

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
MATO GROSSO
CAMPUS VÁRZEA GRANDE
DEPARTAMENTO DE ENSINO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO URBANO**

**BARBARA FERNANDA DA CUNHA TASCA
LUCAS NERIS ARAÚJO**

**DELIMITAÇÃO CARTOGRÁFICA DE NASCENTES DIFUSAS COM O USO
DE SENSORIAMENTO REMOTO EM VÁRZEA GRANDE - MT**

VÁRZEA GRANDE

2021

**BARBARA FERNANDA DA CUNHA TASCA
LUCAS NERIS ARAÚJO**

**DELIMITAÇÃO CARTOGRÁFICA DE NASCENTES DIFUSAS COM O USO
DE SENSORIAMENTO REMOTO NA CIDADE DE VÁRZEA GRANDE-MT**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Desenvolvimento Urbano do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – Campus Várzea Grande, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Desenvolvimento Urbano.

Orientador(a): Doutora Fernanda Miguel Franco

VÁRZEA GRANDE

2021

Dados internacionais de catalogação na fonte

C972d Cunha Tasca, Barbara Fernanda da
DELIMITAÇÃO CARTOGRÁFICA DE NASCENTES DIFUSAS COM O
USO DE SENSORIAMENTO REMOTO EM VÁRZEA GRANDE - MT / Barbara
Fernanda da Cunha Tasca; Lucas Neris Araújo; – Varzea Grande – MT, 2021.
24 f. : il. color.

Orientador(a) Fernanda Miguel Franco
TCC (Especialização). (Especialização em Desenvolvimento Urbano) – Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Campus Várzea
Grande, 2021.

Bibliografia incluída

1. Nascentes difusas. Delimitação.. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Bibliotecário(as): Leila Cimone Teodoro Marques (CRB1-2377)



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Campus Várzea Grande
ATA Nº 51/2021 - VGD-ENS/VGD-DG/CVGD/RTR/IFMT

ATA DE BANCA DE PÓS-GRADUAÇÃO

Cidade, data e horário	Cuiabá, 15/09/2021, 14:00.	
Local	Campus Várzea Grande, link http://meet.google.com/bgz-hiiv-nkp	
Discente	Barbara Fernanda da Cunha Tasca	
Matrícula	2020113510440358	
Discente	Lucas Neris Araújo	
Matrícula	2020113510440455	
Curso de pós-graduação	Especialização em Desenvolvimento Urbano (Lato Sensu)	
Tipo de Exame	DEFESA	
Título do trabalho	DELIMITAÇÃO CARTOGRÁFICA DE NASCENTES DIFUSAS COM O USO DE SENSORIAMENTO REMOTO EM VÁRZEA GRANDE - MT	
Membros da Banca Examinadora (Informar na frente do nome caso seja participação remota)	Instituição	Examinador
Fernanda Miguel Franco	Instituto Federal de Mato Grosso - IFMT	Presidente
Gabrielly Cristhiane Oliveira e Silva	Instituto Federal de Mato Grosso - IFMT	Interno
Arthur Guilherme Schirmbeck Chaves	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - IFMT (Campus Cáceres)	Externo
PARECER DA BANCA EXAMINADORA		
Concluídas as etapas de apresentação, arguição e avaliação do trabalho, a Banca Examinadora decidiu pela APROVAÇÃO dos discentes neste Exame. Foi concedido o prazo regulamentar do curso (de 30 dias) para que sejam efetuadas as correções sugeridas pela Banca Examinadora. Para constar, foi lavrada a presente Ata e assinada eletronicamente pelos membros da Banca Examinadora.		
Notas. 1) O Presidente enviará esta ata à Secretaria do curso de Pós-Graduação com as assinaturas eletrônicas em até 48h. 2) Para assinar a ata pelo SUAP o Examinador Externo deve estar cadastrado no Módulo Administração - Prestador de Serviço. 3) O título de conclusão do discente será expedido após o discente cumprir todas as normativas do Curso e do IFMT.		

Documento assinado eletronicamente por:

- Fernanda Miguel Franco, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 15/09/2021 17:27:14.
- Gabrielly Cristhiane Oliveira e Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 15/09/2021 22:32:58.
- Arthur Guilherme Schirmbeck Chaves, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 20/09/2021 14:38:17.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 17/08/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifmt.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 226980
Código de Autenticação: ef52a05c81



DELIMITAÇÃO CARTOGRÁFICA DE NASCENTES DIFUSAS COM O USO DE SENSORIAMENTO REMOTO EM VÁRZEA GRANDE - MT

Barbara Fernanda da Cunha Tasca¹

Lucas Neris Araújo²

RESUMO

Muitas cidades se desenvolveram ao longo de rios, devido a navegação fluvial e a disponibilidade hídrica, como é o caso da cidade de Várzea Grande, Mato Grosso. Entretanto, a urbanização desordenada gera sérios problemas quanto à oferta e qualidade da água, em vista da ocupação de locais que cumprem função de salvaguarda dos corpos hídricos, como as Áreas de Preservação Permanentes (APPs) e Áreas Úmidas (AUs). Dessa forma, a identificação de áreas com importantes serviços ambientais, como as nascentes difusas, tratadas aqui como AUs, não só são um importante instrumento para guiar o desenvolvimento das cidades, como também para conservar ecossistemas de grande valor ambiental. Nessa perspectiva, as técnicas de sensoriamento remoto são alternativas bastante viáveis para a delimitação de AUs. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi delimitar cartograficamente as nascentes difusas catalogadas pelo projeto Água para o Futuro na Zona Urbana e Periurbana de Várzea Grande e suas respectivas APPs utilizando as técnicas de sensoriamento remoto NDWI, MNDWI e DWV. Os resultados mostram que os índices espectrais demonstraram uma boa eficiência para a delimitação de corpos d'água na área de estudo, no entanto, não foram capazes de delimitar as nascentes difusas. Desta forma, este estudo representa uma contribuição acadêmica a respeito da delimitação cartográfica de nascentes difusas e corpos d'água. A partir dos resultados, denota-se que é necessário associar outras técnicas de sensoriamento remoto aos índices espectrais, capazes de distinguir as respostas espectrais de áreas úmidas em relação a outras coberturas e usos da terra.

Palavras-chaves: Nascentes difusas. Delimitação. Sensoriamento remoto.

¹ Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso e Discente de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Corrêa da Costa, n.º2367, Cidade Universitária, Bloco de Física Ambiental, 78060-900, Cuiabá-MT, Brasil. (65)3313-7306. E-mail: barbara.tasca@fisica.ufmt.br

² Engenheiro Florestal pela Universidade Federal de Mato Grosso e discente de Graduação em Geografia no Instituto de Geografia, História e Documentação, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Corrêa da Costa, n.º2367, Cidade Universitária, Bloco do Instituto de Ciências Humanas e Sociais, 78060-900, Cuiabá-MT, Brasil. (65) 3615-8481. E-mail: lucasneri1987@gmail.com

CARTOGRAPHIC LIMITATION OF DIFFERENT SPRINGS WITH THE USE OF REMOTE SENSING IN VÁRZEA GRANDE - MT

Abstract

Many cities have developed along rivers, due to river navigation and water availability, as is the case of the city of Várzea Grande, Mato Grosso. However, disorderly urbanization generates serious problems in terms of water supply and quality, in view of the occupation of places that fulfill the function of safeguarding water bodies, such as Permanent Preservation Areas (APPs) and Wet Areas (AUs). Thus, the identification of areas with important environmental services, such as diffuse springs, treated here as AUs, are not only an important instrument to guide the development of cities, but also to conserve ecosystems of great environmental value. From this perspective, remote sensing techniques are quite viable alternatives for delimiting AUs. Thus, the aim of this study was to map out the diffused springs cataloged by the Água para o Futuro project in the Urban and Periurban Area of Várzea Grande and their respective APPs using the remote sensing techniques NDWI, MNDWI and DWV. The results show that the spectral indices showed a good efficiency for the delimitation of water bodies in the study area, however, they were not able to delimit the diffuse springs. Thus, this study represents an academic contribution regarding the cartographic delimitation of diffuse springs and water bodies. From the results, it is shown that it is necessary to associate other remote sensing techniques to spectral indices, capable of distinguishing the spectral responses of wetlands in relation to other land cover and uses.

