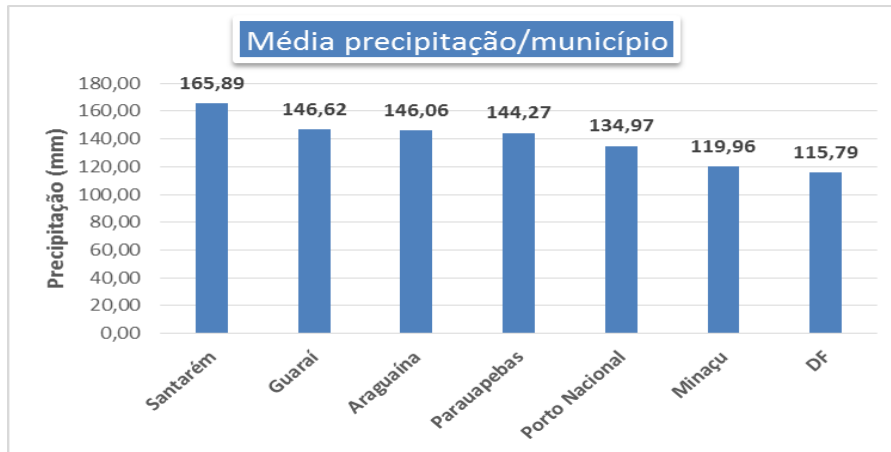


Figura 12 - Histograma da média de precipitação por município

## Vegetação

Os resultados quantitativos para o índice de vegetação EVI utilizado no estudo, são apresentados nas figuras 13 à 20 abaixo:

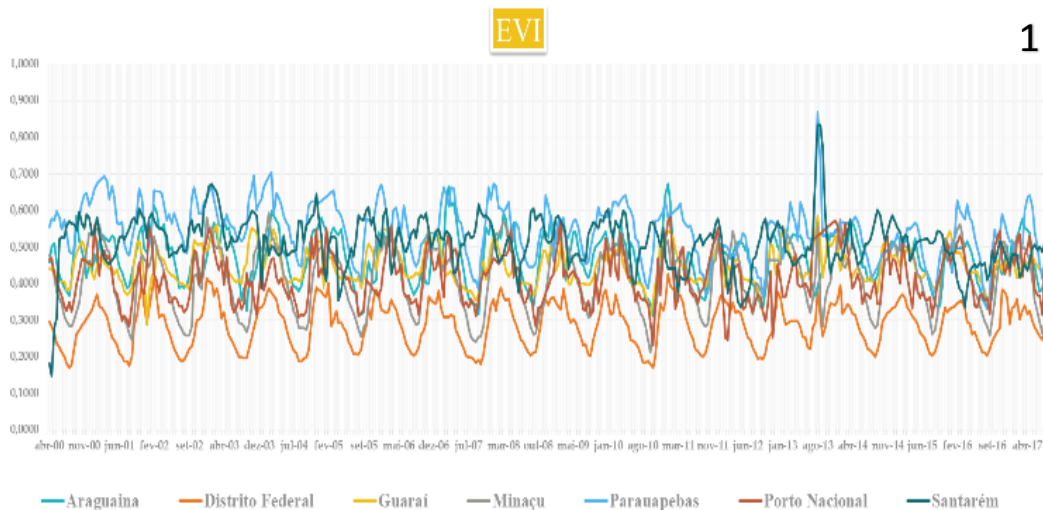


Figura 13- Série histórica de índice EVI para os seis municípios e DF.

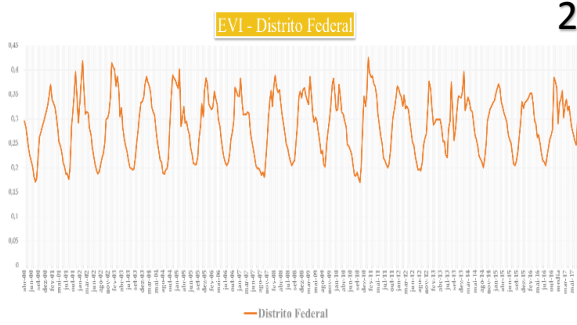


Figura 14 - Série histórica de índice EVI para o DF.

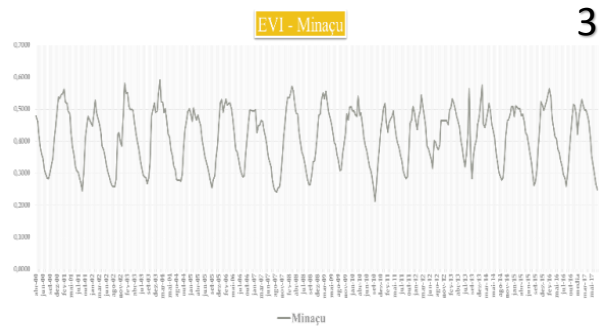


Figura 15 - Série histórica de índice EVI para Minaçu/GO

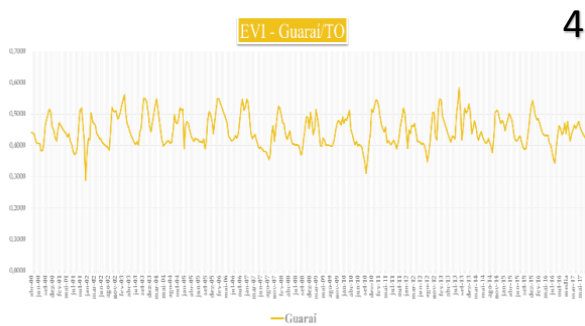


Figura 16 - Série histórica de índice EVI para Guarai/TO

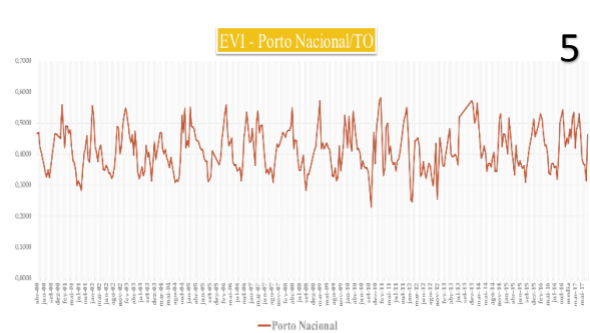


Figura 17 - Série histórica de índice EVI para Porto Nacional/TO.

