Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Efeitos da integridade ambiental da zona ciliar e sua influência na qualidade da água de igarapés urbanos em Santarém-PA, Amazônia, Brasil

Gedinara Paiva dos Santos¹, Amanda Frederico Mortati², Luis Gustavo de Castro Canani³ e Leidiane Leão de Oliveira⁴

¹ Bacharel em Ciências e Tecnologia das Águas, Bacharel em Gestão Ambiental, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Pará, Brasil, narapaivasantos@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8248-5635> (autor correspondente). ² Professora Adjunta, Instituto de Biodiversidade e Floresta - IBEF da Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA. Rua Vera Paz, s/n, CEP 68040-255, Santarém, Pará, amanda.mortati@edu.ufopa.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9150-990X>. ³ Dr. em Botânica, Consultor Ambiental na área de Limnologia na Brasilcorp Engenharia e Meio Ambiente, lgustavocc@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5508-7594>. ⁴ Dr. em Biodiversidade Tropical, Professora Associada I, Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, Universidade Federal do Oeste do Pará, Rua Vera Paz, s/n, CEP 68040-255, Santarém, Pará. leidiane.oliveira@edu.ufopa.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5995-9107>.

Artigo recebido em 22/04/2021 e aceito em 11/11/2021

RESUMO

Os igarapés urbanos são afetados pela supressão da floresta ripária o que ocasiona degradação ambiental. Devido às atividades antrópicas, esses ambientes são alterados e descaracterizados, sofrendo profundas mudanças em suas estruturas aquática e terrestre. Essas alterações se refletem na qualidade das águas, e usualmente são estimadas através da análise quantitativa de parâmetros hidrológicos e físico-químicos. O Índice de Integridade do Habitat (IIH) é um método qualitativo de avaliação das condições ambientais dos igarapés. Este estudo busca avaliar se a variação da integridade do habitat reflete a variação hidrológica e físico-química decorrente das alterações antrópicas nos ambientes aquáticos. Foram medidas as variáveis ambientais da zona ripária (Índice de Integridade do Habitat - IIH e cobertura vegetal média); do canal (vazão, largura e profundidade médias) e da água (pH, condutividade, oxigênio dissolvido e turbidez médias, temperatura média) em de seis igarapés urbanos de Santarém- PA. Dos seis igarapés analisados, cinco encontram-se em estado degradado e com a área de proteção permanente em desacordo com o Código Florestal Brasileiro. Foi avaliada a correlação do IIH com as variáveis ambientais e análise de variância para verificar se houve diferença significativa entre os valores das variáveis ambientais nos pontos amostrados. Verificou-se que o Índice de Integridade do Habitat - IIH apresentou uma correlação significativa ($p < 0,05$) com as variáveis oxigênio dissolvido e condutividade, sendo capaz de captar a influência destas variáveis na qualidade da água. Em termos de variação espacial dos parâmetros físico-químicos, o Ponto 6 se destacou com o maior número de diferenças significativas em relação aos demais pontos amostrados e foi o único classificado pelo IIH como íntegro, demonstrando que o IIH foi capaz de detectar a variação da qualidade da água e que pode ser uma ferramenta para um rápido e efetivo diagnóstico das condições ambientais de corpos d'água. Diante dos resultados, medidas de recuperação devem ser tomadas para minimizar e reverter as fontes de impacto que promovem a degradação dos igarapés urbanos na cidade de Santarém- PA.

Palavras-chave: Gestão de microbacias urbanas, qualidade da água, mata ciliar.

Effects of the environmental integrity of the riparian zone and its influence on the water quality of urban streams in Santarém-Pa, Amazonia, Brazil

ABSTRACT

Urban streams are affected by the suppression of riparian forest, which causes environmental degradation. Due to human activities, these environments are altered and uncharacterized, undergoing profound changes in their aquatic and terrestrial structures. These changes are reflected in the water quality and are usually estimated through the quantitative analysis of hydrological and physical-chemical parameters. The Habitat Integrity Index (IIH) is a qualitative method for assessing the environmental conditions of streams. This study aims to assess whether the variation in habitat integrity reflects the hydrological and physical-chemical variation resulting from anthropic changes in aquatic environments. The environmental variables from the riparian zone (Habitat Integrity Index - IIH and average vegetation cover), from the channel (mean flow, width, and depth) and from the water (pH, average conductivity, dissolved oxygen and turbidity, average temperature) were measured; in six urban streams in Santarém-PA. Among the six streams analyzed, five are in a degraded state and have a permanent protection area that does not comply with the Brazilian Forest Code. The

correlation of the IIH with the environmental variables and an analysis of variance was performed in order to verify if there was a significant difference between the environmental variables' values at the sampled points. It was found that the Habitat Integrity Index - IIH showed a significant correlation ($p < 0.05$) with the variables dissolved oxygen and conductivity, being able to capture the influence of these variables on water quality. In terms of spatial variation of the physical-chemical parameters, the Point 6 stood out with the largest number of significant differences in relation to the other sampled points and was the only one classified by the IIH as intact, which demonstrates that the IIH could detect the variation of the water quality and that it can be a tool for a quick and effective diagnosis of the environmental conditions of water bodies. In view of the results, recovery measures must be taken to minimize and reverse the sources of impact that promote the degradation of urban streams in the city of Santarém-PA.

Keywords Management of urban micro basins, water quality, riparian forest.

Introdução

A bacia Amazônia é a maior bacia hidrográfica do mundo, com uma área aproximada de 6000 km² e têm 1100 afluentes, o que se dá por uma densa rede de drenagem entrecortando uma vasta região geográfica com rios, lagos e igarapés de pequeno a grande porte que compõe essa região (BRASIL, 2006). Os rios Amazônicos de pequena ordem são definidos como Igarapés (em tupi, significa “caminho da canoa”). Os igarapés compõem interfaces aquático-terrestres, onde suas características ambientais (biodiversidade, hidrologia e qualidade da água) dependem da floresta ao seu redor (mata ciliar) (Marmontel, 2015; Carvalho et al., 2016; Ferreira et al., 2019; Brito et al., 2020). A retirada da floresta primária provoca de forma direta a erosão do solo, perda de nutrientes e compactação do solo, além da perda de biodiversidade, redução do ciclo da água e contribui para o aquecimento global (Fearnside, 2005; Corrêa et al., 2012; Barlow et al., 2016; Ferreira et al., 2019; Nunes et al., 2019).

