



AVALIAÇÃO DO GRAU DE PROTEÇÃO DAS NASCENTES DE DRENAGENS DO ALTO CURSO DO RIO PACOTI (CEARÁ/BRASIL)

Débora Maciel Castelo Holanda

Marta Celina Linhares Sales

Carlos Henrique Sopchaki

Universidade Federal do Ceará

RESUMO

Os estudos que envolvem a temática hidrológica são fundamentais para compreender a dinâmica em torno dos processos cíclicos da água. Garantir o fornecimento hídrico é um desafio posto para sociedade humana. Nesse contexto, as nascentes são ecossistemas centrais no que concerne a distribuição e oferta de água. Essa pesquisa se propôs a estudar as nascentes situando a temática no âmbito legal e prático da conservação desses ambientes. Para o desenvolvimento do estudo, foi enquadrado o alto curso do rio Pacoti, o qual se encontra inserido no Maciço de Baturité, no estado do Ceará. Foram realizados trabalhos de campo para levantamento espacial das nascentes, bem como a posterior avaliação ambiental após determinação do grau de proteção. Para o alcance desses resultados foi aplicado o Índice de Impacto Ambiental em Nascentes – IIAN com o qual se avaliam parâmetros de ordem macroscópica. A metodologia foi aplicada em 19 nascentes, utilizando o critério da preservação dos aspectos naturais necessárias para o desenvolvimento da análise. Foi possível realizar observações acerca do uso de nascentes em propriedades privadas, sobretudo, a prática de inserir manilhas no local de exfiltração rompendo por completo o escoamento da drenagem natural a jusante. Esses usos foram discutidos observando a disposição legal inserida no Código Florestal Brasileiro. Constatou-se a relevância de estudos que tratam de levantar de informações espaciais e ambientais de nascentes, uma vez que, a degradação dessas áreas pode possivelmente impactar toda a malha hidrográfica superficial.

Palavras-chave: Água, Proteção, Ecossistema, Legislação.

EVALUATION OF THE DEGREE OF PROTECTION OF DRAINAGE SPRINGS IN THE UPPER COURSE OF THE PACOTI RIVER (CEARÁ/BRAZIL)

ABSTRACT

Studies involving the hydrological theme are essential to understand the dynamics surrounding the cyclic processes of water. Ensuring water supply is a challenge for human society. In this context, springs are central ecosystems in terms of distribution and supply of water. This research aimed to study the springs, placing the theme in the legal and practical context of conservation of these environments. For the development of the study, the upper course of the Pacoti River was framed, which is inserted in the Massif of Baturité, in the state of Ceará. Field work was carried out for the spatial survey of the springs, as well as the subsequent environmental assessment after determining the degree of protection. To achieve these results, the Environmental Impact Index on Springs – IIAN was applied, with which macroscopic parameters are evaluated. The methodology was applied in 19 springs, using the criterion of preservation of the natural aspects necessary for the development of the analysis. It was possible to make observations about the use of springs on private properties, especially the practice of inserting pipes in the exfiltration site, completely disrupting the flow of natural drainage downstream. These uses were discussed observing the legal provision inserted in the Brazilian Forest Code. The relevance of studies that try to raise spatial and environmental information on springs was verified, since the degradation of these areas can possibly impact the entire surface hydrographic network.

Keywords: Water, Protection, Ecosystem, Legislation.

INTRODUÇÃO

A água é o elemento crucial para o desenvolvimento da sociedade. Compreender as fases do ciclo hidrológico e, sobretudo, os impactos negativos que afetam essa dinâmica tem proporcionado um maior conhecimento sobre o tema, incorporando ações direcionadas a redução de danos ambientais.

Nesse contexto, vê-se o papel fundamental das nascentes como fornecedoras de água. Esses ecossistemas são responsáveis por toda malha hidrográfica que banham a superfície da terra.

