



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
UNIDADE EDUCACIONAL PENEDO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO LATO SENSU GESTÃO EM MEIO AMBIENTE

Fernando Natanael da Silva Pacheco

Uso e Ocupação do Solo e a Hidrografia da Microrregião de Arapiraca, Alagoas

Penedo - AL

2021

Fernando Natanael da Silva Pacheco

Uso e Ocupação do Solo e a Hidrografia da Microrregião de Arapiraca, Alagoas

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Especialização Lato Sensu em Gestão em Meio Ambiente, da Universidade Federal de Alagoas/Unidade Educacional Penedo, como requisito parcial para a obtenção de título de especialista em Gestão em Meio Ambiente.

Orientação: Profa. Dra. Milena Dutra da Silva

Penedo - AL

2021

Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Biblioteca Unidade Educacional Penedo – BPP
Bibliotecária Responsável: Eliúde Maria da Silva CRB – 4/1834

P116u Pacheco, Fernando Natanael da Silva.
Uso e ocupação do solo e a hidrografia da microrregião de Arapiraca, Alagoas /
Fernando Natanael da Silva Pacheco. – Penedo – AL, 2021.
42 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização Lato Sensu em Gestão
em Meio Ambiente) Universidade Federal de Alagoas. Campus Arapiraca.
Unidade Educacional de Penedo. Penedo, 2021.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Milena Dutra da Silva.

Bibliografia: f. 36-42.

1. Áreas permeáveis. 2. Solo exposto. 3. Gestão ambiental. 4. Planejamento
ambiental. 5. Arapiraca – Alagoas. I. Silva, Milena Dutra da. II. Título.

CDU: 658:504

**ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
DE ESPECIALIZAÇÃO LATO SENSU GESTÃO EM MEIO AMBIENTE**

ATA Nº 01

Ata da sessão referente à defesa intitulada "USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E A HIDROGRAFIA DA MICRORREGIÃO DE ARAPIRACA, ALAGOAS", para fins de obtenção do certificado de Especialista em Gestão em Meio Ambiente pelo discente **FERNANDO NATANAEL DA SILVA PACHECO** (início do curso em 28/06/2019) sob orientação da Profa Dra Milena Dutra da Silva/UFPB.

Ao décimo segundo dia do mês de março do ano de 2021 às 19 horas, online, reuniu-se a Banca Examinadora em epígrafe, aprovada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação Lato Sensu conforme a seguinte composição:

Nadjacleia Vilar Almeida /UFPB

Lincoln Eloi de Araújo/UFPB

Iara dos Santos Medeiros/FMA

Tendo sido declarada aberta a sessão, mediante o prévio exame do referido trabalho bem como da apresentação de seu Trabalho de Conclusão de Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* por parte de cada membro da Banca, a candidata foi submetida à arguição online e avaliação de produção condizente com o perfil do egresso do curso que, em seguida, deliberou sobre o seguinte resultado:

- (x) **APROVADO com nota 8,33 (oito vírgula trinta e três).**
() **REPROVADO**, conforme parecer circunstanciado, registrado no campo Observações desta Ata e/ou em formulários em anexo a esta Ata, elaborado pela Banca Examinadora.

Observações da Banca Examinadora (caso inexistentam, anular o campo):

Nada mais havendo a tratar, declarou-se encerrada a sessão de Defesa, sendo a presente Ata lavrada e assinada pelos(as) senhores(as) membros da Banca Examinadora e pela discente, atestando ciência do que nela consta.


Milena Dutra da Silva/UFPB


Lincoln Eloi de Araújo/UFPB


Nadjacleia Vilar Almeida/UFPB


Iara dos Santos Medeiros/FMA


Fernando Natanael da Silva Pacheco/EGMA-UFAL

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus,

A minha família, sobretudo, a meus pais e minha irmã pelo apoio incondicional.

A minha orientadora, Prof^a Dra. Milena Dutra da Silva, pelos ensinamentos compartilhados, paciência, e a confiança durante todo o curso até o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores que compõe o curso de Especialização em Gestão em Meio Ambiente pelo compartilhamento de experiências e ensinamentos, e pela qualificação para lidar com os desafios do dia a dia no amplo âmbito da Gestão Ambiental.

E aos colegas de turma, em especial Aldeci, Jaque, Janecléia, Markus, Rafaella, Taís e Vanessa.

RESUMO

O uso e ocupação do solo, a depender de sua configuração, pode ocasionar impactos a rede hidrográfica como poluição, assoreamento, erosão hídrica. Assim, o diagnóstico do uso e ocupação do solo é fundamental para o planejamento e gestão, ainda mais em territórios que apresentam dinâmica no uso ao longo do tempo e que já apresentam problemas ambientais, como a Microrregião de Arapiraca. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo estudar as características do uso e ocupação do solo que podem comprometer a integridade física e da qualidade dos corpos hídricos da Microrregião de Arapiraca. Para isso, foram elaborados os mapas uso e ocupação do solo, Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), utilizando imagens do satélite Landsat 8, sensor OLI, do ano 2017, mapa da rede hidrográfica, dispondo de dados secundários da ANA e LAVANC, e mapa de áreas permeáveis e de baixa permeabilidade. A partir das análises, foi observado que o solo exposto é o uso predominante, e a consolidação de área urbana tem maior concentração no município de Arapiraca. Destaca-se que, a predominância de solo exposto pode intensificar a quantidade de sedimentos nos leitos dos rios, favorecer o assoreamento e a modifica as características geomorfológicas dos rios, sob a ação do rápido escoamento superficial. Portanto, devem ser estimuladas ações para prevenir e mitigar problemas sociambientais decorrentes da intensificação dos usos solo exposto e urbano, com estímulo a preservação e recuperação de áreas de vegetação e, ou, as áreas permeáveis.

Palavras-chave: Áreas permeáveis; Solo exposto; Gestão e planejamento ambiental.

ABSTRACT

The land use and occupation, depending on its composition, can cause impacts on the hydrographic network such as pollution, silting, and erosion. Thus, the diagnosis of land use and occupation is essential for planning and management, even more so in territories that present dynamic use over time and that already present environmental problems, such as the Microregion of Arapiraca. Therefore, this work aimed to study the characteristics of land use and occupation that can compromise the physical integrity and the quality of the water bodies in the Arapiraca Microregion. For this, the land use and occupation maps, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), using images from the Landsat 8 satellite, OLI sensor, of the year 2017, hydrographic network map, disposing of secondary data from ANA and LAVANC, and map of permeable and low permeability areas were elaborated. From the analyses, it was observed that the exposed soil is the predominant use, and the consolidation of urban area has a higher concentration in the municipality of Arapiraca. It is noteworthy that the predominance of exposed soil can intensify the amount of sediments in river beds, favoring silting and modifying the geomorphological characteristics of rivers, under the action of rapid surface runoff. Therefore, actions should be encouraged to prevent and mitigate socio-environmental problems resulting from the intensification of exposed soil and urban uses, encouraging the preservation and recovery of vegetation areas and/or permeable areas.

Keywords: Permeable surfaces, Exposed soil, Environmental management and planning

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Microrregião de Arapiraca -AL	20
Figura 2 - Índices pluviométricos da estação de Limoeiro de Anadia (2017).....	25
Figura 3 - Classificação de uso e ocupação do solo na Microrregião de Arapiraca.....	26
Figura 4 - NDVI em período de estiagem (05/12/2017) para os municípios da Microrregião de Arapiraca	28
Figura 5 - NDVI em período chuvoso (12/06/2017) para os municípios da Microrregião de Arapiraca com vegetação caatinga	29
Figura 6 - Rios e massas d'água na Microrregião de Arapirac	30
Figura 7 - Permeabilidade do solo na Microrregião de Arapiraca	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Dados demográficos dos municípios da Microrregião de Arapiraca – AL.....	21
Tabela 2 - PIB em 2017 dos municípios da Microrregião dividido por setor	22
Tabela 3 - Regiões e Bacias Hidrográficas que incluem a Microrregião de Arapiraca - AL...	23
Tabela 4 - Intervalos de NDVI de classificação de vegetação de acordo com o modelo adaptado de Chuvieco (1990).....	24
Tabela 5 - Classes de uso e ocupação do solo na Microrregião de Arapiraca.....	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
NDVI	Índice de Vegetação da Diferença Normalizada
PAM	Produção Agrícola Municipal
PIB	Produto Interno Bruto
REGIC	Regiões de Influência das Cidades
SPC	<i>Semi-Automatic Classification</i>
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
SUWM	<i>Sustainable Urban Water Management</i>
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
USGS	<i>United States Geological Survey</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	11
2.1	Objetivos.....	11
2.1.1	Objetivo Geral.....	11
2.1.2	Objetivos Específicos.....	11
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1	Uso e ocupação do solo e os rios	12
3.1.1	Rios Urbanos: um breve panorama global, regional e local	14
3.2	Planejamento e Gestão das águas pluviais urbanas	16
3.3	Áreas permeáveis e impermeáveis	17
4	MATERIAL E MÉTODOS	20
	Área de estudo	20
	Mapa de uso e ocupação do solo.....	23
	Índice de Vegetação da Diferença Normalizada.....	24
	Hidrografia.....	25
	Área permeável e de baixa permeabilidade	25
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
6	CONCLUSÕES.....	35
	REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

Para atender suas necessidades, a sociedade moderna cada vez mais se apropria do espaço convertendo-o em espaço urbano. Sendo assim, o aumento populacional acompanha um processo de crescimento do tecido urbano, que ocorre em diferentes níveis de intensidades, ocupando o espaço pela adição de novas áreas ao perímetro urbano e ampliação da mancha edificada (JAPIASSÚ, 2014). A expansão urbana implica o aumento de áreas impermeáveis e, a depender de como essas transformações físicas-territoriais são ocasionadas, podem originar problemas ambientais.

A ampliação de áreas impermeáveis resulta em modificações nos processos hidrológicos, principalmente o escoamento superficial. O aumento deste, devido as modificações urbanas, pode ocasionar diversos problemas, como por exemplo, risco de inundações, aumento de vazões máximas e sua frequência, obstrução de galerias pluviais devido ao transporte de resíduos sólidos descartados de forma incorreta, contaminação de corpos hídricos por poluição difusa, e riscos à saúde pública por doenças de veiculação hídrica (TUCCI, 2005).

Para áreas de risco alagáveis, é importante que haja o reconhecimento prévio devido as diversas complexidades inerentes a estas. Então, para minimizar os efeitos adversos é indispensável uma gestão integrada, adotando medidas necessárias e considerando as particularidades de cada região (MARCATTO et al. 2016; SOUZA; OTTONI, 2015).

Com intuito de direcionar e evitar o acúmulo de águas pluviais geradas em ambientes urbanos são construídos sistemas de micro e macrodrenagem que apenas transfere os impactos gerados a montante para jusante. O processo de expansão urbana geralmente desconsidera os cursos d'água e para solucionar os problemas de enchentes é adotado a técnica de canalização dos rios que altera sua dinâmica e conseqüentemente suas características geomorfológicas, além disso, a água perde seu papel de elemento paisagístico da cidade (TUCCI, 2007; BAPTISTA; CARDOSO 2013; SOUZA, 2013).

