

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

BIANCA DUARTE OLIVEIRA

**SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS PARA MONITORAMENTO
DAS MUDANÇAS TEMPORAIS EM SOLOS HIDROMÓRFICOS NO
CERRADO**

UBERLÂNDIA – MG
2022

BIANCA DUARTE OLIVEIRA

**SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS PARA MONITORAMENTO
DAS MUDANÇAS TEMPORAIS EM SOLOS HIDROMÓRFICOS NO
CERRADO**

Trabalho de conclusão de curso,
apresentado a Universidade Federal de
Uberlândia como parte das exigências
para a obtenção do título de Engenheira
Agrônoma.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Araújo
Hulmann Batista

Co-orientador: Prof. Dr. Sandro Manuel
Carmelino Hurtado

UBERLÂNDIA – MG

2022

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho.

À minha mãe Andreia que sempre me foi meu esteio, priorizou meus desejos às suas necessidades, me criou e educou com os frutos do seu suor. Obrigada por todo amor e dedicação, o mérito desde trabalho e de todas as minhas conquistas também é seu.

Aos meus avós Roberto e Lucimar que por toda a vida me apoiaram e estiveram presentes em momentos de dificuldade e alegria.

Aos meus tios Patrícia, Igor, Brunno, Jancyela, Roberto Júnior e Valéria por sempre estarem presentes e me mostrarem o valor da família.

Aos meus primos-irmãos Matheus, Roberto Neto, Luma, João Brunno, Liz e Eva.

Ao padrinho que a vida me deu, Fran Sérgio, pelo cuidado e suporte constante ao longo de todos estes anos.

Ao meu noivo Athos, por se fazer presente todos os dias em minha vida mesmo que a distância esteja por muitas vezes entre nós. Agradeço por todo amor, carinho, cuidado e proteção. Ter você em minha vida é saber que nunca vou caminhar sozinha, é saber que tenho alguém para me segurar quando eu cair e isso é maravilhoso.

À minha orientadora Prof^a. Dra. Araújo Hulmann Batista por inúmeras vezes ter acreditado mais em mim do que eu mesma, pelos direcionamentos, pelos conselhos, pela presença e pela empatia.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Sandro Manuel Carmelino Hurtado que me apoiou e me ensinou com paciência e detalhes uma vertente da agronomia pela qual me encantei.

Aos grupos dos quais fiz parte na universidade que me acolheram durante toda a graduação e por muitas vezes me deram força para continuar na batalha. Obrigada Programa de Educação Tutorial, Programa de Melhoramento da Soja e Núcleo de Gênese dos Solos.

Aos professores que encontrei ao longo de toda esta jornada, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso.

Aos amigos e colegas que conquistei no percurso que por incontáveis vezes dividiram os fardos da graduação comigo. Em especial ao Dione, que não mediu esforços para me ajudar na realização desta pesquisa.

Às membras da banca examinadora Dra. Júlia Araújo de Lima e Prof^a. Dra. Larissa Barbosa de Sousa.

A todos que participaram, direta ou indiretamente, do desenvolvimento desta pesquisa, enriquecendo meu processo de aprendizado.

RESUMO

OLIVEIRA, Bianca Duarte. **Sistema de informações geográficas para monitoramento das mudanças temporais em solos hidromórficos no cerrado**. 23 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, 2022.

Neste trabalho foram avaliadas duas áreas de veredas, com presença de solos hidromórficos, que compõe ambientes de imprescindível preservação, pois, qualquer alteração na comunidade biótica ou abiótica pode levar a consequências irreparáveis. O objetivo desta pesquisa foi determinar as alterações temporais ocorridas pelo uso e ocupação de duas distintas áreas de veredas no bioma Cerrado na região do Triângulo Mineiro. Para analisar a qualidade da preservação destas áreas foram usadas ferramentas de sensoriamento remoto para obtenção de imagens de satélite e posterior cálculo do índice de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), que mostra em uma escala de -1 até 1 a saúde da vegetação da área, através do software QGIS. Sendo assim, a fim de determinar se o uso ao entorno do solo hidromórfico tem prejudicado a vegetação local, foram realizadas análises dos índices de NDVI com intervalo temporal médio de 5 anos a partir de 1982 até o ano de 2020. As imagens de satélite associadas ao índice NDVI foram eficazes para acompanhar as alterações temporais nas veredas avaliadas. Ressalta-se que a redução da cobertura vegetal pode ser irreversível, dada a fragilidade ambiental dos solos destas áreas. Através das análises realizadas, observou-se que a área 1 possui ciclos de melhoras e pioras na qualidade da vegetação, o que leva a hipótese de que a degradação desta área se relacione com fatores como incêndios e baixos índices pluviométricos. Na área 2, percebe-se uma piora gradativa na classificação do NDVI da região. Os resultados demonstram que a antropização vem prejudicando a cobertura vegetal destas áreas ao longo dos anos, o que certamente influencia negativamente nas reservas de água e carbono destes locais.

