



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO**  
**AMBIENTE**

**DÉBORA MACIEL CASTELO HOLANDA**

**ESPACIALIZAÇÃO E AVALIAÇÃO AMBIENTAL DAS NASCENTES DE**  
**DRENAGENS DO ALTO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PACOTI**  
**(CEARÁ, BRASIL)**

**FORTALEZA**

**2022**

DÉBORA MACIEL CASTELO HOLANDA

ESPACIALIZAÇÃO E AVALIAÇÃO AMBIENTAL DAS NASCENTES DE  
DRENAGENS DO ALTO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PACOTI  
(CEARÁ, BRASIL)

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de concentração: Proteção ambiental e gestão de recursos naturais.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Marta Celina Linhares Sales

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- H689e Holanda, Débora Maciel Castelo.  
Especialização e avaliação ambiental das nascentes do alto curso da bacia hidrográfica rio Pacoti (Ceará, Brasil) / Débora Maciel Castelo Holanda. – 2022.  
94 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Fortaleza, 2022.  
Orientação: Profa. Dra. Marta Celina Linhares Sales.
1. Recursos hídricos. 2. Conservação de nascentes. 3. Gestão ambiental. I. Título.

CDD 333.7

---

DÉBORA MACIEL CASTELO HOLANDA

ESPACIALIZAÇÃO E AVALIAÇÃO AMBIENTAL DAS NASCENTES DE  
DRENAGENS DO ALTO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PACOTI  
(CEARÁ, BRASIL)

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de concentração: Proteção ambiental e gestão de recursos naturais.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Marta Celina Linhares Sales

Aprovada em: 10/06/2022.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Marta Celina Linhares Sales (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Marcelo Martins de Moura Fé  
Universidade Regional do Cariri (URCA)

---

Prof. Dr. Carlos Henrique Sopchaki  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por estar presente em todas as minhas conquistas e nos desafios que atravessaram minha trajetória até aqui. Deixo registrado também todas as pessoas que me apoiaram e se somaram nesse caminho de construção da dissertação.

Gostaria de agradecer a minha primeira equipe de campo formada por Ranielly Macêdo, Fabiano Fontenele e Bruno Alves que me deram total suporte no deslocamento, acolhida e hospedagem. Vivemos momentos de muitos perrengues, mas também geradores de boas risadas e aprendizados.

Agradeço também a quem me acompanhou nos demais campos, ao geólogo Marcelo Rios e ao Zé Carneiro, mestre da cultura do município de Pacoti que tive a honra de conhecer e ser guiada por todas as trilhas que levaram as nascentes do rio Pacoti.

Agradeço a minha família que também se uniram as idas aos campos na serra de Baturité, gerando boas lembranças e recordações desse momento importante para minha carreira profissional.

Apesar de ter sido concebida longe da academia devido às condições sanitárias oriundas da pandemia, agradeço o apoio de professores e colegas que sempre estiveram prontos a ouvir e a dialogar sobre a pesquisa. Agradeço, especialmente, a minha orientadora professora Marta Celina que sempre se mostrou disposta a me auxiliar durante todo o processo de construção do conhecimento e escrita.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

Por fim, agradeço a oportunidade de desenvolver pesquisa na universidade pública com recursos que possibilitaram a formação desse conhecimento que agora tenho o entusiasmo de compartilhar com a comunidade em geral.

Ó rio Pacoti,  
Tu que já foi uma artéria que alimentou o coração de Fortaleza,  
Tu que já foi tão lindo e belo,  
Rio que alimentou colibris e toda uma população,  
Um rio valente que deu e tirou a vida sem preconceito ou ressentimento,  
Hoje tu lamentas a poluição e o desmatamento,  
Mas tu resistes respirando,  
Gigante da serra do Pacoti,  
Teu nome vai das montanhas até ao mar,  
Reflorescendo de vida a cada município,  
Um rio que já foi o mais magnífico do Ceará,  
De um gigante passou a ser menino,  
De menino passou a ser um velhinho compadecendo,  
Quem tanto te valorizou no passado hoje te despreza.

(CARNEIRO, 2022)

## RESUMO

A água, elemento primordial para maior parte da vida existente no planeta, tem se tornado uma temática central nas discussões mundiais. A percepção sobre a finitude desse recurso provocou uma busca por estratégias que contribuíssem para um melhor gerenciamento e uso desse componente fornecido pela natureza. Apesar da necessidade inquestionável de preservar os recursos hídricos, o conhecimento e os esforços voltados a cuidar desse bem, podem ser considerados insuficientes frente a importância intrínseca a esse elemento. Essas estratégias de conservação são ainda mais limitadas quando se considera as reservas subterrâneas, ambientes ainda sem muitos dados amplamente conhecidos. Intermediando a complexa interação entre as águas superficiais e subterrâneas está a função ecossistêmica das nascentes. Denominadas também como fontes e/ou olhos d'água, as nascentes são responsáveis por toda a malha hídrica do planeta, portanto, manejar esses ecossistemas é contribuir para a manutenção e fornecimento de água através dos rios, lagos e lagoas. Ainda que desenvolvam uma função ecológica fundamental na natureza, observa-se uma carência de informações, sobretudo, a nível de detalhe. Portanto, o presente estudo visou contribuir com essa discussão, com a geração de informações a partir da identificação e espacialização das nascentes de drenagens e a avaliação desses ecossistemas através da aplicação do Índice de Impacto Ambiental em Nascentes - IIAN. Para configurar a área de estudo foi selecionado alto curso da bacia hidrográfica do rio Pacoti, região do maciço de Baturité, dada a contribuição e importância estratégica no desenvolvimento e abastecimento público de água para a capital e Região Metropolitana de Fortaleza. Além disso, os dados levantados podem contribuir ainda com o fortalecimento das áreas protegidas já existentes na área da bacia como a Área de Proteção Ambiental da Serra de Baturité e a unidade de conservação, ainda em fase de estudos de criação, que propõe proteger as áreas dos três açudes responsáveis pelo abastecimento populacional, Pacoti, Riachão e Gavião. Para melhor compreensão ambiental e gerenciamento dos dados, foi aplicada a classificação de tipologias de nascentes proposta por Felipe (2009). Essa metodologia, apoiada pela base geomorfológica, proporcionou o reconhecimento das nascentes a partir da forma e do tipo de ocorrência de exfiltração. Após identificação, mapeamento e classificação, foi analisada o grau de proteção ambiental estabelecido a partir da execução do Índice

de Impacto Ambiental em Nascente – IIAN, conforme Gomes, Melo e Vale (2005), e Felipe (2009). Ainda que limitados a informações visuais da superfície, os resultados permitiram reflexões importantes sobre a condição das nascentes no contexto do uso e ocupação no alto curso do rio Pacoti e os impactos gerados na malha hídrica da região. O mapeamento de nascentes é uma etapa basilar e merece destaque dentro dos estudos, dado que, são áreas pequenas e de difícil visualização espacial dentro dos métodos restritos ao remoto. Uma vez identificadas e mapeadas, essas informações podem fomentar banco de dados, favorecendo ações de monitoramento, conservação e outros serviços.

**Palavras-chave:** recursos hídricos; conservação de nascentes; gestão ambiental.



## ABSTRACT

Water, a primordial element for most of the life on the planet, has become a central theme in global discussions. The perception of the finite nature of this resource has led to a search for strategies that contribute to a better management and use of this component provided by nature. Despite the unquestionable need to preserve water resources, the knowledge and efforts aimed at caring for this asset can be considered insufficient in view of the intrinsic importance of this element. Intermediating the complex interaction between surface water and groundwater is the ecosystem function of springs. Also known as springs and/or water eyes, the springs are responsible for the entire water network of the planet, therefore, managing these ecosystems is to contribute to the maintenance and supply of water through rivers, lakes, and ponds. Although they develop a fundamental ecological function in nature, there is a lack of information, especially at the level of detail. Therefore, this study aimed to contribute to this discussion, with the generation of information from the identification and spatialization of drainage springs and the evaluation of these ecosystems through the application of the Index of Environmental Impact on Springs - IIAN. To configure the study area it was selected the upper course of the watershed of the Pacoti River, region of the Baturité massif, given the contribution and strategic importance in the development and public water supply for the capital and metropolitan region of Fortaleza. Furthermore, the data collected can also contribute to the strengthening of existing protected areas in the basin area, such as the Environmental Protection Area of Serra de Baturité and the conservation unit, which is still being studied, which proposes to protect the areas of the three dams responsible for the population's supply, Pacoti, Riachão and Gavião. For better environmental understanding and data management, the classification of typologies of springs proposed by Felipe (2009) was applied. This methodology, supported by the geomorphological basis, provided the recognition of the springs from the form and type of occurrence of exfiltration. After identification, mapping and classification, the degree of environmental protection was analyzed through the implementation of the Index of Environmental Impact in Springs - IIAN, according to Gomes, Melo and Vale (2005), and Felipe (2009). Although limited to visual information of the surface, the results allowed important reflections on the condition of the springs in the context of use and occupation in the upper course of the Pacoti River and the impacts

generated on the water network in the region. The mapping of springs is a fundamental step and deserves emphasis within the studies, since they are small areas and difficult to visualize spatially using methods restricted to the remote. Once identified and mapped, this information can promote a database, favoring monitoring actions, conservation and other services.

**Keywords:** water resources; conservation of springs; environmental management.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo .....	20
Figura 2 - Lentic springs types .....	28
Figura 3 - Lotic springs types .....	28
Figura 4 - Fluxograma para geração do MDEHC .....	49
Figura 5 - Geração de MDEHC por linhas de comando .....	50
Figura 6 - Mapa das nascentes de drenagens do rio Pacoti .....	52
Figura 7 - Mapa Geológico .....	54
Figura 8 - Mapa dos sistemas ambientais .....	56
Figura 9 - Mapa de solos .....	59
Figura 10 - Mapa fitoecológico .....	62
Figura 11 - Mapa climático .....	64
Figura 12 - Exemplo de barragem privada .....	70
Figura 13 - Mapa de nascentes do setor sotavento .....	74
Figura 14 - Registro de queimadas próximo a nascentes .....	76
Figura 15 - Mapa de nascentes do setor barlavento .....	78
Figura 16 - Localização do olho d'água (Porangaba) .....	79
Figura 17 - Registro de intervenções em nascente do tipo olho .....	83
Figura 18 - Área de ocorrência de nascente intermitente .....	84
Figura 19 - Descarte incorreto de resíduos .....	88

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Média pluviométrica anual .....	65
---	----

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Definições e tipos de nascentes.....	23
Quadro 2 - Quadro conceitual sobre nascentes .....	29
Quadro 3 - Classificação das nascentes em função dos valores de vazão.....	30
Quadro 4 - Síntese de marcos regulatórios brasileiros sobre o tema água.....	38
Quadro 5 - Classificação de nascentes de acordo com a morfologia.....	45
Quadro 6 - Classificação de nascentes de acordo com a exfiltração .....	46
Quadro 7 - Metodologia do Índice de Impacto Ambiental Macroscópico.....	47
Quadro 8 - Nascentes com intervenções estruturais.....	69
Quadro 9 - Tipos de exfiltrações de nascentes .....	81

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Classificação das nascentes quanto aos impactos macroscópicos....	48
Tabela 2 -	Classificação das nascentes mapeadas quanto ao tipo morfológico e exfiltração.....	82
Tabela 3 -	Resultados obtidos após análise dos dados.....	87

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASF	Alaska Satellite Facility
APP	Área de Preservação Permanente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais
COGERH	Companhia de Gerenciamento de Recursos Hídricos
GAB	Great Artesian Basin
IIAN	Índice de Impacto Ambiental em Nascentes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégica e Econômica do Ceará
MDEHC	Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
SSEC	Society of Spring Ecology and Conservation
SSI	Springs Stewardship Institute
SRH	Secretaria dos Recursos Hídricos
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
UC	Unidade de Conservação
USGS	United States Geological Survey
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>1.1 Acesso e localização da área de estudo</b> .....	19
<b>1.2 Objetivos</b> .....	20
<b>1.2.1 Objetivo Geral</b> .....	20
<b>1.2.2 Objetivos Específicos</b> .....	20
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	21
<b>2.1 Nascente como conceito</b> .....	21
<b>2.2 Esforços globais para conservação de nascentes</b> .....	34
<b>2.3 Conservação de nascentes no Brasil</b> .....	38
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	43
<b>3.1 Trabalho de Campo</b> .....	43
<b>3.2 Classificação e características das tipologias de nascentes</b> .....	44
<b>3.3 Índice de impacto ambiental em nascentes – IIAN</b> .....	46
<b>3.4 Mapeamento e caracterização das nascentes em estudo</b> .....	48
<b>4 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	53
<b>4.1 Aspectos físicos</b> .....	53
<b>4.1.1 Geologia</b> .....	53
<b>4.1.2 Geomorfologia</b> .....	55
<b>4.1.2.1 Solos</b> .....	57
<b>4.1.2.2 Vegetação</b> .....	60
<b>4.1.2.3 Clima</b> .....	63
<b>5 COMPARTIMENTAÇÃO GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA</b> .....	65
<b>6 IDENTIFICAÇÃO E ESPACIALIZAÇÃO DAS NASCENTES</b> .....	68
<b>6.1 Nascentes no setor sotavento</b> .....	71
<b>6.2 Nascentes no setor barlavento</b> .....	75



<b>6.3 Fisiografia das nascentes estudadas</b> .....	80
<b>7 IMPACTOS AMBIENTAIS MACROSCÓPICOS OBSERVADOS</b> .....	85
<b>7.1 Grau de proteção das nascentes</b> .....	85
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	88
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	91

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um dos elementos naturais mais importantes para a sobrevivência de toda uma cadeia de espécies e processos ecológicos. A necessidade de buscar estratégias para conservação desse recurso é inquestionável e cada vez mais urgente perante as alterações praticadas pela sociedade no planeta.

O Brasil é o país com maior reserva hídrica do mundo, dispondo da metade da água disponível na América do Sul. Apesar da abundância, essa água não é bem distribuída no território, apresentando uma concentração de 68% da água apenas na região norte do país (BARRETO, 2010).

Tal disponibilidade, entretanto, fez com que esse elemento natural fosse, durante muito tempo, visto como um recurso inesgotável. Atualmente, devido à crescente demanda, junto ao mau uso e gerenciamento da água, é possível encontrar cenários alarmantes de escassez hídrica e intensificação da aridez em determinadas regiões do planeta (CAPELLARI, 2018).

O despertar da consciência para o uso racional, assim como para a preservação da água são extremamente necessários, uma vez que, a recuperação ambiental pode gerar gastos excessivos para a própria sociedade e ainda haver cenários em que o dano é irreparável.

Tão importante quanto conservar e proteger as águas, seja elas superficiais ou subterrâneas, é também salvaguardar os ecossistemas que fornecem água proveniente de uma descarga natural e que alimenta toda a malha hidrográfica da Terra.

Esses ecossistemas, conhecido como nascentes, estão localizados, principalmente, nas partes mais elevadas do relevo, favorecendo o surgimento de pequenas drenagens (córregos, riachos) que, por sua vez, somam-se a outros cursos d'água até a formação dos canais principais, com maior volume até deságuem no oceano (CASTRO; LIMA; LOPES, 2007).

De modo geral, o surgimento das nascentes acontece quando o aquífero atinge a superfície, favorecendo com que a água armazenada no subsolo jorre para a camada superficial da terra (CASTRO; LIMA; LOPES, 2007). Desta forma, as nascentes são resultado de uma interação complexa entre a combinação de fatores que influenciam tanto a dinâmica subterrânea quanto a superfície.

Nesse sentido, o sucessivo desaparecimento de nascentes, ou seja, a interrupção da exfiltração da água, conseqüentemente, ocasiona impactos sobre toda a rede de drenagem e corpos hídricos a jusante do sistema.

. A complexidade envolvendo a água e, sobretudo, os recursos hídricos, desafia cientistas, pesquisadores e tomadores de decisões a conhecer e executar planos e técnicas eficientes que tenham por objetivo assegurar a quantidade e qualidade para os múltiplos usos desse recurso (SILVA et al.,2021). Dentro dessa complexidade, interligando o ambiente subterrâneo e superficial, há o surgimento dos ecossistemas de nascentes. Mesmo compreendendo um reduzido tamanho espacial, as nascentes atuam como sistemas elementares, uma vez que, são responsáveis pela formação da malha hídrica do planeta (CASTRO; LIMA; LOPES, 2007).

Com as mudanças climáticas, o reconhecimento sobre a função das nascentes se tornou fundamental para alcançar estratégias de conservação e, sobretudo, o bem estar das espécies. De maneira geral, é possível encontrar iniciativas de países como Nova Zelândia, Estados Unidos e Austrália, no lançamento de protocolos para conservação de nascentes, assim como também apoio a estudos e criação de banco de dados para conhecimento e monitoramento desses ambientes (SCARSBROOK; BARQUÍN, 2007; PTY, 2019; HOWARD T. ODUM FLORIDA SPRINGS INSTITUTE, 2021). Ainda assim, a carência de informações é algo notável, sobretudo, em nível de detalhe.

Apesar da inegável importância ecológica e da demanda de conhecimento sobre a sua dinâmica ambiental, o conflito de informações sobre as nascentes já se inicia no campo conceitual. Para Stevens, Scherk e Springer (2020), a falta de um acordo entre os especialistas e autoridades sobre as nascentes e sua classificação, tem contribuído para a degradação desses ecossistemas. Para os autores, é necessária uma compreensão científica que proporcione uma melhor gestão sobre esses ambientes, cuja degradação vem denunciando uma crise na conservação global.

No Brasil, as definições presentes na legislação ambiental não abrangem a complexidade desses ambientes, permitindo a formação de uma vasta variedade de entendimentos sobre um mesmo sistema natural. Caberia aos textos legais, portanto, uma abordagem com maior conhecimento sobre o ecossistema de

nascentes, permitindo uma maior eficiência das estratégias de proteção e conservação.

É evidente, portanto, a necessidade de uma coesa sistematização conceitual sobre a definição de nascente, assim como uma classificação que integre a diversidade quanto aos tipos e formas que podem ser encontradas essas feições. Essa compreensão é necessária não só para o campo científico, mas também para orientação da comunidade em geral, sobretudo, para proprietários de terras que possuem nascentes em suas propriedades.

A carência de informações espaciais também é um fator que implica na construção de estratégias para conservação e proteção das nascentes. Essas limitações reverberam na ausência de referências representativas a nível mundial (STEVENS; SCHERK; SPRINGER, 2020).

Apesar disso, é possível encontrar alguns estudos com propostas de definição e classificações para os ambientes de nascentes, ainda que, em muitos dos casos essas propostas sejam baseadas na realidade local com especificidades que podem não favorecer uma aplicação universal (FELIPPE et al., 2009; BARRETO, 2010; KRESIC, 2010; FELIPPE; MAGALHÃES JÚNIOR, 2013; IKEMATSU et al., 2016; STEVENS; SCHERK; SPRINGER, 2020).

Nesse contexto, o presente trabalho buscou contribuir com a atual e urgente discussão sobre as nascentes, a partir do empenho de identificar e mapear as formas desses ambientes para geração de informações que podem auxiliar em futuras ações de proteção e conservação ambiental. A identificação dessas áreas é uma primeira etapa que compõe um procedimento básico e fundamental para subsidiar, inclusive, na elaboração de estratégias no campo da gestão ambiental sobre os recursos hídricos. Em meio a diferentes propostas sobre tipologias e classificações de nascentes, foi adotada para o desenvolvimento deste trabalho, uma conceituação e metodologia baseadas, sobretudo, na identificação a partir da geomorfologia, partindo, portanto, de um campo do saber amplamente aceito. Para uma melhor avaliação do contexto de proteção desses ecossistemas, também foi aplicado um Índice de Impacto Ambiental em Nascentes – IIAN (GOMES; MELO; VALE, 2005).

Os procedimentos metodológicos foram executados na bacia hidrográfica do rio Pacoti, localizada no centro norte do Ceará. Esse rio, que se constitui como um importante recurso usado para o abastecimento público possui uma trajetória

percorrendo desde o maciço de Baturité, onde se situa suas nascentes, englobando cursos de drenagens de riachos, segue, aproximadamente, 150 quilômetros até chegar a sua foz no oceano Atlântico, entre os municípios de Fortaleza, Eusébio e Aquiraz.

Com o objetivo de assegurar o fornecimento de água para abastecimento da capital Fortaleza e sua região metropolitana, foi implementado o sistema Pacoti-Riachão – Gavião, que consistiu na transferência de água a partir da unificação das bacias hidrográficas do rio Pacoti e do rio Cocó. Recentemente, esse sistema tem recebido apoio para implementação de uma unidade de conservação – UC para proteção dos açudes do sistema.

A identificação das nascentes se restringiu ao alto curso do rio, área da bacia que geralmente possui poucas informações detalhadas, com levantamento no setor sotavento e barlavento do maciço. Todas as nascentes foram encontradas em propriedades particulares. O levantamento de dados e a análise ambiental, além de contribuir com informações detalhadas sobre as nascentes, permitiram reflexões importantes sobre a legislação brasileira e as suas determinações quanto ao conceito, direito de uso e geração de impactos nesses ecossistemas.

### **1.1 Acesso e localização da área de estudo**

O acesso ao maciço de Baturité saindo da capital Fortaleza é dado por quatro rodovias principais, CE-020, CE-060, BR 116 e CE-253. Percorrendo pela CE-060 acompanham-se trechos do canal principal do rio Pacoti, nas imediações do município de Redenção.

Para a localização das nascentes foram explorados os municípios de Pacoti, Guaramiranga e Mulungu, situados nas porções mais elevadas do maciço. Foram visitadas as localidades de Pernambuco, Gameleira, Ouro e Rolador. Seguindo o canal principal do rio Pacoti foram percorridos também as localidades de Serrinha Bela, Guassi, Areia, Santa Ana, São Gerardo, Piancó, Palmeirinha e Brenha, todas localidades situadas entre os municípios de Pacoti e Redenção.

As nascentes visitadas foram identificadas no alto curso da bacia hidrográfica, a qual coincide com os limites da APA da Serra de Baturité, compreendendo, em algumas porções do relevo, áreas de difícil acesso devido a declividade e a presença de uma densa cobertura florestal. (Figura 1).



- c) Aplicar o método do índice de impacto ambiental através dos parâmetros visuais e macroscópicos;
- d) Avaliar o grau de proteção ambiental das nascentes.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Nascente como conceito**

A busca pela conservação de nascentes passa pela necessidade de definir uma conceituação precisa, fundamentada no conhecimento sobre a dinâmica ambiental desse ecossistema. É importante distinguir as diferentes manifestações desse ambiente em relação a outros tipos de ocorrências, como por exemplo, fontes de água artificiais e outras surgências.

