



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Urutaí
Programa de Pós-Graduação em Conservação de
Recursos Naturais do Cerrado

QUALIDADE AMBIENTAL DAS NASCENTES DO RIO PARAÍM, EXTREMO SUL DO PIAUÍ

ISRAEL LOBATO ROCHA

Orientador: Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão

Urutaí, abril de 2019



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano

Reitor

Prof. Dr. Vicente Pereira Almeida

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação e Inovação

Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva

Campus Urutaí

Diretor Geral

Prof. Dr. Gilson Dourado da Silva

Diretor de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação

Prof. Dr. André Luís da Silva Castro

Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado

Coordenador

Prof. Dr. Ivandilson Pessoa Pinto de Menezes

Urutaí, abril de 2019

ISRAEL LOBATO ROCHA

**QUALIDADE AMBIENTAL DAS NASCENTES DO RIO PARAIM,
EXTREMO SUL DO PIAUÍ**

Orientador

Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano –
Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa
de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais
do Cerrado para obtenção do título de Mestre.

Urutaí (GO)
2019

Os direitos de tradução e reprodução reservados.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, fotocopiada ou reproduzida por meios mecânicos ou eletrônicos ou utilizada sem a observância das normas de direito autoral.

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

RQ1q Rocha, Israel Lobato
Qualidade ambiental das nascentes do rio Paraim, extremo Sul do Piauí / Israel Lobato Rocha; orientador Leandro Caixeta Salomão . -- Urutaí, 2019.
43 p.

Dissertação (Mestrado em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado) -- Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, 2019.

1. Qualidade da água. 2. Avaliação macroscópica. 3. Qualidade ambiental.
4. Recursos hídricos. I. Caixeta Salomão , Leandro , orient. II. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 nº2376

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES
TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Israel Lobato Rocha

Matrícula: 2017101330940085

Título do Trabalho: Qualidade ambiental das nascentes do rio Paraim, extremo Sul do Piauí

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 10/05/2019

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não
O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

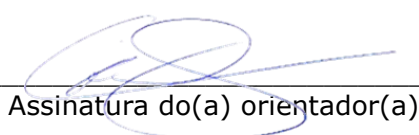
- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Urutaí – GO, 07/05/2019.
Local Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 024

Ata da 29ª Sessão Pública de Defesa de Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí. Aos 09 dias do mês de abril de 2019, às 08:00h, reuniram-se na Sala da Pós-Graduação do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, a Banca Examinadora composta pelos Professores **Bruna de Freitas Iwata**, **José Antônio Rodrigues de Souza** e **Leandro Caixeta Salomão**, sob a presidência deste último, para avaliação da apresentação do mestrando **Israel Lobato Rocha** e de sua dissertação intitulada “Qualidade ambiental das nascentes do rio Paraim, extremo Sul do Piauí.” Aberta a sessão pelo Presidente da Banca, coube ao candidato, na forma regimental, realizar a exposição de seu trabalho, dentro do tempo regulamentar, sendo em seguida questionado pelos membros da banca examinadora, tendo dado as explicações que foram necessárias. A banca examinadora, em caráter sigiloso, após análise e julgamento final, concluiu por:

- Aprovar a dissertação sem alterações
- Aprovar a dissertação com modificações (vide verso em caso de alteração do título)
- Reprovar a dissertação

A apresentação e aprovação da dissertação é requisito parcial para a concessão do grau de **MESTRE EM CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS DO CERRADO**, tendo o candidato ciência de que o título de **MESTRE** só será concedido depois de atendidas as exigências feitas pela Banca Examinadora, bem como das demais exigências estabelecidas no Regulamento do Programa de Pós-graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado. A partir da presente data, o aluno terá o prazo de 60 dias para efetuar as alterações exigidas pela banca e entregar o volume da Dissertação corrigido, devidamente encadernado, assinado pela banca e acompanhado de toda a **documentação pertinente** à abertura do **processo de solicitação de diploma**. Nada mais havendo a tratar, a sessão foi encerrada às 08:40, sendo lavrada a presente Ata, que uma vez **aprovada**, foi assinada por todos os membros da Banca Examinadora e pelo aluno.

Urutaí, 09 de abril de 2019.

Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão
Profª. Dra. Bruna de Freitas Iwata
Prof. Dr. José Antônio Rodrigues de Souza
Israel Lobato Rocha

*“Nós, seres humanos, não somos
meros beneficiários das demais criaturas,
mas sim guardiões delas”
(Papa Francisco)*

*Dedico ao meu filho, Davi Lobato
Rocha Porto: a melhor parte de mim.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço fielmente a Deus: fonte inesgotável de amor que nos concede a dádiva da vida e permite passarmos por fatos e experiências que nos tornam mais humanos. Humanos a ponto de nos inserirmos na criação e notarmos que não somos titulares a natureza, e sim uma parte integrante dela.

Aos meus pais, especialmente minha mãe, Ildete Lobato, pelos seus esforços em proporcionar-me uma educação e, por meio desta, colher bons frutos na minha vida acadêmica e profissional.

A minha esposa [Stéfany Porto] e meu filho [Davi Lobato], pela paciência e por estarem do meu lado nesses momentos de ansiedade...

A minha família [irmã, primos e primas, afilhados e afilhada, tios e tias, avôs e avós...] e amigos, pelo apoio, conselhos e compreensão. Por sempre acreditarem em mim e compartilharem comigo de alegrias e tristezas na nossa caminhada.

A todos os professores e colegas do Programa de Pós-graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí, pela troca de conhecimentos, experiências e parcerias durante esses dois anos de mestrado.

A minha colega de trabalho, colega de PPG-CRENAC e amiga, Marcília Martins, pelo companheirismo e perseverança durante as centenas de dias de mestrado e milhares de quilômetros rodados no trajeto Corrente – Urutaí: com você foi tudo mais fácil...

Ao meu orientador o prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão, pela sua paciência, compreensão, parceria e dedicação. Sou muito grato a você!

A prof.^a Dr.^a Bruna Iwata e prof.^a Esp. Suele Nogueira pela cooperação nos trabalhos de campo e por compartilharem comigo os momentos de descobertas, aventuras, “sufocos” e encantos desta região tão fascinante: bacia do alto Paraim.

Aos queridos estudantes da graduação, bolsistas e meus orientados: Richarsson Dias, Raiane Oliveira e Luana Castro, pelas incontáveis horas de análises em laboratório. Trabalho árduo, cansativo e repetitivo que fez toda a diferença para a efetivação desta pesquisa.

Ao casal de amigos, prof^a Me. Nayana Nepomuceno e Roberto Nepomuceno, pelo apoio logístico nas expedições às nascentes, essencial para a efetivação deste trabalho. Sentirei muita falta das nossas aventuras neste imenso Cerrado.

Aos dirigentes e colegas servidores do Instituto Federal do Piauí - Campus Corrente, instituição que incentiva os seus servidores a buscarem a melhoria contínua, por meio de capacitação e qualificação. Sou muito grato pelo afastamento parcial concedido e pela compreensão, por parte dos colegas, durante os momentos de dedicação ao mestrado.

Por fim, agradeço aos membros da banca examinadora, pelas importantes contribuições.

A todos vocês, o meu muito obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE TABELAS.....	xiii
RESUMO.....	14
ABSTRACT	15
1. INTRODUÇÃO	16
2. MATERIAL E MÉTODOS	18
2.1 Área de estudo.....	18
2.2 Procedimentos metodológicos.....	19
2.2.1 Identificação das nascentes.....	19
2.2.2 Avaliação macroscópica das nascentes	19
2.2.3 Avaliação da qualidade da água	20
2.2.4 Índice de qualidade das águas – IQA	22
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
3.1 Avaliação macroscópica das nascentes.....	24
3.2 Qualidade das águas das nascentes.....	30
3.3 Índice de qualidade das águas – IQA	34
4. CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Paraim.....	18
Figura 2 – Chuva acumulada mensal (para o ano de 2018) na Estação pluviométrica de Corrente - PI	21
Figura 3 – Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas.....	22
Figura 4 – Mapa de localização das nascentes do rio Paraim	24
Figura 5 – Nascente do córrego Tapera (A) e nascente da Prata (B).	25
Figura 6 – Nascente da Jia (A) e nascente Cabeceira (B).	26
Figura 7 – Nascente da Grotas (A) e nascente Areais (B).....	26
Figura 8 – Nascente das Pedras.	27
Figura 9 – Imóveis rurais na área de estudo registrados no sistema de Cadastro Ambiental Rural – CAR.....	28
Figura 10 – Níveis de fósforo total nas nascentes avaliadas	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição dos pontos amostrais (nascentes) e respectivas coordenadas.....	19
Tabela 2 – Classificação das nascentes de acordo com a qualificação.....	20
Tabela 3 – Classificação das nascentes de acordo com o grau de preservação.....	20
Tabela 4 – Informações sobre as metodologias das análises laboratoriais, equipamentos adotados e unidades de medida das análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos	21
Tabela 5 – Classificação do IQA conforme o nível de qualidade	23
Tabela 6 – Avaliação macroscópica das nascentes avaliadas.....	29
Tabela 7 – Parâmetros físico-químicos e microbiológico da primeira campanha de coleta de água – Período Seco (maio/2018).....	32
Tabela 8 – Parâmetros físico-químicos e microbiológico da segunda campanha de coleta de água – Período Chuvoso (dezembro/2018).	33
Tabela 9 – Síntese dos resultados do IQMN e IQA das nascentes do rio Paraim	34

QUALIDADE AMBIENTAL DAS NASCENTES DO RIO PARAIM, EXTREMO SUL DO PIAUÍ

RESUMO

Os pequenos fluxos de escoamento dão origem aos corpos hídricos que, por meio dos seus usos múltiplos, contribuem para a satisfação das necessidades vitais básicas dos animais, vegetais e ecossistemas. As áreas de nascentes desempenham importante função para a manutenção da qualidade ambiental da bacia. Para isso, é imprescindível que essas regiões possuam uma política eficaz de conservação. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi determinar a qualidade ambiental das áreas de nascentes do rio Paraim, enfatizando os aspectos de qualidade físico-química e biológica das águas e caracterização das condições ambientais locais por meio da avaliação macroscópica. Foram realizadas visitas em sete nascentes perenes do rio Paraim e, com a avaliação macroscópica foi possível identificar os impactos observados nas nascentes e áreas de preservação permanente, condições de acesso, proximidade com núcleos rurais e tipos de usos das nascentes. Foram avaliados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água e confrontados com a Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e Índice de Qualidade das Águas (IQA). A avaliação macroscópica das nascentes demonstrou que 57,1% das nascentes foram avaliadas em “ótima” ou “boa” situação e apenas uma única nascente foi qualificada como ‘péssima’. A determinação do IQA das nascentes resultou em valores que variaram entre 59 e 86 no período seco; e entre 56 e 89 na pontuação do período chuvoso. Isso demonstra que todas as nascentes avaliadas apresentaram IQA satisfatórios (“bom” ou “ótimo”). Com a avaliação da qualidade das águas foi possível observar a relação entre os parâmetros de qualidade, bem como a influência destes com as características macroscópicas das nascentes. Desta forma, as informações obtidas sinalizam que, apesar da boa qualidade das águas, a avaliação da situação ambiental das nascentes alerta para a necessidade de estratégias futuras, que visem o planejamento para o ordenamento territorial e gestão ambiental de microbacias hidrográficas.