A Microrregião de Arapiraca é constituída por 10 municípios e possui grande relevância no estado de Alagoas. De acordo com o estudo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de Regiões de Influência das Cidades (REGIC) 2018, Arapiraca é classificada como Capital Regional C e sua influência na Microrregião é significativa visto que detém o principal centro comercial e de serviços do interior do estado. Desta forma, a disponibilidade de serviços e comércio intenso favorece ao crescimento urbano e econômico, conseqüentemente, estes fatores resultam na transformação contínua do espaço urbano, e maior

circulação de pessoas. Então, as modificações ocorrem de forma simultânea na Microrregião e pode favorecer a ocorrência de problemas de enchentes e alagamentos. Só no primeiro semestre de 2020, nos meses de janeiro e março, os veículos de informação do estado de Alagoas (7 segundos, Gazeta Web, Cada Minuto) destacaram a ocorrência de alagamentos nos municípios de Arapiraca, nos bairros Brasília, Alto do Cruzeiro e Centro; Feira Grande; Taquarana, no qual causaram danos não só estruturais, como buracos nas vias, queda de árvores e postes, tráfego, como também perdas humanas (7SEGUNDOS; GAZETAWEB; CADAMINUTO, 2020).

A complexidade e a diversidade dos problemas relacionados aos recursos hídricos requerem soluções inovadoras, uma gestão preditiva, integrada e adaptativa. Neste sentido, as ferramentas de sensoriamento remoto permitem a aquisição de informações sobre o objeto que se deseja avaliar. No que tange aos recursos hídricos é possível obter informações sobre a morfologia fluvial, algumas propriedades físicas, químicas e biológicas (FLORENZANO, 2016; TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2011).

Desta forma, este trabalho tem como intuito diagnosticar o uso e ocupação do solo na Microrregião de Arapiraca, sob a perspectiva de identificação de causas e efeitos na hidrografia, visto que a substituição de áreas naturais por áreas de uso antrópico pode implicar em problemas ambientais e socioeconômicos vinculados aos recursos hídricos. Métodos e técnicas em geoprocessamento permitem observar de forma simultânea as características intrínsecas dessa Microrregião, além disso, fornecem dados e informações que podem ser decisivas para gestão ambiental de espaços urbanos, com fins de garantir um melhor planejamento visando o equilíbrio ecológico e social, além de ser uma ferramenta de baixo custo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo Geral

Estudar o uso e ocupação do solo e seus efeitos na hidrografia na Microrregião de Arapiraca -AL.

2.1.2 Objetivos Específicos

- Mapear o uso e ocupação do solo na Microrregião de Arapiraca – AL;
- Determinar a densidade de vegetação;
- Mapear a hidrografia na Microrregião de Arapiraca – AL;
- Mapear as áreas permeáveis e de baixa permeabilidade na Microrregião de Arapiraca – AL.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Uso e ocupação do solo e os rios

Os rios urbanos, sejam de médio ou grande porte, possibilitou a evolução das cidades. Sua presença permitiu a circulação das pessoas através de suas vias navegáveis, além disso, com a construção dos portos, foi formado vínculos entre diversos centros produtores com o comércio marítimo, além de serem lugar de convívio para a sociedade (CORAZZA, et al. 2008; BAPTISTA; CARDOSO, 2013).

Suas águas foram e são indispensáveis para a manutenção da população e garantir qualidade de vida para a mesma. A água é utilizada para diversos fins, como o abastecimento humano, produção de bens e consumo, geração de energia e recreação.

Logo, a proximidade aos corpos hídricos permitiu o desenvolvimento de atividades humanas, integrando a paisagem urbana. No entanto, à medida que as cidades cresciam, a conservação e proteção dos corpos hídricos não foi garantida, o que ocorreu - e ainda ocorre - é o tratamento urbanístico dos cursos hídricos, como a canalização, retificação, construção de avenidas a margens dos rios. Soma-se a isso, o comprometimento da qualidade da água, visto que há o lançamento de esgoto doméstico ou ligações clandestinas nos sistemas de drenagem ainda ocorrem (DE MELLO REZENDE, 2016).

O processo de urbanização, segundo Gorski et al. (2008), anula gradualmente a importância dos corpos hídricos, visto que, à medida que se tornam antropizados, características como cor e cheiro desagradável ou quando representam uma ameaça de inundação, prevalecem. Logo, isso interfere na percepção da população, dissolvendo seu vínculo com os corpos hídricos, e exigem que tais elementos sejam submetidos a medidas estruturais, formando assim um ciclo vicioso.

Os rios possuem características geomorfológicas próprias, então, no processo de urbanização e apropriação da natureza, os gestores devem considerar estas características, além do potencial ecológico, a diversidade, o potencial paisagístico e a riqueza cênica (GALLO, GUARALDO, 2017). Sendo que o reconhecimento destes elementos na dinâmica do espaço urbano, torna possível a “retomada dos rios de volta ao convívio social e equilíbrio ecológico” e despertar a consciência da população da necessidade e importância dos rios nos ambientes urbanos (MORSCH et al., 2017; BENINI, 2018).

Os corpos hídricos se mostram presentes, elementos vivos da paisagem, muitas vezes percebidos pelas ocorrências de cheias, que podem resultar em enchentes e alagamentos devido a própria ação antrópica. Sendo que, a população de baixa renda são as mais vulneráveis a esses impactos devido sua exclusão do próprio sistema urbano sendo obrigadas a habitar espaços

desvalorizados com infraestrutura precária, caracterizado por ambiente insalubre e baixa qualidade de vida (CARDOSO, 2017; FERREIRA, 2020).

Diante de tantos impactos, há uma crescente preocupação em que surge a necessidade de aplicar medidas mitigadoras visando a melhoria da qualidade desses rios e da vida da sociedade urbana. Os profissionais de diversas áreas notaram sobre a importância de recuperar as condições pré-desenvolvimento. Dessa forma, são desenvolvidos planos e projetos com intuito não só da melhoria da qualidade da água, como também os aspectos estéticos e recreacionais dos rios urbanos (PURCELL et al., 2002).

Garcias e Afonso (2013) apresentam conceitos relacionados a revitalização de rios urbanos, além de um panorama de casos ao redor do mundo em que projetos com objetivos de restaurar as funções ecológicas do rio, implantação de estações de tratamento de esgoto, planejamento em escala de bacia, entre outros, com a participação da sociedade, a esfera pública e acadêmica.

No Brasil, o projeto Manuelzão, em Minas Gerais, ganha destaque com a iniciativa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Visando revitalizar o rio das Velhas, o projeto com base sistêmica e transdisciplinar realizou ações continuadas de educação ambiental, e medidas estruturais como plantio de espécies nativas para a recomposição das margens e a construção de estações de tratamento de esgoto (GARCIAS; AFONSO, 2013).

Através de projetos como esse e a utilização de outras técnicas, fica clara a demanda para remediar os graves problemas causados aos rios urbanos. Além dessas medidas, existem outras que podem ser classificadas como não estruturais que também visam amparar os recursos hídricos. Por exemplo, a Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012, dispõe sobre a proteção da vegetação nativa envolta do corpo d'água. Esta medida pode ser muito eficaz, evitando que sedimentos e o assoreamento do rio ocorra. Outro instrumento essencial é o plano diretor estabelecido pela Lei Nº 10.257 de 10 de julho de 2001, conhecida também como Estatuto das Cidades, através do plano diretor é possível definir e regular quais os ambientes de ocupação, ou seja, áreas próximas a rios devem ter uma atenção especial.

Dessa forma, é importante estabelecer metas que visem requalificar os corpos hídricos urbanos com a participação de todos - técnicos, gestores, acadêmicos, e a população – a fim de adotar medidas estruturais ou não estruturais buscando o equilíbrio sustentável, econômico e social.

Os rios situados nas zonas rurais são fundamentais para o desenvolvimento econômico e social. Nesse sentido, Candiotto (2019) destaca a importância da proteção dos corpos hídrico

rurais, propondo uma série de medidas para evitar o despejo direto de efluentes no canal, e consequentemente, os produtores da região poderem utilizar a água para o cultivo de lavouras.

É necessário destacar que na zona rural os efeitos do escoamento superficial são atenuados pelo solo e vegetação. No entanto, segundo Rodrigues (2020) a supressão de vegetação e o desenvolvimento de atividade agropecuárias predatórias pode contribuir para o aumento da precipitação efetiva e reduzir a capacidade de infiltração dos solos, acelerando o escoamento superficial e consequente impactos locais

3.1.1 Rios Urbanos: um breve panorama global, regional e local

Os rios são diretamente influenciados pelo fenômeno da urbanização. As mudanças que convertem os rios, elemento da paisagem natural, os moldando à paisagem citadinas, não são exclusivas de uma determinada localidade e/ou grande centro. Ocorrem em todo o mundo alterando, em diferentes intensidades, a qualidade e os ecossistemas desses rios.

De acordo com os dados presentes no relatório do Ministério de Ecologia e Meio Ambiente da China (2019), cerca de 8% dos rios urbanos chineses estão com a qualidade de suas águas comprometidas. Segundo Xu et al. (2019), na rápida expansão urbana dos países em desenvolvimento na década de 1980, em que se enquadra a China, os profissionais priorizavam a construção dos sistemas de drenagem, e juntamente com os sistemas de esgotos sanitários, destinavam as águas servidas diretamente aos rios urbanos, chegando a altos níveis de degradação.

Para análise dos rios urbanos deve-se considerar o uso e o ocupação do solo, uma vez que este pode ser configurado de inúmeras formas. Nesse sentido, uma região industrial de uma cidade pode causar sérios impactos negativos aos rios urbanos caso não sejam adotadas as medidas adequadas. Segundo Everard e Moggridge (2012) o rio Don, localizado no Reino Unido, sofreu intensas alterações por consequência das atividades industriais desenvolvidas na região que é marcada pela presença recursos minerais, o que atraiu os assentamentos humanos e favoreceu expansão da indústria de metal.

Um exemplo de rio urbano que ganhou destaque internacional pelas fortes intervenções antrópicas, é o rio Cheonggyecheon, localizado em Seul, Coreia Do Sul; para solucionar o problema de congestionamento no centro de Seul, foi construído sobre o Rio uma autoestrada, além da prática de despejos de efluentes (GARCIAS; AFONSO, 2013). Com objetivo de restaurar o rio Cheonggyecheon, em 2002, os projetos começaram a ser executados, reinserido na paisagem urbana, através de ações que valorizavam a história e a cultura do centro de Seul, além da demolição das vias sobre os rios, tratamento de efluente e instalação de

estações de abastecimento de água. Desta forma, a restauração do rio Cheonggyecheon tornou-se referência no planejamento e desenvolvimento urbano, buscando a melhoria ambiental e urbanística (GARCÍAS; AFONSO, 2013; KIM; JUNG, 2019).

Os cenários relatados anteriormente, de impactos ambientais negativos, são também registrados ao longo do processo histórico de expansão urbana no Brasil. Analisando a Região Nordeste, observa-se que os rios urbanos se encontram degradados, com parâmetros de qualidade da água em desacordo com os valores estabelecido pela resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Isso pode ser verificado na avaliação da qualidade da água de rios urbanos realizado por Pessoa et al. (2018), em dez municípios do Estado da Bahia - com destaque para as cidades de Feira de Santana, Itabuna, Jequié e Itororó-, nos quais os parâmetros de coliformes termotolerantes, DBO, OD e fósforo total encontram-se em desconformidade com os valores da CONAMA 357/2005. Embora as cidades possuam coleta de esgoto, o tratamento ainda é ausente, conseqüentemente, os rios têm a qualidade da água comprometida, uma vez que são alvos de despejo desses efluentes.

Segundo Bautista (2015), a bacia do rio Beberibe, localizada nas cidades do Recife, Camaragibe, Olinda e Paulista, está sob diversos níveis de intervenções antrópicas. Às margens do rio encontram-se ocupações irregulares, sem as estruturas adequadas de saneamento básico, com foz impermeabilizada e fragmentada. Além disso, o canal da Malária e o riacho Lava-Tripa estão degradados, sendo o último, assoreado e sem manutenção. Por fim, projetos de requalificação estão sendo aplicados na foz e no canal da Malária (BAUTISTA, 2015).