De maneira geral, as nascentes são definidas como sendo um ponto onde ocorre a exfiltração da água subterrânea na superfície, que, por vez, irá proporcionar o surgimento de córregos, rios e lagoas (CASTRO; LIMA; LOPES, 2007). Para Felipe (2009), a imprecisão quanto ao conceito de nascente está relacionada a multidisciplinariedade que carrega o termo. Há uma diversidade de áreas do conhecimento que tomam os ambientes de nascentes como objeto de estudo. Assim, para o autor, o que poderia ser uma vantagem, se torna um ponto chave para divergências conceituais.

No contexto das iniciativas para conceituação e classificação de nascentes, destacamos Stevens, Scherkm e Springer (2020), pesquisadores que realizaram levantamento sobre as principais características que são observadas nos estudos que se sujeitam a encontrar parâmetros satisfatórios que englobem a diversidade dos ecossistemas de nascentes.

Nesse universo, as características predominantes que integram esses estudos tipológicos apresentado pelos autores são voltadas para características sobre o fluxo, ou seja, o comportamento da descarga da nascente o que compreende também a variabilidade da vazão, a qualidade da água, apresentando dados como a geoquímica da nascente, a diversidade da biota e a indicação de impactos antrópicos. Apontam também estudos que trabalham em cima de etapas processuais mais robustas com demonstrações numéricas, através de modelagens, estimativas quanto a mecânica do aquífero e os impactos das atividades humanas

na recarga das águas subterrâneas e no fluxo de nascentes. Existem classificações a partir da geomorfologia, geralmente mais utilizada e que foca na posição da nascente na paisagem, incluindo a interação sistêmica, como a exemplo dos aspectos hidrológicos e vegetativos. E de maneira mais restrita, a realização de classificação biológica colaborando com dados sobre variáveis fitogeográficas e faunísticas, diferenciando áreas úmidas de nascentes.

Em alguns países também é possível encontrar manuais técnicos ou protocolos que auxiliam na classificação de nascentes determinada por esses instrumentos de gestão, a exemplo do inventário utilizado pela *Springs Stewardship Institute* nos EUA.

Para Stevens, Scherkm e Springer(2020), mesmo havendo uma variedade metodológica de classificações, ainda persiste uma carência de critérios que tenha a capacidade de diferenciar a diversidade de nascentes terrestres. Considerando que a classificação de nascentes deve ir além das características hidrológicas e do ponto de exfiltração, os autores aplicaram um modelo de classificação observando outras variáveis como micro habitats, drenagem de riachos e zonas ribeirinhas. Essas variáveis foram importantes na classificação de nascentes, no contexto biogeográfico, a partir da observação da biota, da complexidade de habitats e de nichos e dos valores culturais de uso e manejo desses ambientes.

Utilizando-se do método de “chaves dicotômicas”, muito comum no campo da ecologia para classificação de seres vivos, Stevens, Scherkm, Springer (2020), adaptaram esse instrumento para estabelecer uma proposta de classificação de nascentes, com foco na estrutura morfológica e função ecológica. O resultado após aplicação da chave dicotômica, pelos autores estão copilados no quadro 1, com representação dos modelos nas Figuras 2 e 3.



Springs type	Definition	Common subtype	Examples
1. Cave	Gravity-driven groundwater emergence within a cave (a conduit with an aperture sufficient to allow human entrance), from tubular, fissure, or joint geologic structure(s) before reaching the atmosphere (Meinzer 1923, Fetter 2001), or from an anthropogenically excavated tunnel; common in karstic and igneous terrains (e.g., central Europe, American Ozarks). Lotic and lentic flow conditions commonly co-occur.	Perennial; ephemeral; anthropogenic.	Cave Spring, Cave & Basin National Historic Park, Alberta, Canada (natural; Springer et al., 2015); Miskolctapolca Bath Cave, Miskolc, Hungary (partially anthropogenic)
2. Exposure	The aquifer is exposed to the atmosphere, but typically does not flow; these lentic water bodies occur in fracture, contact, or depression structural contexts (Sloan 1972, Meinzer 1923, Fetter 2001)	Perennial, ephemeral; anthropogenic (e.g., mines, quarries, livestock watering tanks).	Devils Hole, Death Valley NP, Nevada, USA; some volcanic maars (perhaps some of the Katwe-Kikorongo Volcanic Explosion crater lakes in Uganda); Lac de Gahsa, Tunisia (appeared in 2014)
3. Fountain	Lotic flow-focused, gravity-driven, artesian Upwelling through a fracture or tubular geologic pathway, with ground water rising substantially (e.g., >10 cm) above the surrounding land surface (Meinzer 1923)	Perennial; ephemeral; anthropogenic fountains are created by drilling into a confined artesian aquifer	Peirene Fountain, Corinth, Greece (Robinson 2011); Franklins Fountain, Cache County, Utah
4. Geyser	Gas (steam or CO <sub>2</sub> ) or geothermally driven eruption of groundwater, often from a mineral precipitate mound; lotic conditions prevail but pools also commonly occur	Ephemeral; Anthropogenic result from well drilling into geothermal or CO <sub>2</sub> -producing strata and aquifers.	Old Faithful, Yellowstone NP, Wyoming, USA; Onikobe Geyser, Naruko Onsen, Japan.

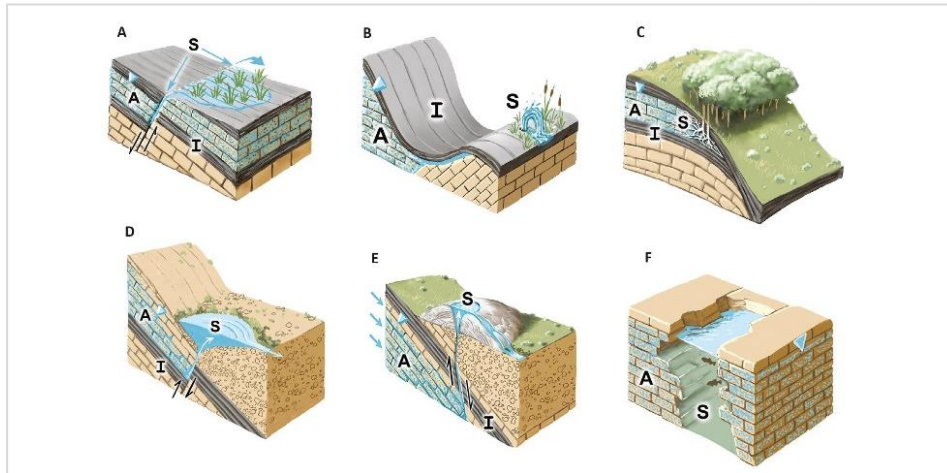
<b>5. Gushet</b>	Flow-focused, gravity-driven, lotic groundwater emergence on a nearly vertical cliffand in a plunging cascade of madicolous flow.	Cave, hillslope, mound-form, rheocrene, travertine springs.	Thunder River, Grand Canyon National Park, Arizona, USA (Springer et al., 2008); Laguna del Laja Cascadas del Rio Laja, Province Biobio, Chile; Termas de Baños, Baños, Ecuador (geothermal)
<b>6. Hanging Garden</b>	Diffuse, gravity-driven groundwater emergence along a horizontal or near-horizontal geologic contact between an aquifer (typically sandstone or basalt) and an underlying aquitard (usually shale or siltstone); both lentic and lotic flow conditions can exist.	Ephemeral, hillslope, mound-form, rheocrene; anthropogenic (e.g., Cliff see page down stream from some dams).	Weeping Wall, Zion National Park, Utah, USA
<b>7a. Floodplain (rheocrenic) helocrene (not illustrated)</b>	Diffuse-flow, gravity-driven, low-gradient, lentic, marsh-forming wet meadows that arise on stream channel or lake margins, and are subject to regular stream scour or inundation by regular lake stage fluctuation; these seepage springs may arise from a buried geologic contact or structure.	Fountain, floodplain hillslope, limnocrenic margins; precipitate (hygroscopic) or organic mound, mire forming in rheocrenic setting (rheo-helocrene or fluvial marsh, often with little or no peat due to high flood frequency); some palm oases (Cornett, 2008)	e.g., Hance Rapid Spring, Grand Canyon, Arizona (Stevens et al., 1995)
<b>7b. Upland helocrene</b>	Diffuse-flow, gravity-driven, low-gradient, lentic, marsh-forming, wet meadows that form in plains, away from regular stream scour; wet meadows that generally arise from seepage associated with buried geologic contacts or structure.	Hillslope fountain; limnocrene margins; developing precipitate (hygroscopic) or organic mound; peatland fens or mires can be GDEs in rheo-topogeneous (flowing depressional) settings or as soligenous mires or peatlands, or marginal seepage slopes (Wheeler and Proctor 2003, Rocchio 2006); potentially including rheo-helocrene (flowing wet meadows; Glazier 2014); palm oasis; GDE swamp woodlands or forests.	Empire Cienega, Tucson, Arizona, USA; Bobolice Alkaliine Fen, Chociel Valley, Poland (Osadowski et al., 2018)
<b>8a. Floodplain (rheocrenic) hillslope</b>	Channel margin floodplain (rheocrenic) hillslope springs emerging with in the 100-yr flood return stage elevation of the adjacent stream or river, and reflecting the disturbance dynamics and vegetation of that stream;	Ephemeral; rheocrene; anthropogenic (e.g., pipe or ditch leakage)	Big Springs, Ozark National Scenic Riverways, Missouri, USA

	gravity-driven focused or diffuse ground water emergence on nearly flat to steeply sloping channel margins; may include high gradient cienega habitat; flow of water focused at bottom of the springs ecosystem); sometimes occurring as travertine-forming springs; lotic and lentic flow conditions can co-occur.		
<b>8b. Upland hillslope</b>	Gravity-riven focused or diffuse flow ground water emergence generally on slopes of 15–60 (may include high gradient cienegas), with flow often focused at bottom of the springs ecosystem), and sometimes as travertine forming springs; upland hill slope springs emerge outside of stream channels and therefore are not subject to fluvial flood cyclicity; lotic and lentic flow conditions can co-occur.	Ephemeral; anthropogenic (e.g., pipe or ditch leakage)	Watridge Karst Spring, Spray Lakes Provincial Park, Alberta, Canada (Springer et al., 2015)
<b>9. Hypocrene</b>	A flow-focused, gravity-driven, shallow confined aquifer, with groundwater expressed through wetland vegetation but not as surface emergence of flow; occurring naturally, but usually not ephemeral; supporting perennial wetland and woody riparian vegetation; also commonly developing as groundwater tables decline through aquifer over draft, causing hydroarch succession from aquatic and wetland vegetation, to riparian, and ultimately upland vegetation.	Mound-form; anthropogenic (due to ground water depletion).	Colorado River Mile 70L Hypocrene Springs, Grand Canyon National Park, Arizona, USA.
<b>10. Limnocrene</b>	Focused flow, gravity-driven, pool-forming, generally lentic, forming from fissure, depression, or contact contexts (Meinzer 1923, Odum 1957); Can contain acidic (e.g., some GDE bogs) or geothermal waters (e.g., Dianas Punchbowl, central Nevada and Other Great Basin geothermal lakes; prairie potholes are sourced, in part, from groundwater, and some are examples of	Perennial; ephemeral; anthropogenic (GDE livestock watering tanks, mine pits, quarries, etc.); perennial GDS pools and lake; paleosprings; lacustrine GDE mires; rheolimnocrene (springbrook channel pools; Glazier 2014).	Silver Springs, Marion County, Florida, USA (Odum 1957); King Spring, Ash Meadows National Wildlife Refuge, southern Nevada

	limnocrenes; ephemeral limnocrenes are recognized; limnocrenes can be confused with carbonate mound springs.		
<b>11a. Mound, mineral precipitate</b>	Diffuse or focus, gravity-driven in flow resulting in precipitation of secondarily derived minerals, from or around which groundwater emerges and usually flows, potentially with both lentic and lotic flows.	Precipitate mounds can form in depression, sinkhole, tubular, fissure, fracture, or joint geologic structures (Meinzer 1923, Fetter 2001, Bryan 1919); erroneously keying to riverine or lacustrine wetlands in Cowardin et al. (1979); often called ponds or lakes (Schutten et al. 2011).	Montezuma Well, Rimrock, Arizona, USA (Blinn 2008)
<b>11b. Mound, ice (not illustrated)</b>	Diffuse flow, gravity-driven, generally lentic; forming in permafrost-dominated landscapes by seepage and freezing of emerging groundwater.	Helocrene, limnocrene (when melted).	-
<b>11c. Mound, organic (not illustrated)</b>	A diffuse flow, gravity-driven, generally lentic flow resulting in deposition of organic matter (e.g., peatmound) that creates a dome form, from or around which groundwater emerges.	Helocrene, hillslope, limnocrene.	Mount Emmons Iron Fen, Gunnison County Colorado, USA.
<b>12. Rheocrene</b>	Focused flow, gravity-driven, lotic groundwater emergence in a established channel (a channel exists upstream from the source); emerging on the floors of dry channels or subaqueously in perennial streams; emergence is due to geologic structural constraints on the groundwater flowpath.	Cave, geyser, gusher, hanging garden, helocrene, hillslope, limnocrene, moundform; most periodic springs and some estavelles occur as rheocrenes; some in channel palm oases (Cornett 2008); anthropogenic (urban effluent releases and dam tailwaters quasifunction as rheocrenes).	Subaqueous Lava Tube Spring, upper Rio Grande River, northern New Mexico (Bauer and Johnson 2010); Periodic Spring, Wyoming (Huntoon and Coogan 1987); Villa Pliniana Spring, Como, Italy (Pliny the Elder 77)
<b>13. Paleospring (not illustrated)</b>	A flow-focused, gravity-driven, now-dry but much formerly a flowing, carbonate, or other springs ecosystem type, typically pre-Holocene in age, and bearing fossilized evidence of past ecosystem function; limnocrenes and collapsed carbonate-mound springs may contain evidence of paleosprings fossils as well; paleosprings maybe identified by past, or current, mineral deposits if emanating from karst terrain, or paleopeat deposits.	Travertine deposits, carbonate mound.	Central Arbuckle Mountains, Oklahoma, USA; marine Great Blue Hole, Lighthouse Reef, Belize.

Fonte: Stevens, Scherkm, Springer (2020);  
Adaptação: Holanda (2020).

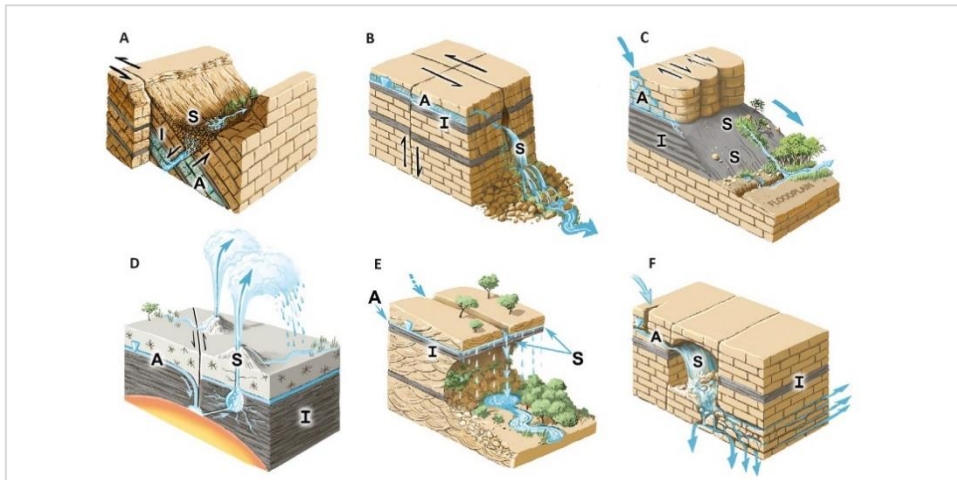
Figura 2 - Lentic springs types



Legenda: (A) helocrene, (B) fountain, (C) hypocrene, (D) limnocrene, (E) mound-forming, and (F) semi-lotic fountain springs. A on each figure stands for aquifer, I, impermeable infiltration barrier (aquitarde); S, surface groundwater expression (spring source).

Fonte: Springer e Stevens (2009).

Figura 3 - Lotic springs types



Legenda: (A) rheocrene, (B) gusher, (C) floodplain vs. upland hillslope, (D) geyser, (E) hanging gardens, and (F) cave springs. A on each figure stands for aquifer, I, impermeable infiltration barrier (aquitarde); S, surface groundwater expression (spring source).

Fonte: Springer e Stevens (2009).

Os resultados encontrados pelos pesquisadores são fundamentais para despertar e compreender a diversidade de aspectos quanto à forma e dinâmica que pode ser observada nos estudos sobre os ecossistemas de nascentes. Ainda que não tenham proposto uma classificação padrão de uso generalizado ou universal, a compilação dessas informações é extremamente importante para subsidiar bancos

de dados de informações básicas sobre ecologia, biodiversidade, identificação e distribuição de nascentes na paisagem.

No Brasil, a classificação de nascentes ainda é restrita a algumas áreas do conhecimento, sem muito desenvolvimento no campo interdisciplinar de modo efetivo e que compreenda iniciativas de criação de protocolos para inventariação dessas áreas. Percebe-se a necessidade de uma produção maior de identificação e mapeamento desses ecossistemas, para elaboração básica de referências que forneça suporte para levantamento de outros aspectos ambientais importantes como apresentado no modelo proposto de Stevens, Scherkm, Springer (2020).

Em relação ao conceito, os trabalhos, de forma geral, aceitam a definição posta pela legislação do Código Florestal, Lei 12.651/2012 e propõem em cima desse ponto de partida algumas classificações mais específicas que as encontradas nas normativas legais.

Discutindo os diferentes conceitos de nascentes, Ikematsuet al., (2016) e Felipe e Magalhães Júnior (2013) copilaram, através de diferentes métodos, algumas definições de autores mostrando o universo de conceituações que podem alcançar um mesmo ecossistema (Quadro 2).

Quadro 2 - Quadro conceitual sobre nascentes

<b>Conceito</b>	<b>Ano</b>	<b>Autor</b>
Um ponto ou área (zona ou lugar) da superfície do terreno no qual flui ou aflora de modo natural à água proveniente da subsuperfície.	1983	Custódio e Lhamas
O mesmo que cabeceira de um rio. Geralmente não é um ponto e sim uma zona considerável da superfície terrestre.	1993	Guerra
A spring may have a discharge that is fairly constant, or the discharge may vary. Spring can be permanente or ephemeral. The water may contain dissolved minerals of many differently pesor certain dissolved gases or petroleum. The temperature of the water maybe close to the mean annual air temperature or belower or higher. Flow may range from a barely perceptible see pageto 1000 ft <sup>3</sup> (30 m <sup>3</sup> ) or more per second.	1994	Fetter
A nascente do rio ou riacho é a fonte situada no	2005	Gomes, Melo e Vale .,

limite do afloramento do aquífero.		
A springs a concentrated discharge of ground water appearing at the ground surface as a current off lowing water. To be distinguished from springs are see page areas, which indicate a slower movement of groundwater to the ground surface. Water in see page áreas may pond and evaporate or flow, depending of magnitude of thesee page, the climate and the topography.	2005	Tood e Mays
Manifestações superficiais de lençóis subterrâneos.	2005	Valente e Gomes
Sistema ambiental em que o afloramento da água subterrânea ocorre naturalmente, de modo temporário ou perene, e cujos fluxos hidrológicos na fase superficial são integrados à rede de drenagem.	2013	Felippe e Magalhães Jr

Fonte: Felipe; Magalhães Júnior (2013); Ikematsu et al., (2016).

Adaptação: Holanda (2022).

Assim como o conceito, a classificação de nascentes também é abordada por diferentes maneiras. Castro, Lima e Lopes (2007) trataram de classificar os principais tipos de nascentes quanto ao regime de vazão identificando como perenes, intermitentes e efêmeras. Além dessa classificação clássica, os autores atribuem uma diferenciação por classe ou magnitude em função da vazão observada (Quadro 3).

Quadro 3 - Classificação das nascentes em função dos valores de vazão

<b>Classe ou magnitude</b>	<b>Vazão (L/min)</b>
<b>1</b>	>170.000
<b>2</b>	17.000 – 170.000
<b>3</b>	1.700 – 17.000
<b>4</b>	380 – 1.700
<b>5</b>	38 – 380
<b>6</b>	4 – 38
<b>7</b>	0.6 – 4
<b>8</b>	<0.6

Fonte: Valente (2007)

Adaptação: Holanda (2022)

Outro parâmetro de classificação é quanto ao tipo de reservatórios que as nascentes estão sujeitas. Segundo os autores, os lençóis freáticos dão origem as nascentes de encostas e difusas. Aponta-se que, em casos excepcionais, os lençóis artesianos também podem dá origem a esses dois tipos de nascentes.

Como nascente de encosta definem que são aquelas que surgem a partir da inclinação da camada impermeável ser menor que a da encosta, ocorrendo um encontro em um determinado ponto entre esses dois ambientes permitindo a exfiltração do lençol freático. Nascentes de encostas também são conhecidas por olhos d'água. A ocorrência de nascentes difusas é identificada nos casos em que a camada impermeável se estabelece paralelamente na parte mais baixa do terreno, onde ocorrerá um fluxo d'água proveniente da encosta para o lençol freático, elevando o nível da água, fazendo com que esse nível apareça de forma desordenada na superfície ocasionando o encharcamento do solo.

Outra proposta de classificação é dada por Valente e Gomes (2015), os quais também dão importância para a origem de nascentes em relação ao reservatório em que se inserem. Nascentes formadas por lençol freático são definidas como nascentes de contato ou de depressão. A nascente de contato é definida como sendo aquelas encontradas no sopé dos morros, também conhecidas como nascentes de encostas. A nascente de depressão é considerada como sendo do tipo olho d'água, manifestada através de borbulhamento na superfície ou do tipo difusa com características de brejo causadas por vazamentos superficiais.

A classificação oriunda de lençóis artesianos é dada pelo aparecimento de nascente de encosta, associada a paisagens montanhosas. Também inserem aqui a possibilidade de surgimento de nascentes a partir de falhas geológicas, canais ou galerias formadas em rochas cársticas.

Valente e Gomes (2015), assinalam a dificuldade de enquadrar na prática uma nascente dentro da classificação proposta, no entanto, chamam a atenção para a diferenciação do tipo freático e artesianos, uma vez que, essa característica afeta diretamente na forma de recarga. Para os autores, ainda existe uma diferenciação entre fonte e nascente, onde nascente é conceituada como manifestações superficiais dos lençóis que formam córregos e fonte se resume a uma acumulação de poças.