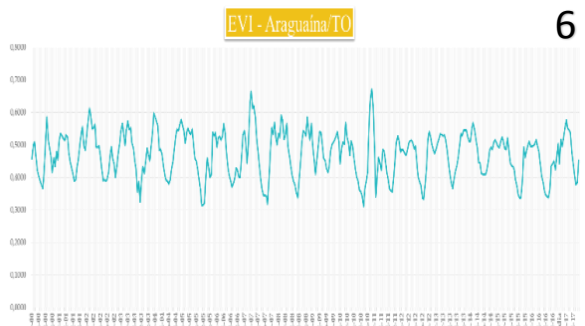


Figura 18 - Série histórica de índice EVI para Araguaína/TO

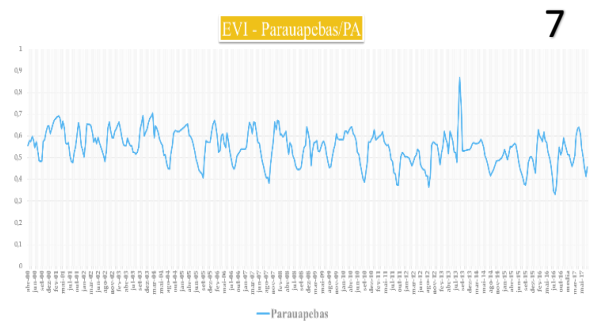


Figura 19 - Série histórica de índice EVI para Parauapebas/PA.

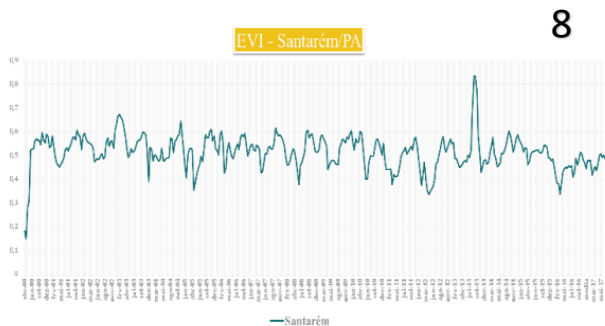


Figura 20 - Série histórica de índice EVI para Santarém/PA

A Figura 21 evidencia o maior índice de vegetação para Parauapebas/PA, seguido em ordem decrescente por Santarém/PA, Araguaína/TO, Guaraí/TO, Porto Nacional/TO, Minaçu/GO e DF.

padrão, respectivamente. O fator biomassa aumenta na medida em que o cerrado evolui para Amazônia, tendo maior índice em Parauapebas/PA e menor no DF. Já o fator sazonalidade apresentou-se mais baixo em Guaraí e no DF, intermediário em Porto Nacional, Araguaína e Santarém e mais alto em Parauapebas e Minaçu.

Na Figura 22, tem-se uma análise quantitativa de biomassa e sazonalidade a partir das medidas estatísticas média e desvio-

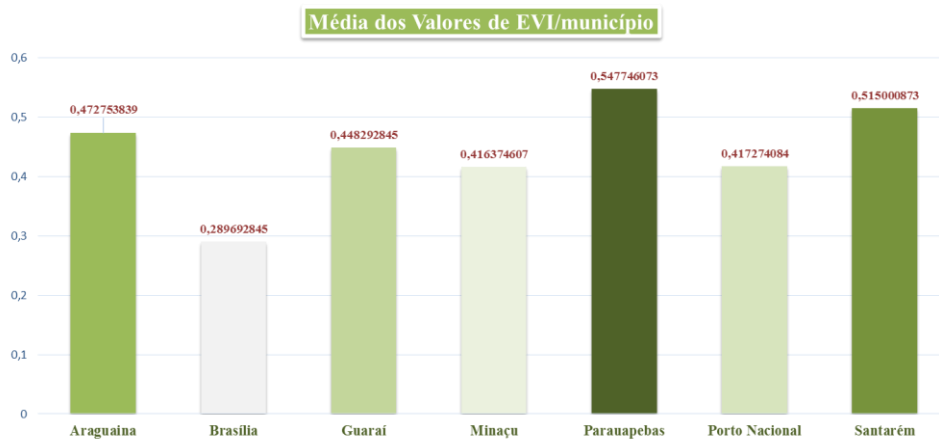


Figura 21 - Histograma da média de EVI por município

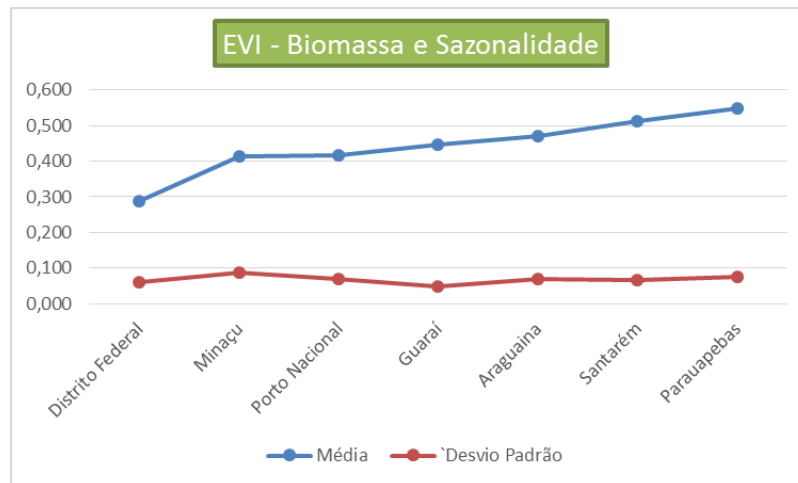


Figura 22 - Dados estatísticos média e desvio padrão, representando biomassa e sazonalidade respectivamente.