Palavras-chave: Qualidade da água, Avaliação macroscópica, Qualidade ambiental, Recursos hídricos.

ENVIRONMENTAL QUALITY OF THE PARAIM HEADWATERS, EXTREME SOUTH OF PIAUÍ STATE

ABSTRACT

The small flows give rise to water bodies, that through their multiple uses, contribute to the satisfaction of the basic vital needs of animals, plants and ecosystems. The headwater areas execute an important role in maintaining the environmental quality of the watershed. Therefore, it is indispensable that these regions have an effective conservation policy. Thus, the objective of this study was to determine the environmental quality of the Paraim headwaters, emphasizing the physical-chemical and biological quality aspects of the waters and characterization of the local environmental conditions through macroscopic assessment. Visits were made in seven permanent headwaters of the Paraim river and, with the macroscopic assessment, it was possible to identify the impacts observed in the headwaters and permanent preservation areas, access conditions, proximity to rural centers and types of uses of headwaters. The physical-chemical and microbiological parameters of the water were measured and compared to Resolution No. 357/2005 of (National Environment Council (CONAMA) and Water Quality Index (WQI). The macroscopic assessment of the headwaters demonstrated 57.1% of the headwaters were evaluated in "great" or "good" situations and only a single headwater was classified as "terrible". The determination of the WQI of the headwater resulted in values ranging between 59 and 86 in the dry season; and between 56 and 89 in the wet season. Thus, all the headwaters evaluated presented WQI satisfactory ("good" or "great"). With the evaluation of the water quality, was possible to observe the relation between the quality parameters, as well as the influence of these parameters in headwaters macroscopic characteristics. Therefore, the obtained information indicates, although good water quality, the assessment of the environmental situation of the headwaters alerts to the need for future strategies, which aim on planning of land use and environmental management of watersheds.

Keywords: Water quality, Macroscopic assessment, Environmental quality, Water resources.

1. INTRODUÇÃO

Em ambientes naturais, ocorrem diversas interações e conexões que são essenciais para a manutenção da vida e do equilíbrio ecológico. Pequenos fluxos de escoamento dão origem aos corpos hídricos que, por meio dos seus usos múltiplos, contribuem para a satisfação das necessidades vitais básicas dos animais, vegetais e ecossistemas. No bioma Cerrado, essencialmente, os rios nascem em áreas próximas às serras e chapadas e dependem dos serviços ambientais das florestas. Nas bases das chapadas e serras, locais de níveis altimétricos elevados, estão as principais nascentes de rios de uma bacia hidrográfica. As fitofisionomias predominantes dessas áreas são as matas de galeria, campos limpos e veredas, caracterizadas pelos solos hidromórficos (TUBELIS, 2009).

As áreas de vegetação nativa devem estar com significativo grau de conservação para garantir a qualidade ambiental local (BAYMA-SILVA et al., 2017). Os recursos hídricos são influenciados diretamente pela qualidade dos biomas e ecossistemas (WWDR, 2018). Assim, a deterioração das áreas florestadas, uso intensivo do solo e perda da biodiversidade, são impactos adversos que comprometem a integridade dos mananciais superficiais e subterrâneos.

Mundialmente, a demanda hídrica é determinada conforme o crescimento populacional, a urbanização, políticas de segurança alimentar e energética (UNESCO, 2015). Isso possibilita, a intensificação das atividades exploratórias nas áreas adjacentes aos mananciais superficiais, resultando na mudança da paisagem e ocasionando impactos ambientais negativos que refletem em toda a área de abrangência da bacia.

A legislação ambiental brasileira, por meio do Novo Código Florestal, estabelece que as áreas de nascentes e olhos d'água, devem possuir a área de preservação permanente – APP, área protegida com função de preservar os corpos hídricos, paisagem e biodiversidade. A lei nº 12.651 de 2012 determina que as APPs de nascentes devem possuir um raio de 50 metros (BRASIL, 2012).

A perda dos remanescentes florestais das áreas próximas aos mananciais potencializa a intensificação dos processos erosivos. O principal meio de transporte dos sedimentos erodidos é a água (MEDEIROS; ARAÚJO; ANDRELLO, 2009). Assim, a substituição da vegetação natural existente em toda a extensão das bacias, culmina na intensificação do processo de assoreamento dos corpos d'água.

As áreas de nascentes desempenham uma importante função para a manutenção da qualidade ambiental da bacia. Para isso, é imprescindível que essas regiões possuam uma

política eficaz de conservação dos ecossistemas locais, manutenção da vegetação que envolve as áreas de afloramento das águas subterrâneas (olhos d'água), controle do uso do solo – evitando práticas que deteriore os recursos ambientais – e recuperação de áreas degradadas.

Um dos principais entraves para a implementação de políticas conservacionistas nessas áreas ambientalmente frágeis é a ausência de monitoramento e fiscalização ambiental. Assim, a institucionalização e implementação de instrumentos de gestão dos recursos hídricos, para a tomada de decisão em bacias hidrográficas, juntamente com o levantamento permanente de informações sobre a qualidade ambiental local, possibilita a identificação das áreas dotadas de maior grau de degradação e favorece a adoção de ações urgentes de intervenção que visam a melhoria da qualidade dos ecossistemas. Assegurando assim, a promoção do uso da água para consumo humano, dessedentação de animais, bem como outros usos dos recursos hídricos. A compatibilização dos usos múltiplos da água deve levar em conta as diferentes necessidades dos usos e peculiaridades (ANA, 2017).

As mudanças de usos da terra, associadas à ineficácia das políticas de ordenamento territorial, repercute na deterioração dos mananciais urbanos e rurais que acarretam na redução da qualidade das águas superficiais. Os mananciais superficiais, mesmo estando localizados em bacias hidrográficas preservadas, sofrem interferências pelo carreamento, através do escoamento e infiltração, de compostos e substâncias depositados na superfície (BISOGNIN et al., 2017).

Dentre as atividades econômicas desenvolvidas no extremo sul do Piauí, destaca-se a agropecuária. As atividades desta tipologia na região apresentam um potencial de redução da disponibilidade hídrica, potencializando a deterioração dos mananciais comprometendo a capacidade de regeneração, restauração e recuperação dos ecossistemas naturais (CORREIO et al., 2016).

Desta forma, o objetivo do presente estudo foi determinar a qualidade ambiental das áreas de nascentes do rio Paraim, enfatizando os aspectos de qualidade físico-química e biológica das águas e caracterização das condições ambientais locais por meio da avaliação macroscópica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Paraim possui uma área total aproximada de 8.634 quilômetros quadrados e o rio principal possui 204,42 quilômetros de comprimento (Figura 1). Localiza-se na região hidrográfica do Parnaíba (MMA, 2006) e tem como principais afluentes os rios Corrente, Palmeiras, Riachão, Fundo e Curimatá (ANA, 2019). Nasce na base das escarpas da Chapada das Mangabeiras (NASCIMENTO et al., 2018) a uma altitude média de 595 metros. O clima da região em estudo, conforme o IBGE (2002), é tropical semiúmido com o período de cinco meses de estação seca. Apresenta as temperaturas mínimas médias de 20°C e máximas de 34°C e, precipitação pluviométrica acumulada anual de 980 mm (INMET, 2018).

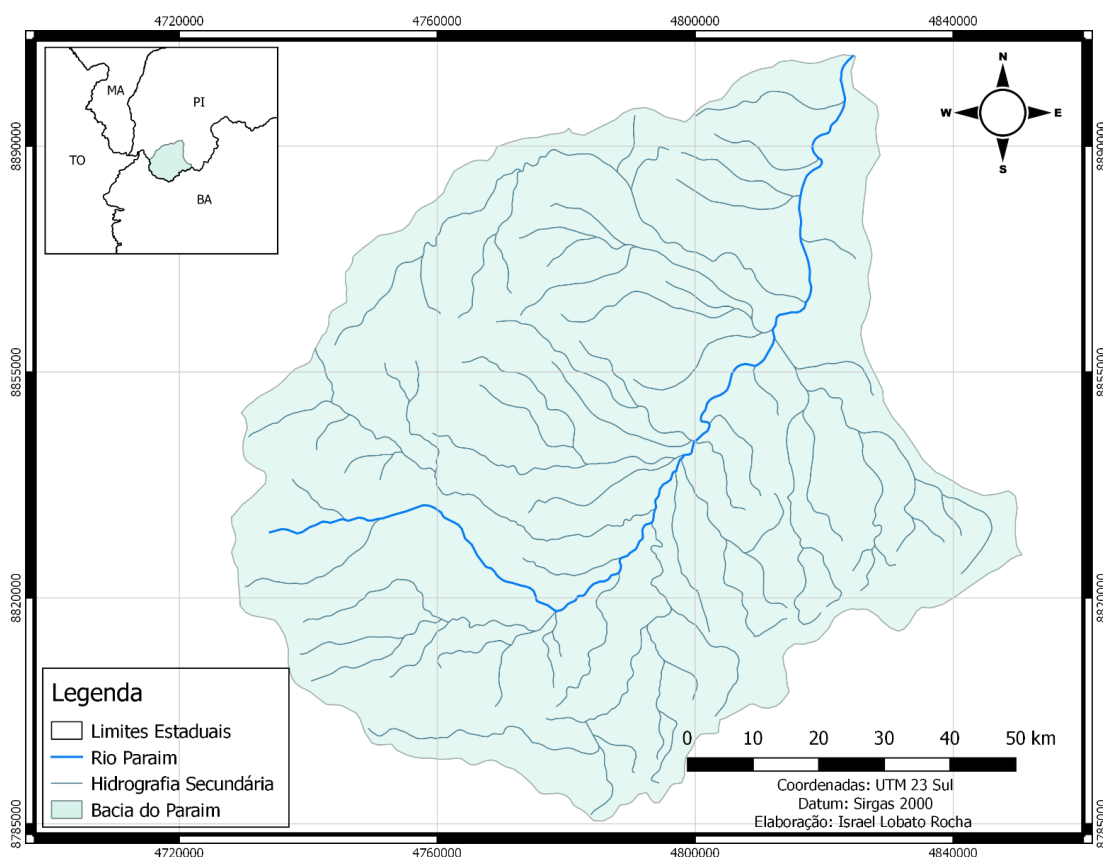


Figura 1. Localização da bacia do Paraim. Fonte: ANA, 2015. Elaborado pelo autor.