Ainda que baseado intrinsecamente aos aspectos do ambiente físico, ou seja, ao tipo de relevo e ao reservatório subterrâneo, observa-se que as conceituações e classificações de nascentes se distinguem entre os autores. Essa observação corrobora com as afirmações de Stevens, Scherkm, Springer (2020), onde afirmam que existe uma necessidade de um consenso científico sobre a classificação de nascentes para que seja proporcionada uma consciência pública e governamental atuante na formulação de projetos que trabalhem na redução do desaparecimento global desses ecossistemas.

Percebe-se que mesmo com nomenclaturas distintas, os estudos de nascentes possuem um ponto comum que é o destaque quanto à importância desse ecossistema. Das classificações mais simples as mais complexas, é possível compreender que as nascentes desempenham uma função ecológica fundamental para o planeta e que é necessário pautar estratégias que gerencie não só informação, mas também ações de proteção e conservação desse ambiente.

De maneira geral, é possível constatar que os conceitos consideram os aspectos relacionados ao afloramento da água subterrânea, origem do curso d'água, ocorrência natural, regiões de cabeceiras e águas superficiais e subterrâneas.

A carência de um conceito mais assertivo e que englobe as diferentes manifestações de nascentes, dificultam não só a convergência dos estudos acadêmicos como também compromete o desempenho das ações de proteção e conservação asseguradas na legislação ambiental.

A classificação quanto aos tipos de nascentes também sofre divergências de abordagens com diferentes nomenclaturas. De modo geral, as classificações de nascentes são categorizadas quanto as variações anuais das descargas de água sendo compreendidas entre perenes, temporárias e efêmeras. Classificações detalhadas podem ser encontradas na literatura, no entanto, muitas vezes estão vinculadas a uma determinada área do conhecimento e/ou objetivo específico, o qual limita o uso generalizado.

Portanto, a categorização com ampla representatividade, ou seja, que possam servir como modelos para orientação e disseminação de outros estudos sobre esses ambientes é outro desafio que acompanha o processo de estudos de nascentes. Essa problemática se relaciona diretamente com o escasso

conhecimento sobre os ecossistemas de nascentes, assim como também reflete a conceituação estabelecida pela legislação.

Felippe (2009) considera, então, que os problemas conceituais também estão relacionados a não contemplação de alguns tipos de nascentes que não possuem descargas em determinado período do ano. Nesse contexto, soma-se também o conflito entre outros termos como cabeceiras, nascentes, fontes artificiais e outras surgências.

Essas divergências teóricas conceituais se concretizam em campo, no espaço real, exteriorizando toda a imprecisão inerente ao estudo de nascentes. Percebe-se, então a necessidade de um conceito amplamente reconhecido que proporcione a identificação precisa desses ambientes, considerando as variações quanto ao tipo e forma.

A lacuna conceitual evidencia o não comprometimento de políticas ambientais para com a proteção desses ambientes, pois não há um consenso, muito menos orientação que norteie a ação de gestores, pesquisadores e tomadores de decisões (IKEMATSU et al., 2017).

Ainda assim, diante de tantas abordagens generalistas e por vezes divergentes, a discussão sobre as nascentes deve ser priorizada, principalmente, no escopo de gestão. A interdisciplinaridade oriunda a esse objeto de estudo deve ser abordado de modo que favoreça o estabelecimento de um conceito preciso, considerando os diferentes comportamentos do ambiente e que possibilite execução da legislação com maior eficiência.

Dentro dessa diversidade de conceitos e classificação, o presente trabalho assume o conceito de nascente estabelecido por Felipe(2009, p.22):

“[...] 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).

A escolha por esse direcionamento conceitual justifica-se por três fatores: 1. Fácil compreensão e aplicabilidade em campo, apresentando uma viabilidade para uso na gestão ambiental englobando teoria e prática; 2. Coesão metodológica da presente pesquisa com a execução do IIAN e 3. Predominância do aspecto geomorfológico na classificação, campo do conhecimento consolidado e universalmente aceito. O direcionamento, portanto, sobre essa definição não resolve

as incongruências conceituais, mas favorece o trabalho preliminar de conhecimento e observação sobre os ambientes de nascentes *in loco*.

Ainda que imerso em um universo de debates acerca das diferentes propostas de tipologias, é possível encontrar em outros países instrumentos, oriundos de iniciativas governamentais e parcerias privadas, que subsidiam estudos sobre nascentes, corroborando com o fomento de banco de dados científicos para difusão de informação e monitoramento sobre desses ecossistemas.

## **2.2 Esforços globais para conservação de nascentes**

Em algumas regiões do planeta, principalmente, aquelas situadas em zonas áridas, direcionaram o conhecimento para estudar a dinâmica ambiental de nascentes. De estudos isolados, à consagração de projetos e programas governamentais, percebe-se um crescente número de trabalhos que se dedicam a compreender o ecossistema de nascentes, assim como a elaboração de plataformas que auxiliem na difusão do conhecimento (GROSSMAN; ZAVOYSKI; SOLUTIONS, 2012).

As iniciativas demonstram como as nascentes estão se tornando centrais para discussão sobre os recursos hídricos. A busca pelo conhecimento e estratégias de conservação é justificada através de indícios ambientais que comprovam a função fundamental das nascentes em períodos de mudanças climáticas anteriores (CARTWRIGHT et al., 2020).

Consideradas como um paleorefúgio, evidências em diferentes partes do planeta sugerem que as nascentes forneceram condições favoráveis para sobrevivência de espécies da fauna e da flora em um clima anteriormente mais seco (CARTWRIGHT et al., 2020).

Cartwright et al., (2020) trazem como evidências de paleorefúgios, a existência de táxons endêmicos e linhagens evolutivas de plantas e animais (aquáticos e terrestres) associadas a expressões superficiais provenientes de águas subterrâneas.

As nascentes, portanto, atuaram como refúgio fornecendo recursos como, água, comida, sombra, funções importantes durante as secas, servindo como apoio a habitats isolados (CARTWRIGHT et al.,2020).

Diante disso, preocupados com as mudanças climáticas e projeções de secas severas, países como EUA e Austrália vem promovendo iniciativas para proteger e conservar o que denominam de refúgios eco-hidrológicos (STEVENSet al., 2016).

Esses refúgios eco-hidrológicos, são microambientes que possuem potencial para atuarem semelhante ao paleorefúgio no passado. Há, portanto, esforços com objetivo de levantar informações acerca da identificação e classificação de refúgios eco-hidrológicos. Dentre as iniciativas, há uma preocupação em preservar e restaurar nascentes para maximização desses refúgios (CARTWRIGHT *et al.*, 2020).

De modo exemplificar o efeito desses refúgios ecológicos, cita-se os estudos envolvendo o caranguejo de água doce da espécie *kingleya attenboroughi*, encontrada na região do Cariri, no estado do Ceará. Essa espécie vem chamando atenção por ser um tipo raro que exige condições específicas para a sua sobrevivência. Pinheiro e Santana (2016), explicam que a ocorrência desse caranguejo depende de fatores que envolvem altitude e da presença de florestas úmidas. A detecção dessa espécie foi dada às margens de pequenos córregos de água cristalina, compreendendo assim a restrição da sua biota.

Evidências como essas sugerem, portanto, que uma nascente ou complexos de nascentes tem potencial para fornecer em longo prazo um refúgio estável, além de mitigar ameaças não climáticas, como, por exemplo, a disponibilidade de água subterrânea (CARTWRIGHT *et al.*, 2020).

Barquín e Scarsbrook (2008) destacaram iniciativas importantes de proteção e recuperação de nascentes em diferentes países. Os autores, revisaram iniciativas entre grupos de pesquisadores, projetos financiados, conferências e documentos oficiais relacionados a conservação de nascentes e estratégias com propostas que impulsionaram o conhecimento acerca da proteção e funcionamento desse sistema ambiental.

Nos Estados Unidos na região da Flórida, os autores destacaram o gerenciamento delineado em ações baseadas em etapas para proteção e restauração das nascentes e aquíferos subterrâneos. Na região de Las Vegas, no estado de Nevada, a realização de uma conferência sobre zonas úmidas no ano de 2002, propiciou a elaboração, a partir de diferentes visões, de um documento sobre manejo de áreas de nascentes. Outra iniciativa foi dada através do Departamento do

Interior, *Bureau of Land and Management*, o qual produziu um guia para o gerenciamento e proteção das nascentes do oeste dos EUA.

Ainda de acordo com essa revisão, apresentaram como iniciativa na Alemanha, a *Society of Spring Ecology and Conservation* – SSEC como uma instituição responsável por levantamento de informações detalhadas sobre nascentes. Para a divulgação dessas informações a organização criou uma revista intitulada *Crunoecia*. Além dessa estratégia, a SSEC também promoveu o primeiro simpósio europeu sobre ecologia e conservação de nascentes.

Na Austrália, a *Great Artesian Basin* – GAB constitui-se como um grupo de pesquisadores que se reúnem anualmente para discutir a proteção de nascentes. O departamento que trata sobre o meio ambiente no país também publicou um plano de manejo específico para nascentes em regiões montanhosas. O governo australiano ainda desenvolveu estratégias nacionais para gestão das águas subterrâneas.

Por fim, na Nova Zelândia, destacou-se o compromisso da busca por uma melhor compreensão sobre os impactos antrópicos nas nascentes financiou um estudo por um período de três anos, o qual teve por objetivo levantar informações sobre a biodiversidade e proteção de nascentes.

Recentemente, vale ressaltar o I Simpósio Ibérico sobre a Conservação dos Ecossistemas de nascentes - SICEF, ocorrido no ano de 2019 na cidade de Barcelona. O evento foi voltado para uma integração entre gestores, técnicos, proprietários rurais e pesquisadores para construção de uma estratégia de conservação urgente para esse ecossistema.

Outro destaque, e que pela a capacidade de armazenamento e divulgação de dados, contribui imensamente para a disseminação do conhecimento sobre nascentes, é a organização *Springs Stewardship Institute* - SSI. Esse instituto, localizado na região do Arizona/EUA, desde 2013 vem alcançando uma expressiva divulgação ao se tornar uma iniciativa global do museu do norte do Arizona. Com uma meta de compartilhar e avançar em pesquisas sobre o ecossistema de nascentes, o SSI elaborou a plataforma *Springs Online* em 2014.

A plataforma é um recurso gratuito e contém diversas informações relevantes de dados ecológicos, biológicos e geológicos os quais são possíveis graças à contribuição e alimentação coletiva de pesquisadores de todo o mundo. O alcance

de um alto padrão de critério e organização resultou em programas e projetos governamentais dos EUA pautados em protocolos do SSI.

Segundo informações contidas na própria plataforma, atualmente, usam desses serviços cerca de mil organizações e pesquisadores. Nomeada como *Springs Online*, essa plataforma possui financiamento e apoio do Serviço Florestal dos EUA e do Departamento Bureau of Land Management.

Estudos aplicados em diferentes partes do mundo apontam para a necessidade de identificação, classificação, recuperação e proteção de nascentes. Para áreas rurais, esse monitoramento se torna ainda mais urgente, uma vez que, muitas comunidades fazem uso direto da água, acreditando na portabilidade do recurso. Entretanto, com o aumento de uso de substâncias químicas no solo e na vegetação, a contaminação da água subterrânea é cada vez mais recorrente.

Naves et al., (2019), ao estudarem nascentes na região rural do município de Abegondo na Espanha, constatou altos índices de nitrato e contaminação bacteriológica. Parte do problema estava associada a uma pressão poluidora sobre as águas subterrâneas pela atividade agrícola. As condições sanitárias também contribuíram fortemente para a poluição dessas reservas hídricas. Como solução, os autores propuseram ações de restauração, inventário detalhado sobre os usos dos solos, métodos para recuperação da qualidade da água e definição de zonas estratégicas para proteção.

Na Indonésia, na cidade de Batu, Romadhan *et al;* (2020) apontaram para a pressão do turismo sobre as reservas hídricas. O impacto da ascensão dessa atividade, que impulsionou o crescimento urbano, comprometeu a sustentabilidade local afetando diretamente as comunidades agrícolas. Os autores constataram que em relação as perturbações ambientais sobre as nascentes, 54% são tidas como severas. Como resposta, o governo adotou uma política ecológica efetivando uma gestão ambiental sobre as nascentes. Dentro dessa política, foi elaborado um Plano Regional (2010-2030) estabelecendo que uma nascente seja uma área de proteção local e deve ser protegida dentro do raio de sua divisa em 200 metros.

Há uma diversidade de métodos com objetivos de identificar nascentes que podem subsidiar a gestão desse ambiente. O fundamental é que o método considere a multiplicidade de manifestação desse ecossistema. Javadi, Moghaddam e Roozbahani (2019), entendendo uma nascente como importante fornecedora de

água subterrânea e de fontes valiosas, principalmente, para zonas áridas, determinou um modelo analítico para definição de áreas protegidas e índice de vulnerabilidade para nascentes encontradas no centro de Zagros - Irã.

Para definição das áreas protegidas, os autores levantaram informações relevantes sobre a estrutura geológica, o fluxo da água subterrânea, vulnerabilidade e outras variáveis hidrogeológicas. Para o índice de vulnerabilidade, analisaram hidrogramas de nascentes, avaliação da bacia hidrográfica e variável como taxa de fluxo, temperatura e condutividade elétrica em função da infiltração.

Para cada realidade, as adaptações e ajustes devem ser realizados. O importante é que a discussão sobre a conservação e proteção das nascentes tome maiores proporções dentro das políticas ambientais para que assim haja um gerenciamento mais adequado desse ecossistema.

### 2.3 Conservação de nascentes no Brasil

A política ambiental do Brasil acompanhou, em parte, as decisões tomadas em reuniões globais, principalmente, após a década de 1970, com ascensão dos movimentos ambientalistas. A realização de eventos como a Declaração Universal dos Direitos da Água – ONU 1992, Conferência Mar Del Plata em 1997, Conferência Internacional sobre o Meio Ambiente e a Cúpula da Terra em 1992, mostraram a preocupação internacional com o meio ambiente, em especial, ao tema da água. (CAPELLARI; CAPELLARI, 2018)

Partindo de uma revisão sobre a água no âmbito jurídico brasileiro, Capellari e Capellari (2018) realizaram um levantamento histórico importante para a compreensão do tratamento sobre os recursos hídricos dentro da política brasileira em diferentes períodos históricos. O resumo desse levantamento está sintetizado no Quadro 4.

Quadro 4 - Síntese de marcos regulatórios brasileiros sobre o tema água

<b>Legislação/Normativa</b>	<b>Ordenação/Deliberação</b>	<b>Nº/Ano</b>
Constituição Imperial	Rios pertencentes a Coroa	1824
Código Penal	Penalidade de cárcere para poluição de água potável	1890
Constituição	Indicou competência federais estaduais para atuação sobre a água	1891

Código Civil	Valorização econômica sobre a água	1916
Código das Águas	Classificação da água	24.643/1934
Decreto	Organizou os registros de aproveitamento de energia hidráulica	13/1935
Decreto-Lei	Criou o conselho nacional das águas cujas competências se restringiam a energia elétrica.	1699/1939
Código Penal	Responsabilidade penal pela poluição das águas	2848/1940
Constituição	Domínio da água pelo estado e União	1946
Lei	Código Florestal	4771/1965
Constituição	Direito ao ambiente ecologicamente equilibrado. Delegou à União a competência de legislar sobre a água e energia	1988
Lei das Águas	Institui o PNRH e o SINGREH	9.433 /1997
Lei	Criação da ANA	1994
Lei	Código Florestal	12.651/2012

Fonte: Capellari e Capellari (2018)  
 Elaboração e adaptação: Holanda (2021)

Em geral, no Brasil, as preocupações governamentais tiveram como motivadores a proteção dos recursos naturais, como maneira de assegurar a riqueza territorial nos termos da colonização. O que refletiu em uma concentração de responsabilidade no governo central.

A partir do Código das Águas de 1916, observou-se uma organização institucional para tratamento específico sobre a questão dos recursos hídricos. De acordo com Magalhães Júnior (2007), o Código das Águas foi um importante instrumento até o final da década de 1990 para a gestão dos recursos hídricos, pois estabeleceu diretrizes como cobranças pelo uso de água, concessões e autorizações administrativas, além do controle de interesses setoriais.



Conforme Marinho e Moretti (2013), a partir do crescimento de discussões sobre o meio ambiente no século XX, buscou-se reavaliar as políticas nacionais com tentativas de incorporar a gestão dos recursos hídricos na Constituição de 1988, não havendo, todavia, grandes modificações para o setor nesse período.

Em 1965, com o Código Florestal Lei nº 4.771 (BRASIL, 1965) a água voltou a tomar destaque junto a instituição das Áreas de Preservação Permanente – APP. O Código tratou de regularizar os usos do solo no território nacional compreendendo faixas de preservação, limites para desmatamento, definições para reflorestamento, regularização de propriedades rurais e diligências quanto a proibições e penalidades.

Nesse Código, as nascentes foram definidas como áreas de preservação permanente com um raio mínimo de 50 metros de proteção em qualquer situação topográfica. O texto legal não detalhou como realizar, na prática, a definição das larguras de proteção. Apesar de ser um marco importante como política ambiental, não houve grandes efeitos sobre mudanças que na prática beneficiassem os recursos naturais do país. No caso das nascentes, a ausência de caracterização ambiental na lei demonstra uma falta de compreensão sobre o ambiente e sua função ecológica.

De acordo com Felipe e Magalhães Jr (2013), existem lacunas e contradições na legislação ambiental brasileira relacionadas a não consideração sobre a complexidade fisiográfica e topográfica das nascentes, o que corroborou com ações ineficientes quanto aos objetivos de proteção destas áreas.

Ao debater sobre o descompasso entre discurso e prática das políticas ambientais no Brasil, Da Costa (2011, p.126) afirma que as “Leis reconhecidamente importantes não são aplicadas devido a conflitos de interesses de grupos e/ou setores econômicos e políticos.”

De fato, a implementação de decretos, resoluções e leis ambientais regulamentam compromissos que quase sempre não são aceitos por aqueles que rendem em cima do frágil gerenciamento dos recursos naturais.

Em 1997, foi promulgada a Lei das Águas, Lei 9.433 (BRASIL, 1977) a qual consagrou a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento - PNRH. Essa lei estabeleceu uma estrutura integrada de gestão ambiental hídrica do país, descentralizando as ações e viabilizando uma autonomia

para intervenções regionais através da criação de agências, secretarias, conselhos e comitês.

A PNRH integrou a formulação e implementação de políticas voltadas para administrar colegiados e outorgas a âmbito nacional e estadual. Em nível de hierarquia, na esfera nacional integram os Conselhos Nacionais, o Ministério do Meio Ambiente juntamente com o Sistema de Recursos Hídricos, além da Agência Nacional das Águas.

Na esfera estadual cearense, a estrutura de maior escala é representada pelo Conselho Estadual, Secretarias e outras entidades estaduais, por sua vez, respondem a essas instâncias superiores, o Comitê de Bacia e a Agência de Bacia. É possível perceber, portanto, que no plano organizacional e teórico, há uma organização categórica e estrutural de instâncias responsáveis pelo gerenciamento dos recursos hídricos.

No plano da PNRH, não é identificada qual competência seria responsável pela proteção das nascentes. No entanto, com as deliberações de outorgas para uso de recursos hídricos, as nascentes entram como um recurso que deve ser monitorado, pois seu uso está condicionado a cobrança e fiscalização (CEARÁ, 2010).

Desse modo, mais uma vez, à luz da legislação, há uma ausência de caracterização ambiental e uso de conceitos e diretrizes gerais para se referir às nascentes. A precariedade sobre orientações dificulta a correta aplicação da legislação e por conseguinte a fiscalização.

Dentro da Resolução nº 303 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, as nascentes são consideradas APP. Na resolução citada, as nascentes são conceituadas como um local onde aflora naturalmente água subterrânea mesmo que de forma intermitente. Assim como no Código Florestal, essa definição também não abrange todas as manifestações de nascentes.

O novo Código Florestal, Lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012), instituído após um debate conflituoso e bastante polêmico envolvendo o setor privado, sociedade e organizações civis, foi um instrumento que favoreceu alguns retrocessos ambientais. Esses retrocessos abriram caminhos para legalização de atividades potencialmente degradantes para o meio ambiente.

Historicamente, após a implementação do Código Florestal em 2012, as nascentes identificadas como não perenes perderam a cobertura protetiva da lei. Ou seja, mesmo desempenhando um papel fundamental, principalmente, para as regiões do semiárido, as nascentes intermitentes ficaram desprotegidas por um determinado período de tempo. Somente em 2018, recorrendo ao art. 225, §1º, da Constituição Federal, o Supremo Tribunal Federal restaurou a obrigatoriedade de proteção no entorno das nascentes e dos olhos d'água intermitentes com a implementação das áreas de preservação permanente (SOUZA et al., 2019).

Mesmo com esse retorno a proteção das nascentes intermitentes pelo Código Florestal, há um conflito que permeia esse entendimento, tendo em vista o desconhecimento sobre a decisão do STF no ano de 2018.

A nível estadual, o Ceará, dispõe da Lei 11.996 (CEARÁ, 1992), a qual veio a instituir a Política Estadual de Recursos Hídricos. Essa Lei, também é responsável por implementar o Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos – SIGERH, instrumento legal direcionado para executar o Plano Estadual dos Recursos Hídricos (CEARÁ, 1992). Percorrendo uma análise sobre esse texto legal, não foi encontrada nenhuma tratativa sobre nascente.

De modo isolado, tem-se a Lei 12.522 (CEARÁ, 1995), a qual definiu nascente e olhos d'água como áreas especialmente protegidas. O Artº 2 deste mesmo instrumento, previu a elaboração de um Perímetro de Conservação de Nascentes e Olhos d'água localizados no estado do Ceará (CEARÁ, 1995). No entanto, não foi possível encontrar nenhum outro artifício legal que provesse de informações sobre a execução desse perímetro destacado na Lei.

Depreende-se então, sobre todo o contexto levantado, que mesmo contando com alguns avanços relacionados a construção de uma política ambiental, a execução de ações na prática não avançou na mesma ordem. Em se tratando de nascentes, além de não haver uma adequada definição conceitual na legislação brasileira para proteção desses ambientes, não há também um consenso de caracterização física para identificação em campo dessas áreas considerando a diversidade ambiental.

