



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB
IG / IB / IQ / FACE - ECO / CDS
CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS

**ANÁLISE DE MANCHA URBANA A PARTIR DA SÉRIE TEMPORAL
DE IMAGENS LANDSAT: O CASO DAS REGIÕES
ADMINISTRATIVAS CEILÂNDIA E PÔR DO SOL**

Briza da Silva Aguiar

BRASÍLIA - DF.
2022

Briza da Silva Aguiar

**ANÁLISE DE MANCHA URBANA A PARTIR DA SÉRIE TEMPORAL
DE IMAGENS LANDSAT: O CASO DAS REGIÕES
ADMINISTRATIVAS CEILÂNDIA E PÔR DO SOL.**

Monografia apresentada ao
Curso de Graduação em
Ciências Ambientais da
Universidade de Brasília,
como requisito para obtenção
de título de bacharel em
Ciências Ambientais.

BRASÍLIA - DF.

2022

**ANÁLISE DE MANCHA URBANA A PARTIR DA SÉRIE TEMPORAL DE
IMAGENS LANDSAT: O CASO DAS REGIÕES ADMINISTRATIVAS CEILÂNDIA
E PÔR DO SOL.**

Briza da Silva Aguiar

Professor Orientador: Dr. Gustavo Macedo de Mello Baptista

Brasília - DF, 2022.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Gustavo Macedo de Mello Baptista (Orientador)
Instituto de Geociências da Universidade de Brasília

Prof. Dr. Pedro Henrique Zuchi da Conceição (Avaliador)
Faculdade de Economia da Universidade de Brasília

À minha querida tia
Jane (*in memoriam*), que levou
uma parte minha embora, mas
deixou muito dela em mim.
Com muito amor e saudade!

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, principalmente minha mãe e meu pai, meus primeiros incentivadores e apoiadores. Sem eles, nada disso seria possível. Obrigada por tudo!

Agradeço aos meus irmãos, Brenda, Breno, Brício e Júlia por sempre me ajudarem, me incentivarem e me ensinarem.

Agradeço ao meu orientador, professor Gustavo, muito mais do que um orientador, é um amigo. Obrigada pela paciência, compreensão e infinitos ensinamentos.

Agradeço ao professor Zuchi por ter aceitado participar da banca examinadora.

Agradeço aos amigos e colegas que conheci na universidade, vocês com certeza tiveram impacto na minha formação acadêmica e como pessoa.

Agradeço aos amigos que fazem parte da minha vida, aqueles que estão distantes fisicamente, mas estão comigo para tudo, aqueles que conheci na escola e crescemos juntos, aqueles que surgiram em momentos inesperados e são uma grata surpresa. Kaiky, Marcones, Fernanda, Gabriel, Felipe e Amanda, obrigada!

Agradeço à Universidade de Brasília por todas as oportunidades e experiências vividas.

Agradeço à Beatriz, minha companheira da vida, minha amiga, minha maior apoiadora e torcedora, você é luz na minha vida. Por todo amor, compreensão, companheirismo e paciência, obrigada!

“É um mundo cão pra
nóis, perder não é
opção, certo?”

(Emicida)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento da mancha urbana nas Regiões Administrativas Ceilândia e Pôr do Sol, no Distrito Federal, e determinar suas tendências de crescimento. A análise foi realizada através da classificação pixel a pixel, em imagens TM/Landsat-5 e OLI/Landsat-8, adquiridas nos anos de 1984, 1995, 2006, 2016 e 2021. As cenas foram submetidas a conversão em reflectância de superfície e correção geométrica. Foi realizada a Análise de Componentes Principais para gerar mapas com menor mistura espectral e auxiliar na identificação das classes. A classificação da cobertura da terra foi realizada utilizando o algoritmo de aprendizagem de máquina K-Nearest Neighbor. Para avaliar a acurácia da classificação foi empregada a matriz de confusão, por meio dos valores da acurácia do produtor, do usuário e global. Os resultados alcançados foram classificados como excelentes. Visando compreender a dinâmica de crescimento das duas cidades, foram geradas curvas de tendência, e, a partir dos dados da classificação da cobertura da terra, foi possível concluir que a Ceilândia Tradicional apresenta tendência de estagnação no avanço da mancha urbana e o Pôr do Sol apresenta tendência de crescimento.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, crescimento urbano.

ABSTRACT

This work sought to evaluate the growth of the urban area in the Administrative Regions of Ceilândia and Pôr do Sol, in the Federal District, Brazil, and to determine their growth trends. The analysis was performed through pixel-by-pixel classification, in TM/Landsat-5 and OLI/Landsat-8 images, acquired in 1984, 1995, 2006, 2016, and 2021. The scenes were submitted to surface reflectance conversion and geometric correction. Principal Component Analysis was carried out to generate maps with less spectral mixing and assist in the identification of classes. Land cover classification was performed using the K-Nearest Neighbor machine learning algorithm to assess the accuracy of the classification, the confusion matrix was used, through the values of global, producer and user accuracy. The results achieved were classified as excellent. In order to understand the growth dynamics of the two cities, trend curves were generated and, from the data of the land cover classification, it was possible to conclude that the traditional Ceilândia presents a tendency of stagnation in the advance of the urban area and Pôr do Sol shows a growth trend.

Keywords: remote sensing, urban growth.

SUMÁRIO

| | |
|--------------------------------------|----|
| LISTA DE ILUSTRAÇÕES | 10 |
| LISTA DE TABELAS | 11 |
| LISTA DE SIGLAS | 12 |
| 1. INTRODUÇÃO | 13 |
| 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 15 |
| 2.1 Crescimento Urbano | 15 |
| 2.2 Sensoriamento Remoto | 16 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 18 |
| 3.1 Área de Estudo | 18 |
| 3.2 Procedimentos operacionais | 20 |
| 3.2.1 Pré processamento | 21 |
| 3.2.2 Processamento | 22 |
| 3.2.2.1 Classificação | 22 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 24 |
| 5. CONCLUSÃO | 39 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 40 |

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

Figura 2. Classificação da cobertura da terra na Ceilândia e Pôr do Sol.

Figura 3. Expansão da área urbanizada na Ceilândia e Pôr do Sol.

Figura 4. Evolução da área urbanizada no período investigado na Ceilândia Tradicional.

Figura 5. Cobertura da terra nas Áreas de Preservação Permanente na região do Pôr do Sol.

Figura 6. Expansão da área urbanizada no Pôr do Sol.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Lista de imagens utilizadas no estudo.

Tabela 2. Valores do Índice de Kappa.

Tabela 3. Matriz de confusão da classificação da cobertura da terra para o ano de 1984.

Tabela 4. Matriz de confusão da classificação da cobertura da terra para o ano de 1995.

Tabela 5. Matriz de confusão da classificação da cobertura da terra para o ano de 2006.

Tabela 6. Matriz de confusão da classificação da cobertura da terra para o ano de 2016.

Tabela 7. Matriz de confusão da classificação da cobertura da terra para o ano de 2021.

LISTA DE SIGLAS

ACP - Análise de Componentes Principais.

APA - Área de Preservação Ambiental.

APP - Área de Preservação Permanente.

ARIS - Área de Relevante Interesse Social.

DF - Distrito Federal.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

OLI - Operational Land Imager.

RA - Região Administrativa.

TM - Thematic Mapper.

USGS - United States Geological Survey.

KNN - K-Nearest Neighbors.

ZEE - Zoneamento Ecológico Econômico

1. INTRODUÇÃO

A urbanização no Brasil é acompanhada de intensas transformações ambientais, desigualdade social e déficits infraestruturais. O crescimento da mancha urbana constantemente ocupa áreas de interesse ambiental e áreas de risco, acarretando impactos ambientais e sociais, como os desabamentos, erosões e enchentes.

Devido a demanda por moradia, a falta de planejamento e políticas públicas inadequadas, o avanço do crescimento urbano no país muitas vezes tem ultrapassado os limites legais e naturais. Áreas ambientais que possuem maior sensibilidade têm sido urbanizadas e áreas com risco de desabamento e erosões têm sido transformadas em ocupações urbanas.

A urbanização do Distrito Federal ocorreu de forma rápida e desordenada devido ao intenso fluxo migratório, diferentemente do planejado para a instalação da nova capital do Brasil, que possuía a ideia de ser um local restrito para abrigar o poder e contendo um número populacional controlado e limitado.

Além da pressão por moradia nas grandes cidades e os ciclos migratórios, o intenso processo de urbanização do Distrito Federal é caracterizado pelas invasões e pela implantação de uma política de distribuição de lotes realizada pelo governo, onde a terra pública se tornou moeda política de troca. Dessa forma, foi impulsionado o surgimento de novas Regiões Administrativas ao redor da capital.