Keywords: Diffuse springs. Delimitation. Remote sensing.

INTRODUÇÃO

A política nacional de desenvolvimento urbano foi estruturada nos anos de 1960/1970 por meio da montagem de um sistema de financiamento de habitação e saneamento (ROLNIK e KLINK, 2011). De acordo com os autores, nem a habitação nem o saneamento, baseados nesse modelo de financiamento privado do desenvolvimento urbano, foram capazes de produzir moradia digna para a maior parte da população, tendo em vista que os sistemas se expandiram mais nas regiões de maior renda, onde o retorno financeiro dos investimentos era garantido. Aos habitantes de baixa renda, restou-se o parcelamento ilegal do solo e a autoconstrução em áreas periféricas, sem condições mínimas de urbanização.

A ausência do controle urbanístico e de programas habitacionais para a população de baixa renda, somada a fiscalização precária nesses locais, em vista da dispensa dos governos municipais e estaduais de responderem pelo “poder de polícia” sobre o uso e ocupação do solo (MARICATO, 2008), gera uma série de dificuldades de ordem sanitário-ambiental e social, sendo notório o impacto ao meio natural, pois a construção das cidades consiste na desestabilização do equilíbrio ecológico existente, a qual se inicia pela remoção da cobertura

vegetal, alterando a dinâmica das populações orgânicas, assim como no ciclo da água e os nutrientes do solo (MALUF, 2010).

Muitas cidades se desenvolveram ao longo de rios, devido a navegação fluvial e a disponibilidade hídrica, como é o caso da cidade de Várzea Grande, Mato Grosso. Entretanto, a urbanização desordenada gera sérios problemas quanto à oferta e qualidade da água, em vista da ocupação de locais que cumprem função de salvaguarda dos corpos hídricos, como as Áreas de Preservação Permanentes (APPs) e Área Úmidas (AUs).

As áreas úmidas, como é o caso de nascentes difusas, são consideradas pela *RAMSAR CONVENTION SECRETARIAT* (2013) o ambiente mais produtivo do mundo, em vista da grande diversidade ecológica e notável fornecimento de água, o que demonstra a sua importância na manutenção dos processos ecológicos essenciais e de sistemas de suporte à vida, na preservação da diversidade genética e na utilização sustentável desses microecossistemas.

Entretanto, em vista da omissão de políticas ambientais quanto à conservação dessas áreas, há um conflito entre a necessidade de protegê-las de forma legal e as questões ligadas à urbanização e agricultura, além de outros usos potencialmente impactantes (DAROLD e IRIGARAY, 2018). Essa situação contribui para a consolidação de irracionalidades no uso e ocupação do solo, principalmente em zonas urbanas, onde a falta de uma política de desenvolvimento urbano-ambiental leva a um crescimento urbano insustentável, o qual tem como principal objetivo atender aos interesses dos diferentes mercados imobiliários, tanto o formal como o informal, levando a ações negligentes como a transformação de áreas protegidas em loteamentos, a ocupação de fundos de vales e impermeabilização de áreas brejosas (GROSTEIN, 2001).

Além disso, a ausência ou ineficiência de programas habitacionais para a população de baixa renda, a ineficácia nos processos de licenciamento ambiental e a falta de instrumentos que permitam que o poder público possa ter celeridade em suas ações de proteção ambiental, acarreta na incapacidade de combater a degradação de APPs e AUs em áreas urbanas.

Nesse contexto, as áreas brejosas por serem consideradas (erroneamente) locais com valores marginais, são, muitas vezes, drenadas e aterradas para a ocupação urbana, comprometendo todo o sistema ambiental naquela região, visto que esses ecossistemas contribuem para a estocagem e limpeza de água, recarga do lençol freático, regulação do clima local, manutenção da biodiversidade, regulação dos ciclos biogeoquímicos, estocagem de carbono, e habitat para inúmeras espécies, endêmicas ou não (COMITÊ BRASIL EM DEFESA DAS FLORESTAS E DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2015).

Somado a isso, existe na literatura uma lacuna no conhecimento sobre os limites de AUs e faltam dados que sirvam de parâmetros para ações de preservação e uso racional de seus recursos (DIAS, 2014). A presença de AUs em áreas urbanas, muitas vezes, é interpretada por projetistas e planejadores urbanos como um complicador ou empecilho à urbanização por suas características naturais, principalmente devido ao encharcamento provocado pela interceptação do lençol freático com a superfície em processo de urbanização.

Segundo Dias (2014), a variação do lençol freático ao longo do ano, a dificuldade de acesso nesses locais e, em muitos casos, as suas grandes extensões, tornam os métodos tradicionais de delimitação de AUs inviáveis. Portanto, é essencial se pensar em procedimentos que permitam delimitar e catalogar essas áreas para que sirvam de insumos na tomada de decisão quanto ao planejamento urbano, visando sua conservação para que possam auxiliar na perenização da rede hidrográfica das cidades e no equilíbrio ecológico urbano.

É sabido que a urbanização sempre resultará em alterações ambientais, competindo aos tomadores de decisões planejarem e adequarem esse processo às características do ambiente existente, de modo que os efeitos negativos sejam os mínimos possíveis. Nesse sentido, a identificação de áreas com importantes serviços ambientais, como as nascentes difusas, tratadas aqui também como AUs, não só são um importante instrumento para guiar o desenvolvimento das cidades, como também para conservar ecossistemas de grande valor ambiental.

Nessa perspectiva, as técnicas de sensoriamento remoto têm sido amplamente utilizadas para caracterizar diversos elementos da paisagem, pois propiciam maior agilidade, precisão e viabilidade econômica durante a análise dos dados, sendo alternativas bastante viáveis para a delimitação, quantificação e análise de corpos d'água.

Em muitos estudos, são utilizadas imagens orbitais como dado para obtenção de classes de cobertura do solo, pois representam graficamente os elementos presentes na superfície terrestre, os quais podem ser distinguidos a partir de suas respostas espectrais captadas pelos sensores orbitais. Segundo Schowengerdt (1997), existem diversos métodos que podem ser aplicados nas imagens de satélite, como a extração de índices por meio de álgebra entre bandas espectrais, que evidenciam características pouco realçadas nos dados originais.

Calcado nessa prerrogativa e no contexto apresentado, indaga-se a possibilidade da utilização das técnicas de sensoriamento remoto (SR) para delimitar cartograficamente nascentes difusas para fins de planejamento urbano. Se a resposta for positiva, qual seria o método mais viável para a concretização deste feito?

Tendo em vista que as nascentes difusas são superfícies cobertas por água e colonizadas

por plantas associadas a presença de umidade assim como as AUs, a hipótese é a possibilidade de utilizar índices que maximizam a reflectância típica da água e realçam o contraste entre a água e a cobertura vegetal, sendo assim delimitar cartograficamente nascentes difusas na região urbana e periurbana de Várzea Grande -MT.

Tendo o conhecimento que a cidade de Várzea Grande já possui quatorze nascentes confirmadas, sendo nove caracterizadas como difusas (Ministério Público do Estado de Mato Grosso, 2020), e, destas, oito já foram delimitadas em campo utilizando métodos tradicionais como parâmetro prático de demarcação, o objetivo deste estudo foi delimitar cartograficamente as nascentes difusas catalogadas pelo projeto Água para o Futuro na Zona Urbana e Periurbana de Várzea Grande. Para isso, em primeiro lugar, fez-se necessário delimitar os corpos d'água da área de estudo por meio de índices espectrais como o NDWI, MNDWI e DWV para, assim, identificar qual faixa espectral melhor representa as nascentes difusas. Além disso, analisou-se a situação ambiental dessas nascentes difusas catalogadas, a fim de constatar a degradação causada pela urbanização nesses locais.

METODOLOGIA

O método de abordagem desta pesquisa se enquadra no método científico hipotético-dedutivo, uma vez que o estudo tem a sua origem em um problema para o qual se procura uma solução, por intermédio de uma hipótese e eliminação de erros ou, conforme Popper (1975) definiu, teste de falseamento, que se resume em tentativas de refutação por meio da observação e experimentação.

A observação, por sua vez, só pode ser feita a partir de um conhecimento prévio ou expectativas, ou seja, qualquer observação, segundo Popper (1975), é uma atividade com objetivo e se trata de uma atividade norteada pelos problemas e pelo contexto de expectativas.