O riacho Pajeú, está quase oculto da paisagem da cidade de Fortaleza, devido a canalização, com apenas alguns trechos visíveis no Parque Pajeú e próximo ao Mercado Central. Os impactos ambientais na região são: inundações, piora do microclima, e a perda do vínculo entre o Riacho e a população, desconsiderado sua importância histórica e cultural que foi para a Cidade (DUTRA, 2017).

Em Alagoas foram realizados estudos nas últimas décadas que avaliaram a qualidade da água dos rios Piauí e Perucaba, dentro do limite municipal de Arapiraca. O riacho Piauí, devido aos despejos de esgoto *in natura*, apresenta altos índices de contaminação, com presença de quantidades elevadas de coliformes totais, sendo inserido na classe IV de acordo com a resolução CONAMA 357/2005. Além disso, é destacado que as nascentes originárias do riacho Piauí se encontram impermeabilizadas (CAMPOS; DORNELLAS, 2008; SILVA, 2012; FEITOSA et al., 2020).

O rio Perucaba apresenta condições semelhantes de degradação, os índices de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) avaliados por Brunet (2019) classificam o rio na

categoria IV de acordo com a CONAMA 357/2005, águas que podem ser utilizadas apenas navegação e harmonia paisagística.

3.2 Planejamento e Gestão das águas pluviais urbanas

Diante da dinâmica do espaço construído e os diversos impactos relacionados a este, se faz necessário o planejamento e a gestão urbana e ambiental, analisando diversos cenários, com o intuito de propor medidas e soluções que minimizem os riscos e promovam a segurança do meio ambiente e da população.

No que tange ao gerenciamento das águas pluviais urbanas e seus impactos, as soluções eram baseadas, primordialmente, em medidas estruturais em que se realiza a coleta o mais rápido possível dessas águas e condução destas diretamente à jusante. Percebido que essa abordagem era insuficiente, o gerenciamento integrado se tornou indispensável, envolvendo os segmentos de abastecimento de água, esgotamento sanitário e resíduos sólidos, visando múltiplos objetivos como melhoria do microclima, proteção aos corpos d'água receptores e amenidade social (WALSH et al., 2016).

Diante dos desafios atuais pertinentes ao gerenciamento das águas urbanas, Dunn et al. (2017) comentam sobre a necessidade de mudanças estruturais nas políticas, processos e instituições que conduzem as relações entre meio ambiente e sociedade. Também acrescentam a importância de abordar as águas urbanas de forma mais abrangente, integradora e holística, a fim de construir cidades mais resilientes que possam lidar com a imprevisibilidade e a mudança.

A complexidade que envolve a gestão das águas pluviais urbanas não permite que as medidas sejam tomadas isoladamente, as ações combinadas trazem melhores soluções aos efeitos da precipitação. Villanueva et al. (2011) destaca a importância de propor medidas unindo os diversos segmentos como, por exemplo, controle de cheias, melhoria da qualidade da água, aproveitamento da água da chuva e soluções de baixo custo. Ainda, segundo os autores, é essencial a integração e comunicação entre os diversos setores como o setor de planejamento do uso do solo e da infraestrutura urbana.

Apesar dos desafios, a gestão das águas pluviais urbanas deixou de ser vista apenas como um problema, mas vem sendo reconhecida as oportunidades que ela pode oferecer, como, por exemplo, abastecimento de água adicional, aumento da biodiversidade, microclima melhorado, levando a uma mudança cultural no setor (FLETCHER et al., 2015).

Segundo Brown et al. (2008), as comunidades urbanas, ciente dos impactos que o crescimento urbano pode ocasionar nos corpos hídricos, têm buscado alternativas que minimizem os impactos, através de inovações tecnológicas e mudança de valores que priorizam

o meio ambiente e os cursos d'água, e que há um número crescente de profissionais que lidam com as questões das águas urbanas focando na transição para uma gestão sustentável das águas urbanas – na língua inglesa *Sustainable Urban Water Management* (SUWM).

Logo, é importante que os responsáveis pela gestão das águas pluviais urbanas e, em conjunto com a população, atuem de forma mais sustentável, para que todos possam compartilhar os benefícios dos rios urbanos, não só aspectos que envolvem a qualidade de vida, mas também a qualidade ambiental.

3.3 Áreas permeáveis e impermeáveis

Os solos são elementos que sofrem consideráveis impactos com a crescente urbanização, em que o processo de impermeabilização altera suas funções ecológicas e sistêmicas. Neste sentido, a compactação do solo diminui a porosidade, juntamente com a capacidade de infiltração, aumentando assim a presença de água na superfície (MORAES, 2019).

As superfícies impermeáveis (por exemplo, telhados, estradas, calçadas, caminhos de acesso, estacionamentos e outros pavimentos) estão diretamente relacionadas com o escoamento superficial, então, à proporção que essas áreas impermeáveis aumentam há, também, um incremento do escoamento dentro da bacia hidrográfica resultando diversos impactos como já mencionado. O mapeamento das áreas impermeáveis pode ser aplicado para assimilar e minimizar os impactos do desenvolvimento urbano (LICHTBLAU; OSWALD, 2019).

A expansão urbana e o crescimento populacional são fenômenos naturais que podem ocorrer de forma espontânea. Desta forma, o planejamento é uma ferramenta indispensável em que pode ser estabelecidas metas para prever e mitigar possíveis impactos. É perceptível que uma das características intrínseca a urbanização é a supressão de vegetação e pavimentação dos solos, que alteram o microclima e ciclo hidrológico, conseqüentemente, as chuvas ocorrem com maiores magnitudes e menor tempo de recorrência (SANTOS et al., 2017).

As áreas impermeáveis não só produzem o aumento no escoamento superficial, como também estão relacionadas aos impactos da qualidade dos corpos d'água, visto que, o excesso de águas pluviais transporta os componentes presentes na superfície e no ar. Poluentes atmosféricos vindos dos automóveis, que contém nitrogênio e enxofre; resíduos sólidos; e sedimentos, são carreados até o sistema de drenagem mais próximo e despejados nos corpos hídricos aumentando a carga e concentração de poluentes e comprometendo seu equilíbrio (UYGUN; ALBEK, 2020).

Nesse sentido, a presença das áreas permeáveis em uma cidade é indispensável devido sua capacidade conter os efeitos de vazão de pico, evitar alagamentos e a poluição hídrica. Existem técnicas de drenagem sustentável com objetivos de alcançar as condições de pré-ocupação através da retenção e infiltração das águas precipitadas, a fim de reduzir os impactos de inundações. São elas, trincheiras de infiltração, bacias de detenção e poços de infiltração (MARCATTO et al., 2016).

Os espaços verdes públicos e privados (por exemplo, jardins, parques, bosques, campos de futebol) protegem contra as inundações, possibilitando a infiltração das águas pluviais no solo. Estas áreas podem ser aplicadas em diversas escalas do planejamento urbano e gestão das águas pluviais, com intuito de atingir as condições de manutenção dos sistemas hídricos e reestabelecendo os processos naturais e o convívio urbano sendo que podem ser utilizadas para diferentes fins recreativos (ROCHA, 2019).

Embora a presença dessas áreas seja fundamental, não é garantia que os impactos sejam plenamente atenuados. Os profissionais responsáveis pelo setor, pela gestão e manejo dessas áreas, precisam monitorá-las para que não sejam substituídas por áreas impermeáveis ou melhorar sua distribuição nas cidades, e definir políticas públicas.

Para esse fim, existem diversas ferramentas disponíveis que podem ser aplicadas, no entanto, segundo Farina (2006), as ferramentas tradicionais de monitoramento têm se tornado defasadas já que não acompanham a dinâmica rápida dos espaços urbanos. Diante disso, uma alternativa são os sistemas de informações geográficas, cartografia digital e sensoriamento remoto. São ferramentas relevantes na avaliação e monitoramento do espaço urbano, logo, podem auxiliar os técnicos na tomada de decisão (STANGANINI; LOLLO, 2018).

As ferramentas de geoprocessamento têm grande aplicabilidade, conseqüentemente, os gestores podem avaliar quais intervenções serão necessárias, visando a melhoria ambiental e habitacional. Segundo Larentis et al. (2020), através de ferramentas de geoprocessamento é possível fazer o mapeamento e o diagnóstico do uso e cobertura do solo para fins de planejamento estratégico, e por meio de instrumentos como do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU), preservar a permeabilidade do solo, e evitar riscos de inundações, por exemplo.

A pesquisa feita por Ramos et al. (2020), objetivou através de imagens de sensoriamento remoto, mensurar o Índice de Áreas Verdes (IAV) nas regiões Norte, Noroeste e Meia Ponte da cidade de Goiânia, Goiás. Logo, com a junção das ferramentas, definir planos ou projetos que visem a conservação e proteção dessas áreas, e assim manter as funções ecológicas e paisagísticas, a qualidade ambiental e social.

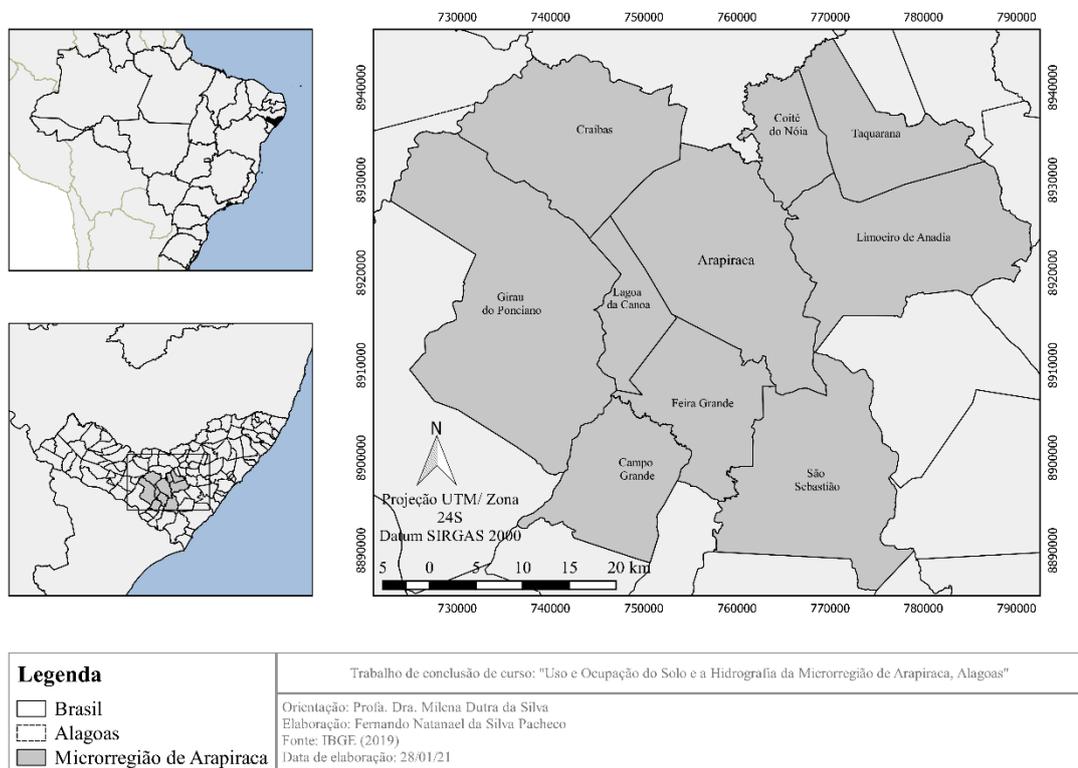
É importante destacar que existem *softwares* e imagens de satélites que podem ser adquiridos gratuitamente. O INPE disponibiliza um banco de imagens de diversos satélites que podem ser adquiridas por qualquer usuário. Desta forma, permite que instituições não comprometam seu orçamento.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A Microrregião de Arapiraca, localizada no estado de Alagoas, é constituída pelos municípios de Arapiraca, Campo Grande, Coité do Nóia, Craíbas, Feira Grande, Girau do Ponciano, Lagoa da Canoa, Limoeiro de Anadia, São Sebastião e Taquarana (Figura 1). De acordo com o banco de dados do IBGE (2020), a Microrregião de Arapiraca possui área de 2264,244 km², sendo os municípios de Arapiraca, Girau do Ponciano e São Sebastião, possuem as maiores unidades territoriais. Em relação a população, a Microrregião é composta por 410.319 habitantes, sendo Arapiraca, Lagoa da Canoa e Feira Grande os municípios com maiores densidades demográficas (Tabela 1).