Para Lima (2011), as questões ambientais nas políticas brasileiras não surgiram por motivações orgânicas, mas sim por pressões internacionais e de movimentos socioambientais a âmbito interno. Isso explica um pouco a relação entre

os lentos avanços nas conquistas ambientais em contrapartida de acelerados retrocessos como os oficializados no atual Código Florestal

Essa condição é ainda mais preocupante para regiões como o nordeste brasileiro, que necessita de políticas hídricas que favoreçam a disponibilidade de água durante os períodos de estiagens, portanto, desenvolver ações para conservação e manejo de nascentes pode ser um grande potencial para a população residente semiárido nordestino.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

#### **3.1 Trabalho de Campo**

Para melhor compreensão, os procedimentos metodológicos foram divididos por etapas. A primeira etapa consistiu em um trabalho de gabinete com levantamentos de informações secundárias com potencial subsídio para a eficiência da segunda etapa, com a realização dos trabalhos de campos.

O desafio inicial em estudar nascentes foi a busca por trabalhos sobre o alto curso do rio Pacoti. A pouca produção de pesquisas sobre os altos cursos dos rios corroboram para uma carência de informações sobre o comportamento das drenagens e, sobretudo, das nascentes. Boa parte das informações foi levantada ao decorrer do campo com a inventariação de novos dados.

Em gabinete foram averiguadas pesquisas realizadas na área do maciço de Baturité. Preconizaram-se pesquisas acerca da caracterização do maciço, buscando em maior detalhe os aspectos pedológicos, morfológicos e vegetacionais.

Dados cartográficos e análises de dados espaciais também foram estudados na etapa de preparação em gabinete para melhor planejamento pré-campo. Assim, foi consultado imagens espaciais gratuitas fornecidas pelo *Google Earth*, *United States Geological Survey* e *Alaska Satellite Facility*.

As bases de dados sobre recursos hídricos e outros componentes ambientais fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, pela Companhia de Gerenciamento de Recursos Hídricos – COGERH, Secretaria dos Recursos Hídricos– SRH e pelo Instituto de Pesquisa e Estratégica e Econômica do Ceará – IPECE foram utilizados para verificação e manipulação em ambiente de Sistema de Informações Geográficas – SIG.

Por seu reduzido tamanho espacial, não é muito visível a identificação precisa de nascentes através de imagens de satélites, alguns recursos são considerados importantes para auxiliar uma estimativa de localização dessas áreas. Desse modo, a consulta à mapeamentos de drenagens e cobertura vegetal e uso de modelo digitais de elevação, contribuem para o reconhecimento preliminar desses ambientes em campo, a partir da identificação de áreas úmidas e comportamento do fluxo hidrológico local.

O manuseio de dados vetoriais e matriciais contribuiu para uma análise preliminar da área. A extração de informações como declividade, talvegues, divisores de água, microbacias, direção de fluxo de drenagem, ordenação hídrica, tributários e geração de nascentes, foram possíveis dentro do *software* QGIS.

A execução do campo foi dada no segundo semestre no mês de junho e duas campanhas no mês de agosto do ano de 2021. Apesar da importância em analisar as nascentes no período seco e chuvoso, a pesquisa sofreu limitações devido a instalação de barreiras sanitárias nos municípios visitados. De toda forma, foi possível a validação das informações previamente levantadas, e a identificação por coordenadas das nascentes. Para o mapeamento, foi utilizado o GPS portátil modelo Garmim eTrex 10. Além dos instrumentos e técnicas de geoprocessamento, o sucesso do mapeamento foi alcançado através da parceria com moradores locais, em especial, do mestre da cultura do município de Pacoti, Zé Carneiro.

### **3.2 Classificação e características das tipologias de nascentes**

Utilizando-se do conceito de nascente proposto por Fellipe (2009), e da classificação de nascentes baseada na metodologia de tipologia de nascentes proposta por Gomes, Melo e Vale (2005). Adaptada por Fellipe *et al.*, (2009) e Fellipe e Magalhães Jr. (2013), a pesquisa fundamentou-se em aspectos hidrológicos, ambientais e geomorfológicos, associada a uma análise sistêmica considerando as interferências humanas, quer seja no ambiente natural ou modificado/construído.

Essa proposta de classificação preconizou, portanto, uma caracterização visual, a qual considerou fatores como vazão, forma e exfiltração. A variável vazão foi suprimida das análises, pois não foi possível a comparação entre os períodos chuvosos e estiagem.

Quanto à forma, os autores definiram sete tipos de nascentes conforme o tipo morfológico encontrado: 1. Nascentes em talvegue (ravinas ou sulcos erosivos), 2. Nascentes em concavidade (área semicircular com abertura a jusante), 3. Nascentes em duto (esculpidos sub-superficialmente), 4. Nascentes em afloramento (exfiltração através da rocha exumada), 5. Nascentes em cavidade (cavidades erosivas em que a profundidade é maior do que a largura), 6. Nascentes olho (duto na superfície do solo com característico borbulhamento em superfície). e 7. Nascentes que sofreram intervenção humana (Quadro 5)

Quadro 5 - Classificação de nascentes de acordo com a morfologia

<b>Tipo Morfológico</b>	<b>Descrição</b>
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: Holanda (2021)

A exfiltração, por sua vez, é classificada em acordo com o tipo de escape observado da água, a qual pode ser: pontual (nitidamente delimitado em um único local de saída), difusa (afloramento de água em uma área maior sem identificação do ponto exato da exfiltração) ou múltipla (afloramento de água em vários pontos distintos). Pode-se observar no Quadro 6.

Quadro 6 - Classificação de nascentes de acordo com a exfiltração

<b>Tipo de Exfiltração</b>	<b>Descrição</b>
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: Holanda (2021)

### 3.3 Índice de impacto ambiental em nascentes – IIAN

Proposta por Gomes, Melo e Vale (2005), o índice de impacto ambiental em nascente – IIAN, é uma metodologia que quantifica parâmetros macroscópicos visuais como cor da água, odor, lixo, materiais flutuantes, espumas, óleo, esgoto, estado de preservação da vegetação, uso por animais e humanos, tipo de proteção, proximidade com residência e tipo de área de inserção (pública ou privada). Para cada parâmetro é atribuído valores de 1 a 3 (quadro 7), onde ao final o somatório resultará no grau de proteção da nascente, variando entre ótima, boa, razoável, ruim e péssimo. (Tabela 1)

Partindo da necessidade de incluir as intervenções antrópicas diretamente na morfologia da nascente, Felipe (2009) realizou uma adaptação do IIAN considerando as ações antrópicas no ambiente. Perante os valores pré-estabelecidos pela metodologia, o máximo valor alcançado por nascente nesse trabalho foi equivalente a 35 escores com grau ótimo de proteção e o mínimo 29 escores com grau bom de proteção

Após espacialização e caracterização, as nascentes foram, portanto, submetidas ao IIAN compreendendo o levantamento de parâmetros macroscópicos que foram expostos a uma atribuição dos valores para identificação do grau de proteção do ecossistema.

Quadro 7 - Metodologia do Índice de Impacto Ambiental Macroscópico

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); Felipe (2009).

Mesmo restrito a uma análise visual, a construção desse índice é relevante para um diagnóstico preliminar sobre o estado ambiental em que se encontram as nascentes. Diante de um cenário de escassez de informações detalhadas sobre esses ecossistemas, obter resultados como o proporcionado pelo IIAN contribui muito para geração de dados e referências.



Após o somatório, cada nascente pode ser classificada quanto ao grau de proteção correspondente aos parâmetros analisados com variações entre ótimo, bom, razoável, ruim e péssimo. (Tabela 1).

Tabela 1- Classificação das nascentes quanto aos impactos macroscópicos

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

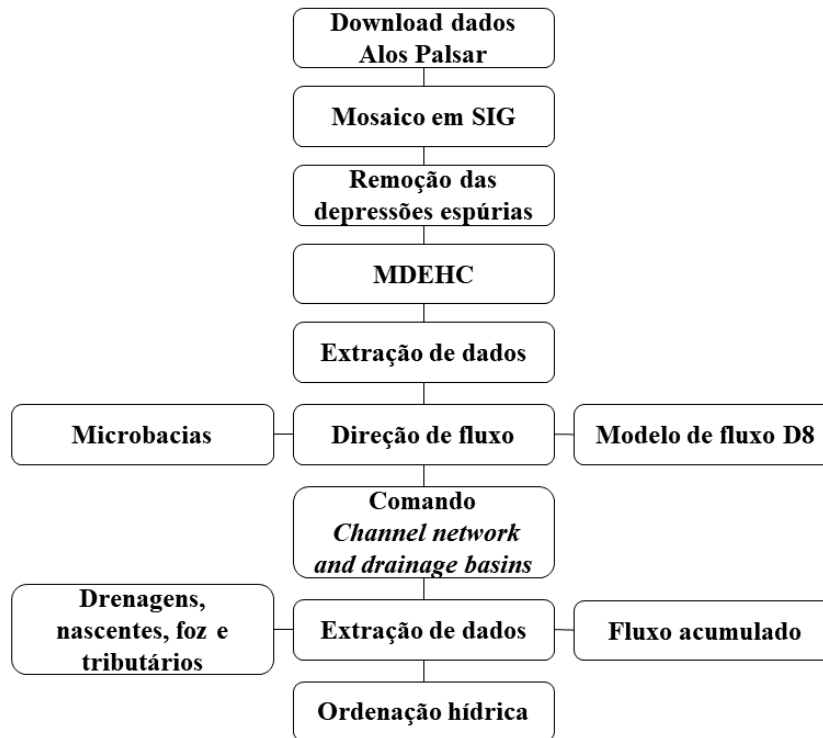
Fonte: Gomes, Melo e Vale (2005); Felipe (2009).

### **3.4 Mapeamento e caracterização das nascentes em estudo**

A coleta de dados oficiais de vetores hidrológicos encontrados nos bancos de dados da COGERH e da SRH demonstra divergências na disposição espacial do canal principal do rio Pacoti e suas respectivas drenagens. Diante disso, foi necessária a obtenção desses dados vetoriais a partir de procedimentos em ambiente SIG.

Nessa primeira etapa, foram realizados dois processos de extração de dados de imagens de satélite para finalidade de comparação e maior nível de assertividade quanto às drenagens em estudo. O primeiro modelo executado foi Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente – MDEHC. Para gerar o MDEHC foi utilizado o modelo de elevação do Alos Palsar, missão de radar de abertura sintética (SAR) o qual fornece informações detalhadas, disponibilizada gratuitamente pela plataforma Alaska Satellite Facility– ASF. Esse procedimento (Figura 4) permitiu a geração automática das drenagens da bacia do rio Pacoti e suas respectivas nascentes, assim como também outras informações de vetores hidrológicos contendo dados sobre fluxo hídrico, microbacias, ordem dos canais e nascentes de drenagens.

Figura 4 - Fluxograma para geração do MDEHC

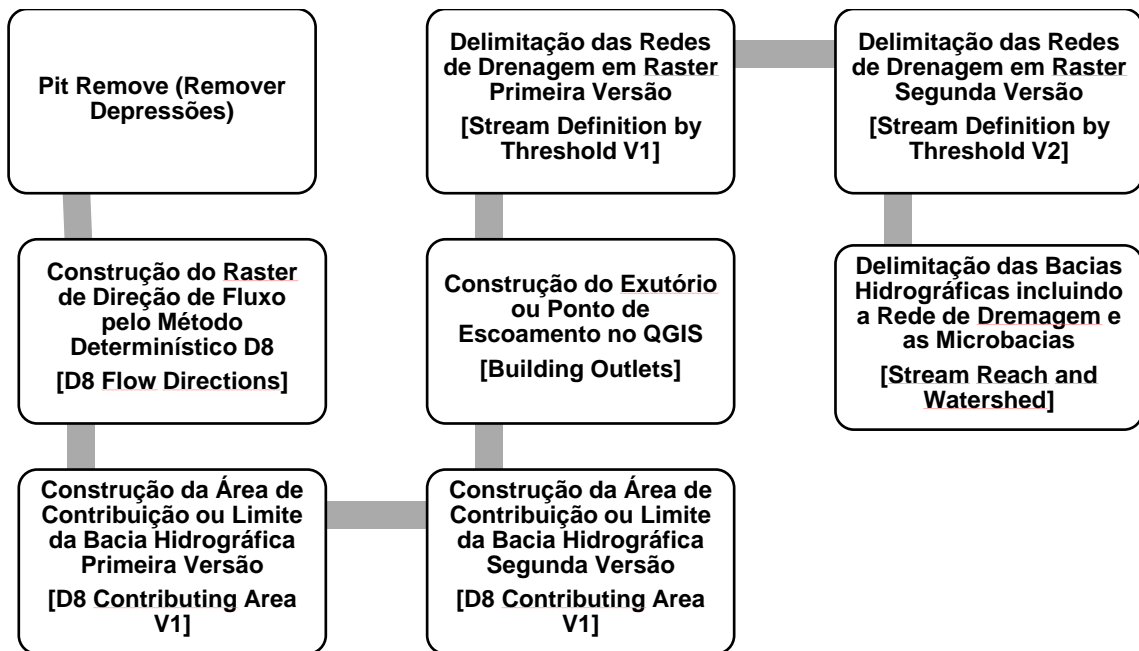


Elaboração: Holanda (2022).

O segundo (Figura 5) modelo gerado foi executado a partir da delimitação da bacia hidrográfica pela linha de comando com coordenadas conhecida do exutório. Esse procedimento também produz um modelo de elevação hidrologicamente corrigido/consistente, o qual gera dados hídricos vetoriais. Portanto, a diferença entre os dois modelos está relacionada ao controle feito pela coordenada conhecida do exutório.

Após processamento, observou-se que os modelos gerados possuíam semelhantes resultados em sobreposição. Com a obtenção desses dados, foi possível comparar com as camadas vetoriais disponibilizadas pelos órgãos oficiais, apontando para o mapeamento da SRH como válido para a identificação adequada do canal principal rio Pacoti e suas respectivas drenagens.

Figura 5 - Geração de MDEHC por linhas de comando



Elaboração: Holanda (2022)

Como recomendado para produtos gerados de modo automático, a veracidade das informações, foi constatada com realização de campo. Na segunda etapa, portanto, foi selecionada uma amostragem das nascentes geradas de forma remota para orientação em campo. Foi possível constatar uma variação de 100 a 200 metros de distância entre as nascentes geradas pelo modelo e a identificação in loco.

No presente mapeamento, foram levantadas 42 nascentes, onde somente em 36 dessas foram possíveis obter acesso direto. Desse total considerado, 17 foram encontrados com intervenção estrutural e 19 com aspecto natural ou pouco alterados (sem interrupção do fluxo hídrico).

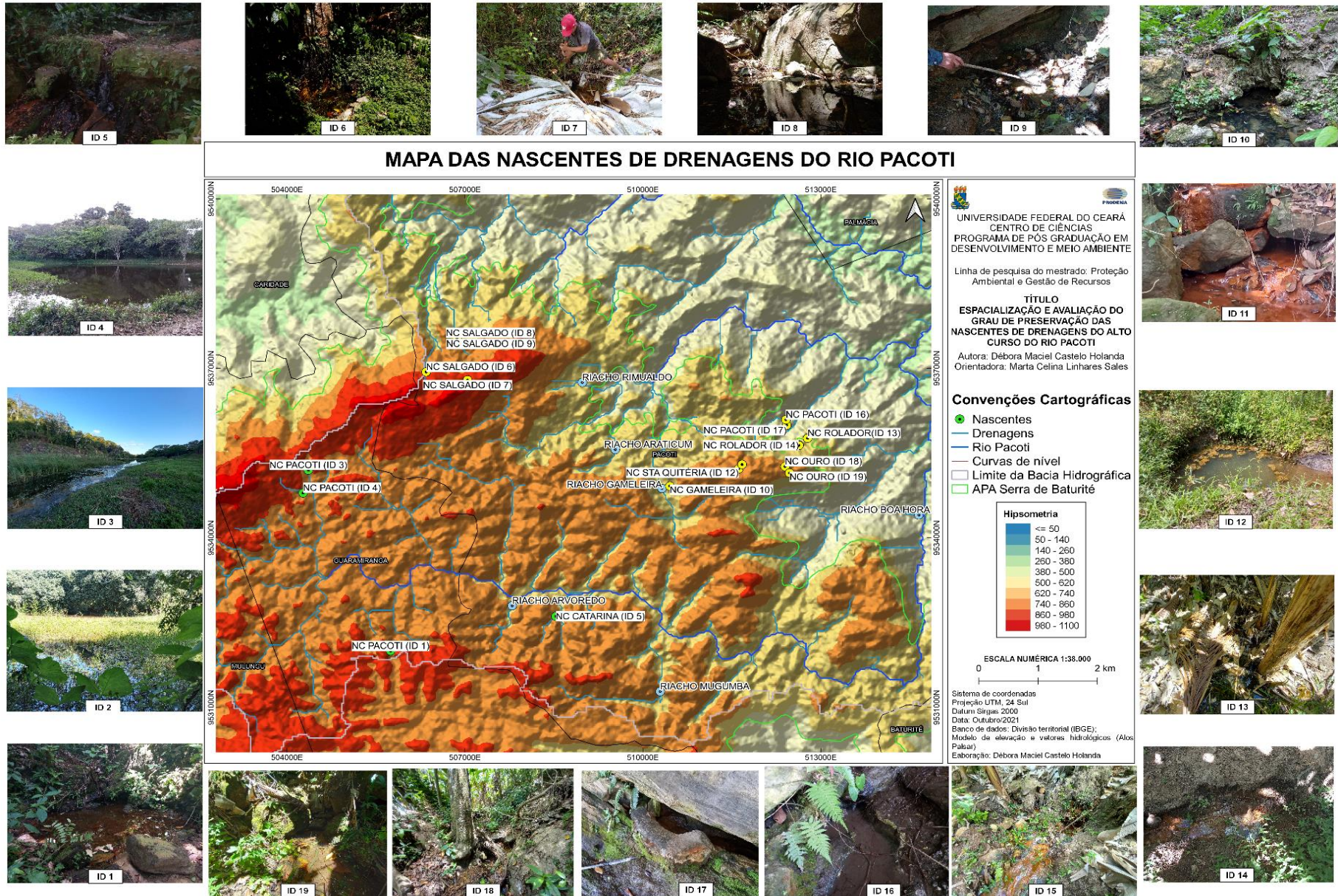
Em relação a posição no relevo, foi possível mapear um maior número de nascentes no setor do sotavento (27) em comparação as localizadas no barlavento (9). Essa desigualdade quantitativa é reflexo do uso e ocupação da serra, a qual, de modo geral, se configura com a porção barlavento dominada, predominantemente, por propriedades particulares pertencentes a uma classe populacional de maior poder aquisitivo e, portanto, com maior restrição ao acesso interno.

Para o desenvolvimento das análises ambientais, foram inseridas no mapeamento apenas as nascentes consideradas naturais ou pouco alteradas, visto que, são áreas ainda sujeitas a integrar ações de recuperação, conservação e manejo.

Além das nascentes de primeira ordem do rio Pacoti, foram levantadas as nascentes do rio Salgado, Gameleira, Santa Quitéria, Rolador, Catarina e Ouro, drenagens que deságuam e formam o leito principal do rio (Figura 6)



Figura 6 - Mapa das nascentes de drenagens do rio Pacoti





## **4 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

### **4.1 Aspectos físicos**

#### **4.1.1 Geologia**

A região da bacia é constituída por uma composição diversificada de rochas. A geologia da área pode ser compreendida pelas formações superficiais e subprovíncia setentrional. (CPRM, 2014)

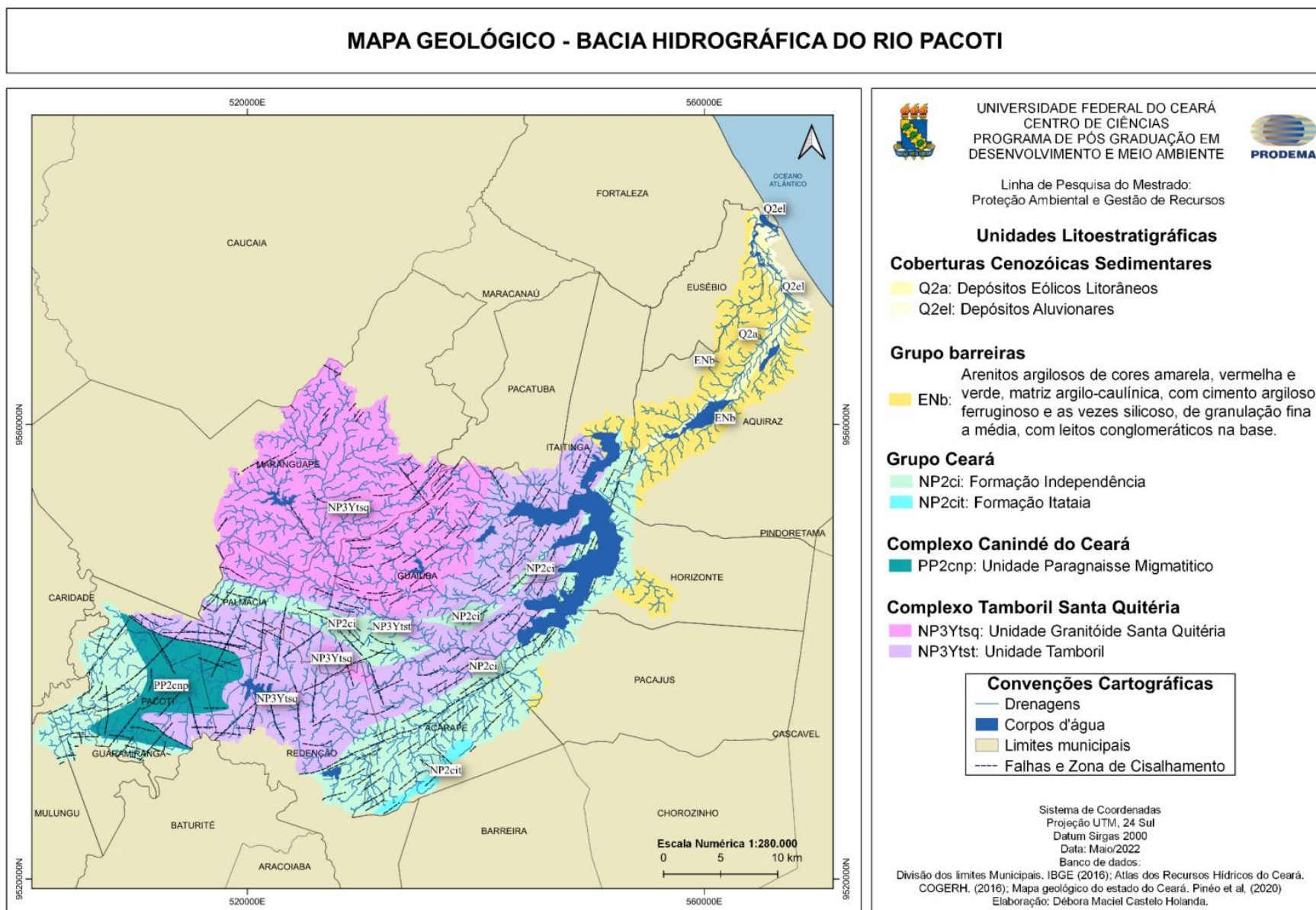
A composição das unidades litoestratigráficas são formadas pelas unidades Cenozóicas (ENb, Q2a e Q2el) Neoproterozoicas (NP2cit, NP2ci, NP3ytsq, NP3ytst) e Paleoproterozoicas (PP2cnp) (Figura 7).

