

Organizadores:  
Andreza Tacyana Felix Carvalho  
Filipe da Silva Peixoto

**PATRIMÔNIO HIDROLÓGICO DO  
COMPLEXO SERRANO MARTINS-  
PORTALEGRE, SEMIÁRIDO BRASILEIRO:  
contexto hidrológico e indicativos a sua  
Geoconservação**



Organizadores:  
Andreza Tacyana Felix Carvalho  
Filipe da Silva Peixoto

**PATRIMÔNIO HIDROLÓGICO DO  
COMPLEXO SERRANO MARTINS-  
PORTALEGRE, SEMIÁRIDO BRASILEIRO:  
contexto hidrológico e indicativos a sua  
Geoconservação**



**Reitora**

Cicilia Raquel Maia Leite

**Vice-Reitor**

Francisco Dantas de Medeiros Neto

**Diretor da Editora Universitária da Uern ( Eduern)**

Francisco Fabiano de Freitas Mendes

**Chefe do Setor Executivo da Editora Universitária da Uern ( Eduern)**

Jacimária Fonseca de Medeiros

**Chefe do Setor de Editoração da Editora Universitária da Uern ( Eduern)**

Lindercy Francisco Tomé de Souza Lins

**Conselho Editorial da Edições Uern**



Edmar Peixoto de Lima

Filipe da Silva Peixoto

Francisco Fabiano de Freitas Mendes

Isabela Pinheiro Cavalcanti Lima

Jacimária Fonseca de Medeiros

José Elesbão de Almeida

Lindercy Francisco Tomé de Souza Lins

Maria José Costa Fernandes

Maura Vanessa Silva Sobreira

Kalidia Felipe de Lima Costa

Regina Célia Pereira Marques

Rosa Maria Rodrigues Lopes

Saulo Gomes Batista

**Revisora:**

Isa Vitória Duarte de Oliveira

**Capa:**

Alicya Rebeca Moura de Medeiros

**Diagramação:**

Maria Flávia Mendonça Ferreira

**Catálogo da Publicação na Fonte.  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.**

Patrimônio Hidrológico do Complexo Serrano Martins-Portalegre, Semiárido Brasileiro: contexto hidrológico e indicativos a sua Geoconservação. Vol.III [recurso eletrônico]. / Andreza Tacyana Felix Carvalho, Filipe da Silva Peixoto (orgs.). – Mossoró, RN: Edições UERN, 2025.

104 p.

ISBN: 978-85-7621-559-2. (E-book).  
Coleção: Pensando o Semiárido Brasileiro sob múltiplas Perspectivas.

1. Recursos hídricos – Semiárido brasileiro. 2. Geodiversidade. 3. Recursos hídricos. 4. Complexo Serrano Martins-Portalegre. I. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. II. Título.

UERN/BC

CDD 333.91

# SUMÁRIO

PREFÁCIO	5
APRESENTAÇÃO	
<i>Andreza Tacyana Felix Carvalho, Filipe da Silva Peixoto, Jacimária Fonseca de Medeiros e Wendson Dantas de Araújo Medeiros</i>	7
CAPÍTULO 1 - CONTEXTO GEOAMBIENTAL DO COMPLEXO SERRANO MARTINS PORTALEGRE	
<i>Larissa Silva Queiroz e Jacimária Fonseca de Medeiros</i>	9
CAPÍTULO 2 - PATRIMÔNIO HIDROLÓGICO E LOCAIS DE INTERESSE HIDROLÓGICO NO COMPLEXO SERRANO MARTINS PORTALEGRE	37
<i>Bárbara Crislaine Gomes Jó, Andreza Tacyana Felix Carvalho, Filipe da Silva Peixoto e Wendson Dantas de Araújo Medeiros</i>	
CAPÍTULO 3 - DINÂMICA HIDROGEOMORFOLÓGICA DOS LOCAIS DE INTERESSE HIDROLÓGICO DO COMPLEXO SERRANO MARTINS PORTALEGRE	62
<i>Larissa Silva Queiroz e Jacimária Fonseca de Medeiros</i>	
CAPÍTULO 4 - QUALIDADE DAS ÁGUAS E IMPACTOS AMBIENTAIS NOS LOCAIS DE INTERESSE HIDROLÓGICO DO COMPLEXO SERRANO MARTINS PORTALEGRE.	71
<i>Filipe da Silva Peixoto e Andreza Tacyana Felix Carvalho</i>	
CAPÍTULO 5 - CONSERVAÇÃO E GESTÃO DOS LOCAIS DE INTERESSE HIDROLÓGICO DO COMPLEXO SERRANO MARTINS PORTALEGRE	89
<i>Larissa Silva Queiroz, Jacimária Fonseca de Medeiros, Wendson Dantas de Araújo Medeiros e Andreza Tacyana Felix Carvalho</i>	
CONSIDERAÇÕES FINAIS	100
<i>Andreza Tacyana Felix Carvalho, Filipe da Silva Peixoto, Jacimária Fonseca de Medeiros</i>	
AGRADECIMENTOS	101
SOBRE OS AUTORES	102

# PREFÁCIO

Em um desenho teórico a mão livre, a Geodiversidade corresponde à diversidade de fatores abióticos presentes em nossos cotidianos, paisagens e memórias. Rochas, relevos, solos e águas, com todas as suas especificidades e complexidades, interagem e atuam sinergicamente na promoção e sustentabilidade das vidas no planeta Terra.

A partir dos seus valores mais significativos, parcelas da Geodiversidade alçam a um status mais notório, demandando medidas mais específicas de conservação (ou, dito melhor, Geoconservação), formando um conjunto denominado como Geopatrimônio, para mim, o patrimônio que é escolhido a partir da Geodiversidade.

Este conjunto, amplo por conta da riqueza abiótica do nosso planeta, em que pese os riscos e casos crescentes de degradação ambiental, pode ser segmentado a partir dos fatores que compõem a geodiversidade, ou seja: rochas, relevos, solos e águas, os quais também tem seus geopatrimônios específicos, com denominações próprias. Por exemplo: a Geologia tem seu patrimônio geológico, representada por seus locais mais relevantes, os geossítios.

Dentre os segmentos do geopatrimônio, que são em maior número dos que mencionei aqui, o patrimônio geológico é o mais desenvolvido, estudado, tanto pelo aspecto fundante da geologia para os estudos sobre a geodiversidade, quanto pelas contribuições do grupo pioneiro e ainda majoritário de pesquisadores e pesquisadoras, com formação na ciência geológica.

Por sua vez, o patrimônio geomorfológico vem sendo cada vez mais estudado, com aspectos teóricos sendo verticalizados e estudos de caso ganhando volume na literatura científica internacional e brasileira. Porém, o mesmo quadro não se verifica em relação ao patrimônio pedológico, ainda com várias frentes a serem desenvolvidas e, ao que parece, menos ainda, com o patrimônio hidrológico.

Nesse sentido, o livro “Patrimônio Hidrológico do Complexo Serrano Martins-Portalegre, semiárido brasileiro: contexto hidrológico e indicativos a sua Geoconservação”, de antemão, já se apresenta como uma contribuição importante para pensarmos a urgente conservação das nossas águas sob um ângulo novo e necessário: as águas enquanto patrimônio.

Composto por cinco capítulos principais (além de um introdução e de uma seção para as considerações finais), o livro perfaz um caminho didático, bem construído e que pode ser percorrido tanto por especialistas quanto por qualquer pessoa recém-apresentada, mas interessada e/ou sensível às temáticas tratadas no livro. O que é um aspecto muito positivo alcançado pelas autoras e autores.

Inicialmente, tem-se a apresentação do contexto geoambiental da área de estudos, o Complexo Serrano Martins-Portalegre, importante região potiguar. Esse tipo de apresentação, aliás, é uma etapa imprescindível para que qualquer estudo sobre geopatrimônio seja feito de forma embasada. Reflita: como poderíamos determinar ou mesmo falar sobre o que é mais relevante em uma área sem antes conhecê-la?

Apresentada a área, você se sentirá à vontade para a leitura do capítulo seguinte, que traz uma instigante proposta conceitual, os Locais de Interesse Hidrológico (LIH), apresentados no livro como os cernes do Patrimônio Hidrológico da região abordada.

Mas como esses LIHs surgiram? Como nasceu essa riqueza hídrica e hidrológica em meio ao semiárido nordestino brasileiro? Não são perguntas pertinentes? Como docentes de

qualidade que são, o grupo de autores se antecipa a essas questões e nos apresenta um capítulo que trata da formação e das características dos LIHs. Mais um acerto da obra, pois para entender algo no presente é necessário também saber do seu passado.

Conhecemos os locais, suas bases geológicas, suas características geomorfológicas associadas... Não sei você, mas nessa altura do livro eu já estou vestindo a camisa do Patrimônio Hidrológico do Complexo Serrano Martins-Portalegre. Se você está no mesmo time, ao mesmo tempo que nos identificamos também nos preocupamos em saber como está a conservação dos LIHs, não é?

O capítulo 4 do livro trata da qualidade das águas e traz um diagnóstico dos impactos ambientais, incluindo as potenciais fontes de poluição e contaminação, informações imprescindíveis para se pensar a geoconservação do Patrimônio Hidrológico tratado nos capítulos anteriores.

E como seria a Geoconservação de uma área tão ampla, de escala regional, tão diversa? A resposta não é simples tampouco dada, e qualquer resposta que seja alcançada, deverá ser relativizada em relação ao tempo e às nuances, interesses e prioridade da sociedade que habita, visita e permeia o Complexo Serrano Martins-Portalegre. A natureza muda, as formas como nos relacionamos com ela também e esse amplo aspecto transitório precisa, não ser apenas considerado ao se pensar formas e estratégias de geoconservação, mas também aceito. Afinal de contas, a filosofia tenta nos ensinar que a única permanência é que tudo muda.

Assim, o livro começa a se encerrar com um capítulo que traz indicativos para a Geoconservação da área, tão bem abordada nos capítulos anteriores, com a apresentação de estratégias de Geoconservação para os LIHs e uma pertinente abordagem dos geoparques e sua importância para o Patrimônio Hidrológico. Será que o Rio Grande do Norte começa a elaborar uma nova proposta de geoparque?

Por fim, não podemos esquecer que iniciativas e contribuições científicas como a que você lerá neste livro, são uma parte importante da caminhada rumo à sustentabilidade das nossas águas e do nosso planeta, mas que também nos cabe levar o que aprendermos aqui para nossas agendas, nossos cotidianos, para as nossas famílias, para outros lugares e para outras pessoas.

A parte deles, os autores e autoras desse livro a fizeram muito bem, parabéns. Vamos fazer a nossa?

Marcelo Martins de Moura-Fé

Agosto de 2025.

# APRESENTAÇÃO

*Andreza Tacyana Felix Carvalho*

*Filipe da Silva Peixoto*

*Jacimária Fonseca de Medeiros*

*Wendson Dantas de Araújo Medeiros*

A água é um elemento essencial para a manutenção da vida e do equilíbrio ambiental, assumindo diferentes formas e dinâmicas nos mais variados contextos geográficos. No Semiárido potiguar, as peculiaridades do regime hidrológico, associadas às características geológicas e geomorfológicas, conferem singularidade aos recursos hídricos e à paisagem da região. Diante desse contexto, torna-se fundamental reconhecer e valorizar os corpos hídricos não apenas como elementos naturais, mas também como parte do patrimônio das paisagens e das populações que com elas interagem.

O Patrimônio Hidrológico do Complexo Serrano Martins-Portalegre (CSMP) representa um conjunto de Locais de Interesse Hidrológico (LIH) de grande relevância científica, ambiental e cultural, incluindo nascentes e cachoeiras em um contexto geográfico singular, marcado pela predominância da escassez hídrica. Trata-se de um enclave predominantemente subúmido, em que as temperaturas moderadas, as chuvas orográficas e, sobretudo, as peculiaridades geológicas-geomorfológicas favorecem a ocorrência de um grande número de LIH. Esses fatores, sem dúvida, reforçam sua importância em um contexto marcado pela semiaridez e pela irregularidade das chuvas, tanto intra quanto interanualmente.

Esta obra coletiva, elaborada em colaboração por docentes e egressos do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (PPGEO/UERN), surge como uma iniciativa para compilar e aprofundar o conhecimento sobre a paisagem hidrogeográfica do Complexo Serrano Martins-Portalegre (CSMP). Inspirada e baseada na Dissertação de Mestrado da egressa Bárbara Crislaine Gomes Jó, a publicação reúne especialistas em *Geodiversidade*, *Recursos Hídricos*, *Brejos de Altitude e Semiárido Potiguar*, oferecendo uma abordagem integrada sobre o tema.

Estruturada em cinco capítulos, a obra conduz o leitor desde a contextualização geoambiental da região, caracterização hidroquímica e diagnóstico da situação qualitativa da água, até a exploração das perspectivas de conservação e gestão dos Locais de Interesse Hidrológico (LIHs) do CSMP, apresentando, inclusive, alguns dos resultados alcançados durante a pesquisa que a motivou.

Desse modo, o *Capítulo 1* dedica-se à apresentação do contexto geoambiental do Complexo Serrano Martins-Portalegre (CSMP), oferecendo uma análise abrangente de sua localização geográfica, das condições climáticas e do regime hidrológico que caracterizam a região. São discutidos em detalhe elementos como a caracterização pluviométrica e térmica, o balanço hídrico climatológico e a tipologia climática, fundamentais para a compreensão da dinâmica ambiental local. O capítulo também contempla os aspectos geológicos que estruturam o território, bem como os principais processos geomorfológicos responsáveis pela conformação da paisagem, evidenciando as interações entre os componentes físicos do meio e suas implicações para a disponibilidade e variabilidade hídrica.

O *Capítulo 2* introduz o conceito de Patrimônio Hidrológico e a definição de Locais de Interesse Hidrológico (LIH), além de discutir sua importância e critérios de identificação e classificação no contexto do CSMP. O *Capítulo 3* aprofunda a análise sobre a formação e as características hidrogeomorfológicas dos LIH, enfatizando a influência dos fatores geológicos e geomorfológicos, a tipologia das nascentes e uma breve classificação das cachoeiras da região do CSMP. A interação entre os processos hidrológicos, a geomorfologia e a modelagem da paisagem são exploradas para compreender a formação e a dinâmica desses locais.

Em seguida, o *Capítulo 4* discute a qualidade da água nos LIH, considerando aspectos físicos, químicos e microbiológicos, e sua relação com as características geológicas e geomorfológicas da região. Além disso, são identificados indícios de fontes potenciais de poluição e contaminação. Por fim, o *Capítulo 5* discute a conservação e gestão dos Locais de Interesse Hidrológico, apresentando o papel dos geoparques e estratégias de geoconservação voltadas à proteção desses ambientes de relevância ambiental, social e econômica.

Com base nesse percurso analítico e metodológico, esta obra foi pensada para alcançar um público amplo e comprometido com a compreensão e a preservação do Patrimônio Hidrológico em regiões serranas do Semiárido. Por reunir mapas temáticos, análises climáticas, estudos da qualidade da água e inventariação/quantificação detalhada dos hidrossítios, o livro é um instrumento valioso para estudantes e pesquisadores das áreas de Geografia, Ciências Ambientais, Geologia e afins. Ao mesmo tempo, oferece subsídios relevantes para profissionais da Gestão Ambiental, Planejamento Territorial e Políticas Públicas.

Além disso, a publicação busca dialogar com educadores, lideranças comunitárias e agentes sociais que atuam diretamente nos territórios analisados, fortalecendo o vínculo entre conhecimento científico e saberes locais. Nesse sentido, o livro é também um convite à valorização dos recursos hídricos como expressão de memória, identidade e resistência em meio às adversidades do Semiárido.

Com isso, reforça-se a importância deste material para a compreensão e valorização do Patrimônio Hidrológico do CSMP, destacando a necessidade de medidas integradas para sua conservação e gestão sustentável. Sem dúvida, essa obra contribuirá significativamente para subsidiar uma necessária readequação nas estratégias de conservação, para o avanço das pesquisas e a conscientização sobre a importância desses recursos naturais, não apenas para os municípios da região, mas também para as diversas áreas de enclaves e brejos de altitude do Semiárido brasileiro.

Que esta leitura inspire reflexões e promova iniciativas voltadas à gestão sustentável dos recursos hídricos, fortalecendo ações de conservação e uso responsável da água no contexto do CSMP.

Boa leitura!

# CAPÍTULO 1

## CONTEXTO GEOAMBIENTAL DO COMPLEXO SERRANO MARTINS PORTALEGRE

*Larissa Silva Queiroz*

*Jacimária Fonseca de Medeiros*

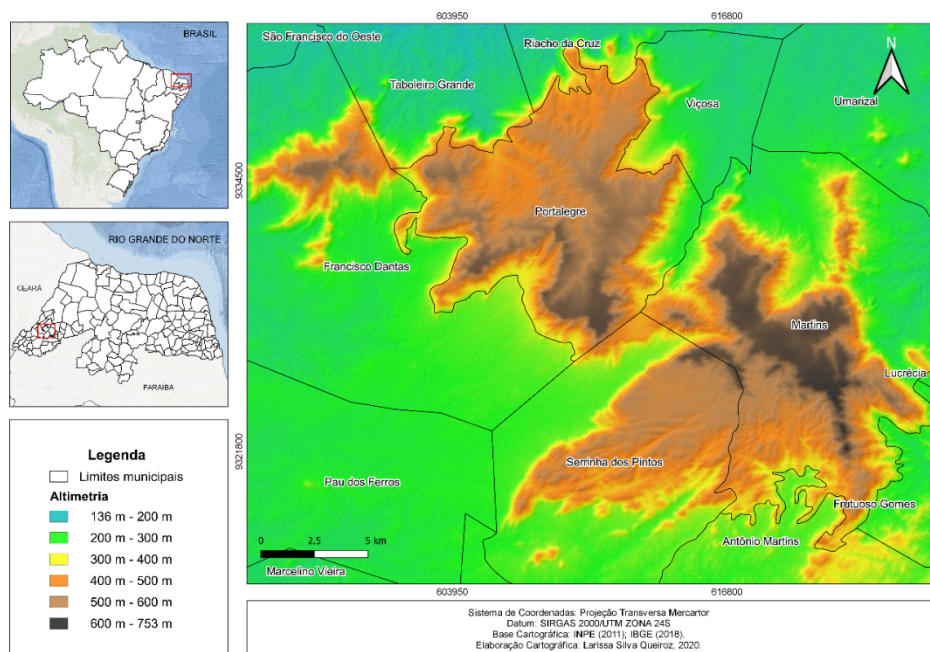
O Complexo Serrano Martins-Portalegre constitui um enclave úmido de relevância considerável no Semiárido potiguar, que contrasta com o panorama de escassez hídrica característico da região. Esse ambiente pode ser caracterizado pela interação de distintas condições ambientais – relacionadas à existência de microclimas, às feições geomorfológicas e litologias variadas. Essa configuração ambiental favorece a ocorrência de chuvas orográficas, a recarga de aquíferos locais e a geração de nascentes perenes situadas entre 600 e 630 m de altitude, configurando um patrimônio hidrológico singular no contexto nordestino.

O Complexo Serrano Martins Portalegre abriga um patrimônio hidrológico de grande relevância para o Semiárido brasileiro, caracterizado por uma paisagem diversificada e atributos naturais que favorecem a riqueza hídrica da região. Essa diversidade não apenas sustenta múltiplos usos da água, mas também impulsiona o turismo nos municípios que integram o complexo, evidenciando sua importância ambiental, social e econômica. Desse modo, apresenta-se a seguir o contexto geoambiental em que se insere esse recorte, com o objetivo de compreender suas dinâmicas naturais de forma panorâmica e integrada.

### 1.1. Localização geográfica

O Complexo Serrano Martins-Portalegre localiza-se no Semiárido nordestino brasileiro, no estado do Rio Grande Norte, especificamente na Região Geográfica Intermediária de Mossoró e Região Geográfica Imediata de Pau dos Ferros (IBGE, 2017), sob coordenadas: 6° 03' 16.09" S, 37° 57' 52.80". Abrange áreas que correspondem parcialmente aos municípios de Martins, Portalegre, Serrinha dos Pintos e parte do município de Francisco Dantas, compreendendo 842,42 km<sup>2</sup> (Figura 1).

**Figura 1:** Localização do Complexo Serrano Martins-Portalegre, Rio Grande do Norte/Brasil



Fonte: As autoras, 2020.

## 1.2 Clima e regime hidrológico

A Região Nordeste do Brasil (NEB) apresenta características climáticas extremas em comparação ao restante do país. Entre os principais aspectos, destacam-se a baixa umidade, a escassez e a irregularidade das chuvas ao longo dos anos, além dos prolongados períodos de estiagem. O solo salino, a ausência de rios perenes e a concentração das precipitações em um curto período do ano, geralmente entre dois e três meses, também são fatores marcantes (Ab'Sáber, 1974; Reis, 1976).

De acordo com Kayano e Andreoli (2009), essa região abriga três tipos climáticos principais: Litorâneo Úmido, Tropical e Tropical Semiárido. Tal diversidade climática resulta da atuação de diferentes mecanismos físicos, que influenciam tanto a formação quanto a distribuição das chuvas. Entre os principais fatores que determinam essa variabilidade, destacam-se a posição geográfica, o relevo, as características da superfície e os sistemas meteorológicos atuantes na região, os quais operam em diferentes escalas espaciais e temporais (Marengo *et al.*, 2011; Ferreira; Reboita; Rocha, 2019).

Dentre os sistemas meteorológicos atuantes, podemos citar, conforme Ferreira e Mello (2005), a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), as Frentes Frias, as Ondas de Leste, os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs), as Linhas de Instabilidade, os Complexos Convectivos de Mesoescala, e por fim, as Brisas Marítimas e Terrestres. Além dos mecanismos mencionados, também se faz presente a atuação do *El Niño* (EN).

Apesar das características gerais acima descritas para o contexto regional do Nordeste brasileiro, salienta-se que ele é marcado por inúmeras especificidades, que decorrem, em

grande parte, das variações de relevo e clima. A coexistência de unidades geomorfológicas distintas, como o Planalto da Borborema, os Planaltos Residuais Sertanejos, a Depressão Sertaneja e o litoral, associada à distribuição desigual das chuvas e à presença de climas Semiárido, Tropical e Equatorial, influencia significativamente as dinâmicas ambientais da região. Assim, ao analisar a região em escala cartográfica maior, é possível encontrar áreas que fogem a este contexto, caracterizando-se como Áreas de Exceção ou enclaves úmidos.

Nesse contexto, busca-se o entendimento da dinâmica climática dos municípios de Martins, Portalegre e Serrinha dos Pintos, os quais localizam-se no contexto do Complexo Serrano Martins-Portalegre (CSMP). A escolha por esses três municípios justifica-se por considerar as cotas altimétricas elevadas em que se localizam, sendo, portanto, representativas para o contexto do CSMP. Nesse sentido, optou-se por deixar o município de Francisco Dantas fora do contexto climático, tendo em vista que apenas uma pequena porção territorial deste faz parte da área de interesse desta pesquisa. Salienta-se que autores como Medeiros *et al.* (2021), Queiroz *et al.* (2017) e Amorim e Medeiros (2022) já abordaram sobre a caracterização climática desses municípios serranos. No entanto, neste caso será realizada uma análise climática conjunta, numa abordagem mesoescalar, a partir do recorte temporal de 1973 a 2002, por meio dos dados da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte e o uso do *software* Estima\_T.

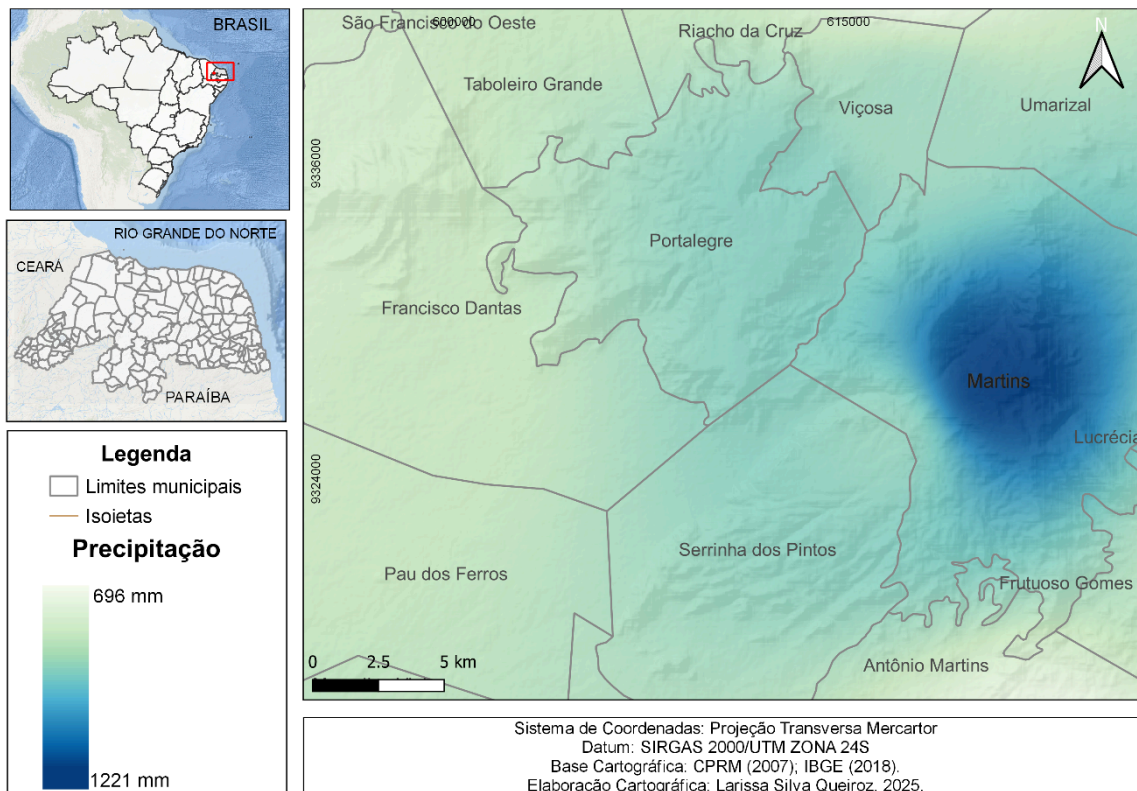
### 1.2.1 Caracterização pluviométrica e térmica do CSMP

Os municípios apresentaram significativas variações nas precipitações pluviométricas, conforme evidenciado nas Figuras 2 a 5. Para o município de Martins, foram identificados no período estudado os valores de 2.523 mm, precipitação máxima ocorrida no ano de 1974, e 433 mm a precipitação mínima no ano de 1993, com uma média anual de 1.230 mm. Para o município de Portalegre, evidencia-se a precipitação máxima em 1985, com 1.985 mm, e precipitação mínima em 1993, com o valor de 275,6 mm, sendo a média pluviométrica 929 mm. O município de Serrinha dos Pintos, no período temporal analisado, apresentou precipitação máxima no ano de 1974, com 1.836 mm, e precipitação mínima no ano de 1993, com apenas 273 mm, sendo a média pluviométrica 906 mm.

Analisando o exposto, bem como observando a Figura 3, esta propicia a compreensão de que os anos de 1974, 1977, 1985, 1986 e 2000 são os mais expressivos quanto às máximas pluviométricas para os municípios em questão. Já nos anos de 1983, 1987, 1990, 1993 e 1998, foram evidenciados baixos acumulados pluviométricos. Logo, atribui-se que esses podem ser considerados como os anos extremos frente às precipitações pluviométricas acima ou abaixo da média.

Medeiros *et al.* (2021) salientam a importância de se fazer uma análise mais detalhada acerca dos eventos extremos, atrelando-os à atuação dos sistemas meteorológicos vigentes. Quanto aos fenômenos de influência oceânica, pode-se atrelar os dados extremos em sua maioria, à atuação do *El Niño* e *La Niña*. Segundo Monteiro *et al.* (2012), o *El Niño* se apresentou como fraco (nos anos de 1991, 1994, 2002, 2003, 2005), moderado (nos anos de 1987, 1993, 1995, 2002, 2003) e forte (em 1982, 1983, 1992, 1997, 1998). Já o fenômeno oceânico *La Niña* apresentou variação de moderada a fraca (para os anos de 1985, 1988, 1989, 1999, 2000, 2001, 2006, 2008, 2009).

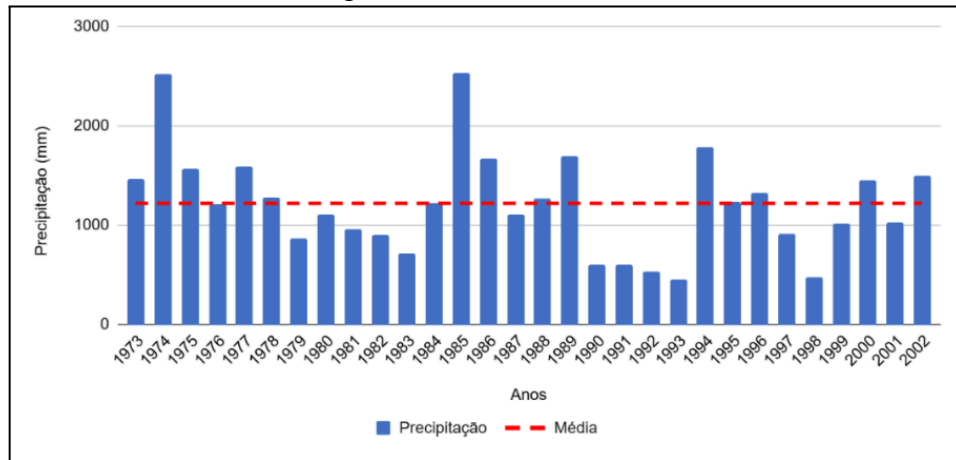
**Figura 2:** Mapa de precipitação pluviométrica anual do Complexo Serrano Martins Portalegre/RN



Fonte: Os autores, 2025.

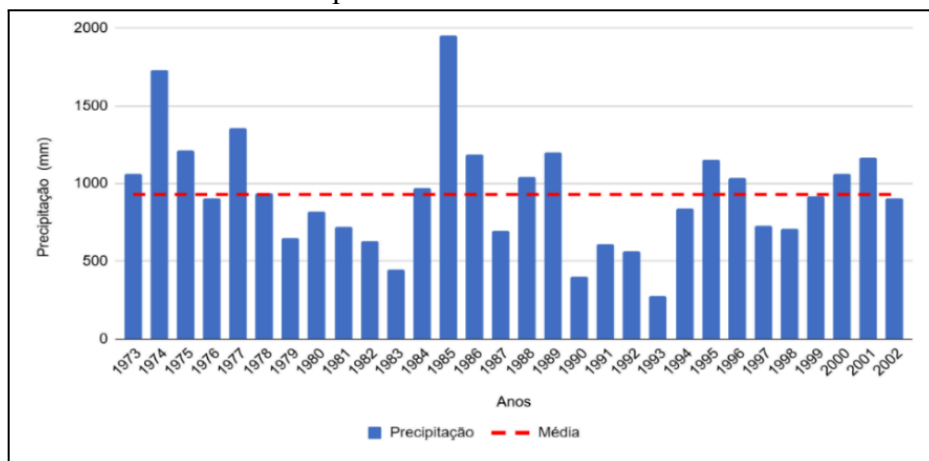
Assim, entende-se que a realidade climática na região analisada percorre o mesmo caminho do contexto regional nos eventos de maiores e menores médias pluviométricas. Todavia, assim como evidenciado por Oliveira *et al.* (2025), ao analisar o clima do Planalto Residual Extremo Oeste Potiguar, percebe-se que, mesmo sendo uma área suscetível às dinâmicas climáticas globais, o volume pluviométrico registrado nessa região, ocasionado em grande parte pelas chuvas orográficas, excede os valores característicos das áreas da Depressão Sertaneja.

**Figura 3:** Precipitações pluviométricas anuais e média do município de Martins/RN, no período de 1973-2002



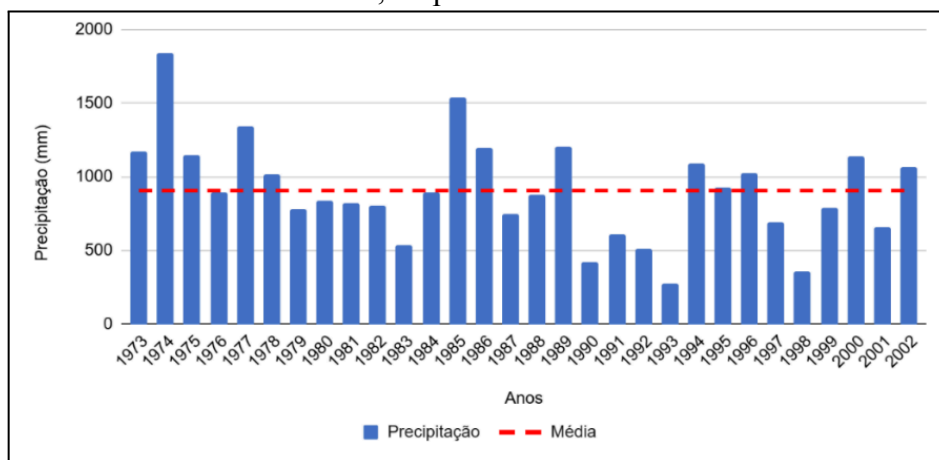
Fonte: Elaborado pelos autores (2025), a partir de dados da Emparn.

**Figura 4:** Precipitações pluviométricas anuais e média do município de Portalegre/RN, no período de 1973-2002



Fonte: Elaborado pelos autores (2025), a partir de dados da Emparn.

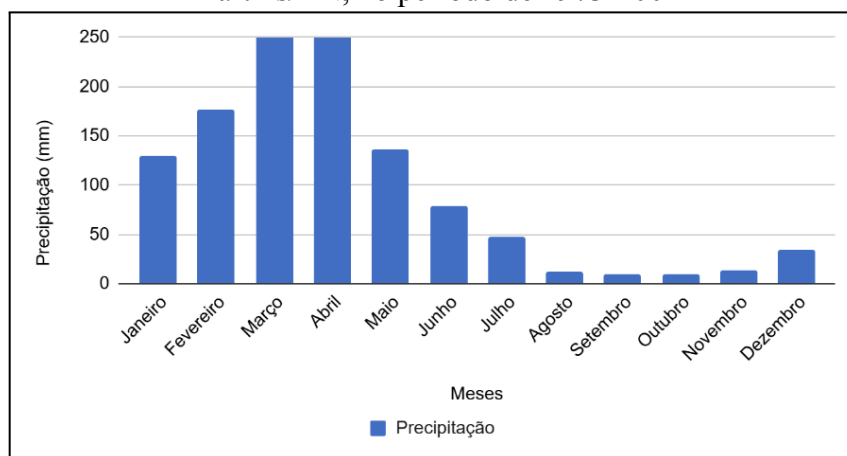
**Figura 5:** Precipitações pluviométricas anuais e média do município de Serrinha dos Pintos/RN, no período de 1973-2002



Fonte: Elaborado pelos autores (2025), a partir de dados da Emparn.