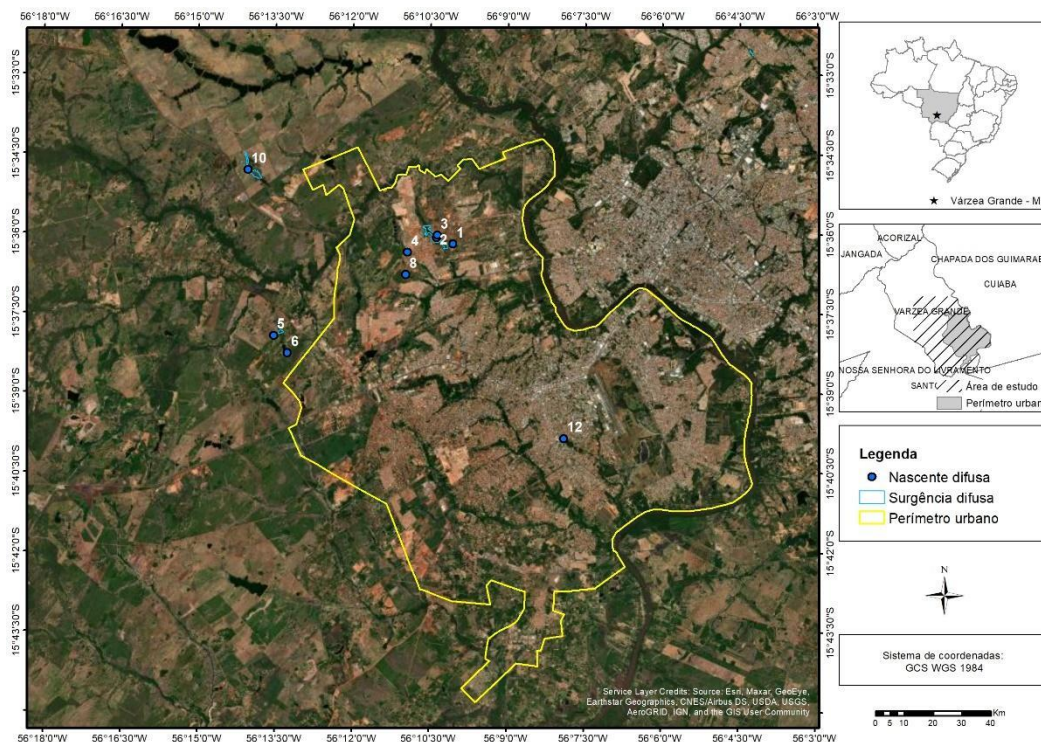
Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na região urbana e periurbana do município de Várzea Grande, Mato Grosso, onde, por meio do projeto Água para o Futuro, houve a identificação de 9 nascentes difusas e delimitação da área de afloramento hídrico em 8 delas (Figura 1). A Tabela 1 mostra as coordenadas de cada nascente.

Utilizou-se como referência espacial o Perímetro Urbano do referido município, conforme publicado na Lei complementar de Várzea Grande nº 4.696/2021, e as nascentes

difusas catalogadas na área urbana e periurbana.

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo. O número das nascentes segue a numeração da catalogação do projeto Água para o Futuro.



Fonte: Banco de dados geográficos do projeto Água para o Futuro.

Tabela 1 – Coordenadas das nascentes difusas catalogadas pelo projeto Água para o Futuro em Várzea Grande.

Número da nascente	Latitude	Longitude
1	15° 36' 11.998" S	56° 10' 3.714" W
2	15° 36' 4.345" S	56° 10' 23.190" W
3	15° 36' 1.851" S	56° 10' 22.138" W
4	15° 36' 21.474" S	56° 10' 56.822" W
5	15° 37' 55.798" S	56° 13' 32.438" W
6	15° 38' 15.185" S	56° 13' 16.351" W
8	15° 36' 46.616" S	56° 10' 58.521" W
10	15° 34' 48.379" S	56° 14' 2.916" W
12	15° 39' 51.389" S	56° 7' 53.601" W

Fonte: Banco de dados geográficos do projeto Água para o Futuro.

Localizado na Mesorregião do Centro-Sul Mato-Grossense, o município de Várzea Grande possui uma extensão territorial de 724,279 km², sendo que a Zona Urbana corresponde a uma área de 163.244 Km². Com uma população estimada de 287.526 habitantes, Várzea Grande tem densidade populacional de 240,98 hab/km² (IBGE, 2010; IBGE, 2020).

Um estudo de compartimentação numa abordagem geocológica foi realizado por

Dantas et al. (sem data) nas cidades de Cuiabá, Várzea Grande e Região. O método utilizado considera que a unidade de paisagem (ou ecótono) é um produto da combinação entre geologia, pedologia, hidrologia, climatologia e biogeografia, dentre outros campos do conhecimento.

Com base nesse estudo, a área urbana de VG está situada no Domínio Geoambiental da Depressão Cuiabana, o qual se caracteriza por um conjunto de superfícies aplainadas modeladas na Faixa Dobrada Neoproterozóica do Alto Paraguai.

“Ocupando uma vasta área neste domínio, a Unidade Geoambiental Superfícies Aplainadas Conservadas caracteriza-se por um relevo plano a levemente ondulado, em colinas rampeadas amplas e suaves, com baixas amplitudes de relevo e sedimentação aluvial expressiva, ocupando as bacias do rio Aricá-Açu e ribeirão Cocaes em terrenos a sul e leste da cidade de Cuiabá. Apresenta alta capacidade de carga e alto potencial hidrogeológico (DANTAS et al, p. 6, s/d, grifo dos autores).”

Ainda segundo o autor, nos amplos fundos de vales, há ocorrência de solos rasos, imperfeitamente drenados e concrecionários (Plintossolos Pétricos), com baixa fertilidade natural, moderada a alta suscetibilidade à erosão laminar e linear (sulcos e ravinas) e severas restrições para agricultura.

Segundo TARIFA (2011, p. 56), Cuiabá e VG se encontram regionalmente situadas numa área de clima Tropical Continental Alternadamente Úmido e Seco megatérmico da depressão do médio Cuiabá. E o clima regional é Tropical Continental Alternadamente Úmido e Seco do estado de Mato Grosso tem, como as mais importantes características, a repetição e alternância sazonal do movimento estacional quente e úmido e quente e seco.

Em estudo realizado por Silva e Tarifa (2017) para determinar o ritmo da temperatura no clima das cidades de Cuiabá e Várzea Grande a partir de uma análise secular (1912 a 2012), foi constatado que:

“As cidades de Cuiabá e Várzea Grande constituem em uma metrópole regional em torno das quais vem expandindo importantes áreas industriais. Vários fatores são determinantes como: extensão territorial, quantidade de habitantes, concentração de serviços, universidades, bancos, entre outros aspectos. Como em todo processo de ocupação dos espaços urbanos onde existem alterações significativas no ambiente natural inevitavelmente ocorrem derivações no clima local, nas cidades de Cuiabá e Várzea Grande não seria diferente” (SILVA & TARIFA, 2017, p. 3).

Caracterização ambiental

As nascentes foram identificadas e caracterizadas pelos técnicos do projeto Água para o Futuro, que realizaram um levantamento em campo entre os dias 02/09/2019 e 09/09/2019, a

partir do qual foi possível observar a situação ambiental da APP e se houve algum tipo de degradação no entorno das nascentes.