A Unidade Cenozóica agrupa conjuntos de sedimentos inconsolidados como os Depósitos Eólicos Litorâneos (Q2el) e os Depósitos Aluvionares (Q2a). São compostos basicamente por seixos, areias quartzosas de granulometria fina e arredondada. (PINÉO et al., 2021) São encontrados geralmente em leitos de rios, sendo bastante presente no baixo curso do rio Pacoti, próximo ao seu exutório entre as cidades de Fortaleza e Aquiraz. O Grupo Barreiras (ENb) predomina características arenosas com a presença de arenito e intercalações de siltito e argilito; e dunas móveis, compostas por materiais quartzosos. (COGERH, 2016). Apresenta leitos de conglomerados, com seixos subangulosos em matriz arenosa (PINÉO et al., p. 52, 2021).

A Unidade Neoproterozoica é representada pelo Grupo Ceará (subprovíncia setentrional) que, por sua vez, é subdividida nas formações Independência (NP2ci) e Itataia (NP2cit). A formação Independência apresenta rochas calcissilicáticas, mármores, anfíbolitos e rochas metavulcânicas félsicas. É composta basicamente por xistos aluminosos e paragnaisses. Já a formação Itataia é composta por mármores calcíticos e dolomíticos, além de ocorrências de rochas calcissilicáticas, xistos e quartzitos. (PINÉO et al., p. 36, 2021)

Por último, a unidade Paleoproterozóica é constituída pelo Complexo Canindé do Ceará com presença da Unidade Paragnaisse Migmatítico na bacia hidrográfica. Essa unidade é compreendida por migmatitos para derivados, paragnaisses e xistos aluminosos, com níveis de quartzitos, rochas calcissilicáticas, anfíbolitos e mármores. (PINÉO et al., p. 28, 2021).

Figura 7 - Mapa Geológico



O Complexo Ceará (Unidade Canindé e Unidade Independência) é formado por metaconglomerados, com presença de quartzito, xisto, paragnaisse aluminoso, mármore e ortognaisse granítico. Já a Suíte Tamboril-Santa Quitéria, é constituído por um complexo granítico formado por uma associação de granitos e migmatitos, com enclaves de rocha calcissilicática. A Suíte Umarizal é uma intrusão isolada na área da bacia e é responsável pela Unidade Granitóide Indiscriminado composto por granitóides diversos (COGERH, 2016).

#### **4.1.2 Geomorfologia**

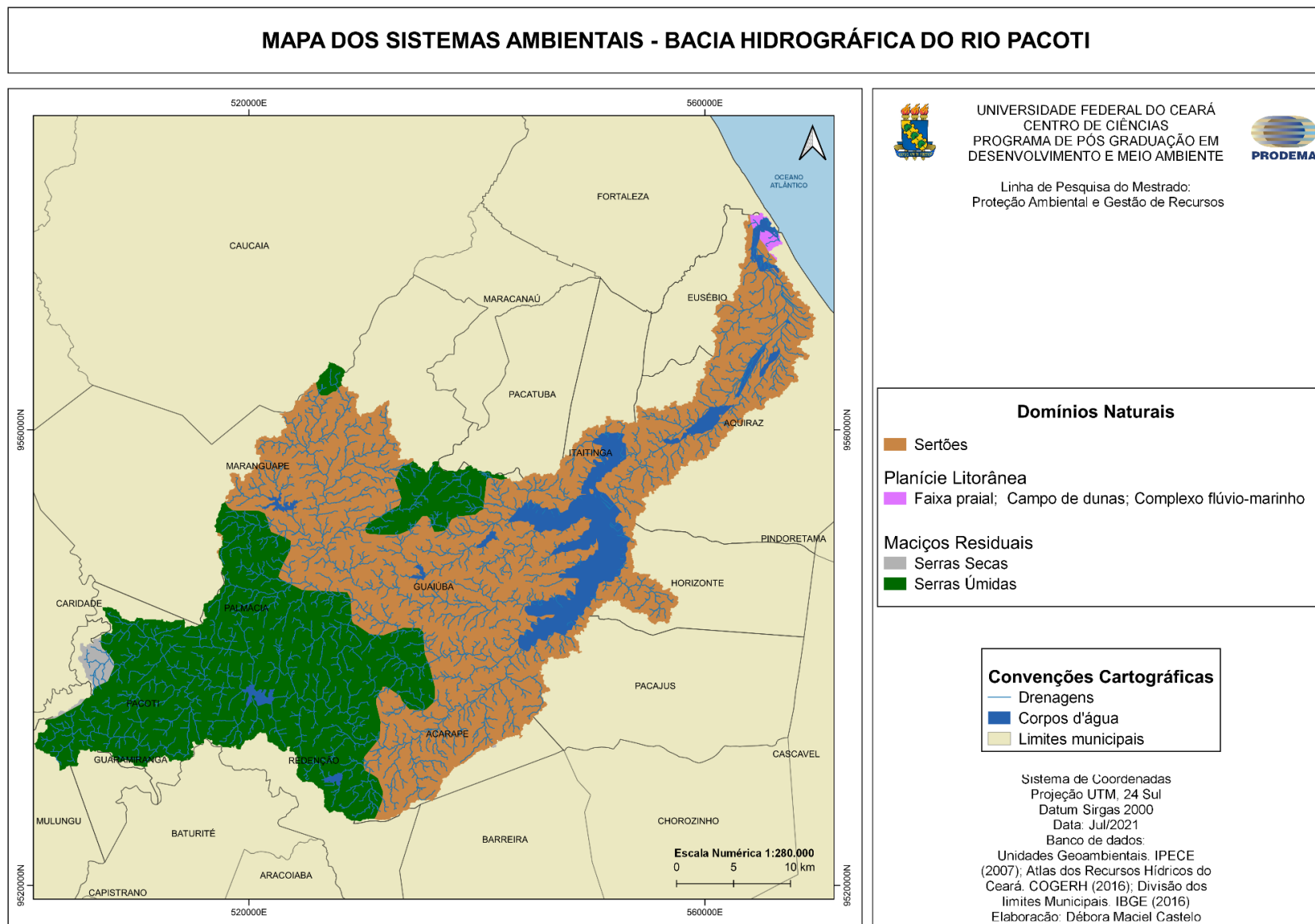
Parte da bacia hidrográfica do rio Pacoti está inserida no maciço de Baturité, enclave úmido bastante importante para o desenvolvimento de condições favoráveis à recarga hídrica das drenagens. As nascentes que contribuem para o Pacoti estão situadas no maciço, parte desses ecossistemas são compreendidos pela unidade de conservação da Área de Proteção Ambiental da serra de Baturité. O maciço apresenta um relevo montanhoso de altitude moderada (800-900 metros), que se sobressai por vertentes abruptas e sinuosas em relação às vastas superfícies aplainadas que caracterizam o sertão (100 e 200 m) (BÉRTARD, PEULVAST, CLAUDINO SALES, 2007).

Por constituir um relevo de considerável altitude, favorece a ocorrência de chuvas orográficas, viabilizando um significativo volume de água, importante não só em termos locais, como também para o próprio abastecimento da capital Fortaleza através do sistema Pacoti-Riachão-Gavião.

Além da influência das serras úmidas, a bacia abrange uma paisagem diversificada com significativas diferenciações ambientais. Fazem parte da bacia do rio Pacoti as unidades geoambientais dos sertões, serras secas e úmidas e planície litorânea (Figura 7).



Figura 8 - Mapa dos sistemas ambientais



Com predomínio do sistema ambiental da depressão sertaneja, a bacia compreende, em geral, um relevo rebaixado com características suave a ondulado. Pela ocorrência de intensas ações erosivas, esse domínio natural apresenta leve diferenciação de altitude, com cotas abaixo de 300 metros. Compreendida pelo embasamento cristalino, essa unidade apresenta fraco potencial para armazenamento de água subterrânea, além das baixas taxas de precipitação típicas do regime semiárido.

Assim como as serras úmidas, o domínio das serras secas corta a paisagem monótona da depressão sertaneja com níveis altimétricos acima de 500 metros. Entretanto, diferente da paisagem encontrada nas serras úmidas, o domínio das serras secas não apresenta características edafoclimáticas favoráveis a precipitações e umidade.

Comumente encontrada nos sertões nordestino, Ab'Saber (1999, p.21), definiu as serras secas como sendo "Conjunto de serras e montanhas, não muito elevadas e, em todos os casos, mal colocadas com relação à captação de umidade, que se integram entre os tecidos geocológicos mais repulsivos dos sertões."

A unidade geoambiental da planície litorânea limita-se ao baixo curso do rio Pacoti, entre os municípios de Fortaleza, Eusébio e Aquiraz. A sua foz ligada ao oceano, manifesta uma alta interação entre os setores continental - marinho.

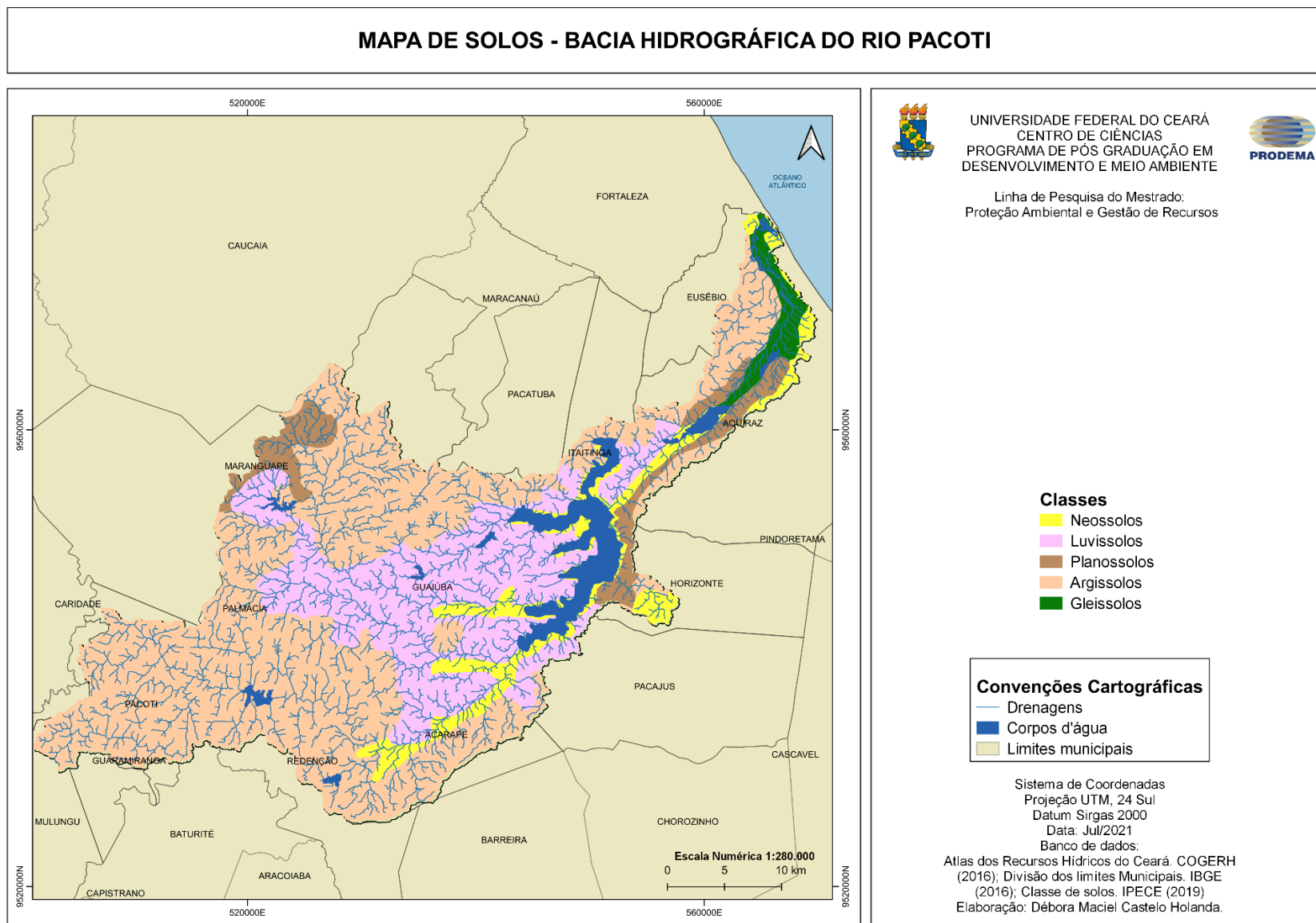
De acordo com Souza (1988), são características desse domínio natural os sedimentos arenosos modelados por processos fluviais. O ecossistema de manguezal está inserido na paisagem contribuindo com uma riqueza ambiental faunística e florística, além da proteção fornecida ao baixo curso do rio. Pela sensibilidade inerente a esse setor ambiental, composto também por campos de dunas, essa área é protegida pela unidade de conservação da Área de Proteção Ambiental do rio Pacoti.

#### *4.1.2.1 Solos*

Associado a fatores como clima, material de origem, relevo, seres vivos e tempo, o solo influencia intensamente, junto ao contexto geológico, sob os processos de infiltração e capacidade de armazenamento nos lençóis subterrâneos.

A classe de solo dominante na área bacia hidrográfica do Pacoti é dos Argissolos(56%). Esse tipo de solo abrange desde o maciço de Baturité, adentrando as áreas mais baixas dominadas pela depressão sertaneja, até margear parte da planície litorânea. Seguindo uma sequência proporcional, a área apresenta ainda as classes de Luvisolos (26%), Neossolos Quartzarênicos (11%), Planossolos (6%) e Gleissolos (2,34%) (Figura 9).

Figura 9 - Mapa de solos



De acordo com a classificação categórica do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (EMBRAPA, 2013) os Argissolos são constituídos por material mineral, apresentando horizontes compostos por argila de baixa a alta atividade. (SANTOS *et al.*, 2018). Esse tipo de solos é comumente encontrado nas regiões do Brasil, com potencial de uso para agricultura.

Os luvisolos também apresentam um acúmulo de argila no horizonte diagnóstico B, podendo ser diferenciado dos argissolos através da análise dos atributos químicos (EMBRAPA, 2013). Esses solos concentram-se no domínio dos sertões, bordejando as serras úmidas distribuídas pelos limites da bacia. O SiBCS, define o luvisolo como solos minerais que apresentam um horizonte B textura imediatamente abaixo de um horizonte A ou E. São ainda solos medianamente intemperizados e que devido a presença da argila, podem apresentar fendas verticais (EMBRAPA, 2013).

Dessa forma, os solos tomam, com maior predomínio, características típicas da depressão sertaneja, apresentando aspectos rasos e pedregosos.

Nas áreas das planícies fluviais e áreas de acumulação são encontradas as subordens categóricas de Neossolos Flúvicos, Planossolos e Neossolos Quartzarênicos (BASTOS, 2012).

Os Neossolos flúvicos são encontrados em área de várzea, apresentando características de solos pouco evoluídos constituídos por material mineral ou orgânico. Esses solos ocorrem, preferencialmente, na região úmida e sub-úmida da bacia, margeando cursos d'água, constituído por sedimentos argilosos, siltosos e arenosos. Os planossolos são derivados de material mineral e são encontrados por toda a bacia, principalmente, na calha e margens dos principais cursos d'água (COGERH, 2018).

#### 4.1.2.2 Vegetação

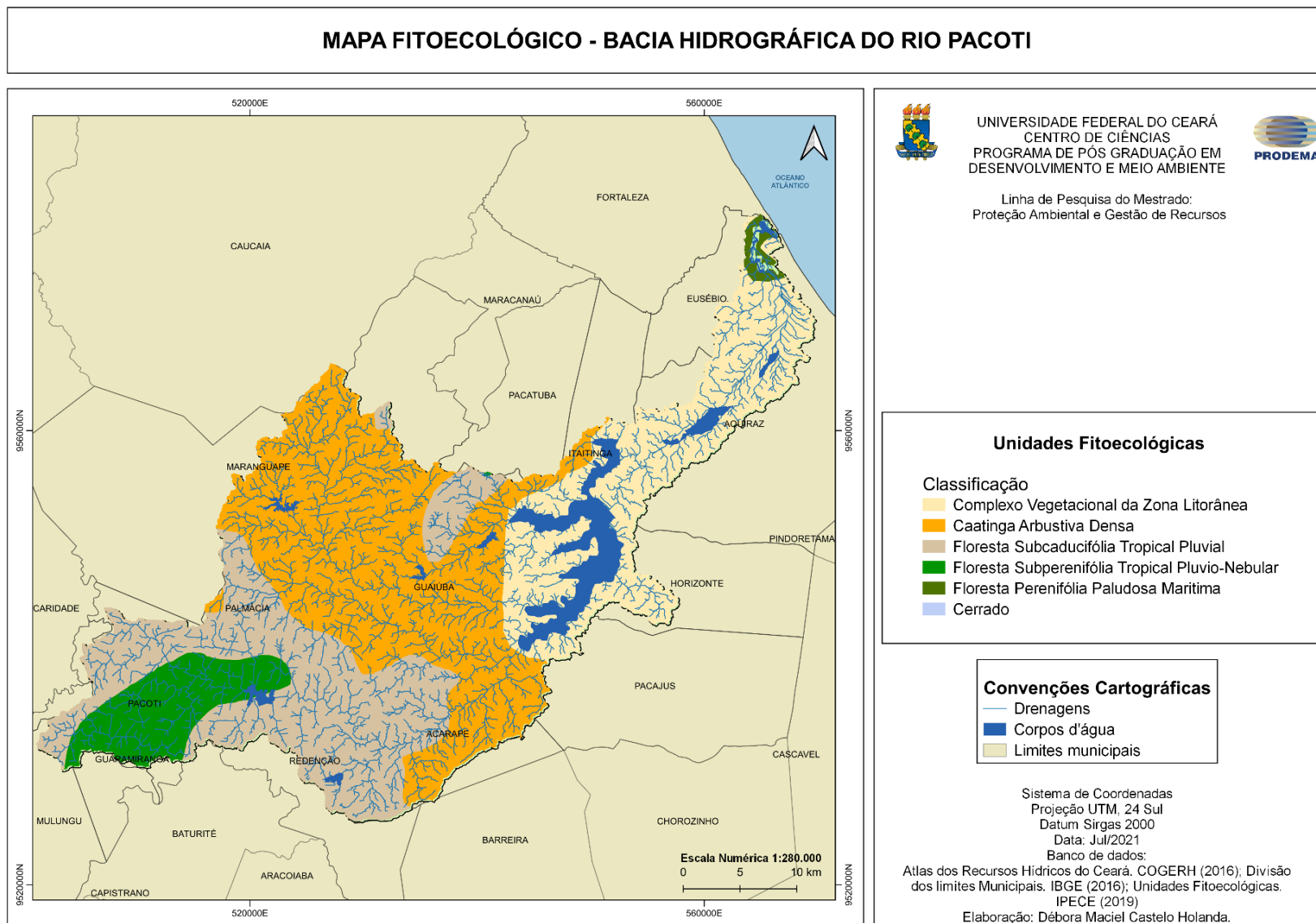
A bacia apresenta uma cobertura vegetal diversificada com classes predominantes em cada um dos setores geoambientais. A confluência de boa condição de umidade e quantidade de chuvas, nos setores mais elevados compreendido pelo alto curso, permitiu o desenvolvimento de solos espessos que sustentou uma densa cobertura florestal.

O setor mais ao sul da bacia, compreendido pelo maciço de Baturité, em cotas altimétricas acima de 700 metros, observa-se o domínio da floresta subperenifolia tropical plúvio-nebular (mata úmida). De porte predominantemente arbóreo, essa região da serra apresenta alterações antrópicas associadas a urbanização e atividades agrícolas. A unidade de conservação da APA da Serra de Baturité, delimitada a sua base na cota de 600 metros do maciço e que abrange uma área de 302,4 km<sup>2</sup> de acordo com o Decreto nº 20.956/1990 (BRASIL, 1990), auxilia na preservação da área, além de ordenar as atividades na região.

Descendo para menores altitudes, a uma cota de 300 a 700 metros, a cobertura vegetal passa a ser marcada por padrões fisionômicos de floresta subcaducifolia (mata seca). Essa unidade apresenta uma mata de porte arbóreo/arbustivo, com uma composição florística, em sua maioria, por espécies não espinhosas (FERNANDES; SILVA; PEREIRA, 2011).

Nos relevos de topografia mais plana, moderadamente dissecado, surge o domínio das caatingas hiperxerófitas. (BASTOS, CORDEIRO e SILVA, 2017). No domínio da depressão sertaneja há predominância da unidade fitoecológica de caatinga arbustiva densa, adequando-se as condições de solos rasos e a baixa disponibilidade hídrica (Figura 10).

Figura 10 - Mapa fitoecológico



#### 4.1.2.3 *Clima*

O alto curso da bacia do Pacoti, abrange os municípios de Palmácia, Pacoti e parte dos municípios de Mulungu, Guaramiranga e Baturité. A configuração do maciço, um enclave úmido em meio aos sertões, proporcionou um mesoclima de altitude com taxas de precipitação e umidade favorável ao surgimento de nascentes, sendo ainda um divisor de águas em direção ao rio Pacoti e Curu.