Devido aos incentivos, o Distrito Federal passou a sofrer com as ocupações irregulares possuindo uma característica peculiar, o crescimento de ocupações irregulares foi promovido pelas populações de renda baixa, média e alta. Além da demanda por moradia, o formato de ocupações irregulares passou a ser considerado vantajoso e comum por grileiros (BLANCO, 2018).

Dessa forma, as invasões se proliferaram por todas as regiões do Distrito Federal, a ocupação urbana passou a ser caracterizada pelo avanço das cidades sobre as áreas de chapada de forma não planejada, evidenciando uma preferência humana pela ocupação em áreas mais planas, sendo as encostas consideradas um limite natural impedindo o avanço da mancha urbana (NEVES et. al., 2018).

A política populista de incentivo a criação de setores habitacionais populares, além das crises econômicas que causaram pressão nas grandes cidades, agravou o quadro das ocupações irregulares. Atualmente, diversos setores habitacionais

possuem manchas urbanas em Áreas de Preservação Permanente. O Setor Habitacional Pôr do Sol surgiu ocupando as bordas de chapada da Ceilândia Tradicional, convertendo em cidade trechos de sensibilidade ambiental.

O sensoriamento remoto surge como uma importante ferramenta para analisar o crescimento urbano. O crescimento das cidades é um dos principais fatores de mudanças na cobertura da terra, podendo ser avaliado e monitorado através do emprego de técnicas de detecção de mudanças em séries temporais.

O objetivo deste trabalho foi empregar o uso de imagens de média resolução da série temporal Landsat no período de 1984 a 2021, utilizando a técnica de detecção de mudanças e a classificação pixel a pixel com o intuito de descrever a dinâmica de ocupação da cobertura da terra na região da Ceilândia Tradicional e no Pôr do Sol e avaliar as tendências do crescimento da mancha urbana nas duas cidades.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Crescimento Urbano

O processo de urbanização no Brasil nas grandes cidades ocorreu de forma acelerada e sem planejamento, o que causou diversos problemas ambientais, econômicos e sociais. Os impactos ambientais são cada vez mais perceptíveis nas áreas urbanas do país, causados principalmente pela ocupação desordenada e uso irregular do solo. Assim, as enchentes, erosões e inundações têm sido cada vez mais frequentes se tornando uns dos principais problemas enfrentados pela população.

Durante o planejamento da criação da nova capital do Brasil, não foi previsto em seu plano urbanístico os adensamentos urbanos, o crescimento da mancha urbana desenfreada no Distrito Federal é mostrado pelo fato que inicialmente ele foi planejado para abrigar cerca de 500 mil habitantes e hoje a população é estimada em 3.100.000 habitantes, o crescimento possui a característica de ter sido intenso em um curto período (MARTINS e LIMA, 2015; IBGE, 2021).

A ocupação irregular do solo no DF é um dos principais problemas enfrentados na cidade, com a propagação incontrolável das invasões causando danos irreversíveis aos recursos hídricos e graves problemas de infraestrutura. O crescimento dos condomínios irregulares em Brasília contou com o governo regularizando áreas alvos de grilagem e a omissão no controle do uso do solo, o que impulsionou o aumento de áreas de invasão na capital (SENA, 2015).

Dentre os diversos problemas causados pela ocupação irregular do solo no Distrito Federal, destaca-se os relacionados à ocupação e crescimento da mancha urbana em direção às Áreas de Preservação Permanente, onde as cidades construídas nessas áreas ambientalmente frágeis foram regularizadas pelo Poder Público e continuam se expandindo.

As Áreas de Preservação Permanente são áreas protegidas por lei, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, o solo, a fauna e a flora e o bem-estar das populações. Estão localizadas ao longo de qualquer curso d'água, rios, lagoas, reservatórios naturais ou artificiais, nas nascentes, topos de morros, serras, nas encostas, nas restingas, nas bordas de

chapada, não sendo permitido fazer o uso dos recursos florestais dessas áreas (BRASIL, 2012).

As Bordas de Chapada são áreas de grande fragilidade ambiental e sujeitas a sofrerem degradação ambiental, a importância de se manter a vegetação natural nessas áreas é evitar impedir o fluxo concentrado de água pluvial nas laterais, assim, evitando o escoamento e a erosão das suas laterais (MARTINS, 2018).

2.2 Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto é uma ciência de aquisição e aplicação de informações sobre um objeto sem contato físico. Os sensores instalados nos satélites permitem a captura de várias faixas de energia da onda eletromagnética emitida pelos objetos presentes na superfície do planeta. A classificação de imagens multiespectrais consiste na identificação de alvos diferentes na superfície da terra através do comportamento espectral (LIU, 2015).

O uso de satélites fornece dados contínuos e precisos da superfície terrestre, dessa forma, possuem diversas aplicações nas mais variadas áreas, como na agricultura, estudos ecológicos, cartografia, uso militar, análises urbanas, entre outras, cada uma com suas aplicações e de acordo com os dados disponíveis (NOVO, 2010).

Entre os diversos usos, o sensoriamento remoto é uma ferramenta para analisar o crescimento do espaço urbano e os problemas ambientais causados por essa expansão, facilitando o entendimento das dinâmicas das cidades e contribuindo com o planejamento do uso do solo. Através do uso das imagens de satélite, é possível visualizar a expansão das manchas urbanas e identificar a direção de crescimento de uma cidade (KAWASHIMA, 2011; SILVA e ARAKI, 2015).

Para estudos sobre a análise e crescimento urbano, é imprescindível a aplicação da técnica de detecção de mudanças na cobertura da terra. O processo de detecção é realizado a partir da identificação de mudanças entre dois conjuntos de imagens de uma mesma área em épocas diferentes. Essas mudanças são resultado das alterações nos valores de radiância entre as imagens de diferentes épocas e constituem um modo rápido e eficiente de análise (SINGH, 1989; HAYES e SADER, 1997; SILVA, E. 2004).

No emprego da classificação supervisionada, as classes são anteriormente determinadas, dessa forma, são marcadas amostras de treinamento. As técnicas que fazem parte da classificação supervisionada utilizam algoritmos que desempenham a identificação dos padrões espectrais da imagem de satélite com base nas amostras previamente selecionadas e realizam a classificação (MOREIRA, 2005).

Nesse sentido, surge o aprendizado de máquina inserido no contexto de classificação supervisionada. O aprendizado de máquina faz parte da área de estudo da Inteligência Artificial, possuindo o intuito de desenvolver métodos e ferramentas para criar máquinas inteligentes com capacidade de produzir tarefas nas mais diversas áreas. Essas máquinas inteligentes precisam treinar sobre determinado conjunto de amostras, assim, possuem a capacidade de adquirir o conhecimento de forma automatizada (MITCHELL, 1977).

Na utilização do aprendizado de máquina para classificação, os rótulos das classes são previamente definidos e o algoritmo de aprendizado recebe um conjunto de exemplos de treinamento para cada classe. Dentre os diversos algoritmos de aprendizado, o K-Nearest Neighbor é um classificador com alto nível de qualidade, gerando resultados satisfatórios e eficientes para os mais diversos estudos e análises.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

O Distrito Federal está localizado no Brasil Central com a extensão territorial de 5.760,784 km² e população estimada de 3.094.325 habitantes. O clima da região recebe a classe AW segundo a classificação Köppen-Geiger, definido como tropical úmido e seco, possuindo duas estações bem definidas, uma de verão quente e úmido e outra de inverno seco (CARDOSO et. al., 2014; IBGE, 2021).

A vegetação do Distrito Federal em sentido amplo é caracterizada pelo bioma Cerrado, existindo todas as fitofisionomias do bioma na sua área, a cobertura da vegetação existente na região da Ceilândia e Pôr do Sol é classificada como campo campestre, formações florestais e formações savânicas (CODEPLAN, 2016).

A maior parte do território do DF está abrangida em áreas de conservação, cerca de 65% da unidade da federação está inserida na Unidade de Conservação Federal APA do Planalto Central. Por possuir grande extensão, a APA é fragmentada em diversas áreas e possui características de uso e ocupação distintas, possuindo várias ocupações urbanas irregulares como é o caso da Região Administrativa Pôr do Sol (ICMBio, 2012).

