



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
TECNOLÓGICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOCIEDADE, AMBIENTE E
QUALIDADE DE VIDA

THIAGO JUNIO COSTA QUARESMA

COBERTURA DO SOLO E QUALIDADE DA ÁGUA: REVISÃO SISTEMÁTICA
DAS PESQUISAS BRASILEIRAS E ESTUDO DE CASO EM UM IGARAPÉ NO
MUNICÍPIO DE SANTARÉM, PARÁ

Santarém – PA
2021

THIAGO JUNIO COSTA QUARESMA

**COBERTURA DO SOLO E QUALIDADE DA ÁGUA: REVISÃO SISTEMÁTICA
DAS PESQUISAS BRASILEIRAS E ESTUDO DE CASO EM UM IGARAPÉ NO
MUNICÍPIO DE SANTARÉM, PARÁ**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ambiente, Sociedade e Qualidade de Vida, do Centro de Formação Interdisciplinar da Universidade Federal do Oeste do Pará, como requisito para obtenção do título de Mestre em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida.

Orientador: Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior
Co-orientadora: Dr^a. Quêzia Leandro de Moura
Guerreiro

**Santarém – PA
2021**

THIAGO JUNIO COSTA QUARESMA

**COBERTURA DO SOLO E QUALIDADE DA ÁGUA: REVISÃO SISTEMÁTICA
DAS PESQUISAS BRASILEIRAS E ESTUDO DE CASO EM UM IGARAPÉ NO
MUNICÍPIO DE SANTARÉM, PARÁ**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ambiente, Sociedade e Qualidade de Vida, do Centro de Formação Interdisciplinar da Universidade Federal do Oeste do Pará, como requisito para obtenção do título de Mestre em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida.

Conceito:

Data de aprovação ____/____/____

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Orientador/Presidente
Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA

Prof^ª. Dr^ª. Quêzia Leandro de Moura Guerreiro – Coorientadora
Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA

Prof^ª. Dr^ª. Lenize Batista Calvão – Membro externo à instituição
Universidade Federal do Pará – UFPA

Prof^ª. Dr^ª. Karina Dias da Silva – Membro externo à instituição
Universidade Federal do Pará - UFPA

Prof^ª. Dr^ª. Ana Paula Justino de Faria – Membro externo à instituição
Universidade Federal do Pará – UFPA

Prof. Dr. Thiago Almeida Vieira – Membro interno ao programa
Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

- Q1c Quaresma, Thiago Junio Costa
Cobertura do solo e qualidade da água: revisão sistemática das pesquisas brasileiras e estudo de caso em um igarapé no município de Santarém,Pará. / Thiago Junio Costa Quaresma. – Santarém, 2021.
86 p. : il.
Inclui bibliografias.
- Orientador: José Max Barbosa de Oliveira Junior
Coorientadora: Quêzia Leandro de Moura Guerreiro
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós Graduação e Inovação Tecnológica, Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida.
1. Revisão sistemática. 2. Uso e cobertura do solo. 3. Corpos hídricos superficiais urbanos. I. Oliveira Junior, José Max Barbosa de, *orient.* II. Guerreiro, Quêzia Leandro de Moura, *coorient.* III. Título.

CDD: 23 ed. 628.1098115

Bibliotecária - Documentalista: Renata Ferreira – CRB/2 1440

Dedico este trabalho a minha mãe, meu porto seguro, és meu exemplo, a quem tenho verdadeira admiração e carinho, ao meu pai, as minhas irmãs, fortes e lutadoras, ao meu filho, que por vezes distante, mas sempre presente em meu coração, obrigado por ter me ensinado o significado de ser pai, amo você de uma forma tão grandiosa, que por vezes não sei explicar. Ao meu orientador, obrigado por todo ensinamento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelos caminhos trilhados, e pela oportunidade de estar com saúde e com meus entes queridos.

Ao Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior, por todas as contribuições, e estar sempre disponível para construção da dissertação.

Aos professores do Programa de Pós graduação em Sociedade, Meio ambiente e Qualidade de vida, meu agradecimento por todas as críticas e orientações, e ensinamentos ao longo dos dois anos do curso.

Aos colegas do Mestrado, obrigado pela parceria, trocas de experiências, o que tornou a caminhada mais leve, e de grande aprendizado.

A minha Mãe Paula Faria Costa, pelo seu amor incondicional, sempre carinhosa, protetora, um exemplo de amor, cuidados.

Ao meu Pai José Benardino Santana Quaresma, por toda sua contribuição em minha formação pessoal.

Ao meu filho, Arthur Quaresma, obrigado por ser minha inspiração diária, meu amor grande amor.

RESUMO

O efeito do crescimento populacional gera problemas de ordens sociais, econômicas e ecológicas, com reflexos que podem ser percebidos quando avaliado as mudanças no uso do solo. Entre as alterações, pode-se perceber, a infraestrutura viária, pontes, construção de moradia, comércios, escolas, que favorecem a impermeabilização do solo, alterando conseqüentemente, o ciclo hidrológico local e o microclima, além das funções e serviços do ecossistema. Esse processo reduz a vegetação das margens e atinge os corpos hídricos e todo o ecossistema aquático. Nesse sentido, o objetivo geral desse trabalho é avaliar a influência da alteração do uso do solo por urbanização na qualidade da água em corpos hídricos urbanos no Brasil. Para responder esse objetivo a dissertação foi dividida em dois capítulos, que estão no formato de artigo. Capítulo 1: Teve como objetivo sistematizar os artigos científicos que tratam diretamente do processo de urbanização e seu impacto negativo na qualidade da água superficial, no Brasil. Para esse capítulo, optou-se por revisão sistemática, seguindo o protocolo PRISMA-P. Uma busca de artigos científicos (publicados na última década) foi realizada nos principais bancos de dados, apresentando um retrato das pesquisas e metodologias utilizadas no Brasil. Capítulo 2: Com objetivo de avaliar a influência do uso e cobertura do solo na qualidade da água, em um corpo hídrico na área urbana do município de Santarém, Pará. Foi coletada amostras de água do corpo hídrico, em seis locais diferentes, iniciando na nascente. A coleta ocorreu em quatro campanhas amostrais, durante o período entre o último semestre de 2019 e segundo semestre de 2020, possibilitando avaliar as alterações sazonais do corpo hídrico. As coletas das amostras foram realizadas conforme padrões determinados no Guia Nacional de Coletas e Preservação de Amostras. Foi avaliado parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos. Para avaliação dos resultados, foi calculado o IQA, que utiliza nove parâmetros. Para avaliar o uso do solo, foi delimitada a bacia hidrográfica do igarapé e avaliação das alterações no uso do solo na última década, com uso do programa bioMaps, complementado com o uso do programa *google Earth*, para comparação visual das alterações temporais ocorridas. Os resultados apresentam evidências quanto ao crescimento de estudos direcionados para a problemática da qualidade da água em corpos hídricos urbanos, que possibilitou identificar as principais metodologias empregadas nos estudos, assim como, os principais resultados obtidos. Proporcionou também a avaliação do corpo hídrico urbano do município de Santarém, identificando as variações temporais e locais, que comprovam a complexidade na avaliação ambiental de um corpo hídrico, localizado em área urbana, em constante processo de urbanização. Conclui-se que o estudo

possibilita uma análise prática quanto as possíveis alterações na qualidade da água de corpos hídricos superficiais devido a alteração do uso do solo, que reflete diretamente ao uso comum do corpo hídrico, pois estas alterações poderão causar redução no padrão de qualidade da água e inviabilizar seu uso para o lazer e dessedentação animal.

Palavras-chave: Revisão sistemática. uso e cobertura de solo. corpos hídricos superficiais urbanos. qualidade da água. Amazônia.

ABSTRACT

The effect of population growth generates social, economic and ecological problems, with consequences that can be perceived when evaluating changes in land use. Among the changes, one can see the road infrastructure, bridges, housing construction, shops, schools, which favor the waterproofing of the soil, consequently changing the local hydrological cycle and microclimate, in addition to the functions and services of the ecosystem. This process reduces the vegetation on the banks and affects water bodies and the entire aquatic ecosystem. In this sense, the general objective of this work is to evaluate the influence of land use change due to urbanization on water quality in urban water bodies in Brazil. To answer this objective, the dissertation was divided into two chapters, which are in article format. Chapter 1: Aimed to systematize scientific articles that deal directly with the urbanization process and its negative impact on the quality of surface water in Brazil. For this chapter, a systematic review was chosen, following the PRISMA-P protocol. A search for scientific articles (published in the last decade) was carried out in the main databases, presenting a picture of research and methodologies used in Brazil. Chapter 2: In order to evaluate the influence of land use and land cover on water quality in a water body in the urban area of the municipality of Santarém, Pará. Water samples were collected from the water body in six different locations, starting at source. The collection took place in four sampling campaigns, during the period between the last semester of 2019 and the second semester of 2020, making it possible to assess seasonal changes in the water body. Sample collections were carried out according to standards determined in the National Guide for Sample Collection and Preservation. Physical, chemical and bacteriological parameters were evaluated. To evaluate the results, the IQA was calculated, which uses nine parameters. To assess land use, the watershed of the igarapé was delimited and an assessment of changes in land use in the last decade was made, using the bioMaps program, complemented with the use of the google Earth program, for visual comparison of the temporal changes that occurred. The results show evidence regarding the growth of studies directed to the problem of water quality in urban water bodies, which made it possible to identify the main methodologies used in the studies, as well as the main results obtained. It also provided an assessment of the urban water body in the municipality of Santarém, identifying temporal and locational variations, which prove the complexity of the environmental assessment of a water body located in an urban area, in a constant process of urbanization. It is concluded that the study allows an analysis of possible changes in the water quality of surface water bodies due to the change in land use, which directly reflects on the

common use of the water body, as these changes can cause a reduction in the standard of quality and make it unfeasible for leisure and animal consumption.

Keywords: Systematic review. land use and occupation. urban surface water bodies. water quality. Amazon.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 – Aplicação dos fatores que diminuem ou aumentam a qualidade da evidência no método GRADE	36
Tabela 2 – Características dos estudos sobre o processo de urbanização e seus impactos na qualidade da água, segundo código (C), autor, ano, título.....	38
Tabela 3 – Características dos estudos sobre o processo de urbanização e seus impactos na qualidade da água, segundo código (C), método, conclusão e avaliação da qualidade de evidência.....	39

CAPÍTULO 2

Tabela 1 – Identificação dos pontos de amostragem no igarapé Irurá, abreviações (abre.) e as distâncias em linha reta entre os pontos, Santarém, Pará, Brasil.....	53
Tabela 2 – Variáveis físicas, químicas e microbiológicas a serem coletadas com seus respectivos métodos na amostragem no igarapé Irurá, Santarém, Pará, Brasil	55
Tabela 3 – Parâmetros e pesos do Índice de Qualidade das Águas (IQA).....	56
Tabela 4 – Faixas de enquadramento do Índice de Qualidade das Águas IQA.....	57
Tabela 5 – Índice de qualidade de água (IQA) realizado no Igarapé Irurá, no período de 2019 -2020, Santarém-Pará	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Uso e cobertura do solo na Amazônia Brasileira de 1985 a 2019.....31

CAPÍTULO 1

Figura 1 – Fluxograma de identificação e seleção dos artigos para revisão sistemática37

CAPÍTULO 2

Figura 1 – Localização do igarapé Irurá, Santarém, Pará, Brasil52

Figura 2 – Identificação visual dos pontos de amostragem de qualidade de água no igarapé Irurá, Santarém, Pará, Brasil.....54

Figura 3 – Comparação entre valores obtidos para a Turbidez entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.60

Figura 4 – Comparação entre valores obtidos para o oxigênio dissolvido entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.60

Figura 5 – Comparação entre valores obtidos para os coliformes termotolerantes entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.60

Figura 6 – Comparação entre valores obtidos para o Potencial Hidrogeniônico entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.60

Figura 7 – Comparação entre valores obtidos para o Nitrogênio total entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.60

Figura 8 – Comparação entre valores obtidos para o fósforo total entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.60

Figura 9 – Comparação entre valores obtidos para a condutividade entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 202061

Figura 10 – Comparação entre valores obtidos para a Temperatura entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.61

Figura 11 – Comparação entre valores obtidos para a Demanda Bioquímica de oxigênio entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.61

Figura 12 – Comparação entre valores obtidos para a Totais de sólidos dissolvidos entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.61

Figura 13 – Relação entre os componentes principais (PCA) para a variável temperatura entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.	62
Figura 14 – Relação entre os componentes principais (PCA) para a variável Turbidez entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.	62
Figura 15 – Relação entre os componentes principais (PCA) para a variável Demanda Bioquímica de Oxigênio entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.	62
Figura 16 – Relação entre os componentes principais (PCA) para a variável Fósforo Total entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.	62
Figura 17 – Relação entre os componentes principais (PCA) para a variável Nitrogênio total entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.	62
Figura 18 – Relação entre os componentes principais (PCA) para a variável Oxigênio Dissolvido entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.	62
Figura 19 – Relação entre os componentes principais (PCA) para a variável Potencial Hidrogeniônico entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.	63
Figura 20 – Relação entre os componentes principais (PCA) para a variável Totais sólidos dissolvidos entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.	63
Figura 21 – Relação entre os componentes principais (PCA) para a variável Condutividade entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.	63
Figura 22 – Mapa do uso e cobertura do solo no Município de Santarém, 2019.	64
Figura 23 – Área de transição de cobertura e uso do solo do Município de Santarém, Pará, comparando o ano de 2009 e 2019.	65
Figura 24 – Uso do solo dos pontos amostrais 1 e 2 do igarapé Irurá, Santarém, Pará, Brasil nos anos de (A) 2009 e (B) 2020.	66
Figura 25 – Uso do solo do ponto amostral 3 do igarapé Irurá, Santarém, Pará, Brasil nos anos de (A) 2009 e (B) 2020.	67
Figura 26 – Uso do solo do ponto amostral 4 do igarapé Irurá, Santarém, Pará, Brasil nos anos de (A) 2009 e (B) 2020.	67
Figura 27 – Uso do solo do ponto amostral 5 e 6 do igarapé Irurá, Santarém, Pará, Brasil nos anos de (A) 2009 e (B) 2020.	68

Figura 28 – Principais características do uso do solo na microbacia hidrográfica do igarapé Irurá, Santarém, Pará, Brasil.....	69
Figura 29 – Uso e cobertura do solo da Bacia hidrográfica do Igarapé Irurá pelo Qgis	71

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional das Águas
APHA	American Public Health Association
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DBO5	Demanda Bioquímica de oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização Mundial das Nações Unidas
PA	Ponto de Amostragem
PCA	Análise de Componentes Principais
PCoA	Análise de Coordenadas Principais
pH	Potencial Hidrogeniônico
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SEMAS	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade
SEMMA	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SINISA	Sistema Nacional de Informações em Saneamento
UFPA	Universidade Federal do Pará

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS	19
2.1 Geral	19
2.2 Específicos	19
3 REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1 Urbanização	20
3.1.1 Urbanização e suas implicações	24
3.2 Uso e cobertura do solo	25
3.3 Qualidade da água	25
3.3.1 Identificação dos parâmetros de qualidade de água	27
3.4 Realidade Amazônica	30
CAPÍTULO 1	32
1 INTRODUÇÃO	34
2 MATERIAL E MÉTODOS	35
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4 CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS	43
CAPÍTULO 2	47
1 INTRODUÇÃO	49
2 MATERIAL E MÉTODOS	51
2.1 Área de estudo	51
2.2 Coleta de dados	52
2.2.1 Coleta e avaliação das variáveis	52
2.2.2 Caracterização do uso e ocupação do solo	55
2.3 Análise dos dados	56
2.3.1 Análise dos parâmetros de qualidade de água	56
2.3.2 Uso e cobertura de solo	57
2.4 Análises estatísticas	57
3 RESULTADOS	57
4 DISCUSSÃO	71

5 CONCLUSÃO.....	75
REFERÊNCIAS.....	76
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	80
REFERÊNCIAS.....	81

1 INTRODUÇÃO

É notório a preocupação mundial em relação ao crescimento populacional, segundo Gazzoni (2017) o crescimento será de 34%, entre os anos de 2012 a 2050, onde atingirá 9,5 bilhões de habitantes. Esse crescimento provoca diversas preocupações, seja pela questão urbanística, ambiental, saúde e de alimento (SAATH; FACHINELLO, 2018). Esses reflexos também são identificados quando avaliado as mudanças no uso do solo, principalmente no entorno das cidades, em áreas até então rurais, que com o crescimento das cidades, passam a fazer parte da área urbana (BRITO; SOUZA, 2005), surgindo problemas de ordens sociais, econômicas e ecológicas (MARTINE; ALVES, 2015; ZHANG, 2016).

Segundo Mota e Souza (2021) a expansão urbana leva a mudanças de cenários que nem sempre são condizentes com a área do entorno, onde por vezes destoam as paisagens naturais ainda presentes em algumas regiões, são espaços físicos complexos, com objetivo de atender as necessidades humanas, com estruturas para a acessibilidade, como infraestrutura viária, concentração de residências e comércios, que favorecem a impermeabilização do solo, alterando conseqüentemente, o ciclo hidrológico local e o microclima, além das funções e serviços do ecossistema.

No Brasil, esse reflexo ocorre e é destacado no estudo de Miranda e Gomes Junior (2017), no qual aborda a relação do crescimento populacional das cidades e urbanização, descrevendo que, “após o período 1950-1980, a urbanização brasileira torna-se generalizada, consolidando-se nas áreas metropolitanas e intensificando-se nas áreas não metropolitanas nas décadas de 1990, 2000 e 2010”. Aponta ainda que, a quantidade de cidades que se enquadravam entre 100 mil a 1 milhão de habitantes, que era de 133 cidades no ano de 1990, subiu para 270, em 2010. Ou seja, mais que dobrou o número de cidades nessa quantidade de população.

Essa tendência ocorre no município de Santarém, conforme dados do IBGE, (2020), a população de Santarém atingia 262.538 habitantes. Já na análise do Atlas de Desenvolvimento Humano (2020), “entre 2000 e 2010, a população de Santarém cresceu a uma taxa média anual de 1,16%, enquanto no Brasil foi de 1,17%, no mesmo período. Nesta década, a taxa de urbanização do município passou de 70,96% para 73,25%”. Em 2010, a população atingia 294.580 habitantes, e no ano de 2018 é projetada em 302.667.

Essa urbanização desordenada e sem planejamento prévio, aliada as atividades antropogênicas trazem diversas conseqüências ecológicas, pois a alteração do uso e ocupação

do solo, provoca a expansão de áreas para uso industrial, agrícola e residencial (MENEZES *et al.*, 2016).

A urbanização rápida pode causar efeitos drásticos ao ambiente, convertendo áreas agricultáveis, terras húmidas, lagos e outros espaços naturais, em área urbana. Esse processo provoca o adensamento das áreas construídas, que leva entre outros, a mudança climática, com a criação de ilhas de calor (COSTA; SILVA; PERES, 2010; ZHANG, 2016).

Esses estudos apresentam uma comparação entre a área rural e a área urbana, onde, as superfícies das áreas urbanas tem maior capacidade de retenção de calor. Essa diferença é mais relevante, quando há edifícios, pois, a área superficial que propícia a retenção é potencializada, além de contribuir para a redução da ventilação. Dessa forma, a tendência de áreas urbanas apresentarem temperaturas mais elevada é bem maior (COSTA; SILVA; PERES, 2010; ZHANG, 2016).

Corroborando com a caracterização da problemática, Nakata-Osaki, Souza e Rodrigues (2016) traz uma avaliação comparativa da criação de ilhas de calor em diferentes espaços urbanos, relacionando principalmente com a geometria do local de estudo. Muniz-Gäal *et al.* (2018), destacam que o crescimento populacional é o fator fundamental para a modificação do clima em áreas urbanas, devido acelerar o avanço em novas áreas, além de favorecer para a verticalização.

Ao considerar a área rural, o crescimento populacional também acelera a necessidade do aumento da produção de alimentos, que reflete na abertura de novas áreas para produção. Segundo Saath e Fachinello (2018), “a disponibilidade de áreas agrícolas estão concentradas em poucos países; cerca de 90 % das terras para expansão agrícolas estão na América Latina e África Subsaariana”. Aponta ainda indisponibilidade de novas áreas para produção agrícola nos países China e EUA.

Esse processo também acelera o consumo de água para a irrigação das áreas plantadas, que chega a consumir entre 70% da água doce em média mundial e até 90% nos países subdesenvolvidos. Esse uso crescente pode comprometer a disponibilidade de água em boas condições ambientais, principalmente com o avanço das fronteiras agrícolas (SILVA, 2018).

Saath e Fachinello (2018), também destacam o risco ambiental com o avanço das fronteiras agrícolas sem considerar os impactos ambientais negativos, mesmo com a necessidade de garantir o fornecimento de alimento ao mundo.

A ANA (2017), em seu relatório de conjuntura de recursos hídricos no Brasil do ano de 2017, apresenta a relação entre os diversos usos da água no Brasil, onde destaca o total

de vazão de água consumida por atividade, onde a irrigação atinge 969 m³/s, abastecimento urbano com 488,3 m³/s, industriais 192,4m³/s, mineração 32,8 m³/s, abastecimento rural com 34 m³/s e uso animal 165,1 m³/s.

Esses usos interferem diretamente no padrão de qualidade de água subterrânea e superficial, pois devido o ciclo hidrológico, a água escoada após a precipitação, é direcionada para corpos hídricos, contendo fortes influências de nutrientes, carga orgânica e metais pesados (MENEZES *et al.*, 2016). Esse lançamento ocorre devido o relevo da área, formando a bacia hidrográfica, onde os pontos mais altos, drenam as águas para pontos de elevação inferior, formando os riachos e rios, ou infiltram no solo (TEODORO *et al.*, 2007).

Diante dos aspectos apresentados e considerando que toda a drenagem pluvial escoar em direção a um corpo hídrico, reforça a preocupação com a quantidade de energia que chega e quais os efeitos na qualidade da água e qualidade ambiental (MENEZES *et al.*, 2016). A última barreira natural de proteção dos corpos hídricos é a mata ciliar, que tem função de manter a qualidade da água, conservação da biodiversidade, redução do escoamento superficial, espaço de beleza cênica, entre outros aspectos (MARMONTEL; RODRIGUES, 2015).

A dissertação intitulada “COBERTURA DO SOLO E QUALIDADE DA ÁGUA: REVISÃO SISTEMÁTICA DAS PESQUISAS BRASILEIRAS E ESTUDO DE CASO EM UM IGARAPÉ NO MUNICÍPIO DE SANTARÉM, PARÁ” está organizada em dois capítulos, que estão no formato de artigos de pesquisa. Os elementos gerais da dissertação seguem o Guia para a elaboração e apresentação da produção acadêmica da UFOPA/2019. Os capítulos 1 e 2 seguem o padrão da Revista Ambiente & Água, e estão dispostos da seguinte maneira:

CAPÍTULO 1 – Intitulado “IMPACTOS DO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO NA QUALIDADE DE ÁGUA NO BRASIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA”, avaliou sistematicamente a literatura através de banco de dados oficiais, para verificar quais os diferentes pontos de vista dos pesquisadores no que concerne as alterações na qualidade da água decorrentes do uso e ocupação de solo por processo de urbanização, assim como suas metodologias e resultados atingidos.

CAPÍTULO 2 – Intitulado “INFLUÊNCIA DO USO E COBERTURA DO SOLO NA QUALIDADE DA ÁGUA DO IGARAPÉ IRURÁ, SANTARÉM - PA”, avaliou a influência do uso e cobertura do solo na qualidade de água de um corpo hídrico urbano de Santarém, Pará, Brasil

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar as alterações decorrentes do uso e cobertura de solo por processo de urbanização, na qualidade de água superficial de corpos hídricos no Brasil e em um corpo hídrico de Santarém, Pará.

2.2 Específicos

- Realizar uma revisão sistemática da literatura sobre alterações na qualidade da água decorrentes do uso e cobertura de solo por processo de urbanização no Brasil na última década (2009 a 2019);
 - Estabelecer a evolução temporal do número de publicações, qualidade de evidência, método de análise e o meio relacionado.
 - Avaliar a influência do padrão de uso e cobertura do solo na qualidade da água em um corpo hídrico urbano, Santarém, Pará.
 - Analisar a qualidade de água do igarapé Irurá e correlacionar ao uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Urbanização

O processo de urbanização acompanha o histórico da vida humana, principalmente após se estabelecerem em um ponto específico de área e convívio em comunidades. Após esse momento o homem buscou melhorar as condições de vida, com objetivo de proporcionar maior segurança. Passou a construir casas e buscar a produção de utensílios que ajudassem em atividades básicas, como pesca e caça. As pesquisas indicam que o homem apareceu na face da terra há alguns milhões de anos e durante um longo período viveu coletando seu alimento e procurando abrigo no ambiente natural (ABIKO; ALMEIRA; BARREIROS, 1995).

As primeiras cidades remontam a mais de 3.500 a.C, no entanto, o processo de urbanização atual se intensificou a partir do século XVIII, com a revolução industrial (SOLLITTO, 2009). Conforme Abiko, Almeida e Barreiros (1995), a revolução industrial favoreceu o aumento acelerado da população, e cita que “Esse grande crescimento da população urbana é consequência de progressos científicos e técnicos realizados a partir da metade do século XVIII.”

Isso ocorreu devido ao avanço tecnológico, que desenvolveu formas de reduzir a mortalidade humana e aumentar a expectativa de vida da população, favorecendo a produção de bens, conforme aponta Valentim (2010) e Oliven (2010), a revolução industrial evoluiu entre outros aspectos, na utilização do carvão vegetal, para produção de energia, a mecanização dos sistemas de produção e a exploração em larga escala dos recursos naturais. Desde então, as tecnologias têm avançado e favorecido a produção em larga escala e melhores condições de vida, o que acarreta o aumento da população mundial e conseqüentemente aumenta a demanda por consumo de recursos naturais e a alteração do uso do solo, as áreas com baixa densidade demográfica, passaram a concentrar maior população e transformar-se em cidades, com atividades econômicas, administrativas, sociais e culturais, sendo identificadas por sua gestão própria e tidas como o ponto de maior desenvolvimento econômico, local de maiores oportunidades, tem a capacidade de evoluir de uma forma acelerada, acompanhando as demandas sociais e econômicas existentes (ABIKO; ALMEIRA; BARREIROS, 1995).