Figura 1 - Localização da Microrregião de Arapiraca -AL



Fonte: O autor (2021)

Tabela 1- Dados demográficos dos municípios da Microrregião de Arapiraca – AL

Município	População (2010)	Densidade demográfica (2010) hab/km²	Área da unidade territorial km² (2019)	População (estimativa 2020)
Arapiraca	214.006	600,83	345,655	233.047
Campo Grande	9.032	53,98	170,144	9.567
Coité do Nóia	10.926	123,4	88,759	10.643
Craíbas	22.641	83,44	278,879	24.309
Feira Grande	21.321	123,42	175,906	22.178
Girau do Ponciano	36.600	73,11	513,454	41.237
Lagoa da Canoa	17.771	206,33	83,621	18.250
Limoeiro de Anadia	26.992	85,48	309,205	28.771
São Sebastião	32.010	101,59	314,924	34.290
Taquarana	19.020	114,55	153,841	20.072
Total	410.319	1566,13	2264,244	442.364

Fonte: IBGE (2020)

A Microrregião de Arapiraca possui um papel importante na economia de Alagoas. Em 2017, o Produto Interno Bruto (PIB) produzido foi de R\$ 6.364.074,63, no qual as principais atividades econômicas desenvolvidas estão relacionadas ao setor de serviços e agropecuária (Tabela 2). A área plantada ou destinada à colheita corresponde a 44.904 hectares, com destaque para a produção de mandioca (126.208 t), cana-de-açúcar (389.679 t), fumo (3.303 t) e feijão (2.444 t).

Tabela 2 - PIB em 2017 dos municípios da Microrregião dividido por setor

Município	Agropecuária	Indústria	Serviços – Exclusive Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social	Administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social
Arapiraca	R\$ 421.008,04	R\$ 314.136,54	R\$ 2.125.364,32	R\$ 806.706,93
Campo Grande	R\$ 16.006,65	R\$ 4.089,48	R\$ 17.178,99	R\$ 44.581,43
Coité do Nóia	R\$ 38.938,97	R\$ 2.627,74	R\$ 19.165,10	R\$ 40.113,96
Craíbas	R\$ 47.519,35	R\$ 13.101,25	R\$ 43.558,46	R\$ 88.051,73
Feira Grande	R\$ 142.818,50	R\$ 12.429,85	R\$ 40.910,41	R\$ 86.330,50
Girau do Ponciano	R\$ 77.941,08	R\$ 8.061,71	R\$ 77.960,23	R\$ 150.565,51
Lagoa da Canoa	R\$ 44.073,79	R\$ 5.317,99	R\$ 33.882,49	R\$ 71.452,65
Limoeiro de Anadia	R\$ 228.902,04	R\$ 40.704,55	R\$ 63.903,99	R\$ 109.264,14
São Sebastião	R\$ 115.644,11	R\$ 8.984,30	R\$ 110.934,55	R\$ 133.778,28
Taquarana	R\$ 130.077,89	R\$ 7.048,14	R\$ 52.782,86	R\$ 78.596,69
Total	R\$ 1.262.930,42	R\$ 416.501,55	R\$ 2.585.641,40	R\$ 1.609.441,82

Fonte: IBGE (2017)

Os corpos d'água da Microrregião de Arapiraca estão inseridos em quatro Regiões Hidrográficas e oito Bacias Hidrográficas (Tabela 3). Além disso, os corpos d'água são utilizados para diversos fins, por exemplo, abastecimento humano, industrial, para de fins de irrigação e dessedentação animal (SEMARH, 2020).

Tabela 3 - Regiões e Bacias Hidrográficas que incluem a Microrregião de Arapiraca - AL

Região Hidrográfica	Bacia Hidrográfica	Municípios inclusos
Sertão do São Francisco	Rio Traipu	Arapiraca, Craíbas, Girau do Ponciano, Lagoa da Canoa
Piauí	Rio Piauí, Boacica, Itiúba, Perucaba, Tibiri	Arapiraca, Campo Grande, Feira Grande, Girau do Ponciano, Lagoa da Canoa, Limoeiro de Anadia, São Sebastião
Coruripe	Rio Coruripe	Arapiraca, Coité do Nóia, Limoeiro de Anadia, Taquarana
São Miguel	Rio Jequiá	Limoeiro de Anadia, Taquarana

Fonte: SEMARH (2020)

Adicionalmente, os biomas predominantes na Microrregião de Arapiraca são os biomas de Caatinga e Mata Atlântica (IBGE, 2020). Ademais, como está inserida no agreste de Alagoas, o clima é caracterizado como seco e quente e precipitação média anual de 600 mm a 900mm (BRASIL, 2012).

Mapa de uso e ocupação do solo

Para mapear o uso e a ocupação do solo foram utilizados métodos e técnicas em geoprocessamento dispondo de imagens de satélites referente ao ano de 2017, da Microrregião de Arapiraca, Alagoas. A seleção do ano de 2017 foi determinada pela disponibilidade de imagens que possibilitassem a produção de dados de uso e cobertura de qualidade para a área de estudo, com percentual de cobertura de nuvens inferior a 5%. Para a análise, foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8, sensor OLI, dos dias 12/11/2017 e 05/12/2017, obtidas no geocatálogos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e USGS (*United States Geological Survey*).

Posteriormente, as imagens foram adicionadas no software Qgis versão 2.14.9 Essen. Então, para elaboração do mapa de uso e ocupação do solo foi utilizado o plugin *Semi-Automatic Classification* (SCP), que para o satélite Landsat 8, são necessárias as bandas 2 a 7. O SPC realiza o pré-processamento e correção atmosférica dessas bandas e, em seguida, para construção do mosaico, foi realizada a classificação supervisionada utilizando o método da Distância Mínima Euclidiana, que, segundo Santos et al. (2019), o teorema de Pitágoras é utilizado como base para o calcular a distância espectral de cada pixel até a média de cada classe em cada banda.

Índice de Vegetação da Diferença Normalizada

Para identificação e conhecimento da densidade de cobertura vegetal foi utilizado o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI). Seu cálculo consiste na utilização dos valores de reflectância da banda vermelho e da banda infravermelho próximo, que correspondem, respectivamente no sensor OLI, às bandas 4 e 5 (SALVATIERRA, 2016; WANDERER, 2018). A fórmula do de NDVI utilizada foi proposta por Rouse et al. (1973), abaixo descrita:

$$NDVI = \left(\frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V} \right)$$

Em que:

ρ_{IV} : é o valor da reflectância na faixa do infravermelho próximo

ρ_V : é o valor da reflectância na faixa da região espectral do visível

Em seguida, foi realizada a classificação da vegetação a partir do modelo adaptado de Chuvieco (1990) (Tabela 4).

Tabela 4 - Intervalos de NDVI de classificação de vegetação de acordo com o modelo adaptado de Chuvieco (1990)

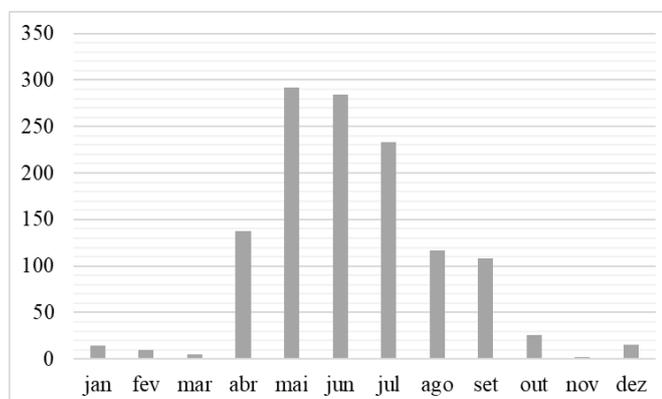
Fitofisiografia	Intervalo de NDVI
Áreas não vegetadas	$\geq -0,0484$ e $<0,0701$
Vegetação rala	$>0,100$ e $<0,188$
Vegetação esparsa	$>0,188$ e $<0,400$
Vegetação/área de transição	$>0,400$ e $<0,552$
Vegetação densa	$>0,552$

Fonte: Adaptado Chuvieco (1990)

Para melhor interpretação dos resultados de cobertura de vegetação, foram considerados os períodos de estiagem e de chuva, visto que a disponibilidade da água interfere no desenvolvimento da planta (mais verdes, nutridas, sadias) influenciando nas respostas espectrais (BORATTO; GOMIDE, 2013; BARBOSA et al., 2017). Essa influência da disponibilidade hídrica é ainda mais pronunciada em formações vegetais de floresta caducifólia, como a caatinga presente em alguns municípios da Microrregião de Arapiraca. Para definição dos períodos correspondentes à estiagem e de chuva, foram verificados os dados de precipitação do ano 2017 (SEMARH) da estação pluviométrica de Limoeiro de Anadia (Figura 2). Após a

verificação, foi calculada a média (14,40 mm) das precipitações e, então, selecionados os meses de junho (chuvoso) e dezembro (estiagem), com precipitação de 284 mm e 15 mm, respectivamente.

Figura 2 - Índices pluviométricos da estação de Limoeiro de Anadia (2017)



Fonte: Adaptado SEMARH (2017)

Hidrografia

Para o mapeamento da hidrografia da Microrregião, foram utilizados dados secundários da Agência Nacional das Águas (ANA) e do LAVANC, baseado em dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), que permitiram identificar os elementos que compõe a hidrografia da Microrregião, como rios e massas d'água.

Área permeável e de baixa permeabilidade

A análise da permeabilidade do solo e seus impactos no escoamento superficial foi realizada por meio de reclassificação de imagens multiespectrais e classificação supervisionada, para identificação de áreas permeáveis, de baixa permeabilidade e de áreas impermeáveis.