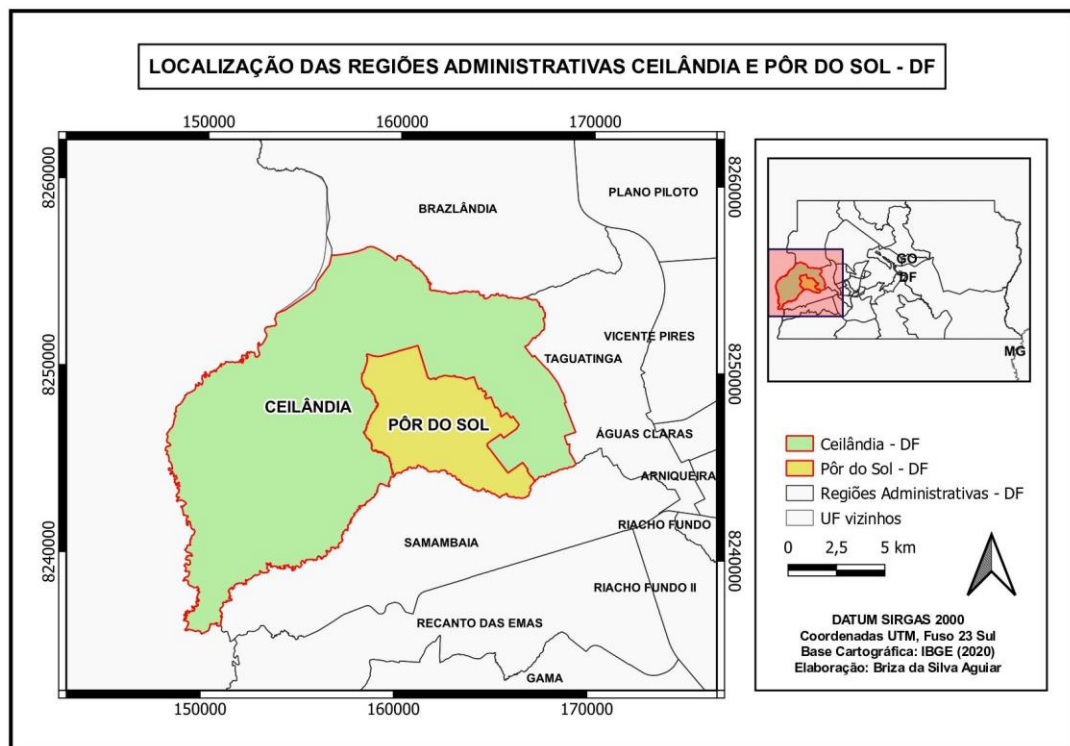
A cidade de Ceilândia é uma das 33 regiões administrativas do Distrito Federal brasileiro, localizada na porção oeste e situada a 26 quilômetros do centro de Brasília. Sua extensão territorial é de aproximadamente 230,3 km² e detém a maior população urbana em região administrativa do DF, com população estimada em 443.824 habitantes (CODEPLAN, 2020).

A Ceilândia Tradicional surgiu em decorrência do primeiro projeto de erradicação de favelas realizado no DF, a região foi fundada em 1971 por meio da Campanha de Erradicação de Favelas (CEI) com o objetivo de transferir e abrigar moradores residentes de áreas não regulares (PDAD, 2018).

As ocupações do Setor Habitacional Sol Nascente e a Área de Regularização de Interesse Social Pôr do Sol foram criadas em 2008 até então pertencendo à Região Administrativa de Ceilândia, havendo uma expansão descontrolada de áreas irregulares. Em agosto de 2019, o Pôr do Sol tornou-se a 32ª Região Administrativa do Distrito Federal, sendo desmembrada da Ceilândia Tradicional. A cidade possui

extensão territorial de 40,49 km² e população estimada em 83.102 habitantes (PDAD, 2018). Na Figura 1 está demonstrada a localização da área investigada no estudo.

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: elaborado pela autora.

As duas Regiões Administrativas estão abrangidas pela Bacia do Rio Descoberto, o rio é o principal curso de água da bacia e nele está localizado o reservatório do Descoberto, o maior reservatório do Distrito Federal e responsável por abastecer a maior parte da população. O principal afluente do rio Descoberto é o Rio Melchior e seus afluentes estão localizados na região do Pôr do Sol.

A Região Administrativa do Pôr do Sol ocupa áreas com risco alto de erosão e apresenta alta susceptibilidade a alagamentos e processos erosivos acelerados, contrariando grande parte do Distrito Federal onde essas áreas não são urbanizadas (CODEPLAN; ZEE-DF, 2017).

3.2 Procedimentos operacionais

Para a confecção do mapa de localização da área de estudo foram utilizados a malha territorial disponível no site do IBGE e dados dos limites das Regiões Administrativas do Distrito Federal disponíveis no Geoportal do Distrito Federal (<https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/geoportal/>).

A aquisição das imagens Landsat 5 e Landsat 8 foi realizada na ferramenta *Earth Explorer* da USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) utilizando os dados da Coleção 2, Nível 2, que estão com correção atmosférica e são geradas a partir dos dados da Coleção 2, Nível 1, que possuem correções geométricas e radiométricas (USGS, 2020).

A correção atmosférica é um procedimento necessário em estudos multitemporais, possuindo o objetivo de minimizar a influência dos componentes atmosféricos, sendo uma forma de normalizar os dados para fins de comparação entre as mais diferentes datas.

Para a realização do estudo foram selecionadas cenas dos satélites Landsat 5 e Landsat 8, sensores TM (*Thematic Mapper*) e OLI (*Operational Land Imager*) respectivamente, considerando sua extensa coleção de dados. Desta forma, foram adquiridas cinco imagens com as informações descritas na Tabela 1.

O sensor TM operou com 7 bandas na região do visível, infravermelho próximo, de ondas curtas e termal, apresentando melhor resolução espacial e resolução radiométrica de 8 bits. O sensor OLI possui bandas espectrais na faixa do visível, infravermelho próximo, infravermelho de ondas curtas e uma banda pancromática, além de possuir uma resolução radiométrica de 12 bits (USGS, 2020).

A resolução espectral se refere à capacidade do sensor operar em mais bandas espectrais, sendo definida pelo número de bandas espectrais e pela largura do intervalo de comprimento de onda de cada banda. A resolução radiométrica se refere à sensibilidade do sensor em detectar pequenas variações radiométricas, elevando o número de níveis digitais (USGS, 2020).

As cenas foram selecionadas durante o período de junho, transição do período chuvoso para a seca, com o objetivo de amenizar os efeitos da seca, considerando que alguns estratos de vegetação da região possuem água como fator limitante e ao mesmo tempo seguir o critério de ausência de cobertura de nuvens.

Tabela 1. Lista de imagens utilizadas no estudo.

| DATA | SATÉLITE | ÓRBITA | SENSOR | RES. ESPACIAL | RES. RADIOMÉTRICA |
|------------|-----------|--------|--------|---------------|-------------------|
| 11/06/1984 | LANDSAT 5 | 221/71 | TM | 30m | 8 bits |
| 10/06/1995 | LANDSAT 5 | 221/71 | TM | 30m | 8 bits |
| 24/06/2006 | LANDSAT 5 | 221/71 | TM | 30m | 8 bits |
| 19/06/2016 | LANDSAT 8 | 221/71 | OLI | 30m | 12 bits |
| 17/06/2021 | LANDSAT 8 | 221/71 | OLI | 30m | 12 bits |

Fonte: elaborado pela autora.

3.2.1 Pré processamento

Primeiramente, as imagens foram convertidas em reflectância da superfície da atmosfera (*Bottom Of Atmosphere* - BOA) no software QGis 3.24, usando os coeficientes de redimensionamento fornecidos nos arquivos de metadados.

Para facilitar o processamento, as imagens foram empilhadas utilizando o software QGis 3.24, assim, as bandas que se encontravam em arquivos separados foram inseridas em um único arquivo. Nas cenas do Landsat 5, foram utilizadas as bandas multiespectrais 1, 2, 3, 4, 5 e 7 e no Landsat 8, as bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7. Posteriormente, as cenas foram cortadas no software QGis 3.24 para a área de interesse do estudo.

A correção geométrica foi realizada no software TerraView 5.6 empregando o registro imagem a imagem, utilizando como referência a cena do ano de 2021 do Landsat 8 por possuir maior resolução espectral e radiométrica.

3.2.2 Processamento

A primeira etapa do processamento de imagens consistiu na realização da análise de componentes principais (ACP) em cada cena utilizando o software TerraView 5.6, com o objetivo de gerar novas bandas não correlacionadas com o máximo de informação possível nas primeiras componentes.

As bandas no sensoriamento remoto são altamente correlacionadas entre si e espectralmente próximas, dessa forma, parte da informação contida nas bandas apresentam redundância. O método de análise de componentes principais tem a função de determinar a extensão dessa correlação e através de uma transformação matemática, remover a correlação existente entre essas bandas (CROSTA, 1992; CENTENO, 2004).