## Solo

Foram gerados sete mapas pedológicos a partir da base do IBGE na escala de 1:250.000 (Figuras 23 a 29). Nas classificações por ordem, encontraram-se os seguintes tipos de solos:

- i) Argissolo
- ii) Latossolo
- iii) Neossolo
- iv) Plintossolo
- v) Cambissolo
- vi) Outro (água ou área antrópica)

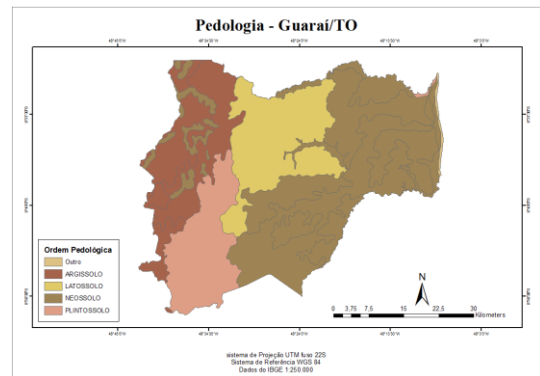


Figura 26 - Classificação por ordem pedológica de Guarai/TO

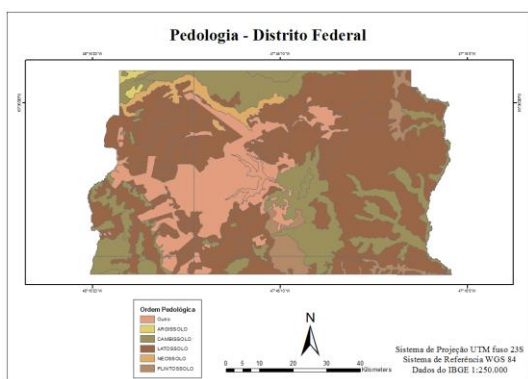


Figura 23 - Classificação por ordem pedológica do Distrito Federal

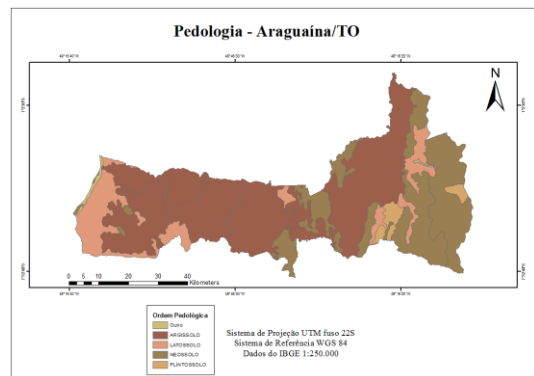


Figura 27 - Classificação por ordem pedológica de Araguaína/TO.

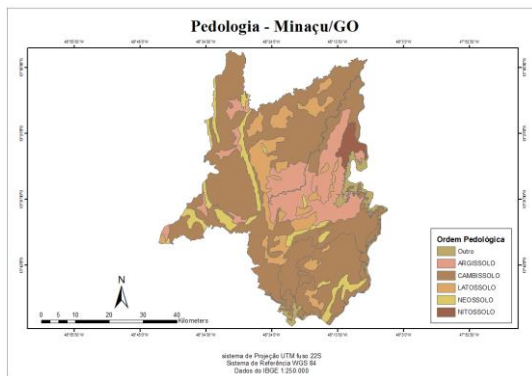


Figura 24 - Classificação por ordem pedológica de Minaçu/GO

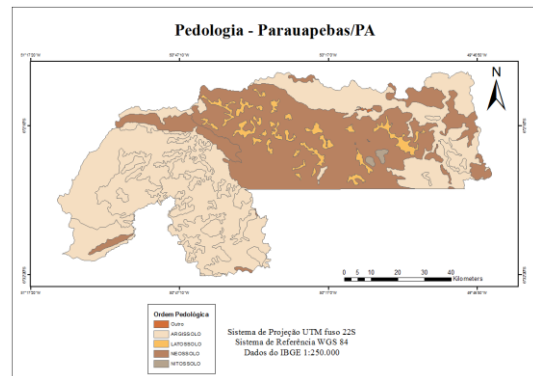


Figura 28 - Classificação por ordem pedológica de Parauapebas/PA

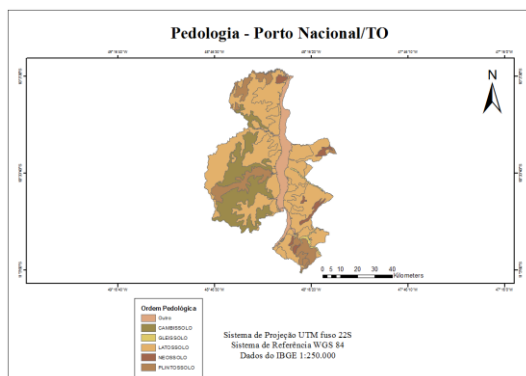


Figura 25 - Classificação por ordem pedológica de Porto Nacional/TO

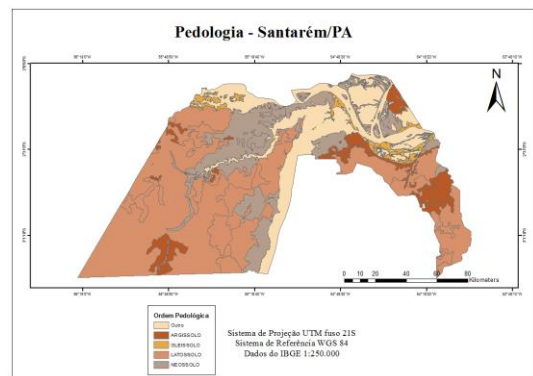


Figura 29 - Classificação por ordem pedológica de Santarém/PA



A Figura 30 (% de solo/área”, apresenta as estatísticas quantitativas pedológicas correspondentes a cada município e o DF. É possível observar os principais tipos de solo nas áreas de estudo. No DF, o Latossolo é predominante, ocupando 48% dessa unidade administrativa. Os Latossolos são solos minerais, homogêneos (com pouca diferenciação entre horizontes e cor com a profundidade), sendo normalmente profundos e bem drenados. Possuem textura argilosa, muito argilosa ou média. Suas condições físicas, aliadas ao relevo plano ou suavemente ondulado, favorecem sua utilização para a agricultura. Outra característica comum é a acidez, requerendo manejo adequado na sua correção e adubação fertilizante (Embrapa, 2009).