O relevo da área de estudo é composto pelas Chapadas das Mangabeiras que apresentam perfis irregulares e sinuosos, formando escarpas bem definidas na parte superior, constituindo paredões com perfis verticalizados e destituídos em sua maioria de solos ou de cobertura vegetal (ICMBIO, 2018). O ponto mais alto da Chapada pode alcançar 880 metros de altitude (BRASIL, 2006).

2.2. Procedimentos metodológicos

2.2.1 Identificação das nascentes

Foram realizadas visitas *in loco* em sete nascentes perenes do rio Paraim (Tabela 1). A identificação dos pontos amostrais (nascentes) se deu por meio do conhecimento da população local, utilização de mapas, imagens de satélites e cartas cartográficas. A obtenção dos dados espaciais em campo (coordenadas) ocorreu com o uso de receptor GPS (Sistema de Posicionamento Global) e posteriormente foram elaborados mapas temáticos da área de estudo com o SIG (sistema de informações geográficas) Quantum GIS (QGIS) versão 2.0 Dufour. Para o desenvolvimento dos mesmos foram utilizadas as malhas municipais do IBGE, bem com arquivos de forma (shapefiles) dos corpos hídricos disponibilizados pela ANA e dados altimétricos da SRTM (Missão Topográfica por Radar do Ônibus Espacial) para a extração detalhada da drenagem da bacia em estudo.

Tabela 1. Distribuição dos pontos amostrais (nascentes) e respectivas coordenadas.

Ponto	Nome da nascente	Coordenadas geográficas
NASC 1	Nascente da Tapera	10°53'09" S / 45°34'62" O
NASC 2	Nascente da Prata	10°53'01" S / 45°35'82" O
NASC 3	Nascente da Gia	10°50'10" S / 45°38'01" O
NASC 4	Nascente Cabeceira	10°49'95" S / 45°38'03" O
NASC 5	Nascente Grotas	10°50'24" S / 45°38'03" O
NASC 6	Nascente Areais	10°50'25" S / 45°38'05" O
NASC 7	Nascente das Pedras	10°50'34" S / 45°38'38" O

Fonte: Elaborado pelo autor.

2.2.2 Avaliação macroscópica das nascentes

Após o mapeamento dos pontos amostrais foi realizada a avaliação macroscópica das nascentes. Conforme metodologias adaptadas de Gomes et al. (2005), Felipe e Magalhães Junior (2012), Gomes (2015) e Leal et al. (2017), a avaliação macroscópica é um levantamento qualitativo que visa a identificação dos impactos ambientais em nascentes de cursos d'água.

Em campo, durante a expedição às nascentes, foram observadas as seguintes variáveis qualitativas: impactos observados nas nascentes, impactos nas áreas de preservação permanente, condições de acesso, proximidade com núcleos rurais e/ou áreas urbanas, tipos de usos das nascentes, informações sobre a área de inserção etc.

Para a avaliação macroscópica das nascentes, utilizou-se 14 parâmetros qualitativos, os quais foram classificados como ruim (1 ponto), médio (2 pontos) e bom (3 pontos), de acordo com a qualificação que cada um recebeu (Tabela 2). Desta forma, o resultado da avaliação varia

de 14 pontos (em caso de todos os parâmetros serem considerados ruins) a 42 pontos (quando todos os parâmetros forem considerados bons).

Tabela 2. Classificação das nascentes de acordo com a qualificação.

Parâmetros	Qualificação		
	Ruim (1)	Médio (2)	Bom (3)
Cor da água	Escura	Clara	Transparente
Odor da água	Cheiro forte	Cheiro fraco	Sem cheiro
Resíduos ao redor	Muitos	Poucos	Ausência
Materiais flutuantes	Muitos	Poucos	Ausência
Espumas	Muitas	Poucas	Sem Espumas
Óleos	Muitos	Poucos	Ausência
Esgoto na nascente	Visível	Indícios	Sem Esgotos
Vegetação	Ausência	Alterada	Preservada
Uso por animais	Presença	Apenas marcas	Não detectado
Uso por humanos	Presença	Apenas marcas	Não detectado
Acesso	Fácil acesso	Acesso razoável	Difícil acesso
Proximidade (urbanos)	Menos de 50 m	Entre 50 e 100 m	Mais de 100 m
Erosão nas margens	Acentuada	Moderada	Sem erosão
Área de inserção	Informação Ausente	Propriedade privada	Unid. Conservação

Fontes: Adaptado de Gomes et al. (2005); Felipe e Magalhães Junior (2012); Gomes (2015) e Leal et al. (2017).

Posteriormente, com a somatória dos pontos da avaliação, as nascentes foram classificadas conforme o grau de preservação em relação aos impactos ambientais observados nas áreas e enquadradas de acordo com a classe: A, B, C, D e E (GOMES et al., 2005; FELIPPE; MAGALHÃES JUNIOR, 2012; GOMES, 2015; LEAL et al., 2017). Obtendo-se, desta forma, o Índice de Qualidade Macroscópica de Nascentes – IQMN (Tabela 3).

Tabela 3. Classificação das nascentes de acordo com o grau de preservação.

Classe	Grau de preservação	Pontuação final
A	Ótimo	40 - 42
B	Bom	37 - 39
C	Aceitável	34 - 36
D	Ruim	31 - 33
E	Péssimo	Abaixo de 30

Fontes: Adaptado de Gomes et al. (2005); Felipe e Magalhães Junior (2012); Gomes (2015) e Leal et al. (2017).

2.2.3 Avaliação da qualidade da água

Para o levantamento da qualidade da água das principais nascentes, os pontos de amostragem foram as nascentes perenes do rio principal (rio Paraim). As coletas de amostras

de água das nascentes ocorreram nos períodos seco (maio de 2018) e chuvoso (dezembro de 2018). A variabilidade sazonal foi observada de acordo com informações pluviométricas disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), na estação automática localizada no Campus do Instituto Federal do Piauí, na cidade de Corrente (PI), código A374, na Latitude -10°42'91" e Longitude -45°17'30", com dados do ano de 2018 (Figura 2).

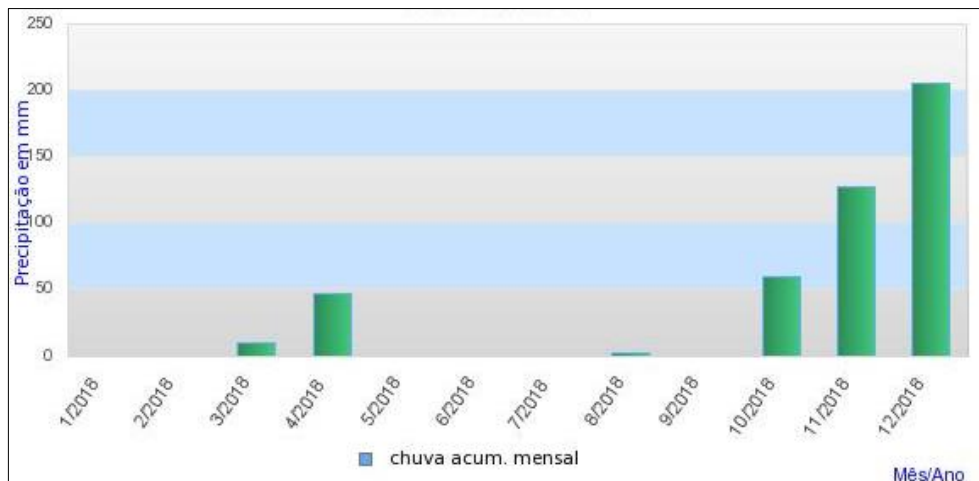


Figura 2. Chuva acumulada mensal (ano de 2018) na Estação Pluviométrica de Corrente – PI. Fonte: INMET, 2018.

As amostras foram coletadas, acondicionadas e preservadas conforme o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras de Água (CETESB; ANA, 2011). Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos constituintes do IQA (Índice de Qualidade das Águas) analisados foram: oxigênio dissolvido (OD), coliformes termotolerantes (CT), potencial hidrogeniônico (pH), temperatura, turbidez, fósforo, nitrogênio total, resíduo total e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). As amostras foram encaminhadas para o laboratório de Água e Solos do Instituto Federal do Piauí – Campus Corrente e analisadas conforme método de referência *Standard Methods* (Tabela 4) da Associação Americana de Saúde Pública (APHA, 2012).