Essa técnica é utilizada para entender a variabilidade espectral dos alvos, realizando um agrupamento das informações espectrais e gerando um resultado com menor mistura espectral, possuindo o objetivo de olhar a componente principal para definir a amostra, auxiliando na identificação e separação dos alvos por classe.

3.2.2.1 Classificação

O algoritmo K-Nearest Neighbor - KNN é um classificador que realiza sua função a partir das amostras de treinamento. Com base na influência do vizinho mais próximo, ele calcula a distância entre cada objeto da imagem e todos os objetos de treinamento que foram definidos e com isso decide se o pixel a ser classificado pertence a uma ou outra classe. É uma técnica empregada no reconhecimento de padrões onde o software exige a seleção de valores para o parâmetro k, sendo este o número de vizinhos usados para a classificação (CAMPOS et.al., 2013; XU et. al., 2013).

O processamento digital das imagens para a classificação foi realizado no software QGis 3.24 com a utilização do algoritmo KNN com a finalidade de extrair informações e reconhecer padrões homogêneos. Foram definidas oito classes de cobertura da terra: os Corpos D'água (reservatórios, lagos e rios), Mata (formações florestais), Cerrado (formações savânicas), Campo (formações campestres), Solo (áreas erodidas, cascalheiras e solo exposto), Urbano (áreas urbanas consolidadas e

não consolidadas), Agropastoril (culturas agrícolas e pastagem) e Reflorestamento (eucalipto e pinus).

Após a definição, foram criados vetores selecionando as regiões de interesse de cada classe em cada cena, com as amostras seguindo o critério de possuírem o conjunto de pixels homogêneos e tamanho semelhantes, percepção tida a partir da análise de componentes principais. O algoritmo foi treinado utilizando 30% dos pixels das amostras de interesse selecionadas e em seguida o modelo treinado obtido foi usado para a geração da classificação.

Para verificar a precisão da classificação foi utilizado o plugin AcATAMa no QGis para a avaliação de precisão de mapas temáticos. Os mapas gerados na classificação foram validados empregando a amostragem aleatória estratificada, foram definidos 20 pontos para cada classe, totalizando 140 pontos para as imagens que não possuem a classe reflorestamento e 160 pontos para as que possuem, criados em coordenadas aleatórias na área dos mapas temáticos com distância mínima de 500 metros entre os pontos gerados. A avaliação de precisão foi realizada utilizando a comparação entre o mapa temático classificado e a imagem de referência.

Após a verificação da qualidade dos mapas gerados, os dados referentes ao crescimento urbano foram inseridos em uma planilha no Excel com o intuito de examinar as tendências de crescimento ao longo da série histórica analisada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ajuste de imagem utilizando o software TerraView 5.6 com o intuito de realizar a correção geométrica foram selecionados 5 pontos de controle automáticos na imagem de 2016 com erro final de 0,15 pixel. No ajuste das imagens de 1984, 1995 e 2006 foram gerados 8 pontos de controle e todas ficaram com erro final menor do que 0,50.

O resultado da classificação da cobertura para cada ano está apresentado na Figura 2. A Figura 2A apresenta o resultado para o ano de 1984 que atingiu 98% de acurácia global, a Figura 2B para o ano de 1995 que atingiu 97% de acurácia global, a Figura 2C para o ano de 2006 que atingiu 95% de acurácia global, a Figura 2D para o ano de 2016 que atingiu 97% de acurácia global e a Figura 2E para o ano de 2021 que atingiu 97% de acurácia global.

A acurácia global corresponde à proporção do total de amostras corretamente classificadas, sendo medida para mensurar a qualidade dos mapas gerados. Todas as classificações alcançaram resultados excelentes.

Ainda com relação à qualidade do treinamento do algoritmo KNN de classificação, foi observado o coeficiente de Kappa, que é dado após a construção da matriz da confusão. O valor de Kappa é um índice referente ao grau de concordância dos dados, medindo a coerência entre a classificação realizada na imagem e seus valores reais (LANDIS e KOCH, 1977).

Tabela 2. Valores do Índice de Kappa.

| Índice de Kappa | Qualidade da classificação |
|-----------------|----------------------------|
| < 0,00 | Péssimo |
| 0,0 - 0,2 | Ruim |
| 0,2 - 0,4 | Razoável |
| 0,4 - 0,6 | Boa |
| 0,6 - 0,8 | Muito boa |
| 0,8 - 1,0 | Excelente |

Fonte: LANDIS e KOCH (1977).

O treinamento dos algoritmos utilizados na classificação para os anos de 1984, 1995 e 2006 obtiveram Índice de Kappa de 0,95, para o ano de 2016 obteve 1,0 e para o ano de 2021 obteve 0,99. Os resultados alcançados no treinamento utilizando o algoritmo de aprendizagem KNN foram classificados como excelentes.

A matriz de confusão é uma maneira eficaz de representar a acurácia na precisão da classificação de cada categoria, é uma ferramenta com arranjo quadrado de números definidos em linhas e colunas, que apresenta o grau de similaridade entre os dados de referência (colunas) e os dados de classificação (linhas), gerados a partir das classificações de cobertura da terra (CONGALTON e GREEN, 2009).

A análise de acurácia avalia a qualidade do mapeamento realizado, onde são dadas as taxas de acerto geral, taxas de acerto e erro para cada classe definida. A acurácia do produtor define quais são as frações de pixels de cada classe corretamente designados às suas classes pelo classificador. A acurácia do usuário se refere às estimativas das frações de pixels do mapeamento corretamente classificados (PONTIUS e MILLONES, 2011; MAPBIOMAS, 2019).

As matrizes de confusão referentes aos mapas de classificação da cobertura da terra da Ceilândia e Pôr do Sol estão nas Tabelas 3, 4, 5, 6 e 7. Cada valor se refere a uma classe: 1 (Água), 2 (Mata), 3 (Cerrado), 4 (Campo), 5 (Solo), 6 (Urbano), 7 (Agropastoril) e 8 (Reflorestamento).

Tabela 3. Matriz de confusão da classificação da cobertura da terra para o ano de 1984.

| | 1 (Água) | 2 (Mata) | 3 (Cerrado) | 4 (Campo) | 5 (Solo) | 6 (Urbano) | 7 (Agropastoril) |
|-----------|----------|----------|-------------|-----------|----------|------------|------------------|
| 1 | 1,0 | - | - | - | - | - | - |
| 2 | - | 1,0 | - | - | - | - | - |
| 3 | - | - | 1,0 | - | - | - | - |
| 4 | - | - | - | 1,0 | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - | 0,93 | 0,07 | - |
| 6 | - | - | - | 0,05 | 0,05 | 0,73 | 0,17 |
| 7 | - | - | - | - | - | - | 1,0 |
| Produtor: | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,88 |
| Usuário: | 0,95 | | | | | | |
| Global: | 0,98 | | | | | | |

Fonte: elaborado pela autora.

Ao analisar a matriz de confusão da classificação para o ano de 1984 é possível observar que houve confusão na classificação da classe Solo e Urbano. A classe Solo no momento da classificação foi confundida com Urbano e isso se dá pelo fato do solo exposto possuir resposta espectral parecida com a de alguns materiais que existem nas cidades. A confusão ocorrida na classe Urbano, ocorrendo entre as classes Campo, Solo e Agropastoril, é causada pela variedade de materiais que as cidades possuem e suas feições espectrais variadas, o que causa confusão no momento da classificação.

Tabela 4. Matriz de confusão da classificação da cobertura da terra para o ano de 1995.

| | 1 (Água) | 2 (Mata) | 3 (Cerrado) | 4 (Campo) | 5 (Solo) | 6 (Urbano) | 7 (Agropastoril) |
|-----------|----------|----------|-------------|-----------|----------|------------|------------------|
| 1 | 1,0 | - | - | - | - | - | - |
| 2 | - | 1,0 | - | - | - | - | - |
| 3 | - | - | 1,0 | - | - | - | - |
| 4 | - | - | - | 1,0 | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - | 1,0 | - | - |
| 6 | - | - | - | - | 0,2 | 0,8 | - |
| 7 | - | - | - | - | - | - | 1,0 |
| Produtor: | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,83 | 1,0 | 1,0 |
| Usuário: | 0,97 | | | | | | |
| Global: | 0,98 | | | | | | |

Fonte: elaborado pela autora.

Na classificação para o ano de 1995 ocorreu a mesma confusão da classe Urbano com a classe Solo, para as outras classes não houve confusão espectral durante a classificação, gerando a matriz de confusão que aponta o melhor desempenho de todo o período estudado.