Em Minaçu, o solo predominante é o Cambissolo com 36%. O Cambissolo, juntamente com o Neossolo, é pouco profundo e é considerado um solo ‘jovem’, com textura média e presença de cascalho e silte. Normalmente ocorrem em encostas, sendo assim de difícil mecanização. Quando localizados em relevo plano, é necessário o uso de corretivos, visto que são muito ácidos. Se possuem baixa fertilidade, requerem também investimento em fertilizantes e – assim como o Neossolo - manejo constante

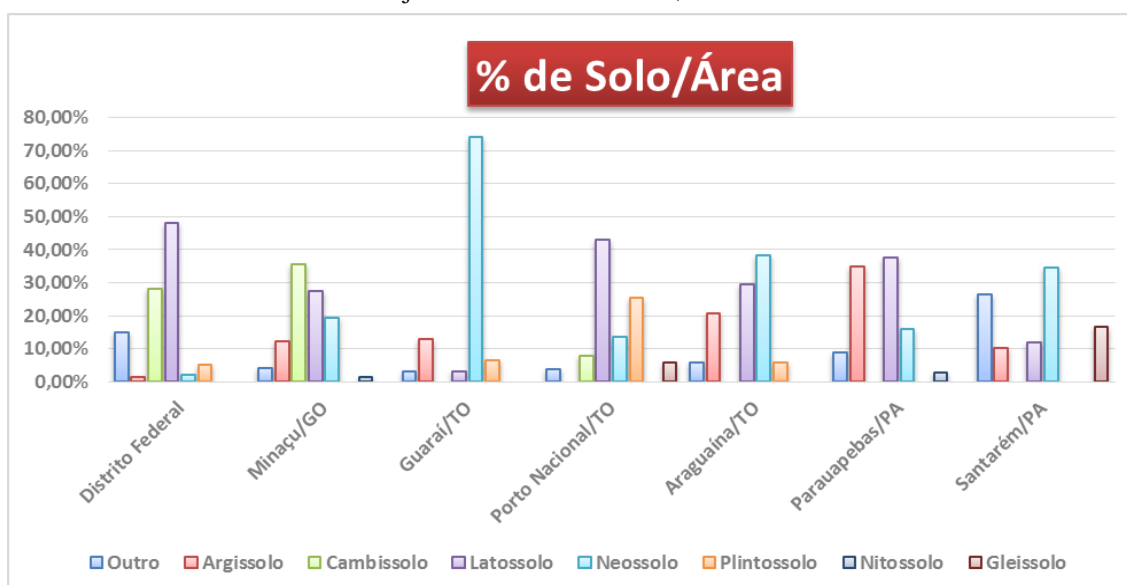
para evitar erosão (Embrapa, 2009).

Em Guaraí, o Neossolo corresponde a 74% dos solos do município. Sua principal característica é seu baixo nível de desenvolvimento. São normalmente de pequena profundidade ou possuem predomínio de areais quartzosas (Embrapa, 2009).

Em Porto Nacional, o predomínio é do Latossolo com 43,14%; em Araguaína, predomina o Neossolo com 38,24%, seguido pelo Latossolo, com 29,41%.

Em Parauapebas, os Latossolos ocupam 37,68% do município, seguido de perto por Argissolos, com 34,78%. Os Argissolos têm, como principal característica, o gradiente textural e a nítida separação entre horizontes quanto à cor, estrutura e textura. Quando a drenagem varia de moderado a bem drenado, com textura muito variável, predomina a textura média na superfície e argilosa em subsuperfície. Quando nas formas de textura média/argilosa e argilosa, são indicados para exploração agrícola, pois possuem elevada capacidade de água disponível e boa reserva de minerais. Assim como os Latossolos, apresentam grande acidez, mas se diferem por apresentar teores de  $Fe_2O_3$  (Embrapa, 2009).

Em Santarém, o predomínio é do neossolo com 34,95%.



**Figura 30** - Histograma da porcentagem de solos pelas áreas de estudo. **Distrito Federal** – 48,15% Latossolo; 28,15% Cambissolo; 14,81% Outro; 5,19% Plintossolo; 2,22% Neossolo; 1,48% Argissolo. **Minaçu** – 35,62% Cambissolo; 27,40% Latossolo; 19,18% Neossolo; 12,33% Argissolo; 4,11% Outro; 1,37% Nitossolo. **Guaraí** – 74,19% Neossolo; 12,90 Argissolo; 6,45% Plintossolo; Outro e Latossolo. **Porto Nacional** – 43,14% Latossolo; 25,49% Plintossolo; 13,73% Neossolo; 7,84% Cambissolo; 5,88% Gleissolo; 3,92% Outro. **Araguaína** – 38,24% Neossolo; 29,41% Latossolo; 20,59% Argissolo; 5,88% Plintossolo; 5,88% Outro. **Parauapebas** – 37,68% Latossolo; 34,78% Argissolo; 15,94% Neossolo; 8,70% Outro; 2,90% Nitossolo. **Santarém** – 34,52% Neossolo; 26,59% Outro; 16,67% Gleissolo; 11,90% Latossolo; 10,32% Argissolo.



## Declividade

Foram elaborados sete mapas de declividade para cada município e o DF como resultado qualitativo, assim como um gráfico com os valores

quantitativos da porcentagem de classes de declividade para cada área (Embrapa, 2006). O resultado é mostrado a seguir nas figuras 31 à 38.

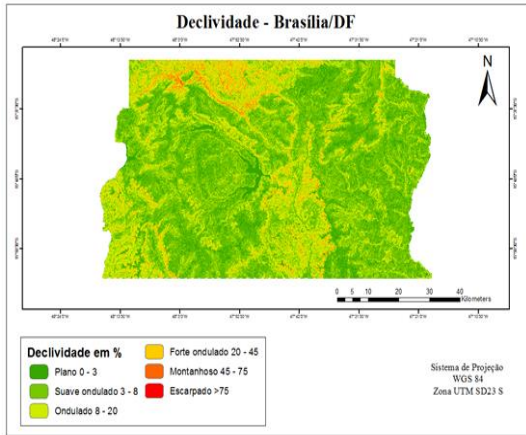


Figura 31 - Mapa de Declividade para o Distrito Federal.

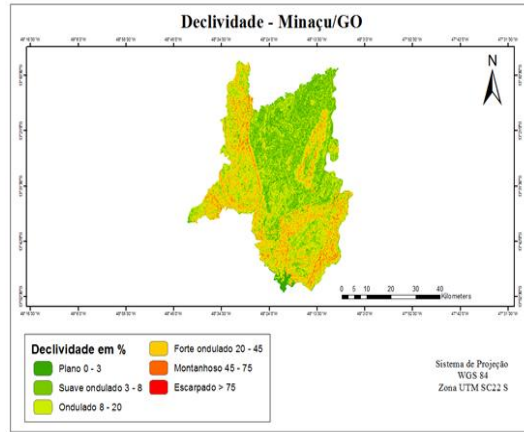


Figura 32 - Mapa de Declividade para o município de Minaçu/Goiás.