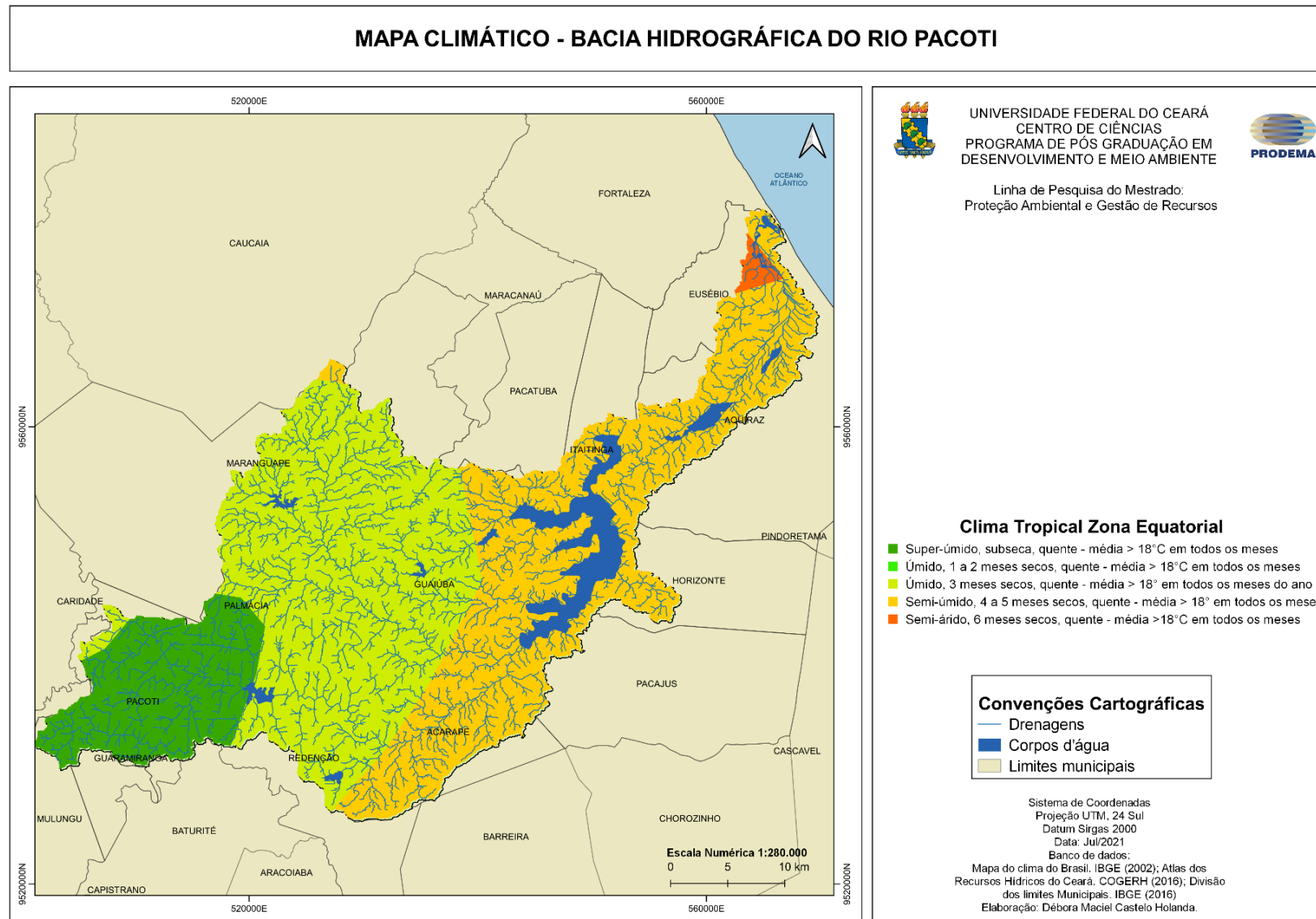
O maciço funciona como barreira natural dando possibilidade a ocorrência de chuvas orográficas. O sistema atmosférico responsável pelas chuvas nessa região é a Zona de Convergência Intertropical - ZCIT, a qual se mantém durante todo o primeiro semestre. O quantitativo de chuvas associado a cobertura florestal do maciço e a deposição de matéria orgânica no solo, facilita o processo de infiltração da água, proporcionando um maior armazenamento pelos lençóis subterrâneos, e consequentemente maior disponibilidade para exfiltração das nascentes.

O sistema hidrográfico da área é sujeito a sazonalidade e precipitações pluviométricas que alimentam e regulam o regime fluvial. A concentração das chuvas nos meses de janeiro a julho provoca um fluxo hidrológico local de comportamento subperene. (ZANELLA; SALES, 2011)

A classificação climática da bacia varia entre as classes super-úmido a úmido no alto curso, semiúmido a semiárido nos trechos do médio a baixo curso do rio Pacoti (Figura 11).



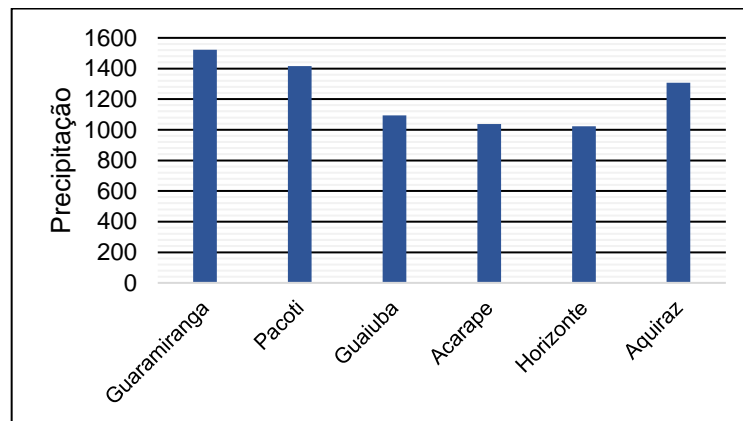
Figura 11 - Mapa climático



A média anual das precipitações no gráfico 1, mostra o comportamento preponderante das chuvas na região, com os municípios situados nas altitudes mais elevadas do maciço, a exemplo de Guaramiranga, apresentando as maiores taxas de precipitação, indicando a influência do relevo na disponibilidade de chuvas.

A redução substancial da incidência de chuvas acompanha a diminuição da altitude, nos municípios de Guaiuba, Acarape e Horizonte, apresentando um suave aumento na taxa de precipitação próximo ao litoral, representado pelo município de Aquiraz, onde outros mecanismos atmosféricos favorecem a ocorrência de chuvas.

Gráfico 1 - Média pluviométrica anual



Fonte: Funceme (2021)

## 5 COMPARTIMENTAÇÃO GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA

A identificação de unidades geoambientais permite diferenciar o comportamento e a capacidade de suporte do ambiente em meio ao contexto de ocupação e desenvolvimento de diferentes atividades econômicas. As variações entre as unidades favorecem a compreensão sobre os fatores potenciais e limitantes de cada paisagem apresentada.

A compartimentação geoambiental baseia-se em fundamentos geomorfológicos, uma vez que, permite uma análise fisiográfica uniforme com características bem definidas (BERTRAND, 1969; SOUZA, 2000; CHRISTOFOLETTI, 2001).

A bacia do rio Pacoti abrange uma diversidade de unidades paisagísticas constituída por maciços residuais, depressão sertaneja, tabuleiro e planície fluvial.

## 5.1 Maciços residuais

Os maciços residuais são relevos com maiores altitudes encontrados na área de abrangência da bacia hidrográfica. O maciço de Baturité, principal representante na área de estudo, representa um relevo montanhoso de altitude moderada (800-900 metros em média), que se sobressai por vertentes abruptas e sinuosas em relação às vastas superfícies aplainadas que caracterizam o sertão, situadas entre 100m e 200m (BÉRTAD; PEULVAST; CLAUDINO-SALES, 2007, p.110).

Classificado também como superfícies elevadas, Bastos, Cordeiro e Silva (2017) subdividem essa unidade em vertente dissecada úmida, vertente dissecada seca, platô e planícies alveolares, cristas e pães de açúcar.

- a) Vertente dissecada úmida: Compreendem o setor oriental setentrional do maciço, apresentando característica litológica da unidade canindé com predomínio estrutural de migmatitos e micaxistos. Alcança cotas altimétricas entre 250 e 900 metros;
- b) Vertente dissecada seca: Compreendem o setor ocidental meridional, apresentando característica litológica da unidade independência com predomínio estrutural de quartzitos. Alcança cotas entre 250 e 800 metros;
- c) Platô e planícies alveolares: Terrenos com modelado convexos, apresentam características da unidade canindé com predomínio estrutural de gnaiss e micaxisto;
- d) Cristas e pães de açúcar: tipos de relevos dispersos ao longo das vertentes e platôs. As cristas apresentam estruturas predominantes de quartzitos e os pães de açúcar estruturas compostas por granitóides e migmatitoneoproterozóicos. Alcançam cotas maiores que 1000 metros;
- e) Relevos cársticos: Feições de dissolução de rochas carbonáticas (Ex: Serra Cantagalo no município de Acarape). Apresentam características da unidade independência com afloramento de metacálcario.

## 5.2 Depressão sertaneja

Ocupando a maior parte do território estadual, essa unidade apresenta superfícies aplainadas, com variações altimétricas inferiores a 400 metros. Sua

gênese se refere a sucessivos processos erosivos no contato das bacias sedimentares e antigos maciços (QUEIROZ, 2010).

Essa unidade apresenta relevos com superfícies rebaixadas como no caso das serras secas e úmidas, assim como também a presença dispersa de inselbergues. Aspectos hidroclimáticos também contribuem para a formação paisagística dessa unidade típica do semiárido com baixos índices de precipitação de chuvas e reduzida capacidade infiltração, uma vez que, apresentam solos rasos associados ao embasamento cristalino. Essas condições proporcionam a dispersão fisionômica da caatinga.

Sobre a litologia, insere-se no Grupo Ceará com predominância estrutural de rochas migmatítico-granítico e gnáissico-migmatítico (SOUZA, 1988).

Na classificação de Bastos, Cordeiro e Silva (2017), feições de menores altitudes são denominadas como superfícies rebaixadas divididas em:

- a) Piemontsubúmido: Pé de serra oriental, superfície de erosão identificada como um relevo suavemente ondulado. Apresentam características da Unidade Canindé com estrutura predominante de rochas metamórficas;
- b) Piemont semiárido: Setores rebaixados do relevo. Apresentam características da Unidade Canindé com predomínio de rochas metamórficas. Alcança médias de cotas altimétricas de 200 metros;
- c) Tabuleiros: Setores rebaixados orientais. Superfícies tabulares de deposição de sedimentos da formação barreiras;
- d) Planície fluvial: Áreas planas que margeiam os cursos dos rios, formados por sedimentos aluviais quaternários.

### **5.3 Planície fluvial**

Unidade típica de acumulação fluvial constituída predominantemente por neossolos flúvicos. Apresentam boas condições para o desenvolvimento de atividades econômicas, sendo, portanto, um território disputado para uso, principalmente, para o cultivo na área de várzeas.

O comportamento da planície apresenta características distintas, uma vez que, apresentam formas estreitas a montante e largas a jusante próxima a desembocadura dos rios que alcançam o oceano.

De acordo com Bastos, Cordeiro e Silva (2017), as planícies fluviais manifestam variações climáticas ao longo dos setores rebaixados do relevo. No setor oriental mais úmido, observa-se uma maior produtividade agrícola com cultivo de cana de açúcar. No setor ocidental, mais seco, as planícies são utilizadas para extração de argila para beneficiamento nas olarias.

## **6 IDENTIFICAÇÃO E ESPACIALIZAÇÃO DAS NASCENTES**

Em campo, foi possível constatar uma acentuada urbanização do maciço, o que por sua vez, limitou o acesso direto, em algumas situações, ao curso principal do rio Pacoti e as nascentes. A divisão local é compreendida pela Serra Alta onde estão situados os municípios de Palmácia, Pacoti, Guaramiranga, Mulungu, Aratuba e Serra Baixa com os municípios de Baturité, Aracoiaba, Redenção, Acarape, Capistrano e Itapiúna.

A Serra Alta é ocupada, majoritariamente, por uma população de maior poder aquisitivo, com predomínio de sítios que se estendem por grandes extensões territoriais constatadas em campo. Esse setor do relevo é favorecido, uma vez que, situa-se a barlavento, dispondo de características climáticas com temperaturas amenas e alta umidade o que favorece a existência de uma densa vegetação arbórea.

Na Serra Baixa, a urbanização possui uma configuração de centro-periferia. Ocupada por moradias mais simples, esse setor compreende as partes mais baixas do relevo, com menos influência climática oriunda do fator altitude. Nesse setor, é possível observar, com maior proximidade, o canal principal do rio Pacoti. Com uma urbanização mais densa, é possível constatar problemáticas ambientais comuns relacionadas ao rápido crescimento populacional sem infraestruturas básicas, como lançamento de esgoto doméstico sem tratamento direto no leito do rio.

As nascentes mapeadas foram encontradas no setor da Serra Alta, especificamente, nos municípios de Mulungu, Guaramiranga e Pacoti. Para a identificação das nascentes em campo, foram realizadas três expedições com um total de 6 dias. Devido à crise pandêmica, não foi possível realizar o levantamento das nascentes no período de estação chuvosa, limitando a análise ao período seco (meses de junho, agosto e setembro).

Todas as nascentes mapeadas situam-se em propriedades particulares, fator que limitou o acesso direto a algumas fontes. Nesse contexto, a parceria com moradores locais foi imprescindível para a realização do trabalho, uma vez que, o acesso foi dialogado.

Das nascentes visitadas, foi constatada uma intensa modificação na morfologia natural desses ecossistemas. Intervenções estruturais, como construção de manilhas para captação hídrica, que provocam o rompimento do fluxo da drenagem, é uma estratégia bastante disseminada nas propriedades particulares (Quadro 8).

Quadro 8 - Nascentes com intervenções estruturais



Registro realizado no mês de agosto

Fonte: Holanda (2021)

Além das alterações diretas no ecossistema de nascentes, outros fatores são apresentados como responsáveis pela redução hídrica sentida pelos moradores mais antigos da região.

A desenfreada perfuração de poços profundos é outra prática individual disseminada e que tende a contribuir negativamente para a distribuição da água no

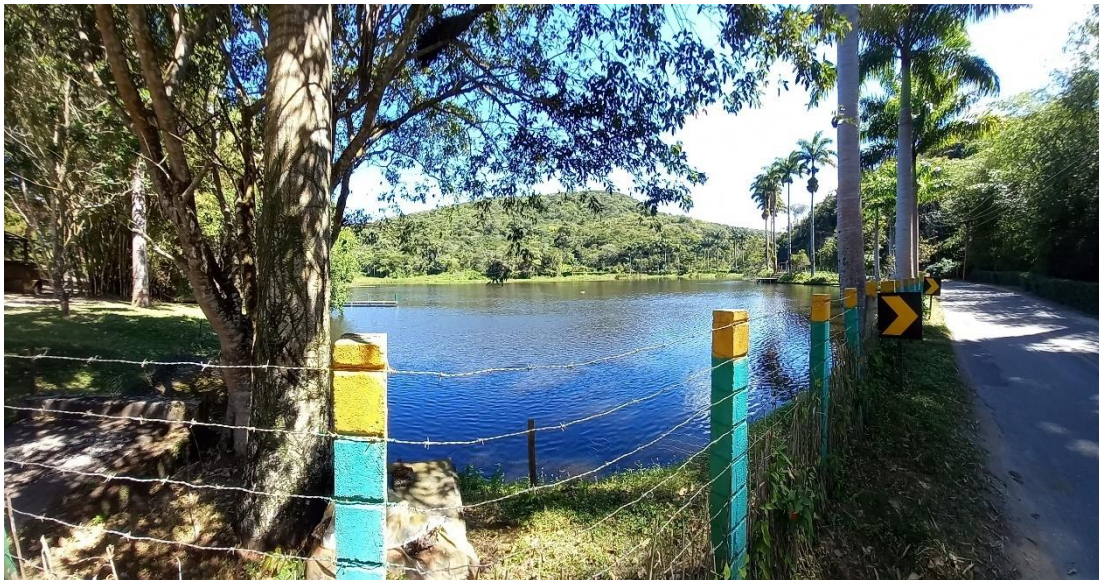


maciço. A saber que, a implementação de poços profundos sem um planejamento adequado que considere a área de recarga hídrica, pode ocasionar um problema ambiental complexo e custoso, uma vez que os processos hidrológicos subterrâneos possuem uma dinâmica natural muito mais lenta que as interações na superfície.

É também observado pelos moradores locais, um aumento no número de nascentes que secaram totalmente, ou seja, independente da estação do ano, essas fontes não possuem mais vazões. Algumas dessas nascentes são relatadas como antigas minas de água que possuíam fluxo hídrico abundante.

A construção de barragens particulares também se soma as intervenções na rede de drenagem do maciço. Salienta-se que o papel desempenhado por essas barragens possui cunho estritamente paisagístico e recreativo. Essas estruturas, encontradas de maneira massiva na região armazenam um grande volume de água em propriedades privadas, não havendo, entretanto, um retrato sobre os possíveis impactos dessas intervenções sobre a disponibilidade hídrica local (Figura 12).

Figura 12 - Exemplo de barragem privada



Registro realizado no mês de agosto

Fonte: Holanda (2021)

A diminuição da oferta hídrica provocou a busca pelos proprietários, por maneiras de recuperar ou aumentar as vazões das nascentes. Em campo, algumas iniciativas foram encontradas, como a prática de reflorestamento com vegetação nativa da serra. As espécies de plantas “folha-da-fonte”, bambu (*Bambusoideae*),

palmeira-açaí (*Euterpe oleracea*), inganzeira (*Inga*), mugumbeira (*Pachira aquatica*) e flor-borboleta foram algumas das espécies relatadas pelos proprietários locais, como vegetação eficiente para manutenção, conservação e maior descarga de água pelas nascentes.

As intervenções estruturais colocam em evidência a discussão acerca do uso e a gestão ambiental desses ecossistemas em propriedades particulares, uma vez que, rompem o fluxo natural da água, reduzindo a distribuição do recurso.

### **6.1 Nascentes no setor sotavento**

A busca pela conservação e recuperação das nascentes é algo desejável, entretanto, as intervenções devem seguir um planejamento adequado, para que não ocorra a degradação da mina, contribuindo para o agravamento de danos ambientais ao invés da recuperação do ambiente.

Constata-se que no atual Código Florestal, não é estabelecido, ao que se refere a proteção de nascente, um direcionamento ou qualquer orientação detalhada que indique ao proprietário ou técnicos a recuperar esses ecossistemas, limitando-se a definir apenas a área de APP. Entretanto, é preciso compreender que o mais importante não é apenas o ponto de exfiltração das nascentes, mas sim toda a área de contribuição da bacia que deve favorecer os processos de infiltração e controlar a evapotranspiração, para que haja uma alimentação positiva dos lençóis subterrânea.

As atividades agrícolas, assim como a criação de animais devem ser planejadas, para que não haja impactos na relação solo-água-planta, base para recuperação e conservação de nascentes.

O reflorestamento sem instrução técnica, pode contribuir para um efeito negativo para as nascentes. Dependendo das espécies e da distribuição no terreno, o reflorestamento pode prejudicar a intensidade da vazão, até mesmo ocasionando o secamento total da mina. É necessária a distribuição adequada das espécies vegetacionais na área de contribuição da nascente, além da seleção de espécies que possuam menores taxas de evapotranspiração e que não comprometa o armazenamento da água subterrânea.

Algumas iniciativas locais de recuperação de nascentes foram encontradas nesse setor da bacia hidrográfica. O reflorestamento e seleção de espécies de plantas foram selecionados pelos próprios proprietários de terra, que detectaram



como resultado o retorno ou ainda um aumento no fluxo de água liberada pelas fontes.

A exemplo disso, a nascente contribuinte do rio salgado ID 7, é uma das fontes situadas em terreno particular, posicionada a uma elevação de 900 metros, e que, segundo o proprietário, após um processo de reflorestamento intensivo com espécies de bambu (nome científico *Bambusoideae*), durante um período de dez anos, retornou a fornecer água. Conectada através de mangueiras, a captação de água da nascente é direcionada diretamente para reservatórios com capacidade de 16000L, indicando, portanto, uma total recuperação da vazão da mina.

Outras fontes existentes na propriedade possuem o fluxo hídrico monitorado e com constante trabalho de limpeza e desobstrução de materiais como cascalho e folhagens, sendo essas algumas técnicas indicadas pela literatura para evitar o secamento de uma nascente (CASTRO; LIMA; LOPES, 2007; VALENTE; GOMES, 2015).

Essas técnicas foram executadas de modo individual e isoladas, não sendo constatada nenhuma ação coletiva ou coordenada de conservação e recuperação de nascentes. Ainda que diante do aparente êxito na recuperação descrita, é importante ressaltar a necessidade de orientações e esclarecimentos sobre a conservação desses ecossistemas.

Apesar das outras nascentes do rio Salgado ID 6 e 9 não possuírem iniciativas de recuperação ou conservação, essas ainda mantêm uma vazão mesmo no período seco. Situadas a uma altitude acima de 900 metros, a influência da posição altimétrica no relevo pode condicionar um bom comportamento hidrológico relacionado a vazão.

Em contraponto, outras nascentes mapeadas no mesmo setor em menores altitudes e sem aplicação de técnicas que auxiliem no bom desenvolvimento funcional do sistema, foram encontradas com baixo volume de vazão.