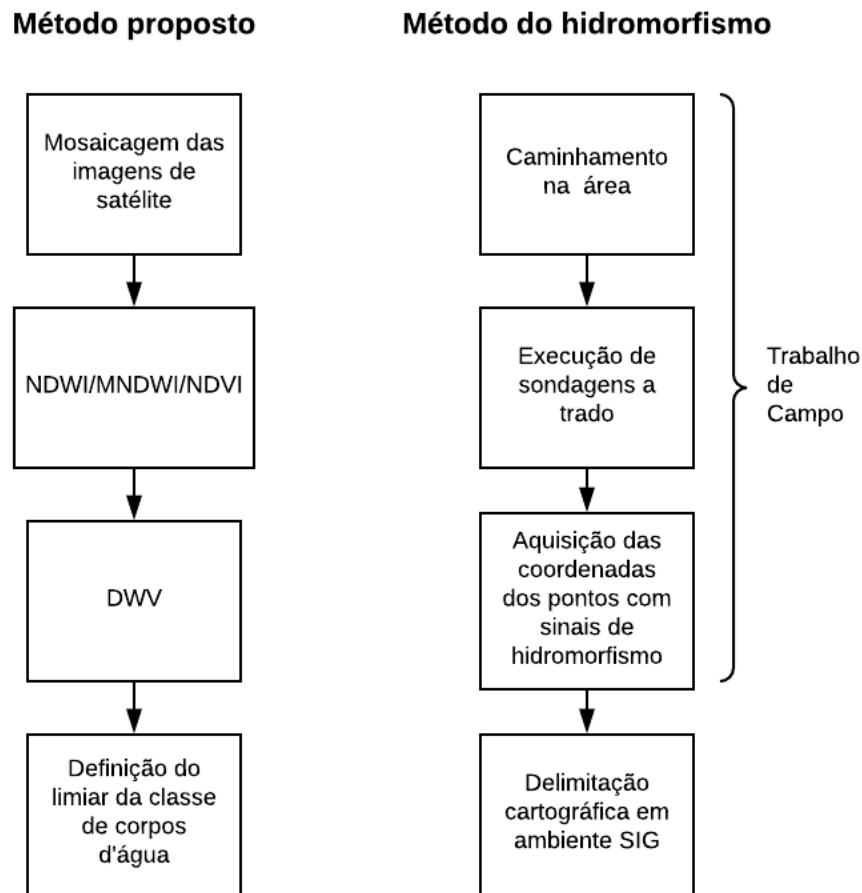
Destaca-se que o projeto Água para o Futuro é uma parceria entre o Ministério Público Estadual de Mato Grosso, a Universidade Federal de Mato Grosso, o Instituto Ação Verde e a Concessionária Águas Cuiabá, que, em cooperação, realizam a identificação de nascentes nas cidades de Cuiabá e Várzea Grande, possibilitando a caracterização, monitoramento, preservação e recuperação de suas Áreas de Preservação Permanente.

Delimitação dos corpos d'água

Buscou-se delimitar as zonas de afloramento hídrico difuso por intermédio de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicadas às imagens orbitais obtidas pelo sensor Multispectral Instrument (MSI), instalado a bordo do satélite Sentinel-2, na data 22/11/2020.

Para isso, foi feito os mosaicos das bandas do verde, vermelho e infravermelho próximo, que possuem resolução espacial de 10 metros, e do infravermelho médio, que possui resolução espacial de 20 metros, das imagens com *Tile Number* T21LXC e T21LWC, os quais foram submetidos às técnicas de álgebra de bandas espectrais NDWI (*Normalized Difference Water Index*), MNDWI (*Modified Normalized Difference Water Index*), que consiste em uma expressão modificada do NDWI, e DWV (*Difference Between the Water and Vegetation Index*) (Figura 2). Ao final, definiu-se, por meio de interpretação visual dos índices sobrepostos à imagem orbital com cor verdadeira, o limiar da escala de valores dos índices a partir do qual os corpos d'água são melhor representados.

Figura 2 - Fluxograma comparativo do método proposto e utilizando o hidromorfismo como parâmetro prático para a delimitação cartográfica de nascentes difusas.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O NDWI (McFeeters, 1996) se baseia em uma relação entre medidas espectrais de reflectância das bandas do infravermelho próximo e do verde, variando em uma escala de -1 a 1, onde valores maiores que zero correspondem a locais com presença de lâmina de água. O NDWI pode ser calculado por meio da seguinte equação:

$$NDWI = \frac{(\rho_{green} - \rho_{NIR})}{(\rho_{green} + \rho_{NIR})} \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde: ρ_{green} = banda do verde

ρ_{NIR} = banda do infravermelho próximo

No entanto, segundo Xu (2006), o NDWI não separa de forma eficiente o solo da água, provocando certa mistura entre as respostas espectrais desses dois alvos. Dessa forma, o autor propôs um índice de diferença normalizada da água que utilizada as bandas do verde e do infravermelho médio, uma vez que a água possui maior taxa de absorção de radiação eletromagnética na faixa do infravermelho médio do que no infravermelho próximo e as áreas edificadas, de solo exposto e vegetação possuem maior reflectância no infravermelho médio do

que no infravermelho próximo, ampliando o contraste entre corpos d'água e as demais feições do terreno. Dessa forma, a água será representada por valores mais positivos e os valores das áreas edificadas, solo exposto e vegetação tendem a ser mais negativos. O MNDWI pode ser obtido de acordo com a seguinte equação:

$$MNDWI = \frac{\rho_{green} - \rho_{MIR}}{\rho_{green} + \rho_{MIR}} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

ρ_{MIR} = Banda de reflectância da radiação na região do infravermelho médio.

Ademais, fez-se o uso do DWV (Gond et al, 2004), que é o índice de diferença entre a água e a vegetação, aumentando a evidência da presença de água livre e de zonas úmidas em regiões secas. O DWV é calculado pela seguinte equação:

$$DWV = NDWI - NDVI \quad (\text{Equação 3})$$

O NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) (Rouse et al, 1973), por sua vez, é dado pela combinação das bandas do vermelho e infravermelho próximo e mede a intensidade de atividade clorofiliana entre uma escala que varia de -1 a 1, haja vista, a faixa do vermelho possui forte absorção da clorofila, enquanto a faixa do infravermelho próximo possui alta reflectância da vegetação (Gao, 1996). Dessa forma, por meio da razão entre a diferença e a soma dessas duas bandas (Equação 3), tem-se o realce da vegetação.

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + \rho_{red}} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde: ρ_{red} = banda do vermelho

Ademais, a nível de comparação, utilizou-se a delimitação das nascentes difusas feita pelo projeto Água para o Futuro por meio do método hidromorfismo (ALVES, 2016), que consiste na execução de sondagens a trado georreferenciadas ao longo de toda área úmida e posterior extrapolação do limite cartográfico com base nas coordenadas geográficas dos pontos que tiveram interceptação com o lençol freático próximo à superfície ou que apresentarem sinais de hidromorfismo, bem como a delimitação das massas d'água e os rios duplos vetorizados e disponibilizados com escala de 1:25000 pela Fundação Brasileira de Desenvolvimento Sustentável (FBDS, 2013) como referência para a definição da taxa de acerto (Equação 5) dos corpos d'água representados pelos índices.

$$TA = \frac{\text{Corpod'água de referência}}{\text{Corpos d'água obtido pelo índice}} \quad (\text{Equação 5})$$

APRESENTAÇÃO DO MARCO TEÓRICO

Conceituação de nascentes

Em vista de sua complexidade, a literatura apresenta diversas definições que variam de acordo com o tema de estudo no qual o termo está inserido. Conforme Davis e De Weist (1966, p. 63) “toda descarga superficial natural de água que garante o suficiente para formar um pequeno riacho, pode ser chamada de nascente”. Para De Blij et al. (2004, p. 499) nascente é “um canal superficial de água corrente que emerge do solo”.

A Lei Federal 12.651/2012 (BRASIL, 2012), define nascente como o “afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d’água” e estabelece parâmetros para a sua proteção e preservação, definindo que toda área dentro de um raio de 50 metros ao redor de uma nascente, é exclusivamente uma Área de Preservação Permanente (APP).

Em termos hidrológicos, nascentes “são sistemas responsáveis pela exfiltração da água subterrânea e sua transformação em fluxos superficiais” (FELIPPE, 2013), possuindo uma conotação muito mais abrangente, a qual é evidenciada por Felipe (2009), que define nascente como um sistema ambiental em que o afloramento da água subterrânea ocorre naturalmente de modo temporário ou perene, integrada à rede de drenagem superficial, definição esta utilizada neste estudo.

Essa concepção engloba as mais variadas características e tipologias no conceito que parte de dois elementos essenciais: o afloramento de água natural; e a formação de um canal de drenagem a jusante. O afloramento de água é a variável principal pela formação de nascentes e, conforme Faria (1997), pode ser classificado em pontual, múltiplo e difuso.