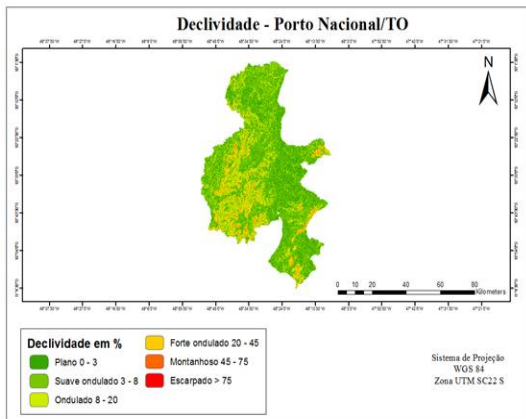


Figura 33 - Mapa de Declividade para o município de Porto Nacional/Tocantins.

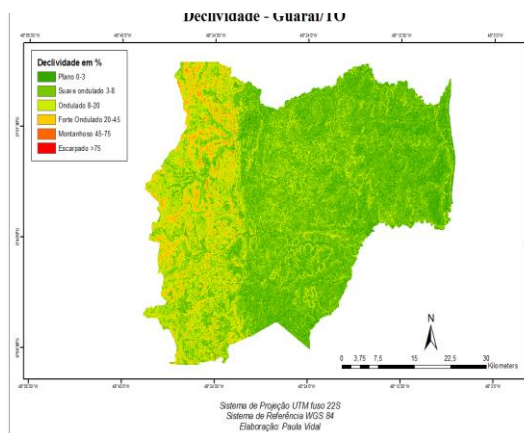


Figura 34 - Mapa de Declividade para o município de Guaraí/Tocantins.

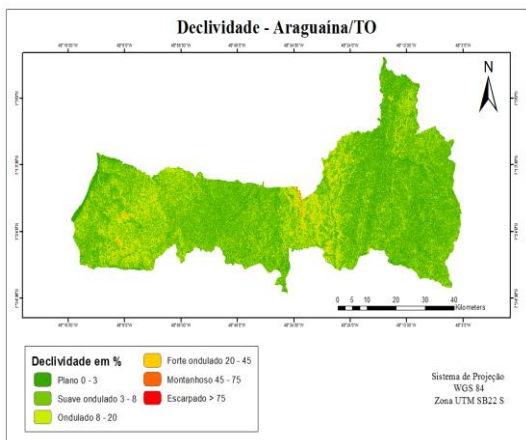


Figura 35 - Mapa de Declividade para o município de Araguaína/Tocantins.

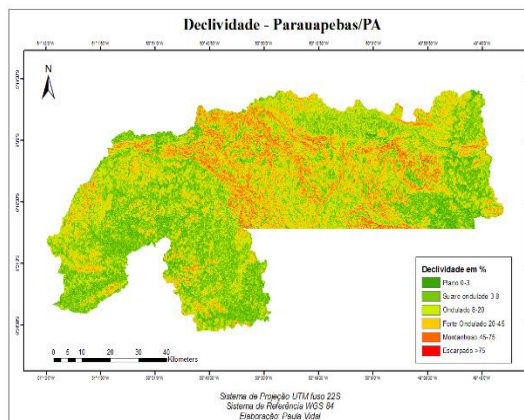


Figura 36 - Mapa de Declividade para o município de Parauapebas/Pará.

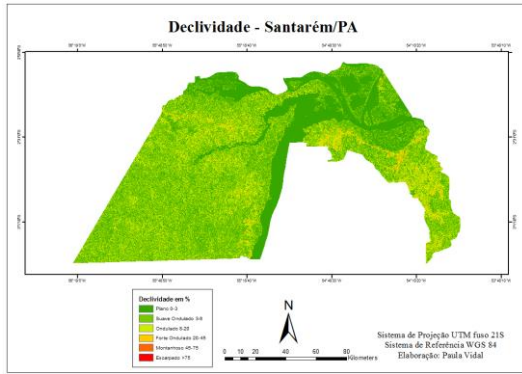


Figura 37 – Mapa de declividade para o município de Santarém/PA.

A partir dos dados quantitativos apresentados na Figura 38, é possível observar a variância dos padrões de declividade dentro de cada município. O relevo suave ondulado é predominante no DF, Porto Nacional, Santarém, Guaraí e Araguaína, enquanto o ondulado predomina em Parauapebas e Minaçu. É possível identificar ainda que o relevo forte ondulado atinge uma porcentagem maior nas cidades de Parauapebas e Minaçu.

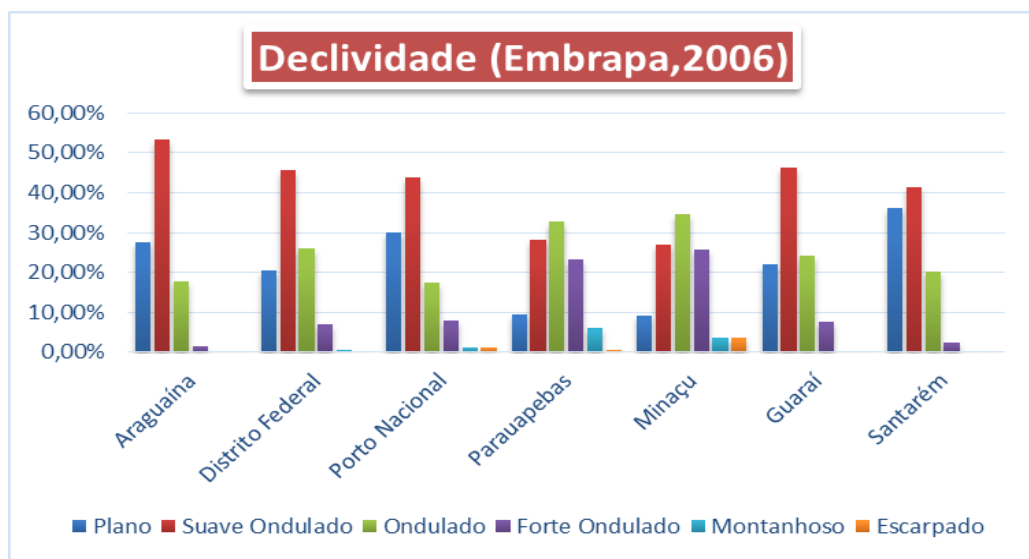


Figura 38 - Declividade segundo a Embrapa, 2006. É possível observar o padrão de relevo para os seis municípios e o Distrito Federal.

## Uso e Ocupação

Os mapas de uso da terra gerados por classificação supervisionada e utilizando as quatro classes (uso da terra, vegetação natural, água e sombra/nuvem) estão apresentados nas Figuras 38 a 44.

sombra/nuvem estão apresentados nas Figuras 38 a 44.