Os igarapés urbanos são afetados pela supressão da floresta ripária o que ocasiona degradação ambiental (Santos et al., 2020). Devido às atividades antrópicas, esses ambientes são alterados e descaracterizados, sofrendo profundas mudanças em suas estruturas aquática e terrestre (Silva et al., 2018).

O Código Florestal Brasileiro (Lei Federal 12.651/2012) visa proteger o equilíbrio ecológico e qualidade dos recursos hídricos (Brito et al., 2020). O Código exige uma floresta ripária de 30 m ao longo de cada margem do riacho (para riachos com menos de 10 m de largura) como uma Área de Preservação Permanente (APP).

Neste contexto, a cobertura vegetal é importante, pois, interfere nos mecanismos de transportes de águas superficiais e subterrâneas (Tucci, 2009; Oliveira et al., 2020; Campos et al., 2020), mantém a integridade dos solos reduzindo a erosão e é fundamental para recarga dos aquíferos e manutenção da rede de igarapés (Targa, 2012; Silva et al., 2018). Uma forma qualitativa de avaliação das

condições ambientais dos igarapés é o uso do Índice de Integridade do Habitat - IIH, que é um método visual (Nessimian et al., 2008). O índice de integridade do habitat foi capaz de determinar o estado de degradação dos igarapés estudados na bacia hidrográfica do São Braz, Santarém, PA, onde apenas dois igarapés foram considerados como ambientes íntegros com condições favoráveis para manutenção da vida aquática. No entanto, os demais pontos amostrados foram classificados como ambientes com forte perturbação, o que pode ter sido consequência de atividades antrópicas como desmatamento, construção de balneários e moradias no entorno dos segmentos (Silva et al., 2018).

Em estudo realizado por Santos et al. (2020) foi possível, captar o índice de degradação ambiental ao longo da microbacia do Irurá, Santarém-PA causada pela urbanização e a falta de saneamento básico. O IIH apresentou-se como uma boa ferramenta para estimar a qualidade ambiental ao longo da microbacia, indicando a perda de vazão causada pela degradação ambiental. Ações para prevenir a degradação nos ambientes considerados íntegros e para minimizar e reverter as fontes de impacto que promovem a degradação da microbacia do Irurá são necessárias (Santos et al., 2020).

A urbanização desordenada, pode tornar-se um fator potencial de vulnerabilidade hídrica nas microbacias urbanas de Santarém-PA. Santarém é o terceiro município com o pior sistema de saneamento básico do país, onde dejetos residenciais fluem para fossas sépticas ou negra ou são lançados em natura nos igarapés (Santos et al., 2020).

Considerando este contexto, no presente estudo, o principal objetivo a ser testado é se a variação da integridade do habitat e Área de Preservação Permanente - APPs reflete a variação hidrológica e físico-química decorrente das alterações antrópicas nos ambientes aquáticos. Para testar esta hipótese buscamos identificar correlações significativas entre o Índice de Integridade do Habitat – IIH e parâmetros físico-químicos de qualidade da água em seis igarapés urbanos em Santarém- PA.

Material e métodos

Área de Estudo

A área de estudo está localizada no município de Santarém, no estado do Pará em 6 pontos dentro de

Figura 1. Localização dos 6 igarapés amostrados no município de Santarém- PA, nos períodos de estiagem (6 a 28/10/2015) e chuvoso (4/5 a 29/6/2016) – Fonte: software Google Earth Pro (versão 7.1.5), imagens de alta-resolução da Google da constelação de satélites RapidEye ano 2017.

O município de Santarém-PA, está sob a influência do clima tropical úmido, com variação térmica anual inferior a 5% e precipitação média anual em torno de 1820 mm (classe Ami conforme sistema Köppen) (Oliveira et al., 2020). A umidade relativa do ar apresenta valores superiores a 80% em quase todos os meses do ano (Costa et al, 2013, Alves et al., 2021). São definidos dois períodos, um chuvoso e outro menos chuvoso ou seco. O chuvoso coincide com os meses de dezembro a junho e o seco com os meses de julho a novembro (Alves et al., 2021), a mediana da precipitação pluvial fica em torno de 50 mm e o número de dias com chuva em torno de 5 dias (Oliveira et al., 2020). As temperaturas mais elevadas ocorrem nos meses de junho a novembro (IBGE, 2021, Alves et al., 2021).

Variáveis ambientais: Em cada um dos 6 pontos foi demarcado um trecho de 50 metros, onde foram feitas as medidas de zona ripária (índice de integridade Ambiental e cobertura vegetal média), do canal (vazão, largura e profundidade médias) e da água (químicas: pH, condutividade, oxigênio dissolvido e turbidez médios; físico: temperatura média) conforme o protocolo do projeto igarapés (Mendonça et al., 2005). As coletas foram feitas nos períodos de estiagem (6 a 28/10/2015) e chuvoso (4/5 a

microbacias urbanas: Vila Nova (P1), Irurá (P2), Urumari (P3), Diamantino (P4), Mararú (P5) e Irurama (P6), cuja nascentes estão no município e sua foz deságua ou no rio Amazonas ou Tapajós (Figura 1).

29/06/2016), durante o projeto Igarapés Urbanos (Edital universal/CNPq/2014). Foi utilizada a análise de variância ANOVA para testar se houve diferença significativa das variáveis entre os pontos e os períodos amostrados, e o teste de Tukey para indicar quais pontos apresentaram diferença significativa entre si. A partir da matriz de dados foi testada a correlação entre as variáveis, par a par, para eliminação de variáveis redundantes. Como, em nenhum dos casos houve normalidade dos dados, foi utilizada a correlação de Spearman entre o IIH e as variáveis hidroambientais, para os dois períodos de coleta. As respectivas análises estatísticas e saídas gráficas foram realizadas no software R - 3.3.3 (R CORE TEAM, 2014).