Em contraponto, alguns desafios se apresentam quanto a proteção e conservação desses ambientes. Na política ambiental brasileira, as nascentes são protegidas pela determinação de áreas de preservação permanente. No entanto, existem críticas que levantam questionamentos quanto a viabilidade de executar as diretrizes legais na prática. (FELIPPE; MAGALHÃES JÚNIOR, 2013; DO CARMO et al., 2014; MOURA; FELIPPE, 2022)

Compreende-se que a identificação das nascentes na paisagem é uma etapa crucial para desenvolver o conhecimento e alcançar melhores estratégias de proteção desse ecossistema. Com essa perspectiva, a pesquisa buscou expor a discussão sobre as nascentes a partir do levantamento espacial e avaliação ambiental. A avaliação ambiental foi averiguada a partir do grau de proteção resultante da aplicação do índice de impacto ambiental em nascentes - IIAN. Foram expostas as condições ambientais das nascentes em propriedades privadas, principalmente, quanto ao seu uso e intervenções antrópicas.

A área de estudo compreendeu o alto curso da bacia hidrográfica do rio Pacoti, situado no maciço de Baturité, estado do Ceará. A bacia abrange drenagens que contribuem para o abastecimento de municípios que integram a região metropolitana de Fortaleza, incluindo a própria capital do estado.

Estudos relacionados a investigação ambiental em nascentes têm se tornado fundamentais no impulsionamento de esforços políticos para a proteção desses ecossistemas. (ROMADHAN *et al.*, 2020; PARKER *et al.*, 2021). Portanto, a presente discussão visou contribuir com informações espaciais, ambientais e, sobretudo, com uma visão integralizada e distribuída das nascentes na paisagem do meio antrópico.

ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Pacoti está localizada no centro norte do estado do Ceará (Figura 1). Esta bacia contribui para o abastecimento da capital Fortaleza e sua região metropolitana. Das nascentes à foz, estima-se uma trajetória de 150 quilômetros, cortando paisagens com significantes desníveis topográficos até alcançar a planície litorânea no município de Aquiraz.

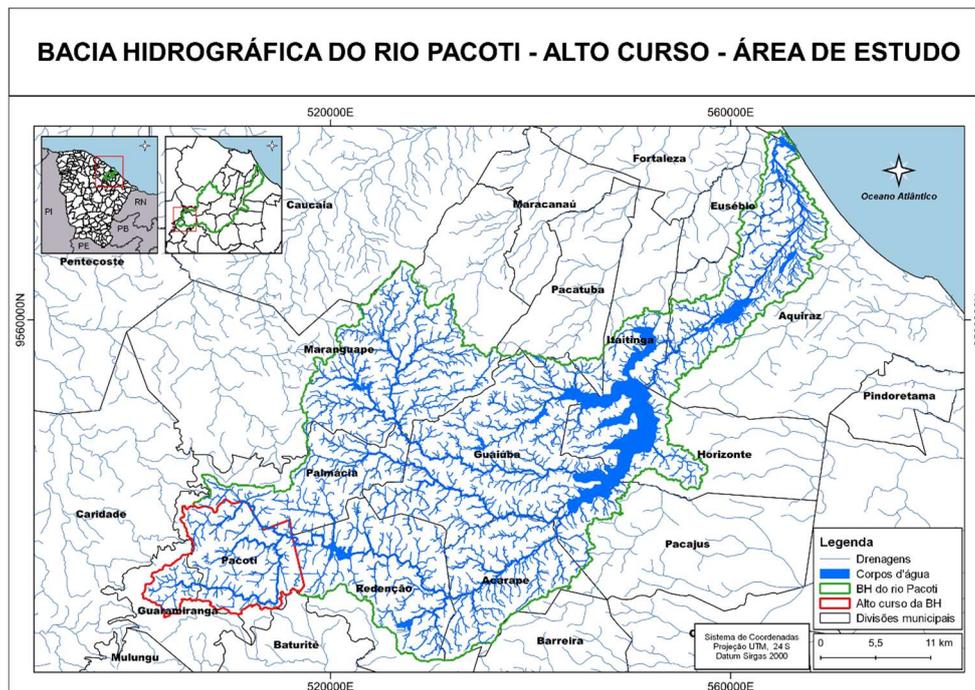
Uma porção da bacia hidrográfica do rio Pacoti está localizada no maciço de Baturité, região que abrange os municípios de Baturité, Pacoti, Palmácia, Guaramiranga, Mulungu, Aratuba, Capistrano, Itapiúna, Aracoiaba, Acarape, Redenção, Barreira e Ocara. O estudo limitou-se ao alto curso da bacia hidrográfica, utilizando como referência espacial os municípios de Guaramiranga e Pacoti. (Fig 01). O acesso ao maciço de Baturité saindo da capital Fortaleza pode ser percorrido através das rodovias CE-020, CE-060, BR 116 e CE-253.