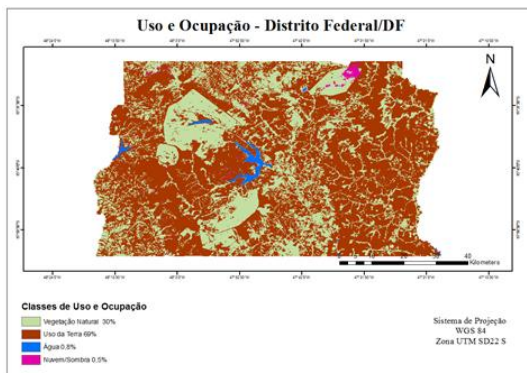


Figura 38 - Mapa de Uso e Ocupação para o Distrito Federal.

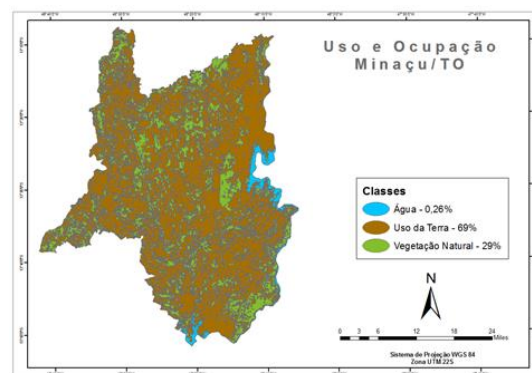


Figura 39 - Mapa de Uso e Ocupação para o município de Minaçu/GO.

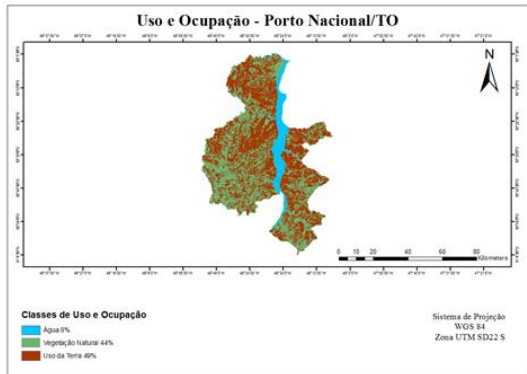


Figura 40 - Mapa de Uso e Ocupação para o município de Porto Nacional/Tocantins.

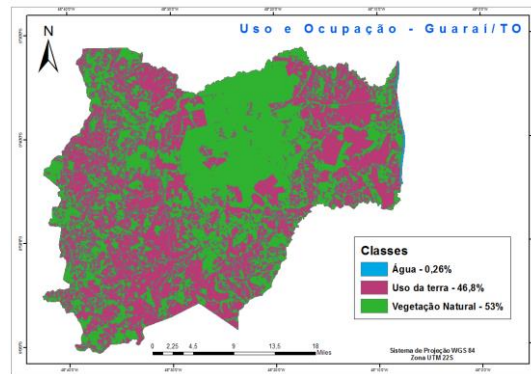


Figura 41 - Mapa de Uso e Ocupação do município de Guaraí/Tocantins.

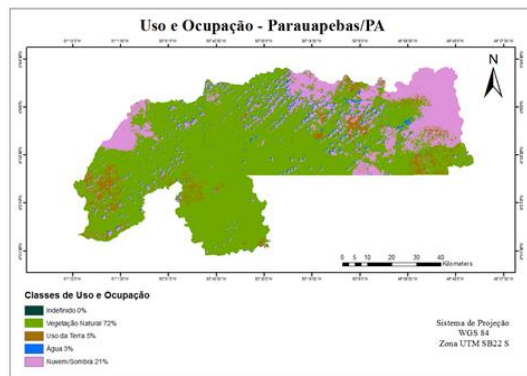


Figura 43 - Mapa de Uso e Ocupação pra o município de Parauapebas/Pará.

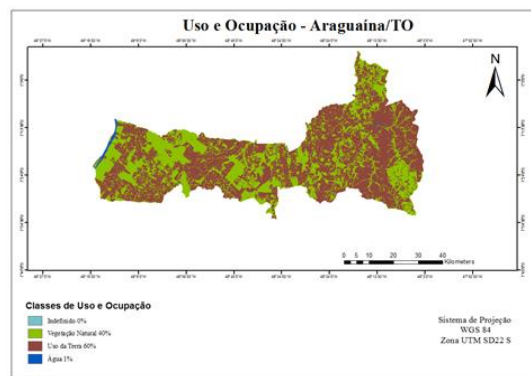


Figura 42 - Mapa de Uso e Ocupação para o município de Araguaína/Tocantins.

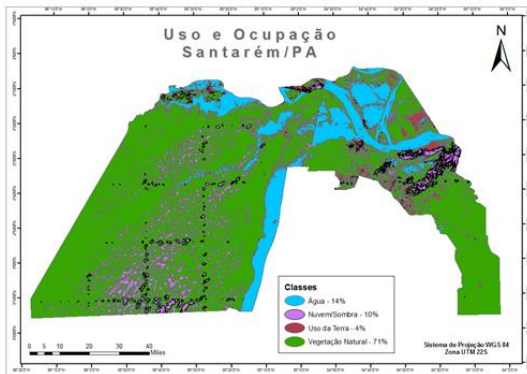
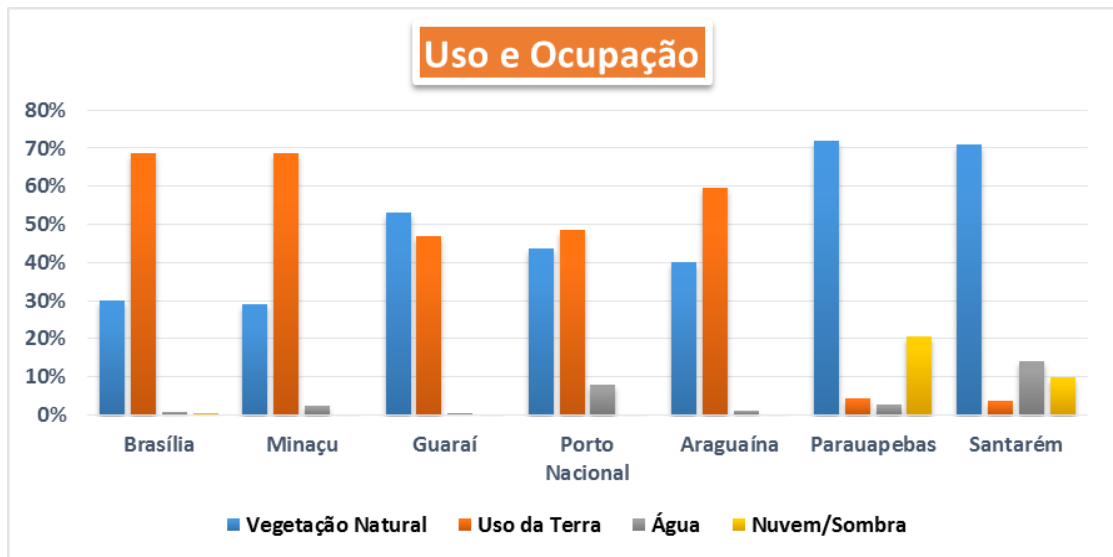