Tabela 4. Informações sobre as metodologias das análises laboratoriais, equipamentos adotados e unidades de medida das análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

Parâmetro	Método/Equipamento*	Unidade de medida
Oxigênio dissolvido	Oxímetro (Lutron) - DO-5519	mg/L
Temperatura	Termômetro digital - TE07	°C
C. termotolerantes	Meio cromogênio em DIP em papel - Colipaper	NPM/100 mL
pH	pHmetro (Lutron) – PH 221	UpH
DBO	Método volumétrico (Alfakit)	mg/L
Nitrogênio total	Fotocolorímetro (Alfakit)	mg/L
Fosforo total	Fotocolorímetro (Alfakit)	mg/L
Turbidez	Turbidímetro microprocessado (Alfakit)	UNT
Resíduo total	Método gravimétrico	mg/L

*Em conformidade com *Standard Methods* 21ª ed. (2012) e ABNT NBR 12614 (1992).

2.2.4 Índice de Qualidade das Águas – IQA

O Índice de Qualidade das Águas – IQA foi formulado pela *National Sanitation Foundation* em 1970 nos Estados Unidos. Desde o ano 1975, o índice vem sendo utilizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (ANA, 2018). O IQA é composto por nove parâmetros e seus respectivos pesos. Esses pesos foram fixados de acordo com a conformação global da qualidade da água (ANA, 2017). Segundo a condição de cada um dos parâmetros, a metodologia estabeleceu curvas de variação da qualidade (Figura 3).

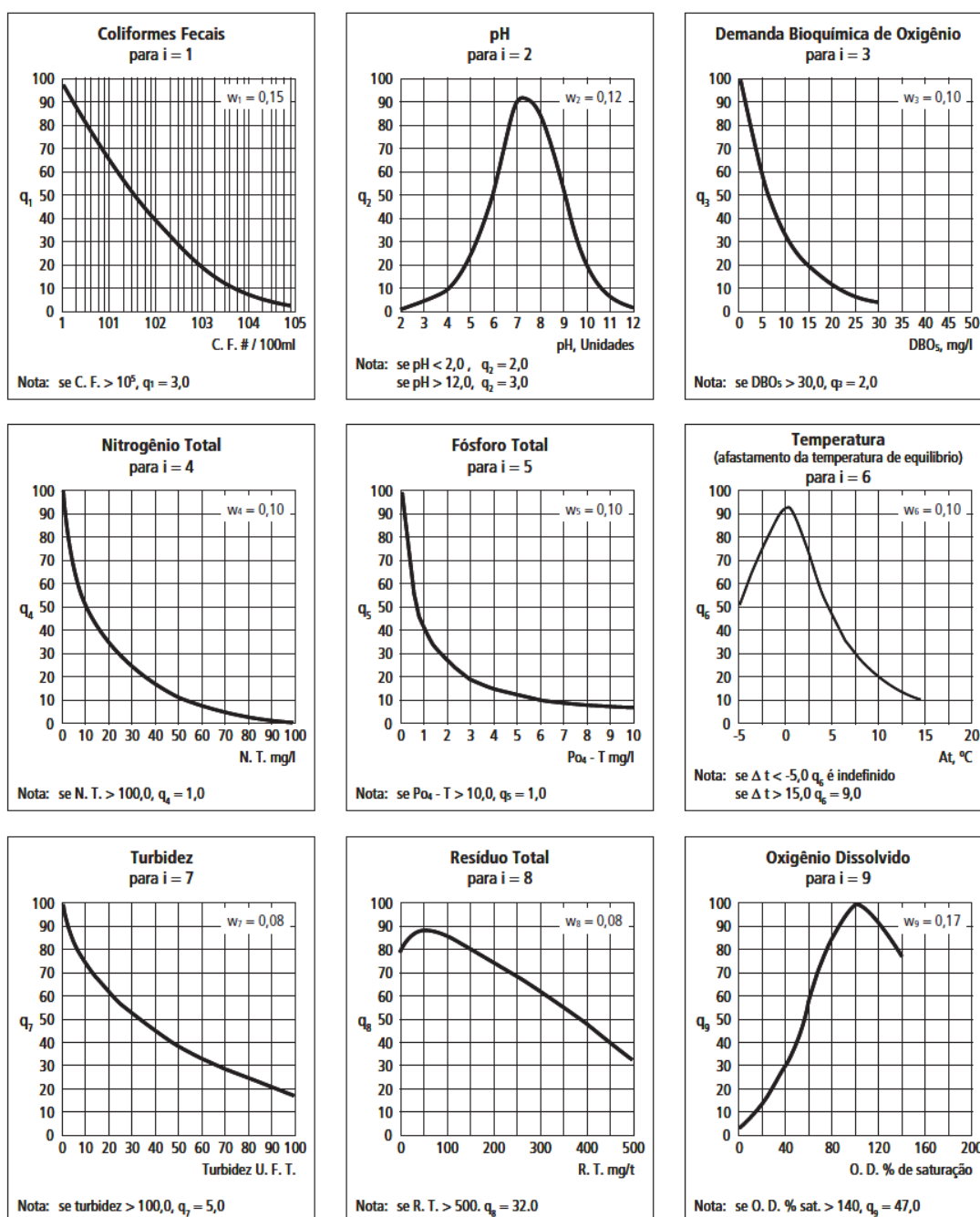


Figura 3. Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas. Fonte: ANA, 2004; CETESB, 2018.

Para o cálculo do IQA foi constituída uma pontuação de qualidade (q). O resultado da pontuação final varia de 0 a 100 para cada um dos parâmetros de qualidade que compõem o índice. A qualidade (q) é elevada à ponderação (w) correspondente à importância da variável. O IQA é obtido multiplicando-se cada componente (qw) (CETESB, 2018). Para o cálculo do IQA utilizou-se a Equação 1.

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

Onde:

IQA - Índice de Qualidade das Águas (varia de 0 a 100);

q_i - qualidade do parâmetro i-ésimo, obtido através da curva média de variação de qualidade de cada parâmetro, em função do valor obtido;

w_i - é o peso atribuído ao i-ésimo parâmetro, peso atribuído em função da sua relevância;

n - número de parâmetros (n = 9).

Para a realização do cálculo de IQA foi utilizado programa *QualiGraf*, software livre da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME (FUNCEME, 2018). Após a realização do cálculo, pode-se determinar o IQA das nascentes amostradas, conforme a variação de qualidade (Tabela 5).

Tabela 5. Classificação do IQA conforme o nível de qualidade.

Classe	Categoria	Ponderação
A	Ótimo	$79 < IQA \leq 100$
B	Bom	$51 < IQA \leq 79$
C	Aceitável	$36 < IQA \leq 51$
D	Ruim	$19 < IQA \leq 36$
E	Péssima	$IQA \leq 19$

Fonte: CETESB (2018).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação macroscópica das nascentes

Na bacia do rio Paraim foram avaliadas, além das nascentes do brejo da Jia e da Prata, já identificadas pela Superintendência de Meio Ambiente de Corrente (CORRENTE, 2017), outras cinco nascentes foram catalogadas durante as visitas *in loco*. Totalizando 7 (sete) nascentes perenes avaliadas, todas localizadas na zona rural do município de Corrente – PI (Figura 4).

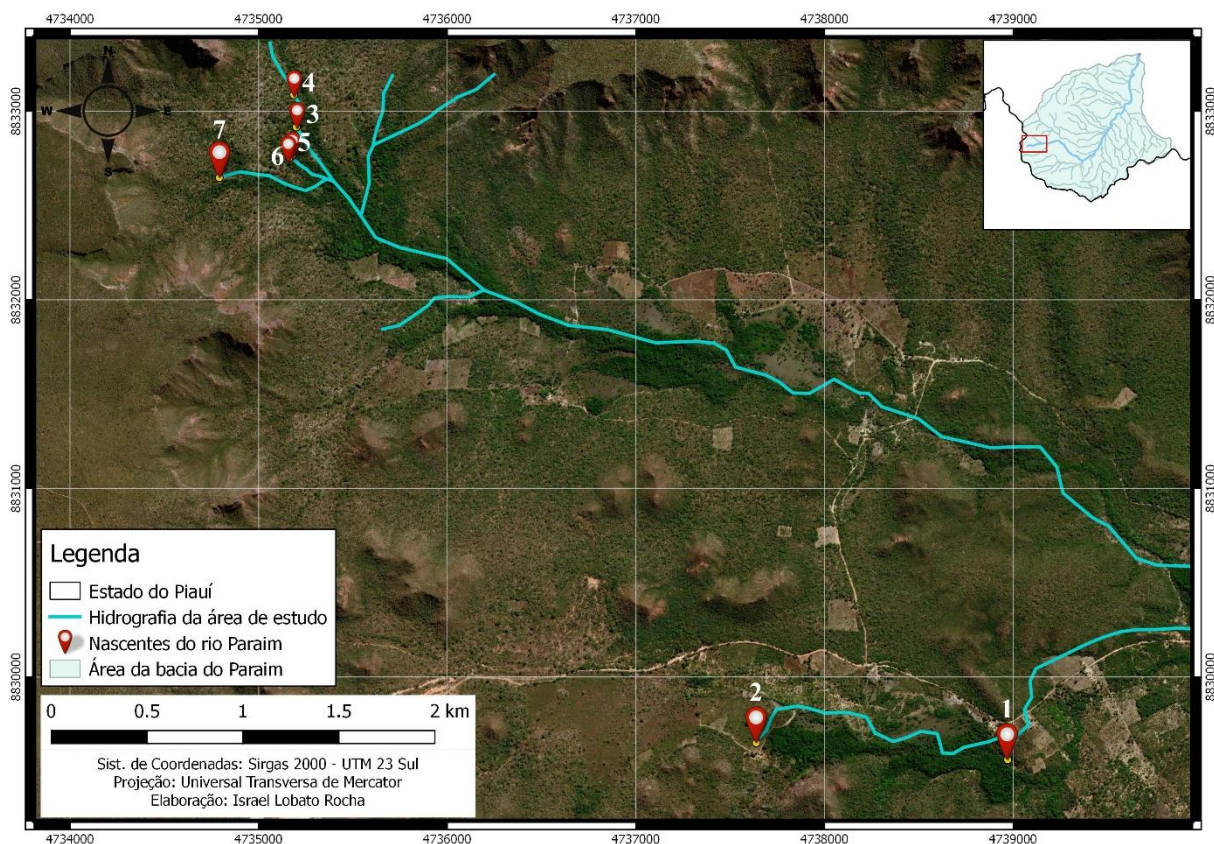


Figura 4. Mapa de localização das nascentes. Fonte: ANA, 2006. Elaborado pelo autor (2019).