MATERIAIS E MÉTODOS

As pesquisas sobre nascentes partem inicialmente no exercício de identificação desses ecossistemas na paisagem. As nascentes são, geralmente, localizadas no alto curso dos rios, setores que podem ser marcados por declives acentuados e com difícil acesso em comparação a outros setores de uma bacia hidrográfica.

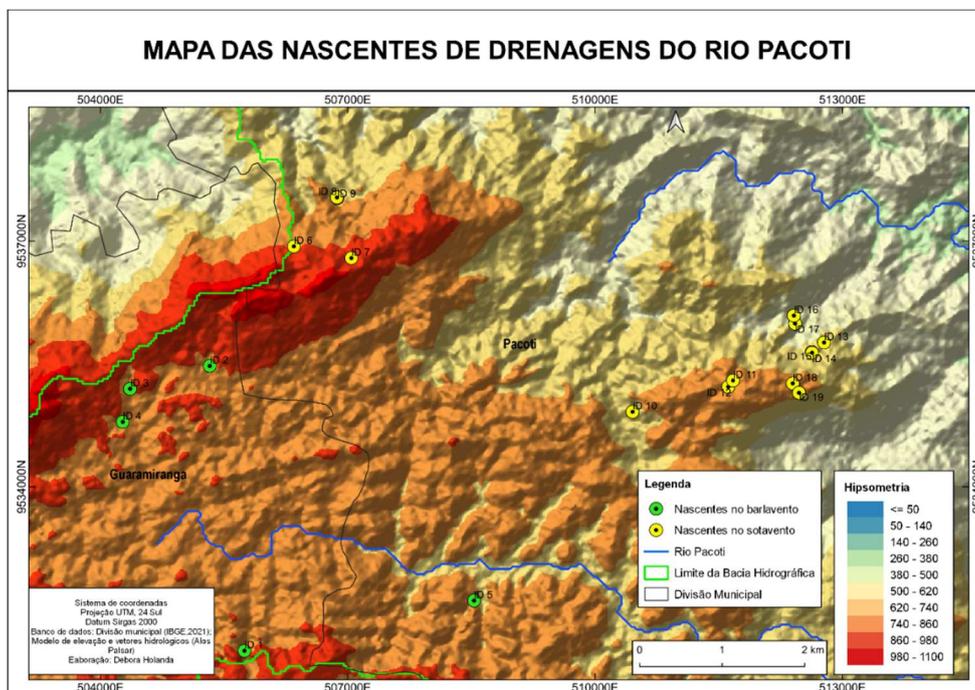
A execução de cada etapa ocorreu de modo a integrar todos os levantamentos gerados para resultar em uma interpretação sistêmica do grau de proteção das nascentes estudadas. Na primeira etapa foram executados os trabalhos de campo para a identificação das nascentes e registro espacial a partir das coordenadas geográficas (Figura 2). O levantamento de campo ocorreu no segundo semestre de 2021, período com menor taxas pluviométricas na região. Nessa etapa, foi utilizado o instrumento GPS portátil modelo Garmim eTrex 10 e o apoio essencial de moradores locais, sobretudo, para as áreas de difícil acesso. Essa etapa é considerada básica para qualquer estudo em ecossistemas de nascentes, uma vez que, permite a compreensão do ambiente para além do seu reconhecimento restrito a um ponto de exfiltração de água.

Figura 1 – Localização da área de estudo.



Elaboração: Autora (2022).

Figura 2 – Mapeamento das nascentes do rio Pacoti



Fonte: Autora (2022).

Em seguida, foi realizada a classificação em termos de exfiltração e morfologia. A categorização tipológica teve como referência a metodologia empregada por Gomes; Melo; Vale, (2005); Felipe *et al.*, (2009) Felipe; Magalhães JR, (2013). Essa proposta considera, em termos de classificação, aspectos hidrológicos, ambientais e geomorfológicos (Quadro 1 e 2).

Quadro 1 – Classificação de nascentes de acordo com a morfologia.