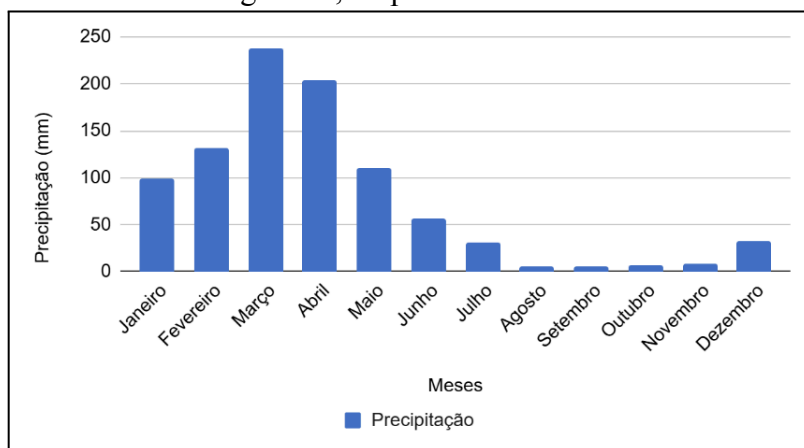
A distribuição mensal das precipitações pluviométricas ao longo do período estudado (Figuras 6 a 8) evidencia uma concentração irregular das chuvas ao longo do ano. Observa-se que a maior parte da precipitação ocorre em um período restrito, entre janeiro e maio, caracterizando uma estação chuvosa curta. Conforme Pinheiro *et al.* (2010), 75,6% da precipitação que ocorre na mesorregião Oeste do RN, está compreendida entre os meses de fevereiro a maio. Já os meses de julho a dezembro apresentam baixa pluviosidade, com um período crítico de estiagem identificado entre agosto e novembro.

**Figura 6:** Distribuição da precipitação pluviométrica média mensal no município de Martins/RN, no período de 1973-2002



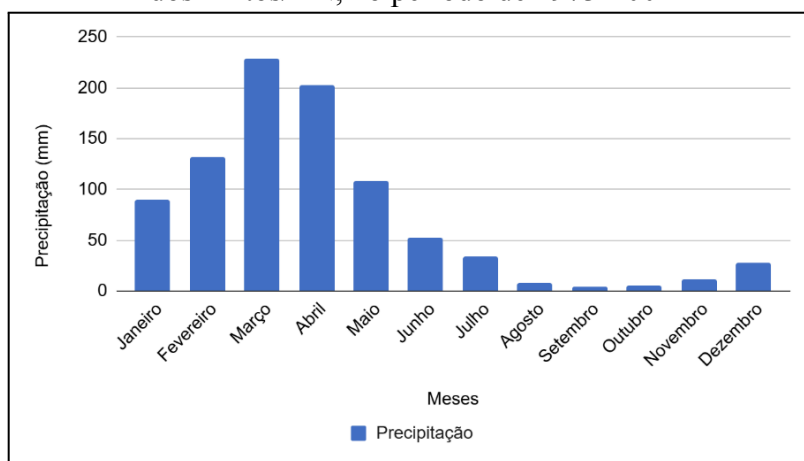
Fonte: Elaborado pelos autores (2025), a partir de dados da Emparn.

**Figura 7:** Distribuição da precipitação pluviométrica média mensal no município de Portalegre/RN, no período de 1973-2002



Fonte: Elaborado pelos autores (2025), a partir de dados da Emparn.

**Figura 8:** Distribuição da precipitação pluviométrica média mensal no município de Serrinha dos Pintos/RN, no período de 1973-2002

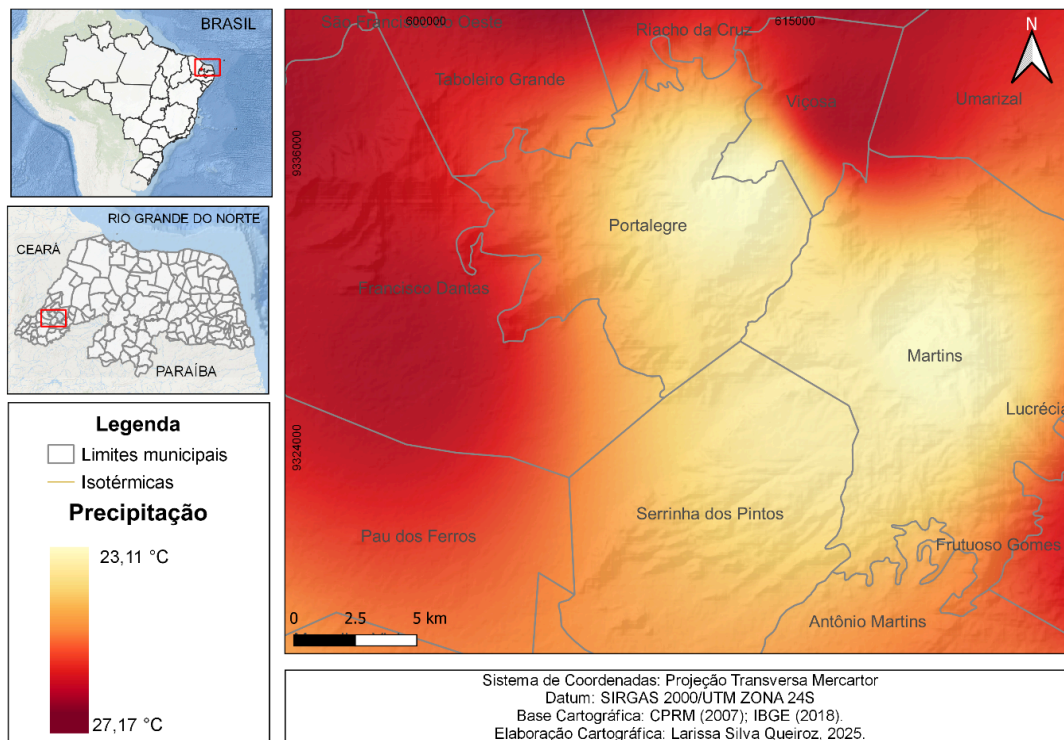


Fonte: Elaborado pelos autores (2025), a partir de dados da Emparn.

A análise da série histórica revela um regime pluviométrico monomodal, com um único pico de chuvas concentrado nos meses de março e abril. Apesar de algumas variações locais, os municípios analisados compartilham um padrão semelhante de sazonalidade, com a maior parte das chuvas concentrada no primeiro semestre e um segundo semestre predominantemente seco.

Com relação ao comportamento térmico (Figuras 9 a 12), o município de Martins apresentou temperatura média do ar de 23 °C. Evidenciou-se que não existe grande oscilação entre os dados de temperatura ao longo do ano, variando de 21 °C a 24 °C. O município de Portalegre apresentou a média térmica de 23,2 °C, sendo a máxima temperatura evidenciada de 24,3 °C e a mínima de 21,5 °C. Com relação ao município de Serrinha dos Pintos, evidenciou temperatura média do ar de 23 °C, variando entre 21 °C e 24 °C. Percebe-se assim, uma dinâmica térmica semelhante para o CSMP, com uma média térmica de 23 °C, e amplitude térmica em torno de 3 °C. Medeiros *et al.* (2021), Queiroz *et al.* (2017) e Amorim e Medeiros (2022) já destacavam que esses municípios atendem a um gradiente térmico da ordem de aproximadamente 0,7 °C/100 m de altitude.

**Figura 9:** Mapa de temperatura média anual do Complexo Serrano Martins Portalegre/RN

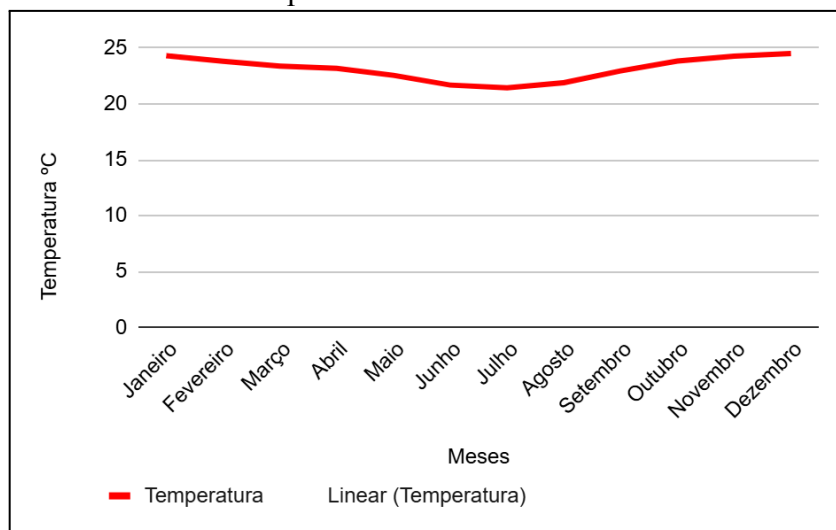


Fonte: elaborado pelos autores, 2025.

A figura 6 demonstra ainda que, o trimestre junho-julho-agosto é caracterizado pelas menores temperaturas médias do ar, em torno de 21° C, sendo, portanto, os meses mais frios. As maiores médias de temperatura do ar, acima de 24 °C, foram verificadas no trimestre novembro-dezembro-janeiro, sendo os meses mais quentes.

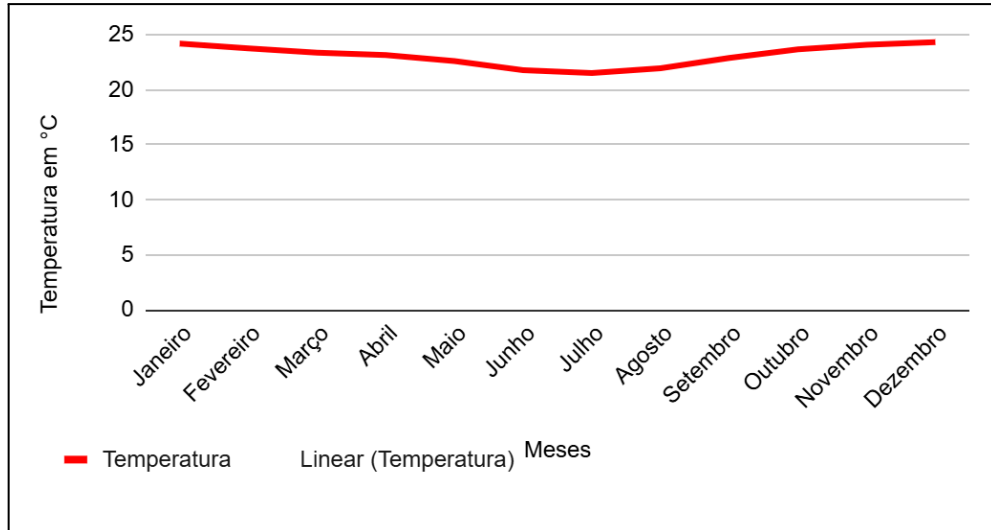
Com base no exposto, os municípios que formam o CSMP apresentam menores médias térmicas em comparação aos situados na Depressão Sertaneja devido a dois fatores geográficos principais do clima: altitude e relevo.

**Figura 10:** Comportamento da média térmica mensal no município de Martins/RN, no período de 1973-2002



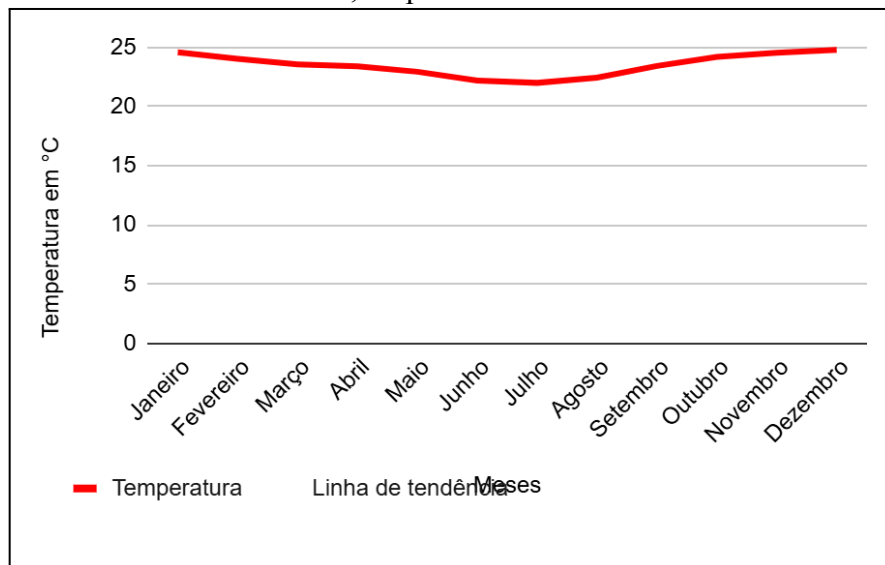
Fonte: Elaborado pelos autores (2025), a partir de dados do Estima\_T.

**Figura 11:** Comportamento da média térmica mensal no município de Portalegre/RN, no período de 1973-2002



Fonte: Elaborado pelos autores (2025), a partir de dados do Estima\_T.

**Figura 12:** Comportamento da média térmica mensal no município de Serrinha dos Pintos/RN, no período de 1973-2002

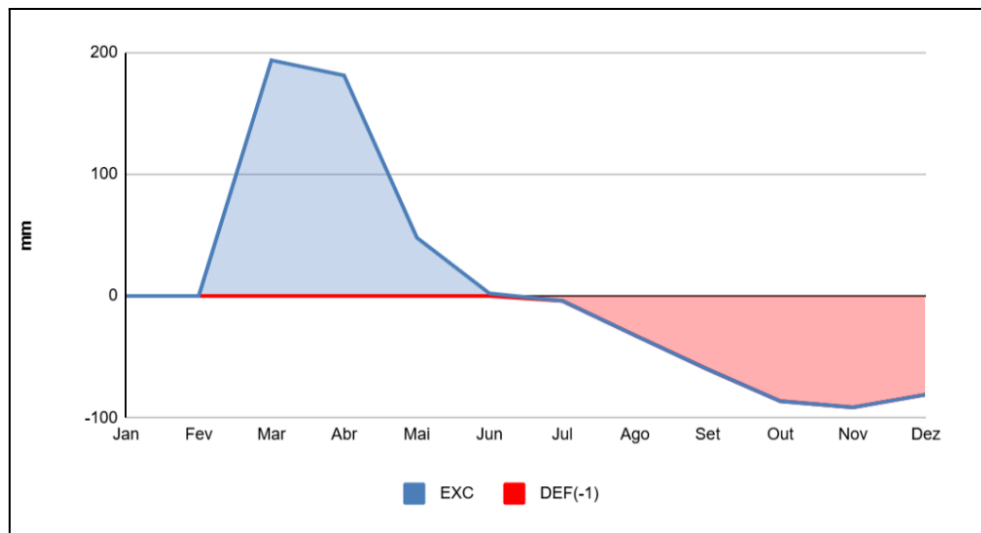


Fonte: Elaborado pelos autores (2025), a partir de dados do Estima\_T.

### 1.2.2 Balanço Hídrico Climatológico

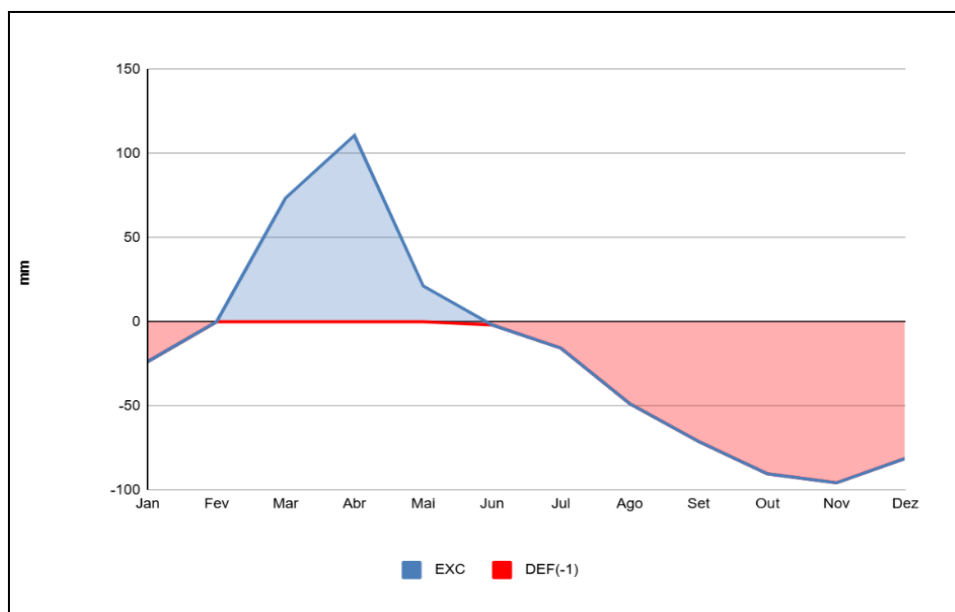
O Balanço Hídrico Climatológico (BHC), realizado com base no método proposto por Thornthwaite e Mather (1955), proporcionou informações hídricas significativas sobre os municípios estudados, apresentando valores semelhantes (Figuras 13 a 15).

**Figura 13:** Balanço Hídrico Climatológico do município de Martins/RN, no período de 1973-2002



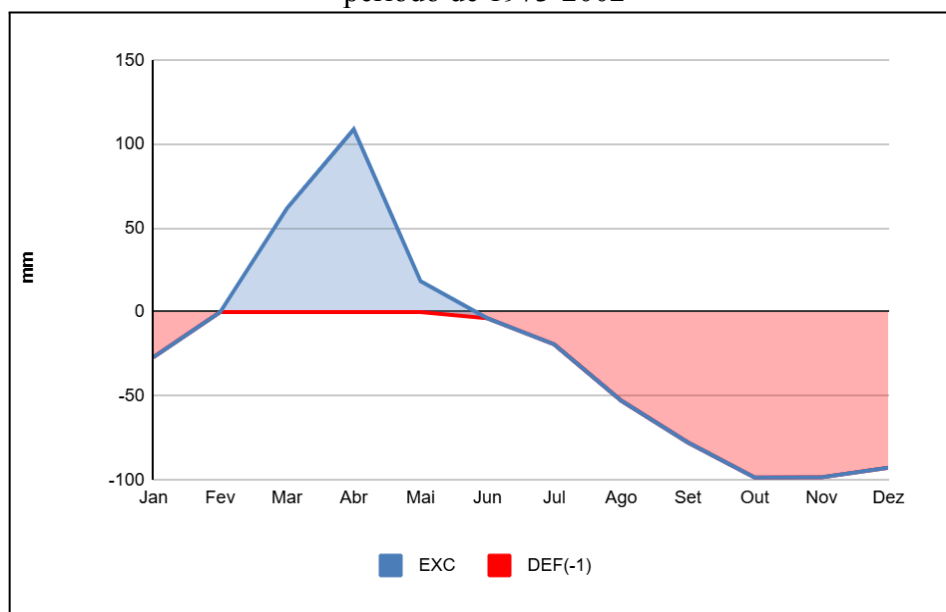
Fonte: Elaborado pelos autores (2025), a partir de dados da Emparn e Estima\_T

**Figura 14:** Balanço Hídrico Climatológico do município de Portalegre/RN, no período de 1973-2002



Fonte: Elaborado pelos autores (2025), a partir de dados da Emparn e Estima\_T.

**Figura 15:** Balanço Hídrico Climatológico do município de Serrinha dos Pintos/RN, no período de 1973-2002



Fonte: Elaborado pelos autores (2025), a partir de dados da Emparn e Estima\_T.

Percebe-se que o município de Martins tem registrado um excedente hídrico mais expressivo, distribuindo-se no primeiro semestre do ano, sendo o segundo semestre caracterizado pelo déficit hídrico. Os municípios de Portalegre e Serrinha dos Pintos apresentaram comportamento do BHC semelhante, evidenciado por déficit hídrico nos meses de junho, julho, agosto, setembro, outubro, novembro, dezembro e janeiro. Já os meses de fevereiro, março, abril e maio, são aqueles caracterizados por excedente hídrico.

De modo geral, observa-se um decréscimo gradual na temperatura ao longo desse período, passando de 24 °C em janeiro para 21°C em junho, o que reduz a evapotranspiração potencial. As precipitações pluviométricas foram mais expressivas entre janeiro e junho, com um aumento entre janeiro e abril, seguido de um declínio em maio e junho.

Ao relacionar temperatura e precipitação, verifica-se que, em todos os municípios, abril teve a maior média pluviométrica e temperatura média de 23 °C. Já junho, com pouca precipitação e temperatura média de 21 °C, apresentou a segunda menor temperatura do período analisado, em aproximação ao período de solstício de inverno

### 1.2.3 Tipologia climática

Aplicando os dados do Gráfico 4 para os municípios em questão, estes se enquadram na classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955) da seguinte forma:

- Martins: enquadra-se na tipologia climática: Úmido, simbologia B1, com Índice Efetivo de Aridez de 30%. Através dos índices de aridez (Ia), determinou-se o subtipo “w2, com déficit hídrico no inverno e na primavera. Quanto ao fator térmico, verificou-se que o município de Martins é do tipo Megatérmico (A’), com evapotranspiração potencial anual média superior a 1150 mm. Assim, a fórmula climática para o município de Martins é B1w2A’, ou seja, tipo Megatérmico úmido com déficit hídrico no inverno e na primavera.
- Portalegre: enquadra-se na tipologia climática: Subúmido Seco, simbologia C1, onde os índices de umidade (Iu) determinaram o subtipo W, com excedente hídrico

moderado no verão e, no tocante ao fator térmico, evidenciou-se o tipo Megatérmico, representado por A'. Resultou, pois, na fórmula climática C1wA', ou seja, o tipo Megatérmico Subúmido Seco, com excedente hídrico moderado no verão.

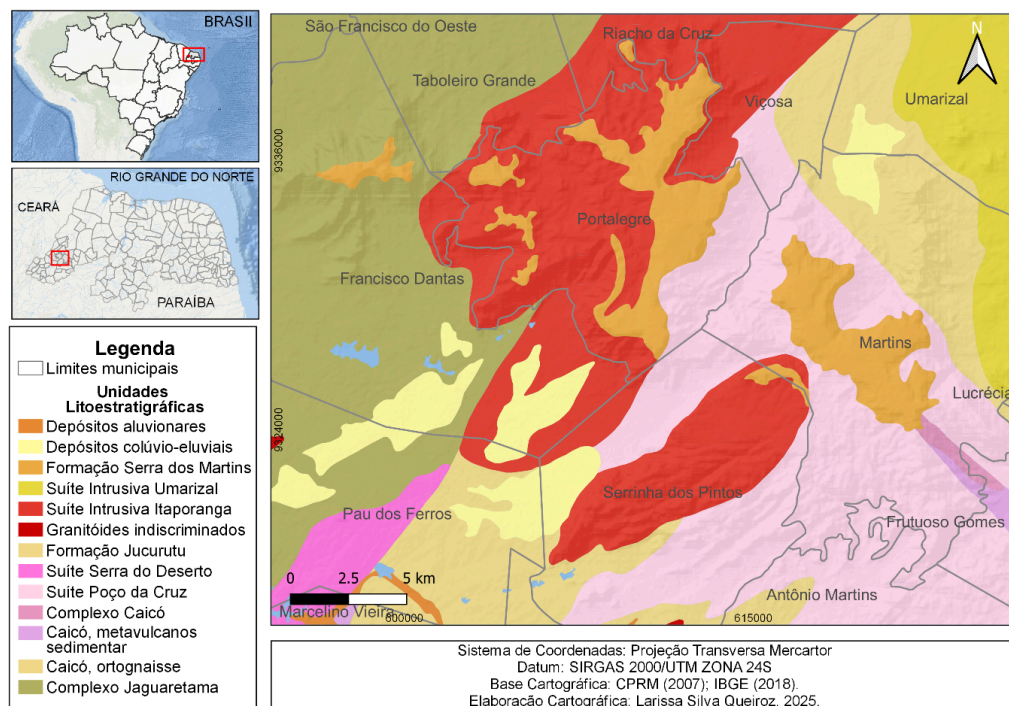
- Serrinha dos Pintos: enquadra-se na tipologia climática: Subúmido Seco, simbologia C1, cujo índice de umidade é expresso por valores de -33,3 a 0, determinando o subtipo d - com pequeno ou nenhum excedente de água, com índice de umidade entre 0 e 16,7. A eficiência térmica é do tipo Megatérmico (A'), com evapotranspiração potencial anual média de 116,4 cm. Nesse sentido, tem-se a fórmula C1dA', ou seja, Megatérmico Subúmido Seco com Pouco ou nenhum excedente de água.

### 1.3 Geologia e litologia da região

Inserido no contexto tectônico da Província Borborema, o estado do Rio Grande do Norte apresenta uma geologia singular e de grande valor didático, devido à sua diversidade de elementos geológicos, abrangendo um extenso intervalo de tempo, do Arqueano ao presente (Oliveira; Nascimento, 2019). Sua constituição é predominantemente formada por três grandes grupos litológicos: rochas pré-cambrianas, depósitos cretáceos e coberturas sedimentares cenozoicas (CPRM, 2010).

O CSMP se caracteriza como um ambiente geodiverso, assim, apresentam-se em maiores proporções as Unidades Litoestratigráficas Suíte Intrusiva Itaporanga, Suíte Poço da Cruz, Formação Serra dos Martins, Complexo Jaguaretama, Formação Jucurutu, Complexo Caicó, ortognaisse e Suíte Intrusiva Umarizal. Em menores proporções, evidenciam-se as Unidades Caicó, Caicó metavulcanossedimentar, Suíte Serra do Deserto, Depósitos Aluvionares, Depósitos colúvio-eluviais e Granitóides Indiscriminados (Figura 16).

**Figura 16:** Mapa das Unidades Litoestratigráficas na área do Complexo Serrano Martins Portalegre/RN



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Iniciando pelas Unidades de Embasamento Cristalino, ou seja, as mais antigas, tem-se que a Suíte Intrusiva Itaporanga é composta por rochas do Neoproterozoico, incluindo granitos, granodioritos, metagranitos, biotita-granitos, tonalitos, monzogranitos, granitos pórfiros, sienogranitos e quartzo-monzonitos. Conforme descrito por Medeiros *et al.* (2023), essas rochas apresentam, em geral, granulação heterogênea e textura grosseira, destacando-se frequentemente fenocristais euédricos centimétricos de feldspatos, que conferem uma textura porfirítica. Os minerais máficos predominantes são biotita e/ou hornblenda. A unidade exhibe fraturamento de baixo a moderado, intemperismo físico e químico de moderado a alta atividade e um sistema hidrogeológico do tipo fissural.

No contexto regional, os ortognaisses da Suíte Poço da Cruz, juntamente com os granitos porfiríticos da Suíte Itaporanga, constituem os principais substratos da Formação Serra dos Martins (FSM) (Medeiros *et al.*, 2023).

Outra unidade relevante na área é o Complexo Jaguaretama, que integra o Domínio Jaguaribeano. Esse complexo é composto por rochas metaplutônicas, como paragnaisses e ortognaisses, intercaladas com rochas supracrustais (CPRM, 2010). Datado do Paleoproterozoico, o Complexo Jaguaretama ocorre principalmente no extremo oeste do estado, apresentando intemperismo físico e químico de baixa a alta atividade, respectivamente. E sistemas hidrogeológicos condicionados pela estrutura que configura a porosidade secundária em condição fissural para circulação e armazenamento das águas subterrâneas.

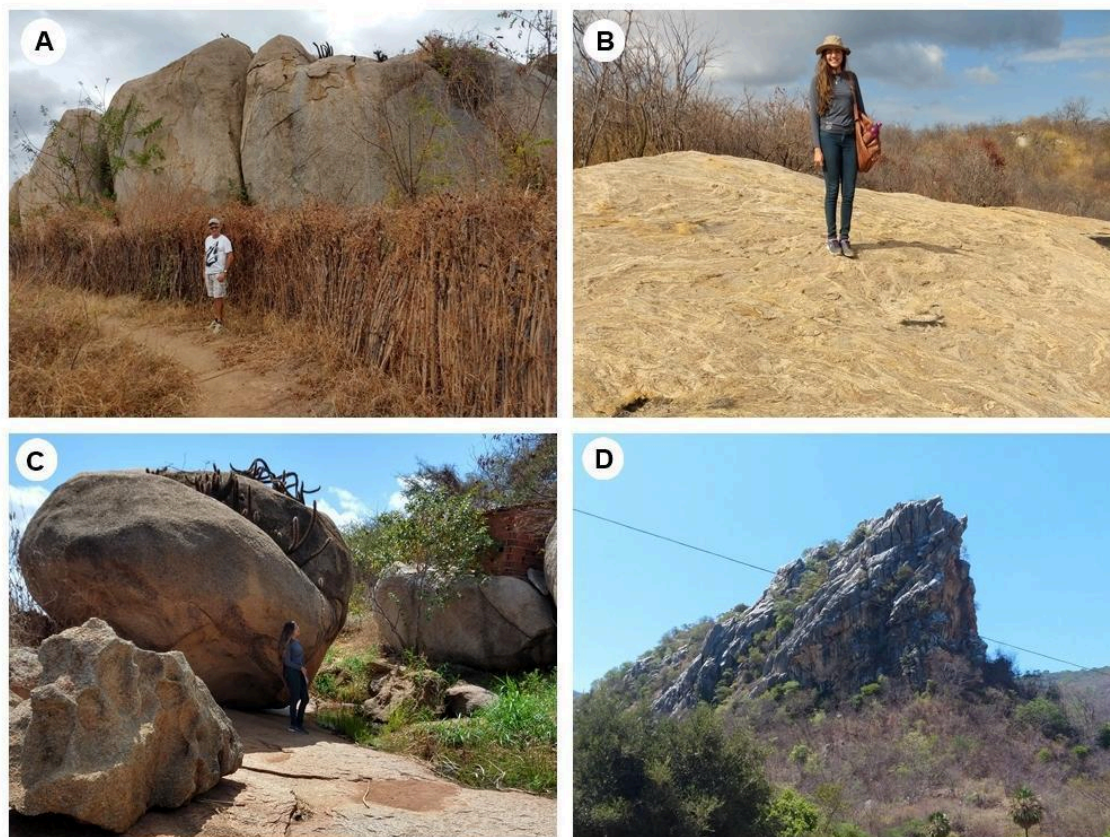
Ainda no Domínio Jaguaribeano, a Suíte Serra do Deserto, conforme descrito pela CPRM (2010), data do Paleoproterozoico e é formada por anfibólio-biotita-augengnaisses de composição granítica a granodiorítica, com porfiroclastos de feldspato que podem atingir até 4 cm de comprimento. Em menor expressão, são observados termos com textura granoblástica média a grossa, incluindo metassienitos (CPRM, 2010).

No Grupo Seridó, do Neoproterozoico, destaca-se a Formação Jucurutu, representada por biotita, epidoto e anfibólio paragnaisses, intercalados com mármore, rochas calcissilicáticas, skarns, micaxistos, quartzitos, formações ferríferas, rochas metavulcânicas, metaconglomerados basais e níveis de metacherts (CPRM, 2010). Essa formação possui um sistema hidrogeológico cárstico-fissural e intemperismo físico e químico que varia de baixa a alta atividade conforme a composição de carbonatos metamorfizados em mármore. O processo de carstificação nas rochas da formação Jucurutu explicam a existência da segunda maior caverna em mármore do Brasil, denominada localmente de “casa de pedra”.

No âmbito do Plutonismo Brasileiro, diversos corpos plutônicos de idade brasileira estão distribuídos pelo estado, agrupados em suítes. Dentre elas, a Suíte Umarizal, presente na área de estudo, é composta por quartzomonzonitos e quartzossienitos de coloração rósea a verde-escura ou cinzenta, com mineralogia contendo faialita ou ferro hiperstênio, hedenbergita e ferro-edenita. Essas rochas exibem textura equigranular fina a média e sistema hidrogeológico do tipo fissural (CPRM, 2010).

Por fim, os granitóides indiscriminados, datados do Neoproterozoico, incluem quartzo diorito, granodiorito, metagranito, biotita granito, tonalito, monzogranito, granito pórfiro, sienogranito e quartzo monzonito. Essas rochas apresentam-se de moderadamente a intensamente fraturadas, com intemperismo físico de baixa a alta atividade tanto na horizontal quanto na vertical, porosidade baixa (0 a 15%) e sistema hidrogeológico fissural. As características das rochas do embasamento cristalino podem ser observadas na Figura 17.

**Figura 17:** A) Afloramento de granito da Suíte Intrusiva Itaporanga; B) Afloramento de metagranito da Suíte Poço da Cruz; C) *Boulders* e tafonis graníticos da Suíte Intrusiva Itaporanga; D) Afloramento de mármore da Formação Jucurutu



Fonte: Queiroz (2021).

Já as Unidades Sedimentares, destaca-se a Formação Serra dos Martins (FSM), datada do Oligoceno, é representada por sedimentos que afloram em chapadas de relevo plano a levemente ondulado, constituídos por arenitos médios a conglomeráticos argilosos e crostas lateríticas com seixos de quartzo (CPRM, 2010).

Inicialmente descrita por Moraes (1924) como “Série Serra dos Martins”, a FSM foi posteriormente renomeada como “formação” e oficialmente integrada ao Grupo Barreiras por Mabesoone *et al.* (1972). Essa reclassificação visou destacar os sedimentos aflorantes na Serra dos Martins e aqueles que recobrem outras serras acima da cota de 650 m de altitude, no interior do Rio Grande do Norte e da Paraíba (Barros, 1998; CPRM, 2010). Esses sedimentos formam planaltos residuais localizados na borda oriental do Planalto da Borborema, dispostos de maneira discordante sobre litotipos do embasamento cristalino, como gnaisses e migmatitos do Complexo Caicó, metassedimentos do Grupo Seridó, e granitóides transamazônicos e brasileiros, constituindo um relevo típico de chapada (Barros, 1998; Menezes, 1999).

Com base em estudos realizados, Mabesoone *et al.* (1972) e Mabesoone e Rolim (1982) propuseram uma nova redefinição para o Grupo Barreiras, dividindo-o em três unidades litoestratigráficas associadas a unidades edafoestratigráficas. Dentre essas, a FSM foi definida como as coberturas sedimentares situadas em cotas altimétricas acima de 600 m. As outras duas unidades incluem a Formação Guararapes, composta por litotipos arenosos e argilosos de composição quartzo-feldspática, presente na região litorânea, e a Formação

Macaíba, representada por depósitos pelíticos fluviais, também próximos ao litoral (Menezes, 1999).