A nascente do córrego Tapera (NASC. 1) está localizada em uma propriedade rural. O córrego Tapera é subafluente do rio Paraim e a vegetação é composta por mata de galeria com presença de *Mauritia flexuosa* (buriti). Em decorrência da proximidade de núcleos populacionais rurais e o acesso razoavelmente fácil, foram identificados indícios do uso pelos animais com a finalidade de dessedentação, bem como do homem, para a coleta do fruto do buriti nas margens. Por conta dessas utilizações, foram identificados processos erosivos nas margens e algumas espumas na água. Não foi registrada a presença de óleos e resíduos sólidos nas imediações da nascente e a água estava transparente (Figura 5).

Também localizada em uma propriedade particular, a nascente da Prata (NASC. 2) possui vegetação constituída por mata de galeria inundável com estado de conservação alterado e erosão moderada das margens. O cercamento nas proximidades da nascente dificulta o acesso de animais e está contribuindo para a regeneração natural da vegetação. As águas da nascente possuem coloração transparente, sem odor, espumas, óleos e materiais flutuantes (Figura 5). Não foi identificada a presença de resíduos sólidos nas margens e nem compactação do solo. A nascente da Prata é a mais conhecida pela população e, conseqüentemente, a mais visitada. Isso ocorre devido à proximidade de núcleos populacionais rurais (localidade Prata, Sussuapara e Morro Redondo) e estrada vicinal.



Figura 5. Nascente do córrego Tapera (A) e nascente da Prata (B). Fonte: Levantamento de campo (2018).

A nascente do brejo da Jia (NASC. 3) localiza-se em uma área de veredas, solos hidromórficos, com a predominância da palmeira arbórea *Mauritia flexuosa* em meio a agrupamentos de vegetação arbustiva. Devido a distância de propriedades rurais (residências), não há indícios de presença de animais e uso humano na nascente. A água da nascente é transparente, sem odor, espumas, óleos e materiais flutuantes, além de não possuir indícios de resíduos sólidos nas margens.

À montante do brejo da Jia, encontra-se a nascente denominada “Cabeceiras” (NASC. 4). Localizada a 370 metros do sopé da Chapada das Mangabeiras, Cabeceiras apresentou a menor pontuação dentre as nascentes avaliadas. Foram identificados vestígios de fogo nas áreas adjacentes, alteração na cor da água, odor, óleos, presença de materiais flutuantes e processos erosivos nas margens da nascente (Figura 6-B). A nascente está inserida nas proximidades de

uma área que, recentemente, passou por desmatamento parcial da vegetação a fim de fazer o cercamento para criação de animais (pecuária).



Figura 6. Nascente da Jia (A) e nascente Cabeceira (B). Fonte: Levantamento de campo (2018).

Grotas e Areais são duas nascentes (NASC. 5 e 6) bastante próximas (Figura 7). Os seus escoamentos dão origem a um único curso d'água, que percorre cerca de 200 metros até desaguar no leito principal do rio Paraim. A fitofisionomia da nascente é mata de galeria com dossel fechado e cerrado típico nas suas adjacências. Apesar do registro de erosão e não haver informações sobre a área de inserção da nascente, os demais parâmetros obtiveram a pontuação máxima (3 pontos), ou seja, em conformidade com um ambiente preservado.

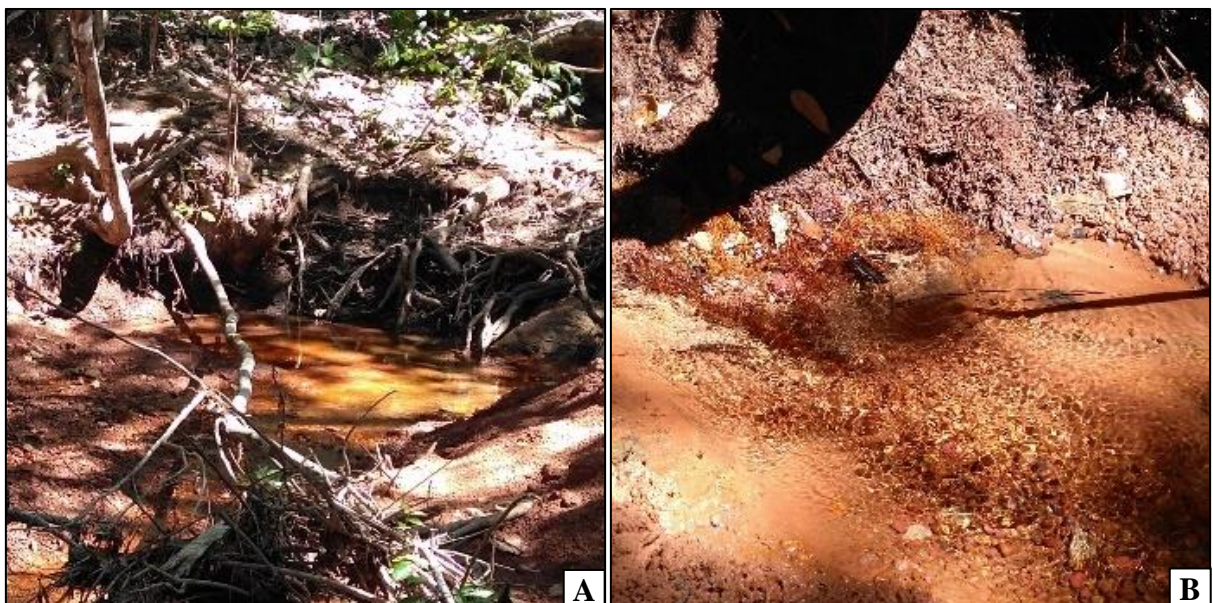


Figura 7. Nascente da Grotas (A) e nascente Areais (B). Fonte: Levantamento de campo (2018).

A Nascente das Pedras (NASC. 7), pouco conhecida inclusive pela população das localidades circunvizinhas, localiza-se na área com maior dificuldade de acesso. A vegetação é caracterizada como mata de galeria, possuindo elevado grau de preservação, dossel fechado e nenhum vestígio de processos erosivos. As águas da nascente apresentaram transparência e ausência de cor, odor, óleos, materiais flutuantes, resíduos, espumas, além da ausência de indícios de uso da nascente por seres humanos e animais. Essas características fizeram com que a NASC. 7 obtivesse o melhor grau de preservação, dentre as nascentes avaliadas (Figura 8).



Figura 8. Nascente das Pedras. Fonte: Levantamento de campo (2018).

Não houve o registro de resíduos sólidos e lançamento de esgoto em nenhuma das nascentes avaliadas, mesmo nas nascentes mais acessíveis. Esses resultados são indicativos de menor probabilidade de as nascentes estarem contaminadas (LEAL et al., 2016).

Dentre as nascentes avaliadas, 42,9% apresentaram algum tipo espuma, sendo que o registro em três nascentes, está associado à presença de anfíbios nas áreas. Neves e Souza (2013) registraram a presença de anfíbios nas nascentes do córrego mandacaru em Maringá-PR. Os anfíbios depositam seus em ninhos de espuma localizados na parte superficial dos corpos hídricos (VASCONCELOS; ROSSA-FERES, 2005).

A avaliação demonstrou que a vegetação está preservada em 57,2% das nascentes, com vegetação nativa do bioma Cerrado e inserida, predominantemente, na fitofisionomia mata de galeria (RIBEIRO; WALTER, 2008). Nenhuma das nascentes apresentou o solo completamente exposto e em três nascentes foram registrados algum tipo de alteração, principalmente por conta dos efeitos do fogo nas áreas.

Nenhuma nascente está inserida em unidade de conservação. Observou-se a presença de nascentes, predominantemente, em propriedades particulares (71,42%). A vegetação apresentou algum tipo de alteração (supressão parcial) em 60 % das nascentes localizadas em propriedades rurais. Os proprietários de imóveis rurais, da região em estudo, não registraram as nascentes do rio Paraim no sistema do Cadastro Ambiental Rural – CAR (Figura 9). Isso dificulta as ações de regularização ambiental no âmbito das propriedades, impossibilitando práticas efetivas de monitoramento, planejamento ambiental e combate ao desmatamento (BRASIL, 2012). Informações acerca do estágio de conservação das nascentes rurais auxiliam no planejamento de ações para reverter esse quadro de degradação e recorrente anormalidade (COUTINHO et al., 2018).