Figura 44 - Mapa de Uso e Ocupação para o município de Santarém/Pará.



**Figura 45** - Análise quantitativa da presença das classes de uso e ocupação nos 6 municípios do estudo e no Distrito Federal.

É possível observar, na Figura 45, a porcentagem de cada classe nas sete áreas. O DF apresenta 68,69% de uso da terra, 30,02% de vegetação natural, 0,80% de água e 0,49% de sombra/nuvem. Minaçu apresenta 69% de uso da terra, 29% de vegetação natural, 2% de água e 0% de nuvem/sombra. Guarái apresenta 53% de vegetação natural, 47% de uso da terra e 0,3% de água. Porto Nacional apresenta 49% de uso da terra, 44% de vegetação natural e 8% de água. Araguaína apresenta 60% de uso da terra, 40% de vegetação natural e 1% de água. Parauapebas apresenta 72% de vegetação natural, 21% de nuvem/sombra, 5% de uso da terra e 3% de água. Santarém apresenta 71% de vegetação natural, 14% de água, 10% de nuvem/sombra e 4% de uso da terra.

A Tabela 4 apresenta e resume todos os resultados obtidos para os cinco fatores biofísicos - clima, vegetação, solo, relevo e uso e ocupação - utilizados no projeto e apresentados acima.

A Figura 46 mostra o dendrograma relativo à similaridade entre as sete áreas de estudo. Dois agrupamentos se destacaram, um formado pelos municípios de Guarái e Araguaína e outro formado pelo DF e Minaçu, em ordem decrescente de similaridade.

No transecto DF – Santarém, esses dois grupos de municípios estão relativamente próximos entre si. Santarém foi o município que apresentou a maior dissimilaridade entre todos os municípios analisados.

Município	EVI médio (2001 - 2017)	Sazonalidade	Precipitação média (mm)	Solos	Declividade	Uso da Terra	%
Brasília/DF	0,2892	Baixa	115,7917	Latossolo - 48,15%	Suave Ondulado (46%)	Uso da Terra Vegetação Natural Água Nuvem/Sombra	68,69% 30,02% 0,80% 0,49%
Minaçu/GO	0,4154	Alta	119,9613	Cambissolo - 35,62%	Ondulado (35%) à Suave Ondulado (2%)	Uso da Terra Vegetação Natural Água Nuvem/Sombra	69% 29% 2% 0%
Guaraí/TO	0,4486	Baixa	146,6201	Neossolo - 74,19%	Suave ondulado (46%)	Vegetação Natural Uso da Terra Água Nuvem/Sombra	53% 47% 0,3% 0%
Porto Nacional/TO	0,4179	Média	134,9730	Latossolo - 43,14%	Suave Ondulado (44%) à Plano (30%)	Uso da Terra Vegetação Natural Água Nuvem/Sombra	49% 44% 8% 0%
Araguaína/TO	0,4725	Média	146,0603	Neossolo - 38,24%	Suave Ondulado (53%)	Uso da Terra Vegetação Natural Água Nuvem/Sombra	60% 40% 1% 0%
Parauapebas/PA	0,5463	Alta	144,2676	Latossolo - 37,68%	Ondulado (27%) / Forte	Vegetação Natural Uso da Terra Água Nuvem/Sombra	72% 5% 3% 21%
Santarém/PA	0,5128	Média	165,8936	Neossolo - 34,52%		Vegetação Natural Água Nuvem/Sombra Uso da Terra	71% 14% 10% 4%