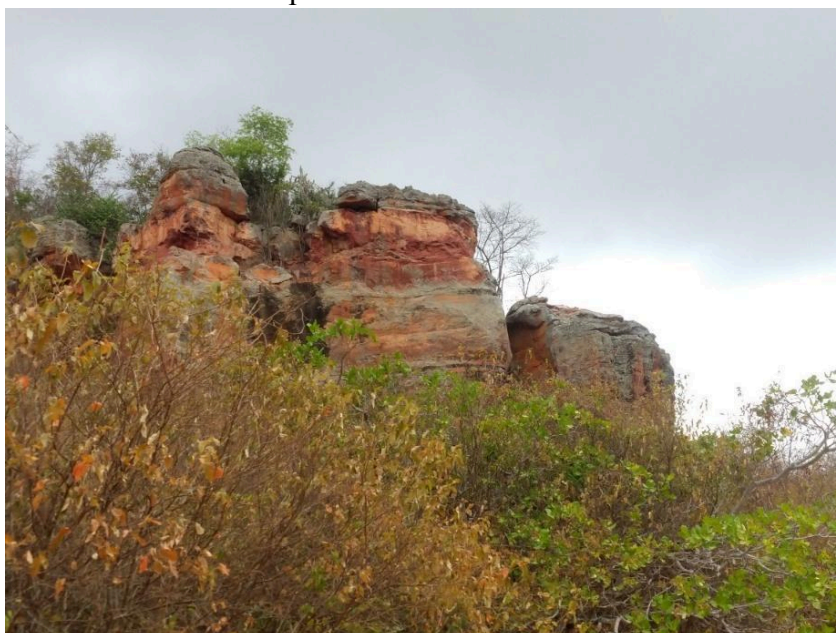
Posteriormente, Alheiros *et al.* (1988) e Mabesoone (1994) identificaram dificuldades na correlação regional dos empilhamentos lito e edafoestratigráficos propostos anteriormente. Por isso, sugeriram retomar a denominação oficial de Formação Barreiras para os sedimentos terciários e quaternários presentes no litoral dos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, mantendo a denominação de Formação Serra dos Martins para os capeamentos sedimentares encontrados em serras interioranas (Menezes, 1999).

Menezes (1999) propôs uma divisão da FSM em seis fácies, organizadas da base para o topo: a) arenitos finos a silticos, com horizonte de arenitos médios a grossos; b) arenitos conglomeráticos; c) arenitos grossos a muito grossos, por vezes conglomeráticos; d) arenitos médios a grossos; e) arenitos finos; f) siltitos e argilitos vermelho-escuros, maciços, com raros grânulos de quartzo e pequenos seixos dispersos.

A partir dessa classificação, associada à disposição vertical e lateral dessas fácies, foi possível identificar litotipos da FSM nas serras de Portalegre, Martins e Santana, bem como reconhecer quatro depósitos fluviais principais: fundo de canal, preenchimento de canal, transbordamento de canal e planície de inundação. Com base nesses dados, Menezes (1999) concluiu que a FSM representa o produto de um sistema deposicional fluvial entrelaçado a meandrante grosso, instalado na Província Borborema durante o Terciário inferior. A autora também destaca que os depocentros dessa unidade foram controlados pelos principais lineamentos brasileiros, reativados no Terciário Inferior, onde se acumularam os pacotes sedimentares.

Essa unidade (Figura 18) apresenta características distintas das demais unidades descritas anteriormente, com baixo intemperismo físico e intemperismo químico moderado a alto. Além disso, evidencia um sistema hidrogeológico do tipo granular, com alta porosidade primária (acima de 30%), resultando em uma permeabilidade elevada. A Formação Serra dos Martins (FSM) data do Oligoceno, é representada por sedimentos que afloram em chapadas de relevo plano a levemente ondulado, constituídos por arenitos médios a conglomeráticos argilosos e crosta laterítica com seixos de quartzos (CPRM, 2010).

**Figura 18:** Afloramento de arenito da Formação Serra dos Martins na Serra da Madalena no município de Francisco Dantas/RN



Fonte: Queiroz (2021).

No que se refere às Unidades Litoestratigráficas de Sedimentos Aluvionares, conforme Medeiros *et al.* (2023), estas correspondem a sedimentos inconsolidados, incluindo depósitos aluviais, colúviais e eluviais recentes. Esses sedimentos estão dispostos nos leitos de rios e riachos da área (aluviões), nas encostas de elevações (colúvios) e em zonas de alteração in situ das rochas cristalinas e sedimentares existentes (eluviais).

A partir do mapeamento realizado, verificou-se que os Depósitos Aluvionares são constituídos principalmente por silte, cascalho e argila, datados do Holoceno. Esses depósitos não apresentam fraturas, mas sua porosidade e intemperismo físico são indeterminados. Já os Depósitos colúvio-eluviais (Figura 19) são compostos por sedimentos arenosos e arenoargilosos, com coloração esbranquiçada a avermelhada, e, em alguns casos, apresentam-se como depósitos conglomeráticos com seixos de quartzo predominantes, provenientes do retrabalhamento de sedimentos da Formação Serra dos Martins (FSM) (CPRM, 2010). O comportamento das variáveis geológicas dessas unidades pode ser explicado pelo fato de se tratar de materiais inconsolidados de diversas granulometrias e composições, resultantes do transporte gravitacional (Medeiros *et al.*, 2023).

**Figura 19:** Materiais colúvio-eluviais transportados através do Riacho Picos dos Carros, Martins/RN



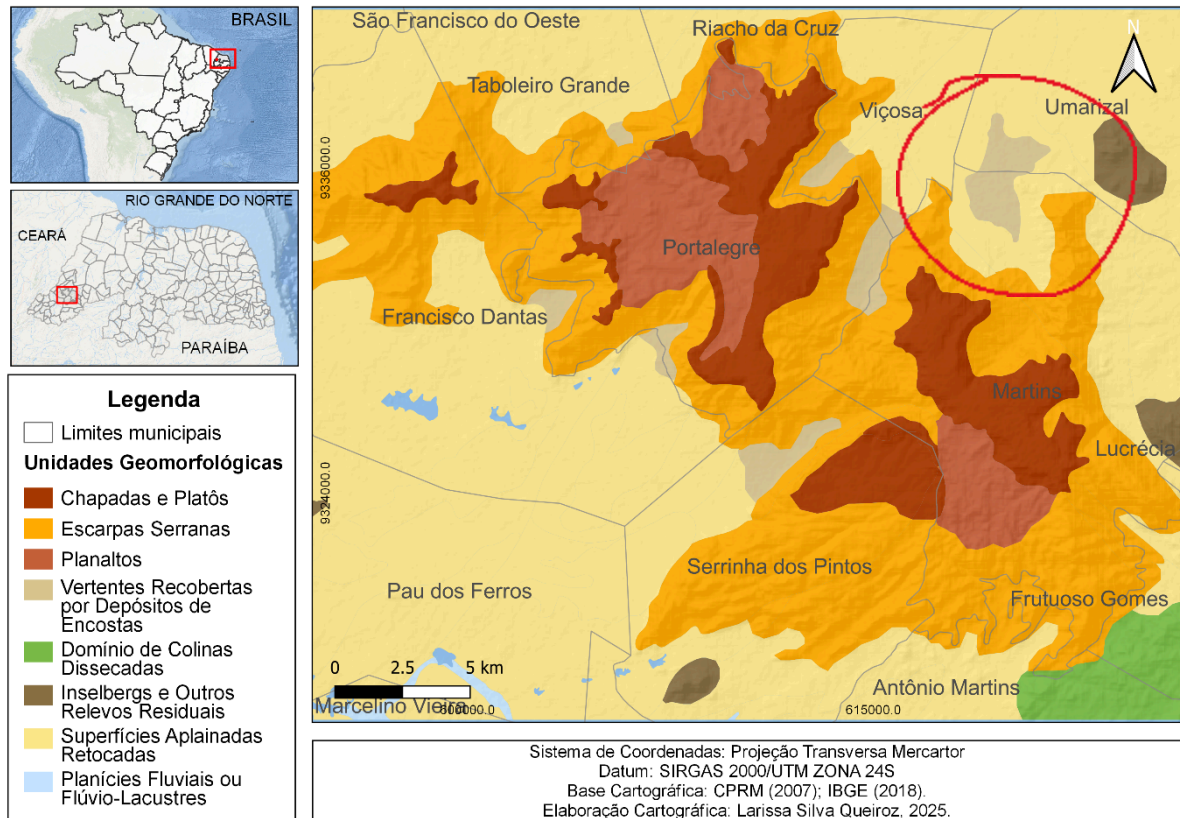
Fonte: Queiroz (2021)

#### 1.4 Modelagem do relevo e processos geomorfológicos

O Complexo Serrano Martins-Portalegre (CSMP) configura-se como um importante laboratório natural para testar hipóteses sobre a evolução geomorfológica de relevos cristalinos com cobertura sedimentar. Além disso, o CSMP exibe diversos indicadores de controle estrutural e tectônico, enquanto suas encostas e pedimentos no entorno registram eventos significativos de coluvionamento (Oliveira; Tavares; Corrêa, 2018). A partir do

terceiro nível taxonômico proposto pelo IBGE (2010), foram identificadas as Unidades Geomorfológicas (Figura 20).

**Figura 20:** Mapa das Unidades Geomorfológicas localizadas no Complexo Serrano Martins Portalegre/RN

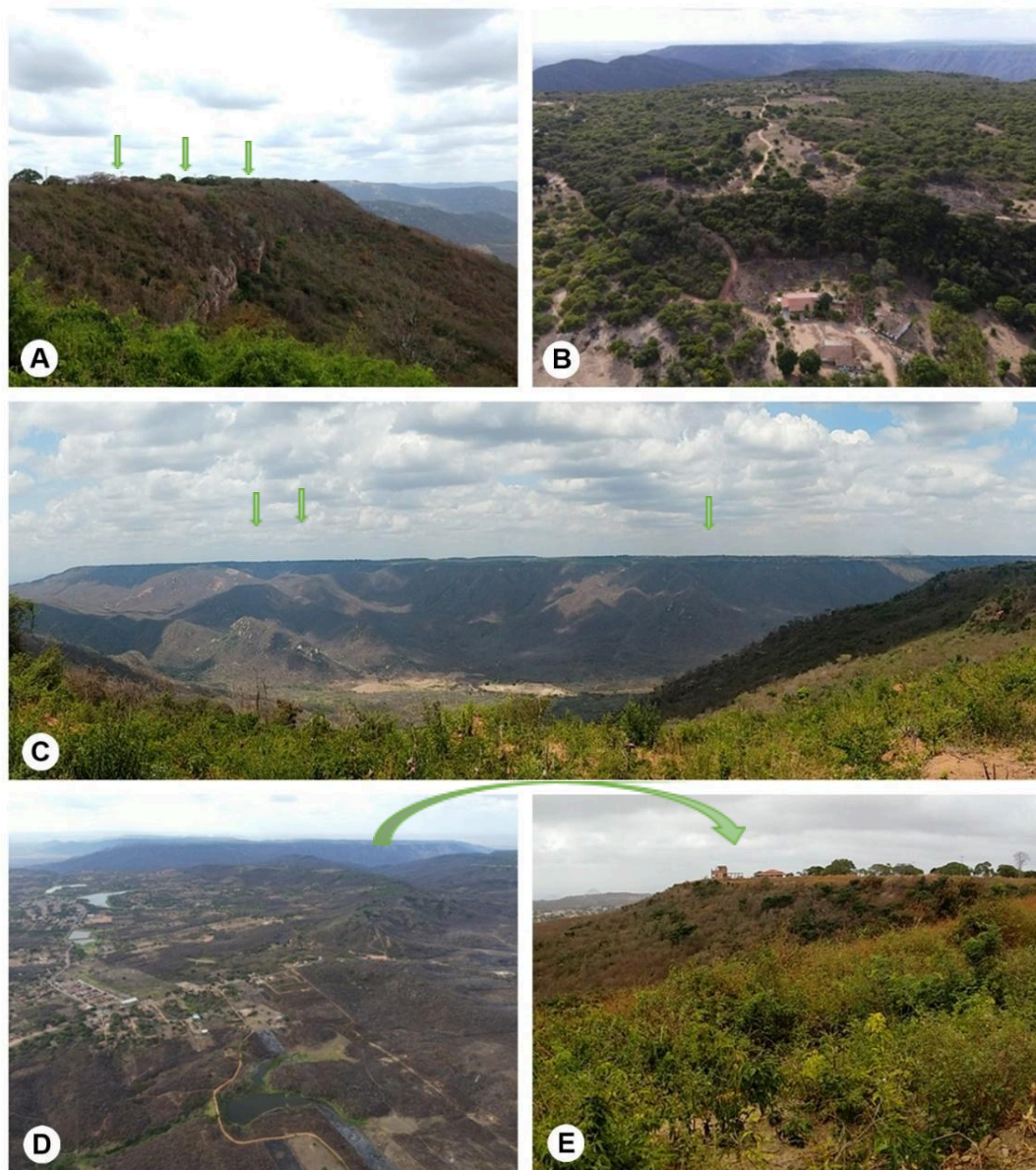


Fonte: Queiroz (2021).

As Chapadas e Platôs (Figura 21) destacam-se sobre a Formação Serra dos Martins (FSM), ocorrendo predominantemente nos municípios de Martins e Portalegre, com pequenas extensões em Serrinha dos Pintos e Francisco Dantas. Essas formações apresentam cotas altimétricas que variam entre 564 e 750 m (Souza Neto; Grégio; Carvalho, 2016; Medeiros, 2016) e declividades que oscilam entre 0 e 20%. Segundo Florenzano (2008), as Chapadas são relevos característicos de planaltos sedimentares, marcados por grandes superfícies planas, geralmente de estrutura horizontal, situadas acima de 600 m de altitude, típicas das regiões Centro-Oeste e Nordeste do Brasil.

A CPRM (2010) define essas formações como superfícies tabulares elevadas, ou relevos soerguidos, planos ou aplainados, pouco ou incipientemente dissecados. Nessas áreas, os rebordos das superfícies, localizados em cotas elevadas, são delimitados por vertentes íngremes e escarpadas. Além disso, predominam processos de pedogênese, com a formação de solos espessos e bem drenados, enquanto processos de morfogênese são mais significativos nos rebordos das escarpas erosivas (CPRM, 2010).

**Figura 21:** Chapadas e Platôs. A) Chapada em Francisco Dantas; B) Chapada do Planalto Residual de Martins; C) Chapadas e Platôs em Portalegre, D e E) Chapadas e Platôs Serrinha dos Pintos



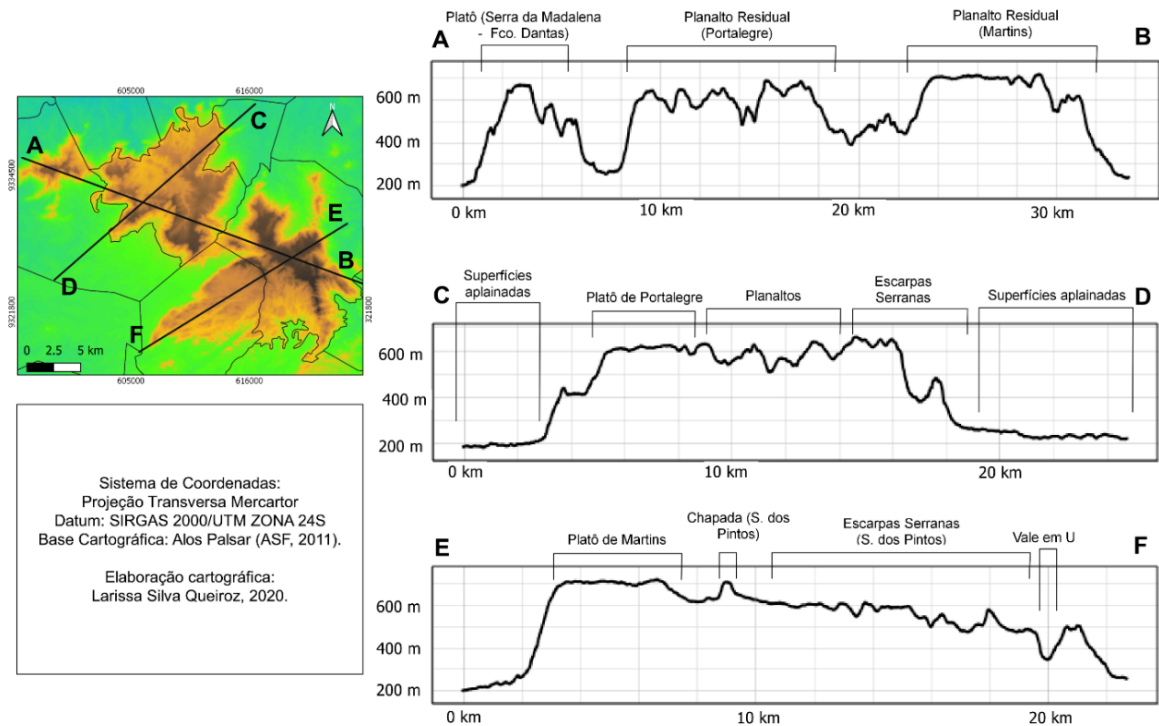
Fonte: Queiroz (2021).

É importante destacar a ausência de fraturas nessas formações, o que resulta em um intemperismo físico de baixa atividade, responsável pela desagregação, transporte e deposição das rochas (Medeiros *et al.*, 2023). Os autores também ressaltam a alta atividade do intemperismo químico na área, que atua sobre os feldspatos (mineral instável), transformando-os em argila, enquanto enriquece proporcionalmente o quartzo. Nesse contexto, a resistência oferecida pelo capeamento sedimentar da FSM frente aos processos erosivos contribui para a manutenção da estrutura tabuliforme da área (Medeiros *et al.*, 2023).

Essa unidade pode ser observada de forma mais clara nos perfis topográficos elaborados por Queiroz (2021) na Figura 22. No perfil A–B, que abrange a área de estudo

como um todo, incluindo uma pequena porção de Chapada no município de Francisco Dantas, nota-se a representação geral da região. No entanto, devido ao fato de a linha A–B ter sido traçada no sentido latitudinal, enquanto o platô de Portalegre se orienta no sentido longitudinal, essa feição não pôde ser representada de maneira mais detalhada (Queiroz, 2021).

**Figura 22:** Perfis topográficos no Complexo Serrano Martins Portalegre/RN



Fonte: Queiroz (2021).

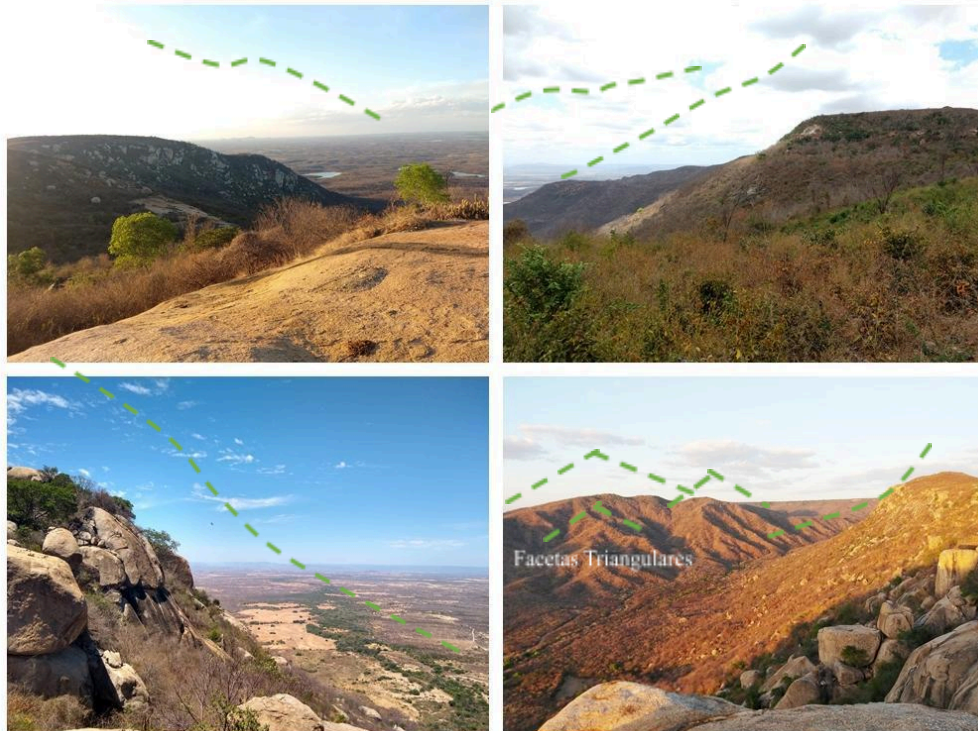
Para contornar essa limitação, Queiroz (2021) traçou perfis adicionais. No perfil C–D, é possível identificar claramente a estrutura tabuliforme do planalto de Portalegre. Já no perfil E–F, destaca-se o Platô de Martins, juntamente com uma porção da Chapada em Serrinha dos Pintos (Queiroz, 2021).

As Escarpas Serranas (Figura 23) representam a unidade mais expressiva da área de estudo (Queiroz, 2021). São formadas por relevos de degradação em diversas litologias, exibindo uma morfologia bastante acidentada. Essas escarpas são caracterizadas por vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, escarpadas, com topos de cristas alinhadas e a ocorrência de paredões rochosos subverticais, que podem ser aguçados ou levemente arredondados. Além disso, são comuns sedimentos coluviais e depósitos de tálus. Nessa unidade, predominam processos de morfogênese, com solos muito rasos e a frequente ocorrência de erosão laminar e movimentos de massa (CPRM, 2010), o que a torna uma unidade geomorfológica dinâmica e instável.

As principais características dessa unidade incluem declividades acentuadas que variam entre 25% e 60%, refletindo uma área intensamente afetada por processos erosivos de denudação. Esses processos transportam sedimentos para as superfícies mais rebaixadas (Medeiros; Queiroz, 2016). As cotas altimétricas das Escarpas Serranas variam entre 289 e 627 m de altitude (Queiroz, 2021).

Medeiros *et al.* (2023) fizeram observações importantes ao destacar diferenças significativas entre as escarpas das porções Nordeste e Leste, que são mais acentuadas e apresentam cotas altimétricas mais elevadas, e as escarpas da porção Sudoeste, que são mais suaves e com declividades menores. Já nas porções Noroeste e Oeste, o mapeamento revela escarpas mais abruptas, com declividades que podem chegar a 75%

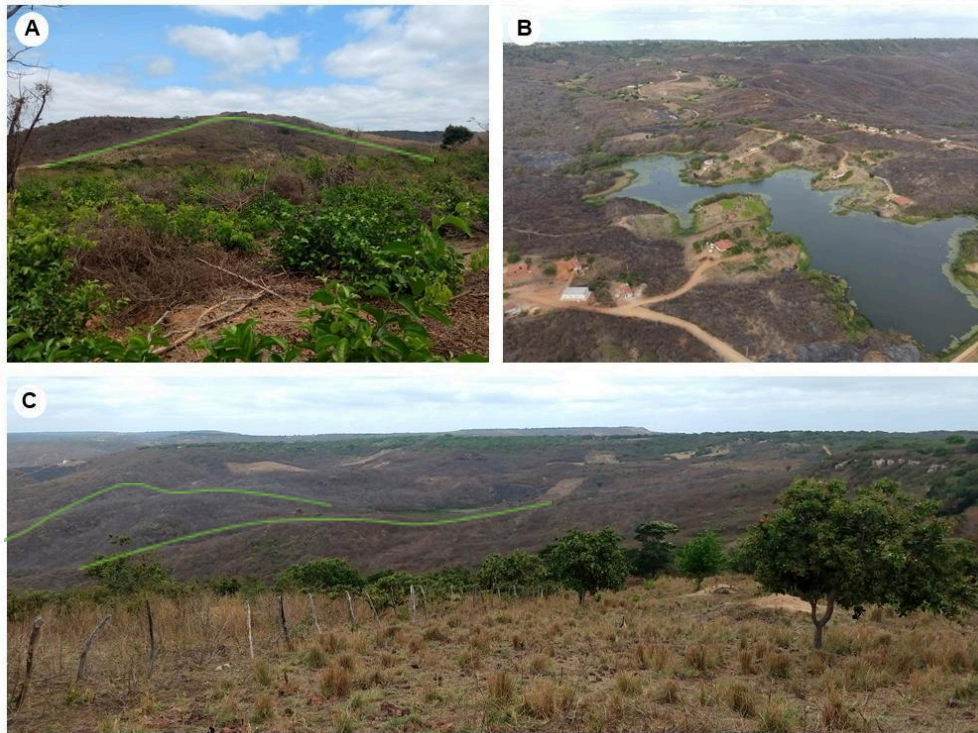
**Figura 23:** Escarpas Serranas da área de estudo



Fonte: Queiroz (2021).

Os Planaltos (Figura 24) consistem em conjuntos de relevos planos ou dissecados, com altitudes elevadas, limitados, pelo menos em um dos lados, por superfícies mais baixas, onde os processos erosivos predominam sobre os de sedimentação (Queiroz, 2021). Essas formações correspondem, em geral, a rochas mais resistentes, remanescentes do aplainamento generalizado ocorrido no Terciário. Na área de estudo, os Planaltos estão associados às Suíte Intrusiva Itaporanga e Suíte Poço da Cruz, compostas predominantemente por minerais resistentes, como quartzo e granitos (Queiroz, 2021). Essas feições caracterizam-se como formas residuais inseridas no contexto das vastas superfícies de aplainamento da Depressão Sertaneja (IBGE, 2010; CPRM, 2010).

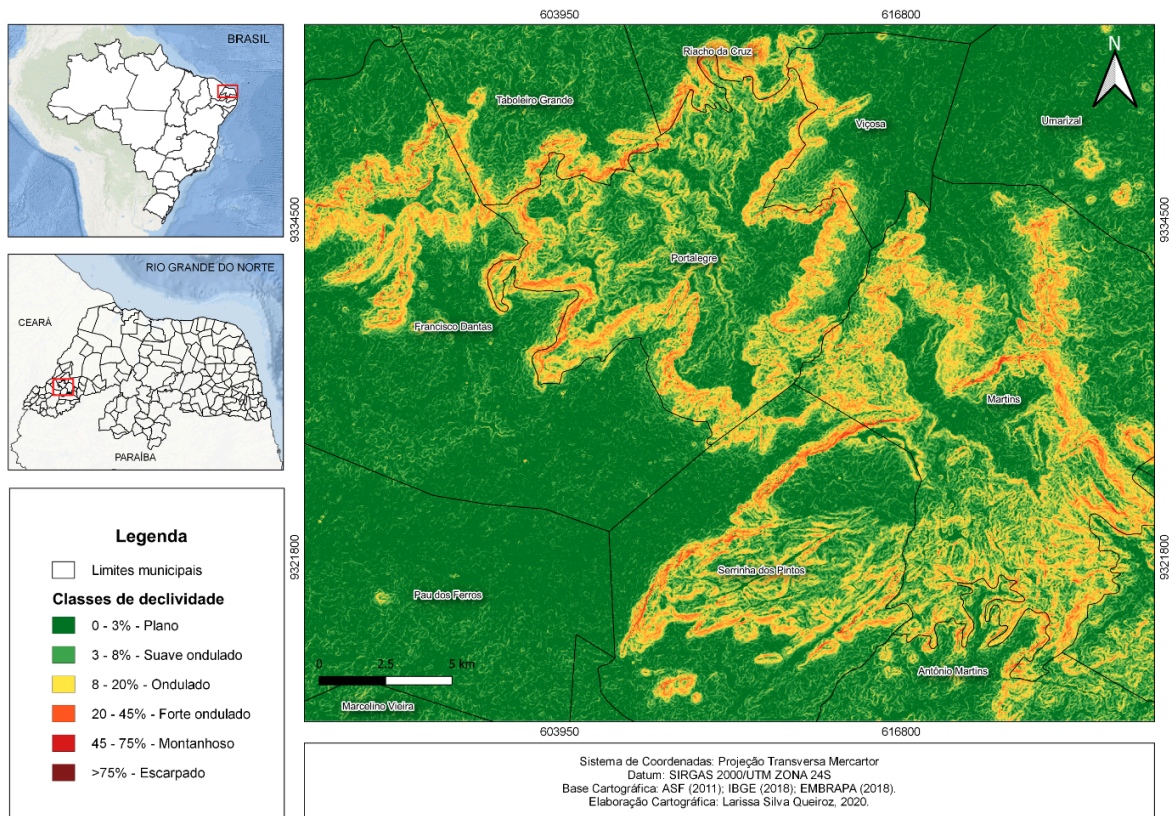
**Figura 24:** Planaltos. A) Geoformas suavemente aguçadas típicas de Planaltos em Portalegre; B) Planaltos no Sítio Porção em Martins; C) Planaltos em Portalegre



Fonte: Queiroz (2021).

Localizam-se nas porções Norte e Sudeste da área de estudo, com maior destaque na região do município de Portalegre. Souza Neto, Grégio e Carvalho (2016), em estudos realizados nessa área, classificaram essa unidade como formas de topos aguçados, destacando a presença de topos contínuos e encostas suavemente íngremes, com diferentes ordens de grandeza e níveis de profundidade. Os autores também afirmam que essas formas resultam de processos erosivos promovidos pelos canais de drenagem que, ao longo do tempo, deram origem a morros testemunhos. Essa unidade apresenta formas mais agudas e convexas, podendo atingir até 660 m de altitude, com declividades que variam entre 8% e 45% (Queiroz, 2021). Compreendendo a extensão das Escarpas Serranas na área de estudo, bem como a sua importância perante ao contexto geoambiental, Queiroz (2021) buscou entender as classes declividades da área, a qual se destacam a variabilidade das Escarpas Serranas, bem como diversificação das classes da declividade dos Planaltos, conforme evidenciados na Figura 25, a qual se faz importante apresentar neste capítulo.

**Figura 25:** Mapa de declividade do Complexo Serrano Martins Portalegre/RN

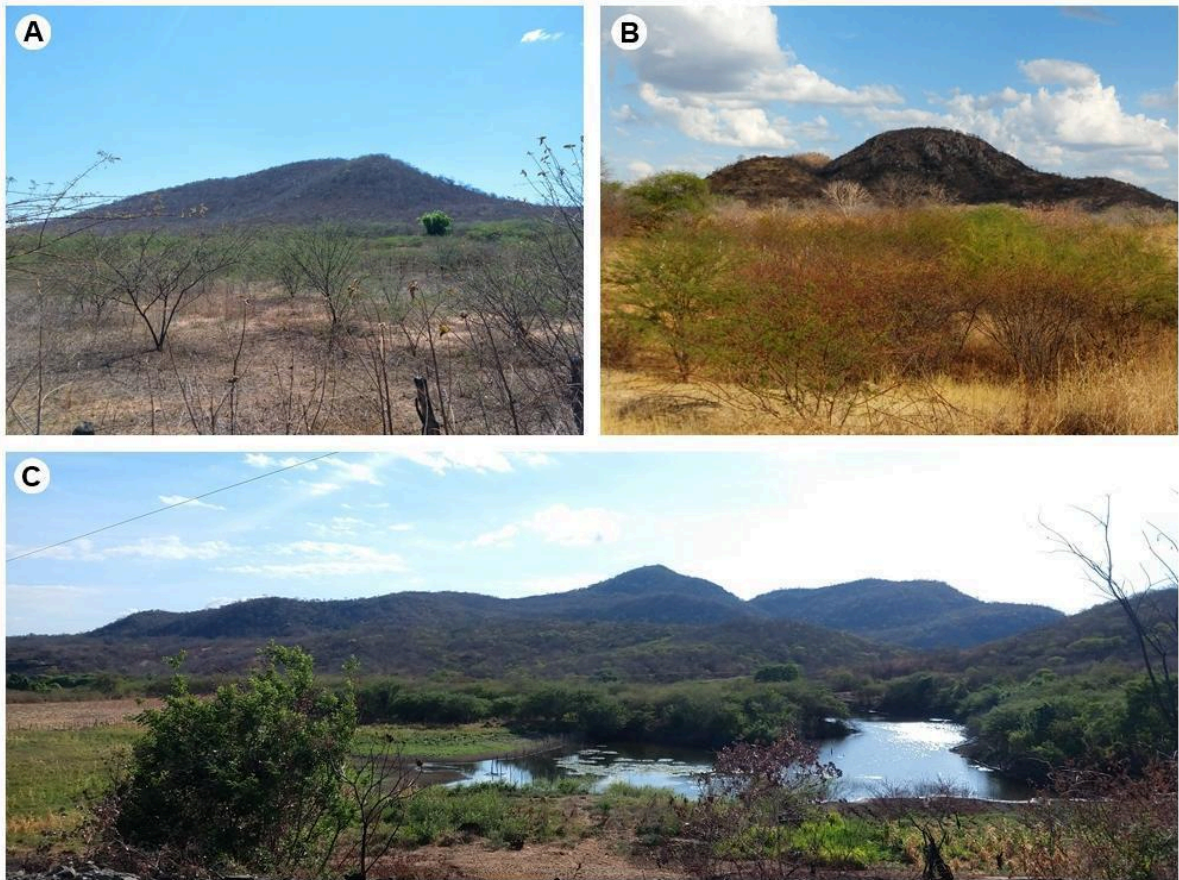


Fonte: Queiroz (2021).

Os Inselbergs (Figura 26) são relevos residuais que resistiram aos antigos processos denudacionais responsáveis pelo aplainamento das superfícies sertanejas ao final do Terciário e início do Quaternário (Ab'saber, 2003). Essas formações exibem feições variadas, como cristas, cúpulas, domos ou "dorso de baleia", com encostas que apresentam declives entre 50% e 60%, dominando uma superfície de aplainamento herdada ou funcional (IBGE, 2010).

Na área de estudo, os Inselbergs ocorrem nas porções Sul, Nordeste e Oeste, estando inseridos nas Unidades Litoestratigráficas da Suíte Poço da Cruz e Suíte Intrusiva Umarizal. Devido à sua composição mineralógica, essas unidades são altamente resistentes aos processos erosivos, o que resulta em um modelo de relevo que se destaca em meio ao aplainamento do entorno (Queiroz, 2021). Na paisagem, os Inselbergs aparecem como montes isolados, elevando-se, em muitos casos, centenas de metros acima da superfície regional (CPRM, 2010). Na área estudada, eles apresentam declividades entre 25% e 45% e altimetria de até 570 m (Queiroz, 2021).

**Figura 26:** A) Inselbergs em Martins; B) Inselbergs em Serrinha dos Pintos; C) Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos



Fonte: Queiroz (2021).

A Unidade Domínios de Colinas Dissecadas e Morros Baixos (Figura 26C) localiza-se na porção sudeste da área de estudo. É constituída por um relevo de colinas dissecadas, com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados ou aguçados, onde se formam rampas de colúvios nas vertentes mais baixas e declividades que variam de 5° a 20° (CPRM, 2010). Essas formas são caracterizadas como intermediárias, compostas e complexas, frequentemente associadas a montanhas, mas diferenciando-se por estarem isoladas umas das outras e por apresentarem baixas altitudes. Trata-se de um relevo derivado, moldado pela ação de agentes erosivos (Guerra, 1993).

Essa unidade apresenta uma amplitude de relevo que varia entre 270 m e 480 m, com declividades que oscilam de 3% a 45% (Queiroz, 2021). Há um equilíbrio entre os processos de pedogênese e morfogênese, resultando na formação de solos espessos e bem drenados. Além disso, são frequentes os processos de erosão laminar e, esporadicamente, ocorrem processos de erosão linear acelerada, como sulcos, ravinas e voçorocas (CPRM, 2010).