O projeto Água para o Futuro adotou, para os estudos de identificação e catalogação de nascentes na área urbana de Cuiabá e Várzea Grande-MT, a seguinte classificação: (a) nascente pontual - apresenta a ocorrência do fluxo d’água em um único local do terreno; (b) nascente múltipla - apresenta diversas exfiltrações, sendo possível identificar especificamente cada ponto; e (c) nascente difusa: não apresenta um ponto específico de surgência, ou seja, ocorrem afloramentos em vários pontos do terreno, mas não é possível definir um único ponto (Moraes et al, 2018, p. 19).

Considerando que em nascentes difusas a água aflora em uma área indefinida, promovendo o encharcamento do solo na forma de brejos (VALENTE e GOMES, 2005), é possível caracterizar nascentes difusas como áreas úmidas, uma vez que, de acordo com Junk

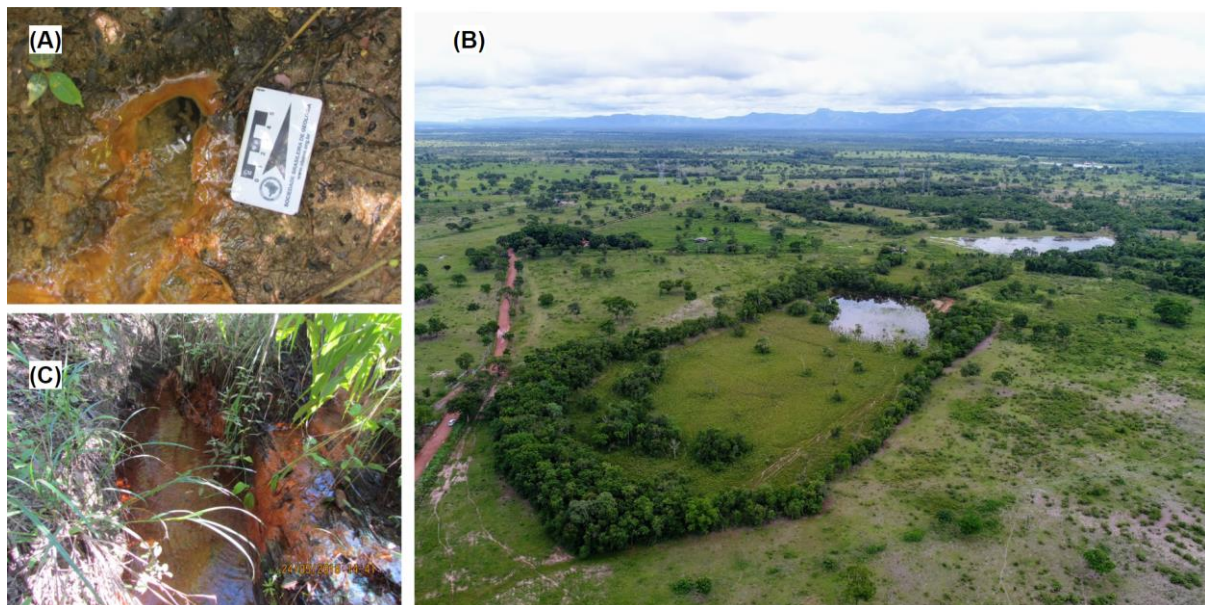


e Piedade (2015):

“Áreas Úmidas (AUs) são ecossistemas na interface entre ambientes terrestres e aquáticos, continentais ou costeiros, naturais ou artificiais, permanentemente ou periodicamente inundados por águas rasas ou com solos encharcados, doces, salobras ou salgadas, com comunidades de plantas e animais adaptadas à sua dinâmica hídrica.”

Estes ambientes lacustres possuem uma elevada biodiversidade devido à estreita relação entre o contato do manto com a rocha matriz ao longo de uma área, formando brejos de composição faunística e vegetacional biodiversa. Por vezes, em ambiente de agradação com baixa declividade, pode haver formação de campos de murundus. De acordo com Santos et al (2014, p. 2989), os campos de murundus “também representam uma fitofisionomia do Bioma Cerrado, e estão associados às condições de má drenagem do solo, compondo as bordas de veredas, e normalmente associados às nascentes”.

Figura 3 - Tipologias de nascentes classificadas pelo projeto Água para o Futuro em Cuiabá. (A) nascente pontual, (B) nascente difusa e (C) nascente múltipla.



Fonte: Acervo do projeto Água para o Futuro.

Sensoriamento Remoto

Novo e Ponzoni (2001) resgatam a definição clássica do sensoriamento remoto (SR) referindo-se à ciência como um “conjunto de técnicas destinadas à obtenção de informação sobre objetos, sem que haja contato físico com eles”.

Indo mais a fundo, Lillesand e Kiefer (1994) conceituam SR como a ciência e a arte de obter informação acerca de um objeto, área ou fenômeno, através da análise de dados adquiridos por um dispositivo que não está em contato com o objeto, área ou fenômeno sob investigação.

Desta forma, pode-se compreender a aquisição de dados no SR como um produto da

interação entre a energia eletromagnética emitida por uma fonte (natural ou artificial) e um alvo, cujo resultado é registrado por um sensor orbital ou aerotransportado e disponibilizados na forma de dados matriciais, também conhecidos como dados raster, que são uma estrutura de dados formada por uma matriz de pixels contendo, cada um, um valor numérico que corresponde à uma característica da área a qual representa.

Dados raster são usados em Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) com o intuito de exibir informações contínuas de uma determinada região, atribuindo um número digital às suas feições. Segundo Davis (2001), a célula é a unidade mínima de mapeamento, o que significa que é o menor tamanho com que qualquer feição pode ser representada e todos os objetos presentes na região coberta por uma célula é acumulada e combinada em um único valor numérico. O nível de detalhamento de uma imagem raster depende de sua resolução espacial, a qual depende do tamanho do pixel. Quanto menor o tamanho da célula, ou seja, quanto menor a feição possível de ser vista, maior é a resolução espacial da imagem raster.

Com o avanço tecnológico tornou-se possível utilizar imagens de satélites, obtidas a partir de sensores remotos a bordo de satélites, para detectar e localizar feições no terreno (Granemann & Carneir, 2009). O uso das imagens de satélite é uma maneira viável de caracterização e monitoramento ambiental em escalas locais, regionais e globais, devido à rapidez, à eficiência, periodicidade e à visão sinóptica que qualificam tais imagens.

Como os alvos naturais possuem propriedades que se manifestam de forma característica em relação ao fluxo de radiação eletromagnética que refletem ou emitem, tais imagens, quando obtidas em faixas espectrais adequadas, permitem um máximo de discriminação entre os alvos e sua vizinhança, constituindo assim um meio rápido, econômico e eficiente para a detecção de alvos na área a ser analisada (STEFFEN et al. 1980).

Ao usar o sensoriamento remoto com o intuito de identificar feições na superfície terrestre, o primeiro e talvez o mais importante passo é conhecer o comportamento espectral do objeto a ser estudado. O espectro eletromagnético é o conjunto dos diferentes tipos de radiação eletromagnética conhecidas, e pode ser utilizado para a construção de gráficos que relacionam a amplitude espectral da grandeza com o correspondente comprimento de onda. Observando o espectro eletromagnético no sentido dos maiores comprimentos de onda (menores frequências), pode-se observar os seguintes tipos de radiações: radiação gama, raio-X, ultravioleta, visível, infravermelho, microondas e rádio (Conceição, 2004).

Para fins de estudos da água, o espectro da radiação refletida é dividido em três partes: visível (VIS), infravermelho próximo (NIR) e infravermelho médio (MIR), visto que a água

Líquida apresenta baixa reflectância nos comprimentos de onda do visível e absorve a energia eletromagnética no comprimento de onda do infravermelho próximo e médio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, todas as nascentes avaliadas apresentam algum tipo de degradação ambiental que vão de uma simples remoção da cobertura vegetal à drenagem, aterramento e construção de edificações sobre a área de surgência hídrica difusa da nascente ou na APP.

Processos de degradação associados às nascentes urbanas de Várzea Grande

O aumento populacional expressivo nas últimas décadas associado à exclusão socioespacial de populações urbanas e a ausência do poder público na regulação do uso, cobertura e ocupação do solo da região urbana e periurbana tem ocasionado a supressão de corpos hídricos vitais à disponibilização de água potável na superfície.