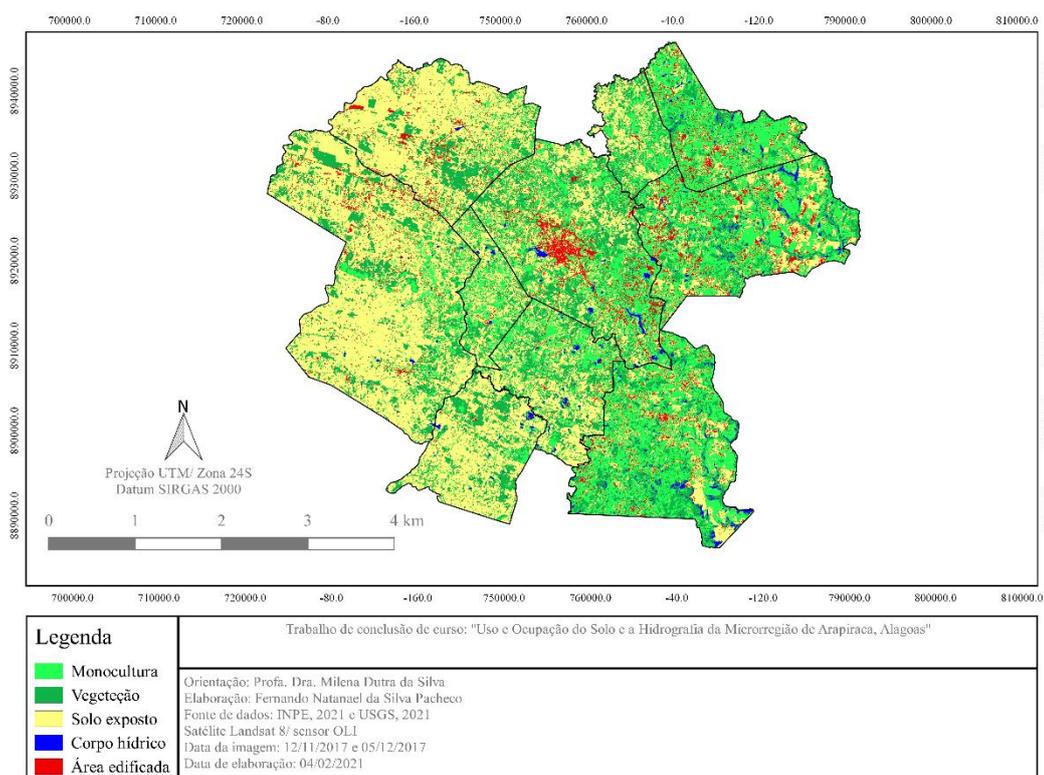
Todos os processamentos foram realizados em software SIG, livre e gratuito, QGIS, sob suporte do LAVANC/UE Penedo-UFAL. Em atendimento aos protocolos de segurança adotados pela UFAL durante a pandemia do COVID-19, todas as etapas e processos dessa pesquisa foram realizadas de modo remoto.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uso e ocupação do solo

O uso e a ocupação do solo na Microrregião de Arapiraca são caracterizados pelas classes monocultura, vegetação, solo exposto, corpo hídrico e área construída (Figura 3). Em relação a área total da Microrregião, o uso predominante corresponde ao solo exposto, com 43,95% (1083 km²); seguidos da monocultura, com 24,63% (604 km²); e vegetação, com 23,51% (579 km²). As menores classes foram área construída, com 5,97% (147 km²); e corpos hídricos, com 1,53% (37 km²) (Tabela 5).

Figura 3 - Classificação de uso e ocupação do solo na Microrregião de Arapiraca



Fonte: O autor (2021)

Tabela 5 - Classes de uso e ocupação do solo na Microrregião de Arapiraca

Uso e ocupação	Valor correspondente a área total da Microrregião de Arapiraca (%)	Valor correspondente a área total da Microrregião de Arapiraca em km ²
Monocultura	24,63	1083
Vegetação	23,51	604
Solo exposto	43,95	579
Corpo hídrico	1,53	147
Área construída	5,97	37

Fonte: O autor (2021)

A predominância de solos expostos pode estar associada ao preparo do solo para atividades agrícolas. Nos municípios de Girau do Ponciano, Craíbas, Feira Grande, Campo Grande, onde o solo exposto foi identificado na paisagem de forma mais pronunciada, a área plantada, em 2012, foi equivalente a 147 km², segundo a publicação Agropecuária dos Municípios Alagoanos pela Secretaria de Estado do Planejamento e do Desenvolvimento Econômico (2014), o que corresponde 24,34% da classe de solo exposto. E, segundo a base de dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em 2018, a área colhida de milho, mandioca, fumo, e feijão equivale a 230 km².

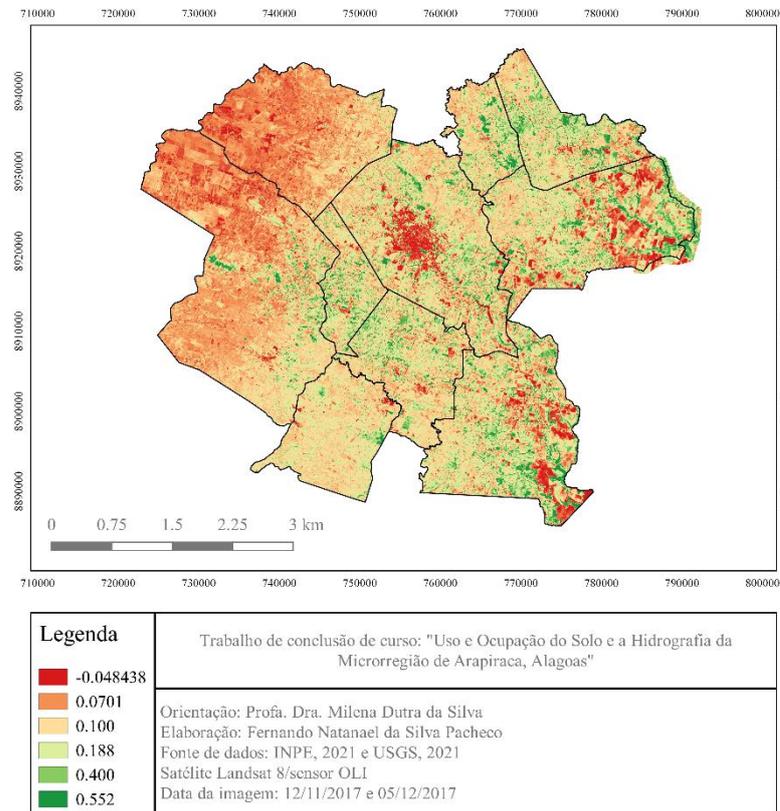
A precipitação em áreas de solo exposto favorece o processo de erosão hídrica, sendo as partículas do solo desprendidas e carregadas através do escoamento superficial, o que pode levar a formação de voçorocas. Como medida de prevenção é necessário conservar a vegetação natural que pode atenuar a velocidade do escoamento e, conseqüentemente, o transporte de sedimentos (SILVA et al., 2019).

O estudo proposto por Pinheiro et al. (2018) indicou que a vegetação atua como uma barreira física tornando o solo menos vulnerável aos efeitos do escoamento, visto que, o solo exposto perdeu em média 17 vezes mais partículas em comparação com o solo vegetado. Desta forma, é importante fazer o manejo adequado dessas áreas, conservando um percentual ideal de vegetação sem comprometer as atividades agrícolas.

Na Microrregião de Arapiraca pode ser observado solo exposto em torno de rios e massas d'água, principalmente na zona rural dos municípios de Campo Grande, Craíbas, Feira Grande, e zona urbana dos municípios de Arapiraca e Limoeiro de Anadia (Figura 3). A ausência de vegetação nas margens do rio acelera o processo de deposição de sedimentos nos leitos, isto foi constatado por Andrade e Maia (2018), em que o rio Jaguaribe (Ceará) sob os efeitos da precipitação e escoamento, tiveram os impactos de erosão a margem acentuado, e que a área degradada (6,06 m³ano⁻¹) apresentou maior volume de material erodido em comparação a área parcialmente conservada (0,18 m³ano⁻¹), destacando a importância da mata ciliar na estabilidade das margens.

No NDVI para o período de estiagem, foi observado a predominância de área não vegetada e vegetação em baixa densidade (Figura 4). A presença de área não vegetada está associada a presença de solo exposto, corpos hídricos, e a área construída. Já a vegetação em baixa densidade (rala e esparsa), pode estar associada a fatores naturais como as características da vegetação local, condições climáticas, tipo de solo, ou a fatores antrópicos, em que são substituídas para desenvolvimento de atividades agropecuárias ou pela impermeabilização.

Figura 4 - NDVI em período de estiagem (05/12/2017) para os municípios da Microrregião de Arapiraca

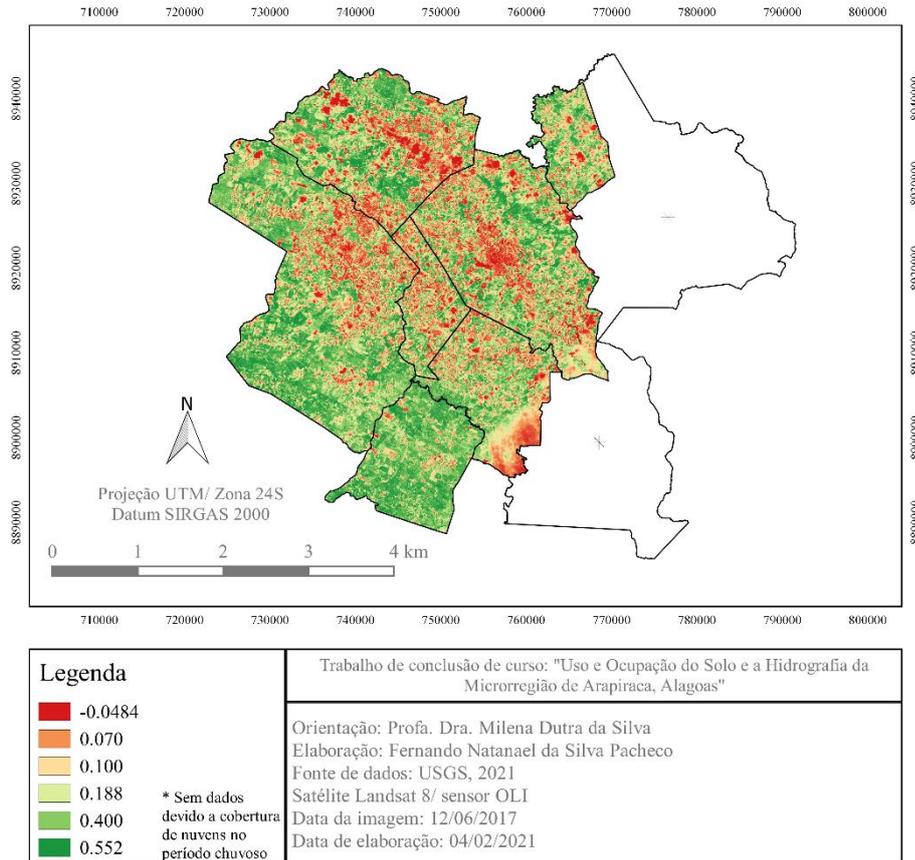


Fonte: O autor (2021)

O estudo realizado por Wanderer (2018) constatou que entre o intervalo de valores (-0,405 - 0,281) de NDVI de uma área rural do município de Arinos (MG), 17,47% era solo exposto, descartando que área se encontra em estado de degradação.

No período chuvoso houve diferença no comportamento espectral da vegetação, em que foi verificado o aumento na classe de vegetação densa, em comparação ao período de estiagem (Figura 5). Além disso, a diminuição de “áreas não vegetadas” em período de maior precipitação poder estar associada a presença de vegetação de caatinga, que recompõe suas folhas diante da disponibilidade hídrica. Essa dinâmica é mais perceptível nos municípios de Girau do Ponciano e Craíbas (Figuras 4 e 5). As chuvas que ocorreram nesse período podem influenciar em diferentes respostas espectrais deste bioma.

Figura 5 - NDVI em período chuvoso (12/06/2017) para os municípios da Microrregião de Arapiraca com vegetação caatinga



Fonte: O autor (2021)

Segundo Barbosa et al. (2017), através das mudanças sazonais é possível identificar os aspectos que envolvem o comportamento da vegetação Caatinga, já que na transição do fim do período chuvoso para a estiagem, ocorre a perda de folhas (caducifólia).

Essa mudança do NDVI sob influência da chuva na vegetação da caatinga também foi percebida por Lourenço et al. (2017), na Bacia Experimental de Aiuaba (CE), em que a vegetação se encontra em íntegra atividade fotossintética e com expressiva biomassa foliar, principalmente no bioma preservado.

É importante ressaltar que diferentes densidades de vegetação podem influenciar nos efeitos do escoamento superficial, sendo as vegetações mais densas capazes de minimizar os efeitos através da interceptação.