As Superfícies Aplainadas, Retocadas ou Degradadas (Figura 27A) são uma unidade típica da região semiárida nordestina, caracterizada por um conjunto diversificado de padrões de relevo, com predominância de superfícies aplainadas de relevo plano a suavemente ondulado (Queiroz, 2021). Essas superfícies resultam de processos de arrasamento generalizado do relevo sobre diversas litologias, apresentando cotas altimétricas baixas. Inserem-se no contexto das grandes depressões interplanálticas (CPRM, 2010). Elevações residuais, cristas e outeiros pontuam a linha do horizonte, testemunhando os ciclos intensos de erosão que moldaram grande parte do sertão nordestino (Sá, Riché, Fotius, 2004).

Na área de estudo, conforme foi identificado por Queiroz (2021), essa unidade ocorre em todo o entorno do complexo serrano, com altitudes variando entre 126 e 300 m e declividades entre 0% e 20%. Essa unidade é entendida como uma área receptora e acumuladora de materiais transportados das partes mais elevadas por meio de processos erosivos e da força gravitacional.

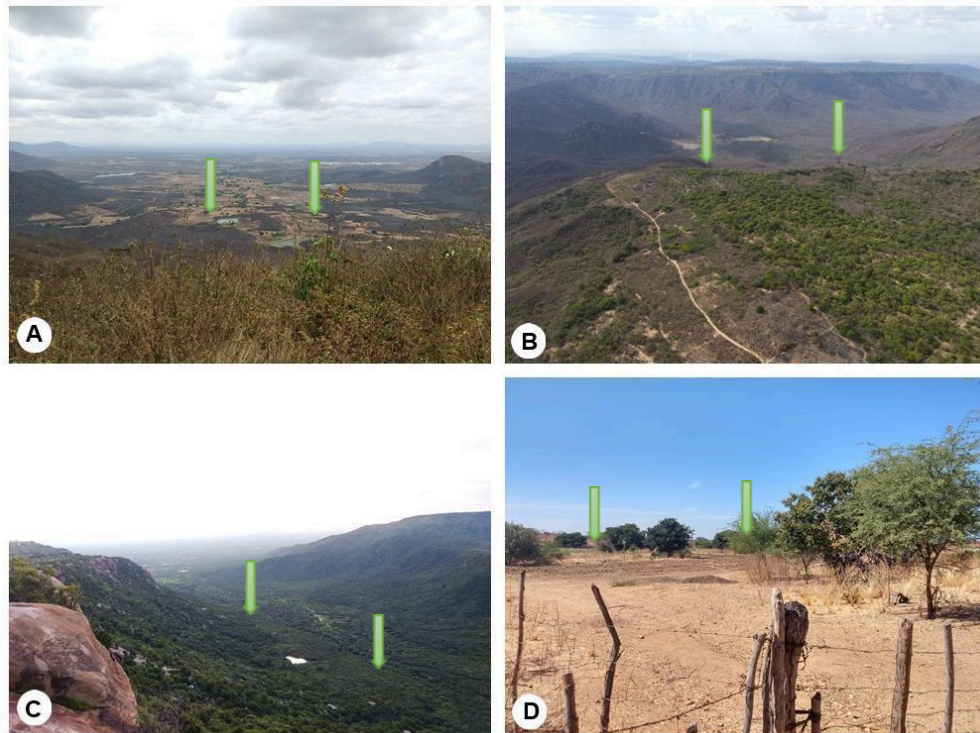
As Vertentes Recobertas por Depósitos de Encostas (Figura 27B) são definidas por Florenzano (2008) como superfícies inclinadas que conectam dinamicamente a linha divisora de águas ao fundo do vale (talvegue). Segundo a autora, as vertentes são elementos fundamentais do relevo no estudo dos processos de erosão e acumulação, ocupando a maior parte da superfície terrestre, com exceção das planícies e terraços (Florenzano, 2008).

Sobrepostas às Unidades Litoestratigráficas Itaporanga, Poço da Cruz e Depósitos Colúvio-eluviais, essas vertentes apresentam altitudes que variam entre 180 e 360 m, com declividades entre 3% e 45% (Queiroz, 2021). Elas são recobertas por depósitos provenientes das encostas próximas, caracterizando-se como uma unidade acumuladora e transportadora de materiais originários das Escarpas Serranas, Planaltos e Chapadas e Platôs (Queiroz, 2021). Nesse processo de coluvionamento, destacam-se os movimentos de massa lentos, como o rastejamento ou *creep*, que transportam o material coluvial para as áreas mais rebaixadas, sob a ação da gravidade (Medeiros, 2016).

As Planícies Fluviais ou Flúvio-Lacustres (Figura 27D) apresentam dinâmicas diferenciadas no sertão nordestino. O caráter intermitente dos rios influencia diretamente na formação desses ambientes semiáridos, uma vez que grande parte dos detritos fica exposta aos processos erosivos nas calhas fluviais, impactando na formação de ambientes pediplanados. Nesses locais, o material depositado nos vales fica sujeito à ação pluvial subsequente (Costa, 2017).

Na área de estudo, essa unidade ocorre na porção Sudoeste, configurando-se como uma área plana resultante da acumulação fluvial, sujeita a inundações periódicas. Corresponde às várzeas atuais, presentes em vales com preenchimento aluvial (IBGE, 2010). A CPRM (2010) classifica essas superfícies como sub-horizontais, constituídas por depósitos arenoargilosos a argiloarenosos, com gradientes extremamente suaves e convergentes em direção aos cursos d'água principais. Essas áreas são imperfeitamente drenadas nas planícies de inundação e periodicamente inundáveis.

**Figura 27:** Geoformas agradacionais. A) Superfícies Aplainadas; B) Vertentes recobertas por depósitos de encostas entre Martins e Portalegre; C) Vertentes recobertas por depósitos de encosta em Serrinha dos Pintos; D) Planícies fluviais

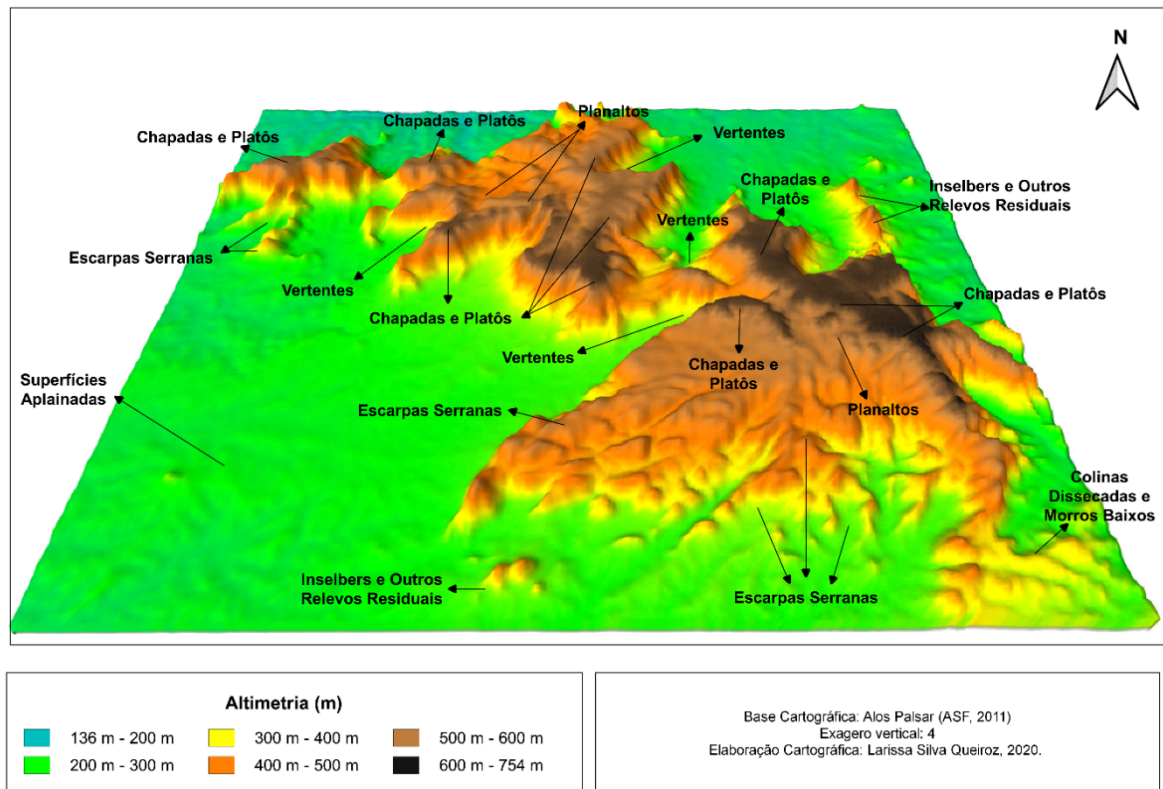


Fonte: Queiroz (2021).

Para uma melhor compreensão, apresenta-se, abaixo, o Modelo Tridimensional (Figura 28) da área de estudo elaborado por Queiroz (2021), apresentando de maneira didática todas as Unidades Geomorfológicas e altimetrias descritas ao longo da discussão. O Modelo Tridimensional (3D) é uma ferramenta essencial para a visualização e análise da paisagem, pois permite representar de forma didática e intuitiva as características geomorfológicas e altimétricas de uma determinada área.

No caso do Complexo Serrano Martins-Portalegre, esse modelo possibilita a identificação das diferentes Unidades Geomorfológicas e sua distribuição espacial, facilitando a compreensão da relação entre os compartimentos do relevo. Ao integrar informações topográficas em uma perspectiva tridimensional, o modelo 3D contribui para estudos ambientais, planejamento territorial e educação geográfica, auxiliando na interpretação da dinâmica da paisagem e na tomada de decisões voltadas à conservação e uso sustentável do território.

**Figura 28:** Modelo tridimensional da área de estudo



Fonte: Queiroz (2021).

Diante do exposto, discutir o contexto geoambiental do CSMP é essencial na compreensão do Patrimônio Hidrológico, uma vez que os elementos climáticos, geológicos e geomorfológicos estão intrinsecamente ligados à dinâmica das águas na região. A análise do clima, especialmente dos regimes de precipitação e temperatura, permite identificar padrões climáticos da área. As Unidades litoestratigráficas, por sua vez, influenciam diretamente a infiltração e o armazenamento de água no subsolo, determinando a formação de aquíferos, nascentes e a qualidade dos recursos hídricos. Já as Unidades geomorfológicas condicionam a rede de drenagem, a erosão de solos e a estabilidade de vertentes, fatores essenciais para a manutenção de bacias hidrográficas.

Dessa forma, o estudo integrado desses embasa a gestão sustentável da água e reforça a relevância do CSMP enquanto geodiverso e detentor de um importante Patrimônio Hidrológico no Estado do Rio Grande do Norte.

## REFERÊNCIAS

- AMORIM, J. R.; MEDEIROS, J. F. de. Caracterização climática dos municípios de Portalegre/RN e Francisco Dantas/RN. **Geosaberes**, v. 13, p. 1-18, 2022. Disponível em: <http://www.geosaberes.ufc.br/geosaberes/article/view/1073>. Acesso em: 05 mai. 2022.
- AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza do Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê, 2003. p. 83-100.
- AB'SABER, A. N. O domínio morfoclimático semiárido das caatingas brasileiras. **Revista de Geomorfologia**, n. 43. Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo. p. 1-19. São Paulo: 1974.
- BARROS, S. D. S. **Aspectos morfo-tectônicos nos platôs de Portalegre, Martins e Santana/RN**. 150f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) – Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 1998. Disponível em: [http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/18753/1/SilvanaDSB\\_DISSERT.pdf](http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/18753/1/SilvanaDSB_DISSERT.pdf). Acesso em 19 jun. 2020.
- COSTA, L. R. F. **Fragilidade ambiental nos sistemas ambientais e sítios urbanos no vale do Rio Banabuíu – CE**. 2017. 232f. Tese (Doutorado em Geografia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/26893>. Acesso em: 20 mai. 2020.
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Geodiversidade do Rio Grande do Norte**. Recife: CPRM, 2010.
- FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, Aracajú, v. 5, n. 1, p. 15-28, 2005.
- FERREIRA, G. W. S.; REBOITA, M. S.; ROCHA, R. P. Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis nas Cercanias do Nordeste do Brasil: Climatologia e Análise da Vorticidade Potencial Isentrópica. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 3, p. 568-585, 2019.
- FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008
- GUERRA, A. T. **Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 8. Ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 464p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. **Divisão Regional do Brasil em Regiões Geográficas Imediatas e Regiões Geográficas Intermediárias 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100600.pdf>. Acessado em: 27 abr. 2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de Geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE. 2 ed. 2010. 182 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv66620.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2019.
- KAYANO, M.T. E ANDREOLI, R.V. O clima da região Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M.G.A.J.; SILVA DIAS, M.A.F. (org.). **Tempo e clima do Brasil**. 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, p.213-233, 2009.
- MABESOONE, J.M.; CAMPOS E SILVA, A.; BEURLIN, K. Estratigrafia e Origem do

Grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 2, n. 3, p. 173-178, 1972.

MARENGO, J. A. *et al.* Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro, In: MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. O.; PAZ, V. P. da S. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**, Campina Grande: INSA. 2011. p. 383-422.

MEDEIROS, J. F. **Da análise sistêmica à Serra de Martins**: contribuição teórico-metodológica aos brejos de altitude. 2016. 219f. Tese (Doutorado em Geografia) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/22696>. Acesso em: 20 dez. 2018.

MEDEIROS, J. F. de; CESTARO, L. A.; SOUZA, L. C. de; CARVALHO, A. T. F. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS E GEOMORFOLÓGICAS DO PLANALTO RESIDUAL SERRA DE MARTINS, RN, BRASIL. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, [S. l.], v. 25, n. 2, p. 71–94, 2023. DOI: 10.35701/rcgs.v25.911. Disponível em: <http://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/911>. Acesso em: 25 mar. 2025.

MEDEIROS, J. F.; CESTARO, L. A.; QUEIROZ, L. S. Caracterização climática da Serra de Martins-RN. **Revista de Geociências do Nordeste**, Caicó, v. 7, n. 2, p. 92-100, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/21397>. Acesso em: 12 dez. 2023.

MEDEIROS, J. F.; QUEIROZ, L. S. Mapeamento das Unidades Litoestratigráficas e Geomorfológicas do município de Serrinha dos Pintos-RN. In: LISTO, F. L. R.; MÜNTZENBERG, D. S.; TAVARES, B. A. C. (org.) **E-book do I Workshop de Geomorfologia e Geoarqueologia do Nordeste**. 1 ed, v. 1. Recife: GEQUA, 2016. p.107-117. Disponível em: <http://lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/801>. Acesso em: 05. dez. 2020.

MENEZES, M. R. F. **Estudos sedimentológicos e o contexto estrutural da Formação Serra do Martins, nos platôs de Portalegre, Martins e Santana/RN**. 1999. 197f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) – Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 1999. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/18770>. Acesso em 19 jun. 2020.

OLIVEIRA, H. R.; MEDEIROS, J. F.; COSTA, F. R. Caracterização climática dos Planaltos Residuais do Extremo Oeste Potiguar. **Revista GeoNordeste**, v. 35, n. 2, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufs.br/geonordeste/article/view/18346>. Acesso em: 25 mar. 2025.

OLIVEIRA, G. P.; TAVARES, B. A. C.; CORRÊA, A. C. B. Compartimentação geomorfológica do Maciço Residual Martins-Portalegre – NE do Brasil. **Contexto Geográfico**, Maceió, v. 3, n. 6, p. 1-11, 2018. Disponível em: <http://www.seer.ufal.br/index.php/contextogeografico/article/view/6805>. Acesso em: 12 mai. 2020.

OLIVEIRA, R. R.; NASCIMENTO, M. A. L. Mapa geológico simplificado do estado do Rio Grande do Norte: representação cartográfica de elementos geológicos para divulgação das Geociências. **Terra e Didática**, Campinas, v. 15, p. 1-13, 2019. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8654688>. Acesso em 12 ago. 2020.

PINHEIRO, J. U.; BRISTOT, G.; LUCENA, L. R. F. de. Clima do Estado do Rio Grande do Norte. In: PFALTZGRAFF, P. A. dos S.; TORRES, F. S. de M. (org.). **Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Norte**. Recife: CPRM, 2010.

QUEIROZ, L. S. **Compartimentação Geoambiental em ambientes semiáridos: o** Complexo Serrano Martins-Portalegre – RN. 2021. 113f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2021.

QUEIROZ, L. S.; MEDEIROS, J. F.; QUEIROZ, A. F. Caracterização climática do município de Serrinha dos Pintos-RN. *In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO*, 2., 2017, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: Realize, 2017, p. 1-12. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/33262>. Acesso em: 01 jul. 2020.

REIS, A.C. Clima da caatinga. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 48, n. 325-335, 1976.

SÁ, I. B.; RICHÉ, G. R.; FOTIUS, G. A. As paisagens e o processo de degradação do semi-árido nordestino. *In: SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. (org.). Biodiversidade brasileira: avaliação e identificação de áreas e opções prioritárias para conservação*. Brasil: Ministério do Meio Ambiente, 2004, p. 37-44.

SOUZA NETO, L. T.; GRÍGIO, A. M.; CARVALHO, R. G. Compartimentação Geomorfológica do município de Portalegre, Rio Grande do Norte. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 34, n. 1, p. 23-41, 2016. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/25773/pdf>. Acesso em: 26 jul. 2020

## CAPÍTULO 2

### *PATRIMÔNIO HIDROLÓGICO E LOCAIS DE INTERESSE HIDROLÓGICO NO COMPLEXO SERRANO MARTINS PORTALEGRE*

*Bárbara Crislaine Gomes Jó*

*Andreza Tacyana Felix Carvalho*

*Filipe da Silva Peixoto*

*Wendson Dantas de Araújo Medeiros*

O presente capítulo tem como objetivo discutir o conceito de Patrimônio Hidrológico e sua relação com os aspectos hidrogeomorfológicos das paisagens, de modo a construir uma base teórica e metodológica para a análise de Locais de Interesse Hidrológico (LIH). A partir dessa fundamentação, apresenta-se como área de estudo, o Complexo Serrano Martins–Portalegre, localizado no Semiárido potiguar, onde se busca compreender como os elementos hidrológicos e geomorfológicos se articulam para configurar paisagens de relevante valor ecológico, paisagístico e sociocultural, justificando sua proposta de geoconservação.

#### 2.1 Conceituação de Patrimônio Hidrológico

Patrimônio hidrológico é um conceito que engloba os recursos hídricos e ecossistemas relacionados às águas, tais como rios, lagos, aquíferos e áreas úmidas, que possuem valor científico, ambiental, cultural e histórico, estético, educativo e turístico. Dessa forma, integra o geopatrimônio, isto é, envolve elementos abióticos da diversidade hidrológica do planeta que possuem relevância para a compreensão da história evolutiva da Terra, dos processos naturais e da relação do ser humano com a água e o meio ambiente. De acordo com Pereira, Cunha e Teodoro (2016), também denominado de Hidropatrimônio ou Patrimônio da Água, o patrimônio hidrológico é composto por um conjunto de elementos naturais e culturais que estão intimamente conectados.

A água, como recurso hídrico essencial à vida, desempenha um papel fundamental no desenvolvimento das atividades humanas, como a agricultura, a indústria e o abastecimento urbano. Isto é, transcende as necessidades naturais e integra-se às relações sociais, políticas, culturais e econômicas (Freitas, Silva e Guedes (2017). Além disso, fornece serviços geossistêmicos e ecossistêmicos essenciais, como a regulação do clima, a manutenção da biodiversidade, a qualidade ambiental e diversos serviços culturais. Isto se dá pela interação dos elementos abióticos água, radiação solar, vento, temperatura, luz e solo em áreas pontuais, restritas ou mais abrangentes, como em nível de bacias hidrográficas. Dessa forma, o hidropatrimônio é essencial para a dinâmica da vida na Terra, em todas as suas formas. Isto posto, percebe-se a necessidade de preservação desse patrimônio, tanto para o usufruto atual quanto para as gerações futuras (Rodrigues, 2019).

Considerando o Hidropatrimônio como sendo parte do Geopatrimônio, Jó (2025) ressalta que o Hidropatrimônio é constituído por um conjunto de Locais de Interesse

Hidrológico (LIH) que, devido à sua representatividade, singularidade e relevância científica, devem ser preservados para o usufruto das gerações presentes e futuras. Nesse contexto, os LIH também podem ser denominados como sítios hidrológicos ou hidrossítios, a depender da abordagem adotada. Assim, um hidrossítio pode ser definido como:

“(...) corpo hídrico de valor: ecológico (qualidade, características termo/minerais da água, hidromorfológicas e vida aquática); estético (fenômenos decorrentes da dinâmica da corrente e regime do fluxo hídrico e condições do leito e margens); sociocultural (bens e equipamento da intervenção para uso dos recursos hídricos) e complementares (existência de diversidade geológica e geomorfológica), que compõem rugosidades de um tempo espaço, como testemunho histórico da gênese e do aproveitamento da água” (FOLETO, 2020, p. 13).

Embora seja um tema que ainda requer maior aprofundamento no Brasil, alguns estudos foram publicados na região Nordeste, particularmente no Semiárido brasileiro, onde a água é sinônimo de riqueza devido às condições climáticas extremas. Destacam-se, nesse contexto, os trabalhos de Pereira, Cunha e Teodoro (2016) sobre o patrimônio hidrológico de João Pessoa, capital da Paraíba; Sá e Carvalho (2020), que identificaram um patrimônio hidrológico na região do Alto Sertão Sergipano; e Silva, Aquino e Aquino (2022), que avaliaram o potencial geoturístico das quedas d'água no médio curso da Bacia Hidrográfica do rio Poti, no Piauí.

Vale ressaltar que o uso de recursos hídricos para fins recreativos tem se tornado cada vez mais relevante do ponto de vista social e econômico, como afirmam Lopes e Magalhães Junior (2010, p. 133). A sua apreciação vai além da diversidade hidrológica, conforme incluindo rios, nascentes, e outros elementos de valor estético, científico, ambiental, sociocultural e educacional (Foleto e Costa, 2021).

Cachoeiras, por exemplo, apresentam grande potencial para o desenvolvimento de atividades recreativas e ecoturismo, como destaca Bento (2022). Apesar de a água ser um recurso crucial para o desenvolvimento humano, ações humanas frequentemente comprometem sua qualidade, como a remoção das matas ciliares, que são fundamentais para a manutenção da qualidade da água, a estabilidade dos solos e a preservação do ecossistema aquático (Pereira Alvarenga *et al.* 2006, p. 360).

Segundo Oliveira, Silva e Mello (2020), nascentes e cachoeiras possuem elevado valor paisagístico e turístico, o que as torna atrativos naturais importantes, mas também áreas que exigem maior atenção no que se refere à conservação. A exploração desordenada desses recursos tem provocado diversos impactos ambientais, como a deterioração da qualidade da água, a redução de sua vazão e interferências negativas no processo de recarga do nível freático.

Nesse contexto, destaca-se que o patrimônio hidrológico não se limita apenas à água em si, mas envolve também a infraestrutura hídrica, as paisagens associadas a esses recursos e os conhecimentos e práticas tradicionais que as comunidades desenvolvem em relação ao uso e gestão da água, conforme Castro (2022) mostra:

Existe uma série de hábitos culturais que colocam a água como um elemento essencial para vida física e metafísica de diversas sociedades e o valor econômico não é relevante. A luz disso, para os povos tradicionais da Floresta Amazônica, a

água é a principal fonte de alimento, assim como a própria floresta (Castro, 2022, p. 115).

Esse tipo de patrimônio também possui um profundo vínculo cultural com o ser humano e com as comunidades. Povos pré-históricos deixaram registros rupestres em rochas no leito de rios ou próximas de corpos d'água. Muitas sociedades ao redor do mundo têm relações espirituais, tradicionais e simbólicas com os corpos d'água. Rios sagrados, fontes de água potável e sistemas de segurança antigos são exemplos de como a água permeia a vida das populações e a sua identidade cultural. Ribeiro (2009) ressalta que:

Nas tradições judaica e cristã, a água simboliza, primeiramente, a origem da criação: fonte de todas as coisas ela é mãe e matriz; é útero. Mas, como é fonte de vida, é também fonte de morte. É criadora e é destruidora. Todo o Antigo Testamento celebra a magnificência da água. Na Bíblia os poços, as fontes, os rios são agentes de fertilização de origem divina, trazendo consigo a fecundidade e manifestando a benevolência divina. Os poços são lugares sagrados e perto deles nasce o amor e os casamentos principiam. É também símbolo de segredo, de dissimulação da verdade. As fontes são o símbolo da maternidade. Sua sacralização é universal, pois constituem a água virgem e, em muitas culturas são protegidas por tabus (Ribeiro, 2009, p. 112).

Em diversas culturas, a água é vista como um elemento sagrado e fonte de vida. O cuidado com as águas, a preservação de mananciais e a manutenção de práticas tradicionais de manejo da água são aspectos que merecem ser reconhecidos no conceito de patrimônio hidrológico. Tais práticas ajudam a promover a conscientização sobre a importância de se conservar esse recurso vital e respeitar os conhecimentos locais que têm passado de geração em geração e reforçam o seu valor patrimonial.

Apesar de sua importância, o patrimônio hidrológico está cada vez mais ameaçado. A poluição das águas, o desmatamento das áreas de recarga de aquíferos, o uso inadequado de recursos hídricos, a mudança climática e a urbanização acelerada são alguns dos principais fatores que comprometem a qualidade e a quantidade de água disponível. A escassez hídrica, por exemplo, é um desafio crescente em várias regiões do mundo, agravado pela má gestão dos recursos hídricos e pelo desperdício.

Além disso, o aumento da população e o crescimento das cidades geram uma pressão ainda maior sobre os recursos hídricos, tornando essencial a adoção de políticas públicas para a preservação e o uso sustentável da água. De acordo com Leal (1998), existem dois fatores que contribuem diretamente para a degradação ambiental, são eles: o grande crescimento da população mundial nas últimas décadas e o modo de exploração predatória dos recursos naturais, numa crescente perda de eficiência dos processos produtivos. O controle da poluição e a implementação de tecnologias de saneamento básico são medidas que devem ser priorizadas para garantir o equilíbrio ecológico e a saúde das populações humanas e animais.

A gestão do patrimônio hidrológico e dos recursos hídricos exige a integração de diversos setores, desde a política até a ciência. As políticas públicas devem ser elaboradas com base em uma visão de longo prazo, que considere não apenas as necessidades atuais, mas também as gerações futuras. Para tanto, a gestão sustentável da água deve ser pautada em princípios como o uso racional dos recursos hídricos, a restauração de ecossistemas degradados, a proteção das áreas de recarga dos aquíferos e a recuperação da qualidade da

água. Para Peixinho (2010), os modelos de gestão de recursos hídricos obedecem a princípios gerais de gestão ambiental e considera algumas particularidades próprias da gestão deste recurso.

Desse modo, é fundamental o engajamento da sociedade, especialmente das comunidades locais, que são as principais responsáveis pela preservação dos recursos naturais em seu entorno. A educação ambiental e o incentivo à participação ativa do povo no cuidado e na gestão das águas podem contribuir significativamente para a conservação do patrimônio hidrológico.

## 2.2. Locais de Interesse Hidrológico (LIH): definição e relevância

Os Locais de Interesse Hidrológico (LIH) são áreas ou pontos que apresentam características especiais no contexto da água, como fontes, nascentes, rios, lagos, aquíferos, bacias hidrográficas dentre outros corpos d'água. Foletto e Costa (2021) consideram, como Local de Interesse Hidrológico (LIH), o corpo hídrico com excepcionalidade da qualidade da água, dinâmica hídrica e intervenções antrópicas com potencial para receber o status de hidrossítio. Esses locais possuem importância significativa para a gestão dos recursos hídricos, para a conservação do meio ambiente e para a manutenção da qualidade de vida das populações.

Segundo Foletto (2020), os hidrossítios podem assumir diferentes formas de mananciais, como cachoeiras, corredeiras, nascentes, lagoas e lagos, exercendo múltiplas funções, inclusive com usos terapêuticos e medicinais. Esses locais possuem importância ecológica para os ecossistemas terrestres e aquáticos, além de apresentarem valor estético, econômico e científico. Complementando essa perspectiva, Mello e Carvalho (2024) destacam que os Locais de Interesse Hidrológico (LIH) podem ser classificados em distintas categorias, englobando elementos como cachoeiras, minadouros, corredeiras e estuários, os quais se sobressaem por atributos singulares. Para sua valoração, é essencial considerar aspectos como a qualidade da água, características hidromorfológicas, valor visual e relevância científica.

Dessa forma, os LIH referem-se a espaços que, por suas características, desempenham um papel crucial no ciclo hidrológico e, conseqüentemente, no equilíbrio ambiental e socioeconômico. Sendo assim, fundamentais para o abastecimento de água, para a irrigação, para a geração de energia (como hidrelétricas) e para a conservação da biodiversidade em ambientes aquáticos. Viel *et al.*, (2013) afirmam que, por exemplo, as nascentes se tornaram um ponto crucial na preservação ambiental de qualquer região, considerando que água remete à sobrevivência e que sua escassez pode afetar de forma determinante vários pontos vitais para a manutenção da vida.

Conforme Foletto e Costa (2021), um Local de Interesse Hidrológico (LIH) é classificado como hidrossítio quando se configura como um corpo hídrico raro e excepcional, especialmente em termos de qualidade da água, características hidromorfológicas, qualidade visual do canal e de seu entorno, bem como das intervenções voltadas para o uso da água. Essa classificação considera, ainda, a importância científica do local, sua relevância para a gestão dos recursos hídricos e seu papel na compreensão da geomorfologia fluvial no território.

A relevância dos LIH se estende a diferentes esferas, desde a preservação ambiental até a sustentabilidade econômica e o bem-estar social, destacando algumas das principais

razões pelas quais esses locais são de extrema importância: gestão de recursos hídricos, a geoconservação, geoturismo, abastecimento, prevenção de desastres ambientais e desenvolvimento sustentável. Desse modo, a definição desses locais enquanto patrimônio tornam instrumento importante para a proteção dos recursos hídricos.

No que se refere à geoconservação, Nascimento, Azevedo e Mantesso-Neto (2008) explicam que se trata da prática voltada à preservação da diversidade natural, abrangendo elementos geológicos, geomorfológicos e pedológicos. Essa conservação visa proteger os locais de geodiversidade, contribuindo diretamente para a manutenção da biodiversidade em áreas consideradas de interesse ambiental. Segundo Gordon *et al.* (2021), a geoconservação pode ser interpretada também de forma mais ampla, incluindo a conservação da geodiversidade e a aplicação de princípios de geoconservação para apoiar a conservação da biodiversidade e o funcionamento de ecossistemas saudáveis. Então, vale ressaltar que muitos dos LIH constituem elementos da geodiversidade e são habitats de espécies da fauna e flora, aquáticas e terrestres únicas. Logo, a sua proteção é fundamental para a manutenção da biodiversidade e para o desenvolvimento sustentável.

Os Locais de Interesse Hidrológico (LIH), como nascentes, rios e aquíferos, exercem um papel estratégico no abastecimento hídrico, sendo fundamentais para suprir as demandas do consumo humano, da agricultura irrigada e dos processos industriais. Por se tratarem de fontes naturais de água, esses locais requerem ações efetivas de proteção e manejo sustentável, especialmente frente aos crescentes desafios ambientais, como a poluição, o desmatamento e a ocupação desordenada do solo. Nesse sentido, conhecer, monitorar e preservar os LIH é essencial para promover o uso racional da água e fortalecer estratégias de convivência com as variações climáticas, especialmente em regiões vulneráveis como o Semiárido brasileiro.

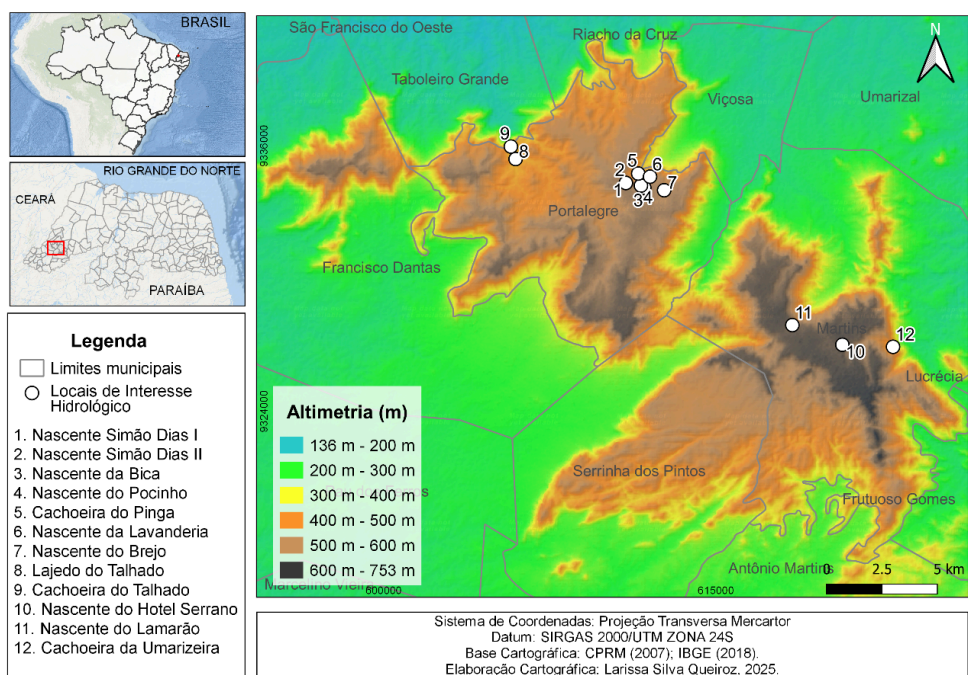
Além disso, os LIH também desempenham um papel importante na educação ambiental, podendo ser utilizados em programas educativos para sensibilizar a população desde a infância sobre a importância da conservação dos recursos naturais e a necessidade de práticas sustentáveis no manejo da água. Dessa forma, para fortalecer a valoração do patrimônio hidrológico, é fundamental realizar o levantamento sistemático dos Locais de Interesse Hidrológico (LIH), com o objetivo de classificá-los como hidrossítios ou potenciais hidrossítios.

Conforme Foletto e Costa (2021), essa classificação deve considerar atributos específicos de cada LIH, como a qualidade da água, a dinâmica hídrica e as orientações para o uso sustentável dos recursos hídricos. A avaliação do estado ecológico e das condições hidromorfológicas do corpo hídrico torna-se, portanto, um critério essencial para determinar sua importância patrimonial e orientar ações de preservação e uso consciente. Segundo Terto *et al.* (2024), a gestão eficaz dos recursos hídricos requer conhecimento diversificado, conservação da água e a consideração de fatores socioeconômicos e políticas públicas na tomada de decisões. E, embora pesquisadores utilizem diversas metodologias para a seleção e classificação de sítios geopatrimoniais, ainda há escassez de métodos específicos para o patrimônio hidrológico.

### 2.3. Identificação e classificação dos Locais de Interesse Hidrológico no CSMP

De acordo com os critérios presença de água e uso e facilidade de acesso à área, Jô (2025) identificou doze Locais de Interesse Hidrológico no Complexo Serrano Martins Portalegre (Figura 29).