Palavras-chave: Solos hidromórficos, veredas, Índice de vegetação, geoprocessamento, NDVI.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	MATERIAL E MÉTODOS	9
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES	12
4	CONCLUSÕES.....	19
	REFERÊNCIAS	20

1 INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado ocupa cerca de 25% de todo o território brasileiro, o que equivale a aproximadamente 2.045.000 km². É conhecido como a savana mais rica em diversidade do planeta. Por se tratar de uma região com excelentes propriedades agricultáveis, como a presença de solos muito profundos, ótimas características físicas, elevada disponibilidade de água e fácil mecanização, houve expressiva expansão das fronteiras agrícolas do Brasil nestas regiões. Principalmente na década de setenta, houve avanço da agricultura e constante adoção de novas técnicas de produção ininterruptas e em longa escala, chamada por Silva (2018) de “domesticação do Cerrado”. Isto possibilitou elevados ganhos de produtividade, além da movimentação e expansão da economia (HORVAT et al., 2015; RIBEIRO et al., 2020).

Entretanto, a possibilidade de cultivar grandes áreas no Cerrado foi responsável por extensas áreas desmatadas, com perda expressiva da sua fauna e flora. Estima-se que 57% da área inicial deste bioma tenha sido degradada até os dias atuais (PENA, 2018). Sendo assim, a área restante além de estar quase completamente modificada, possui um baixíssimo índice de reservas naturais conservadas (BANDEIRA; CAMPOS, 2021). Pesquisadores estimam que o desmatamento do bioma avança em taxa de aproximadamente 1,5% ao ano, sendo considerado um alto índice (PENA, 2018).

Vale destacar que o Cerrado é considerado como o berço das águas do Brasil (BANDEIRA; CAMPOS, 2021). Neste contexto, importa considerar que apesar do uso do solo para práticas agrícolas ser uma necessidade para toda a humanidade, as práticas de manejo para sua conservação possuem a mesma relevância (CASTRO et al., 2010). O uso intensivo tem levado às preocupações relativas à degradação do solo e água, pelo elevado risco de alterações dos recursos hídricos e naturais do sistema geográfico brasileiro.

Algumas classes de solos apresentam maior fragilidade ao uso em relação a outras, pois, suas características intrínsecas são muito difíceis de serem recuperadas caso sejam transformadas. Dentre estas classes, especial atenção deve ser dada aos solos presentes nos ambientes de veredas. Estas áreas se caracterizam por abrigarem solos hidromórficos, importantes no ciclo da água do bioma, localizadas em terrenos depressionários do relevo. Dentre estas classes de solos de maior fragilidade, destacam-se os Organossolos. Isto ocorre devido às características inerentes à esta classe de solo, como o elevado teor de carbono, preservado em virtude da saturação por água por longos períodos. A preservação

destas áreas é considerada fundamental para a qualidade das águas das bacias hidrográficas às quais pertencem. Por isso, enquadram-se como áreas de preservação permanente (APP's). O Código Florestal de 2012 (BRASIL, 2012) define dentre APP's as áreas que preservam as nascentes, mananciais, lagos, rios e reservatórios de água.

Organossolos são solos que possuem em sua composição mais de 8% de carbono orgânico total por pelo menos 50 cm em seu horizonte superficial (EMBRAPA, 2018). Entre as suas principais características, a mais impressionante e pouco difundida é sua capacidade de armazenar até trinta vezes o seu peso seco em água, o que só é possível pela elevada porosidade, que pode ultrapassar 90% de seu volume, a variar conforme a quantidade de matéria orgânica e espessura dos horizontes pedogenéticos (CURCIO; BONNET, 2013). Estas características condicionam a existência dos Organossolos a ambientes com ausência de oxigênio, que normalmente coincidem com elevada acidez e alta concentração de sais. Portanto, há menor atividade microbiana, com consequente acúmulo da matéria orgânica, principal atributo desta classe de solo.

Visto que os solos orgânicos possuem gênese ascensional, que está associada à uma flora específica - endemismo que leva este ecossistema aos prioritários em serem preservados no mundo - qualquer alteração, seja ela biótica ou abiótica pode ser capaz de promover transformações físicas, químicas e biológicas irreversíveis em sua estrutura (RACHWAL, 2013; CIPRIANO-SILVA et al., 2014). Para ilustrar o endemismo das espécies, pode-se citar a palmeira *Mauritia flexuosa* L. f. (Buriti) que ocorre, na maioria das vezes, somente na parte mais alagada das veredas (ARAÚJO et al., 2002).

Sendo assim, é de extrema importância o estudo do uso de áreas que englobam Organossolos e veredas, com o objetivo de analisar o grau de preservação destas sensíveis localidades. Os solos desenvolvidos nestas áreas são filtros naturais que preservam a qualidade das águas antes que estas alcancem os rios. Isto ocorre devido, entre outros atributos, à elevada capacidade de troca de cátions de sua fase sólida coloidal. A retirada da vegetação, drenagem, uso para pecuária, entre outros, expõe rapidamente o material orgânico à decomposição, levando à sua degradação definitiva. Este processo não pode ser revertido, uma vez que o carbono presente nos horizontes hísticos foi acumulado no decorrer de milhares de anos (EMBRAPA, 2006). O uso destes solos, ignorando suas características físico-químicas, fertilidade, relevo e aptidão agrícola de forma indiscriminada, sem manejo e planejamento adequado, pode os tornar altamente degradados em curtos espaços de tempo (SOARES et al., 2010; CASTRO et al., 2010; LIMA et al., 2016).