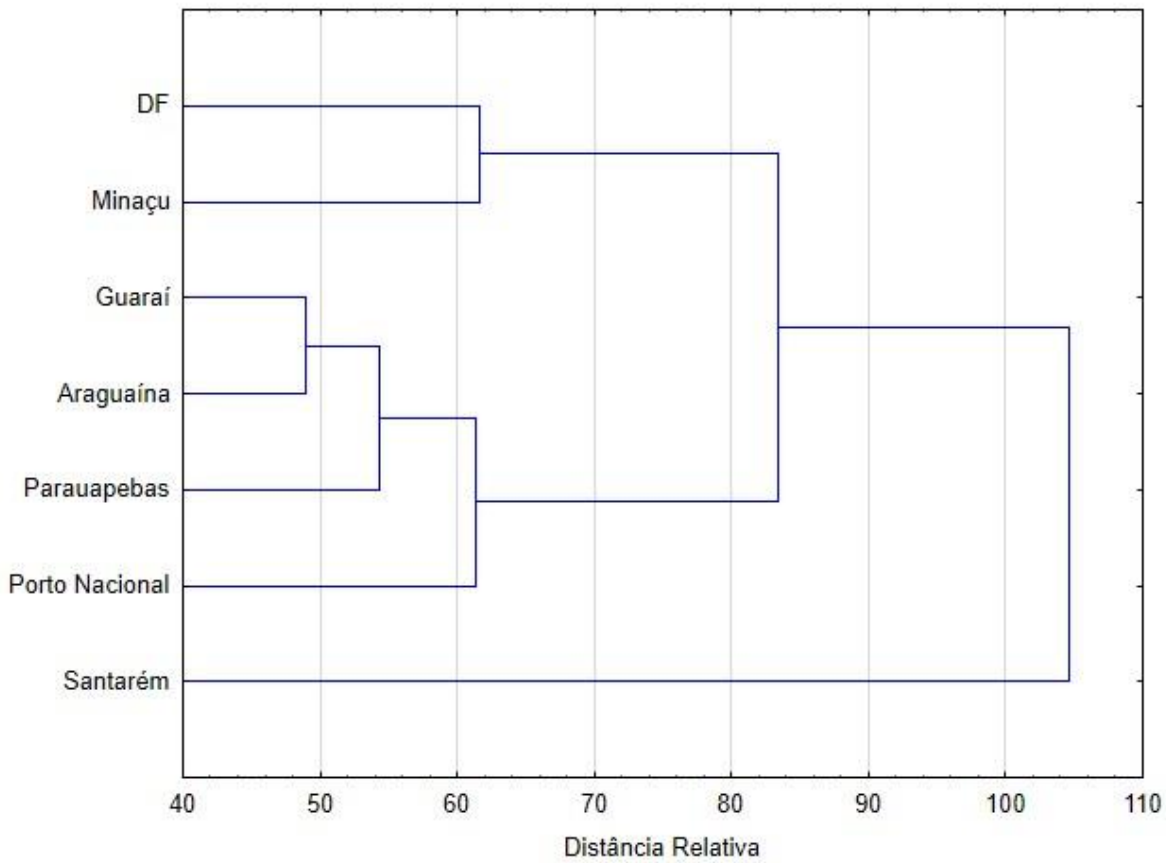


Figura 46 - Dendrograma de similaridade para os seis municípios e o DF obtido por cluster analysis.

## CONCLUSÕES

Os seis municípios e o DF apresentam padrões biofísicos distintos, principalmente quando analisada a disposição espacial relacionada a variação de biomas, como no caso do Cerrado e da Amazônia.

A precipitação média, em milímetros, é maior no município do extremo norte do transecto, Santarém, e menor no DF, que está no extremo sul do projeto.

O índice de vegetação EVI-2 revelou o esperado, a biomassa é superior no bioma amazônico, representado pelas cidades de Parauapebas e Santarém, comparado ao Cerrado. A maior presença de vegetação significa menor presença de atividades de uso da terra, como agricultura e pecuária.

No Cerrado, são predominantes os Latossolos que são bem desenvolvidos e ocorrem geralmente em relevo mais aplainado e bastante usado para agricultura. No regime amazônico, predominam os Neossolos, sendo solos jovens e pouco desenvolvidos, encontrados em relevos mais declivosos.

Quanto à declividade, observaram-se relevos mais acidentados nas porções amazônicas e os mais aplainados no Cerrado.

O uso da terra é muito superior nas porções de Cerrado, principalmente no DF e basicamente é decrescente conforme se desloca em direção à Amazônia. Consequentemente, a classe vegetação natural é superior nas porções amazônicas. A maior dificuldade quanto aos dados de uso e ocupação do solo se deu pelo fato das imagens multiespectrais do Landsat-8 obtidas para Parauapebas e Santarém estarem com grande quantidade de nuvens mesmo nos períodos mais secos do ano, o que acabou influenciando a classificação supervisionada de forma mais duvidosa para essas localidades.

A análise de agrupamento confirmou a dissimilaridade geral entre todas as áreas de estudo e a similaridade para os municípios de Guaraí e Araguaína (distância relativa

aproximadamente 48) e em menor nível, no DF e Minaçu (distância relativa de aproximadamente 62). No primeiro agrupamento, ambos os municípios se encontram nos dois biomas e no segundo agrupamento, ambos representam o bioma cerrado.

## REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C.V.; ANDREOLI, F.N.; JUNIOR, Jorge Justi. Formação e características dos solos para o entedimento de sua importância agrícola e ambiental. In: ANDREOLI, C.V.;

ANDREOLI, F.N.; JUNIOR, Jorge Justi (Org.). Formação e características dos solos para o entedimento de sua importância agrícola e ambiental. Coleção Agrinho. ed. [S.l.: s.n.], 2015. p. 511-529. v. 1.

CARVALHO, T.M; BAYER, M.E.F.M: Análise Integrada do uso da terra e geomorfologia do bioma Cerrado: um estudo de caso para Goiás. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.. 1 n. 1, p. 62-72, 2008.

COSTA, H.C.; MARCUZZO, F.F.N.; FERREIRA, O.M.; ANDRADE, L.R. Espacialização e sazonalidade da precipitação pluviométrica do estado de Goiás e Distrito Federal. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], p. 87-100, 2012.

DIAS, L. F.; LOBÃO, J.F.B; MACHADO, R.A.S. Mapeamento do uso e ocupação do solo do município de Feira de Santana, Bahia. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2a ed., Rio de Janeiro, 2009.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro**



**de classificação de solos.** 2<sup>a</sup> ed. Brasília: Embrapa, 2006.

ESRI. Environmental Systems Research Institute. **ArcGIS for Desktop, versão. 10.4.** Redlands: ESRI, 2016.

FRYE, C. **Setting the z fator parameter correctly.** Redlands: ESRI, 2007. Disponível em: . Acesso em: 22 jun. 2016.

GONÇALVES, R.R.V. et al. Relação entre o índice EVI e dados de precipitação nas áreas de plantio de cana-de-açúcar na região central do Brasil. Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Bonito, MS, v. Anais 4<sup>o</sup>, p. 1054-1063, out. 2012.

GRANELL-PÉREZ, M. C. **Trabalhar geografia com as cartas topográficas.** Ijuí: Ed. Unijuí, 2004, 128 p.

LEDA, V.C.. et al. Análise comparativa de mapas de declividade na bacia do Ribeirão da Prata em Lençóis Paulista - SP. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, v. **Anais XVII**, p. 3269-3274, abr. 2015.

PESQUISA NACIONAL POR AMOSTRA DE. DOMICÍLIOS 2004. Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, v. 25, 2005.

ROSA et al. Discriminação de pastagem plantada por meio da classificação supervisionada das séries multitemporais de EVI-2 na transição Pantanal-Cerrado. 2015

SILVA, L.S.; FRANÇA, C.A.S.S.M.: SIG como ferramenta de mapeamento das formas de uso e ocupação do solo na APA Igarapé São Francisco, Rio Branco, Acre. **Anais XVI** Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil.

SOARES, A.S.D; PAZ, A.R.; PICCILLI, G.A. Avaliação das estimativas de chuva do satélite TRMM no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, n. 2, p. 288–299, 2016..

VALERIANO, M. M. **Topodata: guia para utilização de dados geomorfológicos**

**locais.** São José dos Campos: INPE, 2008. (INPE-15318-RPQ/818).

VICTORIA et al. Identificação de níveis de degradação de pastagem por meio de reflectância espectral de imagens de alta resolução espacial. 2015.