**Figura 29:** Mapa de localização dos Locais de Interesse Hidrológico do Complexo Serrano Martins Portalegre/RN



Fonte: Elaborado por Queiroz, 2025.

Conforme indica o Quadro 1, os LIHs do Complexo Serrano Martins-Portalegre (CSMP) estão concentrados nos municípios de Martins e Portalegre. Em Portalegre, a maior densidade de LIHs situa-se na porção leste, enquanto em Martins, a distribuição é mais esparsa, com distâncias consideráveis entre eles, exemplificado pelos 4 km que separam a Cachoeira da Umarizeira da Nascente do Hotel Serrano.

**Quadro 1** – Locais de Interesse Hidrológico do Complexo Serrano Martins Portalegre/RN com destaque para coordenadas, município de localização, fluxo hídrico e uso de suas águas

LIH	Coordenadas UTM	Município	Fluxo hídrico	Uso da água
Nascente Simão Dias I	24M E 0610931 N 9334322	Portalegre	Perene	Abastecimento
Nascente Simão Dias II	24M E 0610931 N 9334322	Portalegre	Perene	Abastecimento
Nascente da Bica	24M E 0611684 N 9334197	Portalegre	Perene	Paisagismo, lazer/recreação
Nascente do Pocinho	24M E 0611613 N 9334203	Portalegre	Perene	Paisagismo, lazer/recreação
Cachoeira do Pinga	24M E 0611489 N 9334747	Portalegre	Perene	Paisagismo lazer/recreação
Nascente da Lavanderia	24M E 0612024 N 9334606	Portalegre	Perene	Desativada
Nascente do Brejo	24M E 0612660 N 9333993	Portalegre	Perene	Abastecimento
Lajedo do Talhado	24M E 605953 N 9335403	Portalegre	Intermitente	Paisagismo, lazer/recreação
Cachoeira do Talhado	24M E 605740 N 9335968	Portalegre	Perene	Paisagismo, lazer/recreação
Nascente do Hotel Serrano	24M E 620705 N 9327013	Martins	Intermitente	Paisagismo, lazer/recreação
Nascente do Lamarão	24M E 618448 N 9327899	Martins	Intermitente	Paisagismo, lazer/recreação
Cachoeira da Umarizeira	24M E 622996 N 9326918	Martins	Perene	Paisagismo, lazer/recreação

Destaca-se que a maioria dos locais tem seu uso destinado ao paisagismo, lazer e recreação, especialmente na Cachoeira do Pinga e Cachoeira do Talhado e, na Nascente do Hotel Serrano. No entanto, há nascentes com uso voltado para o abastecimento de água, que são os casos da Nascente do Brejo e as nascentes Simão Dias I e II, e uma nascente com seu uso desativado, a Nascente da Lavanderia, em Portalegre.

Em relação à sazonalidade do fluxo hídrico, no município de Martins, a nascente do Hotel Serrano e a nascente do Lamarão apresentam regime intermitente. Em Portalegre, apenas o Lajedo do Talhado segue esse padrão. Observa-se, portanto, a predominância de Locais de Interesse Hidrológico (LIH) com fluxo hídrico perene.

Considerando os resultados obtidos por Jό *et al.* (2023) sobre a qualificação e quantificação de potenciais hidrossítios no município de Portalegre, e por Jό (2025) quanto à classificação dos Locais de Interesse Hidrológico (LIH) do Complexo Serrano Martins-Portalegre (CSMP), observa-se uma variação significativa nos atributos ecológicos, estéticos, socioculturais e complementares desses locais.

Esse enquadramento foi realizado considerando a metodologia desenvolvida por Foletto e Costa (2021)<sup>1</sup> para a classificação de hidrossítios, em que propõem uma abordagem

<sup>1</sup> Essa metodologia é estruturada a partir de quatro critérios principais — ecológico, estético, sociocultural e complementar, cada um composto por grupos de indicadores específicos e com pesos percentuais distintos, totalizando 100% da avaliação. O **critério ecológico**, que corresponde a 65% do valor total, é o mais robusto da metodologia, refletindo a centralidade das condições ambientais na valoração dos corpos hídricos. Dentro desse critério, a **qualidade da água** representa 40% do total, sendo analisada por meio de parâmetros físico-químicos (pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica), que correspondem a 12% do total. Também são considerados o estado trófico da água (10%), a biodiversidade aquática (10%) e

abrangente para avaliar e classificar locais de interesse hidrológico (LIH), considerando aspectos que contribuem para o valor patrimonial desses locais, com base em sua qualidade da água, características hidromorfológicas e qualidade visual. Para facilitar a aplicação da metodologia, os autores propuseram a criação de uma "Ficha de Levantamento Hidrológico", que organiza os critérios, indicadores e classes de avaliação, com seus respectivos índices percentuais. Essa ferramenta permite uma avaliação sistemática e padronizada dos hidrossítios.

Desse modo, Jó (2025) apresentou em seus resultados que alguns LIH do CSMP possuem condições mais favoráveis à conservação e valorização, enquanto outros apresentam fragilidades que requerem maior atenção e medidas de preservação. Essa variação é detalhada no Quadro 2, em que mostra os resultados da qualidade de água considerados na classificação<sup>2</sup>, em seguida, no Quadro 3, sendo evidenciada o índice total relativo à valoração de cada LIH, remetendo-os à importância de estratégias diferenciadas de gestão para cada um deles.

**Quadro 2** – Parâmetros considerados na qualidade da água nos Locais de Interesse Hidrológico conforme indicado por Foletto e Costa (2021) e presentes da Resolução Conama nº 357/2005 (Classe de água 2)

<b>Locais avaliados</b>	<b>Condutividade (µS/cm)</b> ((>500 µS/cm) podem indicar poluição por sais ou esgoto)	<b>pH</b> (6,0- 9,0)	<b>Clorofila <i>a</i></b> (sem valor específico para classe 2, mas < 30 µg/L é geralmente considerado aceitável.)	<b>Oxigênio dissolvido</b> (mínimo de 5,0 mg/L)
<b>Nascente do Simão Dias I</b>	365	4,24	<LD	5,14
<b>Nascente do Simão Dias II</b>	334	4,22	<LD	5,05
<b>Nascente da Bica</b>	509	4,18	<LD	3,94
<b>Nascente do Pocinho</b>	566	5,02	<LD	2,08

a condição das margens (8%). Ainda no critério ecológico, as **características hidromorfológicas** respondem por 25% da avaliação e incluem a tipologia do corpo hídrico (2,5%), a transponibilidade (7,5%), o balanço entre processos de erosão e deposição (7,5%) e a forma ou dinâmica do curso d'água (7,5%). O **critério estético**, com peso de 10%, contempla a **qualidade visual** do local, considerando aspectos como o leito do curso d'água (5%) e a cobertura da terra no entorno (5%), elementos que influenciam diretamente na atratividade paisagística e na percepção estética do ambiente. O **critério sociocultural** representa 15% do total e valoriza a interação da sociedade com o corpo hídrico, através de indicadores relacionados a **bens e equipamentos** culturais e históricos (7,5%) e às **funções de uso da água** (7,5%), como lazer, turismo, usos terapêuticos ou tradicionais. Por fim, o **critério complementar**, com peso de 10%, é dividido em três componentes: a **importância científica** do local (2,5%), as **políticas de gestão e conservação existentes** (5%) e os **aspectos geológicos e geomorfológicos** (2,5%), que consideram as feições naturais e os processos físicos atuantes na formação e manutenção do corpo hídrico. Além disso, destaca-se que a condição para ser considerado hidrossítio é obter valoração do critério ecológico superior a 50%. Seguindo a metodologia, após a soma dos valores atribuídos, se o LIH obtiver de 0-49% do valor total, ele não deve ser classificado como hidrossítio, se o valor obtido for entre 50-74% do valor total, o LIH tem potencial para hidrossítio e, devendo ser encaminhar aos órgãos de gestão os indicadores que podem ser melhorados para a obtenção futura do patrimônio, podendo ser considerado hidrossítio, e por último, se a valoração da pontuação de 75% do valor total, o LIH receberá o título de hidrossítio.

<sup>2</sup> Na avaliação da qualidade da água dos LIH no Brasil, deve-se tomar como referência a Resolução nº 357/2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), que define cinco classes para a água doce: de especial a classe IV.

<b>Cachoeira do Pinga</b>	531	6,93	<LD	6,06
<b>Nascente da Lavanderia</b>	553	4,01	<LD	2,99
<b>Nascente do Brejo</b>	90,5	5,53	<LD	0,80
<b>Lajedo do Talhado</b>	264	7,67	<LD	5,17
<b>Cachoeira do Talhado</b>	264	7,67	<LD	5,17
<b>Nascente do Hotel Serrano</b>	452	7,22	<LD	3,75
<b>Cachoeira da Umarizeira</b>	410	7,23	<LD	5,78
<b>Nascente do Lamarão</b>	358	6,81	<LD	5,35

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

**Quadro 3** - Valoração dos Locais de Interesse Hidrológico do CSMP conforme metodologia de Foletto e Costa (2021)

	<b>CrITÉrios/indicadores</b>											<b>Pontuação Total</b>	
	<b>Ecológico</b>				<b>Estético</b>		<b>Sociocultural</b>		<b>Complementar</b>				
	<b>Qualidade (40%)</b>		<b>Condição hidromorfológica (25%)</b>		<b>Qualidade visual (10%)</b>		<b>Bens e equipamentos (15%)</b>		<b>Científico e Gestão (10%)</b>				
<b>Locais de Interesse e Hidrológico</b>	<b>Pontos</b>	<b>Índice (%)</b>	<b>Pontos</b>	<b>Índice (%)</b>	<b>Pontos</b>	<b>Índice (%)</b>	<b>Pontos</b>	<b>Índice (%)</b>	<b>Pontos</b>	<b>Índice (%)</b>	<b>Total de pontos</b>	<b>Índice total (%)</b>	
Nascente do Simão Dias I	11	19,0	10	16,50	3	5,00	4	7,50	5	3,12	33	51,12	
Nascente do Simão Dias II	12	21,0	12	18,75	5	6,25	4	7,50	5	3,12	38	56,62	
Nascente da Bica	9	15,0	7	6,87	0	0	3	5,62	5	4,37	24	31,87	
Nascente do Pocinho	15	26,5	14	19,37	8	10,0	4	7,50	7	5,62	48	69,00	

Cachoeira do Pinga	16	26,5	14	21,25	6	7,50	3	5,62	8	6,25	47	67,12
Nascente da Lavanderia	12	21,5	8	12,50	4	5,00	4	7,50	3	1,87	31	48,37
Nascente do Brejo	16	27,5	14	21,25	8	10,0	4	7,50	6	3,75	48	75,62
Cachoeira do Talhado	16	26,0	14	21,25	8	10,0	7	13,12	6	3,75	51	74,12
Lajedo do Talhado	16	26,0	13	19,37	8	10,0	7	13,12	6	3,75	50	72,24
Nascente do Hotel Serrano	17	26,5	13	19,37	8	10,0	3	5,62	4	2,50	45	64,00
Cachoeira da Umarizeira	17	28,5	14	21,25	8	10,0	7	13,12	6	3,75	52	76,62
Nascente do Lamarão	16	26,5	12	17,50	8	10,0	4	7,50	4	2,50	44	64,00

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Entre os LIH avaliados, a Cachoeira da Umarizeira obteve o maior índice total (76,62%), seguida da Nascente do Brejo (75,62%) e da Cachoeira do Talhado (74,12%), evidenciando seu potencial em todos os critérios avaliados. No critério ecológico, responsável pelo peso de 40% do total da valoração, destacam-se a Nascente do Hotel Serrano, Cachoeira da Umarizeira, Nascente do Brejo e Cachoeira do Talhado. Esses locais se apresentam com condições hidromorfológicas e de qualidade de água mais preservadas, o que sugere uma menor interferência antrópica e uma maior funcionalidade ambiental.

O critério estético, responsável por 25% do índice total, reflete a atratividade visual e paisagística dos locais. As cachoeiras, em especial, obtiveram as maiores pontuações (Cachoeira da Umarizeira, Cachoeira do Talhado e Cachoeira do Pinga), acima de 21%. Isso indica que esses pontos possuem grande potencial para o Geoturismo, desde que haja planejamento adequado para minimizar os impactos ambientais.

No critério sociocultural, que representa 15% do índice total, são avaliados os bens e equipamentos presentes nos Locais de Interesse Hidrológico (LIHs). Esses elementos compreendem as infraestruturas e estruturas físicas que se consolidaram ao longo do tempo e do espaço, refletindo valores históricos, culturais e sociais. Considera-se, nesse aspecto, tanto a função ecológica quanto o papel social dos locais, reconhecendo-os como bens de uso comum ou de valor econômico que devem ser preservados para as futuras gerações.

Assim, nesse critério, destacam-se a Cachoeira do Talhado e a Cachoeira da Umarizeira, ambas com 13,12%, os maiores índices registrados. Esses resultados

revelam a presença de estruturas de trilha e atributos socioculturais relevantes, evidenciando o potencial desses espaços para atividades turísticas, educativas e comunitárias.

Por outro lado, a Nascente da Bica (Figuras 30 e 31) e a Cachoeira do Pinga apresentaram, no critério sociocultural, um índice de 5,62% cada. Esse resultado está relacionado, sobretudo, aos tipos de intervenções de infraestrutura existentes em áreas de preservação permanente. Embora esses locais sejam utilizados como atrativos turísticos, em alguns casos, as intervenções realizadas têm contribuído para a degradação da qualidade ambiental dos próprios LIHs, comprometendo seu valor ecológico e sua função conservacionista.

**Figura 30:** Nascente da Bica com intervenções construtivas



Fonte: Acervo dos autores, 2024.

**Figura 31:** Estrutura para atendimento ao turismo sobre a área de preservação permanente da Nascente da Bica em Portalegre/RN



Fonte: Acervo dos autores, 2024.

Relativo aos critérios científicos e de gestão, que avaliam a potencialidade de estudos e a efetividade de políticas de conservação, os resultados mostraram que a Cachoeira do Pinga e a Nascente do Pocinho obtiveram os maiores índices nesse critério (6,25% e 5,62%). Isso sugere que são áreas que podem ser mais bem aproveitadas para ações de educação ambiental e turismo sustentável.

A classificação de um Local de Interesse Hidrológico (LIH) como hidrossítio, dentro do contexto do geopatrimônio, requer, segundo Foletto e Costa (2021), a presença de altos valores ecológicos, estéticos, socioculturais e complementares. Para isto, após a soma dos valores atribuídos, se o LIH obtiver de 0-49% do valor total, ele não deve ser designado como hidrossítio, se o valor obtido for entre 50-74% do valor total, o LIH tem potencial para hidrossítio e, se obtiver a pontuação de 75% do valor total, o LIH receberá o status de hidrossítio. Entretanto, há a ressalva que se, especificamente, o LIH obter uma avaliação superior a 50% no critério ecológico, este pode obter o status de hidrossítio. Isso se deve, pois, às características excepcionais de qualidade da água, dinâmica hídrica e intervenções para uso dos recursos hídricos, em que o estado ecológico da qualidade e da condição hidromorfológica do corpo hídrico define o critério essencial.

Assim, com base nessa classificação, Jó (2025) então enquadrou os LIHs analisados em três categorias: hidrossítios, potenciais hidrossítios e locais que não atendem aos critérios mínimos para essa classificação, conforme detalhado no Quadro 4.

Observa-se que os locais classificados como hidrossítios (Cachoeira da Umarizeira e Nascente do Brejo) possuem os maiores índices totais (76,62% e 75,62%, respectivamente) e se destacam pelo seu elevado valor ecológico, se aproximando a 50% do índice. Eles apresentam os melhores indicadores ambientais, em vista que, suas

áreas possuem um equilíbrio entre a qualidade ecológica, o potencial paisagístico e a relevância sociocultural, tornando-se fundamentais para a conservação e o turismo sustentável.

A Cachoeira da Umarizeira apresentou bons resultados de qualidade da água (Quadro 2), com pH e condutividade em níveis ideais, ausência de acúmulo de estado trófico e presença de biodiversidade aquática, correspondendo ao índice de qualidade de água de 28,5%. Sua condição hidromorfológica é favorável, com índice de 21,25%, sendo caracterizada por fluxo hídrico sem obstáculos, com queda d'água e erosão equilibrada de forma dominante, indicando que não há modificações significativas nos fluxos de matéria e energia do sistema. Tanto o canal, quanto a cobertura do solo permanecem naturais, e não foram observadas interferências antrópicas significativas (Figura 32). No entanto, a cachoeira não possui medidas de fiscalização e controle ativas para conservação de sua área.

**Quadro 4** – Classificação dos Locais de Interesse hidrológico (LIH) com potencial patrimonial conforme metodologia de Foletto e Costa (2021)

LIH avaliados	Critério Ecológico (%)	Índice Total (%)	Classificação		
			Não é hidrossítio	Potencial hidrossítio	Hidrossítio
Nascente do Simão Dias I	35,50	51,12		X	
Nascente do Simão Dias II	39,75	56,62		X	
Nascente da Bica	21,87	31,87	X		
Nascente do Pocinho	45,87	69,00		X	
Cachoeira do Pinga	47,75	67,12		X	
Nascente da Lavanderia	34,00	48,37	X		
Nascente do Brejo	48,75	75,62			X
Cachoeira do Talhado	47,25	74,12		X	
Lajedo do Talhado	47,25	74,12		X	
Nascente do Hotel Serrano	45,87	64,00		X	
Cachoeira da Umarizeira	49,75	76,62			X
Nascente do Lamarão	44,00	64,00		X	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

**Figura 32:** Vista do topo da Cachoeira da Umarizeira em Martins/RN



Fonte: Acervo dos autores, 2024.

A Nascente do Brejo está localizada em uma área privada e historicamente tem servido como fonte de abastecimento para a comunidade local. Trata-se de uma nascente de surgência expressiva, com fluxo contínuo, onde os moradores, com auxílio de máquinas, construíram um barramento para acumular água. A barragem, situada a cerca de 50 metros da nascente, é abastecida diariamente, garantindo o suprimento da comunidade durante os períodos de seca (Figura 33).

Apesar de estar inserida em uma área preservada, com vegetação de grande porte e cobertura vegetal diversificada, a Nascente do Brejo precisa de medidas de controle e ações específicas para sua conservação. Sua qualidade de água é considerada boa, com condições hidromorfológicas favoráveis, fluxo natural sem obstáculos e erosão natural equilibrada. Como um hidrossítio, torna-se essencial a implementação de medidas de geoconservação para garantir sua proteção e sustentabilidade a longo prazo

**Figura 33:** Nascente do Brejo em Portalegre/RN



Fonte: Acervo dos autores, 2024.

Sobre os locais classificados como potenciais hidrossítios, estes apresentam índices intermediários, sugerindo que possuem características favoráveis, mas necessitam de ações de preservação e manejo adequado. A Cachoeira do Talhado, o Lajedo do Talhado e a Cachoeira do Pinga se destacam por índices ecológicos significativos (acima de 45%), porém seus índices totais (74,12%, 74,12% e 67,12%) não foram suficientes para o enquadramento como hidrossítios, mas sim, potenciais hidrossítios. Esses resultados estão associados a impactos antrópicos e/ou limitações estruturais para conservação do local.

A Cachoeira do Talhado e o Lajedo do Trabalho possuem boas condições hidromorfológicas, com tipologia sem obstáculo, erosão natural equilibrada de forma dominante, canal e cobertura de terra natural. Entretanto, são locais sem medidas de fiscalização e controle para a sua conservação ambiental (Figuras 34 e 35).

**Figura 34:** Vista do topo da Cachoeira do Talhado em Portalegre/RN



Fonte: Acervo dos autores, 2024.

**Figura 35:** Piscinas naturais no Lajedo do Talhado em Portalegre/RN



Fonte: Acervo dos autores (2024).

Em relação à Cachoeira do Pinga, classificada como um potencial hidrossítio, as análises de água indicaram excelente qualidade da água, com pH e condutividade em níveis adequados e ausência de acúmulo de estado trófico (Quadro 2). No local, foi identificada a presença de vida aquática, evidenciando boas condições ecológicas. Hidromorfologicamente, a cachoeira apresenta fluxo hídrico sem obstáculos, com queda d'água e erosão natural equilibrada, com forma dominante na paisagem. No entanto, seu desempenho poderia ter sido ainda melhor, não fosse a influência de ações antrópicas (Figura 36).

O canal da cachoeira sofreu alterações leves, especialmente na cobertura do solo, devido a intervenções na infraestrutura para recebimento de turistas. Embora exista o Decreto Municipal nº 002, de 02 de fevereiro de 2016 que institui a Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) da Mata da Bica, além de outras Leis de âmbito federal e estadual em prol da conservação ambiental, a falta de controle e fiscalização compromete a efetividade dessas medidas, tornando essencial um acompanhamento mais rigoroso para garantir a preservação deste local.

**Figura 36:** Cachoeira do Pinga em Portalegre/RN



Fonte: Acervo dos autores, 2024.

Sobre as nascentes Simão Dias I e Simão Dias II (Figuras 37 e 38), estas também foram classificadas como potenciais hidrossítios, apresentando índices totais de 51,12% e 56,62%, respectivamente. Além disso, a Nascente do Hotel Serrano (64,00%), a Nascente do Pocinho (69,00%) e a Nascente do Lamarão (64,00%) também se encaixam nessa categoria, sugerindo a necessidade de medidas específicas para fortalecer sua preservação e promover, posteriormente, a sua valoração como hidrossítios.

A Nascente do Hotel Serrano apresentou resultados relativamente positivos nas análises de qualidade da água (Quadro 2). Sua condição hidromorfológica caracteriza-se por um fluxo sem obstáculos e sem quedas d'água, mantendo o processo de erosão natural equilibrado e expressivo. O canal da nascente permanece natural, embora tenha sido construída uma ponte sobre suas margens para facilitar a passagem de pedestres. Essa intervenção, no entanto, não alterou o curso do canal. O uso principal da área está associado ao paisagismo, lazer e recreação. Apesar da cobertura do solo ser predominantemente natural, a ausência de medidas de controle e fiscalização para conservação ambiental pode representar um risco à sua preservação a longo prazo (Figura 39).

**Figura 37: Nascente Simão Dias I**



Fonte: Acervo dos autores, 2024.

**Figura 38 – Nascente Simão Dias II**



Fonte: Acervo dos autores, 2024.

**Figura 39:** Nascente do Hotel Serrano em Martins/RN



Fonte: Acervo dos autores, 2024.

A Nascente do Pocinho é de menor porte, mas com significativo valor patrimonial. O Resultado de seu índice total (69%) demonstra que, apesar de estar localizada no terminal turístico da Bica, essa nascente não possui ações antrópicas como a Nascente da Bica. Trata-se de uma nascente com boas condições hidromorfológicas, sem obstáculos ou quedas d'água, apresentando um equilíbrio nos processos erosivos naturais e uma forma expressiva. O canal e a cobertura do entorno mantêm características naturais preservadas. Além disso, a nascente está inserida na zona de proteção estabelecida pelo Decreto Municipal nº 002/2016, que define normas específicas de conservação ambiental para a mata da Bica (Figura 40).

**Figura 40:** Nascente do Pocinho em Portalegre/RN



Fonte: Acervo dos autores, 2024.

A Nascente do Lamarão obteve um índice final de 64%, destacando-se pela boa qualidade da água, como apresentado no Quadro 1. Está localizada aproximadamente a 100 metros das residências e a cerca de 50 metros de uma criação de suínos, o que pode representar um risco potencial de contaminação. Embora esteja situada em uma propriedade privada, seu acesso é livre para moradores e visitantes.

Do ponto de vista hidromorfológico, a nascente apresenta um fluxo sem obstáculos, com erosão natural equilibrada e canal natural. No entanto, sua cobertura do solo sofreu leves alterações devido à remoção parcial da vegetação nativa para o plantio de capim. A ausência de normas locais específicas e fiscalização para conservação reforça a necessidade de medidas que assegurem a proteção da nascente e minimizem impactos futuros (Figura 41).

**Figura 41:** Nascente do Lamarão em Martins/RN



Fonte: Acervo dos autores, 2024.

Por outro lado, a Nascente da Lavanderia (48,37%) e a Nascente da Bica (31,87%) não atingiram os índices mínimos para serem classificadas como hidrossítios. O baixo índice ecológico, 34% na Nascente da Lavanderia e 21,87% na Nascente da Bica, indica que esses locais estão significativamente impactados, devido à antropização excessiva e à degradação da qualidade da água (Quadro 2) e da paisagem. A Nascente da Bica, em especial, apesar de ser um dos locais com maior visitação turística, destaca-se pelo menor índice total, devido ao seu estado de comprometimento ambiental, demandando ações urgentes de recuperação, como já relatado anteriormente (Figura 42 e 43).

**Figura 42:** Nascente da Lavanderia com estrutura de concreto fazendo a contenção de seu fluxo hídrico



Fonte: Acervo dos autores, 2024.

**Figura 43:** Nascente da Bica em Portalegre/RN



Fonte: Acervo dos autores, 2024.

É importante destacar que, embora existam legislações federais e estaduais — como o Código Florestal, a Lei das Águas e normas ambientais específicas — que assegurem certa proteção aos Locais de Interesse Hidrológico (LIHs), observa-se a ausência de instrumentos locais mais direcionados, como planos de manejo ou diretrizes para o uso turístico sustentável desses espaços.

No âmbito municipal, a proteção legal ainda é bastante restrita, havendo apenas em Portalegre, um decreto específico em vigor: o Decreto nº 002, de 02 de fevereiro de 2016, que instituiu a Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) da Mata da Bica. Contudo, observa-se que todos os Locais de Interesse Hidrológico (LIH) da região ainda carecem de ações concretas para uma gestão integrada e a valorização de seu potencial como patrimônio hidrológico.

Finalmente, os resultados da avaliação de Jó (2025) para cada LIH são dinâmicos e podem ser alterados no futuro, dependendo das medidas e ações de conservação implementadas e dos usos que vierem a ser atribuídos a esses locais, podendo vir, inclusive, a melhorar a sua qualidade ambiental. Nesse ínterim, a valoração dos locais que alcançaram o status de hidrossítios é relevante para priorizar e direcionar esforços e recursos em sua proteção e manejo diferenciado, garantindo a manutenção de suas características excepcionais a longo prazo.

## REFERÊNCIAS

BENTO, L. C. M. Potencial Geoturístico de quedas d'água do estado de Minas Gerais, Brasil. **Caderno de Geografia**, v.32, n.68, 2022.

**BRASIL**. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

CASTRO, E. H. Avaliação e classificação de hidrossítios: cascata do chuveiro, Riozinho, Rio Grande do Sul. **Geoambiente On-line**, Goiânia, n. 44, p. 114–130, 2022.

FOLETO, E. M. **Relatório de atividades. Programa Institucional de Internacionalização**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2020. Disponível em: [https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/798/2020/08/CAPES\\_PrInt\\_Relat%C3%B3rioFoleto.pdf](https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/798/2020/08/CAPES_PrInt_Relat%C3%B3rioFoleto.pdf) Acesso em: 15 set. 2024.

FOLETO, E. M.; COSTA, F. S. Avaliação de Locais de Interesse Hidrológico no Brasil e Portugal: Barragens do DNOS e de Queimadela. In: XIV Encontro Nacional De Pós-Graduação E Pesquisa Em Geografia, 2021, virtual (on-line). **A Geografia que fala ao Brasil: ciência geográfica na pandemia ultraliberal**. Campina Grande: Realize Editora, 2021.

FOLETO, E. M.; COSTA, F. S. Metodologia para classificação de hidrossítios: rio Selho, no Concelho de Guimarães, distrito de Braga, Portugal. **GeoUSP**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 1-24, 2021.

FREITAS, F. W. S.; SILVA, M. R. F.; GUEDES, J. A. Percepção e gestão ambiental dos recursos hídricos: diálogos no estudo de reservatório superficiais. In: Archimedes Perez Filho; Raul Reis Amorim. (Org.). E-Book de Evento Acadêmico do XVII; **I Simpósio Nacional de Geografai Física**. led.Campinas: Instituto de Geociências da Unicamp, 2017, v. 1, p. 204-215.

GORDON, J. E.; CROFTS, R.; GRAY, M.; TORMEY, D. Including geoconservation in the management of protected and conserved areas matters for all of nature and people. **International Journal of Geoheritage and Parks**, n. 9, p. 323–334, 2021.

JÓ, B. C. G.; CARVALHO, A. T. F.; HENRIQUES, D. da S.; MEDEIROS, J. F. de. Patrimônio hidrológico em ambientes serranos: qualiquantificação de potenciais hidrossítios do município de Portalegre – RN. **Geoambiente On-line**, Goiânia, n. 47, 2023.

JÓ, B. C. G.; CARVALHO, A. T. F.; HENRIQUES, D. da S.; MEDEIROS, J. F. de. Patrimônio hidrológico em ambientes serranos: qualiquantificação de potenciais hidrossítios do município de Portalegre – RN. **Geoambiente On-line**, Goiânia, n. 47, 2023.

LEAL, M. S. **Gestão ambiental dos recursos hídricos: Princípios e aplicações**. São Paulo: Atlas, 1998.

LOPES, F. W. A.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Avaliação da qualidade das águas para recreação de contato primário na bacia do alto Rio das Velhas-MG. YGEIA, **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, 2010.

NASCIMENTO, M. A. L.; AZEVEDO, Ú. R.; MANTESO-NETO, V. **Geodiversidade, geoconservação e geoturismo: trinômio importante para a conservação do patrimônio geológico**. Rio de Janeiro: edição SBGeo, 2008.

OLIVEIRA, A. S. DE ; SILVA, A. M. da ; DE MELLO, C. R. Dinâmica da água em áreas de recarga de nascentes em dois ambientes na Região Alto Rio Grande, Minas Gerais. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental (Online)** v. 25, p. 59-67, 2020

PEIXINHO, F. C. Gestão Sustentável dos Recursos Hídricos. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], 2010. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22943>. Acesso em: 31 mar. 2025.

PEREIRA ALVARENGA, Auwdréia; Alvarenga Botelho, Soraya; Pereira, Israel Marinho **Avaliação da regeneração natural na recomposição de matas ciliares em nascentes na região Sul de Minas Gerais** CERNE, vol. 12, núm. 4, outubro-dezembro, 2006, pp. 360-372 Universidade Federal de Lavras Lavras, Brasil.

PEREIRA JUNIOR, C. et al. Desenho urbano e formação da cidade de Portalegre – RN: do breve percurso histórico à configuração espacial da cidade. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, 18., 2019, Natal. Anais [...] Natal: UFRN, 2019.

PEREIRA, L. S., CUNHA, L. S.; THEODORO, J. A. Um olhar sobre o Patrimônio Hidrológico do município de João Pessoa, Paraíba, Nordeste do Brasil. In: **2nd International Meeting of CEGOT**, 2016, Coimbra. Territórios da Água. Coimbra: CEGOT, 2016. p. 294-305.

**PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTALEGRE**. Decreto nº 002, de 02 de fevereiro de 2016. Cria Área de Relevante Interesse Ecológico – ARIE. Portalegre, RN, 2016.

RIBEIRO, C. M. O imaginário das águas e o aprendizado erótico do corpo. **Educar em Revista**, v. 25, n. 35, p. 107–121, 2009.

RODRIGUES, M. L. Importância do Patrimônio Hidrológico para o Geopatrimônio e para o Geoturismo. In: RAMOS-PEREIRA, A. et al. **Água e território um tributo a Catarina Ramos**. Lisboa: Centro de Estudos geográficos, p 269-278, 2019.

Sá, A. C. O.; Carvalho, M. E. S. Patrimônio Hidrológico do Alto Sertão Sergipano, Brasil. **Revista Homem, Espaço E Tempo**, v. 14, n. 1, 128–144, 2020.

SANTOS JUNIOR, R. J. dos; FISCHER, M. L. Reflexão sobre o uso sustentável dos recursos hídricos a partir de uma experiência com estudantes do ensino fundamental. **Caminhos de Diálogo**, v. 9, n. 15, p. 261–273, 2021.

SILVA, L. C. S. et. al. Importância das nascentes do Semiárido Alagoano no abastecimento das populações rurais difusas. **Revista de Geociências do Nordeste**, [S. l.], v. 2, p. 534–544, 2016.

SOUZA MELLO, R.; SILVA CARVALHO, M. E. Avaliação hidrológica da cachoeira do Roncador em Pirambu-SE: um enfoque em locais de interesse hidrológico (LIH). **Geographia Meridionalis**, v. 7, p. e0240004, 2024.

TERTO, M. L. O.; DINIZ, M. T. M.; ARAÚJO, I. G. D.; QUEIROZ, L. S. Method for evaluating the hydrological heritage of geodiversity: Case study in the Cerrado enclave–Rio Grande do Norte, Brazil. **Geomorphology**, v. 460, set. 2024.

VIEL, J. A. et al. Geotecnologias e aprendizagem espacial em ambiente educacional: o mapeamento de nascentes utilizando técnicas de geoprocessamento por meio de softwares livres. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. Paraná: INPE, 2013. p. 2650-2656.

## CAPÍTULO 3

### DINÂMICA HIDROGEOMORFOLÓGICA DOS LOCAIS DE INTERESSE HIDROLÓGICO DO COMPLEXO SERRANO MARTINS PORTALEGRE

*Andreza Tacyana Felix Carvalho*

*Filipe da Silva Peixoto*

*Bárbara Crislaine Gomes Jó*

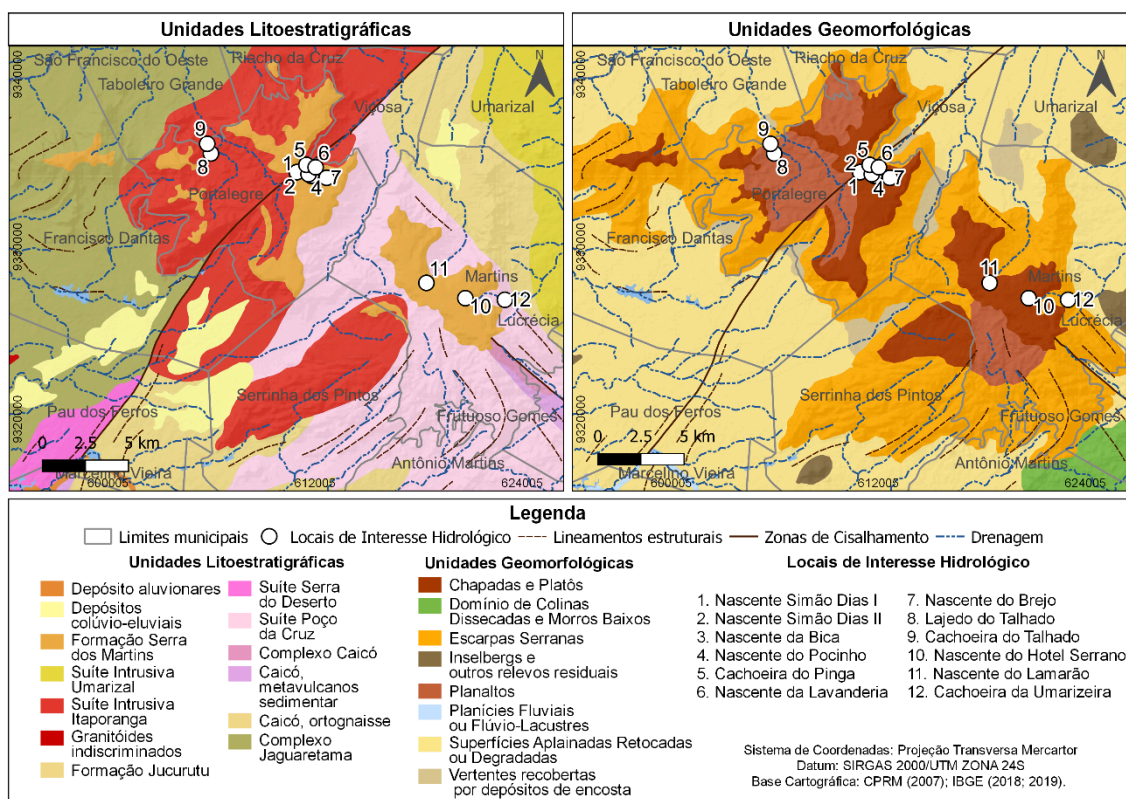
A relação entre a estrutura geológica e a formação geomorfológica é fundamental para a compreensão da dinâmica hidrológica dos Locais de Interesse Hidrológico (LIH). Desse modo, neste capítulo, busca-se apresentar a identificação e apresentação dos LIH do CSMP, analisando como os fatores geológicos e geomorfológicos influenciam na sua formação e distribuição espacial. Além disso, será abordada a tipologia das nascentes dos LIH e uma breve discussão sobre a relevância das cachoeiras presentes na área de estudo.