Resultados e discussão

Índice de Integridade do Habitat – IIH

De acordo com IIH, apenas o Ponto 6 (Irurama) se apresentou íntegro. Os demais não alcançaram a faixa proposta de 78 a 100%, se enquadrando como ambientes degradados. Os valores obtidos do IIH para cada ponto analisado são apresentados na Tabela 1.

O P6, que foi considerado íntegro, localiza-se na zona periurbana, e a comunidade, cujas

residências são relativamente afastadas do igarapé, ainda preserva sua vegetação. Os pontos que não foram considerados íntegros apresentam grandes interferências antrópicas. O P1 está localizado na zona rural, mas já recebe alterações em sua vegetação, por estar próximo a um ramal e vilas, e no local foram encontrados rejeitos (lixo) em sua margem. O P2, que está dentro da zona urbana de Santarém- PA, cortado pela Rodovia BR-163, recebe despejos de galerias de esgoto, canal assoreado e com pouca vegetação ao seu entorno.

O P3 está na zona urbana, com presença de moradias no entorno, vegetação somente ao longo do canal, e recebe esgotos domésticos e industriais. O P4 teve a mata ciliar retirada para criação de pasto, atualmente apresenta tanques de piscicultura próximos ao corpo d'água, que é um canal represado e com pouca vegetação ciliar e com grandes deformidades em sua estrutura. O P5 está em zona periurbana e foi classificado degradado,

apresentando moradias em seu entorno, solo compactado e pouca vegetação (Figura 2).

Tabela 1. Valores do índice de integridade ambiental coletados em cada ponto amostrado

Pontos	Local	IIH (%)	Integridade
P1	Vila Nova	48	Degradado
P2	Irurá	53	Degradado
P3	Urumari	40	Degradado
P4	Diamantino	52	Degradado
P5	Mararú	51	Degradado
P6	Irurama	94	Íntegro

Figura 2. Pontos de coleta e valores do Índice de Integridade do Habitat – IIH para cada igarapé amostrado em Santarém-PA. Fotografias disponibilizadas pelo Projeto Igarapés Urbanos/CNPq/Edital Universal 2014.

Em estudos realizados em igarapés de Santarém- PA, a integridade dos igarapés apresentou correlação significativa ($p < 0,05$) com as variáveis físico-químicas (Carvalho, 2011; Santos et al., 2020). Segundo Silva et al. (2018) de acordo com o IIH, os

igarapés íntegros estavam localizados em trechos com mata ciliar contínua e intacta, constituída por árvores nativas. Já nos igarapés menos íntegros, a mata ciliar foi substituída por moradia, balneários, além da presença de estradas nas proximidades.

Abertura do Dossel

Os resultados da abertura do dossel são interpretados da seguinte forma, quanto maior a porcentagem de abertura de dossel, menor a cobertura de mata ciliar do igarapé e quando menor a abertura do dossel, significa a presença de mata ciliar e vegetação densa, bloqueando a entrada de luz na lâmina d'água. Na análise da média de porcentagem de abertura do dossel florestal, a maior abertura foi no P4 (75%) e a menor porcentagem de abertura do dossel foi no P2 (26) (Tabela 2).

Tabela 2. Porcentagem de abertura do dossel para os seis igarapés em Santarém-PA

Pontos	Local	Dossel (%)
P1	Vila Nova	23
P2	Irurá	26
P3	Urumari	27
P4	Diamantino	75
P5	Mararú	42
P6	Irurama	29

A maior porcentagem de abertura de dossel no P4 e P5 são diretamente influenciadas pela ausência de vegetação ao longo do corpo hídrico. Os pontos P1, P2, P3 e P6 são os que apresentam menores porcentagens de abertura de dossel, resultado da presença maior de vegetação ciliar no igarapé. O dossel florestal por estar relacionado a quantidade de luz interceptada até o solo florestal, tem se tornado um importante indicador ecológico, (Jennings et al., 1999). O P1, P2, P3 e o P6 apresentaram menores porcentagens de abertura de dossel, por sua vegetação ciliar que mantém o dossel fechado, o que contribui para manutenção do bom funcionamento do ambiente.

Parâmetros físico-químicos

Potencial Hidrogeniônico - pH

O pH apresentou diferença significativa entre os pontos ($F=25,53$; $p=0,31 \times 10^{-11}$). O único ponto que foi considerado íntegro foi P6, este apresentou

diferença significativa com os pontos P2 ($p=0,003$), P3 ($0,004$) e P5 ($p=0,011$). Houve diferença significativa entre os períodos analisados ($F=10,69$; $p=0,017$), apenas nos pontos P2 ($F=26,89$; $p=0,017$) e P6 ($F=10,69$; $p=0,017$).

Segundo a Resolução do Conama 357/2005, para proteção da vida aquática o pH deve estar entre 6 e 9. Somente o P2 (estiagem e chuvoso), P3 e P5 (chuvoso) estão dentro do permitido (Figuras 3 A e 3 B). Os demais pontos nos dois períodos apresentaram pH ácidos. Segundo Sioli (1984), na Amazônia é comum encontrarmos águas doces ácidas, devido à formação geológica. O pH pode ser considerado uma das variáveis ambientais mais complexas de se interpretar, devido ao grande número de fatores que podem influenciá-lo.

Segundo Ferreira et al. (2012) estudos feitos em igarapés da cidade de Manaus em áreas protegidas os valores geralmente são menores do que 5,0 e ao adentrar a área urbana são influenciados pela ação antrópica e seus valores chegaram a ser maiores do que 6. Este estudo corrobora estes dados, já que apenas o P6 (Irurama) é considerado um ambiente mais preservado, fora da zona urbana. Estudos realizados em um manancial em Belém- PA, mostraram que o pH ácido tende a afetar as taxas de crescimento dos micro-organismos e, valores elevados, podem estar associados à proliferação de algas em corpos d'água (Vasconcelos et al., 2011).