Com o processo de urbanização provocado pelo aumento populacional como consequência da expansão agroindustrial, a sociedade e seus dirigentes têm tratado os cursos d'água de forma avessa ao seu potencial de cumprimento da função social de abastecimento da população com água própria ao consumo humano, manutenção da biodiversidade por meio da formação de corredores ecológicos, dentre outros inúmeros benefícios associados a conservação de cursos d'água e seu entorno.

Devido à falta de conhecimento sobre formas de uso racional desses ecossistemas, ocorre atualmente o abandono dessas áreas pela iniciativa privada, que não consegue licenciar empreendimentos, e pelo poder público que não dispõe de recursos e embasamento científico para propor políticas de conservação ou de uso sustentável.

O abandono desses ambientes no atual quadro de crise habitacional pode propiciar a ocupação irregular pela população que não dispõe de moradia. Contudo, há de se chamar atenção para a insalubridade de moradias instaladas nestes locais. Em alguns casos, para que seja possível edificar, são construídos de forma empírica canais de drenagem abertos que margeiam as ruas e casas construídas irregularmente no terreno.

Sem saneamento básico e com o lençol freático raso, fossas sem sistema de filtragem são escavadas no solo encharcado e o esgoto sanitário das habitações se mistura com a água exfiltrada, sendo o efluente carregado a céu aberto para os córregos e rios urbanos e periurbanos, provocando doenças e outras complicações sanitárias para a população dos arredores.

Em decorrência desse processo de ocupação, normalmente ocorre a total impermeabilização da superfície através da pavimentação e com relação ao ecossistema urbano é possível destacar a alta densidade demográfica, o desequilíbrio da relação entre ambiente construído e ambiente natural, o grande volume de resíduos, a alteração da diversidade biológica nativa com a remoção da vegetação ripária e a alteração dos cursos da água (MALUF, 2010).

Essa impermeabilização do solo é preocupante, pois aumenta o volume de água que escoia pela superfície, seja na forma de enxurrada pelas ruas ou acumulada nas galerias pluviais, onde servidas com esgoto sanitário atingem cursos d'água naturais, gerando erosão, assoreamento, poluição e contaminação. Em muitos casos ocorre, até mesmo o desaparecimento de nascentes e a efemerização de córregos, como pode ser o caso de um canal, afluente do córrego Taqual, considerado perene em 2008 (período do estudo do Instituto de Pesquisa Matogrossense - IPEM) e atualmente se encontra seco. Todavia, é necessário realizar um estudo mais longo, levando em conta a sazonalidade hídrica, para determinar se esse canal realmente se tornou efêmero ou se encontra intermitente.

A ocupação antrópica de uma nascente ou região de cabeceira promove a sua descaracterização e altera a sua dinâmica hidrogeológica, o que corrobora para a diminuição de sua vazão, podendo transformá-la de perene para intermitente ou causar a sua migração a jusante no canal de drenagem. Em determinadas situações pode ocorrer inclusive a sua extinção.

No estudo de caracterização da Nascente do Córrego da Onça em Várzea Grande-MT (cidade conurbada com Cuiabá), Port (2016, p. 8) descreve a situação das nascentes da cidade:

“Em Várzea Grande, como em muitas outras cidades, grande parte dos cursos d'água apresentam sérios impactos ambientais como a supressão de matas ciliares, ocupação irregular das áreas protegidas, aterramento de nascentes, canalização de córregos, impermeabilização do solo, lançamento de efluentes sem tratamento, bolsões de lixo, promovendo um cenário com baixa qualidade ambiental.”

Posto isso, nota-se a importância da identificação e delimitação da APP de nascentes urbanas em tempo hábil, como uma forma de subsidiar a proteção frente aos processos de degradação desses ambientes de grande importância hídrica na zona urbana e periurbana de Várzea Grande.

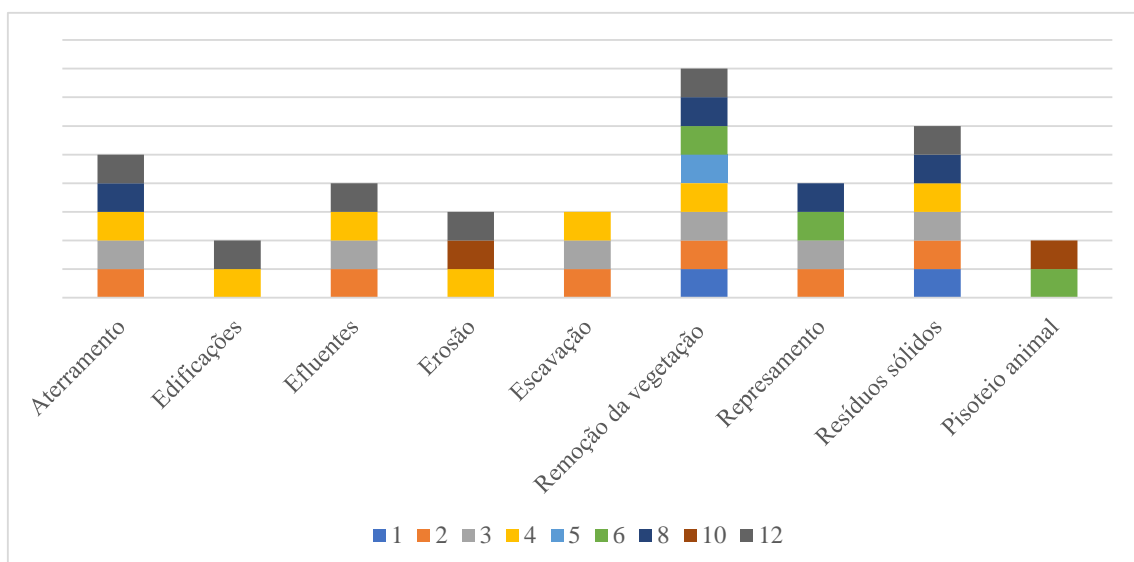
Caracterização ambiental

As 9 nascentes difusas identificadas em Várzea Grande apresentaram o seu entorno degradado. Os processos de degradação detectados foram: aterramento de parte da APP,

construção de edificações, disposição de resíduos sólidos, escavação de canais de drenagem, lançamento de efluentes domésticos sem tratamento, pisoteio animal, processos erosivos, remoção da cobertura vegetal e represamento da surgência hídrica (Figura 4).

Um aspecto que necessita ser salientado é que para garantir a integridade e a constância dos recursos hídricos é a massa vegetal que os circundam, as matas ciliares, precisam ser preservadas. Sobre o ponto de vista da hidrologia florestal, “as matas ciliares ocupam as áreas mais dinâmicas da paisagem, prestando serviços ecossistêmicos essenciais ao meio ambiente” (LIMA; ZAKIA, 2004).

Figura 4 - Ocorrência dos tipos de degradações nas nascentes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 e 12 identificadas e catalogadas pelo projeto Água para o Futuro.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Esses processos de degradação causam a perda ou diminuição da biodiversidade, queda dos atributos nutricionais do solo, diminuição da surgência hídrica de nascentes, a contaminação da água e do solo, o assoreamento dos corpos hídricos, além do processo de fragmentação de habitats e todas as suas consequências ecológicas e ecossistêmicas.

O aterramento de uma nascente (Figura 5) ou região de cabeceira altera a sua dinâmica hídrica superficial e subsuperficial local, podendo descaracterizar a nascente, diminuir a sua vazão e, até mesmo, proporcionar o seu desaparecimento.

Figura 5 - Foto aérea registrando o aterramento de nascente difusa no bairro Petrópolis, Várzea Grande-MT.



Fonte: Acervo do projeto Água para o Futuro.

A retirada da vegetação em áreas de nascente contribui para a diminuição da infiltração de água da chuva no subsolo, resultando na redução de afloramento de água, assoreamento e descaracterização dos corpos d'água. De acordo com estudos desenvolvidos por Bertoni e Lombardi Neto (2005) a presença da mata ciliar possibilita o acréscimo na rugosidade da superfície da bacia, aumentando assim a permanência da água na superfície do solo, elevando sua infiltração.

A impermeabilização do solo com a construção de edificações aumenta a velocidade de escoamento superficial da água nesses locais, bem como diminui o seu tempo de permanência na bacia hidrográfica. Dessa forma, durante o período chuvoso, a água atinge os cursos d'água com maior energia cinética, ocasionando erosão, assoreamento e, em casos mais intensos, enchentes.