#### 3.1. Influência da geologia e geomorfologia na formação dos LIH

O Complexo Serrano Martins-Portalegre (CSMP) apresenta características naturais que favorecem a ocorrência de Locais de Interesse Hidrológico (LIHs), como nascentes e cachoeiras. Segundo Oliveira, Tavares e Corrêa (2018, p. 3), essa área se apresenta como um divisor de drenagem local entre as sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró. A drenagem é pouco densa nos platôs sedimentares, vindo a se adensar nas cimeiras cristalinas e encostas, além das áreas sedimentares. O padrão de sua rede de drenagem é dendrítico, com alguns trechos de canais retilíneos controlados pelas estruturas do Embasamento Cristalino.

Nesse sentido, observa-se que a distribuição desses LIHs varia entre os municípios do CSMP, exclusivamente encontrados nos municípios de Martins e Portalegre, como indicado anteriormente. A análise litológica da área revela que esses locais estão inseridos em diferentes contextos geológicos: oito localizam-se sobre a Formação Serra do Martins, três na Suíte Intrusiva Itaporanga e um na Suíte Poço da Cruz (Figura 44).

**Figura 44:** Mapas de localização dos LIH e da rede hidrográfica sobre as Unidades litoestratigráficas e Unidades geomorfológicas do Complexo Serrano Martins Portalegre/RN



Fonte: Elaborado por Queiroz, 2025.

De acordo com Marques (2016), a Formação Serra do Martins caracteriza-se por delineamentos de coberturas sedimentares residuais descontínuas, encontradas entre 455-900 m de altitude, com morfologias planares e tabulares e bordas erodidas por dissecação. Oliveira, Tavares e Corrêa (2018) citam que os arenitos conglomeráticos da Formação Serra do Martins recobrem os setores mais elevados das suítes Itaporanga e Poço da Cruz, além de uma porção elevada do Complexo Jaguaratama. Com idade mínima estimada entre o Oligoceno e o Mioceno (Morais Neto et al., 2008; Lima, 2008), esses arenitos se originaram a partir de um sistema de canais entrelaçados e meandantes (Menezes, 1999).

Desse modo, os aquíferos da Formação Serra do Martins são denominados de porosos, propiciando a infiltração e conservação quantitativa das águas subterrâneas que dão origem a nascentes. Conforme aponta Sobrinho (2024), essa formação é importante para manutenção do aquífero, ocorrendo nos poros e interstícios das formações geológicas de caráter sedimentar, ou nos planos de fraqueza estrutural das formações

geológicas de caráter ígneo ou metamórfico, representados por falhas, fendas, fraturas e fissuras. Desse modo, Oliveira, Tavares e Corrêa (2018) apontam que a Formação Serra dos Martins se apresenta em dois grandes núcleos, denominados como núcleo Martins e núcleo Portalegre.

O núcleo Portalegre está estruturado sobre a Suíte Itaporanga e está marcado pelo controle exercido pela Zona de Cisalhamento Portalegre, sendo composta por monzonito, quartzo-monzonito a granito, com intensa atividade de intemperismos físico e químico e baixa porosidade em sistema hidrogeológico fissural. Em relação ao núcleo de Martins, este é estruturado pela suíte intrusiva Poço da Cruz, e é formada por rochas compostas por minerais de quartzo, feldspato e a mica, apresentando boa resistência aos processos intempéricos (Oliveira, Tavares e Corrêa, 2018; Medeiros et al., 2023).

Diante disso, observa-se que, em Portalegre, a maioria dos seus LIH está localizada nas proximidades da zona de cisalhamento Portalegre, um fator determinante na origem e no direcionamento da rede hidrográfica local. Além disso, essas nascentes encontram-se próximas a Escarpa Serrana (Nascentes Simão Dias I, Simão Dias II e Nascente da Bica), ou em contato direto (Cachoeira do Pinga e a Nascente da Lavanderia) com a Suíte Itaporanga, evidenciando a influência geológica na dinâmica hídrica da região. Já em relação a configuração do núcleo Martins, os LIH Nascente do Lamarão e Nascente do Hotel Serrano são encontrados nas proximidades da borda da Formação Serra do Martins com a Suíte Poço da Cruz.

Os locais associados às Suítes Intrusivas Itaporanga, presentes exclusivamente no município de Portalegre (Cachoeira do Talhado e Lajedo do Talhado), apresentam predominantemente fluxo hídrico intermitente, enquanto a Cachoeira da Umarizeira, associada à Suíte Poço da Cruz, no município de Martins, possui fluxo perene. Todas as nascentes são na FSM ou no contato dela com o embasamento, isso se deve ao comportamento hidrológico dessa estrutura, e especificamente em Martins, da Suíte Intrusiva Itaporanga e suas características litológicas, que tendem a possuir menor capacidade de armazenamento e condução da água, influenciando diretamente a disponibilidade hídrica nessas áreas. Já a Cachoeira da Umarizeira, apesar de estar sob terreno cristalino, recebe fluxo direto da Nascente do Hotel Serrano, localizada na borda do Platô de Martins, fazendo, com isso, a manutenção de sua perenidade.

Quanto à configuração geomorfológica das nascentes, verifica-se através da Figura 8 que as nascentes de fluxo hídrico perene estão sobre as áreas do Platô Portalegre e do Platô Martins. O Lajedo do Talhado, caracterizado como uma corredeira, situa-se em uma área do Planalto. Adicionalmente, as Cachoeiras do Talhado e da Umarizeira, por sua vez, localizam-se em vales esculpidos nas transições entre Planalto e Escarpa Serrana, e Platô Martins e Escarpa Serrana, respectivamente, sendo ambas com suas quedas situadas em áreas de encosta sem cobertura coluvial.

Maia, Bétard e Bezerra (2016, p. 280) relatam que a exumação dos plútons graníticos (Itaporanga e Poço da Cruz) em zonas de deformação de direção NE-SW originou *trends* de lineamentos que confinam os canais de drenagem orientando a dissecação, e por vezes, a agradação fluvial. Isso resulta em sequências de cristas e vales que confinam os canais de escoamento, passando esses a serem indicadores dos planos de deformação.

No mais, Medeiros *et al.* (2023) descrevem que as rochas da Suíte Itaporanga geralmente são heterogranulares, com grãos grossos, muitas vezes destacando

fenocristais euédricos de ordem centimétrica de feldspatos, desenvolvendo textura porfírica, consistindo em minerais como máficos a biotita e/ou hornblenda. Essa suíte intrusiva ocupa grandes extensões, caracterizando corpos batolíticos ovalado a NW da área e alongando na área próxima ao município de Serrinha dos Pintos. Já os ortognaisses da Suíte Poço da Cruz são graníticos a granodioríticos, exibindo penetrativa foliação representada pelo estiramento de quartzo, fenocristais centimétricos de feldspato com textura *augen* e alinhamento das biotitas em decorrência, muitas vezes, da atuação da Zona de Cisalhamento Portalegre. Esses ortognaisses e os granitos porfíricos da Suíte Itaporanga são os principais substratos dos sedimentos da Formação Serra do Martins.

### 3.2. Tipologia das nascentes e classificação das cachoeiras do CSMP

As nascentes de cursos d'água são elementos geomorfológicos e hidrológicos com significativa heterogeneidade ambiental. Sua complexidade se materializa na grande diversidade de contextos morfológicos, pedológicos, geológicos e hidrológicos em que ocorrem (Fillipe e Magalhães Júnior, 2013, p. 71). Segundo Fillipe e Magalhães Júnior (2014, p. 107), as nascentes são o resultado de uma combinação de fatores dentro da episteme sistêmica e sua materialidade registra características diversas que guardam relações íntimas com os processos atuantes. Por isso, compreender os aspectos geomorfológicos e fisiográficos *lato senso* é fundamental.

Conforme pode ser verificado em uma avaliação prévia das características de cada tipo de nascente, segundo a metodologia de características de cada tipo de nascente elaborada por Felli (2009) (Quadro 3), a maioria das nascentes indicadas como LIH possui um tipo de exfiltração dinâmica, ocorrendo predominantemente em área com afloramentos rochosos, apresentando fluxo pontual e contato estratigráfico, o que indica a influência da estrutura geológica e da unidade geomorfológica na disponibilidade hídrica, como retratado no tópico anterior.

Verifica-se a partir do Quadro 3 que as nascentes Simão Dias I e II da Lavanderia, do Brejo e do Hotel Serrano, apresentam vazão fixa e são perenes, com aumento da descarga no período chuvoso. As nascentes do tipo dinâmicas apresentam fluxo contínuo e são alimentadas por aquíferos que garantem a perenidade da vazão.

Já a Nascente do Pocinho se diferencia por possuir exfiltração difusa em uma concavidade, com fluxo móvel e ausência de afloramento rochoso. Esse tipo de nascente possui variações sazonais menos previsíveis, podendo apresentar estabilidade relativa da vazão, mas sem um fluxo totalmente fixo. O fato de a mobilidade ser classificada como móvel indica que a exfiltração pode ocorrer em diferentes pontos do substrato ao longo do tempo, dependendo das condições hidrogeológicas.

De modo geral, a presença de contato estratigráfico em grande parte das nascentes sugere que os fluxos hídricos são controlados pela estrutura geológica, como camadas impermeáveis que direcionam a água para pontos de exfiltração. Não obstante, é importante ressaltar que a identificação precisa de nascentes exige uma análise mais detalhada do comportamento hídrico ao longo das estações, sendo necessário o monitoramento tanto do ponto de exfiltração, como também a descrição e dinâmica de recarga do aquífero que as alimenta.

**Quadro 5-** Características de cada tipo de nascente de LIH do CSMP

Nascente de LIH	Tipo	Morfologia do local de exfiltração	Tipo de exfiltração	Ocorrência de contato estratigráfico do embasamento com Formação Serra do Martins	Razão de vazão	Mobilidade	Afloramento rochoso	Sazonalidade do fluxo hídrico
Nascente do Simão Dias I	Dinâmica	Afloramento	Pontual	Com contato	Aumenta a vazão no inverno	Fixa	Na nascente	Perene
Nascente do Simão Dias II	Dinâmica	Afloramento	Pontual	Com contato	Aumenta a vazão no inverno	Fixa	Na nascente	Perene
Nascente da Bica	Dinâmica	Afloramento	Pontual	Com contato	Aumenta a vazão no inverno	Fixa	Não visível	Perene
Nascente do Pocinho	Flutuante	Concavidade	Difusa	Com contato	Estável	Móvel	Ausente	Perene
Nascente da Lavanderia	Dinâmica	Afloramento	Pontual	Com contato	Aumenta a vazão no inverno	Fixa	Na nascente	Perene
Nascente do Brejo	Dinâmica	Afloramento	Pontual	Com contato	Aumenta a vazão no inverno	Fixa	Na nascente	Perene
Nascente do Hotel Serrano	Dinâmica	Afloramento	Pontual	Com contato	Aumenta a vazão no inverno	Fixa	Na nascente	Perene
Nascente do Lamarão	Dinâmica	Duto	Pontual	Com contato	Aumenta a vazão no inverno	Fixa	Na nascente	Perene

Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado de Fellipe (2009).

Considerando também o contexto da diversidade geoambiental das cachoeiras, a relevância dessas quedas d'água como subsídio à conservação do patrimônio natural foi avaliada utilizando o protocolo de Classificação de Relevância de Quedas d'Água, desenvolvido por Oliveira, Salgado e Lopes (2017). Essa abordagem permitiu hierarquizar as quedas d'água conforme sua importância ambiental e social, que podem inclusive, auxiliar na formulação de estratégias de preservação e manejo. Para fins de esclarecimento, destaca-se que essa metodologia utiliza a análise multicritério de auxílio à decisão, classificando as quedas d'água por relevância em quatro categorias, com base em pontuação total obtida por meio de ponderação: extrema, alta, média e baixa.

Desse modo, admitindo os critérios ambientais, visuais, de balneabilidade e aspectos socioculturais, as cachoeiras de LIH do CSMP (Cachoeira do Pinga, Cachoeira do Talhado e Cachoeira da Umarizeira) foram classificadas como mostra o Quadro 6.

Os resultados indicam que todas as cachoeiras foram classificadas com relevância extrema, ressaltando sua importância para o turismo e a conservação ambiental. No entanto, algumas diferenças foram observadas entre elas. A Cachoeira do Pinga obteve a maior pontuação total (87 pontos), destacando-se pelo alto fluxo de água, boas condições de balneabilidade e maior profundidade do poço, o que contribuiu para sua atratividade. Contudo, é importante ressaltar que não foi realizado monitoramento da qualidade da água para condições de balneabilidade.

Não obstante, outras pesquisas apontaram que há uma gradual perda de qualidade da água das nascentes até a cachoeira do Pinga. Medeiros *et al.* (2016) realizaram monitoramento da qualidade da água e constataram valores de 167 e 95 NMP/100 ml de coliformes fecais no período chuvoso e seco, respectivamente. Como não há dados de coliformes relacionados às demais cachoeiras, não foi possível estabelecer a quantificação em termos comparativos entre elas.

Em relação à Cachoeira da Umarizeira, esta contabilizou 84 pontos, sendo valorizada especialmente pela beleza cênica e pela preservação da vegetação do entorno. Entretanto, teve pontuação ligeiramente inferior nos critérios de balneabilidade e dimensões do poço. Já a Cachoeira do Talhado, com 76 pontos, teve o menor desempenho na avaliação, principalmente devido à maior turbidez da água e menores dimensões do poço, fatores que podem comprometer sua atratividade para banho e atividades recreativas.

**Quadro 6 - Classificação de relevância das cachoeiras de LIH do CSMP**

Aspectos	Critério		Cachoeira do Pinga		Cachoeira do Talhado		Cachoeira da Umarizeira	
	Tipo	Peso	Pontos	Pontuação	Pontos	Pontuação	Pontos	Pontuação
Visual	Altura da queda	5	3	15	3	15	3	15
	Beleza cênica	5	2	10	3	15	3	15
	Preservação da vegetação do entorno	4	2	8	3	12	3	12
	Fluxo	4	3	12	2	8	2	8
Balneabilidade	Condições de balneabilidade E.coli (NMP/100mL)	4	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	Claridade visual (turbidez (NTU))	4	3	12	1	4	2	8
Sócio-culturais, Científico e Educativo	Importância histórico-cultural, religiosa e científica	4	3	12	2	8	3	12
Dimensões do poço	Área do poço e Profundidade	4	3	12	2	8	2	8
Entorno do poço	Praia Fluvial (areia, cascalho ou seixo)	3	2	6	2	6	2	6
<b>Pontuação total</b>			-----	<b>87</b>	-----	<b>76</b>	-----	<b>84</b>
<b>Classe de relevância</b>			<b>Extrema</b>		<b>Extrema</b>		<b>Extrema</b>	

Fonte: Elaborado pelos autores a partir da metodologia de Oliveira, Salgado e Lopes (2017).

Entretanto, é importante frisar que todas as cachoeiras apresentam alto valor cênico e paisagístico, resultado inclusive, da preservação da vegetação do entorno, que contribui bastante para a conservação ambiental da área. A cachoeira do Pinga se mostra como a mais susceptível ao risco de poluição por conta da má preservação, uso inadequado de suas nascentes e gradual perda de qualidade de montante para jusante. No entanto, é a cachoeira mais acessível e com mais estrutura para receber turistas. Assim, esses elementos tornam-se atrativos para o Geoturismo e atividades recreativas.

## REFERÊNCIAS

- NEVES, B. B. América do Sul: quatro fusões, quatro fissões e o processo acrescionário Andino. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 379-392, set. 1999.
- JÓ, B. C. g.; CARVALHO, A. T. F.; HENRIQUES, D. da S.; MEDEIROS, J. F. de. Patrimônio hidrológico em ambientes serranos: qualiquantificação de potenciais hidrossítios do município de Portalegre – RN. **Geoambiente On-line**, Goiânia, n. 47, 2023.
- FELIPPE, M. F. **Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2009.
- FELLIPE, M. F.; MAGALHÃES JÚNIOR., A. P. Conflitos conceituais sobre nascentes de cursos d'água e propostas de especialistas. **Geografias**, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p. 71, 2013.
- FELLIPE, M. F.; MAGALHÃES JÚNIOR., A. P. Desenvolvimento de uma tipologia hidrogeomorfológica da nascentes baseada em estatística nebulosa multivariada. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 15, p. 393-409, 2014.
- MEÇTRAK, M.; CHACHULSKI, L.; PAWLIKOWSKI, P.; ROJAN, E.; SULWIŃSKI, M.; SUSKA-MALAWSKA, M. Potential role of high-altitude wetlands in preservation of plant biodiversity under changing climatic conditions in the arid Eastern Pamir. **Catena**, v. 220, p. 106704, 2023.
- O'NEILL, A. R. Evaluating high-altitude Ramsar wetlands in the Eastern Himalayas. **Global Ecology and Conservation**, v. 20, p. e00715, 2019.
- DAVIS, J. A.; KEREZSY, A.; NICOL, S. C. Springs: Conserving perennial water is critical in arid landscapes. **Biological Conservation**, v. 211, 2017.
- OLIVEIRA, G. P. de; TAVARES, B. A. C; CORRÊA, A. C. B. Compartimentação geomorfológica do Maciço de Martins-Portalegre - NE do Brasil. **Revista Contexto Geográfico**, Maceió, v. 3, n. 6, p. 1-11, dez. 2018.
- LIMA, M. G. **A história do intemperismo na Província Borborema Oriental, Nordeste do Brasil: implicações tectônicas e paleoclimáticas**. 2008. 594 f. Tese (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Natal, 2008.
- MORAIS NETO, J. M; GREEN, P. F. GARNER, G. D. ALCKMIM, F. F. Age of the Serra do Martins Formation, Borborema Plateau, northeastern Brazil: constraints from apatite and zircon fission track analysis. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 23-52, 2008.
- MEDEIROS, S. R. M.; CARVALHO, R. G.; SOUZA, L.; BARBOSA, A. H. S. Índice de qualidade das águas e balneabilidade no Riacho da Bica, Portalegre, RN, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 3, p. 711–730, jul. 2016.
- MENEZES, M. R. F. **Estudos sedimentológicos e contexto estrutural da Formação Serra dos Martins, nos platôs de Portalegre, Martins e Santana/RN**. 1999. 174 f.

Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 1999.

MAIA, R. P.; BÉTARD, F.; BEZERRA, F. H. R. Geomorfologia dos maciços de Portalegre e Martins – NE do Brasil: inversão do relevo em análise. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n. 2, p. 273-285, 2016.

OLIVEIRA, C. K. R. de; SALGADO, A. A. R.; LOPES, F. W. A. Proposta de classificação de relevância de quedas d'água como subsídio à conservação do patrimônio natural. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 3, 2017.

## CAPÍTULO 4

### QUALIDADE DAS ÁGUAS E IMPACTOS AMBIENTAIS NOS LOCAIS DE INTERESSE HIDROLÓGICO DO COMPLEXO SERRANO MARTINS PORTALEGRE

*Filipe da Silva Peixoto*

*Andreza Tacyana Felix Carvalho*

A água é uma substância de comportamento muito incomum na terra, além de relativamente abundante no universo, está claramente associada ao surgimento da vida, devido a sua condição característica de processos físico-químicos condicionados pela sua polaridade e ligação “fraca” de pontes de hidrogênio. Na interação com demais materiais, a água é substância comum nos processos ecológicos e interação química dos processos naturais intrínsecos e cumulativamente em evolução, determinando a condição estrutural da natureza (Suguio, 2006).

Nesses processos, a interação da água com a diversidade mineralógica e a estrutura e disposição estratigráficas e o grau de cimentação das rochas podem explicar a diversidade e classes químicas da água, com base na avaliação dos íons maiores  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_2^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ . O reconhecimento da classe química da água é importante na avaliação da qualidade da água para indicação de compatibilidade de usos, principalmente o potencial quando estes usos estão relacionados mais exigentes (Gomes e Cavalcante, 2015). Por exemplo, com relação ao uso doméstico e à conservação de corpos hídricos superficiais, cujas concentrações devem estar de acordo com a Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde – MS e à Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama nº 357/2005. E com isso, apontar contaminação e/ou poluição, bem como os parâmetros que estão excedendo o Valor Máximo Permitido – VMP relacionando seu excesso com as possíveis fontes que determinam a concentração excessiva de determinado contaminante e poluente.

Também, a definição de características hidroquímicas principais permite identificar parâmetros anômalos, inferindo origem antropogênica. Os parâmetros Dur. Tot.,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ (mg/L);  $\text{Cl}^-$ (mg/L);  $\text{Br}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ;  $\text{NO}_3^-$  estão relacionados a problemas de saúde, quando a água é consumida para dessedentação. A Turbidez e o  $\text{Fe}^{2+}$  são organolépticos, ou seja, seus limites definidos pela normativa são para manter a aparência satisfatória da água, bem como gosto e cheiro.

Além do uso da água, o próprio equilíbrio do corpo hídrico tem crucial importância para os ecossistemas aquáticos. A definição de classes de corpos hídricos para atendimento dos usos compatíveis é uma ferramenta fundamental para a Política Nacional dos Recursos Hídricos - Lei nº 9.433/1997 e foi operacionalizada pela Resolução Conama nº 357/2005, dentre outras publicadas posteriormente. Para a área de estudo, foram considerados VMPs definidos para classe 2. Pois nas nascentes estudadas, não há classificação oficial dos corpos hídricos, assim por definição à lei. Nesta situação, os corpos hídricos devem ser considerados de classe 2. Art. 42, Conama nº

357/2005, uma vez que, enquanto não forem classificadas, as águas doces, salobras e salinas serão consideradas, para os efeitos desta Resolução, como pertencentes à Classe 2.

Nesse sentido, apresenta-se a avaliação da qualidade de água dos 12 Locais de Interesse Hidrológico (LIHs) do Complexo Serrano Martins Portalegre (CSMP). Para isso, foram realizadas análises de 25 parâmetros, dentre os quais, aqueles relacionados aos íons maiores e os relativos a indicadores de poluição e contaminação. Nesse contexto, o estudo de Cunha *et al.* (2013) serve como respaldo, pois, ao realizar o monitoramento de águas superficiais no estado de São Paulo para avaliar o impacto do lançamento de esgoto doméstico não tratado, identificou os principais parâmetros relacionados a essa fonte, como fósforo total, oxigênio dissolvido, nitrato, turbidez e demanda bioquímica de oxigênio.

No mais, destaca-se que as coletas de água foram realizadas nos dias 31/05/2024 e 01/06/2024, logo após a ocorrência do período chuvoso da região, havendo a permanência de fluxo hídrico em todos os LIHs, incluindo os intermitentes.

#### 4.1. Qualidade da água e aspectos físicos, químico e microbiológicos, e sua relação características geológicas e geomorfológicas

Para definir as condições de poluição e contaminação das águas dos LIHs, foram comparadas às legislações supracitadas (Tabela 1). Dos 25 parâmetros analisados, 14 são definidos pelas portarias supracitadas por meio de definição de valores máximos permitidos – VMP. Após a obtenção dos dados das análises, foi realizado o tabelamento, interpretação e cruzamento das informações por meio de estatística descritiva, utilizando o *software* Excel. A classificação das águas com base nos íons e cátions foi realizada por meio do *software Qualigraf* versão 1.1.

**Tabela 1** – Estatísticas e comportamento dos parâmetros analisados

Ponto/ Parâmetro	Média	Mediana	Des.P	Min	Max	Variância	Portaria 888/2023 MS, mg/L (VMP)	CONAMA 357/2005 – (VMP) Classe II
Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	39,64	37,25	20,36	11,46	74,51	380,28		
Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	14,33	13,90	7,45	3,48	27,80	50,89		
Dur. Tot., mg/L	158,02	157,45	50,63	93,03	257,60	2350,53	300,00	
Na <sup>+</sup> , mg/L	47,47	50,50	17,69	9,30	55,20	286,90	200,00	
K <sup>+</sup> , mg/L	15,68	11,95	10,78	2,10	32,30	106,66		
Fe <sup>2+</sup> (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0	0,02	0,00	0,30	0,30
	0	0	0					
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	29,58	5,00	45,35	0	130,00	1885,24		
Alc. Tot., mg/L	38,75	17,50	50,50	0	150,00	2338,02		
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	6,20	4,04	7,72	0	23,50	54,65	250,00	250,00
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	0,10	0,06	0,11	0,62	0,48	0,01		0,030* - 0,1**
Cl(mg/L)	57,75	62,48	21,70	21,96	80,65	431,91	250,00	250,00
Br-, mg/L							0,1	
F-, mg/L	0,13	0,12	0,08	0,04	0,32	0,00	1,50	
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	0,66	0,65	0,12	0,49	0,87	0,01	10,00	10,00
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)							1,00	1,00

(N-NH <sub>3</sub> ), mg/L	0,07	0,07	0,03	0	0,13	0,00		
Amônio (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ), mg/L	0,07	0,06	0,03	0	0,13	0,00		
Nitrogênio amoniacal total	0,5603	0,6375	0,8466	0,677	0,7561	0,9918	0,7222	3,7mg/L N, para pH £ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH £ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH £ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5
CE, mS/cm	404,04	413,00	136,34	90,50	553,00	17041,85		
pH	5,91	6,17	1,52	4,01	7,87	2,11	6 – 9	6 – 9
STD, mg/L	258,57	264,00	87,24	57,90	362,00	6977,58	500,00	500
Turd., NTU	13,58	3,20	29,83	0,7	107,00	816,01	5,00	100
Salin., mg/L	227,26	206,50	98,94	45,20	362,00	8973,78		
Clorof. A, µg/L	0	0	0			0		10 µg/L
OD, mg/L	4,34	5,09	1,67	0,80	6,06	2,56		5,00

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Diante dos resultados, observa-se que os parâmetros carbonato (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), nitrogênio amoniacal total (N-NH<sub>3</sub><sup>-</sup>), amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e amônia molecular (N-NH<sub>3</sub>) ficaram abaixo do limite de detecção em todas as amostras, por isso, foram descartados do universo amostral. Dessa forma, restaram 20 parâmetros para serem trabalhados: Cálcio (Ca<sup>2+</sup>), Magnésio (Mg<sup>2+</sup>), Sódio (Na<sup>+</sup>), Potássio (K<sup>+</sup>), Ferro (Fe<sup>2+</sup>), Bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), Sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), Fosfato (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), Cloreto (Cl<sup>-</sup>), Brometo (Br<sup>-</sup>), Fluoreto (F<sup>-</sup>), Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), Nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), alcalinidade total (Alc), Dureza total, Condutividade elétrica (CE), potencial hidrogeniônico (pH), sólidos totais dissolvidos (STD), salinidade e turbidez. E, para a exposição dos resultados de cada LIH, optou-se pelo uso do diagrama de Duvov. Este tipo de diagrama sintetiza dados dos parâmetros principais, propiciando a geração da informação e identificação das relações entre eles.

A partir dos resultados, verifica-se a baixa mineralização das amostras relacionadas à presença de rochas sedimentares da região, e principalmente, ao fato das coletas terem sido realizadas em nascentes ou em rios de classe 1 ou 2, conforme a classificação de Strahler e Strahler (2005). Esse padrão é refletido nos valores dos sólidos totais dissolvidos (STD), permanecendo abaixo de 362,00 mg/L, sendo o ponto 4, a Nascente do Pocinho, a de maior concentração.

A variação do pH se mostrou relativamente significativa (variância de 2, 11), sendo apresentada como ácida, com pH abaixo de 6 em metade das amostras. Os pontos com água considerada ácida, 1 a 5 demonstraram, bem como o ponto 7 (Nascente do Brejo), estão todos associados geneticamente à Formação Serra do Martins, cujas fontes afloram a partir desta formação no setor escarpado do Platôs do município de Portalegre, com exceção do ponto 5 (Cachoeira do Pinga), mas que recebe águas das nascentes representadas pelos pontos 1, 2, 3 e 4 (Nascentes Simão Dias I, Simão Dias II, da Bica e do Pocinho, respectivamente), conforme representado na Tabela 2.

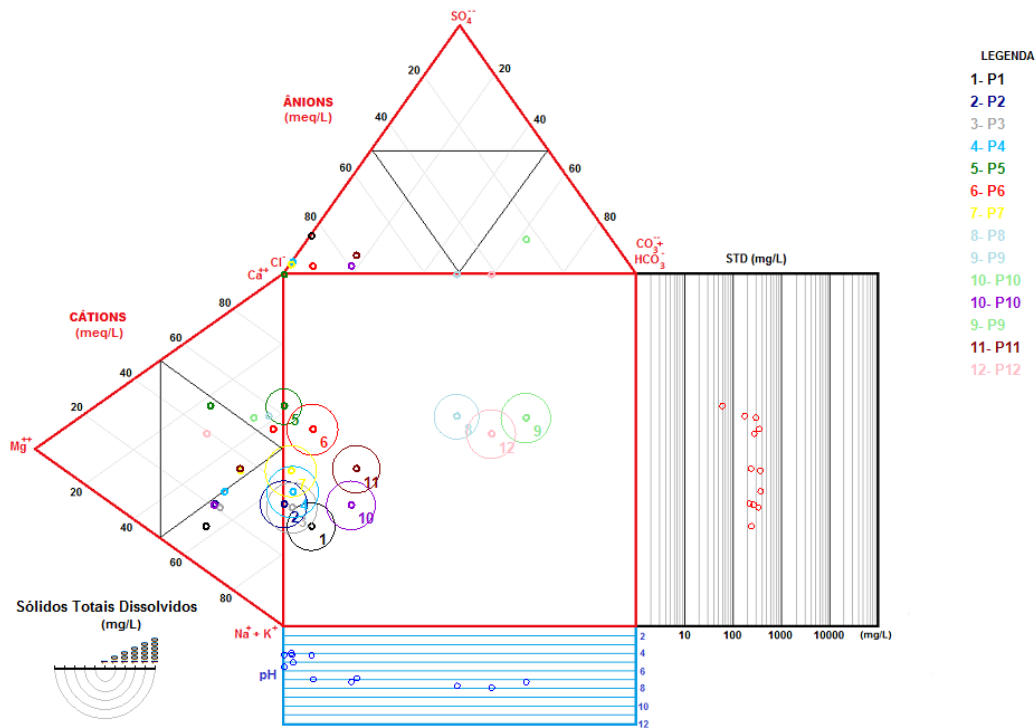
**Tabela 2 – Resultados analíticos para os LIH investigados**

Parâmetro	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
Ca, mg/L	11.46	17.19	22.92	34.39	22.92	68.77	45.85	51.58	74.51	28.66	40.12	57.31
Mg, mg/L	17.38	13.9	17.38	19.12	8.69	3.48	13.9	3.48	10.43	24.33	12.16	27.8
Dur. Tot., mg/L	100.2	100.2	128.8	164.6	93.03	186.1	171.7	143.1	229	171.7	150.3	257.6
Na, mg/L	53.7	47.3	61.2	72.8	9.3	55.2	54.7	26.3	36.7	67.3	42.8	42.4
K, mg/L	7.6	2.1	10.9	3.4	5.4	10.3	26	21.4	32.3	27.3	28.5	13
Fe, mg/L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.022	0.0001	0.0001
CO3 <sup>2-</sup> , mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HCO3 <sup>-</sup> , mg/L	0	0	0	0	0	10	0	50	130	30	25	110
Alc. Tot., mg/L	0	0	0	10	20	15	0	60	150	45	40	125
SO4 <sup>2-</sup> , mg/L	19.52	0.0001	3.83	5.73	0.0001	4.05	4.03	0.0001	23.5	4.73	9.05	0.0001
PO4 <sup>3-</sup> , mg/L	0.0864	0.0631	0.0644	0.0625	0.0635	0.0641	0.0658	0.0702	0.0684	0.4811	0.0837	0.1391
Cl <sup>-</sup> , mg/L	77.86	52.76	59.36	79.81	21.96	80.65	71.26	30.11	29.52	79.63	65.6	44.51
Br <sup>-</sup> , mg/L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
F <sup>-</sup> , mg/L	0.1	0.13	0.11	0.05	0.04	0.11	0.1	0.26	0.13	0.18	0.13	0.32
NO3 <sup>-</sup> , mg/L	0.56	0.49	0.72	0.56	0.5	0.87	0.65	0.65	0.65	0.72	0.84	0.71
NO2 <sup>-</sup> , mg/L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Amônia(N-NH3), mg/L	0.0001	0.0758	0.0651	0.0601	0.132	0.0626	0.0371	0.105	0.0815	0.147	0.0931	0.0609
Amônio (N-NH4 <sup>+</sup> ), mg/L	0.0001	0.0716	0.0614	0.0568	0.124	0.0591	0.035	0.0972	0.0762	0.138	0.0879	0.0568
Nitrogênio total	0.5603	0.6375	0.8466	0.677	0.7561	0.9918	0.7222	0.8523	0.8078	1.0051	1.0211	0.8278
CE, mS/cm	365	334	509	566	90.5	531	553	264	452	410	358	416
pH	4.24	4.22	4.18	5.02	5.53	6.93	4.01	7.67	7.22	7.23	6.81	7.87
STD, mg/L	234	214	326	362	57.9	340	354	169	289	262	229	266
Turb., NTU	1	0.81	0.7	2.1	12.7	2.5	0.7	3.9	5.9	107	11.7	14
Clorof. A, mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Salin., mg/L	183	167	326	362	45.2	340	354	132	226	205	179	208
OD, mg/L	5.14	5.05	3.94	2.08	0.8	6.06	2.99	5.17	3.75	5.78	5.35	6.06

As águas com acidez menor que 6 representam 50% das amostras, apresentando-se em desacordo com os limites mínimos para uso doméstico e para classe II, conforme as normativas supracitadas. Segundo Hem (1959), apesar do pH não afetar diretamente o organismo humano, pode prejudicar sistemas de adução, provocando dissolução de materiais, incorporando impurezas na água, ou no caso do pH básico, a substância pode promover precipitação química, principalmente de silicatos e carbonatos.