Oxigênio Dissolvido- OD

O OD apresentou diferença significativa ($F=25,53$; $p=0,31 \times 10^{-11}$) entre os pontos. Com destaque para o ambiente íntegro, o P6 que apresentou diferença significativa com os pontos P1 ($p=0,0006$), P3 ($p=0,005$) e P4 ($p=0,017$). Houve diferença significativa entre os períodos analisados (estiagem e chuvoso, $F=72,26$; $p=0,37 \times 10^{-3}$), nos pontos P2 ($F=570,5$; $p=0,35 \times 10^{-6}$), P3 ($F=72,24$; $p=0,0004$), P4 ($F=7,65$; $p=0,03$) e P6 ($F=72,24$; $p=0,0004$).

De acordo com a Resolução do CONAMA n. 357/2005, para águas doces, o OD deve estar em concentrações superiores a 5 mg/L, para a proteção da comunidade aquática. Na época de chuvas P1, P4 e P6 apresentaram-se em desconformidade com a referida Resolução (Figura 4)

Figura 3. Boxplot da variação do pH nos pontos amostrados nos períodos de estiagem (A) e chuvoso (B) para os seis igarapés em Santarém-PA.

Figura 4. Boxplot da variação do oxigênio dissolvido nos pontos de amostrados no período de estiagem (A) e chuvoso (B) para os seis igarapés em Santarém-PA.

A variação espacial do oxigênio dissolvido na microbacia do Irurá em Santarém-PA dividiu-se em dois grupos, as nascentes, com maior integridade apresentaram maiores valores e os demais pontos que se caracterizaram com os menores valores de oxigênio dissolvido, no período seco foi registrado o menor valor (3,7 mg/L/47,15%), ponto com assoreamento e descarga de esgoto, com presença de galerias (Santos et al., 2020). No período seco todos os pontos estiveram abaixo de 5 mg/L. Em trabalho semelhante, Souza; Gastaldini (2014) e Vasconcelos; Souza (2012) conclui que o oxigênio dissolvido acaba sendo o maior indicador da poluição gerada pela atividade antrópica, e constataram em suas coletas que valores inferiores eram normalmente encontrados em pontos mais próximos a áreas antropizadas, e onde havia lançamento direto de matéria orgânica e outras substâncias.

Condutividade elétrica da água

A condutividade apresentou diferença significativa ($F=4,65$; $p=0,31 \times 10^{-11}$) entre os pontos. O ponto inteiro P6 apresentou diferença significativa com quatro pontos, os pontos P1 ($p=0,009$), P2 ($p=0,0001$), P3 ($p=0,19 \times 10^{-7}$) e P5 ($p=0,01$). Houve diferença significativa entre os períodos analisados (estiagem e chuvoso, $F=2374$; $p=0,5 \times 10^{-8}$), nos pontos P2 ($F=7716$; $p=0,14 \times 10^{-9}$), P3 ($F=108,4$; $p=0,46 \times 10^{-4}$), P4 ($F=55,89$; $p=0,002$) e P6 ($F=2374$; $p=0,5 \times 10^{-8}$).

O P3 apresentou os maiores valores de condutividade entre o período de estiagem e chuvoso, essa condutividade está associada a despejos de esgotos domésticos e industrial (olarias), e a proximidade com a ponte que passa na avenida Curuá-Una (Figura 5).

Figura 5. Boxplot da variação da condutividade períodos de estiagem (A) e chuvoso (B) para os seis igarapés em Santarém-PA.

Os usos intensivos do solo podem refletir no aumento da condutividade (Costa et al., 2011). O P6 apresentou valores menores de condutividade elétrica o que se deve ao fato que nesse ponto sua estrutura física é considerada íntegra, com uma vegetação ripária que garante a dissolução de agentes inorgânicos. Segundo a Agência Nacional de Águas, a condutividade de águas doces naturais deve estar baixo de $500 \mu\text{Scm}^{-1}$ e dentro dos padrões exigidos pela CONAMA 357/2005, valores superiores podem indicar problemas de poluição. Em todos os períodos os valores estão dentro do permitido.

Turbidez

A turbidez apresentou diferença significativa ($F=7,819$; $p=0,10 \times 10^{-5}$) entre os pontos. O ponto inteiro P6 apresentou diferença significativa com três pontos, os pontos P1 ($p=0,02$), P2 ($p=0,02$) e P3 ($p=0,002$). Houve diferença significativa entre os períodos analisados (estiagem e chuvoso, $F=81,75$; $p=0,0001$), nos pontos P2 ($F=425,4$; $p=0,84 \times 10^{-6}$), P3 ($F=108,4$; $p=0,46 \times 10^{-4}$), P4 ($F=55,89$; $p=0,002$) e P6 ($F=2374$; $p=0,5 \times 10^{-8}$).

No período de estiagem são observados nos pontos P1, P4, P5 e P6, valores menores de turbidez, pois as chuvas carregam materiais provenientes do solo e estes ficam em suspensão (Figura 6 A e B).

Figura 6. Boxplot da variação da turbidez períodos de estiagem (A) e chuvoso (B) para os seis igarapés em Santarém-PA.

Os pontos P2 e P3 nos dois períodos apresentaram maiores valores de turbidez. Estes maiores valores apresentados no P2, podem estar associados, por sua proximidade do aglomerado urbano e da BR -163, onde recebe grandes volumes de esgoto sem tratamento dos bairros ao longo da sua

extensão, já o P3, com a segunda maior turbidez, também, recebe rejeitos de moradias do seu entorno e de pequenas indústrias de cerâmica. Como a maior parte das ruas de Santarém-Pa não tem asfalto e nem sistema de drenagem de água da chuva, assim, no período chuvoso os igarapés recebem maior aporte de

terra das ruas por ocasião das chuvas. Altos valores de turbidez podem influenciar na fotossíntese, e crescimento do plâncton de plantas aquáticas (Lima, 2005). Na época de chuvas os sedimentos são carregados fazendo os valores de turbidez elevarem (ANA, 2013). Todos os pontos estão dentro do permitido pela Resolução Conama 375/2005 limite máximo de 100 UNT.