Vale ressaltar que o crescimento urbano pode ser ainda mais destrutivo para as áreas de preservação permanente (APP's) do que a exploração agrícola. O avanço da urbanização muitas vezes ocorre de forma desordenada sobre áreas de mananciais e matas ciliares. Em regiões mais planas, por exemplo, pode levar à impermeabilização dos solos e alterações negativas nos fluxos de água, levando as bacias hidrográficas a problemas como enchentes, assoreamentos, entre outros (SOARES et al., 2010; LIMA et al., 2016).

Para compreender os impactos causados nos solos em razão de diferentes usos, é possível contar com uma série de tecnologias cada vez mais funcionais e precisas. Com o auxílio das ferramentas como os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) pode-se realizar a determinação destes impactos da observação e análise de imagens de satélites. Uma ferramenta que vem sendo muito utilizada é o índice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Por meio de sensores remotos é possível inferir como a vegetação de uma determinada área reagiu à radiação em diferentes datas, possibilitando o conhecimento da qualidade ambiental relacionada à cobertura vegetal (ZANZARINI et al., 2013).

Ter a possibilidade de ver o espaço como um todo aumenta a capacidade de compreensão e estudo da área (SEBUSIANI; BETTINE, 2011). Sendo assim, é possível encontrar diversos pesquisadores que estudaram o uso do solo em áreas do Cerrado ao longo dos anos. França et al. (2017), buscaram a caracterização da cobertura vegetal em um município no bioma Cerrado através de imagens do satélite Landsat 8. Os autores tiveram, sobretudo, a percepção de uma crescente antropização da região em análise, com enfoque para grandes áreas de monocultivos. Enquanto isso, Mascarenhas et al. (2009) utilizaram ferramentas de sensoriamento remoto para analisar o estado de conservação de APP's na bacia do rio Araguaia. Através da tecnologia do NDVI e com o auxílio dos softwares ENVI 4.3 e ArcGIS 9.0, os autores puderam perceber que as matas ciliares estão claramente degradadas, descumprindo assim a legislação florestal vigente no Brasil. Os pesquisadores afirmam que o sensoriamento remoto ocupa espaço ímpar no cenário de pesquisa, ao possibilitar um amplo aparato de atuação no que diz respeito ao monitoramento ambiental e análises da alteração da paisagem.

Sabendo a importância da conservação dos solos para a preservação de todo o ambiente, o objetivo desta pesquisa foi determinar as alterações ocorridas pelo uso e ocupação de duas distintas áreas de veredas no bioma Cerrado na região do Triângulo Mineiro por meio da aplicação do índice NDVI.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Uberlândia, localizado no Triângulo Mineiro, no Planalto Meridional da Bacia do Paraná. A região possui predomínio de solos ácidos e de baixa fertilidade natural. Possui uma superfície de 4.115,82 km² (IBGE, 2009), e o ponto central da cidade está situado nas coordenadas 18° 55' 08" S e 48° 16' 37" O, com altitude média de 863 metros. O clima do município, de acordo com a classificação climática de Köppen (KÖPPEN; GEIGER, 1928) é Aw (inverno seco e verão chuvoso) com temperatura média de 22,3 °C e índice pluviométrico médio anual de 1606 mm.

A geologia é representada por grande incidência de rochas sedimentares e ígneas encontradas no Triângulo Mineiro e deve-se ao fato de estar compreendida na feição geotectônica da Bacia Sedimentar do Paraná (PEREIRA, 2016). De acordo com o Mapa de Solos de Minas Gerais (FEAM, 2010), na escala 1:500.000, as principais classes encontradas na região são os Latossolos Vermelho Amarelos, Latossolos Vermelhos, Argissolos Vermelho-Amarelos e Argissolos Vermelhos. A formação destes solos, no geral, em razão da topografia, possui zonas com diferentes profundidades no lençol freático, o que ocasiona a formação de veredas em função da alternância de camadas com distintas permeabilidades (RAMOS, 2004). As veredas ocorrem em áreas brejosas estacionais e permanentes e constituem-se de bacias coletoras de água (EITEN, 1994; MEIRELLES et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2009).

Duas distintas áreas de veredas foram selecionadas para a realização do estudo. As áreas foram escolhidas por meio da avaliação de imagens de satélites, identificando previamente diferentes usos dos solos do entorno (Figura 1).



Figura 1. Localização das áreas de veredas em relação ao município de Uberlândia, MG, para estudo temporal de uso dos solos e qualidade da cobertura vegetal por NDVI.