É importante apresentar o retrato apresentado por Abiko, Almeida e Barreiros (1995), da indicação de cidade descrita por Benevolo (1993):

[...] a cidade -- local de estabelecimento aparelhado, diferenciado e ao mesmo tempo privilegiado, sede da autoridade -- nasce da aldeia, mas não é apenas uma aldeia que cresceu. Ela se forma quando os serviços já não são executados pelas pessoas que cultivam a terra, mas por outras que não têm esta obrigação, e que são mantidas pelas primeiras com o excedente do produto total. Nasce, assim, o contraste entre dois grupos sociais, dominantes e subalternos: os serviços já podem se desenvolver através da especialização, e a produção agrícola pode crescer utilizando estes serviços. A sociedade se torna capaz de evoluir e de projetar a sua evolução. A cidade, centro maior desta evolução, não só é maior do que a aldeia, mas se transforma com uma velocidade muito maior.

Observa-se então que, a complexidade da formação de cidades é superior a questão urbanística, mas vem ser produzida através das demandas existentes na sociedade, seja por economia, saúde e comércio. O fenômeno de urbanização vem associado a busca por sonhos, desafios e oportunidades, que leva a população rural a se concentrar em áreas urbanas, onde há maior oportunidade por serviços e trabalhos. Esse processo ocorre em todo mundo atualmente, crescente nos países desenvolvidos e em países em desenvolvimento (LIMA, 2018).

Geralmente, em países de baixa e média renda, a atração de pessoas residentes em áreas rurais, para áreas urbanas, vem associada ao rápido desenvolvimento econômico, que acarreta no aumento da concentração de população em uma área (HAN *et al.*, 2015). Esse aumento da área urbana é considerado como um dos principais fatores de alterações no uso da terra, essa alteração será potencializada também pelo aumento da população, conforme Li *et al.* (2018), até 2030, a cobertura urbana aumentará em 1,2 milhões de km², chegando próximo de triplicar a área urbana global do ano de 2000. Esse aumento da área urbana é impulsionado pelo crescimento populacional e pela migração rural-urbana, responsável pela maior parte desse crescimento (NAÇÕES UNIDAS, 2010).

É importante entender que o conceito de urbanismo veio sendo construído durante vários séculos, entendido e abordado inicialmente como questões específicas e não interligadas, sem correlações, por exemplo, entre economia, saúde, transporte e lazer. No entanto, destaca-se o conceito realizado em 1928, realizado no Congresso Internacionais de Arquitetura Moderna, criando a Declaração de La Sarraz, que trouxe como conceito de urbanismo, destacado por Brirkholz (1967, apud ABIKO; ALMEIRA; BARREIROS, 1995).

O Urbanismo é a disposição dos lugares e dos locais diversos que devem resguardar o desenvolvimento da vida material, sentimental e espiritual, em todas as suas

manifestações individuais e coletivas. Ao Urbanismo interessam tanto as aglomerações urbanas como os agrupamentos rurais. As três funções fundamentais do Urbanismo são: habitar, trabalhar e recrear, e os seus objetivos são: a ocupação do solo, a organização da circulação e a legislação.

Dessa forma, o fenômeno da urbanização, força a correção entre as necessidades humanas individuais e coletivas, entre trabalhar e lazer, entre direitos e deveres.

A alteração de rural para urbano, modifica a vida da população, onde alguns desses efeitos são positivos e outros negativos. Entre os positivos, é destacado o crescimento econômico, acesso a saúde e educação, já entre os negativos, destaca-se a concentração de processos poluentes, redução de vegetação, concorrência por espaço alterado, entre outros aspectos negativos, que levam a população a um estado de saúde negativo, pois reduz o contato do indivíduo com o natural (COX *et al.*, 2018).

Segundo Cox *et al.* (2018):

Indiscutivelmente mais premente, a urbanização é hoje considerada um dos mais importantes desafios de saúde do século XXI (Organização Mundial de Saúde, 2015), sendo associada a um aumento das condições crônicas e não transmissíveis, como obesidade, estresse, saúde mental precária e declínio na atividade física.

Esse processo é intensificado devido o desenvolvimento da ocupação que objetiva como preferência a ocupação em áreas que objetivam o acesso a água, conforme destaca Felicio (2014).

A apropriação dos vales dos rios para fins urbanos remete à própria história da fundação das cidades. Na antiga Mesopotâmia a formação das primeiras cidades do mundo, a partir das aldeias agrícolas, ocorreu em um vale de rio. O fator essencial para esta apropriação é a água, essencial à sobrevivência das comunidades.

A ocorrência desse processo também é atual, no entanto, quanto maior o processo de aglomeração e deficiências sanitárias e ambientais, o risco a população e ao ambiente é alto. Felicio (2014) retrata essa realidade, quando correlaciona a aglomeração urbana a elevação dos índices de mortalidade e de morbidade dos seres humanos, destacando a necessidade de providências sanitárias e ambientais.

Nesse sentido, Yassuda (1993), aborda os benefícios econômicos e sociais a partir da preservação da água, seja para o abastecimento, recreação, esporte e agricultura, e destaca seus malefícios, quando tratada de forma incorreta, podendo causar problemas de saúde à população do entorno devido a enchentes e proliferação de doenças.

Já Felício (2014), ao avaliar os problemas dos rios e córregos urbanos na Região Metropolitana de São Paulo, apontou a problemática decorrente dos seguintes fatores:

Os desmatamentos, não controlados pela legislação, e o crescimento de áreas urbanas sem as necessárias condições de manutenção de áreas verdes, para permitir o equilíbrio do ciclo hidrológico, sem as mínimas condições de saneamento (lixo, sedimentos, esgoto), são exemplos de impactos diretos, oriundos da bacia de drenagem e que causam a degradação dos canais.

Outra forma de degradação do canal relaciona-se à participação direta dos canais por meio da atividade mineradora (alúvios) e de obras de engenharia, como a canalização (retificação, alargamento e aprofundamento do canal), barramentos para controle de vazão e construção de pontes e diques artificiais.

Conforme abordado em diversas referências bibliográficas, devido os córregos localizarem-se em pontos mais baixos, com possibilidade de alagamentos e instabilidade de solo, torna o ambiente com menor valor imobiliário, provocando sua ocupação principalmente por população de baixa renda. Essa realidade é retratada por Jorge (2012):

Com o crescimento demografia e a construção de sistemas de abastecimento de água, rede de esgoto e luz, a especulação imobiliária com altos preços de mercado tomou conta do centro, resultando na expansão da mancha metropolitana, devido a necessidade da população de baixa renda ir em busca de locais mais baratos para morar. Este modelo de ampliação da metrópole é vivido na capital paulista, tendo as moradias mais precárias nas zonas periféricas da cidade, além de obrigar a população de baixa renda a ir para áreas rejeitadas pelo setor imobiliário como várzeas, beira de córregos, encostas de morros, áreas poluídas, contaminadas e até mesmo de preservação permanente.

Para buscar o alinhamento em relação a problemática ambiental, apresenta a citação do Moretti (2005), que detém um ponto de vista mais crítico em relação a percepção dada pelo cidadão ao corpo hídrico:

Ao longo destes últimos 100 anos perdeu-se significativamente o prazer do contato com os cursos d'água urbanos. Os cidadãos se habituaram a ver nos fundos de vales apenas uma fonte de problemas. O córrego é o local do lançamento do lixo e esgotos, é o local do rato, foco das doenças e das enchentes. Perdeu-se a força simbólica da presença da água, que sai mecânica das torneiras apenas para cumprir o lado prático de atendimento às necessidades humanas primárias. A água que sai da torneira tem, na mente do cidadão, pouquíssima relação com o curso d'água que passa junto à sua casa, muitas vezes tamponado por uma canalização que afasta a imagem da sua degradação.

Essa realidade é caracterizada principalmente em estudos realizados em grandes centros urbanos, que tem característica de ambiente artificial. Nesse sentido Hough (1995), defende a importância da visibilidade das paisagens dos rios urbanos como uma estratégia para promover a consciência e a responsabilidade ambiental. Dessa forma, os projetos

voltados aos rios devem contemplar, reconhecer e considerar os vários significados que a eles são atribuídos, a fim de tornar visível essa paisagem.

3.1.1 Urbanização e suas implicações

A urbanização tem aumentado consideravelmente desde os anos oitenta, conforme aborda Radojevic, Breil e Chocat *et al.* (2010), mas este fato tem causado impactos negativos, por ter acontecido de forma desordenada. desses impactos, podemos citar as alterações no processo saúde-doença, os padrões de moradia, distribuição de renda, e fatores ambientais, este último tem sido alvo de várias pesquisas (FLETCHER; ANDRIEU; HAMEL, 2013; BRAUD *et al.*, 2013).

Esta preocupação recorrente com as alterações do meio ambiente, deve-se, principalmente, por conta das alterações climáticas, escassez de alimentos, qualidade e oferta da água. Chang (2008) demonstrou que há uma intrínseca relação entre a cobertura de vegetação existente com a qualidade da água em seu entorno, corroborando com os dados de Duh *et al.* (2008) e Grimm *et al.* (2008) que destacam os impactos da urbanização sobre o meio ambiente e a qualidade de vida, aumentando a temperatura da superfície da terra, produzindo ondas de calor, e alterações da paisagem.

Estes impactos alteram também as características hidrológicas (LI *et al.*, 2018), este fato deve-se por conta da substituição de ecossistemas naturais, por construções industriais e residenciais, que favorecem ao aumento de poluentes, estes além de impactar diretamente no clima, ainda oferecem uma superfície impermeável, dificultando a infiltração da água no solo e conseqüente aumento do risco de inundações (PUTRO *et al.*, 2016)

Elvidge *et al.* (2007) expôs em seu estudo que “Em todo o mundo, existem mais de 500.000 km² de superfícies impermeáveis”, sendo que aliado a estruturas ineficientes dos sistemas de esgotamento, e aumento do índice pluviométrico, a águas que transbordam seguem o fluxo para os rios, lagos ou igarapés próximos aos centros urbanos, alterando o “status ecológico”.

Kauffmann e Silva (2005) descrevem ainda as alterações na permeabilidade do solo, reduzem o fluxo das bacias hidrográficas e alteram a qualidade das mesmas, o que vai de encontro com a necessidade constante de água potável mencionado no Encontro das Nações Unidas em 2018, que tem por objetivo “Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos”.

3.2 Uso e cobertura do solo

Conforme já apresentado, todos os efeitos da urbanização proporcionam a alteração no solo, independente do objetivo e intensidade, pois a alteração do solo ocorre concomitantemente a implantação de um projeto, construção de uma residência, desenvolvimento de atividades industriais, para a realização de atividades rurais, entre outros. Conforme destaca Vezzani e Mielniczuk (2009):

A contínua ocupação do solo, decorrente dos assentamentos humanos, empreendimentos agropecuários, indústrias e outros, são fontes constantes de alteração deste recurso. O solo privado de sua cobertura vegetal natural e submetido a manejo inadequado tem sua qualidade e propriedades ambientais alteradas, perde ou reduz propriedades físico-químicas capazes de garantir os processos hídricos a ele inerentes.

O uso e a ocupação do solo é o reflexo de atividades econômicas e para atender as necessidades humanas, alterando a paisagem na área de sua implantação e nas áreas adjacentes, com potencial para reduzir a qualidade da água, do ar, do solo e de outros recursos naturais, que interferem diretamente na qualidade de vida da população. Esse processo é potencializado com o aumento da população mundial.

3.3 Qualidade da água

A água potável é essencial para sobrevivência do ser humano, devendo ser tratada como prioridade pelos órgãos de vigilância em saúde e secretarias de meio ambiente (BARCELLOS; QUITÈRIO, 2006).

A água encontra-se presente em toda a relação homem e natureza, pois compõe a paisagem e é ponto fundamental na sobrevivência dos seres vivos. Sua distribuição no planeta é composta por água salgada e doce. A água doce compõe aproximadamente 2,5 % do total, disponíveis nas calotas polares, reservatórios subterrâneos e nos rios e lagos (REBOUÇAS, 2001).

A espacialização da água doce no planeta ocorre de forma natural, não havendo rigorosidade entre a demanda e oferta, sendo este um dos grandes problemas mundiais. Além do problema espacial, ocorrem problemas na manutenção da qualidade da água, que sofrem interferências diretas, principalmente pela ação do homem (AUGUSTO *et al.*, 2012).

No Brasil, devido a disparidade na disponibilidade de recursos hídricos, associada a uma gestão ineficiente, agravada pelo crescimento populacional e falta de planejamento de uso e ocupação de solo, faz-se necessário maior gestão das bacias hidrográficas e mananciais de água doce, que proporcione melhorias e manutenção da qualidade da água, com redução da poluição por lançamento de efluentes domésticos e industriais (AUGUSTO *et al.*, 2012; SORIANO *et al.*, 2016).

Por esse motivo, muitas ações governamentais e não governamentais surgem em busca de manter a água doce com qualidade. Para exemplificar a preocupação do Brasil, serão apresentadas as principais legislações que corroboram na busca de manter o meio ambiente ecologicamente equilibrado. Partindo da Constituição Federal, no ano de 1981, publicou-se a Lei Federal n°. 6938, que dispõe da Política Nacional de Meio Ambiente, que tem como “objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana”. Apresenta dez princípios, entre os quais destaca-se a “racionalização dos do uso do solo, do subsolo, da água e do ar” e “acompanhamento do estado da qualidade ambiental”, esses princípios direcionam para a importância do uso e da manutenção da qualidade.

Já no ano de 1997, foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos, através da lei n°. 9433, criando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Através dessa política, o Brasil determinou padrões para classificação de corpos hídricos, formas de consumo e uso, cobrança, entre outros. Determinou a Criação do Conselho Nacional de Recursos Hídricos e a Agência Nacional das Águas.

A criação das políticas nacionais tem papel fundamental para a deliberação das ações do poder executivo, na gestão do meio ambiente, que inclui a água, seja para fins de abastecimento humano, na agricultura, uso residencial, industrial e outros usos.

É importante destacar a lei n°. 11.445, que instituiu a Política Nacional de Saneamento Básico, que tem como objetivo deliberar questões específicas do saneamento básico, ligados ao abastecimento de água potável, coleta de resíduos, drenagem pluvial e outras ações. Percebe-se que a água se encontra presente nessa política, ratificando a importância da conservação da qualidade dos mananciais de água doce.

Para o elemento “água” ser considerado como adequado para uso humano deve-se observar as resoluções referentes aos padrões de potabilidade da água, podendo citar a resolução do CONAMA 357, de 2005, que apresenta a classificação de corpos hídricos e determina o uso propício conforme o padrão de água encontrado, através da avaliação de

diversos parâmetros, como pH, oxigênio dissolvidos, sólidos totais, nitrato, nitrito, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, fosforo.

Por ser um assunto atual e de interesse público, vários pesquisadores voltaram sua atenção para esta temática, o que oportuniza elementos chaves para comprovar que o uso do solo na bacia hidrográfica interfere diretamente na qualidade da água. Knouft e Chu (2015) demonstram em seu estudo que a urbanização remove as vegetações naturais e conseqüentemente altera a qualidade da água. Gu *et al.* (2015) reforçam ainda quanto maior a expansão das áreas urbanas, maior será a “descarga de efluentes não tratados” em córregos das áreas urbanas.

Tendo em vista essa realidade, autores como Booker *et al.* (2012) reforçam a necessidade de adotar um sistema que mantenha a qualidade da água, caso isto não ocorra, o meio ambiente também sofrerá em larga escala, e conseqüentemente haverá impacto negativo na qualidade de vida da população em seu entorno, isto porque, além de estarem em consumo impróprio, ainda podem ocasionar dermatites, verminoses, hepatite A, e outros problemas de saúde (IEC, 2009).

3.3.1 Identificação dos parâmetros de qualidade de água

3.3.1.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅)

A determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅) surgiu com o objetivo de quantificar a potencialidade de um determinado despejo em causar impacto em um corpo d'água. A DBO₅ retrata a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar, através de processos bioquímicos, a matéria orgânica carbonácea. É uma indicação indireta do carbono orgânico biodegradável (APHA, 2005).

O princípio da DBO₅ baseia-se na quantificação do oxigênio dissolvido consumido por microrganismos aquáticos (geralmente bactérias) para metabolizar a matéria orgânica biodegradável, oxidar o nitrogênio reduzido (nitrogênio orgânico e amônia) e espécies minerais reduzidas tais como íons de ferro (AMARAL, 2012).

3.3.1.2 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) é um parâmetro que corresponde a quantidade de oxigênio consumido por matérias e por substâncias orgânicas e minerais, que se

oxidam sob condições definidas. Para águas, o parâmetro é especialmente importante por estimar o potencial poluidor de efluentes domésticos e industriais.

O dicromato tem sido o oxidante mais utilizado para a determinação da DQO. De acordo com Aquino *et al.* (2006) a DQO corresponde à quantidade de oxigênio consumida na oxidação química da amostra pelo dicromato de potássio em meio fortemente ácido, a temperaturas elevadas e na presença de um catalizador.

Devido ao seu forte potencial oxidativo, facilidade de manipulação e sua aplicabilidade para uma grande variedade de amostras, o íon dicromato é geralmente utilizado como o agente oxidante nos métodos de determinação de DQO, tanto para os métodos de refluxo fechado (titulométrico e colorimétrico), como para de refluxo aberto (APHA, 2005).

3.3.1.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH fornece uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Representa a concentração de íons hidrogênio H⁺ (em escala antilogarítmica), a maioria das bactérias sobrevivem em ambientes de Ph abaixo de 9,5 e acima de 4,0, sendo que o ótimo se situa dentro da neutralidade (6,5 a 7,5) (AMARAL, 2012). O limite de pH, de acordo com o CONAMA 357/05 para descargas em corpo receptor, é entre 5 e 9 (BRASIL, 2005).

3.3.1.4 Temperatura

Durante o processo biológico uma elevação da temperatura aumenta a taxa de reações químicas e biológicas, diminui a solubilidade do contaminante e aumenta a taxa de transferência de gases, além disso, o oxigênio é menos solúvel em água quente do que em água fria (AMARAL, 2012).

De acordo com a Resolução CONAMA 430/11, a temperatura do efluente, ao ser lançado no corpo d'água, deve estar abaixo de 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura (BRASIL, 2011).

3.3.1.5 Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido atua como regulador em processos metabólicos dos organismos e comunidades. Grande parte do oxigênio dissolvido nas águas doce e salgada

provém da atmosfera, mas ele também é produzido pela ação fotossintética das algas (COSTA *et al.*, 2008).

Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo causar uma redução da sua concentração no meio (AMARAL, 2012). Dependendo da magnitude deste fenômeno, pode ocorrer a morte de diversos seres aquáticos, inclusive os peixes (VON SPERLING, 1996).

3.3.1.6 Nitrogênio

O nitrogênio é largamente dependente da decomposição biológica presente nos componentes acumulados dentro da biota (CHAZAL; LENS, 2000). Nas águas, o nitrogênio está presente sob quatro formas: nitrogênio amoniacal, nitrogênio orgânico, nitrito e nitrato. Pelo fato de os compostos de nitrogênio serem nutrientes nos processos biológicos, seu lançamento em grandes quantidades nos corpos d'água, junto com outros nutrientes tais como o fósforo, causa um crescimento excessivo das algas, processo conhecido como eutrofização, o que pode prejudicar o abastecimento público, a recreação e a preservação da vida aquática (ANA, 2021).

3.3.1.7 Fósforo

O fósforo é um nutriente que contribui para os processos biológicos e podendo contribuir ou não com a biota aquática e seu excesso pode causar a eutrofização das águas. Entre as fontes de fósforo destacam-se os esgotos domésticos, pela presença dos detergentes superfosfatados e da própria matéria fecal. A drenagem pluvial de áreas agrícolas e urbanas também é uma fonte significativa de fósforo para os corpos d'água. Entre os efluentes industriais destacam-se os das indústrias de fertilizantes, alimentícias, laticínios, frigoríficos e abatedouros (ANA, 2021).

3.3.1.8 Turbidez

A turbidez tem relação direta com a capacidade de introdução de luz em um corpo hídrico, que influencia diretamente a vida aquática, essa redução ocorre pela absorção e espalhamento da luz causada pelos sólidos em suspensão (silte, areia, argila, algas, detritos, efluentes industriais e outros). A principal fonte de turbidez é a erosão dos solos, quando na

época das chuvas as águas pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os corpos d'água (ANA, 2021).

3.3.1.9 Coliformes termotolerantes

Os Coliformes termotolerantes não se multiplicam facilmente no ambiente externo e ocorrem constantemente na flora intestinal do homem e de animais de sangue quente, sendo capazes de sobreviver de modo semelhante às bactérias patogênicas, atuando, portanto, como potenciais indicadores de contaminação fecal e de patógenos entéricos em água (ZULPO *et al.*, 2006). Elas não são patogênicas (não causam doenças) mas sua presença em grandes números indicam a possibilidade da existência de microorganismos patogênicos que são responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica (ANA, 2021).

3.4 Realidade Amazônica

A Bacia Amazônica, incluindo a bacia dos Rios Tocantins e Araguaia, constitui a maior rede hidrográfica do planeta, com mais de 7 milhões de km², devido à grande área de drenagem e a alta pluviosidade na região equatorial. Os rios de maior porte recebem as águas de uma densa rede de riachos, resultando em uma alta vazão e favorecendo o ecossistema aquático e terrestre adjacente (ALBERT; VAL; HOORN, 2018).

Esse emaranhado de drenagens de menor porte são chamados de igarapés, que segundo Pimentel (2011) são rios de pequena ordem que possuem características marcantes, apresentando leito bem delimitado, drenagem com correnteza relativamente acentuada, água com temperatura baixa de cerca de 26°C, cursos médios e superiores encobertos pelo dossel da floresta de terra firme e leito com presença de troncos caídos.

A cobertura vegetal é de fundamental importância para a manutenção da integridade do solo e na Amazônia ainda existe uma grande quantidade de áreas com floresta nativa, como demonstra a Figura 1. Atividades humanas que demandam da alteração do uso do solo acabam por comprometer esses ecossistemas aquáticos, pois expõem os horizontes superficiais do solo ao intemperismo acelerando a taxa de erosão (RUBIRA *et al.*, 2019). Os processos erosivos acabam por carrear partículas finas desagregadas do solo para dentro dos igarapés, estas partículas tendem a se acumular em áreas de topografia baixa e nos leitos desses ecossistemas, que acarreta o assoreamento (PIMENTEL, 2011). Observa-se o aumento das atividades humanas e redução das áreas de florestas nativas.

CAPÍTULO 1

Impactos do processo de urbanização na qualidade de água no Brasil: uma revisão sistemática

Thiago Junio Costa Quaresma^{1*}; Quêzia Leandro de Moura Guerreiro²; José Max Barbosa Oliveira-Junior^{1,2}

¹ Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida (PPGSAQ), Centro de Formação Interdisciplinar (CFI), Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Rua Vera Paz, s/n (Unidade Tapajós), Bairro Salé, CEP 68040-255, Santarém, Pará, Brazil.

² Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas (ICTA), Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Rua Vera Paz, s/n (Unidade Tapajós), Bairro Salé, CEP 68040-255, Santarém, Pará, Brazil.

*Autor correspondente. E-mail: tjquaresma@gmail.com

RESUMO

Esse trabalho teve como objetivo sistematizar os artigos científicos que tratam diretamente do processo de urbanização e seu impacto negativo na qualidade da água superficial, no Brasil. Foram pesquisadas as bases de dados ISI Web of Science, PUBMED, Google acadêmico, Portal de busca integrada da USP e Science direct, conforme a metodologia PRISMA. Foram inclusos os estudos publicados de 2009 a 2019, e os descritores utilizados foram redigidos em inglês (“urbanization” AND “surface water quality” NOT “climate change” NOT “bioindicators” AND “water parameters” AND “Brazil”). Dos 1531 artigos encontrados, 20 foram retirados por duplicidade, e após leitura dos títulos, o pesquisador 1, selecionou 31, e o pesquisador 2 selecionou 28, chegando ao consenso para leitura dos resumos de 29 artigos, dos quais apenas 18 foram selecionados para leitura integral. Dos artigos incluídos 83,3% (15) foram publicados nos últimos cinco anos, o que demonstra uma preocupação dos autores em relação a temática, já que o intenso processo de urbanização tem afetado consideravelmente a qualidade da água doce disponível dos quais 22,2% (4) apresentaram alta qualidade de evidência, 50% (9) foram classificados como moderada qualidade de evidência, e 17,8% (5) apresentaram baixa qualidade. Quando se avalia os métodos de escolha para avaliação nos estudos, 83,3% (15) optaram por fazer avaliação de mais de um parâmetro de avaliação da qualidade da água, correlacionando em alguns estudos com outros métodos, como o geoprocessamento, sendo realizado em 44,4% (8) dos estudos. Outro método de escolha para fazer essa correlação foi a identificação visual do uso e cobertura do solo em cada ponto amostral, correspondendo a 38,9% (7) dos estudos, 16,7% (3) avaliaram os efeitos da urbanização, 11,1% (2) a variação das comunidades de invertebrados, e os demais apresentaram 5,6% (1), desses um realizou entrevistas, outro utilizou uma modelagem matemática para dimensionar as alterações, um utilizou as informações contidas em bases de dados secundários, e outro a vazão da água em determinada época do ano. Esses métodos são

complementares entre si e servem para comprovar que áreas mais preservadas mantêm os parâmetros estabelecidos pelo CONAMA. Das conclusões obtidas nesses estudos podemos perceber que 77,8% (14) dos autores relatam que as mudanças no padrão de uso e cobertura do solo alteram negativamente a qualidade da água dos espaços avaliados, que correlaciona a extensão do impacto negativo sobre a qualidade da água, como consequência do processo de antropização, 11,1% (2) citam que uma das causas para a influência negativa do uso e cobertura do solo na qualidade da água é justamente a insuficiência de políticas públicas e a falta de fiscalização dos órgãos ambientais nos corpos hídricos, 11,1% (2) relata que essas alterações são em decorrência das estações do ano, sendo o período chuvoso, o mais crítico. Um estudo retrata que em áreas de agricultura não há grandes variações, e 5,6% (1) demonstra a necessidade de estabelecer novos métodos de avaliação para avaliar essa influência do uso e cobertura do solo na qualidade da água de forma mais fidedigna. Sugere-se que sejam ampliados os estudos relacionados aos impactos negativos do processo de urbanização na qualidade dos corpos hídricos na Amazônia, para que medidas emergenciais possam ser propostas, evitando a escassez dos mananciais de água doce.