Em geral, as águas que demonstram tendência neutra à básica (Pontos 6, 8, 9, 10, 11, 12) encontram-se no município de Martins, ou não estão associadas diretamente à Formação Serra do Martins. Sobre as amostras dos Pontos 8, 2 e 9 (Lajedo do Talhado, Simão Dias II e Cachoeira do Talhado), destaca-se que estas estão deslocadas perante as demais, pois foram as únicas que apresentaram concentrações significativas de bicarbonato, o que é explicado pelos valores de alcalinidade e de tendência neutra à básica do pH (Figura 45).

**Figura 45:** Características hidroquímicas no Diagrama de Durov



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

A classificação química da água é um importante parâmetro que pode ser correlacionado com a composição mineralógicas das rochas por onde a água circulou (Gomes, Anjos e Daltro, 2020). Identifica-se o predomínio de águas sódicas cloretadas em quatro amostras (P1, P2, P3 e P10), e mista cloretada em outras quatro amostras (P4, P5, P7, P11). Essas amostras, nas 2 classes mencionadas, associadas à Formação Serra do Martins, são nascentes que afloram os cursos de água cuja contribuição predominante vem de fontes dessa Unidade Geológica.

Como exceção, a classe Cálcica cloretada da amostra da Nascente da Lavanderia (P6) corresponde a essa mesma Formação, enquanto a amostra do Lajedo do Talhado

(P8) se situa na Suíte Intrusiva Itaporanga, ou seja, em rochas graníticas com composições distintas da Formação Serra do Martins. Além disso, entende-se que o Lajedo do Talhado, por não ser uma nascente sazonal erosiva, deve incorporar minerais por meio do contato com as rochas da Suíte Intrusiva, equilibrando o pH para tendência neutra.

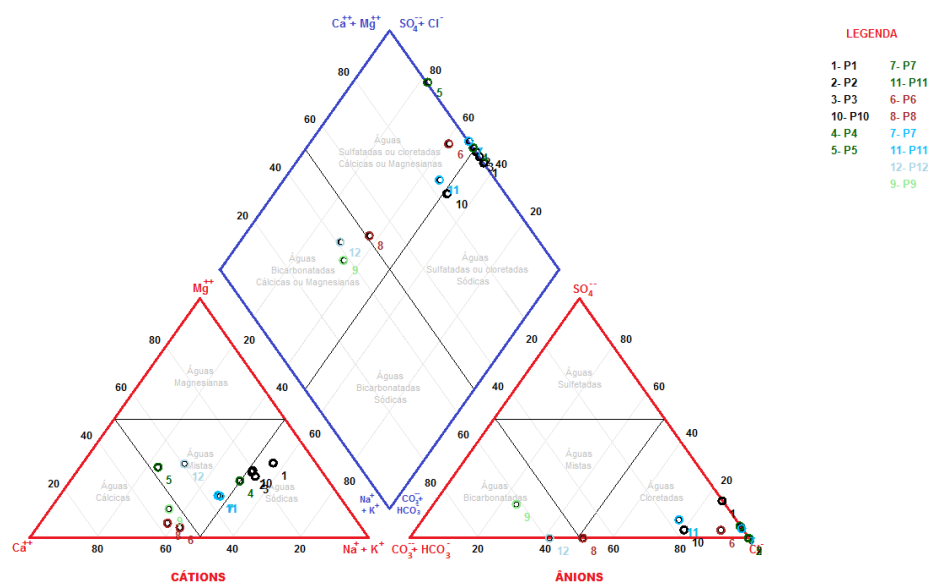
As amostras coletadas na Cachoeira do Talhado (P9), classificadas como Cálcida Bicarbonatada, e na Cachoeira da Umarizeira (P12), classificadas como Mista Bicarbonatada, apresentaram a alcalinidade mais elevada, indicando uma maior capacidade de neutralização de ácidos e bases e, conseqüentemente, uma tendência ao equilíbrio do pH. Essas amostras também demonstraram maior dureza total, com valores de 229 e 257,6 mg/L, respectivamente, classificadas como águas muito duras. As demais amostras foram classificadas como águas duras (75%) e pouco duras (uma amostra), de acordo com a classificação de Custódio e Llamas (1983) (Tabela 3 e Figura 46). A dureza é um fator limitante para a utilização doméstica da água. A dureza total reduz a produção de espuma, aumentando o consumo de sabão. Em concentrações elevadas, provoca um sabor desagradável e pode ter efeitos laxativos (Santos, 2008).

**Tabela 3 – Classificação da dureza da água**

Dureza	Concentração de CaCO <sup>3</sup> mg/L
Branda	Até 50
Pouco dura	Entre 50 e 100
Dura	Entre 100 e 200
Muito dura	Acima de 200

Fonte Custódio e Llamas (1983)

**Figura 46: Classificação química da água de acordo com Diagrama de Piper**

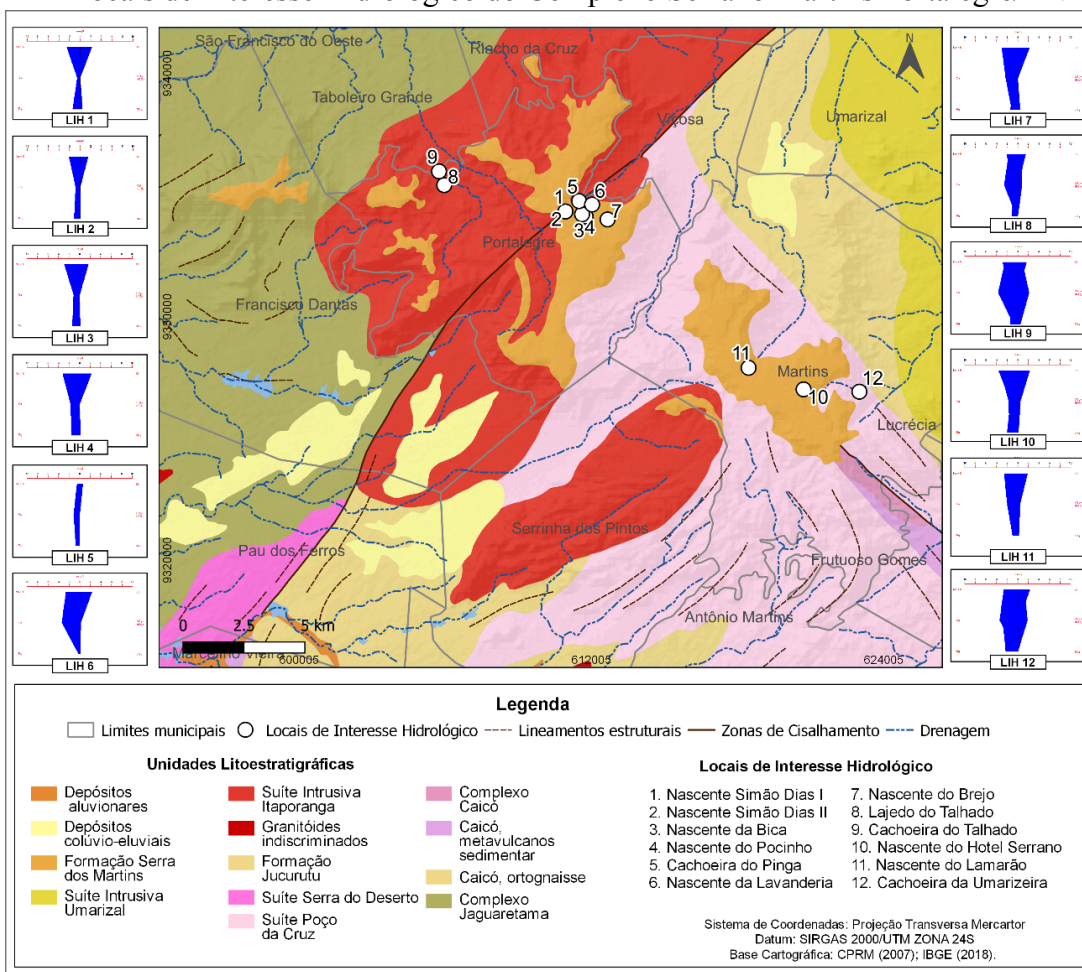


Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

A relação entre a composição química das águas analisadas e a geologia, em seus aspectos estruturais, litológicos e estratigráficos aponta não só a variabilidade dos íons principais, mas também a própria localização das nascentes e demais hidrossítios. A localização das nascentes possui uma forte relação com a zona de cisalhamento alinhada no sentido SW NE, assim não por acaso há um agrupamento de sete LIH, sendo nascentes e cachoeiras próximas a esta zona (Figura 47).

As evidências de reativação de estruturas na bacia potiguar, onde foram identificadas perturbação de sedimentos Cenozóicos, desde o período Paleoceno até o Neogeno, por eventos relacionados à reativação de grandes estruturas geológicas antigas como o Sistema de Falhas Carnaubais e Afonso Bezerra (CREMONINI; KRANER, 1995). Tais eventos de reativação podem ter influência na estrutura na Formação Serra do Martins, já que influências de sinais de reativação puderam ser identificadas na Formação Barreiras, de idade homóloga em áreas do litoral setentrional potiguar. Contudo, como o capeamento sedimentar é de espessura reduzida, mesmo não sofrendo processos de falhamento, provavelmente estão associados e condicionados geometricamente em seu limite inferior pelas estruturas na suíte intrusiva Itaporanga.

**Figura 47** – Mapa com a relação entre caracterização hidroquímica e geologia dos Locais de Interesse Hidrológico do Complexo Serrano Martins Portalegre/RN

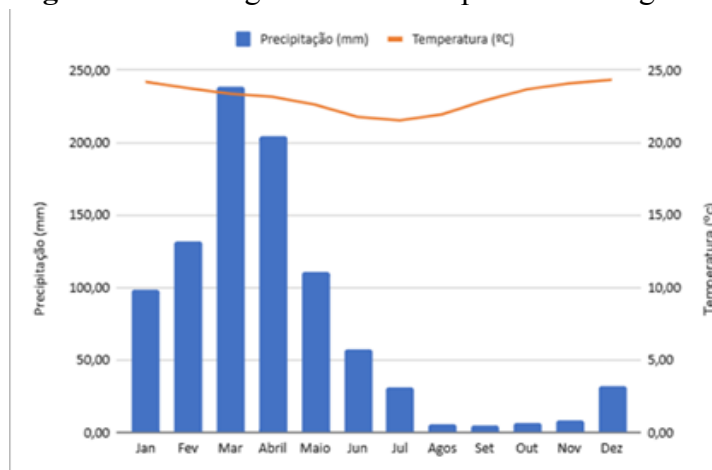


Fonte: Elaborado por Queiroz, 2025.

A condição estratigráfica configurada pela Formação Serra do Martins sobreposta às suítes intrusivas Itaporanga e Poço da Cruz é crucial para reconhecer o comportamento hidrográfico da concorrência das nascentes perenes, sendo a formação Serra do Martins comportando-se como aquífero para armazenar e transferir de forma gradual a água pluvial que infiltra durante os meses chuvosos. Enquanto as suítes intrusivas sotopostas possuem condicionamento hidrodinâmico próximo a aquífugo, devido à composição maciça dos granitos e granodioritos, sendo a suíte poço da cruz mais impactada por eventos metamórficos que, provavelmente, compactou mais a sua litologia, diminuindo a permeabilidade das rochas em comparação à suíte Itaporanga.

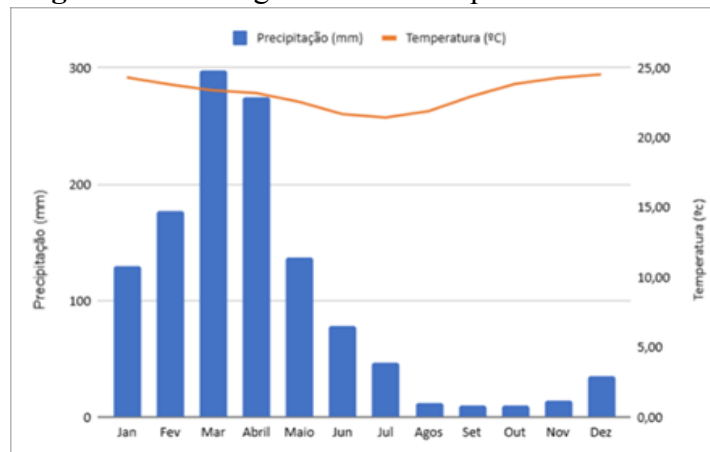
Ademais, mesmo com as condições hidroclimáticas mais favoráveis em termos de temperatura e precipitação, a declividade no terreno impede a formação de regolitos espessos, capazes de armazenar a água, tendo somente a porosidade secundária capaz de produzir fendas e fissuras nas quais águas podem circular efetivamente. Tal condicionamento estrutural é provavelmente a causa da maior ocorrência de nascentes no município de Portalegre, mesmo este tendo em média precipitações inferiores ao município de Martins, onde foram identificados 3 hidrossítios (Figuras 48 e 49).

**Figura 48:** Climograma do município de Portalegre/RN



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025

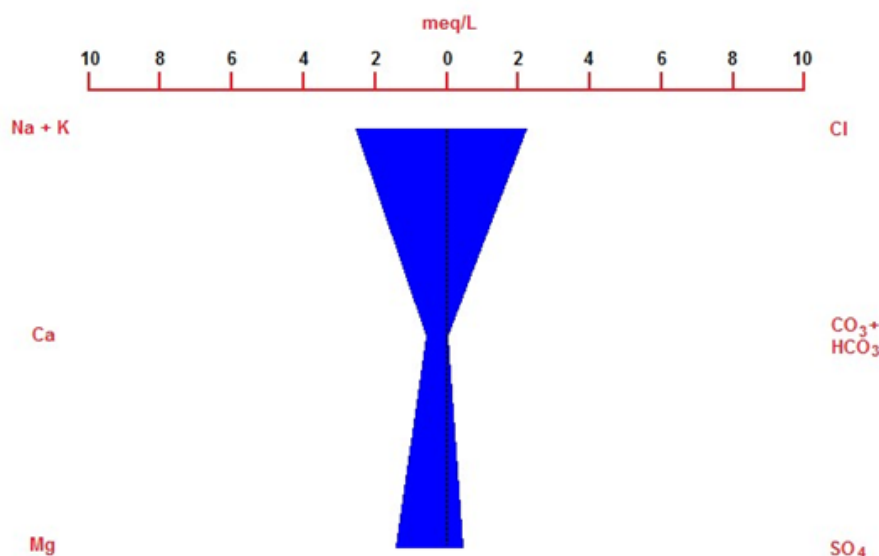
**Figura 49:** Climograma do município de Martins/RN



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Os diagramas de Stiff permitem correlacionar as proporções dos íons maiores na água com a forma do diagrama (Figura 50). A concentração expressa em miliequivalente identifica a proporção entre os cátions sódio potássio e o ânion com afinidade elétrica, no caso o cloreto, na primeira linha. A mesma lógica se segue entre o cálcio e bicarbonato e entre magnésio e sulfato, nas segunda e terceira linhas do diagrama, respectivamente.

**Figura 50:** Diagrama de Stiff do ponto 1 (Nascente Simão Dias I)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Retomando o mapa da Figura 4, é possível identificar que os pontos 1, 2, 3 e 4 (Nascente Simão Dias I, Nascente Simão Dias II, Nascente da Bica e Nascente do Pocinho, respectivamente) possuem similaridade hidroquímica, com predominância de íons de cloreto e sódio, caracterizando águas classificadas como cloretadas sódica. Há clara correlação dessa classe com as águas provenientes da Formação Serra do Martins.

O ponto 5, Cachoeira do Pinga, apesar de localizar-se à jusante dos pontos 3 e 4, não possui uma similaridade significativa em termos de composição hidroquímica. É importante ponderar que essas águas foram bem menos mineralizadas com predominância de cálcio e cloretos, o que pode ter sido resultado de reequilíbrio químico pelo contato com rochas da suíte Itaporanga, ou pela confluência de fluxos intermitentes que escorrem até a referida cachoeira.

O ponto 6, Nascente da Lavanderia, possui concentrações de sódio e cloreto similares às nascentes da Formação Serra do Martins, o que significa que provavelmente a nascente possui a mesma origem. Contudo, como o ponto de coleta foi a jusante da própria nascente, por motivo de falta de acesso, o contato com as rochas da suíte Itaporanga pode ter acrescentado maior concentração de cálcio, que pode ser resultado de uma composição mista quanto à origem. O ponto 7 (Nascente do Brejo)

igualmente se diferencia principalmente pela maior mineralização de suas águas, refletindo na concentração de magnésio maior que as águas dos demais discutidos.

Os pontos 8 e 9, Lajedo do Talhado e Cachoeira do Talhado, possuem muita similaridade, pois foram coletados de montante para jusante, respectivamente. Tendendo para uma maior concentração do bicarbonato na cachoeira. Enquanto os pontos 11 e 12 (Nascentes do Hotel Serrano e Lamarão) correspondem à assinatura hidroquímica da Formação Serra do Martins, com similaridade substancial com as demais nascentes provenientes dessa litologia.

Finalmente, a forma do gráfico do ponto 12 (Cachoeira da Umarizeira) mostrou-se diferente dos demais, refletindo rochas de composição divergente, com exceção do ponto 9, mostrando-se, portanto, mais similar às águas da Cachoeira do Talhado. Nesses pontos, ambas as águas possuem concentrações mais significativas de Cálcio, Bicarbonato e Magnésio que os demais pontos. Tal observação leva a concluir que não há uma variação mineralógica substancial entre as duas suítes intrusivas da área de estudo, a ponto de refletir em uma composição química diferente da água que circula por entre e sobre as suas rochas.

#### 4.2. Fontes potenciais de poluição e contaminação nos LIHs

Quanto aos parâmetros relacionados à Portaria nº 888/21 do Ministério da Saúde e à Resolução Conama nº 357/2005 para classe 2, observou-se que os valores mais críticos são o fósforo, o pH e o oxigênio dissolvido.

De acordo com Von Sperling (2012), o fósforo, geralmente presente na forma de ortofosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), é um subproduto da decomposição de matéria orgânica, incluindo vegetais, excrementos e restos animais. No entanto, sua origem antropogênica está majoritariamente associada a efluentes domésticos e industriais. Embora o fósforo não represente riscos diretos à saúde humana, sua concentração é regulamentada na Resolução Conama nº 357/2005 como um Valor Máximo Permitido (VMP), pois desempenha um papel essencial na avaliação do risco de eutrofização em corpos hídricos de classe II. Os limites estabelecidos variam conforme o tipo de ambiente: em ambientes lênticos, o limite é de 0,03 mg/L; em ambientes lóticos, que atuam como tributários diretos para sistemas lênticos, o limite é de 0,5 mg/L; e para ambientes lóticos em geral, o limite é de 0,1 mg/L.

Assim, de acordo com os resultados das amostras, todas as águas dos pontos coletados podem ser consideradas de ambientes lóticos, com exceção das Nascentes Simão Dias I e II, que foram modificadas para armazenar água o suficiente para ser aduzida e utilizada pelo proprietário da terra (Figuras 51 e 52). Nessas nascentes, a concentração de fósforo foi de 0,08 e 0,06 respectivamente. Este fato pode ser explicado pela quantidade de material orgânico (folhas e galhos) que é carregado, e se concentra próximo ou mesmo dentro da estrutura modificada das nascentes. Esse material é de origem natural, pois ambas se encontram em área preservada com mata ciliar fechada

**Figura 51:** Nascente Simão Dias I



Fonte: Acervo dos autores, 2024.

**Figura 52:** Nascente Simão Dias II



Fonte: Acervo dos autores, 2024.

Nos demais locais, com exceção das amostras P10 e P12 (Nascente do Hotel Serrano e Cachoeira da Umarizeira), não há concentrações acima do limite de 0,1 mg/L. Com 0,13, a Cachoeira do Talhado, que é perene, está em uma área isolada, com acesso por meio de trilhas e provavelmente a concentração encontrada é devido decomposição de material orgânico de origem natural. No entanto, o P10 (Nascente do Hotel Serrano)

apresentou uma concentração de fósforo de 0,481 mg/L, valor mais de quatro vezes superior ao VMP estabelecido para ambientes lóticos (0,1 mg/L). Dada a proximidade com áreas residenciais, é provável que essa alta concentração esteja associada a fontes antropogênicas, especialmente ao lançamento de efluentes domésticos a céu aberto.

O oxigênio dissolvido (OD) é um parâmetro fundamental para equilíbrio ecológico, manutenção da produção primária e sobrevivência de organismos complexos como peixes. Normalmente, em água limpa, com temperatura em torno de 20 °C, o OD tem concentração de 9,2 mg/L, entre 4 – 5 este se torna um fator limitante para a respiração de espécies mais exigentes de peixes (Von Sperling, 2012). De fato, quando a concentração de oxigênio dissolvido na água cai abaixo de valores aceitáveis, pode afetar significativamente a saúde do ecossistema aquático e também impedir o uso da água para diferentes fins (por exemplo, abastecimento doméstico) (Janzen; Schulz; Lamon, 2008. p. 278).

A concentração mínima de OD, definida pela Resolução Conama nº 357/2005 para classe 2, é de 5 mg/L. No contexto desse estudo, 58% das amostras obtiveram concentrações acima da mínima exigida, com destaque para os pontos 6 (Nascente da Lavanderia) e 12 (Cachoeira da Umarizeira), ambas com 6,06 mg/L. Dentre os demais pontos, ressalta-se os de menor concentração: o ponto 4 (Nascente do Pocinho) com 2,08 mg/L, o ponto 5 (Cachoeira do Pinga) com 0,8 mg/L, o ponto 7 (Nascente do Brejo) com 2,99 mg/L, e o ponto 9 (Cachoeira do Talhado) com 3,75 mg/L.

Para entender esses valores, é importante ressaltar que o OD em água participa de reações ligadas a decomposição da matéria orgânica, redução e composto nitrogenados e fotossíntese. Como todos os valores de clorofila *a* não foram detectados, as concentrações de matéria orgânica e de compostos nitrogenados podem ser determinantes para produzir as baixas concentrações no ponto 3 e 4, especialmente. Além disso, aponta-se que a temperatura de coleta também tem influência nessas concentrações, já que quanto maior a temperatura, menos a água tende a concentrar OD. Em todos os pontos de coleta, a temperatura da água esteve acima de 24 °C. Nos pontos 3 e 4, os valores registrados foram de 26 °C e 25 °C, respectivamente, enquanto no ponto 12 a temperatura atingiu 29 °C.

Apesar disso, é importante ressaltar que “os processos físicos de autodepuração (precipitação por gravidade e aeração) também são intensos; a maior superfície de contato da água com o ar e as correntezas facilitam a aeração” (Valente, Padilha e Silva, 1997). Como a maioria dos pontos tratam de ambientes lóticos, esperava-se concentrações maiores de OD. (Ibidem, 1997) colocam que quedas bruscas de OD de montante para jusante evidenciam zona de degradação.

É possível, portanto, afirmar que há zona de degradação entre as nascentes da Bica e na Nascente do Pocinho (Pontos 3 e 4, respectivamente) até a Cachoeira do Pinga (Ponto 5) (Tabela 2). Esse trecho apresenta a menor concentração de oxigênio dissolvido (OD) entre os pontos amostrados (Tabela 2), indicando uma provável concentração elevada de carga orgânica poluente. Cunha *et al.* (2023), ao diagnosticarem o grau de preservação das nascentes do rio Apodi-Mossoró por meio de questionários, constataram que a nascente da Bica é uma das menos preservadas.

Paradoxalmente, é a única área protegida no município de Portalegre, conforme o Decreto Municipal nº 002/2016, que criou a Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) da Mata da Bica. Embora o decreto justifique a proteção pela necessidade de preservar nascentes perenes, a área é de uso turístico, apresentando diversas intervenções antrópicas na Área de Preservação Permanente das Nascentes e uso direto das águas para balneabilidade e abastecimento de estruturas existentes na localidade, em

contraditório ao que preconiza o Código Florestal - Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.

Desse modo, considerando a quantidade de dados gerados em cada ponto, observa-se, a partir da análise de componentes principais – ACP, a existência de variâncias nas relações entre os parâmetros analíticos. Esse processo permitiu identificar os parâmetros associados a serem descritos nas etapas subseqüentes, “a utilização de PCA é amplamente utilizada para redução de dados em estudos hidroquímicos e hidrogeológicos” (Matiatos, 2016, p. 804).

Gomes e Nascimento (2021) afirmaram que existem muitos estudos que confirmaram a viabilidade da aplicação da estatística multivariada para avaliar a qualidade das águas subterrâneas, mas é necessário identificar o comportamento normal dos dados. Para análise deste aspecto, mede-se a verificação da amostragem através da verificação do índice KMO (Kaiser-Meyer-Olkin), e teste estatístico de esfericidade de Bartlett. A hipótese de não normalidade da normalidade dos dados foi rejeitada. Assim, foram considerados os planos fatoriais cujas concentrações foram detectadas em função da variância acumulada para planos fatoriais (Tabela 3).

**Tabela 3** - variância acumulada nos planos fatoriais da análise ACP

<b>Planos fatoriais</b>	<b>Valor</b>	<b>Proporção (%)</b>	<b>Proporção acumulada (%)</b>
1	5,98	31,49	31,49
2	4,07	21,46	52,95
3	3,88	20,46	73,42
4	1,56	8,25	81,67
5	1,45	7,67	89,35

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

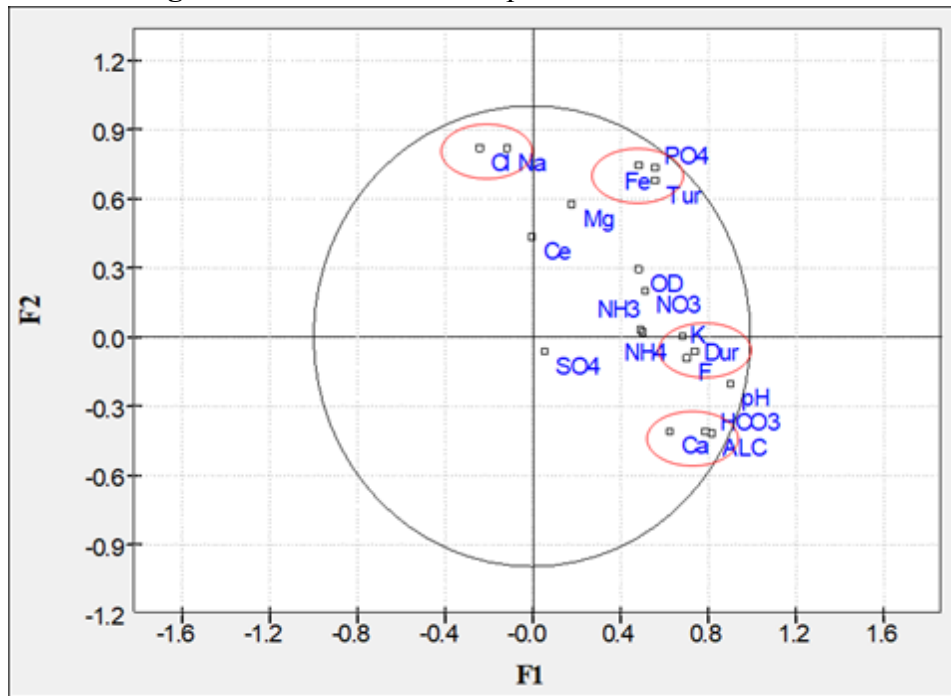
A análise efetuada correspondeu a uma variância acumulada de 81,6% para os 4 primeiros planos fatoriais, o suficiente para explicar significativamente o comportamento das variâncias dos parâmetros considerados na análise. Nessa etapa, foram excluídos aqueles com concentração abaixo do limite de detecção dos aparelhos, ou seja,  $\text{CO}_2^-$ ,  $\text{Br}^-$  e  $\text{NO}_2^-$  e Clorofila *a*.

Uma proporção significativa da variância permite identificar informações de associação entre íons de acordo com o cruzamento dos planos fatoriais. Assim, não se conseguiu reconhecer tais associações para todos os íons, mas para os principais em termos de comportamento hidroquímico, que de variáveis indicadoras de contaminação ou poluição.

Nos planos F1 e F2 foram identificadas relação entre Cl e Na, esperado do ponto de vista hidroquímico, tendo em vista já que o NaCl é o principal componente dissolvido a partir dos minerais mais abundantes, e relação entre Fe,  $\text{PO}_4^-$  e turbidez (Figura 52). O  $\text{Fe}^{2+}$  influencia na cor da água e conseqüentemente na turbidez, enquanto o fósforo sugere presença de matéria orgânica de origem natural ou antrópica (Figura 1). O fósforo foi um dos parâmetros que menos atenderam a Resolução Conama nº

357/2005, assim constata-se que ele indica contaminação no caso da Nascente do Hotel Serrano, por conta da concentração de 0,481 mg/L, quase cinco vezes maior que o VMP.

**Figura 53:** Cruzamento dos planos fatoriais Ff1 e Ff2

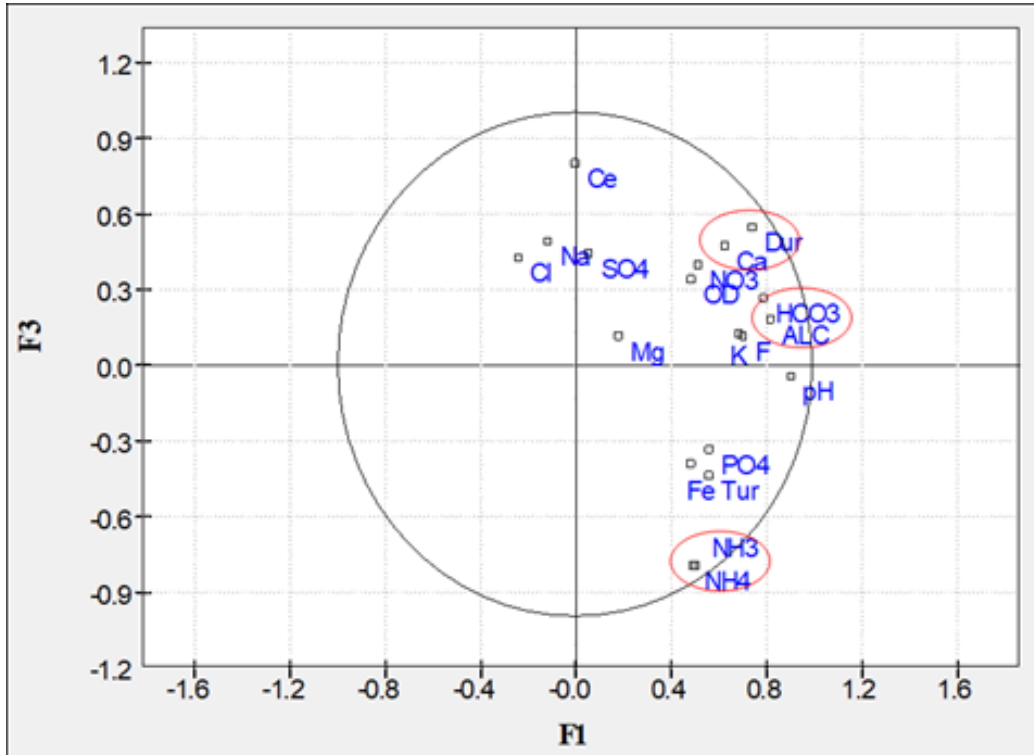


Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Nos demais pontos, apesar de alguns terem concentrações próximas ao limite, não há muitas evidências de fósforo antropogênico. Outras relações mais fracas, como entre  $\text{Ca}^{2+}$ , Alcalinidade e  $\text{HCO}_3^-$ , explicados pelo comportamento tampão da alcalinidade com relação ao pH que tendeu, em geral, de levemente ácidas à neutralidade, o que proporcionou concentrações maiores de  $\text{HCO}_3^-$  e íons com afinidade química, no caso  $\text{Ca}^{2+}$ .

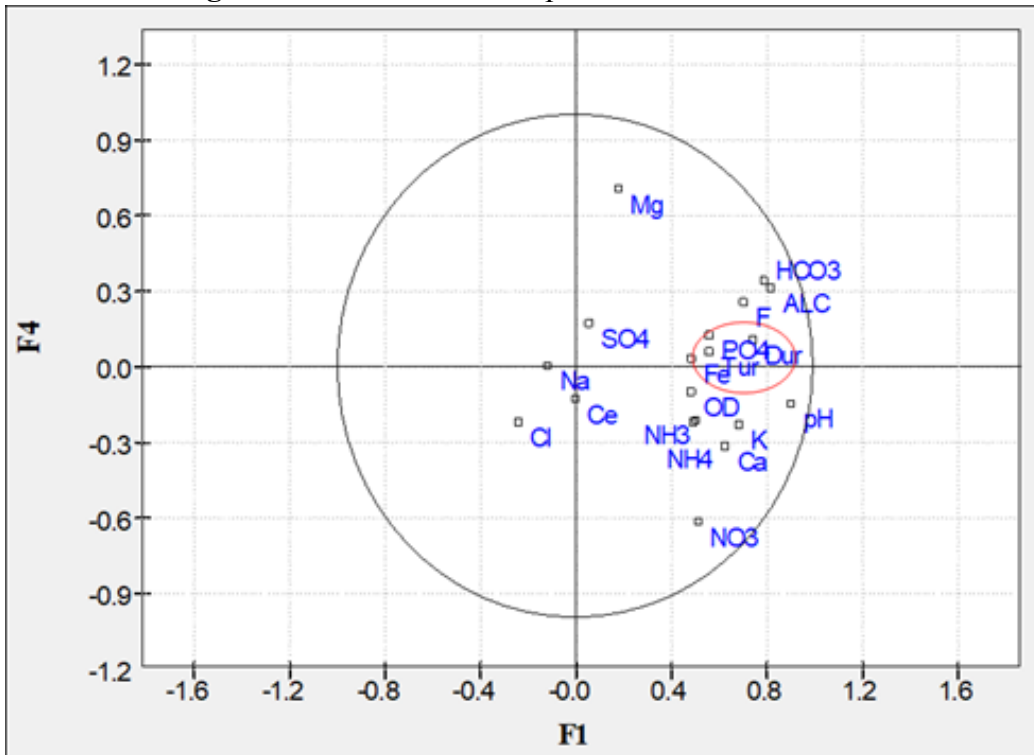
No cruzamento dos planos F1 e F3 (Figura 54), reforça-se a relação entre alcalinidade e  $\text{HCO}_3^-$  além da forte associação entre os parâmetros de Amônia (gás) ( $\text{N-NH}_3$ ) e Amônio (forma iônica) ( $\text{N-NH}_4^+$ ), mg/L., dureza e cálcio. Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) aparentemente não possui relação com os demais íons, somente no cruzamento dos planos F1 e F4 (Figura 55) pode-se ver valores de variância substancial, o que tampouco reflete associação deste com outro parâmetro. De fato, os valores de concentração menores que 1 mg/L sugerem origem natural para o Nitrato.