As áreas foram georreferenciadas, tomando-se a seleção temporal de imagens do satélite da família Landsat com intervalo médio de 5 anos, a variar conforme a disponibilidade das imagens de satélite. As análises ocorreram partir do ano de 1982 até o ano de 2020, sempre no mês de maio. Para obter as imagens, criou-se um polígono na área desejada com uso do software Google Earth. Então, buscou-se imagens deste polígono no site Earth Explorer, sempre delimitando a data desejada. As imagens de satélite foram importadas para o software QGIS.

A partir deste passo foi avaliado o índice de vegetação por diferença normalizada NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) baseado em Rouse et al. (1974) e Turcker (1979). Tais autores afirmam que o NDVI é um indicador sensível à vegetação e é calculado através da reflectância do infravermelho próximo e do visível, conforme equação matemática abaixo (BARNES, 2000; RIBEIRO, 2016).

$$NDVI = \frac{(IV - V)}{(IV + V)}$$

Onde:

IV: Reflectância na banda do infravermelho próximo.

V: Reflectância na banda do vermelho.

O índice de NDVI varia de -1 a 1, onde as áreas com valores negativos são classificadas como formações aquosas ou nuvens. As localidades com formações vegetais se distribuem com valores entre 0 e 1, de modo que quanto mais próximo de 1, maior quantidade e qualidade de vegetação naquele local. Desta forma, uma classificação generalizada para a saúde das áreas de acordo com o índice de NDVI seria: valores entre 0,00 e 0,25 correspondem a áreas com formações vegetais que apresentam algum tipo de deficiência, valores entre 0,25 e 0,50 representam áreas moderadamente saudáveis e valores entre 0,50 e 1,00 definem áreas mais saudáveis, com maior vigor (ROSENDO, 2005).

Os procedimentos metodológicos para processamento das imagens foram realizados no Sistema de Informação Geográfica (SIG) - QGIS, utilizando as imagens selecionadas com características desejadas como baixa presença de nuvens para uma melhor classificação. Para obtenção do NDVI foram utilizadas as bandas R (*Red*) e NIR (*Ned Infrared* NIR), que trabalham com comprimento de ondas visível na cor vermelha e comprimento de ondas no infravermelho próximo.

A fim de coletar os dados de NDVI das áreas de uma maneira precisa, foi criada uma malha de pontos no polígono avaliado, no software QGIS. Os dados de NDVI foram extraídos com base nestes pontos em distribuição homogênea. Para elaboração das tabelas, foi feito um cálculo do percentual de pontos pertencentes a cada quartil (0,00 – 0,25; 0,25 – 0,50; 0,50 – 0,75 e 0,75 – 1,00), considerando o valor total de pontos da malha criada como 100%.