Palavras-chave: Brasil. qualidade de águas superficiais. urbanização.

ABSTRACT

This work aimed to systematize scientific articles that deal directly with the urbanization process and its negative impact on the quality of surface water in Brazil. The ISI Web of Science, PUBMED, Academic Google, USP Integrated Search Portal and Science direct databases were searched, according to the PRISMA methodology. Studies published from 2009 to 2019 were included, and the descriptors used were written in English (“urbanization” AND “surface water quality” NOT “climate change” NOT “bioindicators” AND “water parameters” AND “Brazil”). Of the 1531 articles found, 20 were removed due to duplication, and after reading the titles, researcher 1 selected 31, and researcher 2 selected 28, reaching a consensus for reading the abstracts of 29 articles, of which only 18 were selected for reading integral. Of the articles included, 83.3% (15) were published in the last five years, which demonstrates the authors' concern regarding the theme, since the intense urbanization process has considerably affected the quality of available fresh water, of which 22.2 % (4) had high quality of evidence, 50% (9) were classified as moderate quality of evidence, and 17.8% (5) had low quality. When evaluating the methods of choice for evaluation in the studies, 83.3%

(15) chose to evaluate more than one water quality assessment parameter, correlating in some studies with other methods, such as geoprocessing, being carried out in 44.4% (8) of the studies. Another method of choice to make this correlation was the visual identification of land use and land cover at each sampling point, corresponding to 38.9% (7) of the studies, 16.7% (3) evaluated the effects of urbanization, 11, 1% (2) the variation of invertebrate communities, and the others showed 5.6% (1), of which one conducted interviews, another used a mathematical model to scale the changes, one used the information contained in secondary databases, and another the water flow at a certain time of year. These methods are complementary to each other and serve to prove that the most preserved areas maintain the parameters established by CONAMA. From the conclusions obtained in these studies, we can see that 77.8% (14) of the authors report that changes in the pattern of use and land cover negatively alter the water quality of the evaluated spaces, which correlates the extent of the negative impact on the quality of the land. water, as a result of the anthropization process, 11.1% (2) mention that one of the causes for the negative influence of land use and land cover on water quality is precisely the insufficiency of public policies and the lack of inspection by environmental agencies in water bodies, 11.1% (2) report that these changes are due to the seasons of the year, with the rainy season being the most critical. One study shows that in agricultural areas there are no great variations, and 5.6% (1) demonstrates the need to establish new evaluation methods to more reliably assess this influence of land use and land cover on water quality. It is suggested that studies related to the negative impacts of the urbanization process on the quality of water bodies in the Amazon be expanded, so that emergency measures can be proposed, avoiding the scarcity of fresh water sources.

Keywords: Brazil; surface water quality; urbanization.

1 INTRODUÇÃO

Com o processo de globalização, o uso e ocupação do solo tem sido uma preocupação constante, por ser responsável pela exploração em demasia dos recursos naturais, ocasionando impactos negativos na qualidade do solo e água. Este fato deve-se ao intenso processo de urbanização ocorridos nos últimos anos, que acarretou um aumento de construções, como indústrias, prédios, conjuntos habitacionais, e uma concentração demográfica, aliado a falta de planejamento urbano (LIMA; LOPES; FAÇANHA, 2019).

De acordo com o Decreto Lei nº 10.257 (2001), o planejamento e desenvolvimento das cidades deve levar em conta as atividades econômicas, construções e contingente populacional “de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente”, essa falta de planejamento causa uma

drenagem pluvial ineficiente, que entre os efeitos negativos, temos por exemplo os alagamentos, já que o solo encontra-se impermeável devido as construções, acúmulo de resíduos, o que ocasiona um aumento no índice de doenças devido a exposição humana, e rios, lagos, igarapés contaminados, prejudicando o consumo e a disponibilidade de espaços de lazer, já a população do entorno utiliza para este fim.

Segundo o que está disposto Código Florestal (Lei 12.727/2012) e a Resolução nº 369 de 29 de março de 2006 do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, algumas medidas foram tomadas para evitar esses efeitos negativos, destacando as faixas de preservação e os possíveis usos da área de preservação permanente – APP, mecanismos que interferem na conservação dos corpos hídricos.

Este movimento global, de propor medidas para recuperação dos recursos naturais, deve-se por já ser notório em algumas localidades a escassez de recursos hídricos, devido a destruição de mananciais de água doce, em decorrência da falta de esgotamento sanitário, e crescimento desordenado das cidades (FERREIRA; COELHO, 2015).

A água é um elemento indispensável para manutenção da vida, e para avaliação de sua qualidade, vários parâmetros precisam ser analisados, como oferta de oxigênio, temperatura, nitratos, pH, coliformes fecais, nitratos, fosfatos, entre outros. Por isso, pesquisadores tem realizado estudos que possam dimensionar variações espaciais e temporais, e assim correlacionar com o processo de antropização, para propor medidas emergenciais que favoreçam a recuperação desses corpos hídricos (TARGA; BATISTA, 2015).

Bastos (2009) demonstra justamente, como a falta de planejamento urbano afeta negativamente a qualidade e disponibilidade de recursos hídricos, onde descreve que “A ausência de planejamento urbano capaz de equacionar os impactos da urbanização sobre os processos hidrológicos, a pressão demográfica e a especulação imobiliária fazem com que a concepção do sistema de drenagem urbana esteja, sobretudo, condicionada ao parcelamento, ocupação e usos do solo”.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura sobre alterações na qualidade da água decorrentes do uso e cobertura de solo por processo de urbanização no Brasil na última década (2009 a 2019), para estabelecer a evolução temporal do número de publicações, região do Brasil, qualidade de evidência, método de análise e o meio relacionado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Um levantamento da literatura publicada sobre alterações na qualidade da água decorrentes do uso e cobertura de solo por processo de urbanização no Brasil (entre 2009 a 2019) foi realizada em 30 de julho de 2019 através de um estudo bibliográfico usando as seguintes bases de dados: ISI Web of Science, Science Direct, Portal de busca integrada da Universidade de São Paulo – USP, PUBMED e Google acadêmico, onde foram utilizadas as seguintes palavras-chave: “urbanization” AND “surface water quality” OR “water parameters” AND “Brazil” NOT (climate change OR bioindicators).

Foram incluídos somente os artigos de revisão e os artigos de pesquisa, estudos referentes aos efeitos da urbanização na qualidade da água superficial, principalmente na Amazônia, nos últimos 10 anos, e que atendiam os seguintes critérios: (i) avaliassem o processo de urbanização; (ii) indicavam as alterações na qualidade de água advindas dos processos de alteração do solo ou por ações antropogênicas; e que (iii) continham parâmetros de água, com objetivo de identificação de suas alterações em um período específico.

A partir das buscas construiu-se o protocolo da revisão sistemática seguindo as orientações contidas no *the preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) statement* (MOHER *et al.*, 2015). A escolha destas bases de dados se

deu pelo grande impacto que possuem para ciência, a *Web of Science* (Thompson Reuters), por exemplo, é uma base de dados que há anos têm sido a ferramenta disponível de indexação de literatura científica e a mais reconhecida internacionalmente, fornece importantes dados sobre as mais diferentes áreas de pesquisas em ciências e tecnologia (PEREIRA *et al.*, 2018).

Acerca do recorte temporal, apesar de terem sido inclusos na pesquisa artigos a partir de 2009, quando foram aplicados os critérios de exclusão, somente foram selecionados artigos de 2011 em diante.

Os artigos selecionados receberam um único número de identificação e os dados foram sintetizados através de um fluxograma com quantitativo de artigos em cada busca, os demais dados foram dispostos em tabela para facilitar a visualização, como autores, distribuição ao longo dos anos, método de coleta, variáveis, e conclusão dos pesquisadores.

Dois pesquisadores realizaram de forma independente a extração de dados e utilizaram o software Excel nessa etapa. Inicialmente, foi desenvolvido um formulário de coleta de dados, e realizado treinamento para uso do formulário e codificação das respostas. De todos os estudos incluídos foram extraídos os seguintes dados: ano de publicação do estudo; local do estudo; delineamento; tipos de instrumentos utilizados; informações contidas nos instrumentos; detalhes da coleta de dados; protocolos operacionais; plano amostral; dificuldades operacionais encontradas na realização dos estudos e medidas de desfecho.

Os artigos encontrados foram extraídos como textos das bases de dados e importadas pelo *Software* de Administração de Referências *Endnote Web* (Thompson Reuters, 2012). Artigos duplicados foram primeiramente removidos utilizando o Endnote.

Com a definição dos artigos, foi identificado a região de atuação do estudo, para representar a espacialidade dos estudos no Brasil.

Após a avaliação, os artigos listados para revisão foram associados à qualidade das evidências através do método GRADE (alta, moderada, baixa ou muito baixa), conforme tabela 1, que foi determinada a partir do delineamento de cada estudo, limitações metodológicas, inconsistência, evidência indireta, imprecisão, este método tem sido utilizado nos últimos anos por instituições como Organização Mundial de Saúde (OMS), o *National Institute for Health and Clinical Excellence* (NICE), entre outros, por representar de forma prática a confiança na informação utilizada, e conclusões obtidas pelos autores (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2014).

Tabela 1 – Aplicação dos fatores que diminuem ou aumentam a qualidade da evidência no método GRADE.

ITENS	CRITÉRIO	APLICAÇÃO
	Fatores que diminuem a qualidade da evidência	
1. Limitações do estudo (risco do viés)	Resultado da avaliação metodológica de cada delineamento	Diminuir 1 ponto se o risco do viés for considerado sério ou 2 pontos se for muito sério
2. Inconsistência dos resultados (heterogeneidade)	No caso de desfechos inconsistentes, avaliar semelhança das estimativas, sobreposição dos intervalos de confiança e resultados dos testes de heterogeneidade e do I – quadrado.	Reduzir 1 ponto caso a inconsistência seja importante
3. Evidência indireta	Avaliar se existem diferenças na população, intervenção comparação ou desfechos entre os estudos, incluídos e a pergunta de interesse da revisão	Rebaixar 1 ponto se a evidência indireta for séria ou 2 pontos se forma muito séria
4. Imprecisão	Avaliar a amplitude do intervalo de confiança, ou se o número de eventos e o tamanho da amostra são pequenos	Reduzir 1 ou 2 pontos se houver imprecisão
5. Viés de publicação	Avaliar se há possibilidade de estudos não terem sido publicados, bem como a influência dos financiamentos da pesquisa	Rebaixar 1 ponto caso haja suspeita de viés de publicação

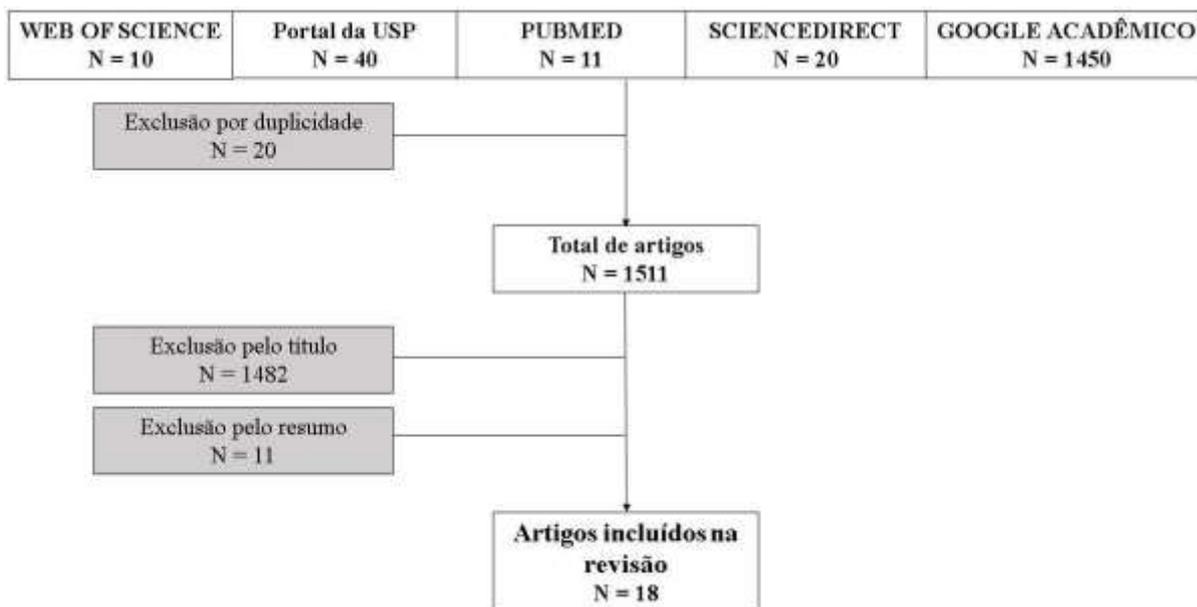
ITENS	CRITÉRIO	APLICAÇÃO
Fatores que aumentam a qualidade da evidência (aplicáveis aos estudos observacionais)		
1. Grande magnitude de efeito	A observação de grande efeito aumenta a confiança na evidência encontrada	Elevar a qualidade em 1 ponto se o risco relativo for igual ou maior a 0,5 e 2 pontos se risco relativo for menor igual a 0,2
2. Gradiente dose-resposta	A observação de alteração do efeito conforme a exposição se modifica auxilia na definição da causalidade	Aumentar a quantidade em 1 ponto se houver gradiente dos-resposta
3. Confundidores ou vieses reduzindo o efeito encontrado	A presença de confundidores (que estariam indo na direção oposta ao efeito) não impede que o resultado favorável à intervenção seja encontrado	Aumentar a quantidade em 1 ponto se os confundidores existentes diminuíssem o efeito observado

Fonte: GALVÃO; PEREIRA (2015).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 1531 artigos encontrados, 20 foram retirados por duplicidade, e após leitura dos títulos, o pesquisador 1, selecionou 31, e o pesquisador 2 selecionou 28, chegando ao consenso para leitura dos resumos de 29 artigos, dos quais apenas 18 foram selecionados para leitura integral, como mostra a figura 1. Desses a maioria foi encontrada no google acadêmico, importante ferramenta de pesquisa, por reunir diversas fontes em um único lugar.

Figura 1 – Fluxograma de identificação e seleção dos artigos para revisão sistemática



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A Tabela 2, contempla os dados referentes aos autores, ano e título da publicação, onde foi designado um código para cada trabalho, sendo selecionado trabalhos de 2011 a 2019, apesar da busca compreender periódicos de 2009 a 2019, quando os critérios de inclusão e exclusão foram aplicados, somente após 2011 tiveram trabalhos que contemplassem as características necessárias propostas para a revisão, este fato deve-se pôr em 2010 terem sido realizadas alterações nas políticas de recursos hídricos, como a lei n 12.334, de 2010 (ANA, 2012).

Tabela 2 – Características dos estudos sobre o processo de urbanização e seus impactos na qualidade da água, segundo código (C), autor, ano, título.

C	AUTOR	ANO	TÍTULO	REGIÃO DE ESTUDO
1	Ternus, R. <i>et al.</i>	2011	Influence of urbanisation on water quality in the basin of the upper Uruguay River in western Santa Catarina, Brazil	Sul
2	Muniz, D. <i>et al.</i>	2011	Evaluation of water quality parameters for monitoring natural, urban, and agricultural areas in the Brazilian Cerrado	Centro Oeste
3	Silva, D. <i>et al.</i>	2012	Influence of land use changes on water chemistry in streams in the State of São Paulo, southeast Brazil	Sudeste
4	Martins, R.T. <i>et al.</i>	2015	Granulação foliar em riachos urbanos da Amazônia central: efeitos diretos e indiretos de fatores físicos, químicos e biológicos	Norte
5	Pires, N. <i>et al.</i>	2015	Impacts of the Urbanization Process on Water Quality of Brazilian Savanna Rivers: The Case of Preto River in Formosa, Goiás State, Brazil	Centro Oeste
6	Steffens, C. <i>et al.</i>	2015	Water quality assessment of the Sinos River – RS, Brazil	Sul
7	Fruet, T. <i>et al.</i>	2016	Influence of the land use on the water quality in the São João and Iguazu Rivers, state of Paraná, Brazil: assessment of the importance of the riparian zone	Sul
8	Cak, A. <i>et al.</i>	2016	Urbanização e escolhas de uso de pequenas terras agrícolas na Amazônia brasileira e o papel da química da água de pequenos riachos	Norte
9	Medeiros, A. <i>et al.</i>	2017	Quality index of the surface water of Amazonian rivers in industrial areas in Pará, Brazil	Norte
10	Barrenha, P. <i>et al.</i>	2017	Multivariate analyses of the effect of an urban wastewater treatment plant on spatial and temporal variation of water quality and nutrient distribution of a tropical mid-order river	Sudeste
11	Martins, R.T. <i>et al.</i>	2017	Efeitos da urbanização em comunidades de invertebrados bentônicos de riachos na Amazônia Central.	Norte
12	Oliveira, S. <i>et al.</i>	2017	Surface water quality of the Middle San Francisco river basin after the implementation of irrigated perimeters of Gorutuba/Lagoa Grande and Jaíba	Centro Oeste
13	Souza, M. <i>et al.</i>	2017	Nonpoint pollution load in river catchments with different anthropic impacts: a case study in Southern Brazil	Sul
14	Fornari, M.; Camotti-Bastos, M.	2018	Urban effluents in the water of the Marau River (Brazil). Water quality on the river	Sul
15	Simedo, M. <i>et al.</i>	2018	Effect of watershed land use on water quality: a case study in Córrego da Olaria Basin, São Paulo State, Brazil.	Sudeste
16	Mello, K. <i>et al.</i>	2018	Effects of land use and land cover on water quality of low-order streams in Southeastern Brazil: Watershed versus riparian zone	Sudeste
17	Sahoo, P. <i>et al.</i>	2019	High resolution hydrogeochemical survey and estimation of baseline concentrations of trace elements in surface water of the Itacaiúnas River Basin, southeastern Amazonia: Implication for environmental studies	Norte
18	Oliveira, J. <i>et al.</i>	2019	Spatial-temporal analysis of the surface water quality of the Pará River Basin through statistical techniques	Norte

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Dos artigos incluídos 83,3% (15) foram publicados nos últimos cinco anos, o que demonstra uma preocupação dos autores em relação a temática, já que o intenso processo de urbanização tem afetado consideravelmente a qualidade da água doce disponível. Uma das explicações para esses achados é a união de diversos países para estabelecer metas que favoreçam a um desenvolvimento sustentável, como o proposto pela ONU (2015) "O caminho para a dignidade até 2030: acabando com a pobreza, transformando todas as vidas e

protegendo o planeta", com intuito de promover uma conscientização internacional para com as questões ambientais. Essa é uma tendência nos últimos anos, com a Amazônia em foco, levando a diversos manifestos, em favor da defesa da fauna e flora, pois com a urbanização em franca expansão, cada vez mais efeitos negativos tem surgido, como as arboviroses, doenças de veiculação hídrica, indisponibilidade de alimentos livre de agrotóxicos, entre outros (MARINHO; OLIVEIRA; CRISPIM, 2018). Ao considerar os estudos por região do Brasil, Norte detém 33% (6), Centro Oeste 17% (3), Sudeste 22% (4) e Sul 28% (5) estudos, não identificando estudos nessa característica para a região nordeste.

A tabela 3 contempla as características de 18 artigos, dos quais 22,2% (4) apresentaram alta qualidade de evidência, 50% (9) foram classificados como moderada qualidade de evidência, e 17,8% (5) apresentaram baixa qualidade, esse dado é de suma relevância, por demonstrar a confiabilidade dos dados apresentados, a preocupação dos pesquisadores em buscar aperfeiçoar técnicas, além de ter uma boa apresentação das informações que oportuniza um rápido entendimento acerca das informações repassadas. Galvão e Pereira (2015) descrevem que estudos com boa qualidade de evidência são essenciais para tomada de decisões, pois o seu desfecho dificilmente será alterado em curto período. Dentre os dados avaliados para os que demonstraram uma boa qualidade de evidência, entre moderada e alta (72,2%), além de apresentarem uma boa descrição metodológica, que oportunizasse responder os objetivos propostos pelos seus respectivos trabalhos, houve um cuidado na apresentação e análises, seguindo padrões rígidos, tendo uma aceitação crescente na comunidade científica, por qualificarem através de diversos requisitos, se o estudo teve considerações significativas avaliando metodologia e resultados obtidos (ANDREWS *et al.*, 2013).

Tabela 3 – Características dos estudos sobre o processo de urbanização e seus impactos na qualidade da água, segundo código (C), método, conclusão e avaliação da qualidade de evidência.

C	MÉTODO	CONCLUSÕES	GRADE
1	Foram selecionados pontos nos afluentes, obedecendo ao gradiente longitudinal e diferente uso do solo das áreas adjacentes. As amostragens foram bimestrais de março de 2005 a agosto de 2006. Foram analisadas as variáveis profundidade, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido (OD), temperatura da água, demanda química de oxigênio (DQO), alcalinidade total, amônia, nitrito, nitrato e fósforo.	Foi observado mata ciliar degradada na maioria dos corpos d'água estudados, o que facilita a entrada de poluentes. Embora a região estudada sofra a pressão de uma intensa atividade agrícola (agricultura e pecuária) e com a maior concentração de criação de suínos do país, foi verificado que os rios mais alterados em suas características originais foram aqueles que recebem influência da área urbana com lançamento de esgoto e efluente industrial.	Moderada
2	Análises de temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD), condutividade, turbidez, dureza total, principais íons, coliformes totais e fecais (<i>E. coli</i>) da água, foram realizadas mensalmente durante doze meses envolvendo períodos seco e chuvoso. Além disso, também foi realizada avaliação ecotoxicológica utilizando o microcrustáceo <i>Ceriodaphnia dubia</i> .	A presença de coliformes fecais (<i>E. coli</i>) foi o indicador mais efetivo para comparar a qualidade da água entre as duas bacias, principalmente na urbanizada enquanto que, os ensaios de ecotoxicidade com <i>C. dubia</i> foram prejudicados pela composição química natural da água.	Baixa
3	Foi avaliado a concentração dos íons dissolvidos (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , HCO_3^-) em riachos no Estado de São Paulo	Variações dos fluxos de íons principais e composição de nutrientes inorgânicos podem estar associadas a mudanças no uso da terra ou características do solo.	Baixa

C	MÉTODO	CONCLUSÕES	GRADE
4	Utilizado modelagem de equações estruturais para avaliar decomposição de espécies foliares, micróbios, fungos, velocidade da água e efeitos dos trituradores e micróbios na decomposição foliar mediado pelos efeitos da urbanização.	O estudo evidenciou que a urbanização pode diminuir as taxas de decomposição de folhas e serapilheira em riachos tropicais, principalmente por meio de efeitos negativos sobre a biomassa de fungos e trituradores.	Baixa
5	As amostras foram coletadas em cinco pontos ao longo do rio, distribuídas espacialmente de um lado ao outro da cidade de Formosa, de maio a outubro de 2012. Os dados foram submetidos à estatística descritiva, além de análise de variância e cluster.	Os dados observados neste monitoramento levam a uma preocupação de saúde pública, já que em um dos pontos por ser uma área em urbanização, onde não há coleta e tratamento de esgoto, a água está sendo contaminada, e esta tem vários usos, inclusive o banho.	Moderada
6	Os pontos foram monitorados entre 2013 e 2014. As amostras de água foram analisadas para determinar os parâmetros físico-químicos complementarmente a genotoxicidade em peixes: metais (Cr, Fe, Al), demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, cloretos, condutividade, sólidos suspensos totais, fósforo total, coliformes totais e fecais, pH, oxigênio dissolvido, turbidez, nitrogênio total Kjeldahl, nitrato e nitrogênio amoniacal. A avaliação de genotoxicidade foi conduzida pela exposição à água de diferentes pontos do rio de indivíduos da espécie <i>Astyanax jacuhiensis</i> .	O estado atual da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio dos Sinos não apresentou grandes mudanças em comparação com estudos realizados com os mesmos pontos de amostragem em 2010. Os resultados continuam a mostrar que a qualidade da água do rio se deteriora ao longo do curso, principalmente devido à crescente urbanização.	Baixa
7	Um total de 72 amostras de água foram avaliadas a cada mês, a partir de 2011 a junho de 2012. Cinco classes de uso e ocupação do solo foram definidas: Floresta nativa, pastagem e reservatórios, agricultura, área residencial, e áreas de reflorestamento por espécies exóticas.	Houve relações entre a qualidade dos recursos hídricos e a localização dos locais de amostragem.	Alta
8	Identificação cobertura e solos, amostragem química da água, entrevistas	A mudanças no uso do solo alteram negativamente a estrutura e função das bacias hidrográficas, o autor destaca ainda a falta de fiscalização ambiental, pois foi citado nas entrevistas que nenhum estudo havia sido realizado na área.	Alta
9	Utilizou-se o Índice de Qualidade da Água (IQA) baseado em nove variáveis analisadas	A influência antropogênica no rio Murucupi foi maior, principalmente pelo descarte de efluentes domésticos do aglomerado urbano e das bacias de rejeitos industriais a montante desse rio. Devido ao seu ambiente menos habitado e mais distante da área urbana e industrial, o rio Arapiranga era mais preservado. A poluição das águas em torno dessas áreas é cada vez mais intensa e restringe seus usos para diversos fins.	Alta
10	Seis locais de estudo foram amostrados ao longo de quase 4 anos para avaliar os impactos das atividades humanas, incluindo os locais a montante (1-3) e a jusante (5-6) da ETAR.	Métodos multivariados que permitem testes rigorosos de hipóteses multifatoriais podem contribuir muito para determinar os efeitos de fontes pontuais e não pontuais nos sistemas	Moderada