Tabela 5. Matriz de confusão da classificação da cobertura da terra para o ano de 2006.

| | 1 (Água) | 2 (Mata) | 3 (Cerrado) | 4 (Campo) | 5 (Solo) | 6 (Urbano) | 7 (Agropastoril) |
|-----------|----------|----------|-------------|-----------|----------|------------|------------------|
| 1 | 1,0 | - | - | - | - | - | - |
| 2 | - | 0,95 | 0,05 | - | - | - | - |
| 3 | - | - | 1,0 | - | - | - | - |
| 4 | - | - | - | 1,0 | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - | 1,0 | - | - |
| 6 | - | - | - | 0,2 | - | 0,8 | - |
| 7 | - | - | - | - | - | - | 1,0 |
| Produtor: | 1,0 | 0,82 | 0,90 | 0,83 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Usuário: | 0,93 | | | | | | |
| Global: | 0,99 | | | | | | |

Fonte: elaborado pela autora.

A confusão da classe Urbano na classificação da cobertura para o ano de 2006 se deu com a classe Campo, também explicada pela composição de materiais das cidades. A confusão ocorrida entre as classes de Mata e Cerrado pode ser explicada pela criação de um vetor inadequado que selecionou pixels divergentes, gerando uma pequena confusão durante a classificação.

Tabela 6. Matriz de confusão da classificação da cobertura da terra para o ano de 2016.

| | 1 (Água) | 2 (Mata) | 3 (Cerrado) | 4 (Campo) | 5 (Solo) | 6 (Urbano) | 7 (Agro.) | 8 (Refloresta.) |
|-----------|----------|----------|-------------|-----------|----------|------------|-----------|-----------------|
| 1 | 1,0 | - | - | - | - | - | - | - |
| 2 | - | 1,0 | - | - | - | - | - | - |
| 3 | - | - | 1,0 | - | - | - | - | - |
| 4 | - | - | - | 0,95 | - | 0,05 | - | - |
| 5 | - | - | - | - | 1,0 | - | - | - |
| 6 | - | - | - | 0,2 | - | 0,8 | - | - |
| 7 | - | - | - | - | - | - | 1,0 | - |
| 8 | - | 0,2 | - | - | - | - | - | 0,8 |
| Produtor: | 1,0 | 0,5 | 0,86 | 0,8 | 1,0 | 0,95 | 0,95 | 1,0 |
| Usuário: | 0,90 | | | | | | | |
| Global: | 0,97 | | | | | | | |

Fonte: elaborado pela autora.

Avaliando a matriz de confusão para a classificação de cobertura do ano de 2016, houve a confusão na classificação das classes Campo e Urbano entre si. A partir do ano de 2016, surge a classe Reflorestamento composta por eucaliptos e pinus, durante a classificação a classe foi confundida por Mata, pois ambas são formações florestais e durante a classificação houve uma confusão espectral das classes.

Tabela 7. Matriz de confusão da classificação da cobertura da terra para o ano de 2021.

| | 1 (Água) | 2 (Mata) | 3 (Cerrado) | 4 (Campo) | 5 (Solo) | 6 (Urbano) | 7 (Agro.) | 8 (Refloresta.) |
|------------------|----------|----------|-------------|-----------|----------|------------|-----------|-----------------|
| 1 | 1,0 | - | - | - | - | - | - | - |
| 2 | - | 1,0 | - | - | - | - | - | - |
| 3 | - | - | 1,0 | - | - | - | - | - |
| 4 | - | - | - | 0,95 | - | 0,05 | - | - |
| 5 | - | - | - | - | 1,0 | - | - | - |
| 6 | - | - | - | 0,2 | 0,1 | 0,7 | - | - |
| 7 | - | - | - | - | - | 0,05 | 0,95 | - |
| 8 | - | 0,2 | - | - | - | - | - | 0,8 |
| Produtor: | 1,0 | 0,8 | 1,0 | 0,8 | 0,95 | 0,95 | 0,90 | 1,0 |
| Usuário: | 0,95 | | | | | | | |
| Acurácia global: | 0,97 | | | | | | | |

Fonte: elaborado pela autora.

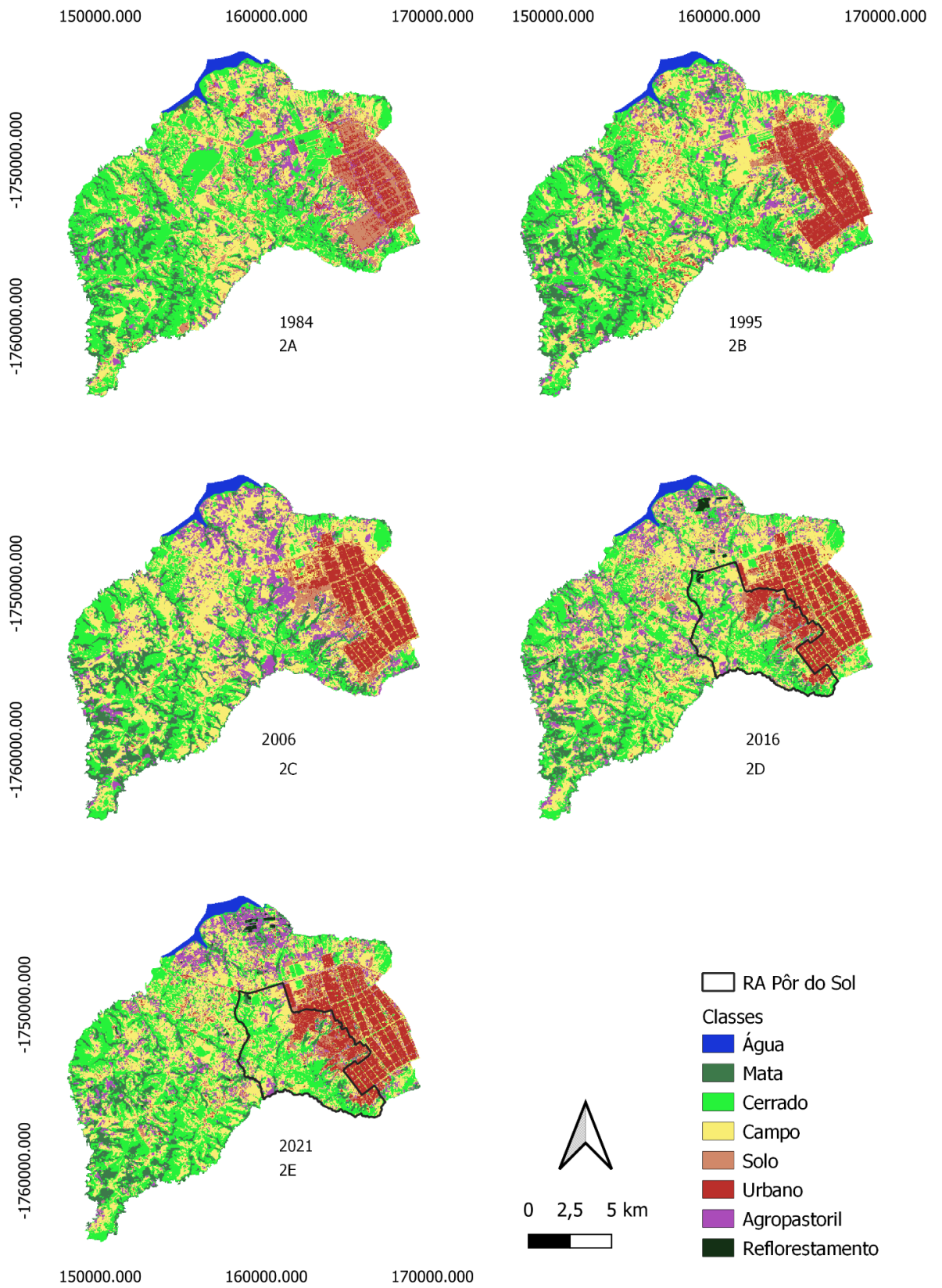
Na matriz de confusão da cobertura da terra para o ano de 2021, além das confusões ocorridas e já explicadas, ocorreu a confusão na classe Agropastoril com a classe Urbano, a confusão ocorrida se dá pelo fato dos diferentes tipos de cobertura e uso de solo englobados nessa classe, causando assim misturas de respostas espectrais entre as classes e confusão no momento da classificação.

Ao avaliar as matrizes de confusão apresentadas, é possível observar que a maior confusão ocorrida durante as classificações se refere a classe Urbano, essa confusão ocorre porque as cidades são compostas de vários materiais como o asfalto, concreto, telhados, coberturas metálicas, entre outras, dessa forma, o conjunto desses materiais apresenta diversas respostas espectrais, conjunto de pixels divergentes e respostas espectrais que se assemelham com as outras classes, o que causa a confusão entre as classes (FORESTI & PEREIRA, 1987).