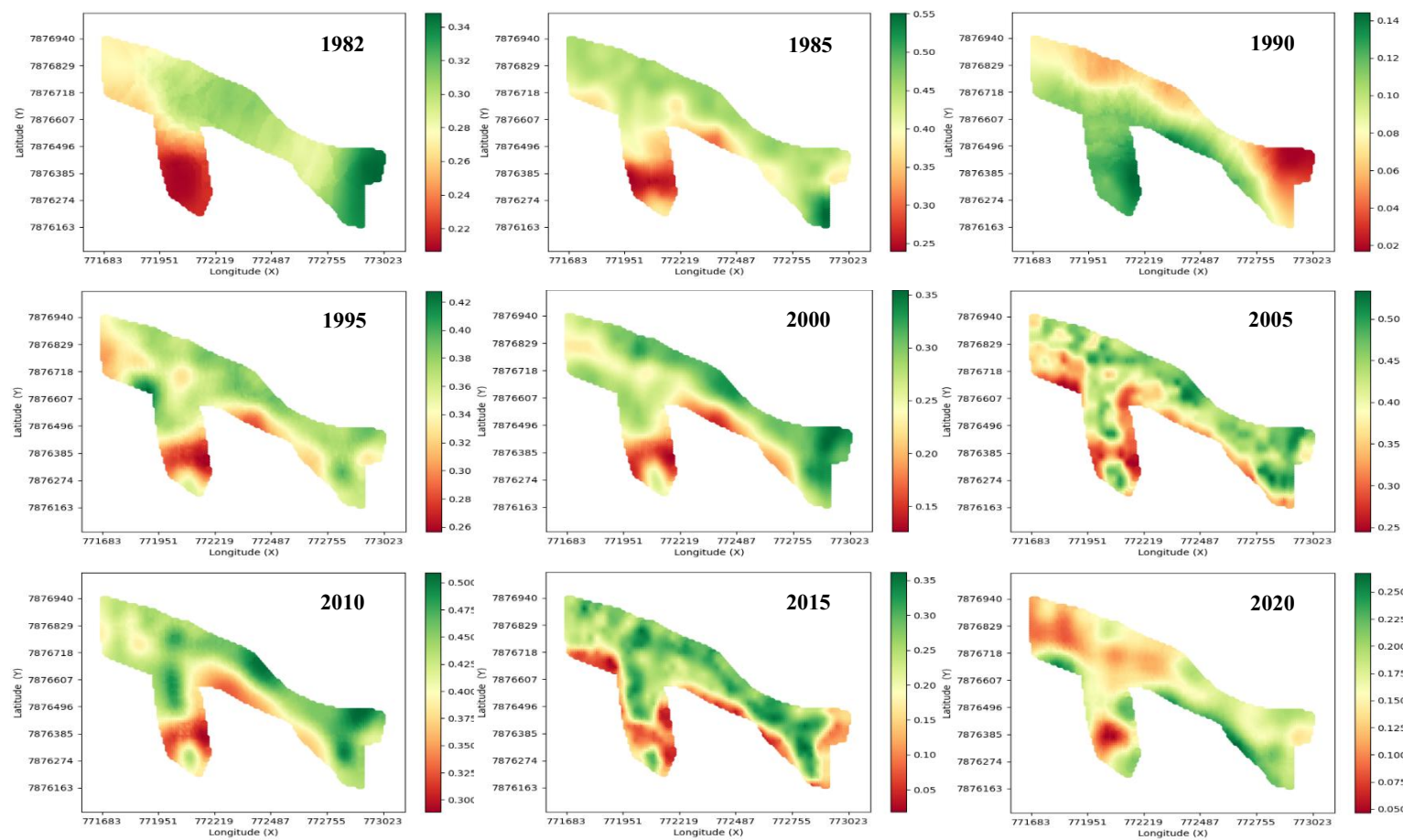


Figura 2. Mapa anuais interpolados com análise de NDVI com malha amostra de 10x10 m da Área 1 (Reserva florestal do Panga).

As veredas do Cerrado abastecem os rios, abrigando fauna e floras próprias. Apresentam uma elevada densidade de plantas, uma vez que oferecem água durante todas as estações do ano, com exuberância fisionômica em relação às áreas mais planas e em cotas altimétricas mais altas. Isto explica a baixa variação dos valores médios do NDVI encontrados e da concentração de pontos perante a classificação do índice (FARIAS FILHO et al., 2020).

Com o objetivo de avaliar as fisionomias de Cerrado, veredas, solos hidromórficos, várzeas e corpos d'água na a Área de Proteção Ambiental (APA) no extremo norte do Estado de Minas Gerais, Fonseca (2012) utilizou uma série temporal de imagens orbitais nas épocas chuvosas e secas dos anos 1990, 2000 e 2010. O autor concluiu que as áreas de solos hidromórficos não apresentaram diferenças significativas em função dos anos avaliados, o que está de acordo com os resultados do presente estudo.

Com relação ao uso de solo, a área 1 possui em sua extremidade nordeste, uma reserva florestal de mais de 400 ha. Porém, observa-se a presença de cultivos agrícolas, atualmente cana-de-açúcar (observação *in situ*), na maior parte de seu entorno (Figura 4).



Figura 4. Uso do solo na área 1, Reserva do Panga, município de Uberlândia, MG. Mapa elaborado a partir do programa Google Earth Pro, 2022.