C	MÉTODO	CONCLUSÕES	GRADE
11	Avaliação dos efeitos de urbanização nas condições ecológicas (bióticas e abióticas) dos riachos, e a variação das comunidades de invertebrados ao longo do tempo.	fluviais, contribuindo assim para o monitoramento e manejo de água doce, aparentemente devido à autodepuração O aumento dos efeitos da urbanização representado pelas variáveis abióticas amostradas e a redução da riqueza de invertebrados e o aumento da dominância da taxa tolerantes indicam que a política pública não é suficiente para proteger ou mitigar os impactos humanos nos sistemas hídricos.	Moderada
12	Foram selecionadas nove estações de monitoramento da qualidade da água superficial na região, que representavam diferentes usos e ocupação do solo, sendo realizada avaliação comparativa para identificar diferenças significativas entre os parâmetros físico-químicos e biológicos monitorados nas nove estações de coleta.	A implantação de perímetros irrigados causou baixo impacto na qualidade das águas na região, no período estudado, considerando os parâmetros analisados neste trabalho	Baixa
13	A análise de agrupamento foi utilizada para identificar semelhanças entre bacias e análise de componentes principais (PCA) para identificar as principais variáveis que caracterizam a poluição difusa em cada bacia. O uso e ocupação do solo foram determinantes na formação dos clusters.	As diferenças na carga de poluentes podem ser atribuídas aos intensos processos de degradação associados às atividades antrópicas, como a urbanização, a atividade agrícola e a descarga de efluentes, que são diferentes para cada bacia.	Moderada
14	Os parâmetros analisados foram: pH, turbidez, condutividade elétrica, tensão superficial, carbono orgânico, metais, nitrito, nitrato, cloreto, fosfato, sulfato e fósforo solúvel. As coletas de água do rio ocorreram em setembro de 2014 e 2016	As atividades industriais e os esgotos clandestinos da cidade de Marau têm impacto negativo na qualidade da água do rio.	Alta
15	As amostras foram analisadas em termos de parâmetros físicos e químicos em amostragens mensais de qualidade de água em quatro locais representativos em córregos de sub-bacias de primeira ordem, localizadas no Polo Regional Centro Norte, município de Pindorama, Estado de São Paulo, Brasil. A classificação do uso da terra foi feita por técnica de detecção visual em dados de satélite multiespectral obtidos a partir de bandas espectrais LandSat8 do sensor OLI. A bacia hidrográfica foi classificada em grandes classes de cobertura / uso da terra e os mapas de sobreposição gerados no ArcGIS 10	O manejo da conservação do solo é importante para otimizar o uso do solo, a fim de contribuir para o controle da água poluição e a formulação de uma política pública é necessária para a conservação dos recursos hídricos e do solo.	Moderada
16	Parâmetros de qualidade da água foram analisados separadamente e juntos usando modelos lineares mistos e multivariados.	Os resultados indicam que a cobertura florestal desempenha um papel significativo em manter a água limpa, enquanto a agricultura e as áreas urbanas levam à degradação da qualidade da água.	Moderada
17	Foi realizada análise química da água e controle de qualidade, com uma estrutura baseada em computador que fornece processamento rápido de dados e detecção precoce de erros, o que possibilita a pesquisa de alta densidade. E realização de mapas hidrogeológicos através do software ArcGIS	A qualidade da água estava dentro dos limites propostos pela CONAMA e OMS, a sazonalidade tem influência significativa na concentração de metais, com tendência a ser maior no período chuvoso. Os valores de linha de base específicos do local são crucialmente	Moderada

C	MÉTODO	CONCLUSÕES	GRADE
9.3.		importantes para abordar as especificidades de cada local e identificar a contaminação para o planejamento do gerenciamento de água. Concluindo-se que estudos mais detalhados devem ser feitos com objetivo de fortalecer o uso efetivos dos valores de referência para avaliação do risco ambiental.	
18	Foi utilizado o banco de dados de monitoramento da qualidade das águas superficiais do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), sendo analisados 18 parâmetros oriundos de uma série histórica de 2008 a 2016, em um total de 16.651 observações.	A análise da sazonalidade apontou diferenças significativas nos parâmetros OD, turbidez, sólidos em suspensão totais, sólidos totais e temperatura da água onde foi demonstrado que houve uma piora da qualidade da água no período chuvoso para a maioria das sub-bacias.	Moderada

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Quando se avalia os métodos de escolha para avaliação nos estudos, 83,3% (15) optaram por fazer avaliação de mais de uma variável da água, correlacionando em alguns estudos com outros métodos, como o geoprocessamento, sendo realizado em 44,4% (8) dos estudos, este método é bastante utilizado por possibilitar “a visualização de forma abrangente do comportamento de cada parâmetro na bacia e pode auxiliar no controle da qualidade dos corpos d’água de forma não subjetiva, ágil e precisa” (GOMES *et al.*, 2017).

Outro método de escolha para fazer essa correlação foi a identificação visual do uso e ocupação do solo em cada ponto amostral, correspondendo a 38,9% (7) dos estudos, essa descrição das imagens obtidas geram informações valiosas que podem justificar, principalmente os dados bioquímicos, que são inversamente proporcionais a ocupação do solo, ou seja, quanto mais urbanizada a área, piores são os índices de oxigênio dissolvido, entre outros parâmetros.

E para se perceber os efeitos de tal expansão, precisa-se entender o que é impacto ambiental e seus efeitos nocivos, Coelho (2004) dispõe que:

Impacto ambiental é, portanto, o processo de mudanças sociais e ecológicas causado por perturbações (uma nova ocupação e / ou construção de um objeto novo, uma usina, uma estrada ou uma indústria) no ambiente. Diz respeito ainda à evolução conjunta das condições sociais e ecológicas estimulada pelos impulsos das relações entre forças externas e internas à unidade espacial e ecológica, histórica ou socialmente determinada. É a relação entre sociedade e natureza que se transforma diferencial e dinamicamente. Os impactos ambientais são escritos no tempo e incidem diferencialmente, alterando as estruturas das classes sociais e reestruturando o espaço (COELHO, 2004, p. 19).

Quando se avalia os dados obtidos em nosso estudo 16,7% (3) avaliaram os efeitos da urbanização, principalmente a disponibilidade de água doce e quantidade de invertebrados nesses ambiente, o que nos direciona a pensar no quanto o planejamento urbano em tais áreas é deficitário, 11,1% (2) a variação das comunidades de invertebrados, e os demais apresentaram 5,6% (1), desses um realizou entrevistas, outro utilizou uma modelagem matemática para dimensionar as alterações, um utilizou as informações contidas em bases de dados secundários, e outro a vazão da água em determinada época do ano. Esses métodos são complementares entre si e servem para comprovar que áreas mais preservadas mantêm os parâmetros estabelecidos pelo CONAMA.

Das conclusões obtidas nesses estudos, podemos perceber que 77,8% (14) dos autores relatam que as mudanças no padrão de uso e ocupação do solo alteram negativamente a qualidade da água dos espaços avaliados, corroborando com o que dispõe Gebler, Wiegleb e Szoszkiewicz (2018), que correlaciona a extensão do impacto negativo sobre a qualidade da água, como consequência do processo de antropização, 11,1% (2) citam que uma das causas para a influência negativa do uso e ocupação do solo na qualidade da água é justamente a insuficiência de políticas públicas e a falta de fiscalização dos órgãos ambientais nos corpos hídricos, 11,1% (2) relata que essas alterações são em decorrência das estações do ano, sendo o período chuvoso, o mais crítico.

Um estudo retrata que em áreas de agricultura não há grandes variações, 5,6% (1) demonstrando a necessidade de estabelecer novos métodos de avaliação para avaliar essa influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água de forma mais fidedigna.

4 CONCLUSÃO

Os estudos incluídos na revisão trouxeram contribuições importantes, no que concerne a avaliação dos efeitos do uso e cobertura do solo, e sua influência na qualidade da água, indicando as principais metodologias utilizadas e resultados atingidos. Ainda, apesar da quantidade de artigos encontrados, ainda há uma lacuna, quando se trata de trabalhos na Amazônia, despertando para a importância em fomentar pesquisas nessa região, que é descrita na literatura como maior manancial de água doce do mundo, que proporciona maior contato entre corpos hídricos superficiais e áreas urbanas. Fator que destaca a importância para sua conservação e desenvolvimento de políticas públicas mais eficazes, órgãos de fiscalização e gerenciamento ambiental mais atuantes e atores sociais mais conscientes, não apenas dos seus direitos, mas também com seus deveres em relação a preservação e conservação do meio ambiente. Dessa forma, entende que as áreas urbanas na Amazonia serão cada vez mais, locais de lazer, favorecendo o contato homem e natureza, assim como, melhoria no microclima das cidades.

REFERÊNCIAS

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Relatório de segurança de barragens 2011 / Agência Nacional de Águas**. Brasília: ANA, 2012.

ANDREWS, Jeff *et al.* GRADE guidelines: 14. Going from evidence to recommendations: the significance and presentation of recommendations. **Journal of clinical epidemiology**, v. 66, n. 7, p. 719-725, 2013.

BARRENHA, Pedro Ivo Isá *et al.* Multivariate analyses of the effect of an urban wastewater treatment plant on spatial and temporal variation of water quality and nutrient distribution of a tropical mid-order river. **Environmental monitoring and assessment**, v. 190, n. 1, p. 43, 2017.

BRASIL. **Decreto Lei nº10257, 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. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 10 de julho de 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm. Acesso em: 10 de julho de 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012**. Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, que 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; e revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei no 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 out 2012.

CAK, Anthony D. *et al.* Urbanization and small household agricultural land use choices in the Brazilian Amazon and the role for the water chemistry of small streams. **Journal of Land Use Science**, v. 11, n. 2, p. 203-221, 2016.

COELHO, Maria Célia Nunes. **Impactos Ambientais em Áreas Urbanas: teorias, conceitos e métodos de pesquisa**. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. da. (Orgs.). Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, v. 11, p. 19-45, 2004.

FERREIRA, Marcelo Dias Paes; COELHO, Alexandre Bragança. Desmatamento Recente nos Estados da Amazônia Legal: uma análise da contribuição dos preços agrícolas e das políticas governamentais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 53, n. 1, p. 91-108, 2015.

FORNARI, Mayara Regina; CAMOTTI-BASTOS, Marília. Urban effluents in the water of the Marau River (Brazil). Water quality on the river. **Bitácora Urbano Territorial**, v. 28, n. 3, p. 121-130, 2018.

FRUET, Thomas Kehrwald *et al.* Influence of the land use on the water quality in the So Joo and Iguau Rivers, state of Paran, Brazil: assessment of the importance of the riparian zone. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 1, p. 48-56, 2016.

GALVÃO, Taís Freire; PEREIRA, Mauricio Gomes. Rating the quality of evidence of systematic reviews. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 24, n. 1, p. 173-175, 2015.

GEBLER, Daniel; WIEGLEB, Gerhard; SZOSZKIEWICZ, Krzysztof. Integrating river hydromorphology and water quality into ecological status modelling by artificial neural networks. **Water research**, v. 139, p. 395-405, 2018.

GOMES, Lorena de Moura Joia *et al.* Uso do geoprocessamento para análise de parâmetros da qualidade da água: estudo de caso na bacia hidrográfica do Rio Piracicaba-MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 3, p. 812-825, 2017.

LIMA, Silvia Maria Santana Andrade; LOPES, Wilza Gomes Reis; FAÇANHA, Antônio Cardoso. Desafios do planejamento urbano na expansão das cidades: entre planos e realidade. urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, 2019.

MARINHO, R. S. de A.; OLIVEIRA, F. M. F. de; CRISPIM, M. C. **Influência de tanque de evapotranspiração na qualidade de água do lençol freático**. Anais do 11º simpósio brasileiro de captação e manejo de água de chuva. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2018.

MARTINS, Renato T. *et al.* Effects of urbanization on stream benthic invertebrate communities in Central Amazon. **Ecological indicators**, v. 73, p. 480-491, 2017.

- MARTINS, Renato T. *et al.* Leaf-litter breakdown in urban streams of Central Amazonia: direct and indirect effects of physical, chemical, and biological factors. **Freshwater Science**, v. 34, n. 2, p. 716-726, 2015.
- MEDEIROS, Adaelson Campelo *et al.* Quality index of the surface water of Amazonian rivers in industrial areas in Pará, Brazil. **Marine pollution bulletin**, v. 123, n. 1-2, p. 156-164, 2017.
- MELLO, Kaline de *et al.* Effects of land use and land cover on water quality of low-order streams in Southeastern Brazil: Watershed versus riparian zone. **Catena**, v. 167, p. 130-138, 2018.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Estratégias para o cuidado da pessoa com doença crônica**. Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. – Brasília : Ministério da Saúde, 2014.
- MOHER, David *et al.* Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. **Systematic reviews**, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2015.
- MUNIZ, Daphne Heloisa de Freitas *et al.* Avaliação de parâmetros de qualidade de água para monitoramento de áreas naturais, urbanas e agrícolas no Cerrado brasileiro. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 23, n. 3, p. 307-317, 2011.
- OLIVEIRA, Josiani Cordova de *et al.* Spatial-temporal analysis of the surface water quality of the Pará River Basin through statistical techniques. **Revista Ambiente & Água**, v. 14, n. 1, 2019.
- OLIVEIRA, Sílvia Corrêa *et al.* Qualidade das águas superficiais do Médio São Francisco após a implantação dos perímetros irrigados de Gorutuba/Lagoa Grande e Jaíba. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, n. 4, p. 711-721, 2017.
- PEREIRA, Illana Reis *et al.* Trends and gaps in the global scientific literature about *Jatropha curcas* L.(Euphorbiaceae), a tropical plant of economic importance. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 1, p. 7-17, 2018.
- PIRES, Nayara Luiz *et al.* Impacts of the urbanization process on water quality of Brazilian savanna rivers: the case of Preto River in Formosa, Goiás State, Brazil. **International journal of environmental research and public health**, v. 12, n. 9, p. 10671-10686, 2015.
- SAHOO, Prafulla Kumar *et al.* High resolution hydrogeochemical survey and estimation of baseline concentrations of trace elements in surface water of the Itacaiúnas River Basin, southeastern Amazonia: Implication for environmental studies. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 205, p. 106321, 2019.
- SILVA, Daniela ML *et al.* Influence of land use changes on water chemistry in streams in the State of São Paulo, southeast Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 84, n. 4, p. 919-930, 2012.

SIMEDO, M. B. L. *et al.* Effect of watershed land use on water quality: a case study in Córrego da Olaria Basin, São Paulo State, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 78, n. 4, p. 625-635, 2018.

SOUZA, Marielle Medeiros; GASTALDINI, Maria do Carmo Cauduro; PIVETTA, Glauca Ghesti. Nonpoint pollution load in river catchments with different anthropic impacts: a case study in Southern Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v. 76, n. 24, p. 1-17, 2017.

STEFFENS, C. *et al.* Qualidade da água do Rio dos Sinos–RS, Brasil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 4, p. 62-67, 2015.

TARGA, Marcelo dos Santos; BATISTA, Getulio Teixeira. Benefits and legacy of the water crisis in Brazil. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 2, p. 234-239, 2015.

TERNUS, Raquel Zeni *et al.* Influence of urbanisation on water quality in the basin of the upper Uruguay River in western Santa Catarina, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 23, n. 2, p. 189-199, 2011.

CAPÍTULO 2

Influência do uso e cobertura do solo na qualidade da água do igarapé Irurá, Santarém – PA

Thiago Junio Costa Quaresma^{1*}; Quezia Leandro de Moura Guerreiro²; José Max Barbosa Oliveira-Junior^{1,2}

¹ Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida (PPGSAQ), Centro de Formação Interdisciplinar (CFI), Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Rua Vera Paz, s/n (Unidade Tapajós), Bairro Salé, CEP 68040-255, Santarém, Pará, Brazil.

² Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas (ICTA), Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Rua Vera Paz, s/n (Unidade Tapajós), Bairro Salé, CEP 68040-255, Santarém, Pará, Brazil.

*Autor correspondente. E-mail: tjquaresma@gmail.com

RESUMO

A alteração no uso do solo, ocasionado pelo processo de urbanização, acarreta modificações do ambiente natural, como as características do solo, da qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Nesse contexto encontra-se o igarapé Irurá localizado na zona urbana do município de Santarém. Esse igarapé é utilizado para recreação e outros fins de contato direto com a água, além de receber pressões diretas devido as construções urbanas, como loteamento, indústrias, galpões e lavagens, que contribuem para alteração da sua qualidade de água e levar risco para população usuária. Nesse contexto, a pesquisa teve como objetivo geral avaliar a influência do padrão de uso e cobertura do solo na qualidade da água do igarapé Irurá, Santarém, Pará, Brasil. Para atender o objetivo, optou-se por realizar uma pesquisa de campo, transversal, com abordagem quali-quantitativa, que incluiu coleta de amostras de água de seis pontos amostrais diferentes, para análises físico, químico e bacteriológica, com quatro campanhas (duas no período menos chuvoso; e duas no período chuvoso). As coletas das amostras atenderam aos padrões determinados no Guia Nacional de Coletas e Preservação de Amostras. A análise das mostras foi realizada em laboratório particular. Para avaliação dos resultados das amostras da água, foi calculado o Índice de Qualidade de Água (IQA), que utiliza nove parâmetros. Para avaliar o uso e cobertura do solo, foi delimitada a bacia hidrográfica do igarapé, avaliando as principais alterações ocorridas na última década, considerando as características da cobertura do solo e identificando as principais atividades econômicas desenvolvidas na bacia, que possam causar impactos negativos significativos. Como resultado observou-se que a maioria dos pontos, apresentaram IQA entre 50 e 70, o que representa qualidade razoável, destacando-se as observadas para os pontos amostrais 1, 2, 4 e 5, na segunda e terceira coleta, que apresentaram IQA entre 70 e 90, indicando boa qualidade. Já na avaliação das correlações linear de Pearson, todas as campanhas obtiveram resultados muito fortes, comprovando a correlação de alguns

parâmetros, sendo que a terceira campanha obteve 11 correlações muito forte. Considerando o uso e cobertura do solo, após avaliação de imagens de google Earth e bioMaps, observa-se uma crescente na área urbana do município de Santarém, assim como no entorno do corpo hídrico. Conclui-se que o estudo contribui para o aprofundamento do conhecimento do corpo hídrico urbano, apresentando as relações existentes entre o uso do solo e a qualidade da água presente durante as amostragens. Tornando-se base para novos estudos direcionados a corpos hídricos urbanos, principalmente na região amazônica.

Palavras chaves: Igarapé Irurá. Urbanização. impactos ambientais. qualidade da água.

ABSTRACT

The change in land use, caused by the urbanization process, leads to changes in the natural environment, such as the characteristics of the soil, the quality of surface and groundwater. In this context, the Irurá stream is located in the urban area of the municipality of Santarém. This stream is used for recreation and other purposes of direct contact with water, in addition to receiving direct pressure due to urban constructions, such as subdivisions, industries, sheds and washings, which contribute to changing its water quality and taking risks to the user population. In this context, the research aimed to evaluate the influence of the pattern of land use and cover on the water quality of the Irurá stream, Santarém, Pará, Brazil. To meet the objective, it was decided to carry out a cross-sectional field research with a quali-quantitative approach, which included collecting water samples from six different sampling points, for physical, chemical and bacteriological analysis, with four campaigns (two in the less rainy season, and two in the rainy season). Sample collections met the standards set out in the National Guide for Sample Collection and Preservation. The analysis of the samples was carried out in a private laboratory. To evaluate the results of the water samples, the Water Quality Index (IQA) was calculated, which uses nine parameters. To assess land use and cover, the hydrographic basin of the igarapé was delimited, evaluating the main changes that occurred in the last decade, considering the characteristics of soil cover and identifying the main economic activities developed in the basin, which can cause significant negative impacts. As a result, it was observed that most of the points, presented IQA between 50 and 70, which represents reasonable quality, highlighting those observed for sample points 1, 2, 4 and 5, in the second and third collection, which presented IQA between 70 and 90, indicating good quality. In Pearson's linear correlation evaluation, all campaigns obtained very strong

results, proving the correlation of some parameters, and the third campaign obtained 11 very strong correlations. Considering the use and occupation of the soil, after evaluating images from google Earth and bioMaps, there is an increase in the urban area of the municipality of Santarém, as well as in the surroundings of the water body. It is concluded that the study contributes to the deepening of the knowledge of the urban water body, presenting the existing relations between the use of the soil and the quality of the water present during the samplings. Becoming the basis for new studies aimed at urban water bodies, mainly in the Amazon region.

Keywords: Micro basin Irurá. Urbanization. environmental impacts. water quality.

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural de uso comum e fornece condições para manutenção da vida na terra, tem participação primordial na produção de alimentos (animal e vegetal), fabricação de bens de consumo e ainda é ingerida diariamente por seres vivos (BACCI e PATACA, 2008). Por esse motivo nos últimos anos diversos estudos foram realizados para avaliar questões geográficas da distribuição da água doce no planeta, avaliar a qualidade da água superficial e subterrânea, a influência social e econômica, na conservação e preservação desse bem mineral (MELLO, 2015).

A Constituição Federal Brasileira de 1988, em seu artigo 225, diz que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e de preservá-lo para as presente e futuras gerações” (PEREIRA; SCARDUA, 2008). E ao abordar o meio ambiente, faz menção a esse recurso e observa a necessidade pela preservação para o uso atual e futuro (LIMA; OLIVEIRA, 2011).

Nesse contexto, foram criados um arcabouço de legislações que buscam a conservação e preservação desse bem de uso comum, destacando-se a Política Nacional do Meio Ambiente, Política Nacional de Recursos Hídricos, Política Nacional de Saneamento Básico, além do Código Florestal e legislações de ordenamento de uso e ocupação do solo. Nesse sentido, a gestão desse recurso é compartilhada entre as três esferas administrativas, também de responsabilidade da população usuária (WOLKMER; PIMMEL, 2013).

A água através do ciclo hidrológico se transforma entre os estados sólidos, gasoso e líquido, e tem contato com o ar e solo, pois após a precipitação, a água em estado líquido atinge o solo, parte infiltra no solo e fica disponível para a vegetação existente, outra parte escoar na superfície até atingir as drenagens, além da parte que evapora, retornando ao estado gasoso (ALENCAR *et al.*, 2006). Nessa interação constante, a água tem acesso a contaminantes, seja metais pesados, minerais, resíduos sólidos e matérias orgânicas, que provocam a alteração da qualidade da água.

Conforme a Resolução do CONAMA 357/2005, estabeleceu condições de qualidade para o enquadramento dos corpos hídricos existentes no território nacional, de acordo com os seus usos, e padrões para o lançamento de efluentes. Proporciona ainda a padronização de limites superiores ou inferiores para diversas variáveis em sistemas de água doce, salobra e salina (ALVES *et al.*, 2011). A classificação da água doce ocorre conforme o padrão de

qualidade da água e os usos existentes, enquadrando-se em 4 classes distintas, sendo a 1 os corpos hídricos de maior qualidade e 4 os de piores qualidades (MACHADO; KNAPIK; BITENCOURT, 2019).

Um dos principais mecanismos de conservação dos corpos hídricos superficiais definida pelo Código Florestal Brasileiro é a mata ciliar, identificada como área de preservação permanente – APP, pois essa vegetação localiza-se nos margens e protegem contra erosão, reduzindo a velocidade do escoamento superficial e favorecendo a infiltração da água, serve de filtro natural, pois retém as partículas sólidas e resíduos trazidos pelo escoamento, assim como tem papel fundamental como corredores ecológicos, pois proporcionam que a biota existente se locomova dentro dessa área, sem a exposição direta (PANIZZA, 2016).

Nesse sentido, estudos retratam do risco da alteração desses espaços, considerando que o processo de substituição do uso do solo, passando de vegetação nativa, por diversos tipos de usos, com influência negativa na disponibilidade e qualidade da água, pois de forma adversa, favorece a erosão e processo de assoreamento, assim como o lançamento de resíduos e contaminantes diretamente ao corpo hídrico (SMITH; SILVA; BIAGIONI, 2019).

Em outra linha, mais também com o objetivo de conservar recursos hídricos, a Resolução do CONAMA 430, determina os parâmetros de lançamento nos corpos hídricos nacionais dos efluentes líquidos, realizado por residências, comércios, indústrias, atividade de extração mineral e obras de infraestrutura, buscando a manutenção da qualidade do corpo hídrico receptor, compatível com o uso da água.

No entanto, devido ao crescimento populacional, potencializado pelo fato do poder público não conseguir planejar previamente o zoneamento ecológico e econômico e em muitos casos, não conseguir executar o planejamento, principalmente no meio urbano, fatores impactam negativamente, como o surgimento de construções em áreas inadequadas, alterando a APP, não levando em consideração as distâncias mínimas, falta de gerenciamento ambiental de seus efluentes líquidos e sólidos, lançando efluentes diretamente ao corpo hídrico ou sem o devido tratamento (PANIZZA, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Mediante a essa problemática, essas atividades acarretam alteração da qualidade da água, prejudica a fauna aquática e pode levar a processo de eutrofização, o que pode levar também ao quadro de doença da população usuária do corpo hídrico (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Considerando a problemática apresentada, percebeu-se a necessidade de investigar o igarapé Irurá, de domínio municipal, que nasce na Serra do Piquiatuba, na região Sul do município de Santarém (SANTOS *et al.*, 2020). Outro fator importante, é a existência da BR 163, que é o principal acesso rodoviário ao município, a qual margeia o igarapé (SILVA *et al.*, 2017). Essa mesma realidade é comum na região amazônica, pois detém alto número de corpos hídricos superficiais, podendo destacar os rios de jurisdição federal, como o Rio Amazonas, Tapajós, Xingú, entre outros (SANTOS *et al.*, 2020). Esses rios são abastecidos pela contribuição de seus afluentes e subafluentes, formando um complexo emaranhado de drenagens, característica comum a diversas cidades amazônicas (OLIVEIRA *et al.*, 2000).