A análise das matrizes mostra que o algoritmo utilizado na classificação apresentou excelentes resultados, mesmo com a confusão ocorrida em algumas classes, foram confusões pequenas e esperadas, o que justifica o nível de acurácia e

exatidão elevados. A confiabilidade da classificação foi excelente e aponta a veracidade das áreas classificadas.

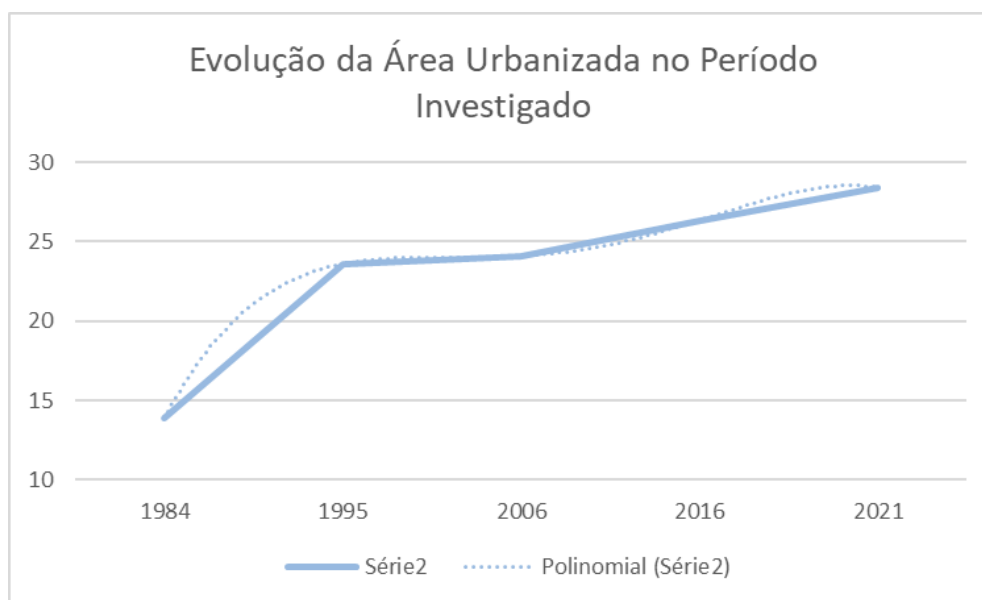
Figura 2. Classificação da cobertura da terra na Ceilândia e Pôr do Sol.



Fonte: elaborado pela autora.

A análise comparativa temporal na classe Urbana no período analisado permite constatar o grande crescimento da mancha urbana, no ano de 1984 as construções urbanas ocupavam 5% da cobertura da terra na região, o equivalente a 13,93 km². Já no ano de 2021, a mancha urbana ocupava 12% da cobertura da região, o equivalente a 28,42 km², o crescimento mais que dobrou nos 37 anos analisados. Na Figura 3 está representado no gráfico o crescimento urbano em cada período estudado e a curva de tendência do crescimento.

Figura 3. Expansão da área urbanizada na Ceilândia e Pôr do Sol.



Fonte: elaborado pela autora.

A curva do Gráfico 1 considera o crescimento urbano das duas Regiões Administrativas e mostra a intensidade do avanço da mancha urbana no período avaliado, sendo registrado um crescimento de 204%. Na Figura 2 é possível observar que no ano de 1984, a densidade da ocupação urbana é menor e a predominância é de solo exposto. Em 1995, onde é apresentado a maior taxa de crescimento em todo o período investigado, a mancha urbana está adensada, consolidada e ocupando novas áreas.

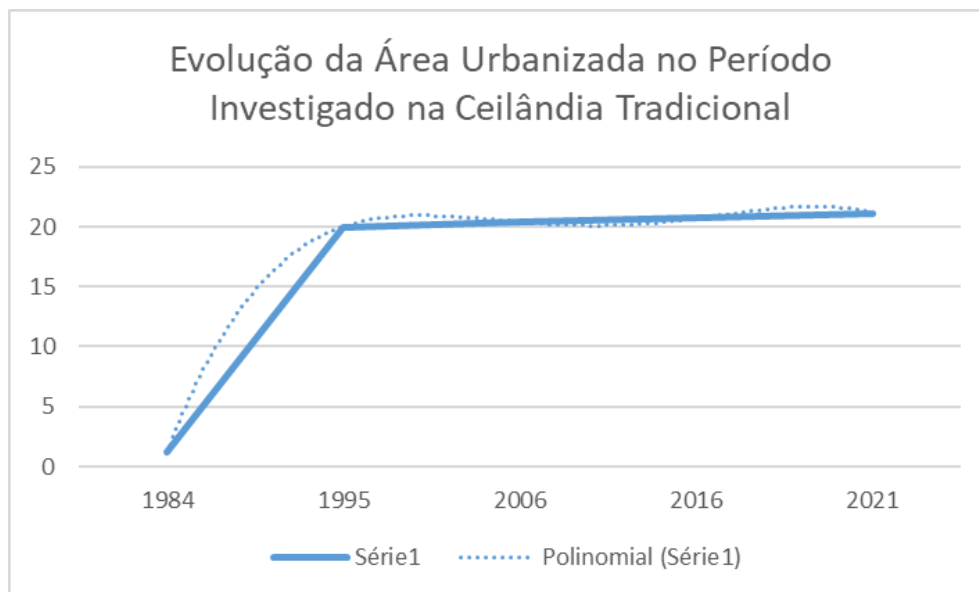
Seguindo a tendência geral do Distrito Federal de apresentar estagnação no crescimento da mancha urbana, a evolução da área urbanizada no período de 2016 apresenta um ritmo menor do que no início da série temporal estudada, a linha de

tendência de crescimento começa a apresentar uma estabilização (BAPTISTA & NASCIMENTO, 2016).

Considerando que as duas regiões estudadas possuem características distintas de ocupação urbana, a Ceilândia Tradicional tendo sido planejada e implantada nos anos 70 e o Pôr do Sol tendo surgido a partir de ocupações informais e sendo regularizado no ano de 2019, ambas apresentam dinâmicas de crescimento diferentes.

Objetivando a análise mais precisa do crescimento urbano das duas regiões, gerou-se a curva de crescimento e tendência para cada uma das cidades. Na Figura 4 está apresentada a evolução da área urbanizada na Ceilândia Tradicional.

Figura 4. Evolução da área urbanizada no período investigado na Ceilândia Tradicional.



Fonte: elaborado pela autora.

Conforme observado, a Ceilândia Tradicional segue a tendência de estagnação no crescimento da mancha urbana, por se tratar de uma região mais antiga e considerando que o avanço da mancha urbana encontrou limitadores legais e naturais. Entretanto, a tendência de estagnação não significa que o tamanho da população também apresenta estabilidade, considerando que pode ocorrer a verticalização do espaço urbano (BAPTISTA & NASCIMENTO, 2016).

Seguindo a tendência do Distrito Federal, no período de 1984 a 1995 é demonstrado um crescimento vertiginoso da ocupação urbana na Ceilândia Tradicional, esse intenso crescimento se deu pela construção de novos setores

habitacionais e a expansão desses setores, caracterizada pela época de maior crescimento da cidade.