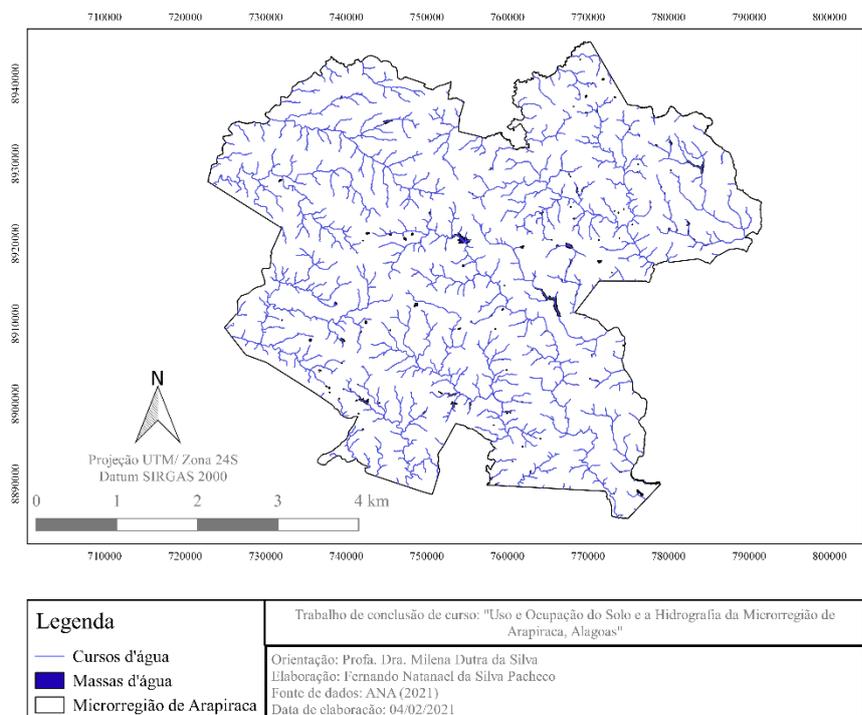
Hidrografia

Os rios e massas d'água estão inseridos em todos os municípios da Microrregião de Arapiraca (Figura 6). Os canais podem ser classificados como sinuosos, com pequenas curvaturas e pontos irregulares, onde o padrão não se repete; a rede de drenagem é caracterizada com alta e baixa densidade, sinuosidade mista, padrão dendrítico e pinado (KELLERHALS et al., 1976 apud GUERRA, CUNHA, 2007; SOARES; FIORI, 1976).

As características dos canais e padrões de drenagem podem sofrer impactos devido as intervenções antrópicas, como as obras de canalização e retificação dos rios. Cunha (1991) apud Guerra e Cunha (2007), relata que após a retificação do rio São João, o rio Pirineus, seu afluente, teve sua geomorfologia modificada, em que houve mudanças nos padrões de drenagem, canal reduzido e perda dos meandros.

Tais obras de canalização de rios já é percebida no município de Arapiraca, segundo Batista (2017), está entre os principais problemas ambientais relacionados aos recursos hídricos devido a urbanização.

Figura 6 - Rios e massas d'água na Microrregião de Arapirac



Fonte: O autor (2021)

Visto que os corpos hídricos são elementos essenciais, é importante observar em quais ambientes estão inseridos, e adicionalmente, quais são os fatores desses ambientes podem influenciar na qualidade e geomorfologia, por exemplo, qual a localização, se está inserido ou próximos do espaço urbano, a densidade de vegetação as margens etc. Nesse sentido, o cenário atual da Microrregião, mostra três classes de uso e ocupação que podem causar consideráveis impactos, são elas: solo exposto, área construída e monocultura.

O município de Arapiraca, que possui a maior concentração de área urbana da Microrregião, tem os rios Perucaba e Piauí dentro do seu limite. Com o auxílio do mapa de uso e ocupação do solo e de NDVI, percebe-se a vegetação rala ou solo exposto nas margens dos cursos hídricos, conseqüentemente, desta forma, o solo desprotegido sob os efeitos do escoamento, pode ocasionar diversos impactos negativos ao rio, como o assoreamento, transporte de poluente e erosão.

Como exemplo, os efeitos do assoreamento no rio Poxim, estudado por Souza (2020), no bairro Jabotiana localizado em Aracaju (SE), no qual a principal causa de assoreamento foi a retirada de vegetação remanescente para construir áreas residenciais e de especulação imobiliária nas áreas de várzeas ou nas margens do rio. Como consequência do desmatamento, na época da estação chuvosa, os sistemas de drenagem ficam sobrecarregados devido a quantidade de material presente assoreado, ocasionando alagamentos recorrentes.

Em relação a proximidade da monocultura aos corpos hídricos, isto pode favorecer a contaminação destes, visto que, são utilizados agrotóxicos e fertilizantes nos cultivos, que são carregados pelo escoamento até as margens e calhas e/ou lençol freático.

Segundo os dados de Produção Agrícola Municipal – PAM do IBGE, em 2019, foram produzidas na Microrregião de Arapiraca aproximadamente 400 mil toneladas de cana-de-açúcar, com destaque para os municípios de Feira Grande (30 t), Limoeiro de Anadia (220 t), São Sebastião (142 t) e Taquarana (6 t). No mapa de uso e ocupação pode ser observado que esses municípios são destaque em relação aos demais em relação ao uso monocultura (Figura 3), e os rios de domínio são Piauí, Boacica, Perucaba, Jequiá e Coruripe.

O estudo realizado por Ismael e Rocha (2019) teve como objetivo estimar potencial de contaminação das águas subterrâneas e superficiais, devido ao uso de agrotóxicos aplicados na cultura de cana-de-açúcar na área sucroalcooleira, localizada em Santa Rita, Paraíba, Brasil. Foi verificado que 52% têm dos compostos utilizados no cultivo apresentaram tendência de alto potencial de contaminação das águas superficiais quando diluídos e transportados pelo escoamento superficial.

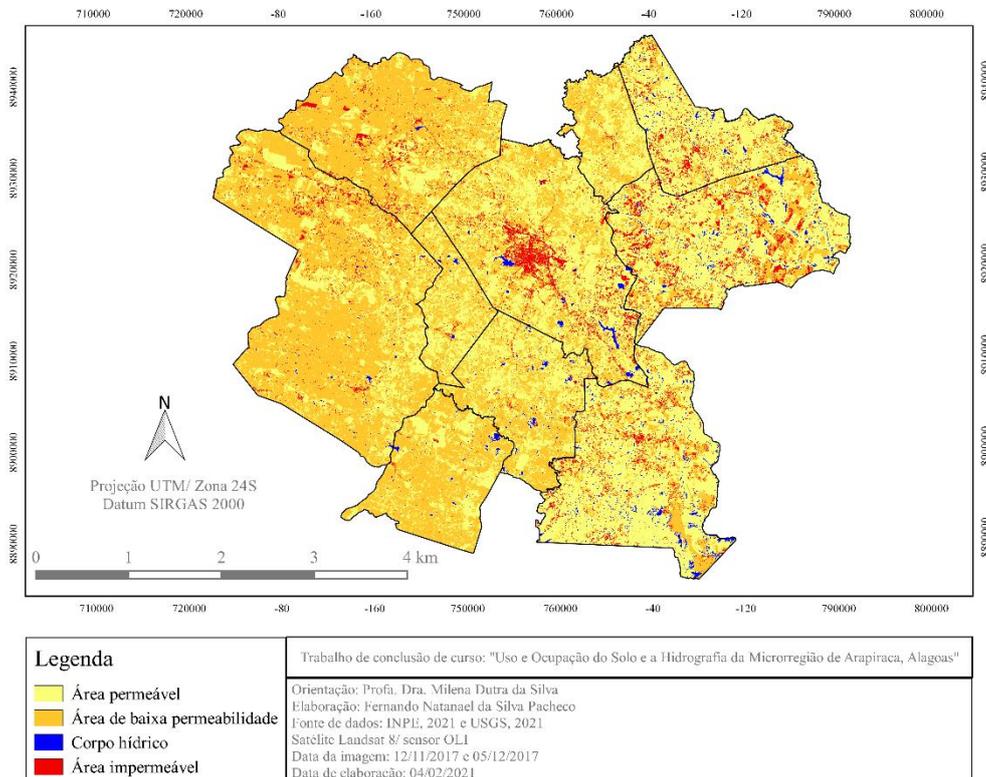
Neste cenário de potencial contaminação de águas superficiais, adiciona-se que, segundo dados da SEMARH, em 2019, foram concedidas 18 outorgas para uso das águas dos rios anteriormente citados, para fins de irrigação. Portanto, a contaminação dos rios pode comprometer a qualidade da água e conseqüentemente a produção de monoculturas.

Somado as áreas construídas e de monocultura, o solo exposto pode intensificar os impactos, visto que, a ausência de vegetação acelera o escoamento superficial.

Área permeável e de baixa permeabilidade

Quanto a permeabilidade do solo, na Microrregião de Arapiraca as áreas permeáveis representam 48% do território; as áreas de baixa permeabilidade equivalem a 44%; e as áreas impermeáveis, 6% (Figura 7).

Figura 7 - Permeabilidade do solo na Microrregião de Arapiraca



Fonte: O autor (2021)

Foi possível perceber que a área impermeável se concentra no município de Arapiraca. As áreas impermeáveis correspondem as áreas construídas, onde o escoamento superficial é acelerado, com aumento da vazão de pico, como apresentado anteriormente, ocasionando enchentes no município com perdas materiais e humanas.

O lago Perucaba, localizado no município de Arapiraca, se encontra próximo a áreas de solo exposto e áreas impermeáveis, com uso residencial. O estudo desenvolvido por Carvalho et al. (2011) teve como objetivo fazer uma análise do comportamento hidrológico na ocorrência de inundação, e concluiu que, na condição de pior cenário simulado – cerca de 40% da bacia do rio Perucaba urbanizada – a cota de segurança necessária para evitar os efeitos da impermeabilização futura (horizonte de 20 anos) seria de 219 m no entorno do Lago.

O rio Piauí também pode estar sujeito aos impactos da impermeabilização do solo. Segundo o Relatório Anual de Acompanhamento das Ações (2018) da Agência Peixe Vivo, sua nascente está localizada na periferia da cidade de Arapiraca.

De acordo Feitosa et al. (2020), devido as pressões do crescimento urbano, várias nascentes do rio Piauí tiveram suas matas ciliares nativas retiradas e, posteriormente, impermeabilizadas para não comprometer as construções que ocuparam o entorno. Desta forma, as áreas que foram impermeabilizadas a montante, através do rápido escoamento das águas pluviais, transfere os impactos à jusante na cidade formando vários pontos de alagamento. Os autores também destacam que, devido à ausência de esgotamento sanitário, o rio é utilizado como canal de efluentes.

Na porção em que se destaca a área de baixa permeabilidade estão inseridos os municípios de Girau do Ponciano, Craíbas, Campo Grande, Coité do Noiá, Feira Grande. De acordo com a base de dados do Programa Nacional de Solos do Brasil (Pronasolo) os solos são classificados como Neossolos Litólicos e Planossolo Háplico, ambos com textura arenosa, horizonte A, relevo ondulado. Além disso, os Neossolos Litólicos têm profundidade de, no máximo, 50 cm. E o Planossolo Háplico se desenvolve em ambientes imperfeitamente ou mal-drenados (IBGE, 2019). Tais características conferem a esses solos, baixa retenção de água, baixa concentração de matéria orgânicas e adsorção de íons, nesse sentido, as águas pluviais ficam retidas na superfície, favorecendo os processos de erosão hídricas por meio do escoamento superficial (RIBEIRO et al., 2016; CENTENO et al., 2017; SILVA, 2019)

Oliveira et al. (2020) observaram na sub-bacia hidrográfica do horto florestal Terra Dura, situada no município de Eldorado do Sul (RS), que os Planossolos, na ocorrência de precipitações, tiveram áreas saturadas e escoamento superficial acelerados, reduzindo a permeabilidade, tornando o solo susceptível a erosão. Os autores destacam que nas áreas com presença de cobertura florestal reduz o potencial do escoamento, favorecendo a interceptação e infiltração das águas pluviais. Francisco et al. (2019) ao avaliar e mapear a erodibilidade dos solos da bacia hidrográfica do Alto Rio Paraíba (PB), verificou que os Neossolos Litólicos

apresentam alta erodibilidade devido a presença de areia muito fina, mais silte e a permeabilidade.