O igarapé Irurá, por ser um dos principais corpos hídricos urbanos do município de Santarém, encontra-se afetado devido ao intenso processo de urbanização, seja, por uso residencial, comercial e industrial. São encontradas atividades de armazenamento e comércio de fertilizantes, atividades de extração mineral, indústrias de beneficiamento de madeira, entre outras, que, caso não sejam executadas considerando a legislação ambiental vigente, gera risco para o ambiente (SILVA *et al.*, 2017).

Nesse contexto, a pesquisa teve como objetivo geral avaliar a influência do padrão de uso e cobertura do solo na qualidade da água em um corpo hídrico urbano, Santarém, Pará. Já os objetivos específicos de caracterizar o uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do

igarapé Irurá e analisar a qualidade de água do igarapé Irurá e correlacionar ao uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

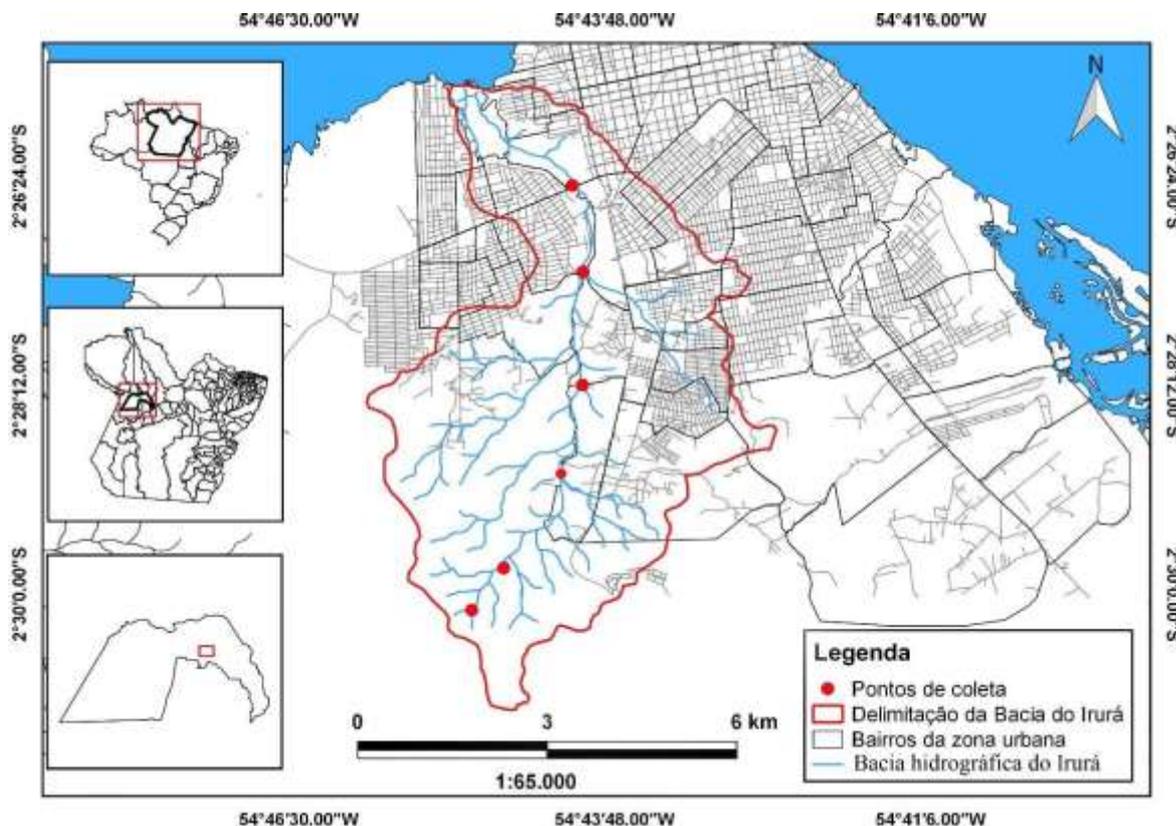
O estudo foi realizado no município de Santarém, situado ao norte do Brasil, localizado na mesorregião do Baixo Amazonas, no interior do estado do Pará (Figura 1). Santarém dispõe de uma área de 17.898,389 km², fazendo fronteira com os municípios de Óbidos, Alenquer, Monte Alegre, Rurópolis, Placas, Prainha, Uruará Juruti, Aveiro e Belterra. A população estimada em 2018 é de 302.667 habitantes (IBGE, 2018). A vegetação é caracterizada como floresta equatorial latifoliada e campos de cerrado, localizados em terra firme e os campos aluviais em áreas alagadas. Além da vegetação alterada, caracterizada como capoeira ou vegetação secundária (SANTOS *et al.*, 2020).

O município é banhado por uma rede hidrográfica, composta pelos rios Amazonas, Tapajós, Arapiuns, Curua-una, entre diversos outros de menor porte, incluindo o Igarapé Irurá. O clima, acompanha as características regionais, com temperatura média anual de 25,6 °C, e umidade relativa acima de 80%, com maior incidência de chuva nos meses de dezembro a junho, atingindo 2.000 mm anuais (SANTOS *et al.*, 2020).

O estudo foi realizado no igarapé Irurá, com nascente e foz no município de Santarém (Figura 1), localizado principalmente na área urbana do município de Santarém, com nascente principal a oeste da área do Exército Brasileiro, percorrendo a lateral oeste da BR 163 (Santarém – Cuiabá), por aproximadamente 9 km, no sentido sul a norte, desaguardo no rio Tapajós, em uma área denominada lago do Mapirí. Por ser um corpo hídrico urbano, sofre interferência direta dos bairros Cambuquira, Ipanema, Matinha, Esperança, Santarenzinho, Maracanã, Caranazal e Mapirí, conforme distribuição dos bairros determinadas pelo Plano Diretor do município de Santarém, instituído pela Lei Municipal n.º. 20.534/2018.

A influência ocorre principalmente pela urbanização, seja para fins residenciais, industriais, comerciais e infraestrutura urbana, que provoca a alteração da paisagem, com retirada da vegetação, compactação do solo, aumento do escoamento superficial das águas pluviais e a aproximação de aglomerações populacionais. Essas características, podem alterar a qualidade da água do corpo hídrico, pois recebe toda a drenagem das áreas adjacentes.

Figura 1 – Localização do igarapé Irurá, Santarém, Pará, Brasil.



Fonte: Qgis, 2019.

2.2 Coleta de dados

Para a realização do presente estudo optou-se por uma pesquisa de campo, transversal, com abordagem quali-quantitativa. A análise transversal ocorre principalmente em estudos em que a exposição ao fator ou causa está presente ao efeito, no mesmo momento ou intervalo de tempo analisado (HOCHMAN, 2005). E a opção pela abordagem quali-quantitativa, ocorreu conforme destacado por Brüggemann e Parpinelli (2008), que indica que o uso das abordagens quantitativa e qualitativa permite que as relações sociais possam ser analisadas em seus diferentes aspectos, proporcionando a pesquisa a possibilidade de aprofundamento de questões quantitativas, de forma qualitativa ou no inverso.

2.2.1 Coleta e avaliação das variáveis

Para atender a etapa da pesquisa de campo, primeiramente buscou a visitação no igarapé, para identificação do ponto de nascente, seu percurso e os pontos que favoreciam a realização da coleta de amostra de água, os quais foram identificados e registrados através de um GPS modelo Etrex, marca Garmin, com precisão de 3 metros. Após, com uso de programa Google Earth, os pontos foram lançados e identificados através de marcadores. Em seguida, os dados foram transferidos para o programa Qgis, para elaboração do mapa temático definitivo (Figura 1).

Foram definidos seis pontos amostrais (PA) (Tabela 1; Figura 1), numerados de ordem crescente, iniciando na nascente principal do igarapé. O PA 6 (final da área estudada),

localiza-se antes da influência direta do rio Tapajós, que força o represamento natural da água do igarapé, formando uma área alagada sem calha definida, essa área é conhecida no município de Santarém pelo nome de lago do Mapirí. Por tratar-se de água com baixa vazão e dispor de largura de aproximadamente 500 metros de área alagada, essa área não será investigada, pois suas características são diferentes do restante da área em estudo.

Entre o PA 1 e PA 2, a distância em linha reta é de 800 metros, já os demais pontos, foram locados em uma distância inferior a 2.000 metros, conforme tabela 04. Para a determinação das distâncias, levou-se em consideração a possibilidade de acesso, pois, em alguns pontos, devido a vegetação, cercas e muros construídos pelo proprietário de terrenos que margeiam o igarapé, entre outras questões, o acesso não seria impossível, dessa forma, inviabilizou a definição de distância fixa entre os PA. A tabela 1 apresenta as coordenadas geográficas de cada PA.

Tabela 1 – Identificação dos pontos de amostragem no igarapé Irurá, abreviações (abre.) e as distâncias em linha reta entre os pontos, Santarém, Pará, Brasil.

PONTOS	ABRE.	LATITUDE	LONGITUDE	DISTÂNCIA (METROS)
Ponto amostral 01	PA1	02°30'08.06"S	54°45'01.20"W	PA 1 – PA 2 = 800
Ponto amostral 02	PA2	02°29'46.26"S	54°44'44.84"W	PA 2 – PA 3 = 1.700
Ponto amostral 03	PA3	02°29'03.58"S	54°44'10.18"W	PA 3 – PA 4 = 1.600
Ponto amostral 04	PA4	02°28'11.71"S	54°44'04.45"W	PA 4 – PA 5 = 1.800
Ponto amostral 05	PA5	02°27'13.20"S	54°44'04.17"W	PA 5 – PA 6 = 1.400
Ponto amostral 06	PA6	02°26'28.55"S	54°44'9.65"W	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Foram realizadas quatro campanhas amostrais, duas no período menos chuvoso (outubro 2019 e outubro de 2020) e duas no período de maior incidência de chuvas na região (janeiro e maio de 2020). Em cada campanha foram coletadas amostras de água em cada PA, ou seja, em cada campanha foram coletadas água em seis pontos amostrais (PA) diferentes do igarapé Irurá, conforme figura 2.

Figura 2 – Identificação visual dos pontos de amostragem de qualidade de água no igarapé Irurá, Santarém, Pará, Brasil.



Legenda: A) Ponto amostral 1; B) Ponto amostral 2; C) Ponto amostral 3; D) Ponto amostral 4; E) Ponto amostral 5; F) Ponto amostral 6.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Para realização da coleta da amostra da água, foram observados os procedimentos determinados no Guia Nacional de Coletas e Preservação de Amostras, destacando os seguintes critérios.

- **Coleta superficial:** Foi utilizado uma jarra, com capacidade de 2 litros de água, para retirada da amostra de água do corpo hídrico e envase nos vasilhames específicos, conforme especificação do laboratório.

- Horário: 08:00 as 11:00

- **Armazenamento da amostra de água:** A água coletada foi armazenada em embalagem plástica ou de vidro, estéreo, fornecida pelo laboratório que será responsável pelas análises finais.

- **Armazenamento do vasilhame contendo a amostra de água, entre ponto de coleta e laboratório:** Após coletada a amostra, os vasilhames foram armazenados em um isopor térmico, com gelo seco, mantendo a amostra em temperatura de conservação, até a chegada ao laboratório.

- **Análises de parâmetros realizados no campo:** Com a utilização de um medidor portátil foram analisados em campo os parâmetros pH, condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$), oxigênio dissolvido (mg/L) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

- **Prazo para entrega da amostra ao laboratório:** Devido o laboratório localizar-se próximo do corpo hídrico, as amostras foram enviadas ao laboratório em menos de 06 horas do horário de coleta.

- **Identificação da amostra:** Para envio da amostra ao laboratório, foi preenchido o formulário de identificação, que contém informações básicas, como, data, hora, local, tipo de corpo hídrico, hora da coleta, informação climatológica gerais na hora e no dia da coleta, informações gerais do ponto de coleta.

As coletas foram realizadas pelo próprio pesquisador, com apoio de um auxiliar.

Dessa forma, cada ponto amostral da pesquisa teve 04 (quatro) laudos laboratoriais, para avaliação da qualidade da água. Foram analisados 11 descritores entre físicos, químicos e microbiológicos da água (Tabela 2).

Tabela 2 – Variáveis físicas, químicas e microbiológicas a serem coletadas com seus respectivos métodos na amostragem no igarapé Irurá, Santarém, Pará, Brasil.

VARIÁVEIS	MÉTODOS
Temperatura	Termômetro
Demanda bioquímica de oxigênio	Diluição e incubação a 20° C por 5 dias
pH	Eletrométrico- SMEWW- 4500 H+B
Oxigênio dissolvido	SMEWW- 4500- O G
Turbidez	Nefelométrico
Sólidos totais	Sedimentação 1 hora em Cone Imnhof
Fósforo total	Redução com ácido ascórbico
Nitrogênio total	Nesslerização
Coliformes termotolerantes	Membrana filtrante
Condutividade elétrica	Potencimetria- SMEWW 2510-B
Nitrogênio	Persulfato- SMEWW- 4500 C

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

2.2.2 Caracterização do uso e ocupação do solo

Para a avaliação do uso do solo da bacia hidrográfica do Igarapé Irurá foram utilizadas imagens de satélite do sensor Ikonos e Landsat TM, que foram tratadas e georreferenciadas com base cartográfica SIRGAS 2000, essas imagens foram georreferenciadas com uso do programa Qgis. Após a delimitação da bacia hidrográfica, através da planta planialtimétrica onde foi delimitado os divisores topoFiguras, para identificação da zona de influência. Dessa forma, foi possível a delimitação ou indicar as prováveis influências do padrão de qualidade de água existente e proporcionar a correlação entre os pontos.

Também utilizou-se os dados e imagens fornecidas pelo Mapbiomas, um site (disponível em <https://mapbiomas.org>) que possibilita avaliar as alterações do uso e cobertura do solo do município de Santarém, em um comparativo de 10 anos. Essa avaliação foi complementada com imagens de alta resolução disponibilizadas pelo *Google Earth*, com a

padronização da escala 1 para 825 metros, o que possibilitou a visualização e interpretação das mudanças ocorridas no entorno entre 2009 e 2020.

Por tratar-se de uma bacia hidrográfica inserida principalmente na zona urbana e expansão urbana do município de Santarém, para avaliação do uso e cobertura do solo, sendo determinadas classes, adaptado da metodologia utilizada por Cornelli *et al.* (2016), em um estudo realizado na bacia hidrográfica no município Caxias do Sul: Florestas, florestas secundárias, pastos, solo exposto, urbanização e agricultura.

Essa identificação das atividades, é favorecida pelo alto conhecimento do uso do solo na área pelo pesquisador e principalmente pela facilidade de acesso. A representação dessas atividades ocorreu também através de fotografias, com a realização da fotointerpretação sugerido por Loch (2007).

2.3 Análise dos dados

2.3.1 Análise dos parâmetros de qualidade de água

Para avaliação dos resultados das amostras da água inicialmente foi calculado o Índice de Qualidade de Água (IQA), que utiliza nove parâmetros, tal como disposto por Menezes *et al.* (2016) e indicado no site da Agência Nacional das Águas. Cada parâmetro recebe um peso de IQA, conforme tabela 3.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo padrão de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

w_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

sendo n o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Através desse cálculo, pode-se classificar o IQA, conforme os indicadores da tabela 3, e enquadrar o IQA conforme tabela 4.

Tabela 3 – Parâmetros e pesos do Índice de Qualidade das Águas (IQA).

PARÂMETROS	PESOS
Oxigênio Dissolvido	0,17
Coliformes fecais	0,15
pH	0,12
DBO	0,10
Fósforo Total	0,10
Temperatura	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos Totais	0,08

Fonte: Agência Nacional das Águas, 2018.

Tabela 4 – Faixas de enquadramento do Índice de Qualidade das Águas IQA.

FAIXAS DE IQA	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA
91-100	Ótima
71-90	Boa
51-70	Razoável
26-50	Ruim
0-25	Péssima

Fonte: Agência Nacional das Águas, 2018.

Além da avaliação do IQA, por ainda encontrar pessoas que utilizam o corpo hídrico para banho, lavagem de alimentos e outros usos, que sugerem a ingestão da água, todos os parâmetros foram correlacionados com a portaria nº 5 de 28/09/2017, do Ministério da Saúde, que determina os padrões de qualidade de água para consumo humano. Essa avaliação foi simplificada, e proporcionou a comparação dos parâmetros do resultado de cada campanha e a cada ponto amostral, ao valor de referência indicada na portaria.

2.3.2 Uso e cobertura de solo

Para análise dos dados de uso e cobertura do solo, foi elaborado um mapa com indicação da área ocupada pela microbacia do Igarapé Irurá. Desse mapa, com uso do programa Qgis, identificou a topografia de toda a bacia, o que possibilitou a identificação dos divisores internos de água.

2.4 Análises estatísticas

Esses resultados foram analisados segundo o que Inácio *et al.* (2002) dispõe sobre a análise dos componentes principais (PCA) “método de ordenação a partir das correlações entre as variáveis físicas, químicas e bacteriológicas, a fim de agrupar os pontos através da similaridade e da dissimilaridade apresentada nas variáveis analisadas”, este método avalia variáveis lineares.

3 RESULTADOS

A primeira campanha foi realizada no mês de outubro, período com baixa incidência de chuva, no entanto, período com menor percepção de vazão de água no igarapé irurá, reduzindo o poder de depuração e aumentando o poder de concentração de algumas matérias orgânicas ou minerais, fator que pode ser observado ao comparar a 1ª e 4ª coleta, realizada no mesmo mês dos anos de 2019 e 2020 respectivamente.

A maioria dos pontos, apresentaram IQA entre 50 e 70, o que representa qualidade razoável. Exceções foram observadas para os pontos amostrais 1, 2, 4 e 5, na segunda e terceira coleta, que apresentaram IQA entre 70 e 90, indicando boa qualidade. Os pontos 3 e 6 foram os únicos a apresentarem qualidade razoável ou ruim ($50 < IQA \leq 70$ e $25 < IQA \leq 50$, respectivamente) em todas as coletas (Tabela 5).

Tabela 5 – Índice de qualidade de água (IQA) realizado no Igarapé Irurá, por ponto amostral (PA 1 a PA 6) no período de 2019 -2020, Santarém-Pará.

Anos/coletas	Pontos amostrais (PA)						
	PA 1	PA 2	PA 3	PA 4	PA 5	PA 6	
2019	1ª coleta	59	61	46	55	58	55
	2ª coleta	72	72	63	74	73	70
2020	3ª coleta	76	73	65	71	71	70
	4ª coleta	60	60	54	68	63	58

*  $70 < IQA \leq 90$  $50 < IQA \leq 70$  $25 < IQA \leq 50$  $< IQA \leq 25$

O ponto 4, também localiza-se próximo de área antropizada, pela construção de um terminal de distribuição de mercadorias, com a existência de uma ponte e via não pavimentada, no entanto, foi identificado a existência de área de preservação permanente (mata ciliar) e menor uso do corpo hídrico, o que também favoreceu para a classificação “bom”.

Dos pontos que detém maior antropização é o 6, localizado a jusante dos bairros do santarenzinho, matinha e após a Avenida Fernando Guilhon, com observação visual de lançamento de efluentes domésticos diretamente ao corpo hídrico, essa antropização também refletiu nos resultados, permanecendo todo o período como médio. Observa-se que o seu entorno há a via pavimentada e a vegetação consolidada, sem processo de supressão vegetal, o que reduz o impacto negativo ao corpo hídrico.

Observa-se que a nascente, mesmo dispondo das melhores características vegetais e de conservação, não deixa de sofrer processo de antropização, principalmente com o corte seletivo de árvores economicamente viáveis, caça, uso do entorno como trilha de caminhada ou ciclismo, entre outros usos menos impactantes negativamente, o que favorece também para alteração da qualidade da água.

Quando avaliamos os resultados das variações de cada ponto amostral durante as campanhas, entre os parâmetros Turbidez, Oxigênio Dissolvido, Coliformes termotolerantes, pH, nitrogênio Total, fósforo total, condutividade elétrica, temperatura, DBO e Sólidos totais dissolvidos, obteve-se os seguintes resultados.

A Turbidez, na figura 3, apresenta as variações ocorridas durante cada ponto amostral e campanhas, ocorrendo as principais alterações na campanha 1, onde os resultados variaram de 0,11 Unidade Nefelométrica de Turbidez – UNT, no ponto amostral 2 a 1,64 UNT no ponto amostral 4. As demais campanhas, mesmo considerando a sazonalidade, os resultados tiveram a mesma tendência, inferiores quanto mais próximo a nascente, estabilização entre os pontos 2 a 5 e curva ascendente no ponto 6.

O oxigênio dissolvido, figura 4, tem importante papel no meio aquático, pois reflete diretamente a capacidade do ambiente suportar a vida, principalmente os peixes. Essa relação é alterada devido a características naturais, como velocidade de vazão, relevo do leito, quantidade de organismos vivos, lançamento de matéria orgânica, entre outros. Na área de pesquisa, o PA 1 teve variações de 6,74 mg/L a 4,8 mg/L, já o PA 3, local onde encontra-se com via de acesso sem pavimentação e fluxo constante de veículos e além do uso de banhistas, houve as maiores variações, sendo a primeira campanha amostral que apresentou o menor valor 2,87 mg/L e a máxima de 5,21 mg/L na segunda campanha. O PA 6, que recebe o lançamento de efluentes direto, apresentou concentrações de 4,6 mg/L a 6,7 mg/L. Quando se avalia a menor variação, PA 1, durante a segunda campanha amostral, atingiu a diferença máxima entre os pontos, de 0,2 mg/L.

Ao se tratar de coliformes termotolerantes, figura 5, observa-se variações significativas nos resultados durante a primeira e última campanha, pois reflete diretamente a situação ambiental dos pontos amostrais. Durante a primeira campanha, realizada no mês de outubro de 2019, em um sábado, todos os pontos amostrais obtiveram alterações, desde o próximo a nascente. Destaca-se a existência de 550 colônias na primeira campanha e 322 colônias na quarta campanha, no ponto amostral 1 (nascente).

O Potencial Hidrogeniônico – pH, figura 6, apresentou-se resultados que variaram entre 5 a 7. Os resultados mais altos ocorreram no ponto amostral 6, que obteve os seguintes resultados, 7, 6,53, 6,30 e 6,7, respectivamente. O ponto amostral 1, obteve os menores valores durante as campanhas, 5,20, 4,80, 5,40 e 4,80, respectivamente.

Na figura 7, apresenta os resultados do nitrogênio, que durante todas as campanhas e pontos amostrais, teve seu resultado menor correspondendo a 0,2 mg/L e o maior 2,05 mg/L. O fósforo, figura 8, durante a pesquisa apresentou valores inferiores a faixa de referência

apresentada pela Resolução do CONAMA 357, que indica o valor de 0,1 mg/l em águas líticas. No entanto, durante as campanhas amostrais observou-se variações 0,001 mg/L na quarta campanha amostral, com regularidade nos cinco primeiros pontos amostrais e um crescimento no PA 6, que atingiu 0,025 mg/L. Ao avaliar as outras campanhas e pontos amostrais, PA 6 obteve os maiores valores, indicando a possibilidade de crescimento devido ao lançamento de efluente doméstico no local.

Os valores de condutividade elétrica, figura 9, foram apresentados em maiores valores no PA 6, onde há maior processo de antropização e identificado o lançamento de efluentes ao corpo hídrico. Os resultados de condutividade variam diretamente considerando o uso e ocupação de solo, conforme observa-se ao analisar os resultados, estando estáveis durante todo o período amostral, com variações inferiores a 6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, entre os PA 1 e PA 5, já no PA 6, onde apresentou as maiores variações, atingindo até 26,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

A temperatura, representada na figura 10, o ponto que atingiu maior estabilidade na temperatura foi o PA 3, com variação de 1,6 graus celsius, com a menor temperatura apresentada no mês de janeiro e a maior no mês de julho de 2020. Esse ponto amostral detém de uma grande faixa de vegetação à montante, fator que contribuiu para a estabilidade da temperatura. Quando se avalia a maior variação, foi a quarta coleta, ocorrida no mês de outubro de 2020, com o ponto amostral 1 apresentando 26 graus celsius e o ponto amostral 6 apresentando 28,8 graus celsius, diferença de 2,8 graus celsius. Nessa mesma relação de comparação, a terceira coleta apresentou a menor variação entre os pontos, com apenas 0,6 graus celsius.

Na figura 11, representa o gráfico dos resultados da Demanda Bioquímica de Oxigênio DBO, que teve seu resultado mínimo de 0,8 mg/L no ponto 3, durante a terceira campanha, e 8,2 mg/L, no ponto amostral 6, durante a segunda campanha. Durante todas as campanhas, o ponto amostral 6 obteve os maiores resultados, demonstrando o processo de crescimento, quando maior a densidade demográfica.

Os sólidos totais dissolvidos, figura 12, correspondem a um importante fator de avaliação da qualidade da água, pois reflete diretamente a existências de substâncias orgânicas e inorgânicas, como minerais. No estudo o ponto amostral que teve menor média dos resultados, foi o PA 02, com variação de 2,59 mg/L. Já o PA 1, localizado em área de nascente, observamos uma variação maior, atingindo 4,67 mg/L, o que pode ser relacionado ao devido as variações dos locais em que a água nasce do solo, lixiviando matéria orgânica e minerais, acarretando variações durante o ano. O PA 3, obteve considerável diferença de resultado durante o período da pesquisa, sendo a menor obtida na primeira campanha, realizada em outubro de 2019 e a maior, em outubro de 2020, podendo alertar para uma possível tendência de crescimento. O PA 6, obteve as maiores concentrações durante todo o período de estudo, fator ligado diretamente ao processo de urbanização e lançamento de efluente no corpo hídrico, pois observa-se que em toda a campanha, ao comparar o PA 5 e PA 6, o resultado a diferença é superior a 10 mg/L em cada um, o que reforça para a contribuição do processo de urbanização para a alteração do parâmetro de qualidade da água.