Vazão

A vazão não apresentou diferença significativa entre os pontos. Houve diferença significativa entre os períodos analisados (estiagem e chuvoso, $F=22,39$; $p=0,003$), nos pontos P3 ($F=10,67$; $p=0,01$) e P6 ($F=22,39$; $p=0,003$).

De maneira geral, as menores vazões encontradas no período de estiagem nos pontos P1 e P2, estão associadas a pouca profundidade e maior largura dos igarapés. As maiores vazões são encontradas em trechos de 3º ordem (classificação de Strahler) (Figura 7 A e B).

Figura 7. Boxplot da variação da vazão períodos de estiagem (A) e chuvoso (B) para os seis igarapés em Santarém-PA.

No período chuvoso os valores de vazão são mais elevados em relação à época de estiagem. Pereira et al. (2016) em estudo realizado em igarapés

urbanos em Manaus apontaram que a influência antrópica nos igarapés que cortam a área urbana de Manaus, refletem no aumento da vazão. A maior

vazão encontrada no período chuvoso foi no P3. Este trecho está dentro da cidade e próximo a Br-163, onde apresenta galerias de drenagem da água da chuva que escoam no igarapé, com isso aumenta a vazão neste trecho. Na microbacia hidrográfica do Irurá, Santarém-PA houve perda de vazão a jusante da bacia causada pela degradação ambiental (Santos et al., 2020).

Temperatura da água

A temperatura da água apresentou diferença significativa ($F=9,46$; $p=0,12 \times 10^{-5}$) entre os pontos. O ponto inteiro P6 apresentou diferença significativa com quatro pontos, os pontos P2 ($p=0,4 \times 10^{-5}$), P3

($p=0,001$), P4 ($p=0,04$) e P5 ($p=0,002$). Houve diferença significativa entre os períodos analisados (estiagem e chuvoso, $F=96$; $p=0,65 \times 10^{-4}$), nos pontos P1 ($F=79,55$; $p=0,29 \times 10^{-3}$), P2 ($F=102,4$; $p=0,54 \times 10^{-4}$), P3 ($F=92,6$; $p=0,72 \times 10^{-4}$), P4 ($F=120,5$; $p=0,39 \times 10^{-3}$), P5 ($F=32,7$; $p=0,002$) e P6 ($F=96$; $p=0,65 \times 10^{-4}$).

No período chuvoso as temperaturas foram menores. A temperatura da água esteve diretamente relacionada aos horários de coleta em todos os pontos. De maneira geral, as maiores temperaturas encontradas foram associadas aos pontos com menor cobertura vegetal e maior alargamento do canal (Figura 8 A e B).

Figura 8. Boxplot das variações de temperatura da água durante as coletas realizadas no período de estiagem (A) e chuvoso (B) para os seis igarapés em Santarém-PA.

Em estudo realizado ao longo do igarapé do Irurá, Santarém – PA Santos (2020) encontrou correlação significativa entre a integridade dos igarapés e as variáveis ambientais, onde os valores menores de temperatura da água foram encontrados nas nascentes, diretamente relacionados ao estado íntegro da vegetação e estrutura das nascentes, enquanto nas áreas mais degradadas foi encontrado uma diferença de 1,5°C. No presente estudo, os valores mais altos de temperatura da água estão relacionados aos igarapés que se encontram em estado degradado, este problema reflete no aumento da temperatura da água que se agrava no período de estiagem.

Largura

A largura apresentou diferença significativa ($F=3,1$; $p=0,02$) entre os pontos. O ponto íntegro P6 apresentou diferença significativa com quatro pontos, os pontos P5 ($p=0,01$). Não houve diferença significativa entre os períodos analisados (estiagem e chuvoso).

Os pontos que apresentaram maior largura durante o período de estiagem e chuvoso estão relacionados a ambientes perturbados, com grau de assoreamento do canal, e consequentemente, alargamento do mesmo (Figura 9 A e B).

Figura 9. Boxplot das variações de largura dos leitos dos igarapés durante as coletas realizadas no período de estiagem (A) e chuvoso (B) para os seis igarapés em Santarém-PA.

A largura apresentou variabilidade sazonal, sendo a maior largura registrada no período chuvoso no P5 (12,6 m). Os pontos que apresentaram maior largura durante o período chuvoso estão relacionados

a ambientes perturbados, com grau de assoreamento do canal, e consequentemente, alargamento do mesmo (Santos et al., 2020).

Profundidade

A largura apresentou diferença significativa ($F=13,3$; $p=0,88 \times 10^{-8}$) entre os pontos. O ponto inteiro P6 apresentou diferença significativa com quatro pontos, os pontos P2 ($p=0,01$) e P3 ($p=0,01$). Não houve diferença significativa entre os períodos analisados (estiagem e chuvoso).

De forma geral, o Ponto 2 chama atenção nas duas coletas, pois apresentou menores amplitudes de variação de profundidade, este ponto fica próximo a Br-163 e este trecho está bem assoreado, recebe aporte de terra carregada por ação das chuvas que são drenadas de ruas sem pavimentação dos bairros próximos (Figura 10).

Figura 10. Boxplot da profundidade máxima e mínima dos períodos de estiagem (A) e chuvoso (B) para os seis igarapés em Santarém-PA.

A maior profundidade foi apresentada no ponto 3 nos dois períodos sazonais analisados. Tucci (2009) considera a largura e profundidades do canal influenciem de forma direta na vazão. Silva et al. (2018) analisaram uma microbacia urbana, Santarém-PA, onde observaram que nos períodos sazonais de estudo não houve variação da profundidade média dos pontos de amostragem, porém destaca-se a profundidade máxima um pouco mais elevada no período chuvoso de 2017 quando comparado com os outros períodos analisados.

Os resultados indicam uma correlação positiva entre pH e temperatura água ($r = 94\%$; $p = 0,017$), pH e turbidez ($r = 94\%$; $p = 0,017$), temperatura e turbidez ($r = 89\%$; $p = 0,033$), vazão e profundidade média ($r = 89\%$; $p = 0,033$), integridade ambiental e oxigênio dissolvido ($r = 81\%$; $p = 0,05$). Porém, a integridade ambiental e a condutividade apresentaram correlações negativas ($r = -90\%$; $p = 0,015$) (Figura 11).