6 CONCLUSÕES

Por intermédio do mapeamento de uso e ocupação para a Microrregião de Arapiraca foi possível observar um panorama dos fatores que podem produzir efeitos na geomorfologia, hidrografia e na qualidade das águas.

Os principais usos na Microrregião de Arapiraca (solo exposto e baixa densidade de vegetação), em associação a fatores edáfico e climáticos, contribuem para as mudanças na dinâmica na hidrografia, como escoamento superficial, principalmente nos municípios de Feira Grande, Girau do Ponciano, Craíbas. Nestes municípios, os efeitos do solo trazem prováveis alterações nos padrões dos canais, com o transporte rápido de sedimentos até o leito dos rios, e consequentemente, o assoreamento e diminuição da vazão.

A respeito da baixa densidade de vegetação, se retirada devido a ações antrópicas, tanto nas áreas rurais (cultivo) ou em áreas urbanas (com a impermeabilização do solo), leva a mudanças no equilíbrio longitudinal, com erosão nas margens e modificação no tamanho da calha dos rios.

No município de Arapiraca, onde a área urbana é mais consolidada, está sujeito a sérios impactos devido a impermeabilização, visto que, a remoção de vegetação, a pavimentação das vias, e aumento de poluentes atmosféricos, alteram o microclima urbano, favorecendo a ocorrência de chuvas de maiores magnitudes e com maior frequência, ocasionando pontos de enchentes e alagamentos.

Ademais, a disposição final e sem o tratamento adequado das águas pluviais nos rios podem ocasionar uma piora na qualidade da água. Em ambientes urbanos, essas águas transportam os resíduos sólidos dispostos de maneira irregular nas vias públicas, somados a ausência de sistema separador de águas pluviais e esgoto sanitário, são fatores que contribuem para a degradação da qualidade. E nos ambientes rurais, o transporte de partículas de solo e as substâncias químicas que contêm nele, alterando parâmetros como, por exemplo, turbidez, pH, alcalinidade etc.

Diante desses impactos, os gestores devem realizar ações de monitoramento das áreas de vegetação remanescentes para assegurar estabilidade nas margens dos rios e fazer uso das leis ambientais para protegê-las. Já nos municípios em que as áreas urbanas ainda não são consolidadas, deve-se fazer um disciplinamento do solo mais rigoroso, com condicionantes para manter áreas permeáveis, e assim favorecer a infiltração das águas pluviais no lote.

Por fim, recomenda-se realizar um estudo de análise temporal e modelagens com intuito de simular cenários futuros de ocupação e uso do solo e seus efeitos na hidrografia, visando fundamentar o planejamento e gestão ambiental na Microrregião.

REFERÊNCIAS

7SEGUNDOS. **Com chuvas no agreste, problemas são registrados em Feira Grande e Arapiraca**. 2020. Disponível em:

[https://arapiraca.7segundos.com.br/noticias/2020/03/29/145279-com-chuvas-no-agreste-problemas-sao-registrados-em-feira-grande-e-arapiraca#:~:text=Com%20chuvas%20no%20agreste%2C%20problemas%20s%C3%A3o%20registrados%20em%20Feira%20Grande%20e%20Arapiraca,-Em%20Feira%20Grande&text=O%20domingo%20\(29\)%20foi%20marcado,%2C%20tamb%C3%A9m%20em%20diversos%20bairros..](https://arapiraca.7segundos.com.br/noticias/2020/03/29/145279-com-chuvas-no-agreste-problemas-sao-registrados-em-feira-grande-e-arapiraca#:~:text=Com%20chuvas%20no%20agreste%2C%20problemas%20s%C3%A3o%20registrados%20em%20Feira%20Grande%20e%20Arapiraca,-Em%20Feira%20Grande&text=O%20domingo%20(29)%20foi%20marcado,%2C%20tamb%C3%A9m%20em%20diversos%20bairros..) Acesso em: 30 set. 2020.

AGÊNCIA PEIXE VIVO. **RELATÓRIO ANUAL DE ACOMPANHAMENTO DAS AÇÕES**. Belo Horizonte: Agência Peixe Vivo, 2018. Disponível em:

https://2017.cbhsaofrancisco.org.br/2017/?wpfb_dl=2767. Acesso em: 07 fev. 2021.

ANDRADE, José Hamilton Ribeiro; MAIA, Celsemy Eleutério. Erosão de Margens em Rios Semiáridos: Estudo na Sub-Bacia do Baixo Jaguaribe–Ceará–Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 19, n. 4, 2018.

Banco Mundial. **Urban population**: world bank staff estimates based on the united nations population division's world urbanization prospects: 2018 revision. World Bank staff estimates based on the United Nations Population Division's World Urbanization Prospects: 2018 Revision. 2020. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL>. Acesso em: 17 set. 2020.

BARBOSA, Antônio Helton Da Silva; DE CARVALHO, Rodrigo Guimarães; CAMACHO, Ramiro Gustavo Valera. Aplicação do NDVI para a análise da distribuição espacial da cobertura vegetal na região serrana de Martins e Portalegre–Estado do Rio Grande do Norte. *Geography Department University of Sao Paulo*, v. 33, p. 128, 2017.

BATISTA, Karmem Julya Miron. Impacto da alteração do uso do solo no escoamento superficial a partir de técnicas de sensoriamento remoto: aplicação na bacia do riacho Piauí, Arapiraca – AL. 2019. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Unidade Delmiro Gouveia-Campus do Sertão, Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2017.

BAPTISTA, Márcio Benedito; CARDOSO, Adriana Sales. Rios e cidades. **Revista da Universidade Federal de Minas Gerais**, v. 20, n. 2, p. 124-153, 2013.

BAUTISTA, Diana Carolina Gómez. **Impactos ambientais do prometrópole em duas localidades da bacia hidrográfica do rio Beberibe: contribuições para a sustentabilidade da vida humana**. 2015. Dissertação de Mestrado. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO.

BENINI, Sandra Medina; DE GODOY ROSIN, Jeane Aparecida Rombi. ÁGUAS URBANAS: DINÂMICA FLUVIAL EM CIDADES. **A questão ambiental em debate**, p. 23, 2018.

BRASIL. Alexandre Hugo Cezar Barros. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (ed.). Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento: climatologia do estado de alagoas. Recife: Embrapa, 2012. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103956/1/BPD-211-Climatologia-Alagoas.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2021.

BRASIL. Lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm. Acesso em: 26 de nov. 2020.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 23 nov. 2020.

BORATTO, I. M.; GOMIDE, Reinaldo Lúcio. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. In: **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. Anais... São José dos Campos: INPE, 2013. p. 7345-7352., 2013.

BROWN, Rebekah Ruth; KEATH, Nina; WONG, Tony. Transitioning to water sensitive cities: historical current and future transition states. In: **International Conference on Urban Drainage 2008. Iwa Publishing, 2008**. p. CD Rom-CD Rom.

BRUNET, Lucas Tenório. Avaliação da demanda química de oxigênio no Lago da Perucaba, Arapiraca - AL. 2019. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Unidade Delmiro Gouveia-Campus do Sertão, Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2019.

CADAMINUTO. Vídeos: Chuva forte causa alagamentos, deixa pessoas ilhadas e arrasta condutores e veículos no Agreste. 2020. Disponível em: <https://www.cadaminuto.com.br/noticia/2020/03/18/videos-chuva-forte-causa-alagamentos-deixa-pessoas-ilhadas-e-arrasta-condutores-e-veiculos-no-agreste>. Acesso em: 30 set. 2020.

CAMPOS, Hernani Loebler; DORNELLAS, P. C. Efeitos do crescimento urbano na qualidade das águas do riacho Piauí, Arapiraca-AL. **Revista de Geografia. Recife: UFPE-DCG/NAPA**, v. 25, n. 2, p. 113-123, 2008.

CANDIOTTO, Luciano Zanetti Pessôa. Conservação de recursos hídricos em unidades rurais familiares com produção de alimentos orgânicos no alto curso da Bacia do Rio Cotegipe, município de Francisco Beltrão-Paraná. *Caminhos de Geografia*, v. 20, n. 69, p. 174-192, 2019.

CARDOSO, Francisco José et al. Ambientes fluviais urbanos: novos paradigmas de projeto. 2017.

CARVALHO, Fernando Silva de; HERNANDEZ, Arthur de Oliveira; CARVALHO, Gustavo Silva de. ESTUDOS HIDROLÓGICOS DE CHEIAS DA BACIA DA PERUCABA COM ÊNFASE A COTA DE INUNDAÇÃO NO LAGO DA PERUCABA, ZONA URBANA DA CIDADE DE ARAPIRACA/AL. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19., 2011, Maceió. Anais [...] . Maceió: Abrh, 2011. p. 1-19. Disponível em: https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=3&ID=81&SUMARIO=904&ST=a_agua_subterranea_no_brasil_e_a_necessidade_de_uma_gestao_sustentavel. Acesso em: 07 fev. 2021.

CENTENO, Luana Nunes; GUEVARA, Miguel David Fuentes; CECCONELLO, Samanta Tolentino; SOUSA, Rogério Oliveira de; TIMM, Luís Carlos. Textura do solo: Conceitos e

aplicações em solos arenosos. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 4, n. 1, p. 31-37, 2017.

CHUVIECO, E. Fundamentos de teledetección espacial. Madrid: Rialp, 1990. 451p.

CORAZZA, Jaqueline et al. Rios urbanos e o processo de urbanização: o caso de Passo Fundo-RS. 2008.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Constituição (2005). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Resolução no 357, de 17 de Março de 2005**. Brasil, 18 mar. 2005. p. 58-63. Disponível em:

<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 30 jan. 2021.

DE MELLO REZENDE, Greyce Bernardes; DE ARAÚJO, Sergio Murilo Santos. As Cidades e as Águas: ocupações urbanas nas margens de rios. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 33, n. 2, 2016.

DUNN, G. et al. Standing on the shoulders of giants: Understanding changes in urban water practice through the lens of complexity science. **Urban Water Journal**, v. 14, n. 7, p. 758-767, 2017.

DUTRA, Marcelo Gonçalves. O rio secreto de Fortaleza: análise das consequências da ação antrópica sobre o Riacho Pajeú e suas implicações na paisagem urbana. 2017.

EMBRAPA. **Programa Nacional de Solos do Brasil**. 2021. Disponível em:

<http://pronasolos.agenciazetta.ufla.br/>. Acesso em: 07 mar. 2021.

EMBRAPA (org.). **Agropensa: produção agrícola municipal**. Produção Agrícola Municipal. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agropensa/producao-agricola-municipal>. Acesso em: 07 mar. 2021.

EVERARD, Mark; MOGGRIDGE, Helen L. Rediscovering the value of urban rivers. **Urban Ecosystems**, v. 15, n. 2, p. 293-314, 2012.

FARINA, F. C. Abordagem sobre as técnicas de geoprocessamento aplicadas ao planejamento e gestão urbana. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 4, n. 4, p. 1 a 13, 1 jan. 2006.