Figura 3 – Comparação entre valores obtidos para a Turbidez entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.

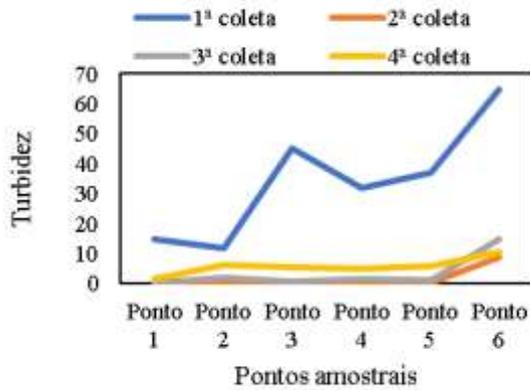


Figura 4 – Comparação entre valores obtidos para o oxigênio dissolvido entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.

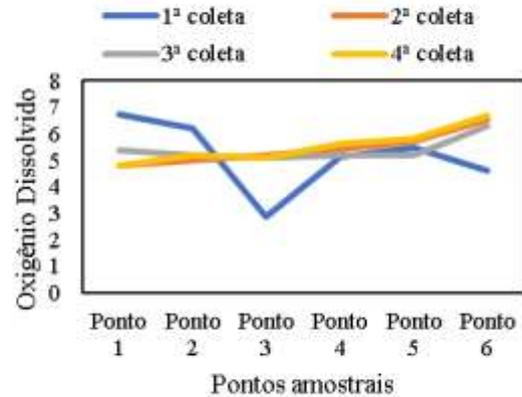


Figura 5 – Comparação entre valores obtidos para os coliformes termotolerantes entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.

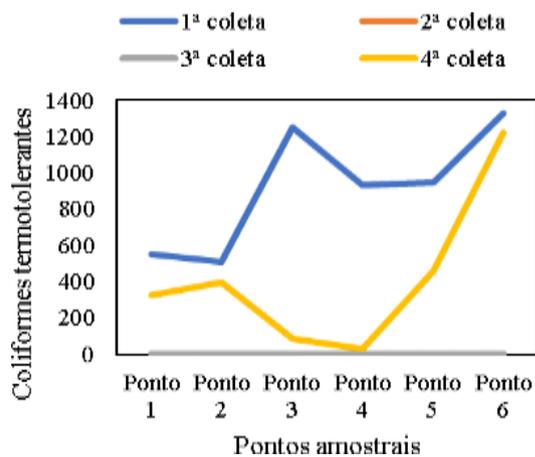


Figura 6 – Comparação entre valores obtidos para o Potencial Hidrogeniônico entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.

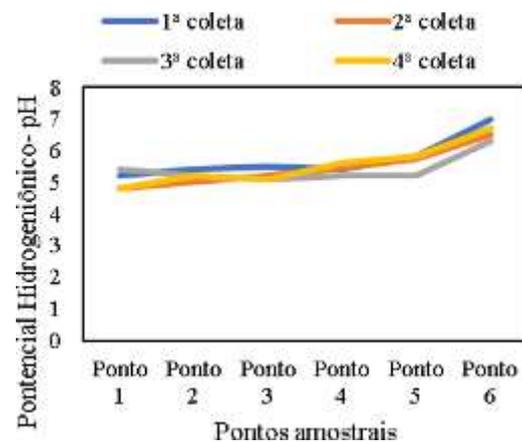


Figura 7 – Comparação entre valores obtidos para o Nitrogênio total entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.

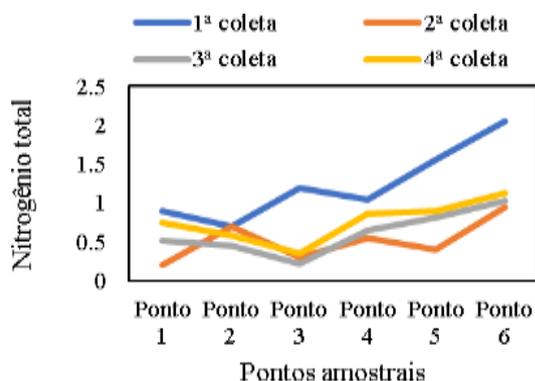


Figura 8 – Comparação entre valores obtidos para o fósforo total entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.

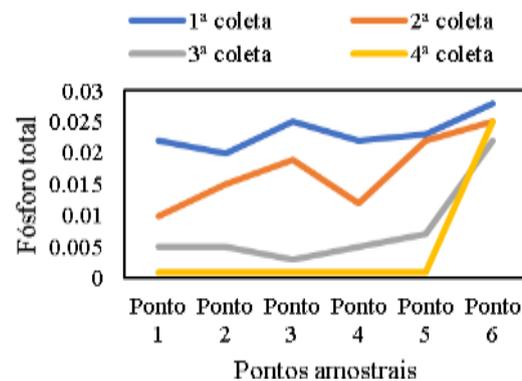


Figura 9 – Comparação entre valores obtidos para a condutividade entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.

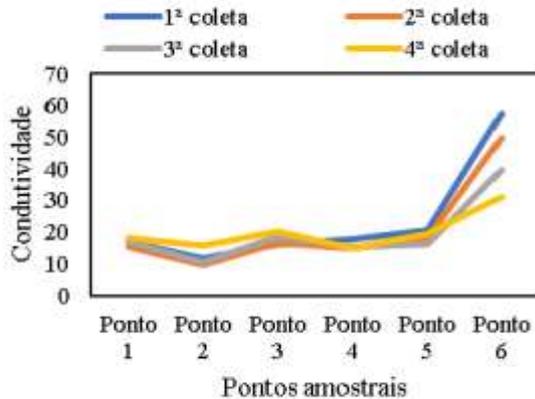


Figura 10 – Comparação entre valores obtidos para a Temperatura entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.

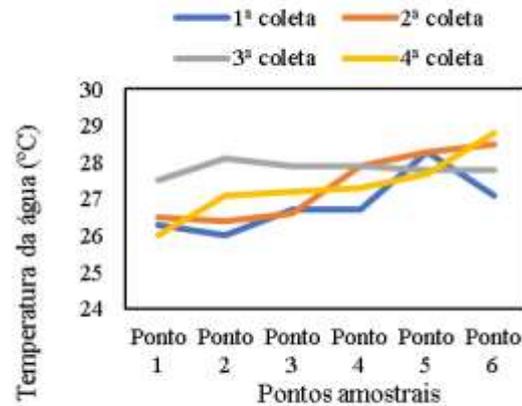


Figura 11 – Comparação entre valores obtidos para a Demanda Bioquímica de oxigênio entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.

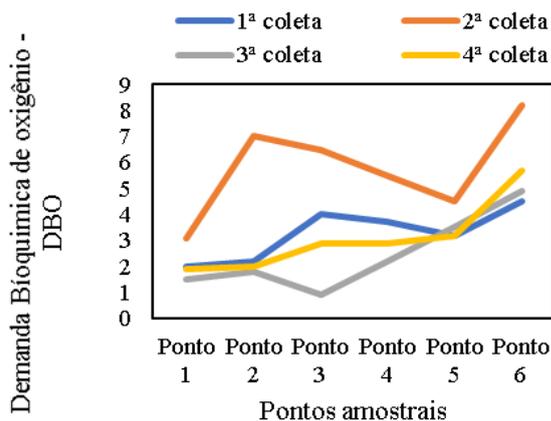
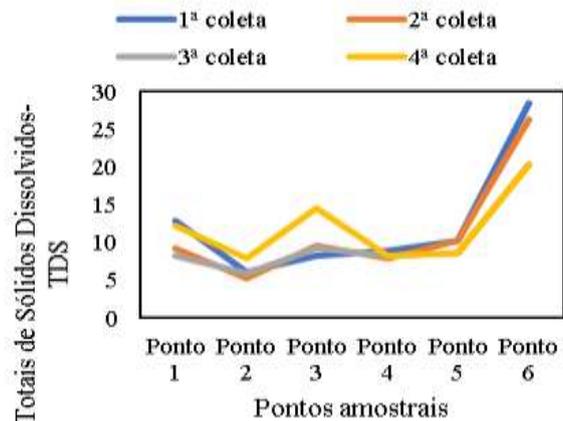


Figura 12 – Comparação entre valores obtidos para a Totais de sólidos dissolvidos entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Ao avaliar os componentes principais da temperatura (Figura 13), observa-se maior variância na campanha 1, atingiu 59,52%, enquanto na campanha 4, a variância foi de 2,41%. Ao se avaliar a turbidez (Figura 14), a campanha 1 também obteve o maior percentual de variância, atingindo 86,64%, além de um outliers, com discrepância ocorrida na campanha realizada em outubro de 2019. A figura 15, apresenta os resultados da DQO, que acompanhou a tendência dos parâmetros anteriores e obteve a maior variância na campanha amostral 1, ficando 73,05%, 16,68%, 9,54% e 0,74%, respectivamente.

O fósforo total, conforme apresentado na figura 16, obteve as seguintes porcentagens de variância, 83,23%, 11,10%, 5,44% e 0,23%, respectivamente. A figura 17, que representa os resultados do nitrogênio, acompanhou a tendência, atingindo 75,94% na primeira campanha e 0,34% na quarta campanha.

O oxigênio dissolvido (Figura 18), apresentou na campanha 1, variância de 98,16%. A figura 19, apresentou a variância do pH, que atingiu na primeira campanha o total de 91,44%.

Totais de sólidos dissolvidos, figura 20, apresentou variância de 94,80% na primeira campanha e 0,06% na quarta campanha. Enquanto, que a condutividade elétrica, figura 21, apresentou variância de 98,29%, e um outliers positivo, na primeira campanha amostral.

Figura 13 – Relação entre os componentes principais (PCA) para a variável temperatura entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.

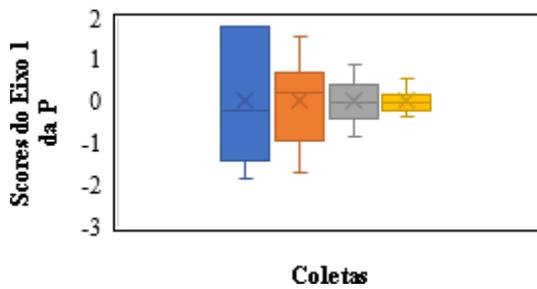


Figura 14 – Relação entre os componentes principais (PCA) para a variável Turbidez entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.

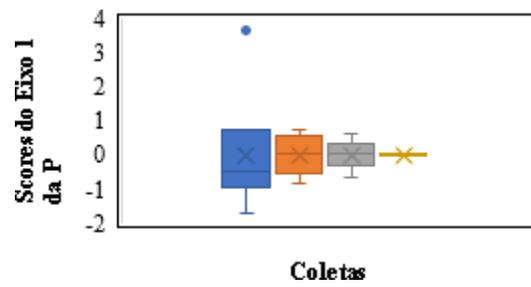


Figura 15 – Relação entre os componentes principais (PCA) para a variável Demanda Bioquímica de Oxigênio entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.

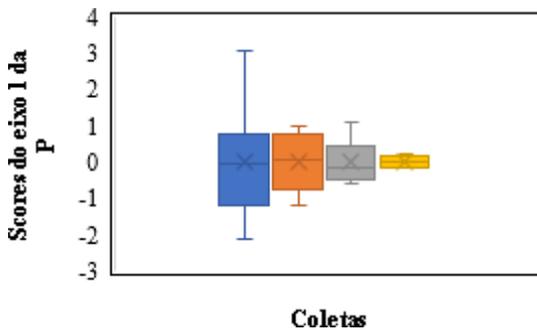


Figura 16 – Relação entre os componentes principais (PCA) para a variável Fósforo Total entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.

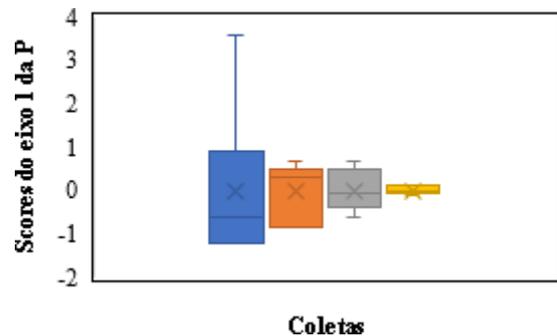


Figura 17 – Relação entre os componentes principais (PCA) para a variável Nitrogênio total entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.

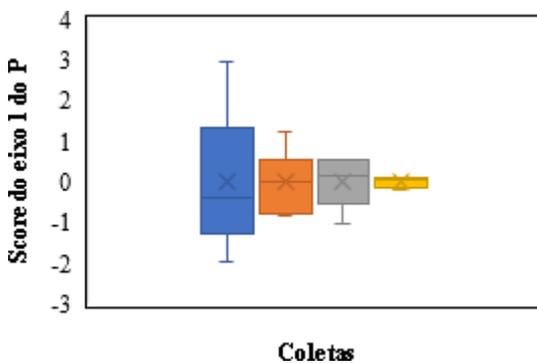


Figura 18 – Relação entre os componentes principais (PCA) para a variável Oxigênio Dissolvido entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.

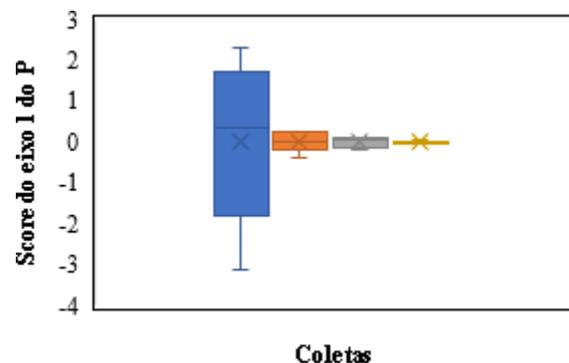


Figura 19 – Relação entre os componentes principais (PCA) para a variável Potencial Hidrogeniônico entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.

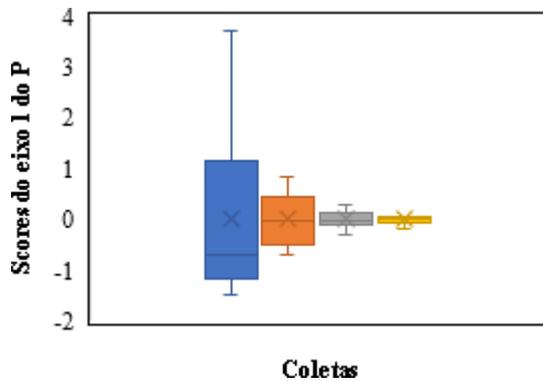


Figura 20 – Relação entre os componentes principais (PCA) para a variável Totais sólidos dissolvidos entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.

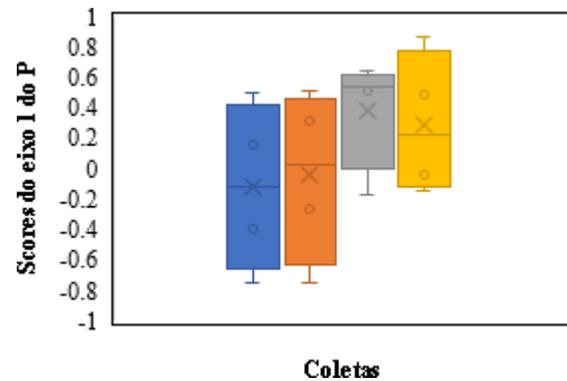
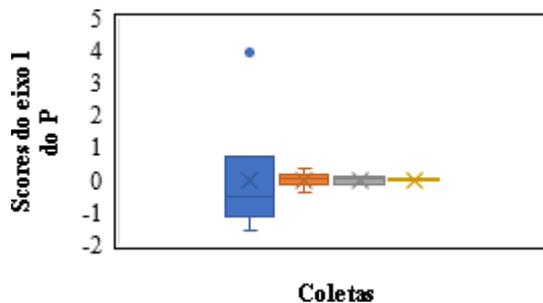


Figura 21 – Relação entre os componentes principais (PCA) para a variável Condutividade entre as quatro coletas realizadas no período de outubro de 2019 a outubro de 2020.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Durante a primeira campanha amostral, ao executar a correlação linear de Pearson nos resultados obtidos, identificou correlação muito forte nos seguintes parâmetros: em relação a turbidez, obteve os seguintes resultados, com nitrogênio (0,9198), com fósforo (0,9535) e DBO5 (0,9427). A condutividade elétrica e totais de sólidos dissolvidos obteve (0,9764), condutividade elétrica e pH (0,9679), totais de sólidos dissolvidos e pH (0,9016), e pH e nitrogênio (0,9191). Dessa forma observa-se que durante a campanha amostral, turbidez e pH obtiverão três correlações muito fortes cada.

A segunda campanha amostral também obteve correlações linear de Pearson muito fortes nos seguintes parâmetros: turbidez e condutividade elétrica (0,9642) e turbidez e totais de sólidos dissolvidos (0,9556), ambos os resultados têm ligação direta com a presença de substâncias ou partículas na água, que favorecem para a redução da transparência e aumento da condutividade elétrica. Nessa campanha também identificou correlação muito forte entre condutividade elétrica e totais de sólidos dissolvidos (0,9985), o que corrobora para as características apresentadas na turbidez e do corpo hídrico nesse período. Observa-se que turbidez, condutividade elétrica e totais de sólidos dissolvidos, obtiveram duas correlações muito forte, cada durante a campanha amostral.

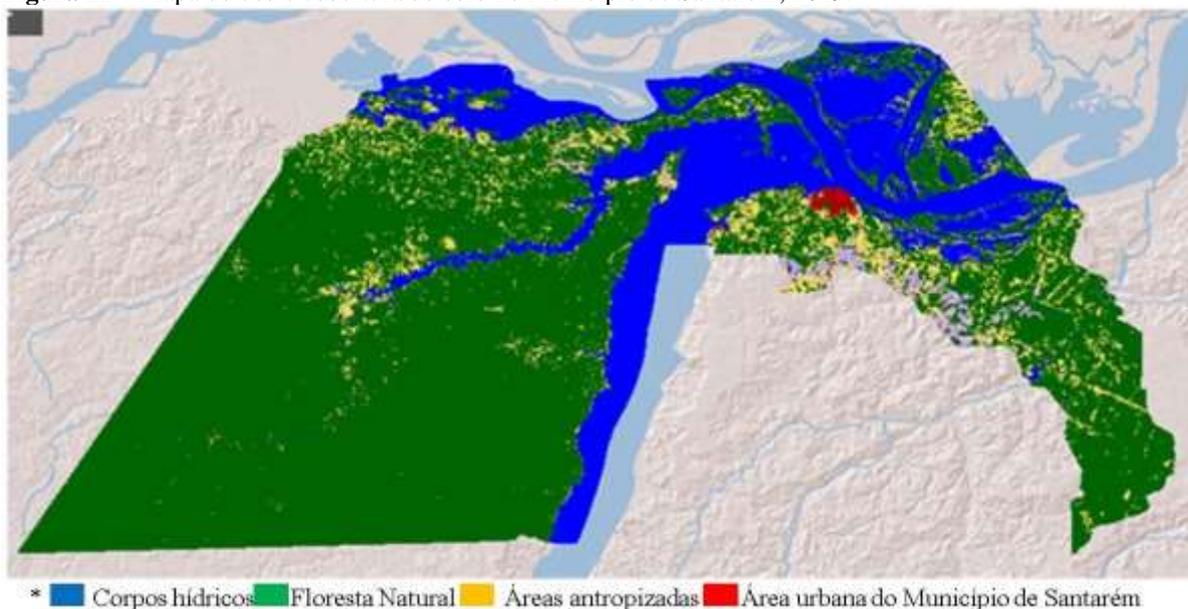
A terceira campanha amostral obteve o maior número de correlações muito forte, totalizando 11. Das quais turbidez teve relação com os seguintes parâmetros: condutividade elétrica (0,9393), totais de sólidos dissolvidos (0,9553), pH (0,9616) e fósforo (0,9823). A condutividade elétrica que teve correlação com turbidez, também se correlacionou com o total

de sólidos dissolvidos (0,998), com pH (0,9402) e fósforo (0,937). Já o parâmetro de totais de sólidos dissolvidos também teve correlação com pH (0,944) e com fósforo (0,9513). O parâmetro pH também teve correlação muito forte com fósforo (0,9729) e por fim, observou-se correlação entre nitrogênio e demanda bioquímica de oxigênio (0,9628). Essa última correlação, ocorre devido a existência de material em decomposição, que pode ser um fator natural do ambiente, ou simplesmente pelo lançamento de efluente no corpo hídrico. Ressalta-se que durante a campanha, os parâmetros de DBO e Nitrogênio, atenderam aos parâmetros da resolução do CONAMA 357/2005. Diferente das duas primeiras campanhas, observou-se uma maior diversidade de correlações, atingindo 7 parâmetros diferentes, sendo 4 com turbidez, 4 com condutividade elétrica, 4 com totais de sólidos dissolvidos, 4 com pH, 4 correlações com o fósforo e 1 correlação para nitrogênio e DBO.

Na última campanha amostral, realizada em outubro de 2020, obteve-se 8 correlações muito forte, conforme descrição a seguir: turbidez e temperatura (0,95), temperatura e pH (0,9525), temperatura e DBO (0,9158), condutividade elétrica obteve 3 correlações, totais de sólidos dissolvidos (0,9271), fósforo (0,939) e DBO (0,9155), o pH também obteve correlação com DBO (0,9425), e por fim o fósforo e DBO (0,9241). Nessa campanha a DBO obteve maior número de correlações, atingindo 4. E turbidez obteve apenas uma correlação, sendo a menor número comparado as outras três campanhas amostrais.

Conforme objetivo do estudo, buscou-se identificar a relação entre o uso e cobertura do solo e a qualidade de água do corpo hídrico, dessa forma, após apresentação dos resultados direcionados a qualidade da água, iniciará a apresentação das características do uso e cobertura do solo, do município de Santarém, assim como a identificação de pontos que possam interferir diretamente a qualidade de água do corpo hídrico em estudo. Dessa forma, apresenta-se a figura 22, com um mapa de uso e cobertura de solo do município de Santarém no ano de 2019.

Figura 22 – Mapa do uso e cobertura do solo no Município de Santarém, 2019.



Fonte: Projeto MapBiomias – Coleção [versão] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, acessado em 21/01/2021 através do link: <http://mapbiomas.org/>.

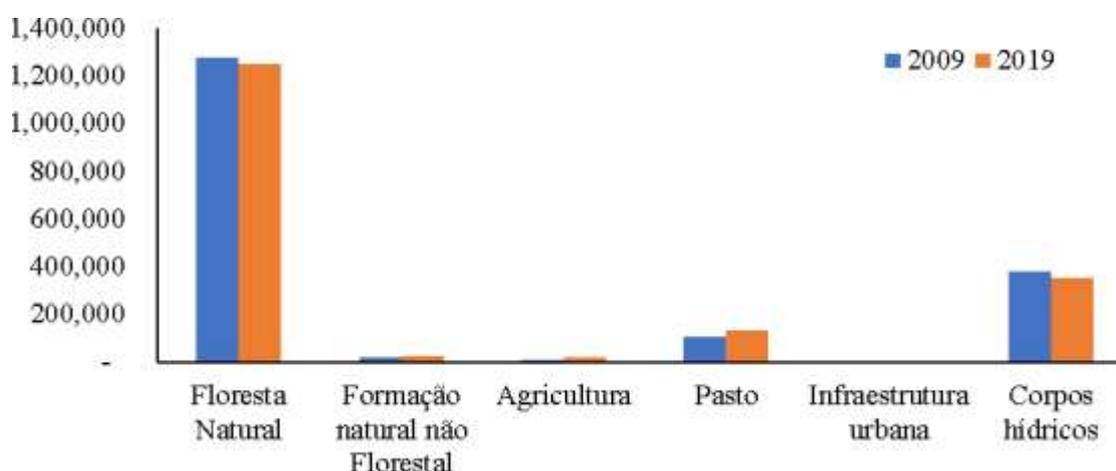
Este trata diretamente do uso do solo no entorno do igarapé, destaca as informações direcionadas a infraestrutura urbana, conforme mancha vermelha no mapa da figura 22, o igarapé Irurá encontra-se pressionado pelo processo de urbanização, que poderá alterar as áreas de floresta, agricultura, pasto e formação natural, para áreas de infraestrutura, através de

urbanização, como casas, indústrias, empresas diversas e outras, que buscam sua instalação nas margens da BR 163, fazendo confluência diretamente com a área de preservação permanente do igarapé Irurá.

Observa-se que é visível a existência de floresta nativa, recursos hídricos superficiais e áreas antropizadas, seja por agricultura ou urbanização. Para melhor interpretação do mapa, apresenta-se a figura 23 com o comparativo da evolução do uso e cobertura do solo durante os anos de 2009 e 2019.

Floresta natural teve redução de 24.657 hectares, já formação natural cresceu 10.065 hectares, assim como a agricultura com crescimento de 10.336 hectares, pasto com crescimento de 29.026 hectares, infraestrutura apresentou 863 hectares e corpos hídricos apresentou uma redução de 24.635, que pode ter relação com a sazonalidade das imagens de referência para o estudo em questão, pois os rios e igarapés sofrem alteração da área inundada, conforme período do ano.

Figura 23 – Área de transição de cobertura e uso do solo do Município de Santarém, Pará, comparando o ano de 2009 e 2019.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Para melhor exemplificar e demonstrar essa tendência, buscou a realização de uma avaliação visual comparativa de imagens de alta precisão disponibilizada pelo Google Earth, dos anos de novembro de 2009 e agosto de 2020, o que ajudará no entendimento das mudanças identificadas pelo mapbiomas, conforme Figura 22 e 23, pois, com a avaliação das figuras de 24 a 27, toda alteração visual presente, poderá refletir na redução da área de floresta, aumento das áreas de vegetação alteradas, agricultáveis, pastos e principalmente infraestrutura. As imagens estão em escala de 1 centímetro para 825 metros e foram baixadas diretamente do *google earth*.