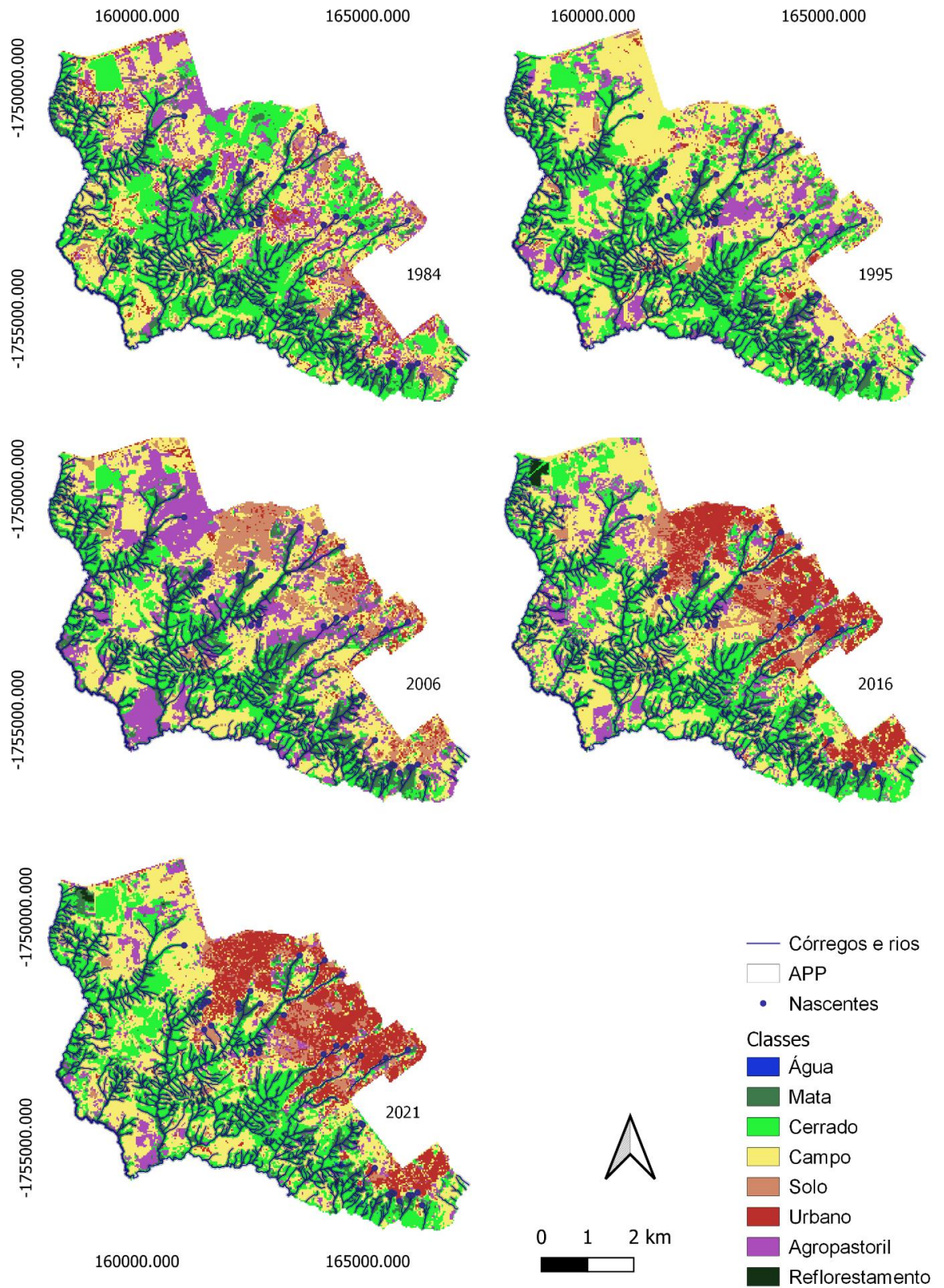
A chegada constante de migrantes ao DF e a criação de programas habitacionais do governo foram os responsáveis pelo crescimento urbano acelerado. Entre 1976 e 1977, foram construídos os setores “O” e “P”, em 1980 começou a ocupação do Setor de Indústria. No período entre 1986 e 1991, surgiram a Expansão dos Setores “O”, “N” e “P” e o novo setor “Q”. No ano de 1992, foram implantados o setor “R” e a ocupação urbana do Condomínio Privê (CODEPLAN, 2017).

No ano de 1994, as ocupações irregulares na Ceilândia aumentaram, ocupando áreas ambientalmente frágeis, o início da criação do Setor Habitacional Sol Nascente e a Área de Interesse Social - ARIS Pôr do Sol marcam a intensa ocupação urbana em Áreas de Preservação Permanente.

Atualmente a área de grande sensibilidade ambiental conhecida como Bordas de Ceilândia tem sofrido remoção de vegetação para a implantação irregular de ruas e habitações, a ocupação se dá quase que totalmente pelas áreas urbanas. O resultado da mudança de cobertura da terra das Áreas de Preservação Permanente na região onde hoje é a RA Pôr do Sol está na Figura 5.

As Bordas da cidade de Ceilândia são compostas por várias chácaras e ocupações irregulares, apesar do condomínio Pôr do Sol ser regularizado, o avanço de ocupações informais faz parte do cotidiano da região.

Figura 5. Cobertura da terra nas Áreas de Preservação Permanente na região do Pôr do Sol.



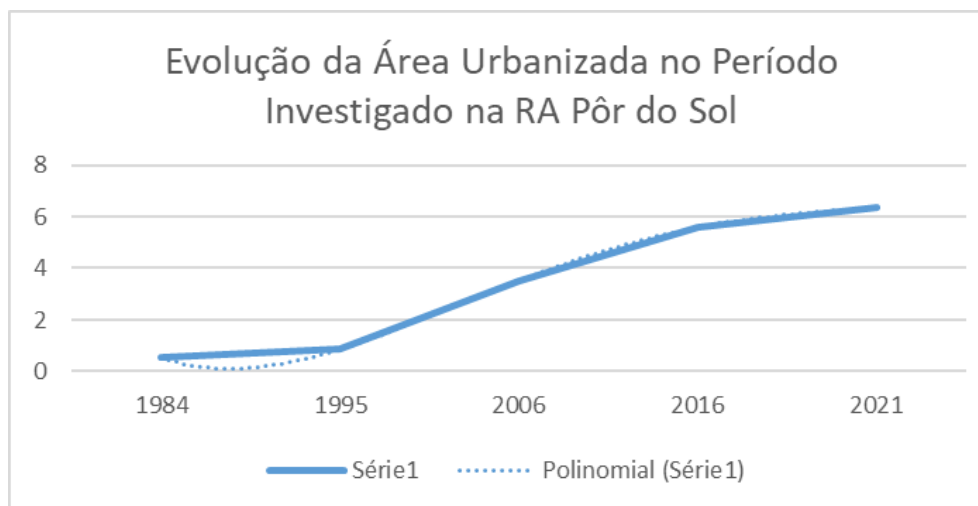
Fonte: elaborado pela autora.

Os mapas de mudanças na cobertura da terra da Região Administrativa Pôr do Sol mostram o avanço da mancha urbana sobre as APPs, as imagens evidenciam várias áreas que estão em desacordo com o disposto pela Lei Federal. A transformação na cobertura do solo vem acontecendo de forma intensiva, cuja vegetação atribuída às Áreas de Preservação vem sendo ocupada com intervenções urbanas.

Na Figura 6 é demonstrado o crescimento da mancha urbana na Região Administrativa Pôr do Sol, desde o período em que a região ainda era a Ceilândia e começou a ser ocupada de forma irregular até a sua regularização a partir do ano de 2019.

A ocupação irregular da região começou no ano de 1994, no Gráfico é possível observar o crescimento ascendente de áreas urbanizadas durante o período analisado. Dessa forma, conclui-se que o crescimento da área urbanizada no setor Pôr do Sol influenciou a tendência de crescimento demonstrada no gráfico da Figura 3, considerando que é uma cidade nova e em expansão.

Figura 6. Expansão da área urbanizada no Pôr do Sol.



Fonte: elaborado pela autora.

Observando o gráfico, é possível notar o aumento do crescimento urbano no ano de 1995, período em que começaram a ser registradas as ocupações irregulares na região. O gráfico na maior parte do período estudado apresenta o crescimento da mancha urbana e a partir do ano de 2016 começa a apresentar uma tendência de menor crescimento, causado pelas limitações naturais da região, a existência de

encostas. Apesar das restrições e limites legais que existem, esse fator não impediu o crescimento da cidade sobre as áreas legalmente protegidas.

O avanço do Pôr do Sol sobre as áreas legalmente protegidas é algo observado no cotidiano, um dos aspectos mais críticos apresentando é a situação das nascentes na região. Por se tratar de escoamentos naturais de água na superfície, essas águas são provenientes de lençóis subterrâneos que são abastecidos pelas águas das chuvas, essas áreas são protegidas por lei considerando a necessidade da cobertura vegetal de qualidade (GOMES; VALENTE, 2002; TORRES; JUNQUEIRA, 2005).

O processo de soterramento de nascentes foi identificado em vários pontos da região, a supressão da vegetação impermeabilizando o solo para a construção da cidade impede a infiltração no solo e a recarga dos lençóis subterrâneos, o que afeta diretamente a disponibilidade de água na bacia hidrográfica. A retirada da vegetação também aumenta a quantidade de resíduos nos corpos d'água, afetando a qualidade da água.

Na região do Pôr do Sol, além do impacto ambiental, a construção de casas nessas áreas representam risco de vida, as casas apresentam perigo de desabamentos, além da ocorrência de alagamentos.

Contrariando a estabilização no avanço da mancha urbana no Distrito Federal, a RA Pôr do Sol surge em uma demanda por moradia e apresenta tendência de crescimento. O crescimento apresentado possui a característica de ser menor e se encontra em desaceleração, devido ao fato de a região apresentar delimitadores geográficos como as encostas

5. CONCLUSÃO

O método de classificação supervisionada utilizando o algoritmo KNN apresentou excelente desempenho, se apresentando como um classificador eficiente, sendo capaz de classificar cada elemento do conjunto de amostras de maneira correta. Os dados apresentaram confiabilidade para estudar o crescimento urbano.