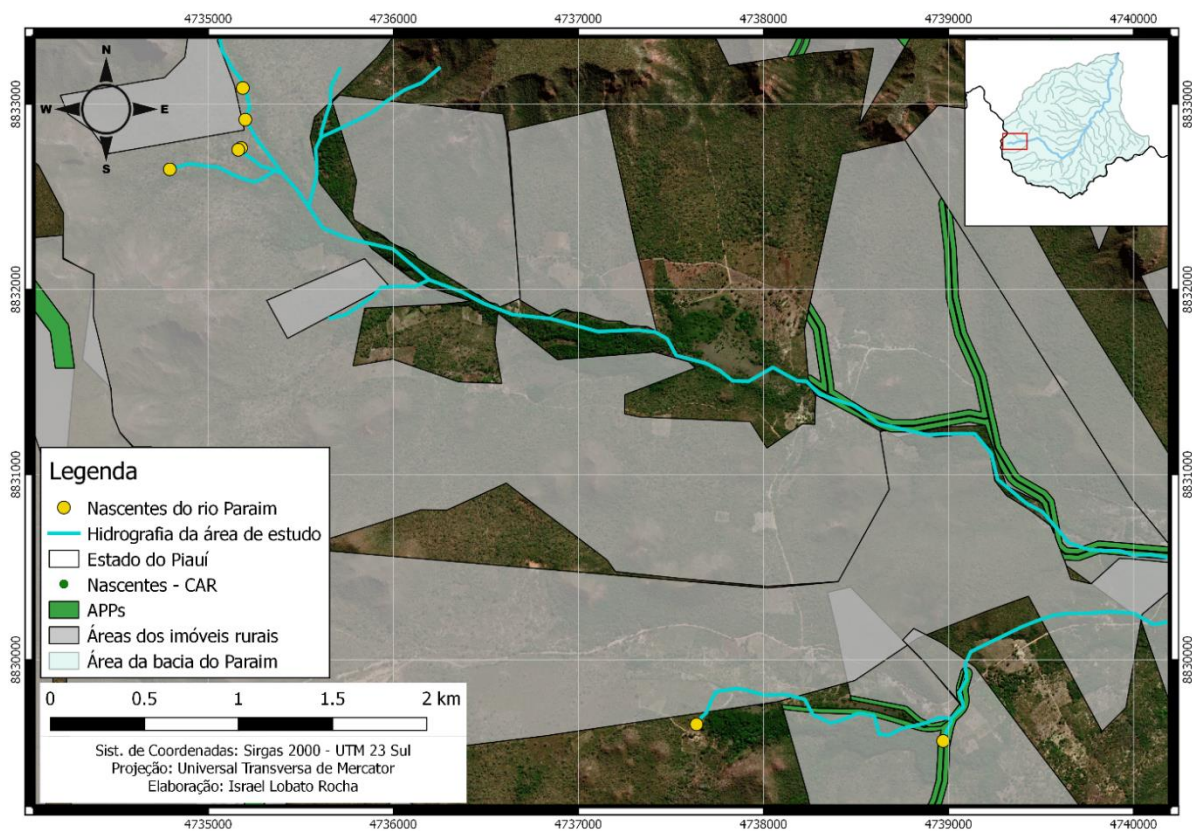


Figura 9. Imóveis rurais na área de estudo registrados no sistema de Cadastro Ambiental Rural – CAR. Fonte: SICAR, 2019. Elaborado por: Israel Lobato Rocha.

Dentre as nascentes avaliadas, nenhuma apresentou a pontuação máxima na avaliação macroscópica e uma única nascente foi qualificada como ‘péssima’. Apenas uma nascente foi classificada com o grau de preservação ‘ótimo’ e três estavam em “boa” situação. Sendo assim, 57,1% das nascentes foram avaliadas em “ótima” ou “boa” situação (Tabela 6).

Tabela 6. Avaliação macroscópica das nascentes avaliadas. Fonte: levantamento de campo.

Parâmetro	Nascentes avaliadas*						
	Nasc 1	Nasc 2	Nasc 3	Nasc 4	Nasc 5	Nasc 6	Nasc 7
Cor da água	3	3	3	2	3	3	3
Odor da água	2	3	3	2	3	3	3
Resíduos ao redor	3	3	3	3	3	3	3
Materiais flutuantes	3	3	3	2	3	3	3
Espumas	2	3	2	2	3	3	3
Óleos	3	3	3	1	3	3	3
Esgoto na nascente	3	3	3	3	3	3	3
Vegetação	3	2	2	2	3	3	3
Uso por animais	2	3	3	3	3	3	3
Uso por humanos	2	3	3	2	3	3	3
Acesso	2	2	2	3	3	3	3
Proximidade (rurais)	3	2	3	3	3	3	3
Erosão nas margens	2	2	1	1	2	2	2
Área de inserção	2	2	2	2	1	1	2
Pontuação total	35	37	36	29	39	39	41
Classe	C	B	C	E	B	B	A
Grau de preservação	Aceitável	Boa	Aceitável	Péssima	Boa	Boa	Ótima

*NASC 1– Nascente da Tapera; NASC 2 – Nascente da Prata; NASC 3 – Nascente da Gia; NASC 4 – Nascente Cabeceira; NASC 5 – Nascente Grotas; NASC 6 – Nascente Areais; NASC 7 – Nascente das Pedras.

3.2 Qualidade das águas das nascentes

Os valores admissíveis dos parâmetros foram baseados na resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 357 de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água conforme a classe de enquadramento. O rio Paraim – das nascentes até o seu exutório – não possui documento formal de aprovação do seu enquadramento, portanto é considerado de classe 2 (BRASIL, 2005).

A avaliação dos parâmetros físico-químicos e microbiológico da primeira campanha de coleta de água, realizada no período seco, demonstrou que apenas as nascentes da Gia e Grotas não apresentaram nenhuma alteração nos parâmetros do IQA.

O oxigênio dissolvido constitui-se como um dos principais parâmetros de qualidade da água, fornecendo subsídios necessários para a associação entre qualidade e a capacidade de autodepuração da água (AMORIM, 2017). Todas as nascentes avaliadas apresentaram valores de OD em conformidade com a legislação vigente, variando entre 10,97 mg/L e 16,2 mg/L, indicando uma ótica capacidade de aeração desses corpos de água.

As maiores concentrações de OD foram registradas nas nascentes Grotas, Pedras e Areais (média de 15,4 mg/L). Isso pode ser explicado por conta do maior grau de entrelaçamento das copas das árvores, que influenciam na temperatura da água e, conseqüentemente, potencializa a solubilidade do oxigênio (CUNHA; CALJURI, 2010).

Em nenhuma das nascentes avaliadas foi registrada a concentração de DBO acima do limite máximo estabelecido pela resolução CONAMA nº 357 de 2005. Conforme a resolução o valor de DBO não poderá exceder 5 mg/L (BRASIL, 2005).

Observa-se, conforme as análises, uma relação entre DBO e coliformes termotolerantes: as nascentes Nasc 4 e Nasc 1 apresentaram os maiores valores de DBO (3,4 mg/L e 2,0 mg/L, respectivamente), apresentaram altas concentrações de coliformes termotolerantes. Agrizzi et al. (2018) constataram que, nas nascentes com bovinos no entorno, a presença elevada de coliformes se deu por conta das fezes desses animais e isso influenciou no aumento da DBO.

As nascentes com registros de presença de coliformes termotolerantes possuem influência direta com as atividades de pecuária realizadas na região. Apesar da ausência de registros de vestígios de animais nas nascentes (Nasc 1 e Nasc 4), a proximidade com locais de criação de animais possibilitou, através do escoamento superficial, a presença desse grupo de bactérias nas águas das nascentes da Tapera e Cabeceira. Estas estavam com os valores de 560 UFC/100 mL e 1520 UFC/100 mL (respectivamente), concentrações significativamente

elevadas para esse tipo de classe de enquadramento (Classe 2) que estabelece ausência deste grupo de bactérias (BRASIL, 2005).

Os parâmetros nitrogênio total, turbidez e resíduo total apresentaram valores em conformidade com a resolução nº 357/2005 do CONAMA. Já o fósforo total foi o parâmetro que mais apresentou concentrações acima do limite recomendado para corpos de água da classe 2. Quatro das sete nascentes apresentaram alterações nos níveis de fósforo total em suas águas (Figura 10). As maiores concentrações de fósforo total foram observadas nas nascentes da Gia, Cabeceira, Areais e Pedras, que apresentaram valores de 0,22 mg/L, 0,15 mg/L, 0,17 mg/L e 0,24 mg/L, respectivamente. A proximidade dessas nascentes com a Chapada das Mangabeiras pode evidenciar que a aplicação de fertilizantes, nos empreendimentos agrícolas, na chapada esteja provocando o carreando de fósforo para as nascentes. Alves et al. (2017) relacionaram o aumento da concentração de fósforo no ribeirão das Abóboras em Rio Verde (GO) com a aplicação de fosfatados para produção agrícola e, conseqüente carregamento para o curso hídrico.

Sperling (2014A) apontou que o fósforo pode estar presente na água em decorrência da aplicação de fertilizantes nas adjacências. A presença de áreas agrícolas nas proximidades dos mananciais hídricos é o “escoamento de fertilizantes e agrotóxicos que potencializa a eutrofização dos ambientes aquáticos” (HAAS et al., 2018).

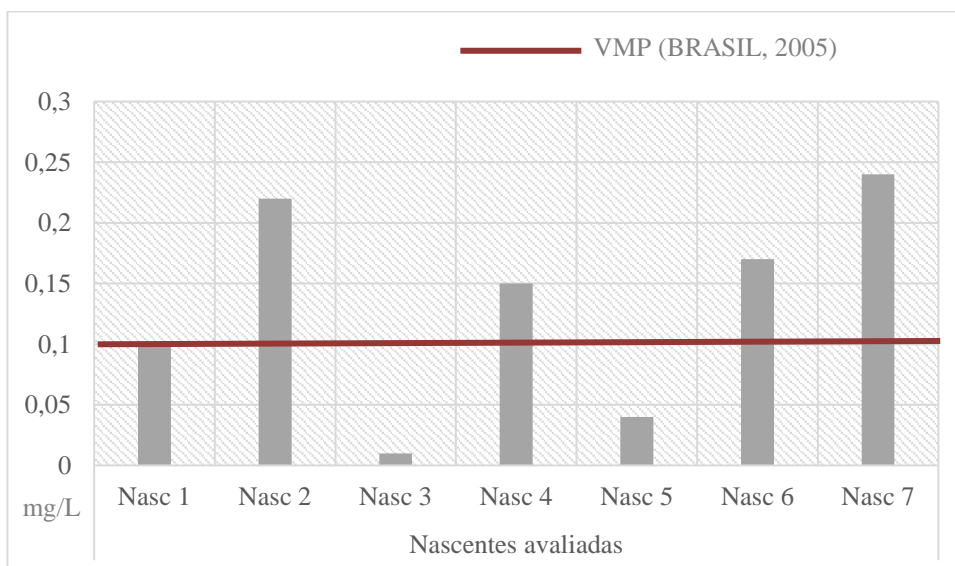


Figura 10. Níveis de fósforo total nas nascentes avaliadas. Fonte: Levantamento de campo.

O potencial hidrogeniônico das amostras analisadas não variou significativamente entre as nascentes e apresentou valores próximos à neutralidade. Em todas as nascentes avaliadas o pH apresentou valores dentro do intervalo permitido. Esses resultados foram satisfatórios, visto que os corpos hídricos com pH entre 6 e 9 possibilita o desenvolvimento adequado da vida aquática (VIGIL, 2003 apud ABREU; CUNHA, 2017).