Observa-se o aumento na pressão urbana realizada ao corpo hídrico, que leva a indicação de probabilidade de redução da qualidade de água, influenciada por alteração da cobertura do solo, carreamento de material sólido ao corpo hídrico, lançamento de efluentes domésticos e industriais diretamente ao corpo hídrico, entre outras. Essas alterações estarão mais visíveis nas áreas entre o PA 1 e PA 4, onde ocorreram as principais alterações no uso do solo no período, como a construção de diversas residências no bairro da Matinha, construção de galpão para armazenamento de fertilizantes, funcionamento de indústria de produção de concreto, postos de combustíveis, assim como o aumento do fluxo de veículos na BR 163.

Para avaliação das imagens buscou-se a identificação das assinaturas espectrais, destacando-se principalmente o leito principal do igarapé Irurá, os pontos amostrais e as transformações espaciais presentes durante o período de 11 anos, como a alteração de vegetação, aumento das áreas com solo exposto, abertura de arruamento indicando a implantação de estrutura urbana e loteamentos, assim como, aumento da ocupação comercial e residencial das áreas.

Ao analisar a figura 24, que apresentam as alterações no uso do solo em um período de 10 anos, nos pontos amostrais 1 e 2, observa-se um aumento no processo de antropização do entorno, sendo a área sul com maior alteração, através da supressão da vegetação e exposição de solo em linhas retas, o que direciona para implantação de um loteamento, com definição de ruas e lotes. Essa área ao sul, comprova a tendência pela urbanização, o que poderá prejudicar a qualidade ambiental do corpo hídrico, principalmente em áreas próximas as nascentes, que influencia a taxa de infiltração e altera a composição do escoamento superficial das águas pluviais.

Figura 24 – Uso do solo dos pontos amostrais 1 e 2 do igarapé Irurá, Santarém, Pará, Brasil nos anos de (A) 2009 e (B) 2020.



Fonte: *Google Earth*, adaptado pelo autor

A figura 25, apresentam comparativo próximo ao ponto amostral 3, onde a intensificação do processo urbanístico foi maior, com aumento da área de solo exposto, criação de vias para a provável implantação de um loteamento, com ruas e divisão de quadras, principalmente na região a leste. Já a oeste, observa ao aumento das construções e antropização, com observação nas áreas entre a BR 163 e o igarapé, que em 2009 estavam com vegetação e atualmente encontram-se com maior número de construções e solo exposto. Assim como a área localizada a direita da BR 163, que também teve um avançado processo de urbanização. Todas essas características de mudança do uso do solo, passando de vegetação, para solo exposto e por fim construção, direcionam para uma bacia hidrográfica com menor taxa de infiltração e aumento do escoamento superficial, assim com maior potencial poluidor ao corpo hídrico, principalmente durante as chuvas, devido a drenagem pluvial instalada.

Figura 25 – Uso do solo do ponto amostral 3 do igarapé Irurá, Santarém, Pará, Brasil nos anos de (A) 2009 e (B) 2020.



Fonte: *Google Earth*, adaptado pelo autor

A figura 26, apresentam a área do ponto amostral 4, que também sofreu aumento no processo de urbanização, com observação de novas áreas ocupadas, com aumento das construções, o que leva a considerar maior taxa de ocupação humana.

Figura 26 – Uso do solo do ponto amostral 4 do igarapé Irurá, Santarém, Pará, Brasil nos anos de (A) 2009 e (B) 2020.



Fonte: *Google Earth*, adaptado pelo autor

Já na figura 27, apresentam a evolução no entorno dos pontos amostrais 5 e 6, sendo estes os pontos que sofreram menor alteração percebida visualmente, no entanto, observa-se uma maior percepção da taxa de ocupação das áreas que já estavam urbanizadas em 2009, fator que também contribui para a redução da taxa de infiltração e aumento do escoamento superficial sentido ao corpo hídrico em avaliação.

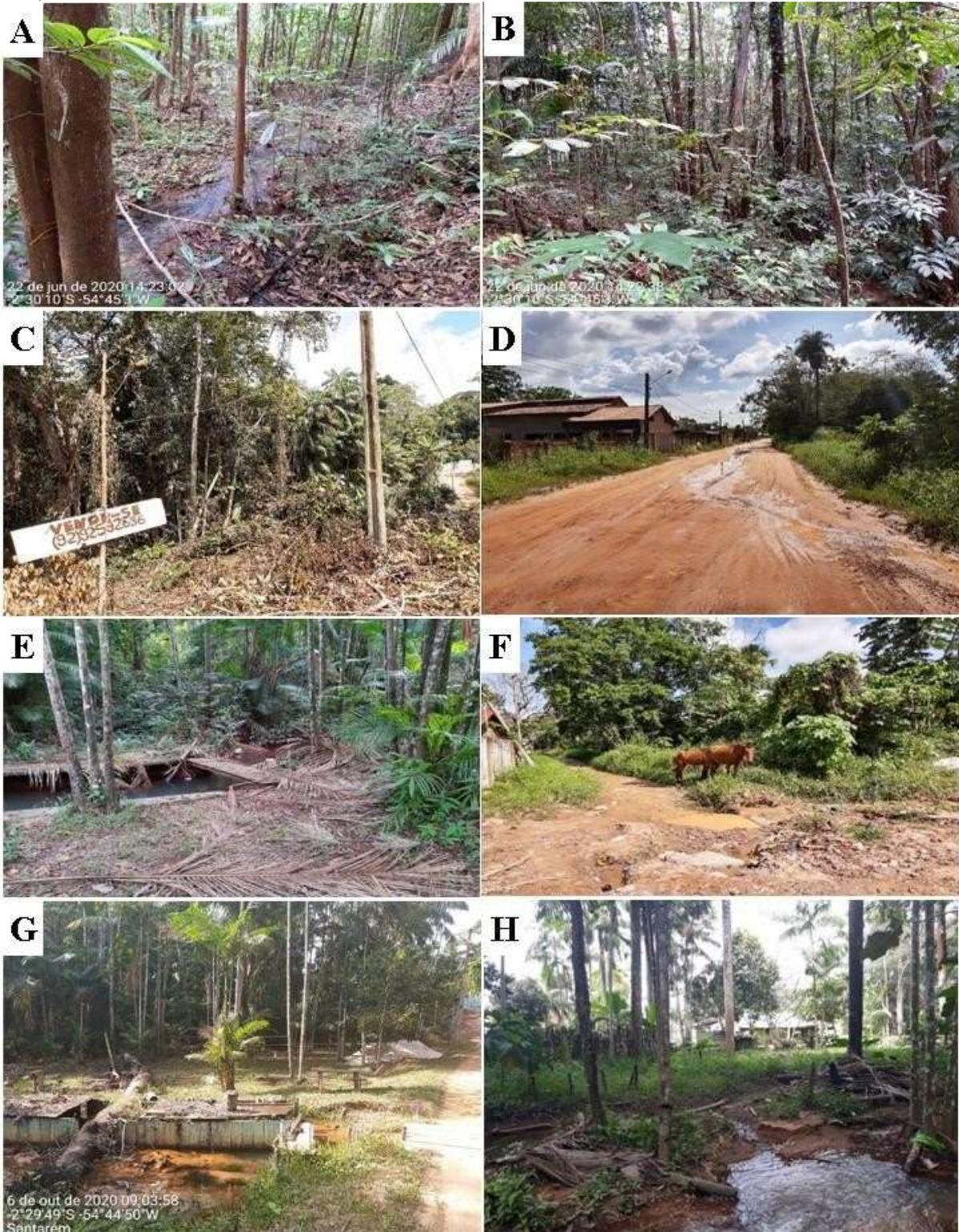
Figura 27 – Uso do solo do ponto amostral 5 e 6 do igarapé Irurá, Santarém, Pará, Brasil nos anos de (A) 2009 e (B) 2020.



Fonte: *Google Earth*, adaptado pelo autor

A figura 28 apresenta as principais características do uso do solo na microbacia hidrográfica do igarapé Irurá, (A) nascente com maior preservação; (B) vegetação no entorno do ponto 1; (C) supressão de vegetação; (D) via no entorno do igarapé sem sistema de drenagem e pavimentação; (E) estrutura de madeira no leito do igarapé; (F) presença de animais domésticos próximo as margens do igarapé; (G) ausência de mata ciliar; (H) residência próxima ao corpo hídrico; (I) solo exposto as margens do igarapé; (J) resíduos plásticos lançados ao corpo hídrico; (K) galerias pluviais para passagem do igarapé em seu traçado no ponto amostral 3; (L) Área urbanizada as margens do igarapé, no ponto amostral 4; (M) área urbanizada com pavimentação; (N) passagem do igarapé pela av. Fernando Guilhon, próximo ao ponto amostral 06; (O) vegetação aquática que encobre o corpo hídrico em área a montante ao ponto amostral 6; e (P) área com solo exposto localizada entre a BR 163 e igarapé Irurá.

Figura 28 – Principais características do uso do solo na microbacia hidrográfica do igarapé Irurá, Santarém, Pará, Brasil





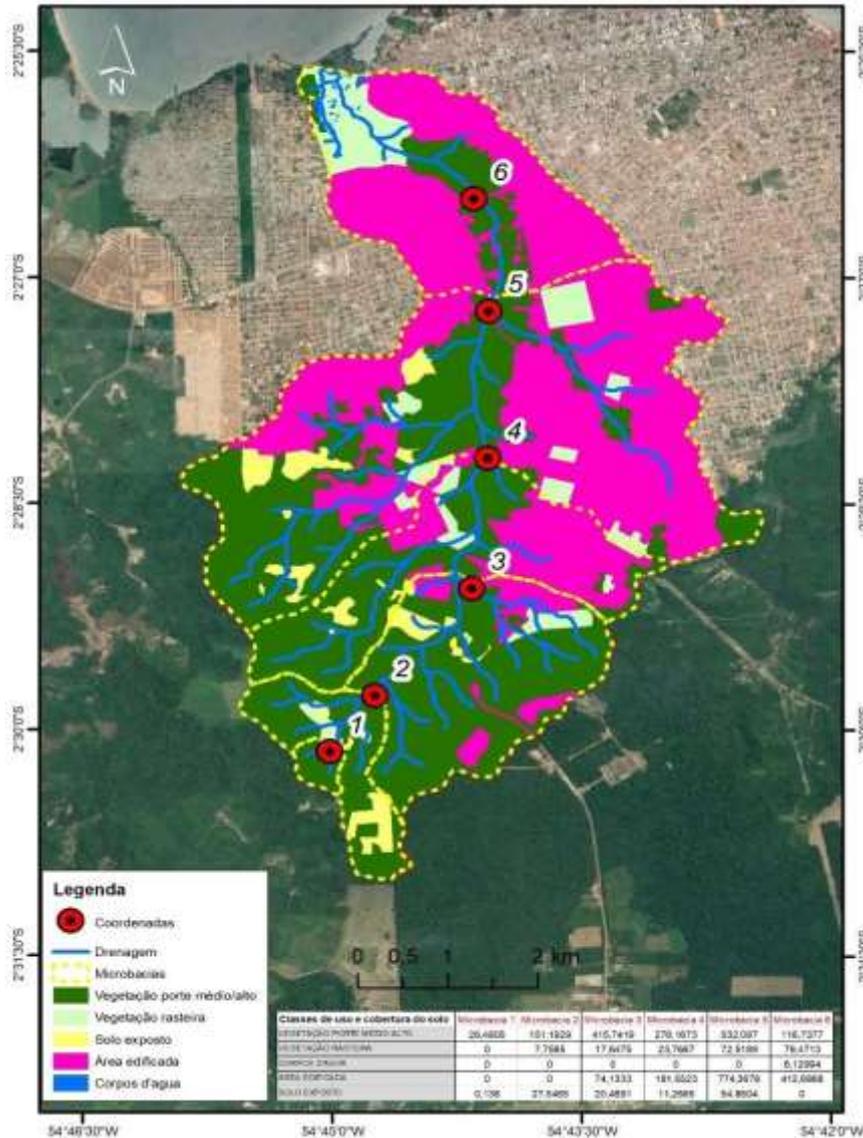
Legenda: (A) nascente com maior preservação; (B) vegetação no entorno do ponto 1; (C) supressão de vegetação; (D) via no entorno do igarapé sem sistema de drenagem e pavimentação; (E) estrutura de madeira no leito do igarapé; (F) presença de animais domésticos próximo as margens do igarapé; (G) ausência de mata ciliar; (H) residência próxima ao corpo hídrico; (I) solo exposto as margens do igarapé; (J) resíduos plásticos lançados ao corpo hídrico; (K) galerias pluviais para passagem do igarapé em seu traçado no ponto amostral 3; (L) Área urbanizada as margens do igarapé, no ponto amostral 4; (M) área urbanizada com pavimentação; (N) passagem do igarapé pela av. Fernando Guilhon, próximo ao ponto amostral 06; (O) vegetação aquática que

encobre o corpo hídrico em área a montante ao ponto amostral 6; e (P) área com solo exposto localizada entre a BR 163 e igarapé Irurá.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A Figura 29 trata diretamente do uso do solo no entorno do igarapé, destacando a drenagem, área edificada, vegetação porte médio, vegetação rasteira, solo exposto, corpos d'água, microbacias, para melhor exemplificar questões que influenciaram na alteração dos parâmetros de qualidade da água.

Figura 29. Uso e cobertura do solo da Bacia hidrográfica do Igarapé Irurá pelo Qgis.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

4 DISCUSSÃO

Houve um retrato espacial da qualidade da água do igarapé, que ainda hoje é utilizado para banho por populares residentes no entorno, abordando questões quanto a qualidade da água para consumo e quanto a ocorrências de agravos em saúde dessa população. Observa-se que nos últimos 10 anos a área da microbacia do igarapé Irurá sofreu

pressão pelo processo de urbanização do município de Santarém, o que deve ser intensificado no futuro devido ao crescimento populacional do município (PINHEIRO; SALDANHA; MONTE *et al.*, 2019).

Essa pressão contribui para a alteração na qualidade da água, seja por lançamento de efluentes diretamente ao corpo hídrico ou pela falta de saneamento básico presente nos bairros que compõe a área de drenagem da bacia, que acarreta maior lançamento de energia ao corpo hídrico, impactando negativamente no padrão de qualidade de água. Machado, Knapik e Bitencourt (2019) dispõe sobre a importância desse processo de monitorização, destacando as legislações que retratam sobre essa gestão dos recursos hídricos, fazendo um diagnóstico situacional e prospectivo, esse tipo de análise é de vital importância para traçar um planejamento adequado, que contribua para manutenção dos corpos hídricos, dentre os parâmetros que são necessários para avaliação da qualidade da água, o autor destaca a turbidez, fósforo total, coliformes termotolerantes, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio e nitrogênio.

Esses parâmetros são necessários para avaliação do índice de qualidade de água (IQA), e para monitorização dos corpos d'água (COSTA *et al.*, 2019). No nosso estudo, apenas um dos pontos, não teve um bom enquadramento, pelo que dispõe a resolução do CONAMA 357, Santos *et al.* (2018) tem destacado que há a presença do despejo nos corpos hídricos do esgotamento sanitário e outros materiais orgânicos em algumas localidades, que interferem no padrão de potabilidade da água, e apesar das ações governamentais para estruturação dos serviços e fiscalização das empresas que lançam efluentes e também contribuem para essa contaminação, os esforços ainda são insuficientes, devido ao intenso processo de urbanização (GOMES *et al.*, 2017).

Para avaliação do IQA também deve-se levar em consideração as características físico-químicas do ecossistema, e as alterações decorrentes do clima, sendo que foi encontrado 16.7% que apresentam uma boa classificação, 79.1% uma classificação regular e 4.2% uma classificação ruim. Santos *et al.* (2018) relata que com as chuvas os sedimentos e efluentes são direcionados pelo escoamento superficial para os corpos hídricos, o que leva a um comprometimento dessa qualidade por um certo período, sendo necessário ao coletar a amostra, avaliar os outros fatores determinantes para o resultado encontrado.

Costa *et al.* (2019) descrevem ainda que mesmo que o padrão encontrado na avaliação dos parâmetros bioquímicos seja próprio para uso, não está enquadrado necessariamente em condições de potabilidade para consumo, sendo imprescindível um tratamento prévio para esses fins.

O ponto 3, que teve uma classificação ruim deve-se a proximidade das residências, com população com baixo poder aquisitivo, acesso restrito a água, e que por vezes utilizam esse espaço para lavar roupas, para tomar banho, atividades de lazer, não sendo possível verificar se há o lançamento de esgotamento sanitário em tal espaço, Medeiros, Lima e Guimarães (2016) dispõe sobre espaços similares, com ausência de políticas habitacionais, falta de saneamento, aglomeração de moradias e sobrecarga populacional que comprometem a qualidade da água, indicando a necessidade da avaliação contínua para evitar que esses espaços tornem-se impróprios para o uso.

Dentre os parâmetros utilizados para avaliação do IQA, a temperatura teve variação de 26 a 28.8°C, sendo que o ponto 2 chamou atenção, na coleta 3, por ter apresentado uma temperatura de 28.1°C, este ponto está em uma área aparentemente preservada, mas que tem um processo de expansão urbana nas proximidades, que pode estar ocasionando o aumento de temperatura do corpo hídrico, sendo similar aos pontos 5 e 6, com processo de urbanização mais intenso, Pinheiro, Saldanha e Monte (2019) realizou estudos na mesma microbacia e constatou que os pontos que estavam em áreas com maior aglomeração urbana, tinham a presença de temperaturas mais elevadas, em torno de 31.6° C, mas devido a presença de mata

ciliar com bons níveis de preservação os pontos avaliados em nosso estudo mantiveram bons níveis.

A temperatura de corpos hídricos tem sua principal variação devido a cobertura vegetal existente em seu entorno, ou seja, devido as características de sua mata ciliar e principalmente a largura do corpo hídrico, pois, quanto menor a incidência solar, menor será a temperatura presente na água. Dessa forma, as variações encontradas têm referência direta para as características do uso e cobertura do solo do entorno, principalmente a montante de cada ponto de coleta. Silva Junior *et al.* (2011) dispõe ainda que essas alterações são sazonais, relacionadas a presença de matas ciliares, a estação do ano, e a temperatura do ar.

No que se refere aos Totais de sólidos dissolvidos, os níveis encontrados demonstram um bom nível de preservação, sendo este parâmetro muito utilizado para avaliar a presença do lançamento de efluentes e respectiva contaminação, Marimuthu, Rajendran e Manivannan (2013) relataram que este parâmetro é muito utilizado para avaliar a eficácia das estações de tratamento, corroborando com os dados de Piratoba *et al.* (2017), onde mesmo com as alterações de clima, com a presença de chuvas, ainda assim os valores encontrados ainda permaneciam dentro dos valores abordados pela resolução do CONAMA, por estarem em áreas com certo nível de preservação.

Acerca do pH, verificou-se uma tendência de aumento à medida que se aproximava dos pontos mais urbanizados, sendo o ponto de destaque para o 6 localizado em uma avenida com intenso fluxo de veículos e residências no entorno, sendo confirmado com o estudo de Santos *et al.* (2020), que foi realizado na mesma microbacia e que teve resultados similares, onde os pontos com maior pH foram os que estavam localizados em áreas urbanizadas, principalmente no período da seca. Santos (2017) afirma que na região Amazônica o pH é prioritariamente ácido devido as condições geológicas desta região, outro fator que corrobora com os dados visualizados.

Outro ponto de interesse, quando se avalia a qualidade da água é a Turbidez, acerca desse parâmetro Santos *et al.* (2020) dispõe que no período de seca há uma tendência de aumento, principalmente nos pontos em que existe maior contingente populacional no entorno, corroborando com os dados encontrados no nosso estudo, este fato pode ser explicado, por conta da falta de saneamento básico, da má gestão dos recursos hídricos, pelo processo de urbanização de forma desordenada, entre outros fatores que contribuem para alteração dos parâmetros de qualidade da água. Medeiros, Lima e Guimarães (2016) destaca além do processo de antropização, as alterações climáticas como importante fator ao se avaliar a turbidez, por conta do escoamento superficial, que vai aumentar os índices desse parâmetro e que é correlacionado ao índice de permeabilidade do solo.

Sobre a condutividade, é encontrado aumentado à medida que o processo de antropização se intensifica, Lins, Lopes e Montenegro (2020) colocam que em áreas preservadas o valor da este parâmetro é menor, sendo que isto ocorre porque a mata ciliar atua na manutenção da umidades e controle da salinidade do solo, o que favorece a preservação do corpo hídrico.

Lopes e Montenegro (2019) destaca que outro fator importante neste contexto é o fator climático, e quando a aumento do índice pluviométrico, pode levar a um processo de lixiviação e ocasionar o assoreamento. Menezes *et al.* (2016) discorre o aumento da condutividade está estritamente correlacionado a um aumento da matéria orgânica, sendo visualizado este resultado em mais de uma campanha amostral, Carmo (2014) também realizou seu estudo acerca desta correlação, e como este parâmetro podem além de predizer a qualidade da água, mas também com relação a fertilidade do solo.

O Oxigênio dissolvido é encontrado em menor valor em áreas com maior comprometimento do corpo hídrico, e apesar do ponto 6 ter descarga de esgoto e estar em uma área urbanizada, não houve grandes variações quanto aos demais pontos, o que difere dos

dados visualizados Santos *et al.* (2020), onde no mesmo corpo hídrico tiveram os menores valores.

Outro ponto a ser destacado quanto ao oxigênio dissolvido foi que o ponto 3 que tem via de acesso sem pavimentação e fluxo de veículos e uso doméstico para lavar roupa, e atividades de lazer, na primeira campanha teve o menor valor, destoando do ponto 5 e 6 que também tem um intenso processo de urbanização. Pinheiro, Saldanha e Monte (2019) destacam que quando o oxigênio dissolvido é encontrado em baixas concentrações, pode ser em decorrência da presença de efluentes, esgotamento sanitário, falta de infraestrutura urbana, o que pode comprometer o corpo hídrico.

O nitrogênio total é um parâmetro de avaliação da qualidade de água que direciona o resultado para o lançamento de efluentes diretamente ao corpo hídrico, comum em áreas residências e industriais, em que, quando ocorre o aumento o ambiente pode iniciar o processo de eutrofização, levando risco para a vida aquática. Observa-se que durante todo o período de monitoramento da qualidade da água, esse parâmetro sofreu alterações, no entanto, não atingiu o máximo determinado pela Resolução do Conama 357/2005, para corpos hídricos classe 2.

Assim como o nitrogênio, o fósforo também interfere diretamente qualidade da água, pois em excesso contribui para o processo de eutrofização, pois favorece para alta produção de algas e posterior redução do nível de oxigênio. Na pesquisa realizada durante as quatro campanhas amostrais, não houve resultados de direcionasse para alterações no ambiente aquático, com resultado atendendo ao máximo estipulado pela Resolução do Conama 357/2005, para corpos hídricos classe 2. No uso do solo da microbacia não identificou plantações, que pudessem utilizar fertilizantes e durante o processo de escoamento superficial, esse material pudesse percolar até o igarapé e alterar os parâmetros atuais. Ressalta-se que no entorno, há em funcionamento empresas que realizam o armazenamento de fertilizantes e caso haja falha no armazenamento e esse venha a escoar até as drenagens, poderá acarretar impactos negativo a qualidade do corpo hídrico.

Dentre os parâmetros utilizados na avaliação do IQA, outro fator importante é a Demanda Bioquímica de Oxigênio, este tem estreita correlação com escoamento superficial e o sistema de drenagem, portanto este pode ser encontrada com valores mais altos principalmente em período chuvoso, já que em Santarém por conta do crescimento urbano ter ocorrido de forma desordenada, alguns problemas são encontrados, como a falta de coleta de lixo regular em algumas áreas, a deficiência com relação ao tratamento de esgoto, além da pavimentação de vias, leva a um sistema de drenagem ineficiente, tendo o comprometimento dos corpos hídricos, tendo os maiores índices na segunda coleta, por conta do período chuvoso, Pontes, Marques e Marques (2012) corroboram com esses resultados, destacando a drenagem pluvial como fator de destaque para alteração deste parâmetro.

Quanto ao uso e cobertura do solo, durante a pesquisa na área de drenagem da microbacia do igarapé Irurá, identificou a existência de diferentes usos, como floresta primária, floresta secundária, pasto, agricultura, residencial, comercial, industrial e ainda infraestrutura urbana. Christofidis, Assumpção e Kligerman (2019) destacam o uso do solo tem relação direta com os corpos hídricos, pois esses, recebem toda a drenagem pluvial no período da chuva, seja através de sistema de drenagem ou pelo escoamento superficial natural.

Na área em estudo, observou-se que apenas a nascente encontra-se em melhores condições de preservação, ou seja, com vegetação mais densa e de grande porte, no entanto, após a avaliação de imagens do google Earth, observou-se alterações ao sul, o que poderá ter intensificações nos próximos anos, devido ao crescimento populacional. Caso haja desmatamento do entorno da nascente, reduzirá a infiltração nas áreas, o que poderá reduzir a água em trânsito pelo subsolo, sentido a nascente, reduzindo a vazão e disponibilidade de água nesse ambiente, corroborando com o que dispõe Silva e Romero (2015).

Essa abertura também contribui para o aumento do escoamento superficial e velocidade, o que poderá levar a processos erosivos e o carreamento de sólidos a nascente, que favorece para a aceleração do processo de assoreamento, que também é negativo, pois poderá reduzir e até eliminar vazão da água da nascente (PINTO; ROMA; BALIEIRO, 2012).

Outro uso comum e que também leva a risco ao corpo hídrico, é a mudança nas características do leito natural, encontrando construções que facilitam o acesso de banhistas, com bordas e piso de madeira, assim como pequenos barramentos (FLEURY; ALMEIDA, 2013). O uso por moradores e por pessoas que utilizam a área como veraneio, necessitam realizar a supressão da vegetação e geralmente a construção de residências, alterando a estrutura do solo, que reduz a área de infiltração e aumenta o escoamento superficial, levando risco de surgimento de processos erosivos (PEREIRA, 2018).