Tipo Morfológico	Descrição
Concavidade	Situado nos trechos côncavos do relevo, formam canais a jusante.
Duto	Exfiltração em canais erosivos subterrâneos horizontais. Formam pequenas cavidades com formas circulares.
Afloramento	Presença de afloramentos rochosos no local da exfiltração.
Talvegue	Exfiltração exposta em ravinas ou sulcos.
Cavidade	Ocorre em cavidades erosivas, em que a profundidade é maior que a largura.
Intervenção	Não há forma natural aparente, interferência humana a partir de canos e outras estruturas.
Olho	Afloramento vertical da água em áreas planas.

Fonte: Felipe (2009); Adaptação: Autora (2021)

Quadro 2 – Classificação de nascentes de acordo com a exfiltração

Tipo de Exfiltração	Descrição
Pontual	Concentração da exfiltração em apenas um ponto, facilmente individualizado no terreno.
Difusa	Ocorre ao longe de uma área onde não é possível identificar com precisão o local da exfiltração. Geralmente proporcionam o encharcamento do terreno.
Múltipla	Casos em que é possível observar casos pontuais ou difusas. Áreas com mais de uma nascente próximas.

Fonte: Felipe (2009); Adaptação: Autora (2021)

A terceira etapa compreendeu a aplicação do Índice de Impacto Ambiental em Nascentes – IIAN. Foram atribuídos valores a parâmetros macroscópicos, ou seja, parâmetros restritos a captação a olho nu sem a necessidade de instrumentos ópticos. As variáveis a serem observadas foram adaptadas da metodologia proposta por Gomes *et al.* (2005) (Quadro 3).

Quadro 3 – Variáveis analisadas no IIAN

Parâmetros Macroscópicos	Qualificação		
	Ruim (1)	Médio (2)	Bom (3)
Cor da água	escura	clara	transparente
Odor	cheiro forte	cheiro fraco	sem cheiro
Lixo ao redor	muito	pouco	sem lixo
Materiais flutuantes (lixo na água)	muito	pouco	sem materiais flutuantes
Espumas	muito	pouca	sem espumas
Óleos	muita	pouco	sem óleos
Esgotos	esgoto doméstico	fluxo superficial	sem esgoto
Vegetação	alta degradação	baixa degradação	preservada
Uso por animais	presença	apenas marcas	não detectado
Uso por humanos	presença	apenas marcas	não detectado
Proteção do local	sem proteção	com proteção	com proteção

Fonte: Gomes, Melo e Vale (2005)

A atribuição dos valores levou a determinar a qualificação da nascente analisada em parâmetros definidos como ruim, médio ou bom. Os resultados conferem a última etapa metodológica a possibilidade de indicar o grau de proteção do ecossistema (Quadro 4).

Quadro 4 – Classes indicadoras do grau de proteção de ecossistemas de nascentes.

Classe	Grau de proteção	Pontuação
A	Ótimo	31-33
B	Bom	28-30
C	Razoável	25-27
D	Ruim	22-24
E	Péssimo	Abaixo de 21

Fonte: Gomes, Melo e Vale (2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cada etapa metodológica gerou resultados importantes para a compreensão do contexto ambiental pertinente as nascentes de drenagens do rio Pacoti. O levantamento proporcionou a identificação de 42 nascentes no geral, no entanto, foram mapeadas apenas 36. Essa diferença foi dada devido a impossibilidade de acesso à algumas propriedades privadas em que se situavam as nascentes. Portanto, foram incluídas no mapeamento somente as que foram permitidas acesso direto.

Do total mapeado, 19 foram encontradas com a preservação dos seus aspectos naturais e 17 com completa alteração do ecossistema. Essa distinção impactou diretamente na execução da metodologia, uma vez que, para a classificação

tipológica e as análises dos aspectos macroscópicos é necessário a identificação da morfologia e exfiltração natural, assim como as características superficiais que evidenciam o uso e a ocupação próximos a fonte.

Nesse sentido, o mapeamento considerou as 19 nascentes que possuíam aspectos naturais, ou seja, que apresentavam as características morfológicas do ecossistema e viabilizava a execução da análise macroscópica. Em termos de distribuição espacial, foram mapeadas cinco nascentes na porção barlavento do maciço de Baturité, sendo quatro identificadas somente no município de Guaramiranga e uma no município de Pacoti. As 14 restantes foram espacializadas no setor sotavento, inseridas apenas no município de Pacoti (Figura 3).