Ressalta-se que a construção de moradias nessas zonas ripárias (Figura 6), além de proporcionar a perda da qualidade ambiental, podem acarretar danos às edificações, como infiltrações e rachaduras, levando ao risco iminente de desabamento. A ocupação irregular dessas áreas decorre de fatores como a ausência ou ineficiência de programas habitacionais para famílias em situação de vulnerabilidade e devido à falta de fiscalização pelas autoridades públicas, que agem somente após a ocorrência de acidentes com perdas de vidas humanas.

Figura 6 - Aerofoto demonstrando o avanço das ocupações urbanas sobre a Nascente 04, identificada pelo projeto Água para o Futuro no bairro Jardim Manaira, Várzea Grande-MT. Data da imagem: 10/02/2020.



Fonte: Acervo do projeto Água para o Futuro.

Enchentes e erosões nas proximidades das residências, são decorrentes das ocupações irregulares nas áreas de preservação, tornando-as áreas de risco. Atrelado a isso, estão os vários riscos em contrair doenças, devido aos resíduos e efluentes presentes no local (SANTANA, 2011). A ocupação irregular das áreas próximas a cursos d'água, como acontece nas APPs, acabam gerando situações de risco, o que pode levar o município a decretar estado de calamidade pública em casos extremos. A situação pode ser agravada quando o sistema de drenagem urbana não está em boas condições (DA SILVA et al., 2018). Ao se executar um planejamento urbano calcado nos instrumentos urbanísticos e ambientais como o Estatuto da Cidade, Zoneamento Urbano, Plano diretor e Código Florestal, trabalha-se para evitar a formação de zonas de risco.

Figura 7 - (A) Nascente difusa localizada na região administrativa Sul de Cuiabá, na bacia do Córrego Aricá, relativamente conservada, com presença de danos ambientais de baixo impacto. (B) Nascente difusa em avançado processo de degradação ambiental, localizada no bairro Jardim Manaira, Várzea Grande-MT (Nascente identificada com número 4 pela equipe do projeto Água para o Futuro.



Fonte: Acervo do projeto Água para o Futuro.

Delimitação dos corpos d'água

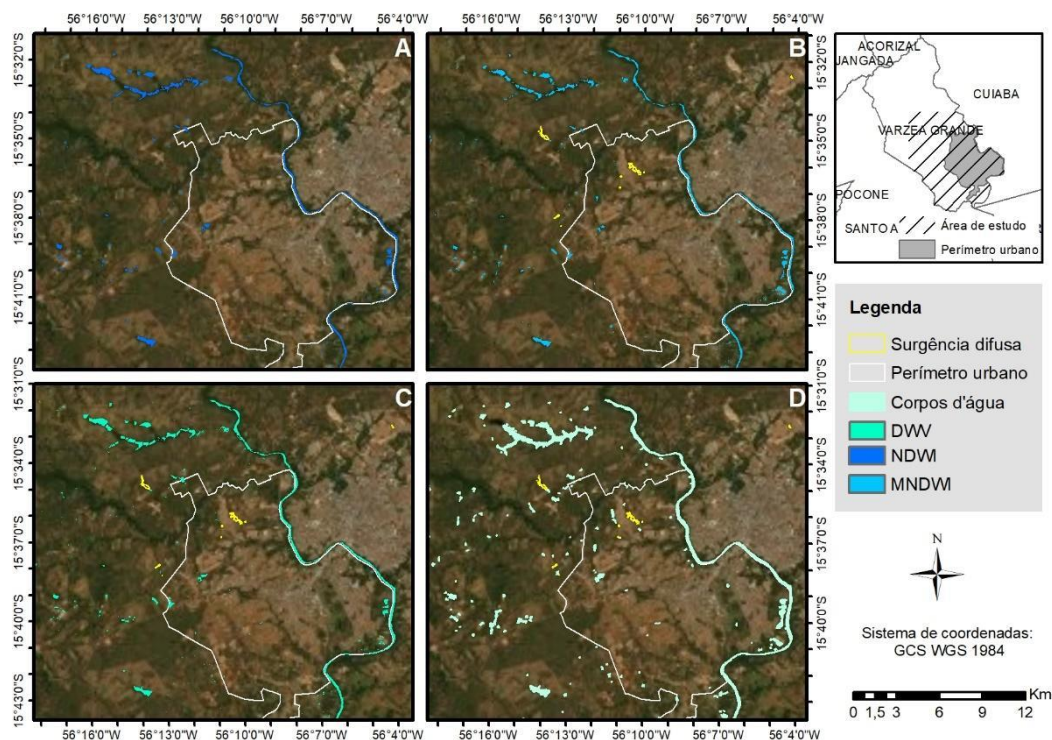
Para que seja possível o cumprimento da legislação urbanística e ambiental, é necessário se colocar em prática o planejamento urbano. Neste sentido, faz-se necessário uma eficiente e viável estratégia de delimitação física e cartográfica dos corpos d'água presentes no ambiente urbano e das áreas de preservação permanente.

O NDWI apresentou valores com variação entre -0,9232 e 0,8903. O intervalo que melhor representou os corpos d'água foi acima de 0,1 (Figura 8-A), uma vez que entre 0 e 0,1 houve muita interferência de outras coberturas e usos da terra. O intervalo entre 0,1 e 0,8903 totalizou uma área igual a 788,1643 ha.

O MNDWI, por sua vez, gerou valores com variação entre -0,8644 e 0,8688, mantendo-se o intervalo acima de 0,1 para representar os corpos d'água (Figura 8-B), o que totalizou uma área de 718,3123 ha. Já o DWV apresentou valores com variação entre -1,7594 e 1,2291, totalizando uma área igual a 801,7512 ha com valores acima de 0,1, que supostamente são os corpos d'água (Figura 8-C).

A nível de comparação, utilizou-se as massas d'água e os rios duplos vetorizados e disponibilizados com escala de 1:25000 pela Fundação Brasileira de Desenvolvimento Sustentável (FBDS, 2013) (Figura 8-D) para quantificar a taxa de acerto dos corpos d'água gerados pelos índices. Ressalta-se que, segundo a FBDS, a área de estudo da presente pesquisa possui 1.046,4433 ha de lâmina d'água. A Tabela 2 mostra os resultados obtidos.

Figura 8 - Índice espectral NDWI (A), MNDWI (B), DWV (c) e corpos d'água vetorizados pela FBDS (D).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 2 – Taxa de acerto dos corpos d'água gerados pelos índices.

Índice	Área total (ha)	Sobreposição com os corpos d'água vetorizados (ha)	Ruídos (ha)	Taxa de acerto
NDWI	788,16	635,16	153,01	60,69%
MNDWI	718,31	602,26	116,05	57,55%
DWV	801,75	637,63	164,12	60,93%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados mostram que os índices representaram mais da metade dos corpos d'água presentes na área de estudo, em média 59,72%. O MNDWI foi o que apresentou a menor quantidade de ruídos, o que pode estar relacionado ao fato de possuir uma resposta espectral mais sensível à lâmina d'água perante outras classes, em vista da presença da banda do infravermelho médio na equação. No entanto, foi o índice que menos representou os corpos d'água da área de estudo, devido a menor área total com valores acima de 0,1.

Fernandes (2012) obteve bons resultados com o MNDWI para representar os corpos d'água da região do médio Araguaia, os quais foram associados aos valores de 0,48 a 2,06.

Considerando os valores acima de 0 do NDVI, Marth et al (2016) delimitou os corpos hídricos perenes e áreas alagadas, tanto ocupadas por atividades agrícolas e pecuárias, como em áreas preservadas, da Sub-bacia Hidrográfica Arroio Santa Isabel, Rio Grande do Sul, confirmando a qualidade da aplicação do NDWI no mapeamento de lâmina d'água.

Destarte, os índices espectrais demonstraram resultados satisfatórios para a delimitação de corpos d'água na área de estudo, possibilitando a identificação de massas d'água acima de 100 m², em vista da resolução espacial da imagem orbital. No entanto, não possibilitaram delimitar as 9 nascentes difusas catalogadas pelo projeto Água para o Futuro na zona urbana e periurbana de Várzea Grande. Sendo assim, a hipótese apresentada é nula.