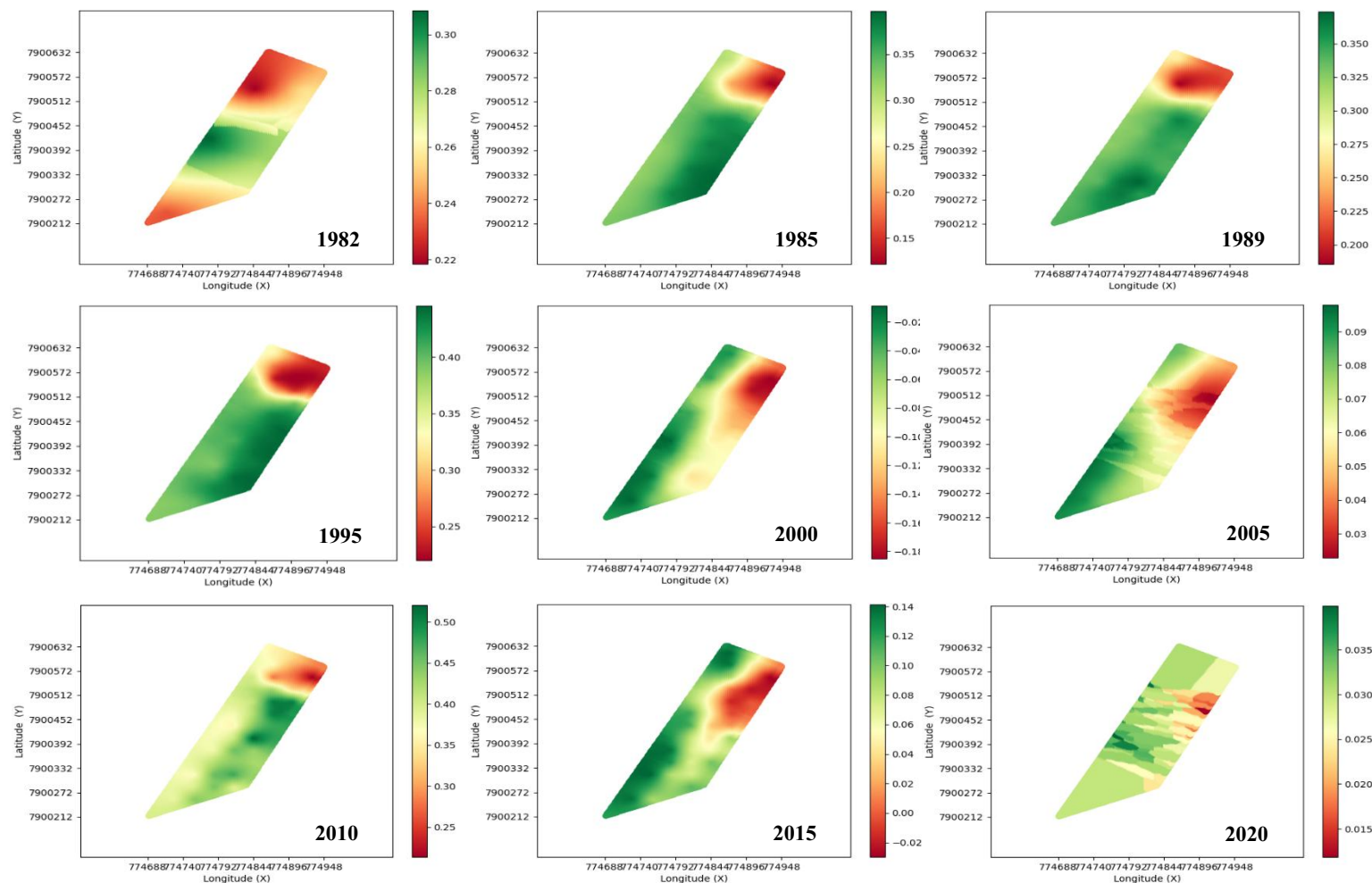


Figura 5. Mapa anuais interpolados com análise de NDVI com malha amostra de 10x10 m da Área 2 (Vereda Morada Nova).

Na Tabela 2 é possível perceber que os índices de NDVI pioram gradativamente. Em 1982, 1985, 1989 e 1995 temos a totalidade dos pontos da área com índices entre 0,25 e 0,50. Nos anos de 2000 e 2005 tem-se uma piora, com 100% dos pontos com valores entre 0,00 e 0,25. Em 2010 há uma melhora, com a maioria dos pontos voltando a ficar no segundo quartil, entre 0,25 e 0,50. Contudo, em 2015 e 2020 novamente todos os pontos da grade amostral apresentaram índices entre 0,00 e 0,25.

Ressalta-se que a diminuição gradual dos valores de NDVI da área indicam que a degradação desta vegetação foi ocorrendo ao longo dos anos. Atualmente, esta área se encontra próxima de ambientes urbanizados (Figura 6) e isso endossa a hipótese de que a vegetação foi prejudicada por alterações antrópicas na área. Segundo resultados obtidos por Fonseca (2012), que avaliou diferentes ambientes de áreas de preservação florestal com auxílio de sistemas de imagens de satélite, os índices de NDVI foram menores em áreas com maior presença antrópica, o que é esperado para todas as classes de solos, e especialmente prejudicial em ambientes mais frágeis.