FEITOSA, Ailton; FERREIRA, Adriana Santana; CORREIA, José Adilson; LOPES, José Lidemberg Sousa. O comprometimento das águas do riacho Piauí em Arapiraca/AL: causas e consequências. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 2227-2242, 2020. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n1-162>.

FERREIRA, Maurício Tolstói dos Santos. Mapeamento e avaliação do grau de risco de inundação em áreas urbanas. p. 123, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/28292>. Acesso em: 29 de outubro de 2020.

FLETCHER, Tim D. et al. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more—The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. **Urban Water Journal**, v. 12, n. 7, p. 525-542, 2015.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. Oficina de Textos, 2016.

FRANCISCO, Paulo Roberto Megna; CHAVES, Iêde de Brito; MORAES NETO, João Miguel de; BARRETO, Hayssa Thyara Silva. ERODIBILIDADE DOS SOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO PARAÍBA. **Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação**.

- Campina Grande, nov. 2019. p. 153-159. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Paulo-Roberto-Francisco/publication/331330814_Caderno_de_Pesquisa_Ciencia_e_Inovacao_v2_n1_2019/links/5c744acaa6fdcc47159bede3/Caderno-de-Pesquisa-Ciencia-e-Inovacao-v2-n1-2019.pdf#page=154. Acesso em: 7 mar. 2021.
- GALLO, Douglas; GUARALDO, Eliane. RIOS URBANOS: possibilidade de reconciliação e reestruturação dos espaços livres na cidade contemporânea, 2017.
- GARCIAS, Carlos Mello; AFONSO, Jorge Augusto Callado. Revitalização de rios urbanos. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 1, n. 1, p. 131-144, 2013.
- GAZETAWEB. **Mulher morre eletrocutada ao pisar em fio molhado em Arapiraca**. 2020. Disponível em: https://gazetaweb.globo.com/portal/noticia/2020/01/mulher-morre-eletrocutada-ao-pisar-em-fio-molhado-em-arapiraca-_95387.php. Acesso em: 30 set. 2020.
- GORSKI, Maria Cecilia Barbieri et al. Rios e cidades: ruptura e reconciliação. 2008.
- GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 7ªed. Rio de Janeiro:Bertrand, 2007. 472p.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE Cidades. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 22 de set. de 2020.
- ISMAEL, Luara Lourenço; ROCHA, Elisângela Maria Rodrigues. Estimativa de contaminação de águas subterrâneas e superficiais por agrotóxicos em área sucroalcooleira, Santa Rita/PB, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, p. 4665-4676, 2019.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (org.). **Macrocaracterização dos Recursos Naturais do Brasil**: províncias estruturais compartimentos de relevo tipos de solos regiões fitoecológicas e outras áreas. Rio de Janeiro: Gerência de Editoração/centro de Documentação e Disseminação de Informações, 2019. 183 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101648.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2021.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produto Interno Bruto dos Municípios**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?=&t=pib-por-municipio>. Acesso em: 22 de set. de 2020.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (org.). **Produção Agrícola Municipal**. 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 9 mar. 2021.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Regiões de Influência das Cidades:2018**. Rio de Janeiro: Coordenação de Geografia, 2020. 192 p.
- JAPIASSÚ, Luana Andressa Teixeira; LINS, Regina Dulce Barbosa. As diferentes formas de expansão urbana. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 2, n. 13, 2014.
- KIM, Hyungkyoo; JUNG, Yoonhee. Is Cheonggyecheon sustainable? A systematic literature review of a stream restoration in Seoul, South Korea. **Sustainable cities and society**, v. 45, p. 59-69, 2019.
- LARENTIS, Dante Gama. Procedimentos e critérios para zoneamento de planícies de inundação em áreas urbanas. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 17, n. 2020, 2020.
- LICHTBLAU, Ela; OSWALD, Claire J. Classification of impervious land-use features using object-based image analysis and data fusion. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 75, p. 103-116, 2019.

LOURENÇO, Valeria Ramos; RAMOS, Nilvia Nara de Lucena Alves; COSTA, Carlos Alexandre Gomes. Distribuição Espaço-Temporal do NDVI sob Condições de Caatinga Preservada. **Espaco aberto**, v. 7, n. 1, p. 101-110, 2017.

MACEIÓ. Secretaria de Estado do Planejamento e do Desenvolvimento Econômico. Agropecuária dos Municípios Alagoanos. Ano 2014, n. 10.

MARCATTO, Francieli Sant'ana et al. PERMEABILIDADE DOS SOLOS NO CAMPUS SEDE DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ-PR: SUBSÍDIOS PARA A IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 3, n. 20, 2016.

MORAES, Lucas Almeida Queiroz de. Análise dos efeitos da impermeabilização do solo urbano: comparativo entre áreas gramadas e pavimentadas. 2019.

MORSCH, Maiara Roberta Santos; MASCARÓ, Juan José; PANDOLFO, Adalberto. Sustentabilidade urbana: recuperação dos rios como um dos princípios da infraestrutura verde. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 4, p. 305-321, 2017.

OLIVEIRA, Anna Hoffmann; SILVA, Marx Leandro Naves; NETO, Gustavo Klink. Escoamento superficial e perdas de solo em sub-bacia florestal, município de Eldorado do Sul, RS. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 58111-58132, 2020.

PESSOA, Jonatan Onis; ORRICO, Sílvio Roberto Magalhães; LORDÊLO, Maurício Santana. Qualidade da água de rios em cidades do estado da bahia. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S. l.], v. 23, n. 4, p. 687-696, 2018. DOI: 10.1590/s1413-41522018166513.

PINHEIRO, Antonio Gebson et al. Eficiência da cobertura vegetal na redução das perdas de água e solo no município de Iguatu. **Irriga**, v. 23, n. 1, p. 133-142, 2018.

PURCELL, Alison H.; FRIEDRICH, Carla; RESH, Vincent H. An assessment of a small urban stream restoration project in northern California. **Restoration Ecology**, v. 10, n. 4, p. 685-694, 2002.

RAMOS, Helci Ferreira; NUNES, Fabrizia Gioppo; DOS SANTOS, Alex Mota. Índice de áreas verdes como estratégia ao desenvolvimento urbano sustentável das Regiões Norte, Noroeste e Meia Ponte de Goiânia-GO, Brasil. **Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía**, v. 29, n. 1, p. 86-101, 2020.

Report on the State of the Ecology and Environment in China. Chinese Ministry of Ecology and Environment. 2019. Disponível em: Report on the State of the Ecology and Environment in China (mee.gov.cn). Acesso em: 29 jan. 21.

RIBEIRO, Pablo Lacerda; BAMBERG, Adilson Luís; REIS, Diony Alves; DE OLIVEIRA, Ana Cláudia Barneche. Condições físico-hídricas de Planossolo cultivado com soja em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, [S. l.], v. 51, n. 9, p. 1484-1491, 2016. DOI: 10.1590/S0100-204X2016000900047.

ROCHA, Mariana Arrabal da. Paisagem urbana integrada às técnicas compensatórias de drenagem: solução para os alagamentos em Brasília. 2019.

RODRIGUES, Rodrigo Silvano Silva et al. Análise dos efeitos de um evento extremo de chuva sobre o escoamento superficial em uma pequena bacia hidrográfica rural amazônica. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, 2020.

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY

SATELLITE SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington. Proceedings. Washington: NASA, 1973. v.1, p.309-317.

SALVATIERRA, Luis Hernán Acosta et al. Variação espaço-temporal da cobertura de vegetação da caatinga, usando os índices de vegetação normalizada (NDVI). 2016.

SANTOS, Adeisany Stephany Ramos Machado et al. MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA APLICADOS NO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE PRESIDENTE MÉDICE-RO. Biodiversidade, v. 18, n. 1, 2019.

SANTOS, Daniel Araújo Ramos dos; PINTO, Louislane Araujo; ARAÚJO, Sylvania Reis de; SILVA, Cícera Amaurilia. Análise dos impactos geomorfológicos e hidrográficos condicionados pela ocupação antrópica e modificações por obras de engenharia do córrego Neblina, Araguaína, TO. XIX Encontro Nacional de Geógrafos. João Pessoa, Paraíba, 2018.

SANTOS, Karla Azevedo; RUFINO, Iana Alexandra Alves; BARROS FILHO, Mauro Normando Macêdo. Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande-PB. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 943-952, 2017.

Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas. Planos Diretores de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.semarh.al.gov.br/recursos-hidricos/regioes-hidrograficas/planos-diretores-de-recursos-hidricos>. Acesso em: 22 de set. de 2020.

SILVA, Alison José da. Escoamento superficial e erosão entressulcos em planossolo sob pastagem com diferentes períodos de implantação. 2019

SILVA, Flávio Argemiro. Impactos do saneamento “in situ” nas águas da bacia hidrográfica do riacho piauí: perímetro urbano do município de Arapiraca (AL). **Revista Ambientale**, v. 3, n. 3, p. 99-107, 2012.

SILVA, José Ralison Inácio et al. Efeito de diferentes usos do solo na erosão hídrica em região semiárida. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 3, p. 272-283, 2019.

SOARES, Paulo Cesar; FIORI, Alberto Pio. **Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia**. Notícia Geomorfológica, v. 16, n. 32, p. 71-104, 1976.

SOUSA LEITE, Antônio Celso de; BEZERRA, Ulisses Alencar; DE OLIVEIRA, Leidjane Maria Maciel. Comportamento do Albedo e NDVI no Núcleo de Desertificação de Gilbués–Piauí (Brasil), usando imagens do satélite Landsat. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v. 7, n. 2, 2019.

SOUZA, José Artur Mota. Análise do assoreamento do Rio Poxim e como ele interfere no sistema de drenagem do bairro Jabotiana, Aracaju/SE. 2020.

SOUZA, Tania Machado Knaack de; OTTONI, Adacto Benedicto. Análise crítica das causas e soluções sustentáveis para o controle de enchentes urbanas: o caso prático da bacia hidrográfica da praça da bandeira (estudo de caso). **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 3, n. 17, 2015.

SOUZA, Vladimir Caramori Borges de. Gestão da drenagem urbana no Brasil: desafios para a sustentabilidade. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, v. 1, n. 1, p. 58-72, 2013.

STANGANINI, Fábio Noel; LOLLO, José Augusto de. O crescimento da área urbana da cidade de São Carlos/SP entre os anos de 2010 e 2015: o avanço da degradação ambiental. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 10, p. 118-128, 2018.

TUCCI, Carlos EM. Gestão de águas pluviais urbanas. Programa de Modernização do Setor Saneamento, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, 2005.

TUCCI, Carlos EM. Inundações urbanas. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, v. 11, 2007.

TUNDISI, José Galizia; MATSUMURA-TUNDISI, Takako. **Recursos hídricos no século XXI**. Oficina de Textos, 2011.

UYGUN, Burcu Şimşek; ALBEK, Mine. Determination of Climate Change Effects of Impervious Areas in Urban Watershed. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 231, n. 9, p. 1-12, 2020.

VILLANUEVA, Adolfo ON et al. Gestão da drenagem urbana, da formulação à implementação. Revista de Gestão de Água da América Latina–REGA, v. 8, n. 1, p. 5-18, 2011.

VITTE, Antonio Carlos; GUERRA, Antonio José Teixeira. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Bertrand Brasil, 2004.

WALSH, Christopher J. et al. Principles for urban stormwater management to protect stream ecosystems. **Freshwater Science**, v. 35, n. 1, p. 398-411, 2016.

WANDERER, César Adriano. Identificação de áreas degradadas por meio do Índice de Diferença Normalizada da Vegetação (NDVI). 2018.

XU, Zuxin et al. Urban river pollution control in developing countries. *Nature Sustainability*, v. 2, n. 3, p. 158-160, 2019.