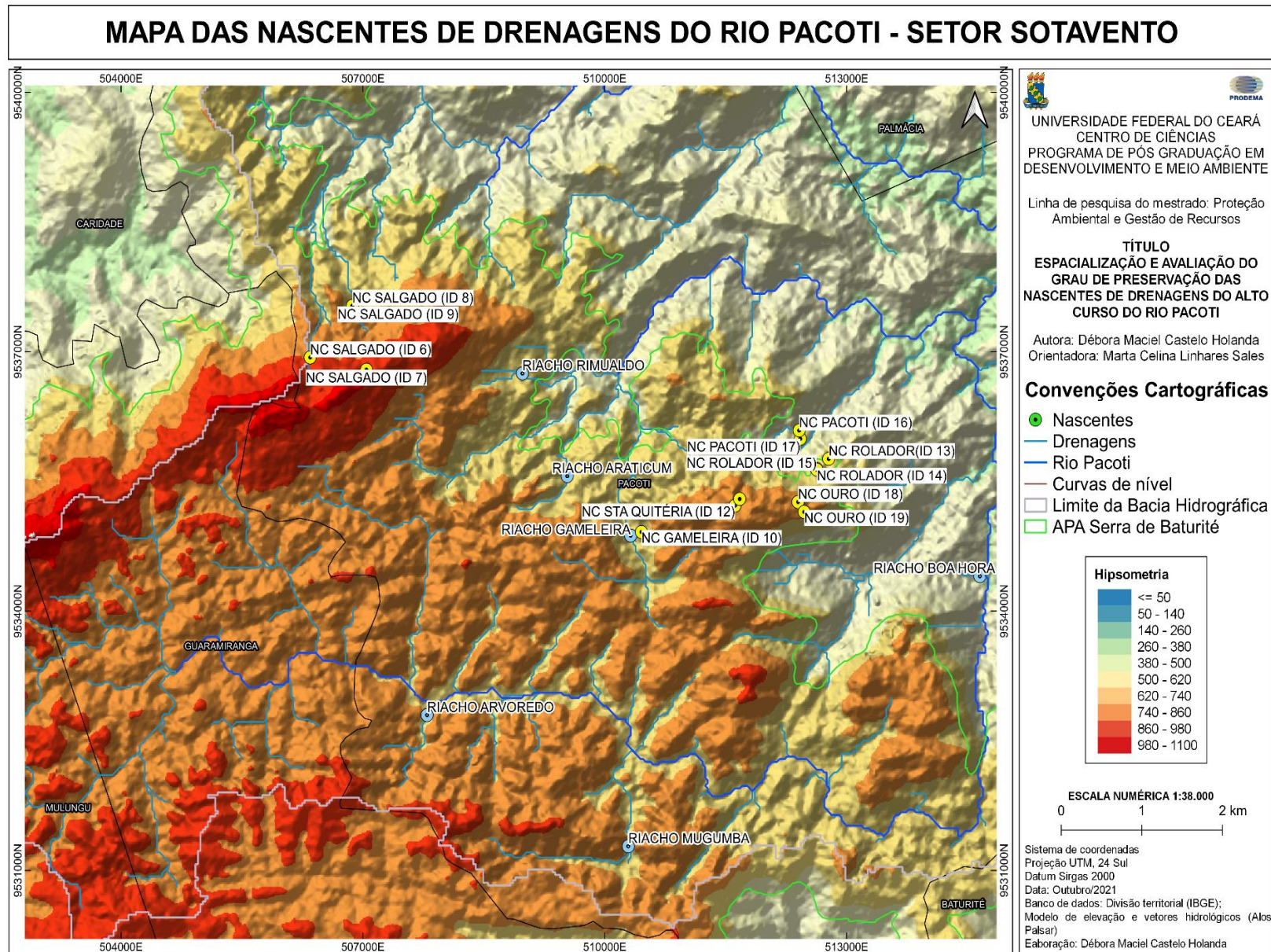
Apesar de também ser um reflexo do comportamento associado ao período seco, outros aspectos podem contribuir para os diferentes cenários contrastantes encontrados em campo. As nascentes de drenagens dos riachos do Rolador ID 13 e 14, Santa Quitéria ID 12, Ouro ID 18 e Gameleira ID 10 situam-se em uma região mais urbanizada em comparação às outras e ainda com a ocorrência de uma intensa substituição da cobertura vegetal primitiva por cultivo de banana (Figura 13).

Desmatamentos irregulares, degradação da biodiversidade e erosão dos solos são problemas ambientais já reconhecidos na região e que impactam diretamente nos ambientes de nascentes, ocasionando a degradação e o ressecamento desses ecossistemas. (SOUZA et al., 2016)

Mesmo que não exista um alinhamento de técnicas para a conservação de nascentes, algumas ações são recomendadas pela literatura, são elas:

1. Proteção da fonte de qualquer agente externo que rompa o fluxo hídrico;
  2. Uso de técnicas vegetativas que facilite a infiltração e reduza a evapotranspiração;
  3. Distribuição adequada das espécies para favorecer o abastecimento do lençol freático responsável pela nascente;
  4. Uso de técnicas agrícolas que forneçam proteção ao solo, entre outros.
- (CASTRO; LIMA; LOPES, 2007).

Figura 13 - Mapa de nascentes do setor sotavento



## 6.2 Nascentes no setor barlavento

Na porção mais úmida da bacia, foram encontradas muitas barragens e represamento do fluxo hídrico. Ainda que essas estruturas tenham proporções variadas entre pequeno a médio porte, a expressiva disseminação desse tipo de intervenção na região despertou uma preocupação para a eficiência do gerenciamento ambiental hídrico.

A funcionalidade desses barramentos é, em sua maioria, uma proposta paisagística de atendimento ao mercado imobiliário. Nesse sentido, o turismo predatório, associado a captação em excesso de recursos hídricos e desmatamento promovem um potencial desequilíbrio ecológico que podem ocasionar perdas inestimáveis (VALENTE; GOMES, 2015; ROMADHAN et al., 2020; LINS et al., 2020).

Moradores locais sinalizam para um aumento de manifestação das espécies de répteis como a Cascavel, nome científico *Crotalus durissus*, ocasionada pela perda de seu habitat natural devido ao aumento de construções residenciais. Além disso, outras espécies, inclusive endêmicas da região, como o Tucano-da-serra, nome científico *Selenidera Gouldii*, também está susceptível ao acelerado crescimento urbano.

Em ambas vertentes do relevo é possível verificar o desmatamento da vegetação nativa para cultivo agrícola. Comumente, a vegetação encontrada circunvizinha às nascentes são plantações de bananicultura. Também são encontrados muitos roçados com feijão, mandioca e cultivo de hortaliças. A prática da queima para preparação do terreno foi identificada em alguns setores do relevo, principalmente nas áreas de encostas.

As queimadas impactam diretamente na proteção do solo, pois retiram toda a cobertura vegetal e eliminam os microrganismos que atuam na fertilidade natural do solo. (Figura 14). A remoção dos perfis pedológicos por processos erosivos, sobretudo em áreas de maiores declives, expondo a rocha mãe, é ainda mais prejudicial para a infiltração das águas. Sem a proteção natural oferecida pela vegetação, o solo passa a sofrer um processo de compactação ocasionado pela ação das gotas das chuvas, prejudicando os processos que contribuem para a recarga do lençol freático.



Figura 14 - Registro de queimadas próximo a nascentes



Registro realizado em agosto de 2021

Fonte: Holanda (2021)

As nascentes de drenagens mapeadas no setor do barlavento contribuem diretamente para o rio Pacoti. (Figura 15) De acordo com reconhecimento de moradores que realizam pesquisas na área, algumas nascentes são consideradas artérias principais que formam o rio, dessas, são citadas as fontes encontradas no Sítio Botafogo (Guaramiranga), Sítio Lagoa (Guaramiranga), Sítio Bananal (Guaramiranga) e outras localizadas no município de Pacoti.

A nascente do Sítio Botafogo ID 2 situa-se em propriedade particular, margeada por uma cobertura vegetal preservada. De todas as nascentes que contribuem para o rio Pacoti, essa é uma das mais popularmente conhecidas, de fácil acesso e com registros em periódicos jornalísticos (REDAÇÃO, 2017).

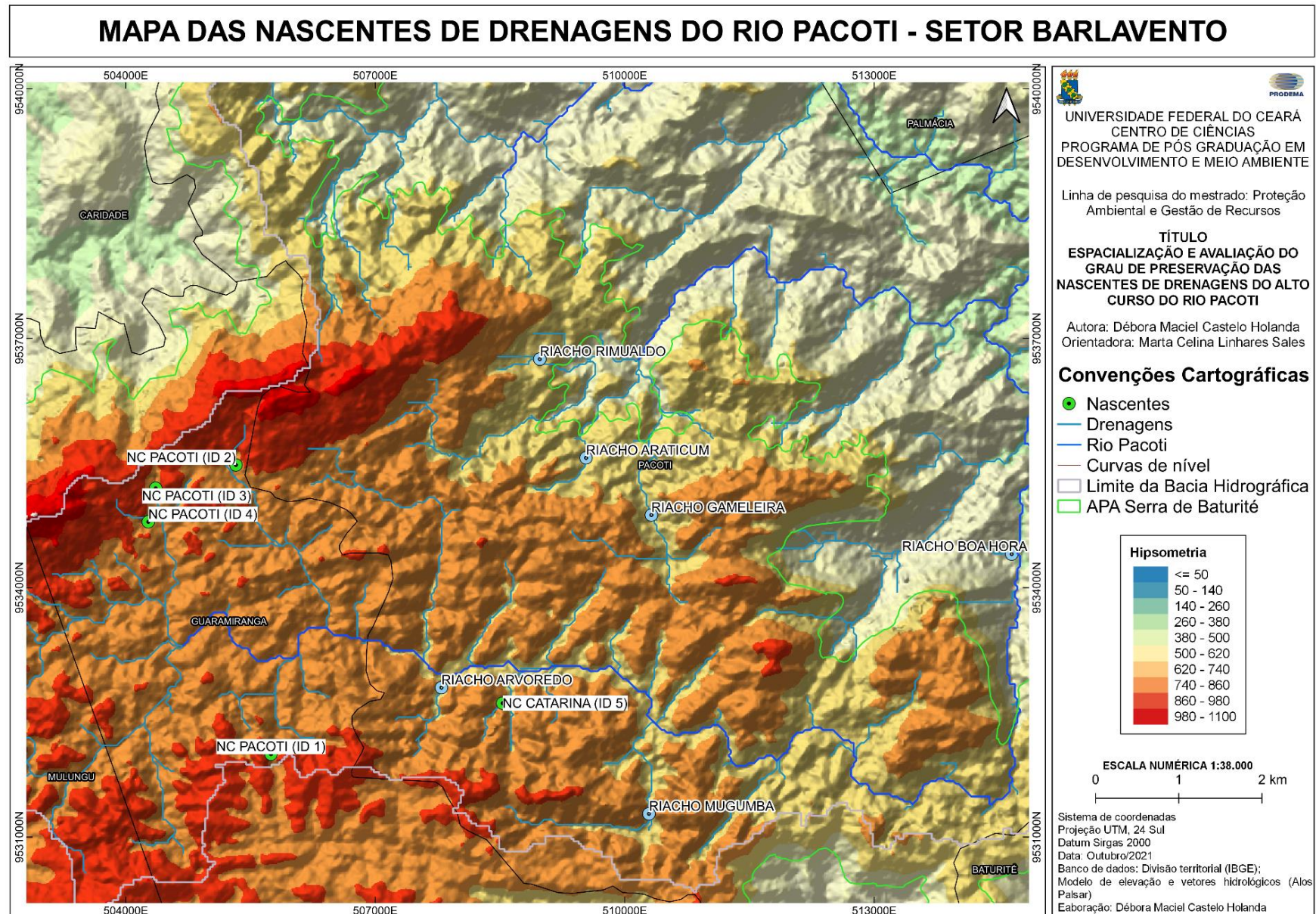
As nascentes do Sítio Lagoa ID 3 e 4, também possuem características razoavelmente preservadas com livre escoamento da drenagem. Entretanto, identificou-se a substituição da vegetação natural por cultivos, principalmente, de roçados, próximo à fonte.

Ainda no município de Guaramiranga, no Sítio Bananal, foi identificado um potencial hídrico manifestado pela capacidade de vazão das nascentes e encharcamento do solo. Apesar de evidências de desmatamento para abertura de caminho em direção a fonte ID 1, a cobertura vegetal presente ainda proporciona a proteção da mina.

A nascente do riacho Catarina ID 5, encontrada no município de Pacoti, mantém atributos naturais, principalmente, ao que se refere a vegetação. Ainda que se situe próximo a centro urbano do município, o acesso privado a fonte, favorece a preservação ambiental da nascente.



Figura 15 - Mapa de nascentes do setor barlavento





Em conversas com moradores mais antigos, foi possível perceber um grande número de relatos relacionados a nascentes que secaram totalmente na região. A abundância hídrica favorecida não somente pela configuração geológica e geomorfológica, mas, sobretudo, pela taxa de precipitação maior nessa porção do relevo, contrapõe-se com esse cenário de degradação e desaparecimento de nascentes.

Um olho d'água situado na localidade de Porangaba (Guaramiranga), considerada também como uma das principais drenagens de contribuição para o rio Pacoti, é uma das nascentes mais referidas pelos moradores locais em relação ao processo de ressecamento de fontes. Através do resgate de memórias, foi relatada a importância do olho d'água para população, uma vez que, apresentava “grande pulsão” hídrica.

Atualmente, a área não apresenta mais vestígios da nascente. Nesse sentido, é possível inferir que o desmatamento associado à substituição da vegetação primária por outros tipos de usos e cultivos, desencadeou uma cicatriz erosiva no relevo, como a formação de ravinas, além do próprio desaparecimento do olho d'água (Figura 16).

Figura 16 - Localização do olho d'água (Porangaba)



Registro realizado em agosto de 2021

Fonte: Holanda (2021)



### **6.3 Fisiografia das nascentes estudadas**

A classificação de nascentes em perenes, intermitentes e efêmeras são nomenclaturas bastante utilizadas e incorporadas a própria legislação. Entretanto, estudos sobre ecossistemas de nascentes comprovam a necessidade de categorizações que contemplem a diversidade de formas que esses ambientes podem assumir na natureza.

Apesar dos desafios intrínsecos a quaisquer propostas de classificação de um ecossistema natural complexo, é preciso que exista uma categorização que auxilie os processos e ações de conservação e recuperação do ambiente.

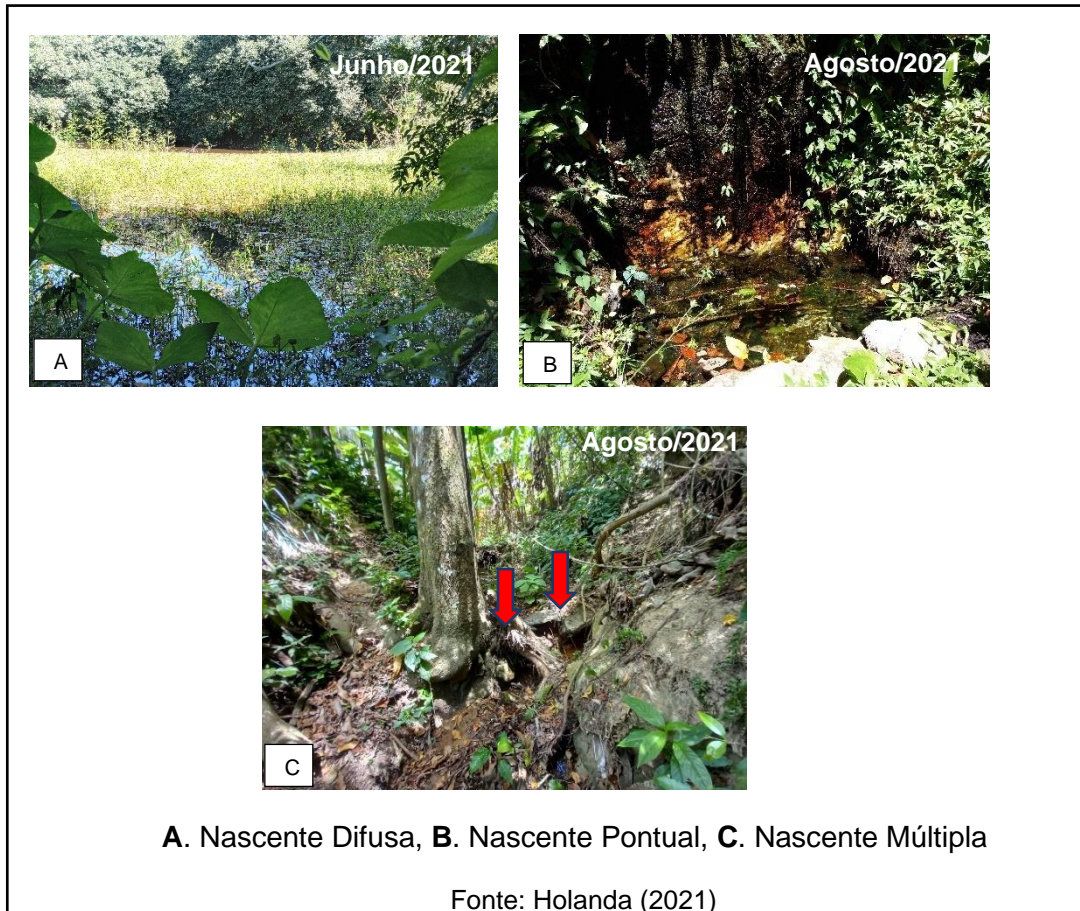
A proposta de classificação de Felipe (2009) permite uma leitura integrada sobre o relevo, solo e vegetação, uma vez que, sistematiza a morfologia e a exfiltração das nascentes. O resultado permite estabelecer uma análise complexa sobre o ecossistema, reconhecendo que nascente não é apenas um ponto onde jorra água subterrânea, mas que pode apresentar diferentes formas integradas aos componentes físico-naturais onde se situa, além de refletir os usos e a ocupação da bacia hidrográfica.

As bacias hidrográficas são responsáveis pelo fornecimento e abastecimento de água para os lençóis subterrâneos. As interferências desenvolvidas na área da bacia, sobretudo, na área de contribuição, são refletidas na qualidade e eficiência das nascentes. Diante disso, Felipe (2009) considerou as intervenções humanas na proposta de classificação de nascentes, para contemplar áreas com severa modificação da morfologia natural do ambiente.

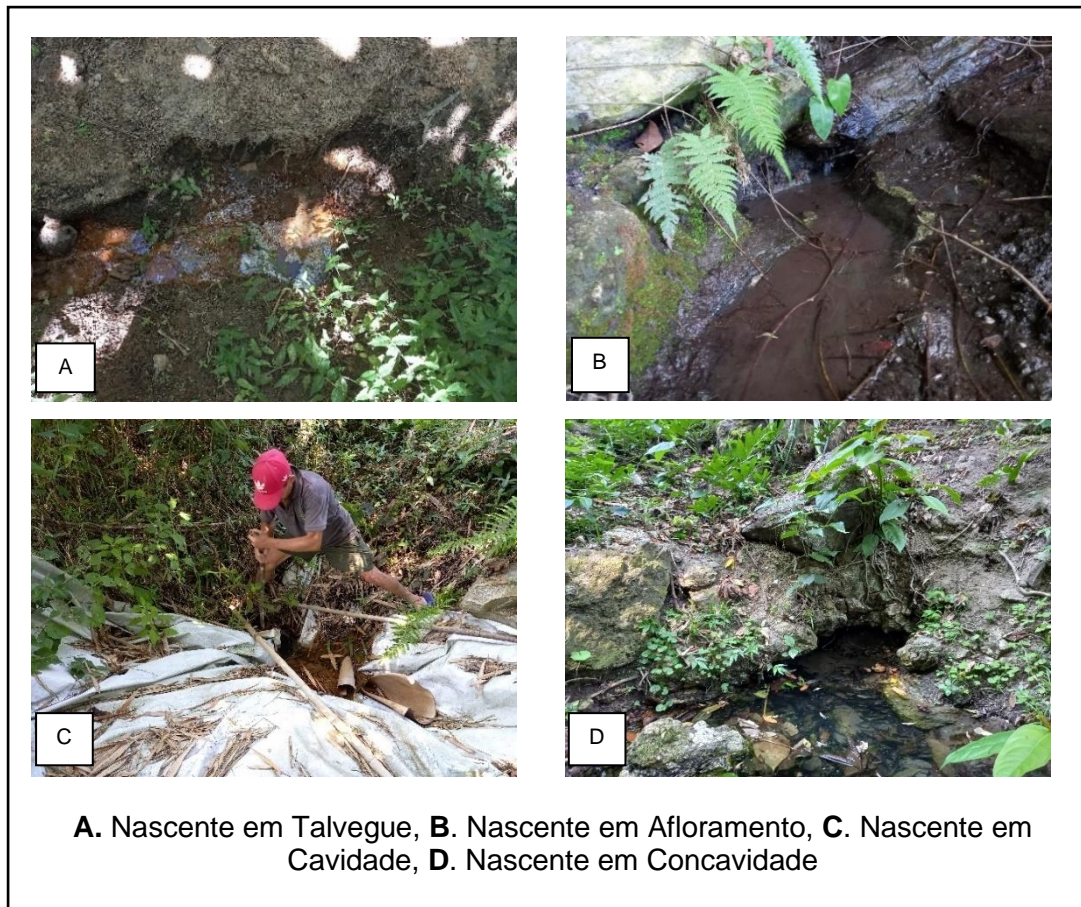
A classificação proposta permitiu observar a riqueza das nascentes encontradas na bacia hidrográfica do rio Pacoti. (Quadro 9 e 10). Ademais, a caracterização visual, baseada nos componentes geológicos, geomorfológicos e vegetacionais, permitiu uma análise sistêmica do ecossistema, inserido no contexto dos processos antrópicos desenvolvidas sociedade.

O olhar direcionado para a nascente possibilita observar com maior nível de detalhe a integração dos recursos naturais, além dos serviços ecológicos prestados por esse ecossistema, ainda muito despercebido no contexto da gestão ambiental, apesar de essencial para todos os seres vivos.

Quadro 9 - Tipos de exfiltrações de nascentes



Quadro 10 – Tipos de morfologia de nascentes



Fonte: Autora (2021)

A categorização das nascentes de drenagens do rio Pacoti na classificação proposta foi satisfatória, uma vez que, foi possível aplicar em campo as definições estabelecidas quanto a morfologia e a exfiltração (Tabela 2).

Tabela 2 - Classificação das nascentes mapeadas quanto ao tipo morfológico e 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%



<b>Tipo de Exfiltração</b>	<b>Nº Absoluto</b>	<b>Porcentagem</b>
Pontual	11	61%
Difusa	3	17%
Múltipla	4	22%

Elaborado: Holanda (2021)

Com uma preponderância da morfologia do tipo afloramento, muitas dessas nascentes foram encontradas circunscritas nas encostas, com escoamento de água entre as fissuras de rochas.

Em relação aos demais tipos morfológicos, as nascentes do tipo olho, foram as que apresentaram maiores índices de intervenções na sua forma natural. Por apresentarem uma característica de afloramento vertical da água, esse tipo morfológico é comumente escavado para ampliação do canal e formação de alagados. Mesmo sofrendo essas intervenções, em períodos de abundância de precipitações pluviométricas, essas nascentes fornecem um importante fluxo hídrico (Figura 17).

Figura 17 - Registro de intervenções em nascente do tipo olho



Registro realizado em agosto de 2021

Fonte: Holanda (2021)

Quanto à posição no relevo, no setor barlavento, foram identificadas morfologias com maior predomínio do tipo olho. Em relação à exfiltração, o tipo

difuso foi preponderante, uma vez que, não se pode identificar com precisão o ponto exato de saída da água, principalmente, após intervenções nos canais de olho d'água.

Na vertente sotavento, a morfologia dominante entre as nascentes analisadas, foi a do tipo afloramento. Infere-se que o surgimento dos afloramentos rochosos contribuiu para formação das nascentes nesse setor do relevo. Quanto à exfiltração, o tipo pontual foi dominante, principalmente, nas morfologias de afloramento e cavidade, com saídas de água facilmente individualizadas.