A espacialização das nascentes promoveu uma reflexão quanto ao uso desses ecossistemas. No trabalho de campo foi possível averiguar que a prática de intervenções estruturais em nascentes é comum. Ainda que o mapeamento não apresente essa proporção, haja vista não contemplar o perfil de análise, o armazenamento de águas de nascentes em estruturas de manilhas foi observado nas visitas de campo.

Figura 3 – Nascentes com intervenções estruturais



Fonte: Autora (2021).

Esse tipo de intervenção coloca em evidência uma discussão legal sobre a permissividade de armazenamento individual de águas das nascentes alocadas em terrenos privados. Infere-se que o rompimento do fluxo hídrico tem o potencial de reduzir a quantidade de água a jusante podendo prejudicar outras propriedades.

Em termos de legislação sobre nascentes, o Código Florestal (Brasil, 2012), apresentado pela Lei 12.651/2012, se detém a dispor sobre a demarcação de um raio de 50 metros em torno das nascentes e olhos d'água em regime de áreas de

preservação permanente. Essa normativa, no entanto, é cercada de discussões que apontam para conflitos sobre a viabilidade de aplicação da lei no âmbito prático. (DO CARMO *et al.*, 2014; DOS SANTOS, 2016; SOUZA *et al.*, 2019).

Esses debates destacam a necessidade de uma classificação de nascentes. A categorização permite observar a diversidade morfológica e funcional desses ecossistemas. (DE MOURA; FELIPPE, 2022). A ausência de uma classificação universal, portanto, reduz o papel das nascentes ao local de exfiltração de água onde se originam os córregos e rios.

Diante a metodologia empregada nesta pesquisa, o conceito que integra a amplitude dos sistemas de nascentes afirma que:

[...] nascente é um sistema ambiental natural marcado por uma feição geomorfológica ou estrutura geológica em que ocorre a exfiltração da água subterrânea de forma perene ou intermitente, formando canais de drenagem a jusante que a inserem na rede de drenagem da bacia (FELIPPE, 2009, p.22).

Corroborando com o conceito apresentado, as fisiografias das nascentes estudadas foram classificadas de acordo com os aspectos relacionados a morfologia e exfiltração (Tabela 1).

Tabela 1 – Classificação das nascentes mapeada de acordo com a morfologia e a exfiltração.

Tipo Morfológico	Nº Absoluto	Porcentagem
Olho	3	15,78%
Afloramento	8	42,1%
Cavidade	3	15,8%
Concavidade	3	15,8%
Talvegue	2	10,5%
Tipo de Exfiltração	Nº Absoluto	Porcentagem
Pontual	11	61%
Difusa	3	17%
Múltipla	4	22%

Elaboração: Autora (2021).

Os resultados mostraram uma maior ocorrência do tipo morfológico em afloramento e uma preponderância do tipo de exfiltração pontual. O exercício de categorizar as nascentes por tipologias comprova a diversidade de formas que nesses ecossistemas pode ser encontrada. Ainda que sujeito a uma pequena amostragem, foi possível identificar pelo menos uma nascente representante para cada categoria (Figuras 4 e 5).

Figura 4 – Nascentes por tipo de exfiltração.



A. Nascente Múltipla, B. Nascente Difusa, C. Nascente Pontual. Fonte: Autora (2021).

Figura 5 – Nascentes por tipo de morfologia.



A. Nascente em Talvegue, B. Nascente em Afloramento, C. Nascente em Cavidade, D. Nascente em Concavidade. Fonte: Autora (2021)

Os resultados oriundos da execução do índice de impacto ambiental – IIAN apresentaram um cenário satisfatório quanto ao grau de proteção das nascentes

do rio Pacoti. Todavia, é necessário o reconhecimento dos fatores que contribuíram na validação dessa análise.

Como já destacado, o mapeamento não considerou as nascentes com intervenção estrutural. Não foram colocados em análise, portanto, os impactos ambientais causados pela modificação natural do ecossistema, estando velado na presente discussão.

Outro fator a ser considerado está relacionado à limitação imposta pelo meio físico para acesso as nascentes. Essa variável consta como uma das análises dos aspectos macroscópicos do IIAN e refere-se ao acesso por humanos e animais. A referência utilizada para a escala de dificuldade de acesso foi associada às áreas de declive acentuado associado a cobertura de uma densa vegetação. Nesse sentido, verificou-se que das 19 nascentes identificadas e mapeadas, 11 foram localizadas em situações de difícil acesso em termos de locomoção.