Correlação entre o IAH e as variáveis medidas

Figura 11. Correlação de Spearman para as variáveis ambientais. Círculos grandes (fortes correlações), círculos pequenos (fracas correlações). As cores variam, variação para azul (correlação positiva) e tendência para vermelho (correlação negativa) (ver escala).

O pH apresentou correlação positiva com a turbidez. Segundo Di Bernardo et al. (2002) a poluição do meio aquático pode causar alterações nas características físicas (turbidez) e químicas (pH). Segundo ANA (2013) o lançamento de esgotos domésticos sem tratamento nos corpos d'água pode elevar a concentração de sólidos suspensos nas águas, assim como o lançamento de efluentes industriais. A presença de sólidos em suspensão, e consequentemente de turbidez, modifica as condições de iluminação das águas e o alcance da radiação luminosa, influenciando na fotossíntese e no crescimento das plantas aquáticas

e do plâncton, especialmente em águas paradas ou com baixa velocidade de escoamento (ANA, 2013; Lima, 2005).

Os usos intensivos do solo podem refletir no aumento da condutividade (Costa et al, 2011). Segundo a Agência Nacional de Águas, a condutividade de águas doces naturais deve estar abaixo de $500 \mu\text{Scm}^{-1}$ e dentro dos padrões exigidos pela CONAMA 357/2005, valores superiores podem indicar problemas de poluição. Em todos os períodos os valores estão dentro do permitido. Segundo a Resolução do Conama

357/2005, para proteção da vida aquática o pH deve estar entre 6 e 9. Os P3 e P5 (chuvoso) estão dentro do permitido, os demais pontos nos dois períodos apresentaram pH ácidos. Foi possível comprovar que igarapés dentro da zona urbana de Santarém- PA apresentam valores de pH elevados, na Amazônia é comum encontrarmos águas doces ácidas, devido à formação geológica (Sioli,1984; Santos et al., 2020).

Em estudos feitos em igarapés da cidade de Manaus em áreas protegidas os valores geralmente são menores do que 5 e ao adentrar a área urbana são influenciados pela ação antrópica e seus valores foram maiores do que 6 (Ferreira et al., 2012). O pH ácido tende a afetar as taxas de crescimento dos micro-organismos e valores elevados podem estar associados à proliferação de algas em corpos d'água (Vasconcelos; Souza, 2011). O oxigênio dissolvido tem relação com integridade, porque maiores concentrações são encontradas em ambientes com maior integridade da vegetação ripária. O oxigênio dissolvido acaba sendo o maior indicador da poluição gerada pela atividade antrópica.

Neste estudo, a vazão foi diretamente correlacionada com a profundidade, quanto maior a profundidade maior a massa de água que passara pelo canal. Os resultados encontrados neste estudo com relação a vazão, indicam que os igarapés apresentaram maior vazão tiveram relação com a maior profundidade. Segundo Tucci (2009) a vazão é uma medida hidrológica fundamental para estudar os recursos hídricos e permite uma primeira aproximação dos problemas. Esta variável é importante para o monitoramento da qualidade e quantidade de água dos igarapés, que funciona como um indicador da degradação ambiental e importante para o controle de cheias. Em estudo realizado em um igarapé urbano em Santarém apontou que a influência antrópica ao longo do igarapé que cortam a área urbana de Santarém, refletem na diminuição da vazão, causada pela perda de profundidade e alargamento do canal (Santos et al., 2020).

Neste estudo os valores mais altos de temperatura da água estão relacionados aos igarapés que se encontram em estado degradado, este problema reflete no aumento da temperatura da água que se agrava no período de estiagem, estão associadas aos pontos com menor cobertura vegetal e maior alargamento do canal. Resultados similares foram encontrados por Mallin et al. (2009).

O IHH foi capaz de detectar a variação da qualidade da água e que pode ser uma ferramenta para um rápido e efetivo diagnóstico das condições ambientais de corpos d'água. Na maioria dos pontos foram considerados ambientes não íntegros, como observado em campo a ausência de mata ciliar e a falta de saneamento básico modifica e compromete a qualidade desses ecossistemas (Santos et al., 2020, Nascimento et al., 2021). Foi identificado no igarapé Irurá, Santarém-PA que a qualidade da água é alterada mesmo em pontos próximos a nascente distante do centro urbano, estes tiveram interferência antrópica, como o lançamento de esgoto in natura (Nascimento et al., 2021).

Foi identificado aumento da degradação da qualidade da água, no rio Tapajós em frente à Santarém-PA, indicando influência antrópica. Os dados apontaram que a presença de material particulado em suspensão (MPS), coliformes totais e fósforo inorgânico dissolvido (PID) (Monte et al., 2021). O estudo da queda na qualidade de água nos rios amazônicos é importante região (Monte et al., 2021), o crescimento populacional de algumas cidades amazônicas coloca em risco a qualidade das suas águas (Silva e Silva 2020), pois a relação socioeconômica entre a população e os recursos hídricos é muito importante para a manutenção das funções ambientais, econômicas e sociais na região (Bentes et al, 2018; Monte et al., 2021).

Conclusões

Dos seis igarapés analisados, cinco encontram-se em estado degradado (perturbado) e com a área de proteção Permanente em desacordo com o Código Florestal Brasileiro.

Verificou-se que o Índice de Integridade do Habitat - IHH apresentou uma correlação significativa ($p < 0,05$) com as variáveis oxigênio dissolvido e condutividade, sendo capaz de captar a influência destas variáveis na qualidade da água. Em termos de variação espacial dos parâmetros físico-químicos, o Ponto 6 se destacou com o maior número de diferenças significativas em relação aos demais pontos amostrados e foi o único classificado pelo IHH como íntegro, demonstrando que o IHH foi capaz de detectar as variações espaciais da qualidade da água e que pode ser uma ferramenta para um rápido e efetivo diagnóstico das condições ambientais de corpos d'água.