A temperatura da água influencia uma série de variáveis, dentre elas o pH (CETESB, 2017). Nas nascentes avaliadas, as que apresentaram menores valores de pH foram as que possuíam as menores temperaturas (Tabela 7). Essa relação proporcional positiva também é respaldada nos estudos de Sperling (2014B) e Correio et al. (2016).

A temperatura, por sua vez, apresentou uma variação entre 25,1°C e 27,2°C. Essa variação foi considerada em conformidade, visto que não extrapolou os limites de tolerância térmica dos ecossistemas estudados. A temperatura, fora desses limites, pode influenciar negativamente no crescimento e reprodução de organismos aquáticos (ANA, 2018).

Tabela 7 – Parâmetros físico-químicos e microbiológico da primeira campanha de coleta de água – Período Seco (maio/2018). Fonte: levantamento de campo.

Parâmetro	Unid.*	Nascentes avaliadas**							VMP***
		Nasc 1	Nasc 2	Nasc 3	Nasc 4	Nasc 5	Nasc 6	Nasc 7	
OD	mg/L	13,9	14,02	10,97	12,33	16,2	14,8	15,2	≥ 5
DBO	mg/L	2,0	1,3	1,1	3,4	1,2	0,9	0,8	Até 5
Temperatura	°C	26,35	26,9	25,1	27,2	27,2	26,8	27,1	-
Fósforo total	mg/L	0,1	0,22	0,01	0,15	0,04	0,17	0,24	≤ 0,1
pH		6,3	6,6	6,1	6,7	7,1	6,4	6,5	6 a 9
Turbidez	UNT	5,88	1,63	2,99	11,6	0,41	0,13	0,77	Até 100
Nitrogênio Total	mg/L	0,32	0,56	1,23	0,26	1,3	1,4	0,98	Até 2,18
Resíduo total	mg/L	13	14	53	118	17	14	15	Até 500
C.T.	UFC/ 100 mL	560	0	0	1520	0	0	0	Ausente

*Unidade de medida; **NASC 1 – Nascente da Tapera; NASC 2 – Nascente da Prata; NASC 3 – Nascente da Gia; NASC 4 – Nascente Cabeceira; NASC 5 – Nascente Grotas; NASC 6 – Nascente Areas; NASC 7 – Nascente das Pedras. ***Valor Máximo Permitido para corpos hídricos de classe 2, CONAMA n. 357/2005 (BRASIL, 2005).

Na segunda campanha de coleta (período chuvoso) observou-se a redução significativa da concentração de OD em todas as nascentes, sendo que em três delas, com proximidade com a Chapada das Mangabeiras, apresentaram valores abaixo do permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005): nascente da Prata (3,7 mg/L), Grotas (3,2 mg/L) e Areas (3,4 mg/L). Isso pode ser explicado em decorrência dos maiores índices pluviométricos (no período chuvoso) possibilitarem o aumento na taxa de escoamento superficial (AMORIM et al., 2016), carreando matéria orgânica das áreas adjacentes e possibilitando a lixiviação de

matéria orgânica difusa de origem florestal e antrópica (ABREU; CUNHA, 2017; CETESB, 2017).

A redução do OD implica no aumento da DBO (AMORIM et al., 2016; CETESB, 2017; ANA, 2018). A DBO indica o potencial de consumo de OD pela matéria orgânica presente na água (VON SPERLING, 2014). Assim, a alta concentração de DBO pode ser explicada em consequência do consumo de OD, principalmente pelos nutrientes (fósforo) e matéria orgânica florestal.

Outro destaque – para o período investigado – foi a presença de fósforo total acima do limite máximo permitido pela legislação em todas as nascentes (Tabela 8). O excesso de fósforo pode estar associado com o excesso de fertilizantes agrícolas (OLIVEIRA et al., 2013; MARMONTEL et al., 2015).

O excesso de fósforo na água, em conjunto com nitrogênio, tem como consequência o processo de eutrofização dos cursos de água (CETESB, 2017). Esse processo consiste no aumento da matéria orgânica na água e pode reduzir a concentração de oxigênio dissolvido e ocasionar a mortandade de organismos aquáticos (MELO et al., 2019; NOGUEIRA et al., 2015).

Tabela 8 – Parâmetros físico-químicos e microbiológico da segunda campanha de coleta de água – Período Chuvoso (dezembro/2018). Fonte: levantamento de campo.

Parâmetro	Unid.*	Nascentes avaliadas**							VMP***
		Nasc 1	Nasc 2	Nasc 3	Nasc 4	Nasc 5	Nasc 6	Nasc 7	
OD	mg/L	8,5	3,7	5,9	7,1	3,2	3,4	8,4	≥ 5
DBO	mg/L	2,3	6,6	4,5	2,1	8,3	7,1	2,2	Até 5
Temperatura	°C	27,6	27,4	27,3	27,6	27,5	27,3	27,6	-
Fósforo total	mg/L	0,27	0,78	1,26	0,28	1,19	1,25	0,65	≤ 0,1
pH	UpH	6,9	7,4	7,6	7,3	7,4	7,1	7,1	6 a 9
Turbidez	UNT	5,21	3,19	0,68	4,64	1,11	0,19	0,22	Até 100
Nitrogênio Total	mg/L	0,37	0,7	0,52	0,89	0,61	0,43	0,12	Até 2,18
Resíduo total	mg/L	20	13	14	67	13	14	14	Até 500
C.T.	UFC/ 100 mL	1360	0	0	0	0	80	0	Ausente

*Unidade de medida; **NASC 1 – Nascente da Tapera; NASC 2 – Nascente da Prata; NASC 3 – Nascente da Gia; NASC 4 – Nascente Cabeceira; NASC 5 – Nascente Grotas; NASC 6 – Nascente Areas; NASC 7 – Nascente das Pedras. ***Valor Máximo Permitido para corpos hídricos de classe 2, CONAMA n. 357/2005 (BRASIL, 2005).

3.3 Índice de qualidade das águas – IQA

A determinação do IQA das nascentes resultou em valores que variaram entre 59 e 86 no período seco; e de 56 a 89 na pontuação do período chuvoso. Na primeira campanha de coletas de amostras nas nascentes, 71,4% das nascentes apresentaram o IQA “ótimo” e as demais nascentes (28,6%) foram avaliadas com o IQA “bom”. No período seco, em decorrência da influência do OD, a proporção se inverteu: cinco (71,4%) nascentes apresentaram IQA “bom” e duas nascentes (28,6%) com o IQA classificado como “ótimo”.

Desta forma, todas as nascentes avaliadas apresentaram IQA satisfatórios (“bom” ou “ótimo”). Entretanto o OD, por ser o parâmetro de maior peso no índice (CETESB, 2017), influenciou na redução da qualificação das nascentes no período chuvoso (Tabela 9). Isso se deve a alta precipitação no período (SPERLING, 2014a) que possibilita o aumento do escoamento superficial e lixiviação de agroquímicos (herbicidas e fertilizantes) para as nascentes, provocando o aumento na concentração de nutrientes (ROSENBOM et al., 2009; SILVA-JUNIOR; QUEIROZ; MARTINS, 2015; LEAL et al., 2017; VALENTE; PADILHA; SILVA, 2018).

Apesar de ter apresentado alteração em todas as nascentes, durante o período chuvoso, o fósforo total não contribuiu significativamente para a redução da classificação do IQA, influenciou somente na redução do valor do índice, se comparado com nascentes que possuía baixa concentração no período seco (nascente da Gia).

Tabela 9 – Síntese dos resultados do IQMN e IQA das nascentes do rio Paraim.

Nascente	Nome	Valor do IQMN*	Grau IQMN	Valor do IQA ¹	Classe IQA ¹	Valor do IQA ²	Classe IQA ²
1	Tapera	35	Aceitável	64	Bom	66	Bom
2	Prata	37	Bom	81	Ótimo	72	Bom
3	Gia	36	Aceitável	84	Ótimo	74	Bom
4	Cabeceira	29	Péssimo	59	Bom	89	Ótimo
5	Grotas	39	Bom	86	Ótimo	66	Bom
6	Areaís	39	Bom	82	Ótimo	56	Bom
7	Pedras	41	Ótimo	81	Ótimo	85	Ótimo

*IQMN – Índice de qualidade macroscópica de nascentes; IQA¹ – índice de qualidade das águas (período seco); IQA² – índice de qualidade das águas (período chuvoso).

4. CONCLUSÃO

Os índices utilizados para avaliação da qualidade ambiental das nascentes apresentam uma série de informações sobre o grau de preservação, situação dos ecossistemas e a relação com as áreas adjacentes. O Índice de qualidade macroscópica de nascentes (IQMN) evidenciou que os impactos ambientais negativos nas nascentes estão relacionados, principalmente, com os processos erosivos nas proximidades, falta de efetivação na proteção desses espaços e a facilidade de acesso às áreas possibilitando o uso, mesmo que ocasional, pelos animais e seres humanos.

O índice de qualidade das águas (IQA) apresentou valores consideravelmente altos, demonstrando a qualidade ambiental das nascentes. Apesar de alguns parâmetros estarem alterados, o IQA foi coerente com o enquadramento realizado e em conformidade com a Resolução nº 357/2005 do CONAMA.

Com a avaliação da qualidade das águas foi possível observar a relação entre os parâmetros de qualidade, bem como a influência destes com as características macroscópicas das nascentes. Essa relação foi respaldada pela relação observada entre o aumento da concentração de nutriente (fósforo), redução do OD e conseqüente aumento da DBO. As desconformidades identificadas em alguns parâmetros evidenciam que os poluentes, de origem antrópica, podem ser conduzidos para as áreas de nascentes.

Desta forma, as informações obtidas sinalizam que, apesar da boa qualidade das águas, a avaliação da situação ambiental das nascentes alerta para a necessidade de estratégias futuras, que visem o planejamento para o ordenamento territorial e gestão ambiental de microbacias hidrográficas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017**: relatório pleno. Brasília: ANA, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Indicadores de qualidade**: índice de qualidade das águas (IQA). Disponível em <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 10 jun. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos. **Divisão Hidrográfica**. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/snirh/snirh-1/acesso-tematico/divisao-hidrografica>. Acesso em: 21 jan. 2019.

AGRIZZI, D. V. et al. Qualidade da água de nascentes do Assentamento Paraíso. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, p. 557-568, Jun. 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522018000300557&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 21 Mar. 2019.