As nascentes de ID 03, 04, 14 e 15 tiveram uma qualificação boa quanto ao grau de proteção analisado (Quadro 5). Essa condição revela que essas nascentes receberam algum valor não satisfatório para um dos parâmetros macroscópicos observados.

Quadro 5 – Grau de proteção das nascentes do rio Pacoti.

ID	SETOR DO RELEVO	GRAU DE PROTEÇÃO
1	Barlavento	Ótimo
2	Barlavento	Ótimo
3	Barlavento	Bom
4	Barlavento	Bom
5	Barlavento	Ótimo
6	Sotavento	Ótimo
7	Sotavento	Ótimo
8	Sotavento	Ótimo
9	Sotavento	Ótimo
10	Sotavento	Ótimo
11	Sotavento	Ótimo
12	Sotavento	Ótimo
13	Sotavento	Ótimo
14	Sotavento	Bom
15	Sotavento	Bom
16	Sotavento	Ótimo
17	Sotavento	Ótimo
18	Sotavento	Ótimo
19	Sotavento	Ótimo

Elaboração: Autora (2021).

O parâmetro observado que mais contribuiu para essa variação no IIAN, esteve relacionado a vegetação. O desmatamento e a substituição da vegetação nativa por plantio, principalmente, de bananeira foram determinantes na baixa qualificação do grau de proteção (Figura 6).

Figura 6 – Área de desmatamento e substituição da vegetação nas nascentes ID 03, 04 e ID 14.

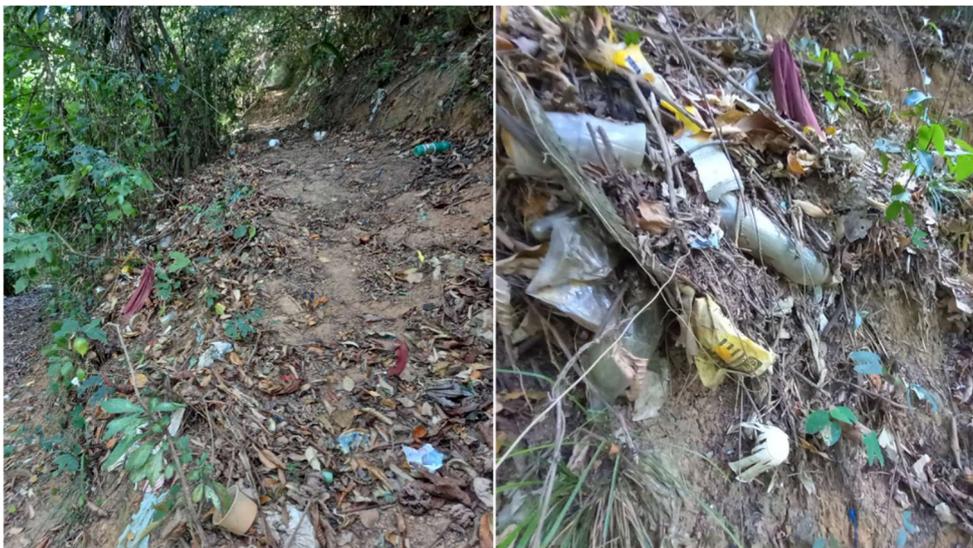


Fonte: Autora (2021).

Destaca-se uso que o solo interfere diretamente no processo de infiltração da água, etapa fundamental para manutenção das nascentes. De acordo com Castro *et al.*, (2007) a vegetação nativa possui uma melhor capacidade de infiltração em comparação a cobertura vegetal plantada. Perante o Código Florestal, essas nascentes deveriam estar protegidas por vegetação nativa em um raio de 50 metros.

Outro aspecto que motivou a variação do IIAN foi a identificação de acúmulo inadequado de resíduo sólidos encontrado próximo as nascentes de ID 14 e 15. (Figura 7). Esses materiais podem alcançar os pontos das nascentes, obstruindo a exfiltração, além do potencial de atrair parasitas colaborando para a contaminação da água. Por fim, percebe-se que o uso e a ocupação das nascentes e de sua área de influência, contribui para as condições ambientais de qualidade da água e manutenção do ecossistema.