Devido à realização do campo no segundo semestre do ano, período marcado pelo regime seco, não foi possível identificar as vazões das nascentes intermitentes e efêmeras. Com orientação dos moradores locais, foi possível registrar a localização de algumas nascentes intermitentes que apresentam considerável vazão no período chuvoso na vertente do sotavento do relevo (Figura 18).

Figura 18 - Área de ocorrência de nascente intermitente



Registro realizado em agosto de 2021

Fonte: Holanda (2021)

## **7 IMPACTOS AMBIENTAIS MACROSCÓPICOS OBSERVADOS**

### **7.1 Grau de proteção das nascentes**

A aplicação do IIAN resulta na combinação de dados coletados a partir de análises visuais e que tratam de favorecer a percepção do estado ambiental atual das nascentes. Ainda que subjetivas, as respostas extraídas a partir do índice contribuíram para concepção de um diagnóstico preliminar sobre o contexto no qual essas fontes estão inseridas.

Os processos de identificação espacial e classificação ambiental, são estratégias que podem contribuir como construção de base de dados para elaboração de um monitoramento de nascentes e por consequência subsidiar um maior conhecimento sobre os impactos negativos, além da compreensão sobre os fatores que ocasionam o desaparecimento (ressecamento de nascentes), a redução do fluxo hídrico e a poluição da mina.

Analisando a tabulação dos dados (Tabela 3), é possível observar que, de maneira geral, o resultado do índice apontou um grau de proteção ambiental positivo das nascentes estudadas. Nesse sentido, alguns fatores foram determinantes para a configuração desse cenário:

- a) Desconsideração no mapeamento de nascentes com severas modificações na estrutura natural (Ex: intervenção com manilhas);
- b) Admissão no mapeamento de nascentes com baixa intervenção, mesmo com potencial impacto negativo a longo prazo. (Ex: abertura do canal das nascentes do tipo olho)
- c) Parte das nascentes consideradas no mapeamento foi localizada em áreas de difícil acesso para humanos e animais, elevando o grau de proteção.

Diante desse contexto, o grau de proteção ambiental das nascentes mapeadas variou entre bom a ótimo. Dos parâmetros macroscópicos analisados, o impacto ambiental sobre a cobertura vegetal acarretou na atribuição de menores pontuações quanto a qualificação do índice analisado.

. A substituição da cobertura florestal natural por outras culturas reflete a vulnerabilidade das nascentes, muito associada à preservação do próprio ecossistema. Além disso, a ocorrência de degradação da vegetação primária ou

mesmo o desmatamento, implicam diretamente na redução das condições ambientais necessárias para eficiência do processo de infiltração.

Para manter o fluxo natural das nascentes, é preciso estabelecer as condições ideais onde a fonte possa oferecer uma vazão mínima ao longo ano. A vegetação, portanto, possui um papel fundamental, pois é responsável por controlar os processos erosivos criando barreiras naturais de contenção da água da chuva. Dessa forma, a cobertura vegetal contribui com o processo de infiltração da água, garantido a recarga dos lençóis subterrâneos. Segundo Castro, Lima e Lopes (2007), a cobertura vegetal natural possui maior capacidade de infiltração, em relação às florestas plantadas. De acordo com os autores, a vegetação natural apresenta maior influência sobre a relação água e solo, podendo, em alguns casos, alcançar uma taxa de infiltração maior que 100 mm/h.

Tabela 3 – Resultados obtidos após análise dos dados

<b>ID</b>	<b>SETOR DO RELEVO</b>	<b>IIAN</b>	<b>GRAU DE PROTEÇÃO</b>	<b>TIPO MORFOLÓGICO</b>	<b>TIPO DE EXFILTRAÇÃO</b>	<b>DRENAGEM DE CONTRIBUIÇÃO</b>
1	Barlavento	31	Ótimo	Afloramento	Pontual	Rio Pacoti
2	Barlavento	36	Ótimo	Olho	Difusa	Rio Pacoti
3	Barlavento	29	Bom	Olho	Difusa	Rio Pacoti
4	Barlavento	30	Bom	Olho	Difusa	Rio Pacoti
5	Barlavento	34	Ótimo	Afloramento	Difusa	Riacho Catarina
6	Sotavento	32	Ótimo	Afloramento	Pontual	Rio Salgado
7	Sotavento	34	Ótimo	Cavidade	Pontual	Rio Salgado
8	Sotavento	32	Ótimo	Afloramento	Múltipla	Rio Salgado
9	Sotavento	32	Ótimo	Cavidade	Múltipla	Rio Salgado
10	Sotavento	35	Ótimo	Concavidade	Pontual	Rio Gameleira
11	Sotavento	35	Ótimo	Afloramento	Pontual	Riacho Santa Quitéria
12	Sotavento	31	Ótimo	Cavidade	Pontual	Riacho Santa Quitéria
13	Sotavento	31	Ótimo	Concavidade	Pontual	Riacho do Rolador
14	Sotavento	30	Bom	Talvegue	Pontual	Riacho do Rolador
15	Sotavento	30	Bom	Talvegue	Múltipla	Riacho do Rolador
16	Sotavento	35	Ótimo	Afloramento	Pontual	Rio Pacoti
17	Sotavento	35	Ótimo	Afloramento	Pontual	Rio Pacoti
18	Sotavento	35	Ótimo	Concavidade	Múltipla	Riacho do Ouro
19	Sotavento	33	Ótimo	Afloramento	Pontual	Riacho do Ouro

Elaboração: Autora (2021)



De maneira geral, a aplicação do IIAN proporcionou uma reflexão contextualizada das nascentes com a realidade vivenciada, sobretudo, em relação a organização espacial e os usos da terra. A restrição ao campo visual, não permitiu uma análise com maiores informações quanto à qualidade da água, entretanto, é importante registrar um potencial alerta para esse parâmetro, dado que foi identificado na área pontos de lançamentos clandestinos de esgotos domésticos diretamente no canal das drenagens. Além do esgoto, constatou-se também o descarte incorreto de lixo, com considerável acúmulo na vertente sotavento do relevo, próximo às nascentes dos riachos do Ouro e Rolador (Figura 19).

Figura 19 - Descarte incorreto de resíduos



Registro realizado em agosto de 2021

Fonte: Holanda (2021)

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tratar sobre conservação e proteção de nascentes é se debruçar sobre o campo da reflexão e da prática. As discussões sobre o conceito de nascente, assim como o seu entendimento legal, vêm estimulando pesquisadores a ampliar o conhecimento para além dos saberes elementares sobre esses ecossistemas.

É cada vez mais reconhecida a necessidade de uma coesão científica sobre os sistemas de nascentes (conceito e função). Compreender esses ambientes é um desafio urgente, uma vez que, desempenham o serviço ambiental de fornecedores de água para os seres vivos e para os processos hidrológicos da natureza.

Aplicação da metodologia de tipologias de nascentes e do IIAN se mostrou satisfatória considerando uma primeira abordagem para levantamento inicial de informações. Destaca-se enquanto potencialidade, a viabilidade de execução técnica

em campo, condizente a uma análise sistêmica e integrada a dinâmica natural e construída presentes na bacia hidrográfica do rio Pacoti. Das limitações e desafios, salienta-se a restrição da análise ao campo visual, tornando a subjetividade uma característica marcante. Ainda acerca dessa restrição, a metodologia não se mostrou apropriada para trabalhos em nascentes que tiveram sua forma natural totalmente modificadas, como o caso de algumas encontradas na área de estudo. Entretanto, salienta-se que tanto a classificação tipológica quanto o levantamento do grau de proteção proposta pelo IIAN respondem de modo aceitável para a construção do conhecimento sobre nascentes e corresponde a um importante subsídio necessário para fomentar base de dados e auxílios a gestão ambiental.

Sendo assim, na prática, a identificação e mapeamento das nascentes são imprescindíveis e podem ser agregadas em bancos informacionais que favoreçam a disseminação do conhecimento ambiental sobre essas áreas. Ferramentas colaborativas alimentadas por pesquisadores e usuários possuem a capacidade de fornecer dados importantes que auxiliam de maneira efetiva o gerenciamento, manejo e proteção ambiental, a exemplo do êxito empregado pelo *Springs Online* nos EUA.

Por sua vez, as políticas ambientais devem incorporar aos textos legais instrumentos que sirvam como orientação, não somente para técnicos e pesquisadores, mas também para os proprietários de terras e a comunidade em geral, os quais devem ser estimulados a proteger e conservar os ecossistemas de nascentes. Fortalecer iniciativas de educação ambiental e tecnologias sociais pode ser um caminho para alcançar um maior apoio e participação dos moradores do maciço de Baturité, assim como de visitantes.

As diretrizes legais devem sanar, portanto, os conflitos de uso e gerência desse recurso, um grande desafio que remete ao reconhecimento do direito e deveres sobre nascentes em áreas privadas. Do ponto de vista da gestão ambiental, deve ser observado os danos gerados a partir das intervenções encontradas que ocasionam o bloqueio de fluxo das drenagens.

Nesse sentido, percebe-se a necessidade de instrumentos que promovam a integração de pesquisas de conservação e proteção de nascentes para que seja viável o indicativo de pareceres técnicos sobre ações mais eficientes quanto ao uso e manejo desses ecossistemas. A partir da discussão sobre as normativas legais,

fica notório a fragilidade da legislação ambiental quanto a proteção desse recurso, alertando para uma situação preocupante, principalmente, para regiões situadas no semiárido brasileiro. Assim, a exemplo do cenário apresentado na Indonésia, onde a pressão ambiental do turismo reverberou no comprometimento sobre os ecossistemas de nascentes, o que resultou na proposição de um aumento da faixa de proteção das nascentes no trabalho de Romadhanet *al.*, (2020), são casos que nos revelam a necessidade de uma revisão sobre o que está estipulado nas leis ambientais e como de fato estão sendo incorporadas esses instrumentos na prática.

Considera-se, portanto, que a discussão sobre conservação e proteção de nascentes deve ser pautada nos seguintes desafios: 1. Criação de um banco de dado apoiado por normativas legais que revelem a situação a qual estão inseridos os ecossistemas de nascentes, 2. Realização de mapeamentos e incentivos a pesquisas que divulguem conhecimentos sobre a dinâmica ambiental e o estado de proteção/conservação desses ambientes e 3. Monitoramento e elaboração de estratégias adequadas para recuperação, conservação e proteção de nascentes.

Por fim, entende-se que a execução do presente trabalho teve o potencial de contribuir com informações específicas sobre as nascentes do rio Pacoti, em meio a um contexto de escassez na literatura sobre a temática. Espera-se, que novos pesquisadores sejam entusiasmados a construção do reconhecimento espacial e ambiental das nascentes, principalmente, sobre aquelas localizadas no Nordeste brasileiro.

## REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, Aziz Nacib. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Estudos Avançados**, v. 13, n. 36, p. 7–59, 1999. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40141999000200002&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141999000200002&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 6 jul. 2021.
- BARQUÍN, J.; SCARSBROOK, M. Management and conservation strategies for coldwater springs. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 18, n. 5, p. 580–591, jul. 2008. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/aqc.884>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- BASTOS, F. H. **Movimentos de massa no Maciço de Baturité(CE) e contribuições para estratégias de planejamento ambiental**. 2012. 257 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012. <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/7850>. Acesso em: 16 abr. 2021.
- BASTOS, Frederico de Holanda; CORDEIRO, Abner Monteiro Nunes; SILVA, Edson Vicente da. Aspectos geoambientais e contribuições para estratégias de planejamento ambiental da Serra de Baturité/CE. **Revista da ANPEGE**, [s.l.], v. 13, n. 21, p. 163-198, set. 2017. ISSN 1679-768X. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege/article/view/6947>. Acesso em: 03 ago. 2021.
- BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, São Paulo, v. 13, p.1-21, 1969. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/3389>. Acesso em: 5 jul. 2021.
- BETARD, F.; PEULVAST, J. P.; CLAUDINO-SALES, V. Caracterização morfopedológica de uma serra úmida no semi-árido do Nordeste brasileiro: o caso do maciço de Baturité-CE. **Mercator**, Fortaleza, v. 6, p. 107-126, 2007. <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/4768>. Acesso em: 10 maio. 2021.
- BRASIL. Constituição (1965). **Código Florestal**. Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965. Legislação Federal. Brasília, DF: 15 set. 1965. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm). Acesso em: 10 ago. 2020.
- BRASIL. Constituição (1997). 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**: Legislação Federal. Brasília, DF, 8 jan. 1997. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm). Acesso em: 10 ago. 2020
- 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.
- CAPELLARI, Adalberto; CAPELLARI, Marta Botti. A água como bem jurídico, econômico e social. A necessidade de proteção das nascentes. **Cidades. Comunidades e Territórios**, n. 36, 2018. Disponível em: <https://journals.openedition.org/cidades/657>. Acesso em: 15 nov. 2021.

CARNEIRO, Zé. [**Sem título**]. [Fortaleza]: [s.n.], [2022]. Texto não publicado, em homenagem ao trabalho Espacialização e avaliação das nascentes de drenagens do alto curso da bacia hidrográfica do Rio Pacoti (Ceará, Brasil).

CARTWRIGHT, Jennifer M; DWIRE, Kathleen A; FREED, Zach; et al. Oases of the future? Springs as potential hydrologic refugia in drying climates. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v. 18, n. 5, p. 245–253, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/fee.2191>. Acesso em: 6 jan. 2022.

CASTRO, Paulo Santana. **Recuperação e conservação de nascentes**. Centro de Produções Técnicas, 2001.

CEARÁ. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará. *In: Sistemas de transferências*. [S. l.], 5 out. 2018. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/sistemas-de-transferencias/>. Acesso em: 1 jun. 2021.

CEARÁ. **Decreto Nº 20.956, de 18 de setembro de 1990**. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental da Serra de Baturité neste Estado, e adota outras providências. Ceará, CE, 24 set. 1990. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=276819>. Acesso em: 11 de abr. 2022.

CEARÁ. **Lei nº 14.844, de 28 de dezembro de 2010**. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos - SIGERH, e dá outras providências. : Legislação Estadual. Fortaleza, CE, 28 dez. 2010. Disponível em: <https://belt.al.ce.gov.br/index.php/legislacao-do-ceara/organizacao-tematica/desenv-regional-recursos-hidricos-minas-e-pesca/item/379-lei-n-14-844-de-28-12-10-do-30-12-10>. Acesso em: 10 abr. 2022.

CEARÁ. **Lei nº 11.996, de 24 de julho de 1992**. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos – SIGERH e dá outras providências. Legislação Estadual. Fortaleza, CE, 24 jul. 1992. Disponível em: <https://www.srh.ce.gov.br/leis-1992/>. Acesso em: 01 maio. 2022.

CEARÁ. **Lei nº 12.522, de 15 de dezembro de 1995**. Define como áreas especialmente protegidas as nascentes e olhos d'água e a vegetação natural no seu entorno e dá outras providências. Legislação Estadual. Fortaleza, CE, 15 jul. 1995. Disponível em: <https://belt.al.ce.gov.br/index.php/legislacao-do-ceara/organizacao-tematica/meio-ambiente-e-desenvolvimento-do-semiarido/item/2888-lei-n-12-522-de-15-12-95-d-o-de-28-12-95>. Acesso em 01 mai. 2022.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. **Resolução nº 303, de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=299>. Acesso em 7 de ago. 2021.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. *In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (org.)*.

**Geomorfologia:** uma atualização de bases e conceitos. 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS-COGERH. **Relatório de diagnóstico ambiental das bacias metropolitanas:** Elaboração do plano de segurança hídrica das bacias hidrográficas estratégicas do Acaraú, Metropolitanas e Sub-bacias do Salgado. 2018. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/wp-content/uploads/2018/10/Relatorio%20Diagnostico%20Ambiental%20das%20Bacias%20Metropolitanas.pdf>. Acesso em: 01 jun. 202

FELIPPE, M. F. **Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte-MG com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais.** 2009. 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. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/13354>. Acesso em: 31 out 2021

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

GROSSMAN, Amy; ZAVOYSKI, Beth; SOLUTIONS, Wetland. Glen Springs Restoration Plan. Florida Springs Institutes, out/2012. Disponível em: <https://floridaspringsinstitute.org/wp-content/uploads/2018/07/Glen-Spring-Restoration-Plan-Final.pdf>. Acesso em 10 de mai. 2022.

HOWARD T. ODUM FLORIDA SPRINGS INSTITUTE (EUA). **Florida Springs Conservation Plan.** Flórida, 2019. Disponível em: <https://floridaspringsinstitute.org/wp-content/uploads/2019/08/Springs-Conservation-Plan-Executive-Summary-FINAL.pdf>. Acesso em: 31 out. 2021

IKEMATSU, Priscila et al. Aspectos técnicos para priorização de recursos em recuperação e conservação de nascentes. **Águas Subterrâneas.** Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28740#:~:text=Os%20aspectos%20t%C3%A9cnicos%20apresentados%20possuem,de%20nascentes%20e%20ao%20escoamento>. Acesso em: 15. jul. 2020.

JAVADI, Saman; MOGHADDAM, Hamid Kardan; ROOZBAHANI, Reza. Determining springs protection areas by combining an analytical model and vulnerability index. **CATENA**, v. 182, p. 104167, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816219303091>. Acesso em: 30 out. 2021.

LIMA, Gustavo Ferreira da Costa. A institucionalização das políticas e da gestão ambiental no Brasil: avanços, obstáculos e contradições. **Desenvolvimento e Meio**

**Ambiente**, v. 23, n. 0, 2011. Disponível em:

<https://revistas.ufpr.br/made/article/view/20948>. Acesso em: 8 fev. 2022.

MAGALHÃES JUNIOR, Antônio Pereira. **Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectiva para o Brasil a partir da experiência francesa**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

MORETTI, Edvaldo Cesar; MARINHO, Vera Lucia Freitas. Os caminhos das águas: As políticas públicas ambientais e criação dos Comitês de Bacias Hidrográficas.

**Geosul**, v. 28, n. 55, p. 123, 2013. Disponível em:

<https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/2177-5230.2013v28n55p123>.

Acesso em: 10 fev. 2021.

NAVES, A.; SAMPER, J.; MON, A. et al. Demonstrative actions of spring restoration and groundwater protection in rural areas of Abegondo (Galicia, Spain). **Sustainable Water Resources Management**, v. 5, n. 1, p. 175–186, 2019. Disponível em:

<https://doi.org/10.1007/s40899-017-0169-5>. Acesso em: 09 mar. 2022.

PEREIRA, R. C. M.; SILVA, E. V.; RABELO, F. D. B. Aspectos pedológicos e suas relações com processos morfodinâmicos na serra de Baturité. **Serra de Baturité: uma visão integrada das questões ambientais**. Expressão Gráfica e Editora, Fortaleza, p. 77-97, 2011.

PINHEIRO, Allysson P. et al. A new and endangered species of *Kingsleya* Ortmann, 1897 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Pseudo thelphusidae) from Ceará, northeastern Brazil. **Zootaxa**, v. 4171, n. 2, p. 365-372, 2016.

PINÉO, T. R. G. **Mapa geológico do estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2021.

Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20418>. Acesso em: 22 jun. 2022.

PTY, Adani Mining **Groundwater Dependent Ecosystem Management Plan – Carmichael Mine Project**. Eco Logical, Australia, 2019. 352 p.

QUEIROZ, P. H. B. **Planejamento ambiental aplicado a um setor do médio curso da bacia hidrográfica do rio Pacoti-CE**. 2010. 207 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

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

SANTOS, Humberto Gonçalves dos et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília,DF: Embrapa Solos, 2018.

SCARSBROOK, Mike Robert; BARQUÍN, José; GRAY, Duncan Peter. **New Zealand cold water springs and their biodiversity**. Wellington: Department of conservation, 2007.

SILVA, Fabio Leandro da et al. Gestão de recursos hídricos e manejo de bacias hidrográficas no Brasil: elementos básicos, histórico e estratégias. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 3, p. 1626, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/248864>. Acesso em: 11 jul. 2021.

SOUZA, Kleber Isaac Silva de et al. Proteção ambiental de nascentes e afloramentos de água subterrânea no Brasil: histórico e lacunas técnicas atuais. **Águas Subterrâneas**, v. 33, n. 1, p. 76–86, 2019. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29254>. Acesso em: 12 abr 2022.

SOUZA, M. J. N. Contribuição ao estudo das unidades morfoestruturais do Estado do Ceará. **Revista de Geologia**, v. 01, n. 01, p. 73-91, 1988. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/contribuicao-ao-estudo-das-unidades-morfo-estruturais-do-estado-do-ceara/2679118/>. Acesso em: 15 jul 2021.

SOUZA, M. J. N. Bases Naturais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará. *In*: LIMA, L. C. ; SOUZA, M. J. N. ; MORAES, J. O.; **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000.

SOUZA, Souza Nogueira *et al.* Degradação, Impacto Ambiental e Uso da Terra em Bacias Hidrográficas: O Contexto Da Bacia Do Pacoti/Ce. **Acta Geográfica**, v. 10, n. 22, p. 17-33, 2016. Disponível em: <https://revista.ufrn.br/actageo/article/view/2578>. Acesso em: 20 jan 2022.

SPRINGER, Abraham E.; STEVENS, Lawrence E. Spheres Of Discharge of springs. **Hydrogeology Journal**, v. 17, n. 1, p. 83-93, 2009.

STEVENS, Lawrence E.; SCHENK, Edward R.; SPRINGER, Abraham E. Springs ecosystem classification. **Ecological Applications**, v. 31, n. 1, 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eap.2218>. Acesso em: 22 jan. 2022.

STEVENS, L. E. *et al.* **Arizona springs restoration handbook**. Springs Stewardship Institute, Museum of Northern Arizona, and Sky Island Alliance, 126 p. 2016. Disponível em: [https://docs.springstewardship.org/PDF/SIA-Handbook\\_010916.pdf](https://docs.springstewardship.org/PDF/SIA-Handbook_010916.pdf). Acesso em: 22 jan. 2022.

VALENTE, Osvaldo Ferreira; GOMES, Marcos Antônio. **Conservação de nascentes: produção de água em pequenas bacias hidrográficas**. Aprenda Fácil: Minas Gerais, p. 267, 2011.

ZANELLA, M. E., SALES, M. C. L. Considerações sobre o clima e a hidrografia do maciço de Baturité. *In*: BASTOS, F. H. (org). **Serra de Baturité: Uma visão integrada das questões ambientais**. Expressão gráfica e editora. Fortaleza, 2011.