ALVES, W. S. et al. Avaliação da qualidade da água e estado trófico do ribeirão das Abóboras, em Rio Verde–GO, Brasil. **Geociências (São Paulo)**, v. 36, n. 1, p. 13-29, 2017.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22 st Ed. Washington, DC, 2012.

AMORIM, D. G. et al. Enquadramento e avaliação do índice de qualidade da água dos igarapés Rabo de Porco e Precuá, localizados na área da Refinaria Premium I, município de Bacabeira (MA). **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 2, p. 251-259, Abr. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522017000200251&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 21 jan. 2019.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. et al. **Atlas Climatológico do Estado do Piauí**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2004. (Documentos, 101). Disponível em:

<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/885291/1/atlas.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12614**: águas: determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO): método de incubação (20° C, cinco dias). 1992.

BAYMA-SILVA et al. Diagnóstico dos serviços ambientais florestais nos biomas brasileiros de 2001 a 2011. **Comunicado técnico – Embrapa Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2017.

BISOGNIN, R. P. et al. Análise e divulgação da qualidade da água de nascentes, afluentes e ponto de captação do arroio Lajeado Erval Novo no município de Três Passos–RS. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 44-55, 2017.

BRASIL. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba – CODEVASF. **Plano de Ação para o Desenvolvimento Integrado da Bacia do Parnaíba, PLANAP**: síntese executiva: Território Chapada das Mangabeiras / CODEVASF. – Brasília, DF: TDA Desenhos & Arte Ltda., 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Caderno da Região Hidrográfica do Parnaíba**. Brasília: MMA, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 23 dez. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, v. 148, n. 239, 14 dez. 2011. Seção 1, p. 39-46. Disponível em: <

<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=39&data=14/12/2011>>. Acesso em: 23 dez. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012.** Instituiu o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental. Brasília: DOU de 18/10/2012.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 30 nov. 2018.

BRASIL. **Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 30 nov. 2018.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras:** água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2017.** São Paulo: CETESB, 2018. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>>. Acesso em: 23 jan. 2019.

CORREIO, L. N. C.; CECCONELLO, S. T.; MORAES, P. B.; GUEDES, H. A. S.; CENTENO, A. N.; CECCONELLO, S. T. Análise temporal da qualidade da água de um arroio no sul do Rio Grande do Sul. **Revista Thema**, v. 14, n. 2, p. 109–119, 2016.

CORRENTE. Prefeitura Municipal de Corrente-PI. **Técnicos do Meio Ambiente avaliam preservação de nascentes.** 2017. Disponível em: <<http://www.corrente.pi.gov.br/noticias/detail/tecnicos-do-meio-ambiente-avaliam-preservacao-de-nascentes-130/>>. Acesso em: 23 jan. 2019.

COUTINHO, Marcos Pellegrini et al. Áreas de inundação no trecho paulista da bacia do Rio Paraíba do Sul e nascentes do Cadastro Ambiental Rural. **urbe, Rev. Bras. Gest. Urbana**, Curitiba , v. 10, n. 3, p. 614-623, Dec. 2018 .

CUNHA, D. G. F; CALIJURI, M. C. Análise probabilística de ocorrência de incompatibilidade da qualidade da água com o enquadramento legal de sistemas aquáticos–estudo de caso do rio Pariquera-Açu (SP). **Eng Sanit Ambient**, v. 15, n. 4, p. 337-346, 2010.

HAAS, A. et al. Delimitação e caracterização de APP através do uso de um sistema de informação geográfica (SIG): o caso das APP's nos cursos de água da sub-bacia do Lajeado Pardo, Noroeste do RS. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 640-649, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS – IBGE. IBGE Cidades: Corrente-PI. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=220290>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS – IBGE. **Mapa de clima do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBIO. **Relatório Parametrizado - Unidade de Conservação:** Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba. Brasília: ICMBio, 2018. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal>. Acesso em: 28 set. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Estações Automáticas:** Corrente – PI. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_iframe.php?codEst=A374&mesAno=2018. Acesso em: 10 jan. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010.** Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>>. Acesso em: 11 dez. 2018.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Impactos ambientais macroscópicos e qualidade das águas em nascentes de parques municipais em Belo Horizonte - MG. **Geografias**, v. 8, n. 2, p. 8–23, 2012.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS – FUNCEME. **Programa QualiGraf.** Disponível em: <http://www3.funceme.br/qualigraf/app/pagina/show/2>. Acesso em: 10 dez. 2018.

GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. **Sociedade & Natureza**, v. 17, n. 32, p. 103–120, 2005.

GOMES, E. R. **Diagnóstico e avaliação ambiental das nascentes da Serra dos Matões, município de Pedro II, Piauí.** 2015. 135 f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Rio Claro, 2015.

LEAL, M. S. et al. Caracterização hidroambiental de nascentes. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 12, n. 1, p. 146-155, Feb. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-93X2017000100146&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 22 Jul. 2017.

MEDEIROS, P. H. A.; DE ARAÚJO, J. C.; ANDRELLO, A. C. Modelagem distribuída da produção de sedimentos em uma bacia hidrográfica e sua validação utilizando ¹³⁷Cs. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. **Anais...** Campo Grande, 2009.

MELO, M. T. et al. Variabilidade das classes de água e índice de estado trófico do riacho Queima Pé. **Revista Engenharia na Agricultura-REVENG**, v. 27, n. 1, p. 68-79, 2019.

NEVES, P. D. M.; SOUZA, M. L. Caracterização geoambiental da área de preservação permanente das nascentes do curso superior da bacia do Córrego Mandacaru do município de Maringá-PR: aspectos legais. **Geo UERJ**, v. 1, n. 24, p. 386-406, 2013.

NOGUEIRA, P. F. et al. Eutrofização no reservatório da UHE foz do Rio Claro (GO). **Revista do Departamento de Geografia, USP**, v. 30, p. 19-33, 2015.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA – UNESCO. PROGRAMA DE AVALIAÇÃO MUNDIAL DA ÁGUA DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU ÁGUA. **Água para um mundo sustentável: Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos: Sumário Executivo**. Colombella, Perugia, Itália: UNESCO, 2015.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

ROSENBOM, A. E. et al. Ability of the macro model to predict long-term leaching of metribuzin and diketometribuzin. **Environmental Science & Technology**, v.43, p.3221-3226, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1021/es802752x>. Acesso em: 12 jan. 2019.

SILVA JÚNIOR, Antonio Carlos da; QUEIROZ, Juliana Roberta Gobi; MARTINS, Dagoberto. Quantidade de chuva e lixiviação do herbicida metribuzin através de planta bioindicadora. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 592-597, 2015.

SPERLING, M. V. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, UFMG, 2014A.

SPERLING, M. V. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, UFMG, 2014B.



VALENTE, O. **Das chuvas às torneiras: a água nossa de cada dia**. 1.ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2012.

VALENTE, José Pedro Serra; PADILHA, Pedro Magalhães; DA SILVA, Assunta Maria Marques. Contribuição da cidade de Botucatu-SP com nutrientes (fósforo e nitrogênio) na eutrofização da represa de Barra Bonita. **Eclética Química Journal**, v. 22, n. 1, 2018.

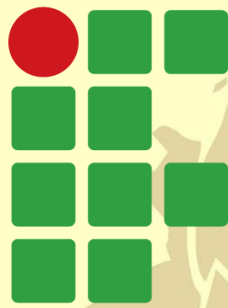
VASCONCELOS, Tiago da Silveira; ROSSA-FERES, Denise de C. Diversidade, distribuição espacial e temporal de anfíbios anuros (Amphibia, Anura) na região noroeste do estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 5, n. 2, p. 137-150, 2005.

WORLD WATER DEVELOPMENT REPORT – WWDR. **Nature-based solutions for water**: executive summary. Colombella: UNESCO, 2018.

ANEXO I – Modelo de ficha de avaliação macroscópica de nascentes.

	MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí Dissertação: Qualidade Ambiental das Nascentes do Rio Paraim, extremo sul do Piauí	
Nascente:	Data:	Horário:
Coordenadas:		
AVALIAÇÃO MACROSCÓPICA DE NASCENTES		
INDICADOR	PONTUAÇÃO	
1. Cor da água		
Escura (1)	Clara (2)	Transparente (3)
2. Odor da água		
Cheiro forte (1)	Cheiro fraco (2)	Sem cheiro (3)
3. Resíduos sólidos (R.S.) ao redor da nascente		
Muitos (1)	Poucos (2)	Sem R.S. (3)
4. Materiais Flutuantes		
Muitos (1)	Poucos (2)	Sem mat. flutuantes (3)
5. Espumas		
Muitas (1)	Poucas (2)	Sem Espumas (3)
6. Óleos		
Muitos (1)	Poucos (2)	Ausente (3)
7. Esgoto na nascente		
Visível (1)	Indícios (2)	Sem Esgotos (3)
8. Vegetação (preservação)		
Ausente (1)	Alterada (2)	Preservada (3)
9. Uso por animais		
Presença (1)	Apenas marcas (2)	Não detectado (3)
10. Uso por humanos		
Presença (1)	Apenas marcas (2)	Não detectado (3)
11. Acesso		
Fácil acesso (1)	Aceso razoável (2)	Difícil acesso (3)
12. Proximidade de residências, áreas de empreendimentos rurais e demais edificações		
Menos de 50 metros (1)	Entre 50 e 100 metros (2)	Mais de 100 metros (3)
13. Erosão nas margens		
Acentuada (1)	Moderada (2)	Sem erosão (3)
14. Tipo de área de inserção		
Informação Ausente (1)	Propriedade privada (2)	Unidade de Conservação (3)
PONTUAÇÃO TOTAL		
Classe	Grau de preservação	Pontuação final
A	Ótima	40 - 42
B	Boa	37 - 39
C	Razoável	34 - 36
D	Ruim	31 - 33
E	Péssima	Abaixo de 30

Fontes: Adaptada de Gomes et al. (2005); Felipe e Magalhães Junior (2012); Gomes (2015) e Leal et al. (2017).



**INSTITUTO
FEDERAL**

Goiano

Campus
Urutaí