A partir dos resultados obtidos neste estudo, sugerimos que sejam realizadas ações para

prevenir a degradação nos ambientes considerados íntegros e para minimizar e reverter as fontes de impacto que promovem a degradação dos igarapés urbanos na cidade de Santarém- PA.

Agradecimentos

Agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico – CNPq pelo apoio financeiro ao projeto N. 458297/2014-3 Edital Universal.

Referências

- Alves, A. R. D. C., Franco, J. R., Moura, E. R., Nagata, K. M. R., Santos, I. I. dos, & Oliveira, L. L., 2021. A radiação solar é efetiva o ano inteiro para geração de energia solar fotovoltaica em Santarém-PA, Amazônia, Brasil?. *Conjecturas*, 21, 5, 509–522. <https://doi.org/10.53660/CONJ-275-211>
- ANA - Agência Nacional de Água. 2013. Parâmetros de qualidade de água. Disponível: http://capacitacao.ana.gov.br/Lists/Cursos_AneXos/Attachments/32/Par%C3%A2metros.pdf. Acesso em 07 de março de 2017.
- Barlow, J., et al., 2016. Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. *Nature* [online] 535, 144–147.
- Bentes, K. L. S.; Oliveira, L. L.; Zacardi, D. M.; Barreto, N. J. C. 2018. A relação entre a variação hidrológica e os recursos pesqueiros no baixo Amazonas, Santarém, Pará. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11, 234-238.
- Brasil, Ministério do Meio Ambiente. 2006. Caderno da Região Hidrográfica Amazônica. Secretaria de Recursos Hídricos, Brasília, 124 p. Disponível: www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao03032011024915.pdf
- Brasil. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Revoga a Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF (2012 maio 28); Sec. 1: 1-8. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm.
- Brasil. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em 30/03/2017.
- Brito, J.G.; Roque, F.O.; Martins, R.T.; Nessimian, J.L.; Oliveira, V.C; Hughes, R.M.; de Paula, F.R Ferraz, S.F.B.; Hamada, N., 2020. Small forest losses degrade stream macroinvertebrate assemblages in the eastern Brazilian Amazon. *Biological Conservation* 241.
- Campos, M.M.N.; Sousa, M.S.; Ribeiro, B.O.; Oliveira, L.L., 2020. Interceptação em uma floresta ripária secundária urbana em Santarém-PA, Amazônia, Brasil. *Revista Ciência e Natura*, Santa Maria 42, Special Edition: Micrometeorologia, e.1, DOI:10.5902/2179460X45215
- Carvalho, M.S.; Mannich, M; Pinto, B.V.; Cunha, C.M.I., 2016. Variação nictemeral de qualidade da água em rios urbanos: implicações no monitoramento. *REGA*, Porto Alegre, 13, 2, 129-141.
- Centa, M.L., Oberhofer, P.R., Chammas, J.A., 2002. Comunicação entre a puérpera e o profissional de saúde. In: *Anais do 8º Simpósio Brasileiro de Comunicação em Enfermagem* [Internet]; Maio 02-03; São Paulo, Brasil. 2002 [cited 2008 dec 31]. Available from: <http://www.proceedings.scielo.br/pdf/sibracen/n8v1/v1a060.pdf>.
- Coelho, M.A., 2007. Planejamento e execução de atividades de enfermagem em hospital de rede pública de assistência, em Goiânia/GO [dissertation]. Goiânia: Faculdade de Enfermagem/UFG; 119 p.
- Corrêa, J.M.; Gerhard, P.; Figueiredo, R. O, 2012. Ictiofauna de igarapés de pequenas bacias de drenagem em área agrícola do Nordeste Paraense, Amazônia Oriental. *Ambi-Água*, Taubaté, 7, 2, 214-230. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.739>)
- Costa, C.F.G.da; Figueiredo, R.deO.; Gerhard, P.; Pires, C.S.; Barroso, D. F. R.; Costa, F. F.; Brejão, G., 2011. Análise Preliminar de Parâmetros Físico-Químicos em Águas Fluviais em Duas Mesobacias Hidrográficas no Nordeste Paraense. *XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*.
- Costa, A.C.L.; Uchoa, P.W.; Junior, J.A.S.; Cunha, A.C.; Feitosa, J.R.P. Variações termohigrométricas e influências de processo de expansão urbana em cidade equatorial de médio porte. *Brazilian Geographical Journal*, Ituiutaba, 4, 615-632, 2013.
- Di Bernardo, L.; Di Bernardo, A.; Centurione Filho, P. L., 2002. Ensaios de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água. São Carlos: RiMa.
- Fearnside, P.M., 2005. Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates and consequences. *Conservation Biology*, BRASIL 19, 3: 680-688.