A presença de residenciais em bairros do entorno, favorece para a visitação de moradores para banho, dessedentação animal, entre outros, sendo este um local para lazer dessa população, que, caso a água esteja fora do padrão de qualidade, poderá lavar a risco de saúde (SOARES *et al.*, 2020)

Observou-se ainda o lançamento de efluentes e resíduos diretamente ao corpo hídrico, fator que impacta diretamente a qualidade da água, seja visual ou de comprovação laboratorial (THEBALDI *et al.*, 2011), isso pode ocorrer devido a precária estrutura urbana, que inclui o saneamento básico no entorno, que favorece para que pessoas interliguem seus lançamentos de efluentes para o igarapé ou para as vias de acesso de suas residências, que durante as precipitações, a parte superficial é carregada e levada até os corpos hídricos receptores, alterando os padrões naturais da qualidade da água (MARÇAL; SILVA, 2017).

5 CONCLUSÃO

A alteração do solo em áreas urbana é constante e tende a crescer acompanhando o crescimento populacional da cidade, fator observado durante esta pesquisa. Esse processo acarreta diversas alterações no ambiente natural, até que passa a ser um ambiente artificial, ou seja, retira-se a vegetação, o solo fica exposto e em seguida executa a construção de residenciais ou outras estruturas urbanas. A alteração do solo, também contribui para alteração do ciclo hidrológico, alterando principalmente a infiltração e escoamento superficial, dessa forma, aumenta a quantidade de água de chuva que chega ao corpo hídrico, assim como esse escoamento atinge maior velocidade, potencializando o poder de erosão.

Durante o estudo, pode-se perceber que a água do igarapé teve alterações nos parâmetros entre cada campanha e em cada ponto amostral, comprovando a dificuldade para interpretação das características ambientais de um ambiente aquático, isso ocorre devido a qualidade da água, normalmente ter referência direta ao uso e cobertura do solo do seu entorno ou com os usos existentes próximos. Observou que a sazonalidade tem interferência na qualidade da água, pois quanto maior ou mais próximo a coleta é realizada de um dia de chuva, piores são os resultados identificados.

Ressalta-se que o igarapé do Irurá é um corpo hídrico que deve ser preservado conforme determinado pelo Código Florestal Brasileiro ou pelo fato de ainda ser utilizado como área de lazer por uma parte da população residente em Santarém, o que reforça a necessidade de ações que visem a sua conservação e principalmente, melhorias no gerenciamento público das áreas de influência direta ao corpo hídrico, evitando as ações que causem impacto negativo, sem o devido planejamento e aprovação prévia pelo órgão competente. Essa área, poderá ser estruturada para uso como parque municipal, com trilhas e passarelas que possibilitem a visitação e favoreça ao bem estar da população. Para isso, deve haver isentivos de novas pesquisas e projetos que visem a melhor integração entre a população e os corpos hídricos urbanos.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, Danielle *et al.* Influência da precipitação no escoamento superficial em uma microbacia hidrográfica do Distrito Federal. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 1, p. 103-112, 2006.
- ALVES, Márcio S. *et al.* Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 491-498, 2011.
- AMARAL, Karina Guedes Cubas do. **Correlação entre fator de toxicidade e parâmetros físico-químicos para efluentes domésticos tratados**. 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Curitiba, 2012.
- AQUINO, Sérgio F. de; SILVA, Silvana de Queiroz; CHERNICHARO, Carlos AL. Considerações práticas sobre o teste de demanda química de oxigênio (DQO) aplicado a análise de efluentes anaeróbios. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, p. 295-304, 2006.
- BASTOS, Patrícia Covre. **Efeitos da urbanização sobre vazões de pico de enchente**. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, 2009.
- BRASIL. **Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005**. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 10 de julho de 2019.
- BRÜGGEMANN, Odaléa Maria; PARPINELLI, Mary Ângela. Utilizando as abordagens quantitativa e qualitativa na produção do conhecimento. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 42, n. 3, p. 563-568, 2008.
- CARMO, Davi Lopes do. **Condutividade elétrica e sua relação com a fertilidade de solos tratados com corretivos e resíduos orgânicos**. 2014. 167 f. Tese (doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.
- CHRISTOFIDIS, Demetrios; ASSUMPÇÃO, Rafaela dos Santos Facchetti Vinhaes; KLIGERMAN, Débora Cynamon. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **Saúde em Debate**, v. 43, p. 94-108, 2020.
- CORNELLI, Renata *et al.* Análise da influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água de duas sub-bacias hidrográficas do município de Caxias do Sul. **Scientia cum Industria**, v. 4, n. 1, p. 1-14, 2016.
- COSTA, David de Andrade *et al.* Dos instrumentos de gestão de recursos hídricos-o Enquadramento-como ferramenta para reabilitação de rios. **Saúde em Debate**, v. 43, p. 35-50, 2019.

FLEURY, Lorena Cândido; ALMEIDA, Jalcione. A construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte: conflito ambiental e o dilema do desenvolvimento. **Ambiente & Sociedade**, v. 16, n. 4, p. 141-156, 2013.

GOMES, Taynara do Vale *et al.* Santarém (PA): um caso de espaço metropolitano sob múltiplas determinações. **Cadernos MetrÓpole**, v. 19, n. 40, p. 891-918, 2017.

HOCHMAN, Bernardo *et al.* Desenhos de pesquisa. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v. 20, p. 2-9, 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 11 de nov de 2020.

LIMA, Aguiel Messias de; OLIVEIRA, Haydée Torres de. A (re) construção dos conceitos de natureza, meio ambiente e educação ambiental por professores de duas escolas públicas. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 17, n. 2, p. 321-337, 2011.

LINS, Frederico Abraão Costa; LOPES, Iug; MONTENEGRO, Abelardo Antônio de Assunção. Variabilidade espacial da umidade e condutividade elétrica do solo em vale aluvial utilizando técnicas geofísicas. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 6, n. 1, p. 56-63, 2020.

LOCH, Carlos. **A realidade do cadastro técnico urbano no Brasil**. In: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5357-5364, 2007. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr%4080/2006/11.14.18.04.51/doc/5357-5364.pdf>. Acesso em: 22 set de 2020

LOPES, Iug; MONTENEGRO, Abelardo Antônio de Assunção. Spatialization of electrical conductivity and physical hydraulic parameters of soils under different uses in an alluvial valley. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 1, p. 222-233, 2019.

MACHADO, Enéas Souza; KNAPIK, Heloise Garcia; BITENCOURT, Camila de Carvalho Almeida de. Considerações sobre o processo de enquadramento de corpos de água. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, n. 2, p. 261-269, 2019.

MARÇAL, Daniel Araújo; SILVA, Carlos Ernando. Avaliação do impacto do efluente da estação de tratamento de esgoto ETE-Pirajá sobre o Rio Parnaíba, Teresina (PI). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, n. 4, p. 761-772, 2017.

MARIMUTHU, T.; RAJENDRAN, S.; MANIVANNAN, M. An analysis of efficiency and water quality parameters of dye effluent treatment plant, Karur, Tamilnadu, India. **Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology**, v. 2, n. 3, p. 567-571, 2013.

MEDEIROS, Adaelson Campelo; LIMA, Marcelo de Oliveira; GUIMARÃES, Raphael Mendonça. Avaliação da qualidade da água de consumo por comunidades ribeirinhas em áreas de exposição a poluentes urbanos e industriais nos municípios de Abaetetuba e Barcarena no estado do Pará, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, p. 695-708, 2016.

MELLO, Alex Fiúza de. Dilemas e desafios do desenvolvimento sustentável da Amazônia: O caso brasileiro. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, n. 107, p. 91-108, 2015.

MENEZES, João Paulo Cunha *et al.* Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, p. 519-534, 2016.

OLIVEIRA, Josafá Ribeiro *et al.* Caracterização Hidrogeológica da Cidade de Santarém e das Vilas de Mojuí dos Campos e Alter-do-Chão Com Proposta Técnica Para A Perfuração De Poços Tubulares Profundos. **Águas Subterrâneas**, 2000.

OLIVEIRA, Josiani Cordova de *et al.* Spatial-temporal analysis of the surface water quality of the Pará River Basin through statistical techniques. **Revista Ambiente & Água**, v. 14, n. 1, 2019.

OLIVEIRA, Luciano C. de; GOMES, Benedito M.; BAUMGARTNER, Gilmar; SEBASTIEN, Nyamien Y. Variação espacial e temporal dos fatores limnológicos em riachos da microbacia do Rio São Francisco Verdadeiro. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 4, p. 770-781. 2008.

PANIZZA, Andreia de Castro. **A importância da Mata ciliar: Entenda por que as formações vegetais ciliares são essenciais para os ecossistemas e para os recursos hídricos**. São Paulo, 2016.

PEREIRA, Lara Batista Ferreira. **Soluções de reforço e recuperação de solos em processos erosivos urbanos em Aparecida de Goiânia**. 2018. 80 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Instituto Federal de Educação e Ciência e Tecnologia de Goiás, Aparecida de Goiânia, 2018.

PEREIRA, Polyana Faria; SCARDUA, Fernando Paiva. Espaços territoriais especialmente protegidos: conceito e implicações jurídicas. **Ambiente & Sociedade**, v. 11, n. 1, p. 81-97, 2008.

PINHEIRO, Danilo Costa; SALDANHA, Edinelson Correa; MONTE, Christiane do Nascimento. Índice de estado trófico e a proveniência do fósforo e clorofila-a em diferentes estações do ano em uma microbacia Amazônica. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 5, p. 89-100, 2019.

PINTO, Lilian Vilela Andrade; ROMA, Talita Nazareth de; BALIEIRO, Kátia Regina de Carvalho. Avaliação qualitativa da água de nascentes com diferentes usos do solo em seu entorno. **Cerne**, v. 18, n. 3, p. 495-505, 2012.

PIRATOBA, Alba Rocio Aguilar *et al.* Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, n. 3, p. 435-456, 2017.

PONTES, Patrícia Procópio; MARQUES, Andréa Rodrigues; MARQUES, Guilherme Fernandes. Efeito do uso e ocupação do solo na qualidade da água na micro-bacia do Córrego Banguelo-Contagem. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 3, p. 183-194, 2012.

SANTOS, G. P.. **Avaliação hidroambiental de seis igarapés no município de Santarém/PA**. Monografia (Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia das Águas) - Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2017.

SANTOS, Gedinara Paiva *et al.* Qualidade Hidrológica e Ambiental de uma Microbacia Urbana de Abastecimento Público de Água na Amazônia Brasileira. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 4, p. 154-168, 2020.

SANTOS, Rosa Cecília Lima *et al.* Aplicação de índices para avaliação da qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia em Sergipe. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, p. 33-46, 2018.

SILVA JÚNIOR, José Laerte Rodrigues da *et al.* Efeito da sazonalidade climática na ocorrência de sintomas respiratórios em uma cidade de clima tropical. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 37, p. 759-767, 2011.

SILVA, Layane Minely Costa; GOMES, David Rodrigues; MEIRA, Rose Caldas de Souza, CORREA, Edinelson Saldanha. **Monitoramento da qualidade da água superficial em um igarapé situado em área urbana do Município de Santarém-Pa**. 14º Congresso Nacional de Meio Ambiente Poços de Caldas, 2017.

SMITH, Welber Senteio; SILVA, Fábio Leandro da; BIAGIONI, Renata Casseiro. Desassoreamento de rios: quando o poder público ignora as causas, a biodiversidade e a ciência. **Ambiente & Sociedade**, v. 22, 2019.

SOARES, Ana Celia Goes Melo *et al.* Water and health risk assessment in the Aracaju Expansion Zone-SE. **Ambiente & Sociedade**, v. 23, 2020.

THEBALDI, Michael S. *et al.* Qualidade da água de um córrego sob influência de efluente tratado de abate bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 302-309, 2011.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias)**. Belo Horizonte-MG: UFMG, v. 12, p. 213, 1996.

WOLKMER, Maria de Fátima S.; PIMMEL, Nicole Freiberger. Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental. **Seqüência: estudos jurídicos e políticos**, v. 34, n. 67, p. 165-198, 2013.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Corpos hídricos urbanos muitas vezes são vistos apenas como estrutura para o escoamento superficial das águas de chuva, pois, com a crescente da população e busca de áreas mais próximas aos centros urbanos, a vegetação perde espaço para construção de residências e outras estruturas, forçando a redução da vazão do igarapé e reduz a largura do leito natural. Esse processo foi muito identificado durante as leituras bases para elaboração da dissertação, ocorrendo em diversas regiões do mundo e no Brasil. Outro comportamento observado nas pesquisas, foi a busca pela recuperação das áreas já alteradas, que em muitos casos estão tubuladas, submersas ou totalmente contaminadas, ocorrendo principalmente em metrópoles e grandes cidades. Essa preocupação de recuperação de corpos hídricos urbanos, requer que haja conscientização dos diversos setores da sociedade, de forma que se crie na população uma identidade positiva com as áreas de preservação permanente e seus corpos hídricos, que contribuirá diretamente para o aumento da qualidade de vida dessa população.

Por isso, o estudo aqui apresentado tem alta importância social, visto, ter apresentado os principais estudos direcionados a temática de alteração da qualidade de água superficial por processo de urbanização, indicando as metodologias e resultados atingidos pelos estudos no Brasil, que poderão ser utilizados para otimizar novas pesquisas acadêmicas, assim como estimular novos estudos na Amazônia.

Com relação a qualidade de água do Igarapé Irurá, podemos notar que o corpo hídrico já vem sofrendo pressão e alterações devido ao uso e ocupação do solo no entorno, o que poderá ser agravado a cada ano, devido ao crescimento populacional e falta de gestão pública. Dessa forma, torna-se fundamental a proposição e execução de políticas públicas para esses ambientes, visando a preservação e conservação, seja em Santarém ou em outras cidades da Amazônia.

REFERÊNCIAS

- ABIKO, Alex Kenya; ALMEIDA, Marco Antonio Plácido de; BARREIROS, Mário Antônio Ferreira. Urbanismo: história e desenvolvimento. Texto técnico. **Escola Politécnica Da Universidade De São Paulo. Departamento De Engenharia De Construção Civil.** São Paulo – SP, 1995.
- ALBERT, James S.; VAL, Pedro; HOORN, Carina. The changing course of the Amazon River in the Neogene: center stage for Neotropical diversification. **Neotropical Ichthyology**, v. 16, n. 3, 2018.
- ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno / Agência Nacional de Águas.** Brasília: ANA, 2017.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Indicadores de qualidade, índice de qualidade das águas.** Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx> . Acesso em: 10 de março de 2021.
- APHA, AWWA. **American Public Health Association, American Water Works Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater in: L.S. Clesceri, A.E. Greenberg, A.D. Eaton (Eds.), 21th, Water Environment Federation, Washington - WEF, DC, USA, 2005.**
- ATLAS DE DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. Santarém, PA. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/> . Acesso em: 11 de novembro de 2020.
- AUGUSTO, Lia Giraldo da Silva *et al.* O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Ciência & saúde coletiva**, v. 17, p. 1511-1522, 2012.
- BARCELLOS, Christovam; QUITÉRIO, Luiz Antônio Dias. Vigilância ambiental em saúde e sua implantação no Sistema Único de Saúde. **Revista de Saúde pública**, v. 40, n. 1, p. 170-177, 2006.
- BENEVOLO, Leonardo. **História da Cidade.** São Paulo, Editora Perspectiva, 1993. ISBN: 9788527311465.
- BOOKER, James F. *et al.* Economics and the modeling of water resources and policies. **Natural Resource Modeling**, v. 25, n. 1, p. 168-218, 2012.
- BRASIL. **Legislação Federal. Lei nº 6.938.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, em 31 de agosto de 1981. Disponível em: <https://nathymendes.jusbrasil.com.br/noticias/321528492/politica-nacional-do-meio-ambiente-pnma-lei-n-6938-81>. Acesso em: 11 de novembro de 2020.
- BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.** Lei Federal Do Saneamento Básico. Disponível em: <https://portalresiduossolidos.com/lei-11-44507-lei-federal-do-saneamento-basico/>. Acesso em: 11 de novembro de 2020.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, 8 de janeiro de 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 11 de novembro de 2020.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357**. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília, Diário Oficial da União, 17 de março de 2005.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 430. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília, Diário Oficial da União, 16 de maio de 2011.

BRAUD, Isabelle *et al.* Evidence of the impact of urbanization on the hydrological regime of a medium-sized periurban catchment in France. **Journal of hydrology**, v. 485, p. 5-23, 2013.

BRITO, Fausto; SOUZA, Joseane de. Expansão urbana nas grandes metrópoles: o significado das migrações intrametropolitanas e da mobilidade pendular na reprodução da pobreza. **São Paulo em perspectiva**, v. 19, n. 4, p. 48-63, 2005.

CHANG, H. **Análise espacial das tendências da qualidade da água na bacia do rio Han, na Coreia do Sul**. Res, v. 42, n. 13, p. 3285 – 3304, 2008.

CHAZAL, Philippe M.; LENS, P. N. L. Interactions of the sulfur and nitrogen cycles: microbiology and process technology. **Environmental technologies to treat sulfur pollution: principles and engineering**. London: Iwa Publishing, 2000.

COSTA, Carla Regina *et al.* A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Química Nova**, v. 31, n. 7, p. 1820-1830, 2008.

COSTA, Douglas F. da; SILVA, Hélio R.; PERES, Leonardo de F. Identificação de ilhas de calor na área urbana de Ilha Solteira-SP através da utilização de geotecnologias. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 5, p. 974-985, 2010.

COX, Daniel T.C. *et al.* O impacto da urbanização na dose natural e as implicações para a saúde humana. **Paisagem e Urbanismo**, v. 179, 2018.

DUH, J.D. *et al.* Taxas de urbanização e a resiliência da qualidade do ar e da água. **Sci. Total Environ.**, v. 400, n. 1, p. 238 – 256, 2008.

ELVIDGE, C. D. *et al.* Distribuição Global e densidade de superfícies impermeáveis Construídas Sensores. **Basel**, 2007.

FELICIO, Bruna da Cunha. **ÁREAS MARGINAS A CORPOS HÍDRICOS URBANOS: delimitação e zoneamento ambiental. Área piloto: Bacia do córrego Santa Maria Madalena em São Carlos, SP**. 2014. 193 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

FLETCHER, Tim D.; ANDRIEU, Herve; HAMEL, Perrine. Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters: A state of the art. **Advances in water resources**, v. 51, p. 261-279, 2013.

GAZZONI, Decio Luiz. Como alimentar 10 bilhões de cidadãos na década de 2050?. **Ciência e Cultura**, v. 69, n. 4, p. 33-38, 2017.

GRIMM, N. B. *et al.* A paisagem em mutação: respostas dos ecossistemas à urbanização e à poluição através dos gradientes climáticos e sociais. **Front Ecol Environ**, v. 6, p. 264–272, 2008.

GU, Qiwei *et al.* Ecological footprint analysis for urban agglomeration sustainability in the middle stream of the Yangtze River. **Ecological Modelling**, v. 318, p. 86-99, 2015.

HAN, Xue *et al.* Yield and nitrogen accumulation and partitioning in winter wheat under elevated CO₂: A 3-year free-air CO₂ enrichment experiment. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 209, p. 132-137, 2015.

HOUGH, Michael. **Cities and Natural processes**. Londres: Routledge, 1995.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo de Santarém, Pará de 2020**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/santarem.html>. Acesso em: 11 de novembro de 2020.

IEC. INSTITUTO EVANDRO CHAGAS. **Relatório técnico SAMAM 001: caracterização dos impactos ambientais, danos ao ecossistema e riscos à saúde decorrentes do lançamento no rio Murucupi de efluentes do processo de beneficiamento de bauxita, Barcarena-Pará**. Ananindeua: IEC; 2009.

JORGE, Janes. Rios e saúde na cidade de São Paulo, 1890-1940. **Revista História & Perspectivas**, v. 25, n. 47, 2012.

JKAUFFMANN, Márcia O.; SILVA, Luciene Pimentel da. Taxa de impermeabilização do solo: um recurso para a implementação da bacia hidrográfica como unidade de planejamento urbano integrado à gestão dos recursos hídricos. **XI Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional**, v. 11, 2005.

KNOUFT, Jason H.; CHU, Ma Librada. Using watershed-scale hydrological models to predict the impacts of increasing urbanization on freshwater fish assemblages. **Ecohydrology**, v. 8, n. 2, p. 273-285, 2015.

LI, Chunlin *et al.* Effects of urbanization on direct runoff characteristics in urban functional zones. **Science of the Total Environment**, v. 643, p. 301-311, 2018.

LIMA, Luciano Peres Martins. A Constituição da totalidade urbana e a busca pelo direito ao espaço (urbano). **História, Natureza e Espaço-Revista Eletrônica do Grupo de Pesquisa NIESBF**, v. 6, n. 2, 2017.

MAPBIOMAS. **Amazônia Evolução anual da cobertura e uso da terra (1985-2019)**. Disponível em: <https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Infograficos/Colecao5/MBI-Infografico-amazonia-5.0-BR.jpg>. Acesso em: 20 nov. 2020.

MARMONTEL, Caio Vinicius Ferreira; RODRIGUES, Valdemir Antonio. Parâmetros indicativos para qualidade da água em nascentes com diferentes coberturas de terra e conservação da vegetação ciliar. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 171-181, 2015.

MARTINE, George; ALVES, José Eustáquio Diniz. Economia, sociedade e meio ambiente no século 21: tripé ou trilema da sustentabilidade?. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 32, n. 3, p. 433-460, 2015.

MENEZES, João Paulo Cunha *et al.* Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 519-534, 2016.

MIRANDA, Humberto; GOMES JÚNIOR, Evaldo. Urbanização reflexa: a emergência de arranjos urbanos intermediários no Brasil pós-1990. **EURE (Santiago)**, v. 43, n. 130, p. 207-234, 2017.

MORETTI, Ricardo de Sousa. Recuperação de cursos d'água e terrenos de fundo de vale urbanos: a necessidade duma ação integrada. **Revista Biokos**, v. 19, n. 1 e 2, p. 17-22, 2005.

MOTA, Luana Santos Oliveira; SOUZA, Rosemeri Melo. Cenários ambientais prospectivos para a gestão da paisagem costeira urbana em Aracaju/SE. **Sociedade & Natureza**, v. 33, 2021.

MUNIZ-GÄAL, Lígia Parreira *et al.* Parâmetros urbanísticos e o conforto térmico de cânions urbanos: o exemplo de Campinas, SP. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 2, p. 177-196, 2018.

NAÇÕES UNIDAS. Department of Economic and Social Affairs. Population Division. **World urbanization prospects: The 2009 revision**. New York, 2010. Disponível em: https://www.ipcc.ch/apps/nj-lite/ar5wg2/nj-lite_download2.php?id=10148. Acesso em: 11 de novembro de 2020.

NAKATA-OSAKI, Camila Mayumi; SOUZA, Léa Cristina Lucas de; RODRIGUES, Daniel Souto. Impacto da geometria do cânion urbano na intensidade de ilha de calor noturna: análise através de um modelo simplificado adaptado a um SIG. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 3, p. 73-87, 2016.

OLIVEN, Ruben George. **Urbanização e mudança social no Brasil** [online]. Rio de Janeiro: Centro Edelstein, 2010. 76 p. ISBN 978-85-7982-001-4.

PIMENTEL, Diego Ramos. **Avaliação dos níveis de mercúrio (Hg) total em peixes de igarapés da bacia do Rio Mamuru, Pará, Brasil**. 2011. 62 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia) - Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2011.

PUTRO, B. *et al.* Uma investigação empírica dos efeitos do clima e do uso da terra na quantidade e qualidade da água em duas bacias de urbanização no sul do Reino Unido. **Sci. Total Environ**, v. 548, 2016.

- RADOJEVIC, Biljana D.; BREIL, Pascal; CHOCAT, B. Assessing impact of global change on flood regimes. **International Journal of Climate Change Strategies and Management**, v. 2, n. 2, p. 167-179, 2010.
- REBOUÇAS, Aldo da C. A água é um recurso finito e fator competitivo do mercado. Seu uso eficiente torna-se mais importante que ostentar sua abundância. **Estudos Avançados**, v. 15, n. 43, p. 327-344, 2001.
- RUBIRA, Felipe Gomes *et al.* Sistemas pedogeomorfológicos na interpretação da evolução de paisagens quaternárias em climas tropicais úmidos. **Mercator (Fortaleza)**, v. 18, 2019.
- SAATH, Kleverton Clovis de Oliveira; FACHINELLO, Arlei Luiz. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, p. 195-212, 2018.
- SILVA, Claiton Márcio da. Entre Fênix e Ceres: A grande aceleração e a fronteira agrícola no Cerrado. **Varia Historia**, v. 34, p. 409-444, 2018.
- SILVA, Geovany; ROMERO, Marta. Sustentabilidade urbana aplicada: Análise dos processos de dispersão, densidade e uso e ocupação do solo para a cidade de Cuiabá, Estado de Mato Grosso, Brasil. **EURE (Santiago)**, v. 41, n. 122, p. 209-237, 2015.
- SOLLITTO, Ciliane Matilde. **Leucemias e proximidade de residência a linha de energia elétrica na cidade de São Paulo**. 2009. 115f. Teses (Doutorado). Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- SORIANO, Érico *et al.* Crise hídrica em São Paulo sob o ponto de vista dos desastres. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 1, p. 21-42, 2016.
- TEODORO, Valter Luiz Iost *et al.* O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007.
- VALENTIM, Luís Sérgio Ozório. **Sobre a produção de bens e males nas cidades. Estrutura urbana e cenários de risco à saúde em áreas contaminadas da Região Metropolitana de São Paulo**. 2010. 266f. Tese (Doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- VEZZANI, Fabiane Machado; MIELNICZUK, João. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p. 743-755, 2009.
- YASSUDA, Eduardo Riomey. Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. **Brazilian Journal of Public Administration**, v. 27, n. 2, p. 5 a 18-5 a 18, 1993.
- ZHANG, Xiaoling. Urbanização sustentável: um modelo de matriz bidimensional. **Jornal de Produção Mais Limpa**, v. 134, n. A, p. 425-4, 2016.

ZULPO, Dauton Luiz *et al.* Avaliação microbiológica da água consumida nos bebedouros da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, Paraná, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, n. 1, p. 107-110, 2006.