Por fim, conforme análises, verificou-se que as técnicas adotadas não são capazes de distinguir a resposta espectral de áreas alagadas com presença de cobertura vegetal em comparação com outras coberturas e usos do solo, mesmo com a utilização do DWV, pois seus valores são muito similares.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O intenso e inadequado uso da terra na cidade de Várzea Grande vem comprometendo cada vez mais a sustentabilidade dos ecossistemas e a segurança hídrica, afetando a recarga dos mananciais e o abastecimento de água na cidade. Nessa perspectiva, o mapeamento das nascentes difusas e delimitação de suas respectivas APPs é um passo importante para a conservação dos recursos hídricos em Várzea Grande.

Assim sendo, a execução de estudos a respeito de nascentes difusas é de fundamental importância, pois constituem-se na primeira etapa para a efetiva conservação destas áreas. A aplicação dos índices espectrais para a execução desta pesquisa, embora não tenha atingido o objetivo de delimitar cartograficamente as nascentes difusas na área urbana e periurbana da cidade de Várzea Grande, mostrou-se satisfatório para a delimitação dos seus corpos d'água.

Desta forma, este estudo representa uma contribuição acadêmica a respeito da delimitação cartográfica de nascentes difusas e corpos d'água. A partir dos resultados, denota-se que é necessário associar outras técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento aos índices espectrais, capazes de distinguir as respostas espectrais de áreas com lâmina d'água e presença de vegetação rasteira em relação a outras coberturas e usos da terra. Sugere-se a utilização de técnicas de retroespalhamento e de classificação de imagens.

REFERÊNCIAS

- ALVES, J. C. F. **Hidromorfismo como parâmetro para delimitação da zona ripária de nascentes no município de Viçosa, MG**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 59 p. 2016.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 5.ed. São Paulo: Ícone, 352p. 2005.
- BRASIL. Lei 12.651, de 25 de maio de 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 102, 28 maio 2012. Seção 1, p.1.
- COMITÊ BRASIL EM DEFESA DAS FLORESTAS E DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Código Florestal e a Ciência: O que nossos legisladores ainda precisam saber**. Comitê Brasil. Brasília-DF, 2012.
- DANTAS, M. E.; SHINZATO, E.; SCISLEWSKI, G.; THOMÉ FILHO, J. J.; ROCHA, G. A.; CASTRO JUNIOR, P. R.; SALOMÃO, F. X. **Diagnóstico geoambiental da região de Cuiabá / Várzea Grande e entorno (MT)**. 15 p.
- DAROLD, F. R. IRIGARAY, C. T. J. H. A importância da preservação e conservação das áreas úmidas como mecanismo de efetivação do direito constitucional ao meio ambiente ecologicamente equilibrado para as futuras gerações. **Revista Direito e Justiça: Reflexões Sociojurídicas**, Santo Ângelo, v. 18, n. 31, p. 167-180, maio/ago. 2018.
- DA SILVA, C. C. R.; SANTOS, R. P.; DE SÁ, T. F. F.; MATOS, L. F. D. O. R.; PERES, L. M.; ARAÚJO, L. C. Influência das construções irregulares em área de preservação permanente (app) em trecho do rio Pirarara, Cacoal- RO/brasil. **Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação**, v.1, n.3, 2018.
- DAVIS, S. N.; DE WEIST, R. J. M. **Hydrogeology**. New York: John Wiley and Sons, 463 p. 1966.
- DE BLIJ, H. J.; MULLER, P. O.; WILLIAMS, R. S. **Physical geography: the global environment**. 3rd ed. New York: Oxford University Press, 2004.
- FARIA, A. P. A dinâmica de nascentes e a influência sobre os fluxos nos canais. **A Água em Revista**, Rio de Janeiro, v. 8, p. 74-80, 1997.
- FELIPPE, M. F. **Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.
- FELIPPE, M. F. **Gênese e dinâmica de nascentes: contribuições a partir da investigação hidrogeomorfológica em região tropical**. Tese (Doutorado em Geociências). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2013.



FERNANDES, R. R. **Uso de geotecnologias no mapeamento do uso da terra e estudo de fitofisionomias em áreas úmidas na região do Médio Araguaia.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais). Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 102 p. 2012.

GROSTEIN, M. D. METRÓPOLE E EXPANSÃO URBANA a persistência de processos “insustentáveis”. **São Paulo em Perspectiva**, 15(1) 2001.

JUNK, W. J. PIEDADE, M. T. F. Áreas Úmidas (AUs) Brasileiras: Avanços e Conquistas Recentes. **Boletim ABLimno** 41(2), 20-24, 2015.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation**. 3. ed. Crawfordsville: J. Wiley and Sons, 1994 750 p.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (ed.). **Matas Ciliares: Conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, FAPESP, 2.ed. 2004. 320p.

MALUF, Adriana Caldas do Rego Freitas. **Limitações urbanas ao direito de propriedade**. São Paulo: Atlas, 2010.

MARICATO, Ermínia. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana**. 3ª ed. Petrópolis: Vozes, 2008.

MARTH, J. D. MOURA, N. S. V. KOESTER, E. Localização e mapeamento de Áreas Úmidas na Sub-bacia Hidrográfica Arroio Santa Isabel, através do Método NDWI. **Geografia** (Londrina), v. 25. n. 1. p.23-41, jan/jun, 2016.

MCFEETERS, S. K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. **International journal of remote sensing**, v. 17, n. 7, p. 1425-1432. 1996.

MORAES, A. J. F. PANSONATO, A. BARBOSA, G. N. **Procedimentos metodológicos do projeto Água para o Futuro utilizados nas nascentes urbanas de Cuiabá**. Cuiabá - MT: EdUFMT, 2018. 39p.

NOVO, E. M . L. M.; PONZONI, F. J. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos, 68 p. 2001. Disponível em:
<http://www.dpi.inpe.br/Miguel/AlunosPG/Jarvis/SR_DPI7.pdf> Acessado em: 31/07/2021.

POPPER, Karl S. **A lógica da pesquisa científica**. 2 ed. São Paulo: Cultrix, 1975.

RAMSAR CONVENTION SECRETARIAT. **The Ramsar Convention Manual: A guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971)**. 6.ed. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat, 2013.

PORT, Roseli. **Caracterização da nascente do córrego da Onça no município de Várzea Grande – MT**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão e Perícia Ambiental). Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 27 p. 2016.



ROLNIK, R. KLINK J. Crescimento econômico e desenvolvimento urbano. **Revista Novos Estudos**. CEBRAP 89. p. 89-109, março de 2011.

SANTANA, M. N. R. Identificação dos impactos ambientais da ocupação irregular na área de preservação permanente (APP) do Córrego Tamanduá em Aparecida de Goiânia. In: Anais - Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Vol. 2 (2011) - II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Londrina, 2011. Disponível em:
<<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/VI-009.pdf>> Acessado em: 31/07/2021.

SANTOS, F. C. V.; FREITAS, I. C.; CUSTÓDIO FILHO, R. O.; CORRECHEL, V.; UCKER, F.E.; KEMERICH, P. D. da C. **Uso e ocupação de microrrelevo de murundus no sudoeste de goiás: uma abordagem sobre os aspectos físicos do solo**. Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria. Revista Monografias Ambientais - REMOA e-ISSN 2236 1308 - V. 14, N. 1 (2014): Edição Especial Fevereiro, p. 2988 - 2995.

SILVA, M. P.; TARIFA, J. R. Ritmo da temperatura no clima local da cidade de Cuiabá-Várzea Grande (MT): Uma análise secular (1912-2012). **Biodiversidade**, v.16, n2, 2017.

STEFFEN, C. A.; LORENZZETTI, J. A.; STECK, J. J. **Princípios físicos de sensoriamento remoto**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1980. cap.1. p.1-31.

TARIFA, J.R. **Mato Grosso: clima – análise e representação cartográfica**. Cuiabá: Entrelinhas, 2011. 102p.

SCHOWENGERDT, R. A. **Remote sensing: models and methods for image processing**. 2. ed. New York: Academic Press, 1997. 522 p.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras**. Viçosa: Aprenda Fácil, 210p. 2005.

XU, H. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v. 27, n. 14, p. 3025-3033, 2006.