Figura 7 – Acúmulo de lixo próximo as nascentes ID 14 e 15.



Fonte: Autora (2021)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos sobre ecossistemas de nascentes revelam os desdobramentos relativos à aplicação da política ambiental vigente no país. Essas discussões põem no centro os desafios quanto aos caminhos que devem ser tomados para assegurar a proteção de um ecossistema fundamental para a disponibilidade hídrica.

A metodologia estruturada na identificação/mapeamento, classificação tipológica e determinação do grau de proteção, levantou reflexões importantes quanto a necessidade em se alçar maiores conhecimentos sobre ecossistemas de nascentes, principalmente, em estudos envolvendo a temática hidrológica.

Os estudos sobre a distribuição espacial das nascentes seguido de uma avaliação ambiental constituem diagnósticos preliminares que possui o potencial de subsidiar gestores e planos governamentais.

Nesse sentido, o desenvolvimento dessa pesquisa no alto curso da bacia hidrográfica do rio Pacoti, apresentou a diversidade tipológica encontrada nas nascentes desse rio, além de permitir uma avaliação quanto ao grau de proteção ambiental.

A aplicação do IIAN possibilitou atribuir as nascentes um contexto integrado as condições naturais correlacionada ao uso antrópico. Dessa forma, foi levantado discussões pertinentes a intervenções estruturais, definição das áreas de preservação permanente, acesso e distribuição espacial do ecossistema na paisagem.

Por fim, enfatiza-se a relevância de trabalhos sobre nascentes, visto que são através desses ecossistemas que se originam as drenagens superficiais que são tão importantes para o desenvolvimento das atividades econômicas e sociais. Proteger e preservar as nascentes é contribuir para a manutenção do ciclo da água e de toda uma rede hidrológica.

REFERÊNCIAS

DE MOURA, Mirella Nazareth; FELIPPE, Miguel Fernandes. Hydrogeomorphology of Brazilian Springs: Between Diversity and Lack of Knowledge. In: **Geomorphology of Brazil: Complexity, Interscale and Landscape**. Springer Cham, 2022. p. 99-118.

DO CARMO, Laila Gonçalves; FELIPPE, Miguel Fernandes; JUNIOR, Antônio Pereira Magalhães. Áreas de preservação permanente no entorno de nascentes: conflitos, lacunas e alternativas da legislação ambiental brasileira. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 34, n. 2, p. 275-293, 2014.

DOS SANTOS, Álvaro Rodrigues. O Código Florestal ignora a geologia das nascentes. **Eco21** – ano XXVI – nº 237 – agosto de 2016.

BRASIL. Constituição (2012). **Código Florestal Brasileiro**. Lei 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasília, Diário Oficial da União - Seção 1 - 16/9/1965, Pág. 9529. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4771-15-setembro-1965-369026-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 10 de ago. 2020.

GOMES, Priscila Moreira; DE MELO, Celine; DO VALE, Vagner Santiago. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. **Sociedade & Natureza**, v. 17, n. 32, p. 103-120, 2005.

FELIPPE, M. F. **Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte-MG com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais**. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências / Universidade Federal de Minas Gerais, 2009

FELIPPE, Miguel Fernandes; JUNIOR, Antônio Pereira Magalhães. Conflitos conceituais sobre nascentes de cursos d'água e propostas de especialistas. **Revista Geografias**, p. 70-81, 2013.

PARKER, Sophie S. et al. Conservation of Mojave Desert springs and associated biota: status, threats, and policy opportunities. **Biodiversity and Conservation**, v. 30, n. 2, p. 311-327, 2021

ROMADHAN, Ach et al. Political Ecology Protection Spring Water in Batu. **Journal of Local Government Issues (Logos)**, v. 3, n. 1, p. 75-85, 2020.

SOUZA, K.I.S et al. (2019). Proteção ambiental de nascentes e afloramentos de água subterrânea no Brasil: histórico e lacunas técnicas atuais. **Águas Subterrâneas**, 33(1), 76–86. <https://doi.org/10.14295/ras.v33i1.29254>.

Contato com o autor: debholland@alu.ufc.br

Recebido em: 08/02/2023

Aprovado em: 18/04/2024