Dos dois cenários de crescimento estabelecidos nas duas Regiões Administrativas, a Ceilândia apresenta tendência de estagnação e o Pôr do Sol apresenta tendência de crescimento por se tratar de uma área emergente por demanda de moradia. Ainda assim, mesmo com tendência de crescimento, é observada uma dificuldade no avanço da mancha urbana no Pôr do Sol tendo em vista as características ambientais e geográficas da região.

Destaca-se que todos os dados obtidos pela classificação são coerentes, considerando a concordância entre os mapas de cobertura da terra com as informações de crescimento urbano adquiridas durante a revisão bibliográfica para a realização do estudo.

No Distrito Federal, o processo de regularização das áreas ocupadas incentiva ainda mais o crescimento de áreas informais, visto que cria mecanismos de especulação imobiliária, causada pela valorização da terra. Sendo assim, apesar de algumas Áreas de Preservação Permanente com ocupações urbanas serem regularizadas hoje, o avanço das invasões continua em outras áreas irregulares.

Considerando os dados de crescimento obtidos, é possível observar que as ocupações irregulares se tornam cidades consolidadas em um curto período.

Dadas as circunstâncias de ocupações na área de estudo e a omissão do Poder Público em fiscalizar as áreas legalmente protegidas e a rápida consolidação de cidades nas áreas invadidas, a regularização dessas áreas se apresenta como a melhor alternativa de modo a garantir o direito social à moradia, o desenvolvimento das funções sociais e o direito ao meio ambiente equilibrado.

Ressalta-se a necessidade de que sejam elaborados estudos com o intuito de abordar a expansão do setor Pôr do Sol sobre as Bordas de Chapada da Ceilândia e seus impactos ambientais. Também é necessário elaborar instrumentos de políticas habitacionais com o objetivo de regularizar ocupações precárias a fim de oferecer serviços fundamentais para o desenvolvimento socioeconômico.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAPTISTA, G. M. M.; NASCIMENTO, M. E. M. **Geração de cenários de crescimento da mancha urbana da Área Metropolitana de Brasília por meio da série histórica DMSP-OLS de dados de luz noturna.** Revista Brasileira de Cartografia, 2016.

BLANCO, K. C. **As Peculiaridades das Ocupações Irregulares no Distrito Federal.** Revista Cadernos de Arquitetura e Urbanismo [online]. Disponível: <http://dx.doi.org/10.18830/issn.1679-0944>, 2018.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de Maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.html. Acesso em: 16/03/2022.

CAMPOS, A. R.; FONSECA, D. F.; SAMPAIO, D. M.; FARIA, S. D.; ELMIRO, M. A. T. **Classificação orientada a objeto para mapeamento do uso e cobertura do solo do município de Rio Acima - MG: por crescimento de regiões e por extração de objetos.** Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. **CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN-GEIGER PARA O ESTADO DE GOIÁS E O DISTRITO FEDERAL.** Acta Geográfica, 2014.

CENTENO, J.A.S.. **Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais.** Curitiba: Ed. Curso de Pós-graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, 2004.

CODEPLAN, **CARACTERIZAÇÃO URBANA E AMBIENTAL UNIDADE DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL** (2017). Disponível em: <https://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/Estudo-Urbano-Ambiental-Unidade-de-Planejamento-Territorial-UPT-OESTE.pdf>. Acesso em 15/02/2022.

Geoportal/DF. **Infraestrutura de Dados Espaciais do Distrito Federal - IDE/DF** (2022). Disponível em: <https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/geoportal/>. Acesso em: 02/02/2022.

CODEPLAN, **PESQUISA DISTRITAL POR AMOSTRA DE DOMICÍLIO 2018** (2018). Disponível em: <https://www.codeplan.df.gov.br/wp->

content/uploads/2019/03/PDAD_DF-Grupo-de-Renda-compactado.pdf. Acesso em: 11/02/2022.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices**. 2. ed., 2009.

CROSTA, A.P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas – SP: IG /UNICAMP. 170p. 1992.

DA SILVA, F. M. M.; ARAKI, H. **Integração de dados de Imagens Orbitais de Alta Resolução e ALS para detecção semi-automática de Edificações em áreas urbanas**. Boletim de Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, v. 21, n. 3, p. 548–571, jul-set, 2015.

DE MORAES NOVO, E. M.L. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. Editora Blucher, 2010.

GDF/ZEE-DF - **Zoneamento Ecológico Econômico do Distrito Federal**. Subproduto 3.1 – Relatório do Meio Físico e Biótico. Governo do Distrito Federal. Secretaria do Meio Ambiente. 2017.

HAYES, J. D.; SADER, A. S. **Change detection techniques for monitoring forest clearing and regrowth in a tropical moist forest, 1997**.

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental do Planalto Central**. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/cerrado/lista-de-ucs/apa-do-planalto-central>. Acesso em: 02/04/2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados (2021)**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/df/brasil.html>. Acesso em: 15/03/2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha Municipal - IBHE (2020)**. Disponível em : <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 02/02/2022.

KAWASHIMA, R. S. **Modelagem da dinâmica espacial das mudanças na cobertura da terra na região portuária da Baixada Santista**. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Politécnica da Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo, 2015.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Das geographische System der Klimate**. Handbuch der Klimatologie. Berlin, 1936.

LANDIS, J.R. e KOCH, G.G. **The measurement of observer agreement for categorical data**. Biometrics, v.33, p.159-174, 1977.

FORESTI, C.; PEREIRA, M. D. B. (1987). **Utilização de índices vegetativos obtidos com dados do sistema TM LANDSAT no estudo da qualidade ambiental urbana: cidade de São Paulo**. São José dos Campos, INPE.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Oficina de Textos, 2015.

MARTINS, A.A.C., LIMA, V.P.N., 2015. **Dependência do automóvel, planejamento Urbano e a cidade de Brasília**. Disponível: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6537/1/td_2163.pdf. Acesso em: 02/03/2022.

MAPBIOMAS. **Análise de Acurácia**. Disponível em: <https://mapbiomas.org/analise-de-acuracia#:~:text=Acur%C3%A1cias%20do%20produtor%3A%20S%C3%A3o%20as, pixel%20da%20classe%20j%20corretamente>.

MARTINS, F. P. **Conceito, Proteção e Morfogênese de Chapadas no Brasil**. Tese de Doutorado. UFMG, 2018.

MITCHELL, T. **Machine Learning**. New York: McGraw Hill. 1997.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. UFV, 2005.

NEVES, G.; SENA-SOUZA, J. P.; VASCONCELOS, V.; MARTINS, E. S.; COUTO JÚNIOR, A. F. Dinâmica da cobertura da terra do Distrito Federal dentro de suas unidades geomorfológicas. Sociedade & Natureza, v. 29, n. 3, p. 383-396, 2018.

NÚCLEO DE GEOPROCESSAMENTO DA GERÊNCIA DE DEMOGRAFIA, ESTATÍSTICA E GEOINFORMAÇÃO – GEDEG da Diretoria de Estudos e Pesquisas Socioeconômicas da Codeplan, 2016.

PONTIUS JR., R. G., & MILLONES, M. **Death to Kappa: birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment**. International Journal of Remote Sensing, 2011.

SENA, J.V., 2015. **Análise das Políticas de Controle do Uso do Solo e de Regularização Fundiária no Distrito Federal**.

SILVA, A. A. **Uso de dados MODIS para o monitoramento ambiental nos cerrados: Um estudo a partir de dados MOD13Q1 realçados através de um modelo de mistura espectral.** Dissertação de Mestrado, Goiânia. 2004.

SINGH, A. **Digital change detection techniques using remotely-sensed data.** International Journal of Remote Sensing, v.10, p. 89-1003, 1989.

USGS. **Landsat 8 Collection 2 (C2) Level (2) Science Product (L2SP) Guide.** 2020. Department of the Interior U.S. Geological Survey. Disponível em: <https://www.usgs.gov/media/files/landsat-8-collection-2-level-2-science-product-guide>. Acesso em: 02/02/2022.

TORRES, R. A.; JUNQUEIRA, F. J. A. L. **Aumento da produtividade e da qualidade do leite na Zona da Mata Mineira – Juiz de Fora: Embrapa Gado de leite,** 2005.

WOLLMANN C. A. M. SARTORI, da G. B. **O estudo das enchentes nas diferentes linhas de pesquisa da geografia física – uma revisão teórica.** Anais do XIII SBGFA. 2008.

XU, Y. et. al. **Coarse to fine K nearest neighbor classifier.** Pattern Recognition Letters, North-Holland, v. 34, p. 980-986, Feb. 2013.