- Ferreira, P.; Soesbergen, A.V.; Mulligan, M.; Freitas, M.; Vale, M.M., 2019. Can forests buffer negative impacts of land-use and climate changes on water ecosystem services? The case of a Brazilian megalopolis. *Science of the Total Environment* 685, 248–258.
- Ferreira, S.J.F.; Miranda, S.A.F.; Marques Filho, A.O.; Silva, C.C., 2012. Efeito da pressão antrópica sobre igarapés na Reserva Florestal Adolpho Ducke, área de floresta na Amazônia Central. *Revista Acta Amazonica*. 42, 2, 533 - 540.
- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados do Estado do Pará. Brasília: Ministério da Economia, 2021.
- Jennings, S.B.; Brown, N.D.; Sheil, D., 1999. Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. *Forestry*, 72, 5974.
- Lima, M.A.S., 2005. Águas Acumuladas em Açudes e Barragens na Região de Santa Maria e Flutuações em Seus Atributos Físico Químicos. Dissertação de Mestrado, Centro De Ciências Rurais/Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande Do Sul.
- Mallin, M.A.; Johnson, V.L.; Ensign, S.H., 2009. Comparative impacts of stormwater runoff on water quality of an urban, a suburban, and a rural stream. *Environ Monit Assess*, 159: 475-491.
- Marmontel, C.V.F., Rodrigues, V.A., 2015. Parâmetros Indicativos para Qualidade da Água em Nascentes com Diferentes Coberturas de Terra e Conservação da Vegetação Ciliar. *Floresta e Ambiente*, 22, 2, 171-181.
- Mendonça, F.P.; Magnusson, W.E.; Zuanon, J., 2005. Relationships Between Habitat Characteristics and Fish Assemblages in Small Streams of Central Amazonia. *Copeia* 4, 751–764.
- Monte, C.N.; Rodrigues, A.P.C.; Macedo, S.; Régis, C.R.; Saldanha, E.D.; Ribeiro, A.C.; Machado, W., 2021. A influência antrópica na qualidade da água do rio Tapajós, na cidade de Santarém-PA. 14, 6. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.6.p%25p>
- Monteiro, M.C.; Pereira, L.C. C.; Guimarães, D.O.; Costa, R.M.; Souza-Filho, P. W.M.; Vieira, S.R., 2011. Influence of natural and anthropogenic conditions on the water quality of the Caeté river estuary (North Brazil). *Journal of Coastal Research*, 64, 1535 – 1539.
- Munari, D.B.; Medeiros, M.; Bezerra A.L.Q.; ROSSO, CFW., 2006. The group facilitating interpersonal competence development: a brazilian experience of mental health teaching. In: *Proceedings of the 16th International Congress of Group Psychotherapy [CD-ROM]*; jul 17-21; São Paulo, Brasil. p. 135-6.
- Nascimento, T.S.R; Monte, C.; Correa, E.S., 2021. Qualidade de água em áreas influenciadas por uma estação de tratamento de esgoto na Amazônia. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*. 12.
- Nessimian, J.L., Venticinque, E.M., Zuanon, J., De Marco, P.JR., Gordo, M., Fidelis, L., Batista, J. D., Juen, L., 2008. Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia*, 614:117 – 131.
- Nunes, S.; Barlow, J.; Gardner, T.; Sales, M.; Monteiro, D., 2019. Uncertainties in assessing the extent and legal compliance status of riparian forests in the eastern Brazilian Amazon. *Land Use Policy*, 82, 37–47.
- Oliveira, L. L.; Canani, L. G. C.; Barreto, N. J. C.; Cunha, A. C., 2020. Hydric ecosystem services in a non-disturbed rainforest of the Amazon, Amapá, Brazil. *Nature and Conservation* 13, 4, 45-54, DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2020.004.0006>
- Oliveira, L. L.; Barreto, N. J. C.; Jesus, E. S.; Canani, L. G. C., 2020. Efeitos dos eventos extremos climáticos na variabilidade hidrológica em um rio de Ecossistema Tropical Amazônico. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, Aracajú, 11, 4, p.145-153. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.004.0013>.
- Pereira, B.W.F; Maciel, M.N.M; Oliveira, F.A.; Alves, M.A.M.S; Ribeiro, A.M; Ferreira, B.M; Ribeiro, E.G.P., 2016. Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil. *Ambi-Água* 14, doi:10.4136/ambi-água.1802
- R CORE TEAM (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- Rice, A.S.; Farquhar-Smith, W.P.; Bridges, D.; Brooks, J.W., 2002. Cannabinoids and pain. In: Dostorovsky, J.O.; Carr, D.B.; Koltzenburg, M.; editors. *Proceedings of the 10th World Congress on Pain*; Aug 17-22; San Diego, CA. Seattle (WA): IASP Press; c2003, 437-68.
- Robazzi, M.L.C.C.; Carvalho, E.C.; Marziale, M.H.P., 2000. Nursing care and attention for children victims of occupational accident. *Conference and Exhibition Guide of the 3rd*

- International Conference of the Global Network of WHO Collaborating Centers for Nursing & Midwifery; July 25-28; Manchester; UK. Geneva: WHO; 2000.
- Santos, G.P.; Oliveira, L.L.; Fernandes, G.S.T.; Santos, I.I.; Almeida, R.M.; Moura, E.R.S., 2020. 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. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.004.0014>
- Santos, A.S., Sousa, P.H.C., Melo, N.F.A.C., Castro, K.F., Pereira, J.A.R., Santos, M.L.S., 2020. Distribuição espaçotemporal dos parâmetros abióticos e bióticos em um estuário amazônico (Brasil). *Arquivos de Ciência do Mar* 53, 82-97.
- Silva, I.B.B.; Pinto, A.P.A.; Mortati, A. F.; Oliveira, L.L., 2018. Caracterização hidrológica e ambiental de uma pequena bacia do baixo Rio Tapajós (AM). *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais* 9, 6, 14-7. DOI:<http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.006.0002>
- Silva e Silva, R., Blanco, C.J.C., Cavalcante, I.C.S., Teixeira, L.C.G.M., Fernandes, L.L., Pessoa, F.C.L., 2020. Relationship between water quality parameters and land use of a small Amazonian catchment. *Sustainable Water Resources Management*, 6.
- Sioli, H. 1984. The Amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river courses and river types, p. 127-165. In: Sioli, H., ED. The Amazon limnology and landscape ecology of a might tropical river and its basin. Dordrecht, Dr. W Junk Publishers.
- Targa, M.S.; Batista, G.T.; Diniz, H.D.; Dias, N. W.; Matos, F.C., 2012. Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. *Ambi-Água, Taubaté*, 7, 2, 120-142.
- Tonon F.L., Silva, J.M.C., 2005. O processo de enfermagem e a teoria do autocuidado de Orem no atendimento ao paciente submetido à cirurgia de próstata: implementação de um plano de cuidados individualizado no preparo para a alta hospitalar [monography]. São Carlos: Departamento de Enfermagem/UFSCar.
- Tucci, C.E.M., 2009. Hidrologia: Ciência e Aplicação. 4ª edição, ABRH.
- Vasconcelos, V.deM.M.; Souza, C.F., 2011. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. *Ambiente-Água* 6, 2, 305-324, (doi:10.4136/ambiagua.202).