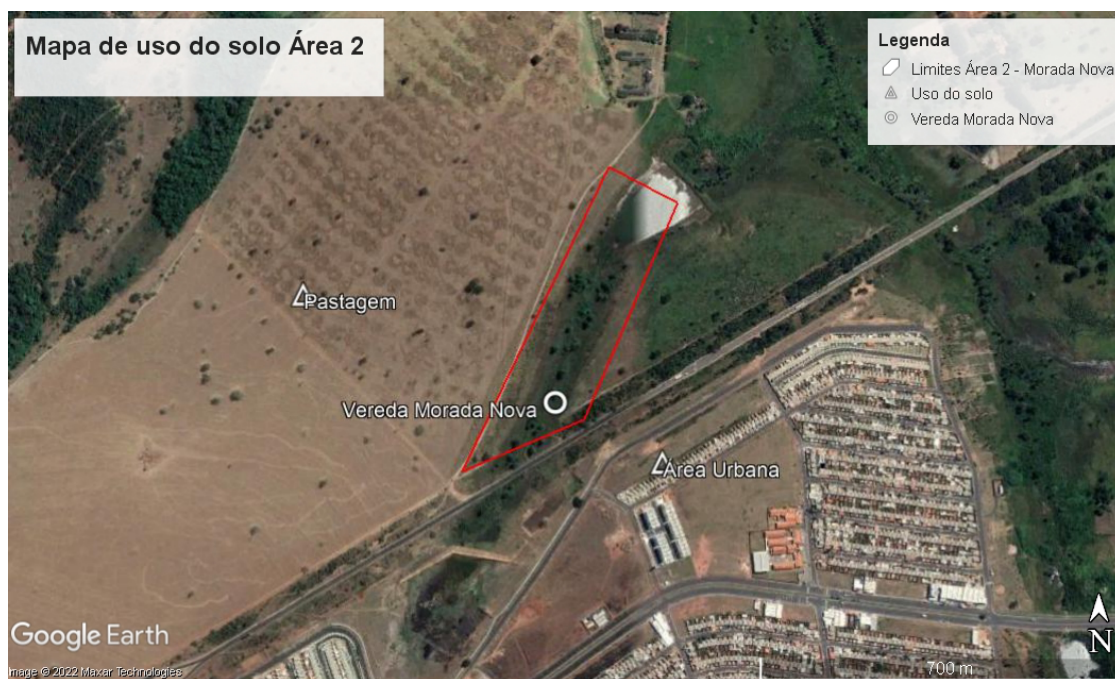


Figura 6. Uso do solo na Área 2, Morada Nova, município de Uberlândia, MG. Mapa elaborado a partir do programa Google Earth Pro, 2022.

A comparação entre a distribuição temporal do NDVI das áreas 1 e 2 (Figura 7) demonstra uma aceleração maior da perda da cobertura vegetal na área 2. Pode ser observado (Figura 6) que há a construção de uma pequena barragem na vereda desta área, além de evidências de processos erosivos e solo exposto no entorno. A área localiza-se

muito próxima a uma rodovia, que corta a vereda perpendicularmente. A água que aflora nestes ambientes é oriunda das áreas do entorno, devido às veredas estarem em cotas altimétricas mais baixas. Assim, a diminuição da infiltração por pavimentos urbanos e solos degradados pela agricultura e pecuária, interferem nos fluxos hídricos e alteram a dinâmica destes ambientes.

Sabendo que o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada está diretamente relacionado com a qualidade da vegetação, as aplicações ecológicas, para observação e explicação das causas das variações encontradas nas análises do presente trabalho são inúmeras. Com o NDVI, pode-se derivar informações sobre a distribuição temporal e espacial da qualidade da biomassa na área avaliada, degradação causada por fenômenos naturais, uso antrópico do solo próximo, o que especificamente nestes ambientes leva ao consequente aumento do fluxo de CO₂ e diminuição da reserva deste elemento preservado nos solos hidromórficos, pelo elevado teor de matéria orgânica humificada que apresentam (RACHWAL, 2013).

4 CONCLUSÕES

A área 1 possui ciclos de melhoras e pioras na qualidade da vegetação, o que pode indicar processos naturais nesta área. Como as alterações não são gradativas, a hipótese mais provável é de que a área venha sendo afetada, principalmente, por fenômenos naturais como os incêndios e baixas pluviosidades.

Na área 2, percebe-se uma piora gradativa na classificação do NDVI. Por ser uma localidade que possui no entorno áreas muito urbanizadas, conclui-se que a antropização vem prejudicando a saúde da vegetação ao longo dos anos, diminuindo a quantidade e qualidade das espécies endêmicas do local.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, G. M.; BARBOSA, A. A.; ARANTES, A. A.; AMARAL, A. F. Composição florística de veredas no Município de Uberlândia, MG. **Brasil**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 4, p. 475-493, dez. 2002.

BANDEIRA, M. N.; CAMPOS, I. CERRADO: RELEVÂNCIA NO CENÁRIO HÍDRICO BRASILEIRO. **IX Simpósio Nacional de Ciência e Meio Ambiente**, Anápolis, p. 1-11, out. 2018. Disponível em: <http://anais.unievangelica.edu.br/index.php/CIPEEX/article/view/3093/1215>. Acesso em: 12 de setembro de 2021.

BRASIL. Lei 12651/2012. **Código Florestal Brasileiro** [on line] <http://www.planalto.gov.br/ccivil03/leis/L4771.htm>. Acesso em 01 out. 2021.

CASTRO, L. I. S.; CAMPOS, S.; ZIMBACK, C. R. L. SIG-SPRING aplicado na determinação da capacidade de uso das terras da microbacia do Ribeirão Pouso Alegre-Jaú (SP). **Irriga**, v. 15, n. 3, p. 268-274, 2010.

CIPRIANO-SILVA, R.; VALLADARES, G. S.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. Caracterização de Organossolos em ambientes de várzea do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 26-38, 2014.

CURCIO, G. R.; BONNET, A. A degradação do solo e algumas implicações funcionais ecológicas. In: **Embrapa Florestas-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: REUNIÃO PARANAENSE DE CIÊNCIA DO SOLO, 3., 2013, Londrina. Sistemas conservacionistas de produção e sua interação com a ciência do solo: resumos. Londrina: IAPAR. 2013.

EITEN, G. 1994. Vegetação. In: Pinto, M.N. (ed.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**, Editora da UnB, Brasília. Pp. 17-73.

EMBRAPA CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. 2006. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 306p.

EMBRAPA. **Horizontes Diagnósticos – Superficiais**. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs/horizontes-diagnosticos>. Acesso em: 12 set. 2021.

FARIAS FILHO, M. S.; BUENO, C. R. P.; VALLADARES, G. S. Caracterização e classificação de solos hidromórficos sobre os aluviões fluvio-marinhos no município de Arari – MA. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 47, n. 1, p. 85-98, 2020.

FEAM, Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos** / Fundação Estadual do Meio Ambiente; Fundação Israel Pinheiro. – Belo Horizonte: FEAM, 2010. 36 p. ; il.

FONSECA, Diego de Sousa Ribeiro. **AVALIAÇÃO TEMPORAL POR NDVI EM AMBIENTES NATURAIS NA ÁREA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL DO RIO PANDEIROS/MG**. 2012. 40 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2012.

FRANÇA, L. C. J.; OLIVEIRA, R. J.; RIBEIRO, N. M. A. R.; SANTOS, E. L.; NORONHA, F. C. C.; RIBEIRO, A. T. Caracterização da cobertura vegetal e uso do solo no município de Uruçuí, Piauí, Brasil. **Nativa**, v. 5, n. 5, p. 337-341, 2017.

HORVAT, R.; WATANABE, M.; YAMAGUCHI, C. K. Fertilizer consumption in the region MATOPIBA and their reflections on Brazilian soybean production. **International Journal of Agriculture and Forestry**, v. 5, n. 1, p. 52-59, 2015.

IBGE, Censo Brasileiro de 2009. Rio de Janeiro. **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**.

Köppen, W.; Geiger, R. 1928. *Klimate der Erde*. Gotha: **Verlagcondicionadas**. Justus Perthes. n.p.

LIMA, E. S. A.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; PAIVA, F. S. D.; COUTINHO, I. B.; PEREIRA, M. G.; ZONTA, E. Quality reference values of trace elements in Brazilian organosols. **Environmental monitoring and assessment**, v. 188, n. 7, p. 1-10, 2016.

MASCARENHAS, L. M. A.; FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G. Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na bacia do rio Araguaia. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 21, n. 1, p. 5-18, abr. 2009.

MEIRELLES, M. L.; OLIVEIRA, R. C.; VIVALDI, L. J.; SANTOS, A. R.; CORREA, J. R. Espécies do estrato herbáceo e profundidade do lençol freático em áreas úmidas do cerrado. **EMBRAPA Cerrado Planaltina**, Brasília. 19p., 2002.

OLIVEIRA, G. C.; ARAÚJO, G. M.; BARBOSA, A. A. A. Florística e zonação de espécies vegetais em veredas no triângulo mineiro, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 60, p. 1077-1085, out. 2009.

PENA, R. F. A. "Cerrado: a caixa d'água do Brasil". **Brasil Escola**. 2018. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/brasil/cerrado-caixa-dagua-brasil.htm>>. Acesso em: 12 de setembro de 2021.

PEREIRA, K. G. O. **A importância litoestrutural na morfogênese nas bacias dos ribeirões douradinho e estiva, no triângulo mineiro**. 173 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

RACHWAL, M. F. G. **Gases De Efeito Estufa Em Organossolo Nat Ural E Drenado Paraná Curitiba Gases De Efeito Estufa Em Organossolo Natural E Drenado – Paraná**. 157, 2013.

RAMOS, M. V. V. **Caracterização dos solos, da estrutura fitossociológica e do estado nutricional da vegetação de veredas em diferentes superfícies geomorfológicas no Triângulo Mineiro**. 140 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

RIBEIRO, L. C. S.; LÔBO, A. S.; SILVA, L. D.; ANDRADE, N. F. S. Padrões de crescimento econômico dos municípios do MATOPIBA. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 58, 2020.

ROSENDON, J. dos S. Índices de Vegetação e Monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do rio Araguari -MG - utilizando dados do sensor Modis. 2005. 130 p.

- Dissertação (Mestrado em Geografia e Gestão do Território) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2005.
- ROUSE JUNIOR, J. W.; HAAS, R. H.; DEERING, D. W.; SCHELL, J. A.; HARLAN, J. C. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation**, NASA/GSFC Type III Final Rep., 371 pp., Greenbelt, Md, 1974.
- SEBUSIANI, H. R.V.; BETTINE, S. C. Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em microbacia urbana. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 7, n. 1, p. 256-285, 2011.
- SILVA, C. M. Entre Fênix e Ceres: a grande aceleração e a fronteira agrícola no cerrado. **Varia História**, [S.L.], v. 34, n. 65, p. 409-444, ago. 2018.
- SOARES, M. C. E.; CAMPOS, S.; CAVASINI, R.; GRANATO, M.; MASHIKI, M.Y.; RUGGIERO, J. Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente por meio de SIG. In: **VII Congresso Iteano de Iniciação Científica**. Anais... Botucatu, Brasil, 2010.
- ZANZARINI, F. V.; PISSARRA, T. C. T.; BRANDÃO, F. J. C.; TEIXEIRA, D. D. B. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 6, p. 608-614, abr. 2013.