**Figura 54:** Cruzamento dos planos fatoriais F1 e F3



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

**Figura 55:** Cruzamento dos planos fatoriais Ff1 e Ff4



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

No geral, as águas dos LIH são de boa qualidade. Os parâmetros de pH,  $\text{PO}_4^-$  e OD foram os mais problemáticos no que tange a observação dos VMP definidos para o uso da água no abastecimento doméstico, e para o equilíbrio ecológico do corpo hídrico superficial para classe II. Os pontos 6, 8 e 12 foram os únicos que estiveram dentro de todos os parâmetros analisados, enquanto para os demais pontos, o pH e principalmente o OD esteve abaixo do permitido pela Resolução Conama nº 357/2005.

Destaca-se, ainda, que a temperatura da amostra coletada pode ter influenciado nesses baixos valores, já que não foram encontradas evidências de eutrofização, quando os níveis de clorofila  $\alpha$  estiveram sempre abaixo do limite de detecção. Deveras, o único ponto analisado que cujos valores de concentração de fósforo sugerem poluição por matéria orgânica de origem antropogênica foi a nascente do hotel serrano, cuja proximidade com relação às residências sugere esgotos domésticos drenados para o curso d'água que se segue a partir da nascente.

Por fim, é importante ressaltar que a qualidade das águas nesses locais pode apresentar variações sazonais, características da dinâmica climática local, especialmente naquelas de fluxo hídrico perene, devido ao uso de suas águas e das áreas circundantes. Além disso, a coleta de água, após o período chuvoso, pode implicar em dados que refletem a diluição de poluentes e o aumento do fluxo hídrico, alterando a composição química e a representatividade das amostras. Essa condição exige cautela na interpretação dos resultados, devido às variações temporais na qualidade da água, mas fornece indicativos importantes sobre os usos e a conservação desses Locais de Interesse Hidrológico (LIHs), visando garantir sua qualidade ambiental.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente MMA. Disponível em:

[https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res\\_conama\\_357\\_2005\\_classificacao\\_corpos\\_agua\\_rtfeda\\_altrd\\_res\\_393\\_2007\\_397\\_2008\\_410\\_2009\\_430\\_2011.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfeda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf). Acesso em 23 de março de 2025.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19<sup>1</sup> de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989; e<sup>2</sup> dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em:

[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm). Acesso em: 31 mar. 2025.

BRASIL. **Portaria GM/MS No 888, de 4 de maio de, 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde. Disponível em:

[http://saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888\\_07\\_05\\_2021.html](http://saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html). Acesso em 01/05/2022.

CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. C. LAMPARELLI, M. C.; MENEGON JR. M. **Resolução CONAMA 357/2005**: análise espacial e temporal de não conformidades em rios e reservatórios do estado de São Paulo de acordo com seus enquadramentos (2005-2009). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 18, n. 2, p. 159–168, abr. 2013.

CUNHA, V. T.; FERREIRA, L. L. N.; LEMOS FILHO, L. C. A.; BEZERRA, J. M.. Percepção socioambiental e estado de preservação das nascentes do rio Apodi-Mossoró. **Revista Geotemas**, Pau dos Ferros, v. 13, n. 1, p. e02323, 2023. DOI:

10.33237/2236-255X.2023.4963. Disponível em: <https://periodicos.apps.uern.br/index.php/GEOTemas/article/view/4963>. Acesso em: 27 mar. 2025.

CUSTODIO, E., LLAMAS, M. R. , Noções de hidroquímica. **Hidrología Subterránea**, Vol. 2 (2ªed). arcelona: Ediciones. Omega S.A., 1983, 1157p

GOMES, M. da C. R.; ANJOS, J. A. S. A.; DALTRO, R. R. Multivariate statistical analysis applied to the evaluation of groundwater quality in the central-southern portion of the state of Bahia - Brazil. **Revista Ambiente e Água**, v. 15, p. 1-11, 2020.

GOMES, M.C.R., CAVALCANTE, I.N. Análise geoquímica das águas subterrâneas de Fortaleza, Ceará – Brasil. **Águas Subterrâneas**, 29 (1), 2015, 42–59.

GOMES, M.C.R., CAVALCANTE, I.N., 2015. Análise geoquímica das águas subterrâneas de Fortaleza, Ceará – Brasil. **Águas Subterrâneas** 29 (1), p. 42–59.

HEM J. D.. **Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water**. U.S.G.S. Water Supply Paper, 1473. 1. ed. 1959. 269 p.

JANZEN, J. G.; SCHULZ, H. E.; LAMON, A. W. Medidas da concentração de oxigênio dissolvido na superfície da água. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 278-283, 2008.

MATIATOS, I. Nitrate source identification in groundwater of multiple land-use areas by combining isotopes and multivariate statistical analysis: a case study of Asopos basin (Central Greece). **Sci. Total Environ.** 541, 2016, 802–814.

**PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTALEGRE.** Decreto nº 002, de 02 de fevereiro de 2016. Cria Área de Relevante Interesse Ecológico – ARIE. Portalegre, RN, 2016.

SANTOS, A. Noções de Hidroquímica. Carneiro et al (org.). In: Feitosa, Fernando A. (Ed.), **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. CPRM, pp. 332–356, 2008

STRAHLER, A.H.; STRAHLER, A.N. **Physical Geography: Science and systems of the Human Environment**. Wiley, New York, 2005, 794p

SUGUIO, Kenitiro. **Água**. Ribeirão Preto: Holos. 2006.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu - SP. **Eclética Química**, v. 22, p. 49–66, 1997.

VON SPERLING. M. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**, 4rd ed. Editora UFMG, Belo Horizonte. 2005, ISBN 854230053X.

## CAPÍTULO 5

### CONSERVAÇÃO E GESTÃO DOS LOCAIS DE INTERESSE HIDROLÓGICO DO COMPLEXO SERRANO MARTINS PORTALEGRE

*Larissa Silva Queiroz*

*Jacimária Fonseca de Medeiros*

*Wendson Dantas de Araújo Medeiros*

*Andreza Tacyana Felix Carvalho*

A Terra é geologicamente muito mais diversa do que qualquer outro corpo conhecido no Sistema Solar e, isso se deve, principalmente, à tectônica de placas, ao sistema climático desse planeta e à variedade de processos, sedimentos, formas de relevo e à evolução da vida que criou a diversidade do registro fóssil (Gray, 2008).

Essa variedade natural de elementos geológicos (rochas, minerais, fósseis), geomorfológicos (formas de relevo, processos físicos), solos e hidrológicos, incluindo suas interações e contribuições para as paisagens, tem sido chamada de Geodiversidade (Gray, 2013). Os elementos da geodiversidade que são essenciais para reconstituir a história da Terra são chamados de geopatrimônio (Sharples, 1993).

Esse geopatrimônio se encontra ameaçado por diversas atividades humanas (Gray, 2004) e tem sido danificado e destruído, antes de serem profundamente conhecidos, em prol do desenvolvimento (Gray, 2019). Sendo assim, em função do seu valor, precisa ser protegido. À proteção do geopatrimônio, incluindo o patrimônio geológico, o patrimônio geomorfológico, o patrimônio hidrológico dentre outros, dá-se o nome de Geoconservação.

A Geoconservação é o conjunto de práticas destinadas à proteção e gestão sustentável do geopatrimônio e inclui a preservação de sítios geológicos e geomorfológicos, garantindo a sua conservação para estudos científicos, educação e turismo (Burek; Prosser, 2008). De acordo com Gray (2019), a Geoconservação reúne estratégias para proteger e gerir o geopatrimônio, garantindo sua preservação para futuras gerações.

A Geoconservação, segundo Gray (2008), foi adotada em 1996 como um princípio-chave na Carta do Patrimônio Natural da Austrália (Australian Heritage Commission, 1996; atualizada em 2002). A intenção foi atribuir igual peso à biodiversidade e à Geodiversidade na avaliação de propostas para delimitação de áreas de conservação da natureza. Por exemplo, o Artigo 5º afirma que a conservação é baseada no respeito pela biodiversidade e Geodiversidade; deve envolver a menor intervenção física possível nos processos ecológicos, evolutivos e terrestres (Gray, 2008). Pois, uma vez destruídos, jamais podem ser recuperados, o que significa que sua conservação é ainda mais importante (Gray, 2008).

A Geoconservação tem como objetivo a utilização e gestão sustentável de toda a Geodiversidade, englobando todo o tipo de recursos geológicos (Brilha, 2005), acrescenta-se ainda, os geomorfológicos, pedológicos e, não menos importante, os hidrológicos, objeto deste texto. O autor ainda considera a conservação de certos elementos que evidenciem um qualquer tipo de valor superlativo, cujo valor se sobrepõe à média. Assim, faz-se necessária a implementação de estratégias que permitam a conservação desses elementos que possuam inegável valor científico, pedagógico, cultural, turístico ou outros (Brilha, 2005).

É preciso considerar, ainda, que a geodiversidade promove uma série de benefícios à sociedade, por meio de diversos Serviços Geossistêmicos. Gray (2019) identificou 21 Serviços Geossistêmicos promovidos pela geodiversidade, os quais podem ser agrupados em: a) Reguladores (processos atmosféricos, ciclos biogeoquímicos, controle de cheias e inundações, qualidade da água); b) Suporte (formação de solos, provisão de habitats, plataformas para atividades humanas – construção, navegação); c) Culturais (geoturismo, inspiração artística, associações espirituais/históricas); d) Provisão (recursos minerais, energia, materiais de construção – areias, rochas ornamentais); e) Conhecimento (pesquisa científica, educação, monitoramento ambiental) (Gray, 2019).

Brilha (2005) ressalta que a Geoconservação deve ser concretizada após um minucioso trabalho de avaliação daquilo que deve ser considerado como patrimônio, após sua caracterização e quantificação do seu interesse, relevância e vulnerabilidade, que foi a tarefa realizada nos capítulos anteriores a esse.

Além disso, a Geoconservação envolve: proteção legal das feições geológicas e geomorfológicas de destaque em Unidade de Conservação; valorização da Geodiversidade e do geopatrimônio junto às comunidades locais; educação geocientífica de crianças, jovens e adultos; e ainda geoturismo consciente, qualificado e sustentável, trazendo recursos externos, bem como movimentando a economia local (Brilha, 2005).

Assim, é amplamente reconhecido que os locais de Geoconservação exigem diferentes formas de gerenciamento, dependendo de suas características específicas. Conforme apontado por Prosser *et al.* (2006), a *Natural England* classifica esses locais em três categorias, a saber:

- **Locais de exposição:** correspondem a depósitos extensos no subsolo, sendo essencial preservar a visibilidade dos estratos, o que pode ocorrer por meio de extração, limpeza periódica ou processos naturais, como a erosão costeira e fluvial;
- **Locais finitos:** apresentam uma distribuição geológica limitada, de modo que a remoção excessiva pode levar ao esgotamento do recurso, tornando necessária a regulamentação da extração de material;
- **Locais de integridade:** referem-se a áreas geomorfológicas onde é fundamental preservar a dinâmica dos processos naturais ativos ou a configuração original das formas de relevo.

Dessa forma, percebe-se que a gestão da Geoconservação é uma tarefa complexa, pois exige a consideração de objetivos distintos para cada contexto, logo, preservação de fósseis raros, por exemplo, demanda estratégias específicas que diferem significativamente daquelas voltadas à conservação dos solos, assim como estas se diferenciam das abordagens necessárias para a manutenção dos processos físicos naturais (Gray, 2008).

No que concerne ao Patrimônio Hidrológico, que reúne o conjunto de elementos hidrológicos, composto por Hidrossítios, aquíferos, nascentes e sistemas fluviais, a necessidade de estratégias particulares de geoconservação se torna evidente. A proteção desses elementos não se dá isoladamente, dada a intrínseca interação com elementos geológicos, geomorfológicos, a dinâmica natural da água e seus impactos nos ecossistemas.

As estratégias de Geoconservação propostas por Gray (2008), embora abrangentes e aplicáveis a diversos elementos da Geodiversidade, também se mostram pertinentes para Hidrossítios. A complexidade e a interdependência dos sistemas hídricos exigem uma abordagem de conservação que considere as particularidades desses locais, reconhecendo sua relevância ecológica, cultural e científica. Desse modo, apresentam-se, a seguir, importantes estratégias de Geoconservação adaptadas para auxiliar no planejamento e gestão de Hidrossítios:

- **Sigilo:** Embora esse método seja tradicionalmente aplicado em sítios fossilíferos e minerais, pode ser valioso para Hidrossítios sensíveis. A divulgação restrita da localização de nascentes raras, cavernas com formações hídricas únicas ou outros Hidrossítios de importância ecológica pode prevenir danos e garantir a conservação desses patrimônios hídricos. Assim como em sítios geológicos, o sigilo em Hidrossítios é justificado pela necessidade de proteção contra exploração indevida ou turismo predatório, até que estudos científicos aprofundados possam orientar o manejo adequado;
- **Sinalização:** Este método utiliza sinais e avisos para dissuadir potenciais transgressores de invadir e/ou danificar locais. A sinalização pode incluir orientações para os visitantes sobre práticas responsáveis, como evitar a coleta de materiais geológicos;
- **Barreiras físicas:** Este é um método importante para impedir o acesso do público a locais geológicos sensíveis ou perigosos. A permeabilidade da barreira pode variar, desde grades trancadas em cavernas até cercas mais baixas com avisos. Em alguns casos, centros de visitantes ou museus são construídos sobre geossítios importantes, restringindo o acesso a horários supervisionados;
- **Reenterramento:** A estratégia de reenterramento, tradicionalmente aplicada em sítios fossilíferos para preservar descobertas para estudos futuros, pode ser adaptada para a Geoconservação de Hidrossítios sensíveis. Em nascentes ou afloramentos de água subterrânea com formações minerais únicas ou comunidades biológicas delicadas, o reenterramento temporário pode proteger esses locais de danos durante períodos de alta visitação ou atividades de pesquisa intensivas;
- **Escavação/curadoria:** A estratégia de remoção, amplamente aceita na geoconservação de fósseis vulneráveis, pode ser adaptada para proteger Hidrossítios de valor científico e ecológico excepcional. Em situações em que a preservação *in situ* é inviável devido a ameaças iminentes, a remoção controlada de elementos hídricos singulares para um ambiente seguro, como um laboratório de pesquisa ou centro de conservação, torna-se uma alternativa viável;
- **Permissões/licenciamento:** Este método é usado para controlar o acesso de visitantes e pesquisadores a locais sensíveis, limitando o número de pessoas que podem acessar o local por dia;
- **Supervisão:** Embora raramente usados devido ao custo, a supervisão pode incluir guardas florestais posicionados em locais importantes, guardas florestais móveis que patrulham trilhas ou estradas, passeios liderados por guardas

florestais, buscas na saída de visitantes, vigilância pública por residentes locais e vigilância remota por meio de câmeras, monitoramento da qualidade da água;

- **Propriedade benevolente:** Este método aplica-se a locais e áreas que são propriedade de organizações ou indivíduos comprometidos com a Geoconservação, garantindo que todos os elementos da Geodiversidade sejam gerenciados de forma a proteger o seu patrimônio. Quando áreas de importância hídrica, como nascentes, rios ou aquíferos, são de propriedade de organizações ou indivíduos dedicados à conservação, é possível garantir que esses ambientes sejam gerenciados de forma a preservar seu valor ecológico, científico e cultural;
- **Legislação:** A legislação é amplamente usada para dar proteção formal a locais geológicos e geomorfológicos, permitindo a designação de áreas protegidas e a implementação de códigos específicos, como códigos de fósseis. No contexto dos Patrimônio hidrológico, a legislação pode ser adaptada para garantir a preservação desses ambientes aquáticos únicos, que abrigam formações geológicas e comunidades biológicas sensíveis;
- **Política:** Medidas escritas não legislativas são usadas para alcançar objetivos de Geoconservação, como planos de gestão para parques nacionais ou políticas específicas para atividades a serem desenvolvidas nos locais;
- **Gestão de locais:** Este método inclui a limpeza de locais, remoção de detritos e vegetação, restauração de áreas como pedreiras e rios canalizados, e monitoramento da condição do local;
- **Educação:** A educação sobre Geodiversidade é essencial para combater a ignorância, abrangendo currículos escolares e universitários, artigos de mídia, museus, centros de visitantes, trilhas geológicas e eventos especiais, além de treinamento para profissionais envolvidos em planejamento e conservação.

A escolha e aplicação dos métodos de Geoconservação dependem diretamente das características do local e dos elementos da Geodiversidade a serem preservados. Seja por meio de medidas preventivas, como o controle de acesso, ou por ações mais ativas, como a curadoria de materiais.

A Geoconservação, portanto, não se limita a proteger rochas, fósseis ou paisagens, mas também a garantir que esses elementos continuem a contar a história geológica da Terra, servindo como testemunhos vivos de processos que moldaram o planeta ao longo de bilhões de anos. Ademais, a geoconservação é essencial para manter os serviços geossistêmicos e o geopatrimônio com benefícios econômicos (Geoturismo), científicos e culturais. A abordagem requer integração entre políticas globais, locais e participação comunitária (Gray, 2019). Nessa abordagem, inclui-se o Patrimônio Hidrológico, bem como os Locais de Interesse Hidrológico (LIHs)

### 5.1 Estratégias de Geoconservação para os LIHs

As estratégias de Geoconservação, além de salvaguardar o sítio do Geopatrimônio e nele, o Patrimônio Hidrológico, também promovem a conscientização da sociedade sobre sua importância. Segundo Gordon *et al.* (2021), o Geopatrimônio vivenciado em áreas protegidas e conservadas pode servir como uma porta de entrada para o desenvolvimento de uma ética de conservação mais ampla, primeiro capturando o interesse e a compreensão dos visitantes sobre os valores e benefícios da Geodiversidade para a natureza e a sociedade.

Nascentes e cachoeiras possuem alto valor paisagístico e turístico, demandando conservação adequada para evitar a exploração desordenada, que provoca problemas

ambientais como a redução da qualidade e quantidade de água e a diminuição da recarga do lençol freático (Oliveira, Silva e Mello, 2020). No Brasil, o conceito de nascente foi atualizado pela Lei Federal 12.651/2012 (Art. 3º, XVII), que a define como o afloramento natural do lençol freático com fluxo contínuo, originando um curso d'água. Essa nova definição, que substituiu a da Resolução CONAMA 303/2002, é utilizada para delimitar as Áreas de Preservação Permanente (APPs). Além disso, algumas quedas d'água, assim como grande parte do patrimônio geológico, estão inseridas em unidades de conservação, não sendo apresentados critérios específicos legais de conservação (Oliveira, Salgado e Lopes, 2017, p. 467).

No entanto, nem sempre essas áreas são respeitadas e com isso, passam por processos de degradação antrópica, prejudicando a qualidade ambiental desses locais. Bascik, Chelmicki e Urban (2009) destacam que medidas de conservação exigem um bom entendimento da localização das nascentes e suas propriedades. Normalmente, um dos primeiros passos é catalogar informações sobre a localização e o valor natural, científico e educacional de cada nascente de interesse, seguido pela identificação de ameaças potenciais e reais.

Nesse sentido, como demonstrado anteriormente no capítulo 2, alguns Locais de Interesse Hidrológico (LIHs) do CSMP foram classificados como Hidrossítios, outros como Potenciais Hidrossítios, e outros não se enquadraram nessas categorias, especialmente pelo uso inadequado, indevido ou até mesmo irregular de suas águas e de sua área ao entorno. Em vista disso, faz-se necessário pensar estratégias a fim de manter a integridade dos Hidrossítios, melhorar a qualidade dos possíveis Hidrossítios e, principalmente, garantir àqueles que estão em pior situação, condições de recuperação.

No contexto do CSMP, alguns dos possíveis Hidrossítios tratam-se de nascentes situadas em terrenos privados, e a proteção destas é essencial para garantir a conservação do Patrimônio Hidrológico e a preservação da biodiversidade. Destaca-se ainda que, apesar de estarem situados em áreas privadas, os hidrossítios são protegidos por lei, conforme o artigo 4º do Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), que estabelece a preservação obrigatória das Áreas de Preservação Permanente (APPs). Essas áreas incluem nascentes perenes, margens de rios, lagos naturais e outras formações hídricas essenciais para a manutenção dos recursos hídricos, da biodiversidade e da estabilidade ambiental.

Diante da necessidade de proteção, apresenta-se algumas estratégias de Geoconservação que podem ser aplicadas para proteger essas áreas, considerando a integração entre ciência, gestão e educação:

- **Campanhas educativas:** promover campanhas de sensibilização para os proprietários dos terrenos privados sobre a importância das nascentes para o ecossistema e para a sociedade, abordando temas como o ciclo da água, a função ecológica das nascentes e os impactos de sua degradação, através de folhetos, cartilhas e vídeos educativos explicando as boas práticas de preservação, ressaltando os benefícios diretos, como a melhoria da qualidade da água e a preservação da biodiversidade local.
- **Capacitação para a gestão sustentável:** oferecer cursos ou *workshops* para proprietários sobre práticas de conservação, como manejo adequado da vegetação, preservação do solo e uso sustentável da água, através de sistemas de captação da água da chuva ou técnicas de irrigação eficientes para evitar a degradação da nascente.
- **Garantir a proteção das Áreas de Preservação Permanente (APPs):** previstas no Código Florestal Brasileiro, especialmente as faixas de vegetação

nativa ao redor das nascentes perenes e dos cursos d'água perenes e intermitente, essas áreas são fundamentais para a qualidade da água e a estabilidade dos terrenos, sendo essencial o cumprimento da legislação para sua preservação.

- **Parcerias com órgãos ambientais:** estabelecer parcerias com órgãos ambientais locais ou estaduais para garantir o cumprimento das legislações de preservação das nascentes e receber orientação técnica.
- **Monitoramento de qualidade da água:** criar programas de monitoramento contínuo da qualidade da água nas nascentes, com a participação dos proprietários privados, para avaliar os impactos das práticas de conservação implementadas.
- **Fomentar a aplicação dos mecanismos previstos na Lei das Águas (9.433/97):** incentivar a criação de grupos locais ou consórcios que possam gerir de forma coletiva as nascentes e recursos hídricos, com uma abordagem mais colaborativa entre os proprietários privados e a comunidade.

Outros LIHs ocorrem em áreas de cachoeiras, sendo, inclusive, indicada como Hidrossítios, a Cachoeira da Umarizeira. Quando se trata de cachoeiras que são amplamente utilizadas para recreação e lazer, a Geoconservação precisa equilibrar a proteção ambiental com o uso sustentável dessas áreas, garantindo que a atividade recreativa não prejudique o ecossistema local. Aqui estão algumas estratégias específicas para a conservação de cachoeiras que recebem grande fluxo de visitantes, a saber:

- **Sinalização e informações educativas:** instalar placas informativas nas proximidades das cachoeiras, destacando sua importância ecológica, geológica, geomorfológica e cultural, além de orientar os visitantes sobre comportamentos responsáveis, como não poluir, não danificar a vegetação e respeitar a fauna local, bem como uso de práticas sustentáveis de manejo de resíduos, incentivando os visitantes a levar seus resíduos de volta e a usar as infraestruturas adequadas, como lixeiras e pontos de coleta seletiva.
- **Programas de conscientização para turistas:** realizar atividades educativas, como palestras, oficinas ou passeios guiados, onde os turistas podem aprender sobre a hidrogeologia da cachoeira, o ciclo da água, e a importância da preservação do local.
- **Caminhos e trilhas bem planejados:** criar trilhas demarcadas que guiem os visitantes até as cachoeiras, minimizando o impacto sobre a vegetação, a fauna e os solos.
- **Capacidade de carga:** estabelecer um limite para o número de visitantes diário, para evitar a sobrecarga das áreas ao redor das cachoeiras. Importante implementar a cobrança de entrada em áreas mais sensíveis, com o objetivo de financiar a manutenção da infraestrutura, a conservação do ambiente e a Educação Ambiental.
- **Criação de zonas de proteção e restauro:** identificar e demarcar áreas ao redor das cachoeiras como Áreas de Preservação Permanente (APPs), onde o uso é restrito ou condicionado para evitar danos à vegetação e ao solo, garantindo que a área ao redor da cachoeira se mantenha intacta.

Para além das estratégias já discutidas, a experiência de preservação de Hidrossítios na Sérvia, conforme relatado por Sava *et al.* (2012), destaca três direcionamentos fundamentais para a proteção desses locais: Proteção integral, Proteção com utilização para as necessidades do turismo, e Proteção com utilização para as necessidades de gestão da água (abastecimento de água, irrigação, engenharia

hidráulica, navegação, piscicultura e outros). Cada um deles traz concepções e ações específicas para garantia de sua efetividade:

- **Proteção integral:** Refere-se a sítios de patrimônio hidrológico extremamente valiosos e únicos que devem ser totalmente preservados em sua condição atual. O regime de proteção implementado neles seria de primeiro grau, o que inclui proteção restrita com a possibilidade de pesquisas científicas e visita controlada para fins educacionais, recreativos e culturais. A proteção desses locais seria organizada como parte de áreas estritamente protegidas – diferentes tipos de reservas estritas e especiais, parques naturais, parques nacionais, Geoparques e outros recursos naturais importantes;
- **Proteção com utilização para as necessidades do turismo:** O objetivo é promover o turismo sustentável, que gere benefícios econômicos e sociais para as comunidades locais, ao mesmo tempo em que se preserva o valor natural e cultural dos Hidrossítios. Para alcançar esse equilíbrio, a estratégia se baseia na promoção do turismo sustentável, da educação e conscientização dos visitantes, e da integração dos Hidrossítios à oferta turística regional, como exemplo, de Geoparques;
- **Proteção com utilização para as necessidades de gestão da água:** reconhece a inevitável transformação desses locais em recursos naturais, buscando conciliar a conservação com o uso sustentável. O objetivo central é garantir a disponibilidade e a qualidade da água para as necessidades humanas, minimizando os impactos negativos no ambiente.

A implementação dessas possíveis estratégias de Geoconservação para os LIHs é fundamental para garantir a proteção dos hidrossítios e potenciais hidrossítios, equilibrando proteção ambiental e uso sustentável. Ao integrar e implementar essas ações, pode-se preservar a integridade das nascentes e cachoeiras, assegurando sua função ecológica e hidrológica para as gerações futuras. Além disso, a colaboração entre proprietários, comunidades, órgãos ambientais e visitantes fortalece a responsabilidade coletiva na proteção do Patrimônio Hidrológico.

Dessa forma, entende-se que o sucesso dessas estratégias está intrinsecamente ligado à compreensão das particularidades de cada sítio. Dentre as estratégias de Geoconservação, se destacam os Geoparques, pois garantem que o Geopatrimônio seja protegido e, ao mesmo tempo, utilizado para educação e turismo sustentável, contribuindo para a valorização da Geodiversidade. Diante da relevância dessa estratégia, o tópico a seguir apresentará uma visão geral sobre os geoparques e sua importância, inclusive para a conservação do Patrimônio Hidrológico.

## 5.2 Os Geoparques e a sua importância na conservação do Patrimônio Hidrológico

Um dos principais instrumentos de valorização da Geoconservação do Geopatrimônio são os Geoparques ou *Geoparks*. Este conceito surgiu ao final do século XX, na Europa, e pode ser entendido como um território bem delimitado geograficamente, que tem como base o desenvolvimento sustentável calcado na conservação do geopatrimônio, conjuntamente aos demais elementos do patrimônio natural e cultural, visando à melhoria das condições de vida das comunidades que habitam nessas áreas (Brilha, 2009).

Com isso, a ideia de Geoparque, para além de um território que promove a proteção de elementos abióticos da Terra, também busca promover o desenvolvimento sustentável do território, por meio do turismo sustentável, do geoturismo, e com o envolvimento da comunidade local, na produção de artesanato, em atividades

comerciais de apoio ao visitante do Geoparque, contribuindo e modificando a realidade econômica dos habitantes (Jorge; Guerra, 2018).

A partir da evidente relevância dos Geoparque para o desenvolvimento sustentável, expressamente pela então Rede Europeia de Geoparques (REG), levou a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) a se integrar e se envolver com essas atividades, criando, em 2004, a Rede Global de Geoparque (RGG) (UNESCO, 2023). Essa rede, segundo a própria UNESCO, tem como objetivo o trabalho coletivo entre os Geoparques, compartilhamento de ideias e boas práticas, bem como unir-se em projetos comuns para elevar os padrões de qualidade dos produtos e práticas de um Geoparque Global da UNESCO.

Logo, sabendo da importância e visibilidade que a UNESCO trouxe aos Geoparques, faz-se importante destacar como ela entende este conceito, que não se diferencia daquele destacado por Brilha (2009), no início deste tópico.

Os Geoparques Globais da UNESCO são áreas geográficas únicas e unificadas onde locais e paisagens de importância geológica internacional são geridos com um conceito holístico de proteção, educação e desenvolvimento sustentável. Um Geoparque Global da UNESCO usa seu patrimônio geológico, em conexão com todos os outros aspectos do patrimônio natural e cultural da área, para aumentar a conscientização e a compreensão das principais questões enfrentadas pela sociedade, como o uso sustentável dos recursos da Terra, mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e redução riscos relacionados com perigos naturais (UNESCO, 2023).

Vê-se, deste modo, um enfoque para elementos que até então ficavam à margem das políticas públicas e ações de proteção ambiental e sociedade em geral. Mas, para além disso, há uma preocupação no entendimento holístico, especialmente na inclusão das comunidades e na importância da divulgação do conhecimento geocientífico e a necessidade desse conhecimento para a sociedade.

Os Geoparques são, de fato, uma ponte que estreita o relacionamento e sentimento de pertença da população para com o local em que vive, fortalecendo sua identificação com o território. Assim, a criação de empresas locais inovadoras, novos postos de trabalho e cursos de formação de qualidade é estimulada à medida que novas fontes de receitas são geradas através do turismo sustentável e do geoturismo, enquanto o geopatrimônio da área é protegido (UNESCO, 2023).

Para que uma área de relevante geodiversidade se torne um Geoparque Global da UNESCO, ela precisa de quatro características fundamentais, a saber: geopatrimônio de valor internacional avaliado por profissionais científicos, como parte da “Equipe de Avaliação de Geoparques Globais da UNESCO; visibilidade, para estimular o Geoturismo na área; gerenciamento, geridos por um organismo com existência legal reconhecida pela legislação nacional e; rede, cooperação com a comunidade local e com outros Geoparques.

Atualmente existem 195 Geoparques Globais da UNESCO, distribuídos em 48 países. Embora a maioria destes se concentrem na Europa e na Ásia, nos últimos anos, diversos esforços têm sido traçados e a iniciativa tem se difundido na América Latina, aproveitando sua diversidade étnica, cultural, geográfica, climática e, acima de tudo, geológica (Herrera-Franco *et al.*, 2022).

No âmbito brasileiro, atualmente existem seis Geoparques Mundiais da Unesco, a saber: Geoparque Araripe, sendo o primeiro do país e da América Latina, localizado no estado do Ceará; Geoparque Caçapava, em Caçapava do Sul, no Rio Grande do Sul;

Geoparque Quarta Colônia, que integra nove municípios da região central do Rio Grande do Sul; Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul, onde abrange sete municípios do Rio Grande do Sul e quatro de Santa Catarina; Geoparque Uberaba, no município de Uberaba, em Minas Gerais, e por fim, localizado no Rio Grande do Norte, Geoparque Seridó, abrangendo seis municípios da região Seridó do Estado.

Este último citado merece destaque, pois como mencionado, situa-se no Estado do qual o recorte espacial deste livro faz parte e, foi recentemente chancelado pela UNESCO (13 de abril de 2022), o qual conta com 21 Geossítios inventariados, a saber: Serra Verde, Cruzeiro de Cerro Corá, Nascente do Rio Potengi, Vale Vulcânico, Mirante de Santa Rita, Tanque dos Poscianos, Lagoa do Santo, Pico do Totoró, Morro do Cruzeiro, Mina Brejuí, Cânion dos Apertados, Açude Gargalheiras, Poço do Arroz, Cruzeiro de Acari, Marmitas do rio Carnaúba, Serra da Rajada, Monte do Galo, Xiquexique, Cachoeira dos Fundões, Açude Boqueirão e Mirador (Nascimento; Silva; Reis, 2020).

Ressaltar o Geoparque Seridó torna-se necessário, pois por meio dele é possível denotar a riqueza existente no Rio Grande do Norte, nas suas mais diversas áreas. Com isso, ter a chancela da UNESCO em uma área semiárida e interiorana, no Nordeste do Brasil, incentiva outras áreas que também têm potencial para levantar esforços na promoção de inventários e quantificação de locais de interesse, para que novos potenciais Geoparques possam surgir e oportunizar desenvolvimento econômico, social e ambiental a outras comunidades e outros territórios.

A importância dos Geoparques extrapola o campo teórico e se mostra cada vez mais efetiva por meio dos resultados e fatos evidenciados diariamente pela gestão dos geoparques, bem como pelo reconhecimento da importância desse importante instrumento pela própria comunidade, oportunizando melhoria de vida e de renda, por meio de práticas de turismo sustentável, socialmente justo e culturalmente adequadas. Portanto, inspirando-se nas estratégias até aqui apresentadas, sabendo-se de todos os trâmites para que um território possa se tornar um Geoparque, é importante que, enquanto isso, sejam realizadas ações a fim de proteger os Locais de Interesse e valor patrimonial.

Desse modo, compreende-se que a Geoconservação se consolida como uma ferramenta essencial para a valorização e manutenção dos LIHs, promovendo a recuperação de áreas degradadas, bem como a conscientização sobre a importância da água, incentivando a promoção das comunidades locais na proteção e uso sustentável dessa importante parte do Geopatrimônio. Ainda assim, é importante também apontar que a aplicação de uma abordagem integrada na elaboração de programas de proteção ambiental e planos de desenvolvimento regional, incluindo as estratégias de desenvolvimento municipal, são fundamentais para o sucesso da gestão desses locais.

## REFERÊNCIAS

BASCIK, M.; CHELMICKI, W.; URBAN, J. Geoconservation of Springs in Poland. **Episodes**, v. 32, n. 3, p. 177-185, 2009.

BRASIL. Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 09 jan. 1997. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm). Acesso em: 31 mar. 2025.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm). Acesso em: 30 mar. 2025.

BRILHA, J. B. R. A Importância dos Geoparques no Ensino e Divulgação das Geociências. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, São Paulo, v. 5, p. 27-33, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2316-9087.v5i0p27-33>. Acesso em: 13 jun. 2023.

BRILHA, J. B. R. **Patrimônio Geológico e Geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. Braga: Palimage, 2005.

BUREK, C. V.; PROSSER, C. D. The history of geoconservation: an introduction. **Geological Society**, London, Special Publications, v. 300, n. 1, p. 1-5, 2008. DOI: 10.1144/SP300.1.

FELLIPE, M. F.; MAGALHÃES JÚNIOR., A. P. Conflitos conceituais sobre nascentes de cursos d'água e propostas de especialistas. **Geografias**, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p. 71, 2013.

GORDON, J. E.; CROFTS, R.; GRAY, M.; TORMEY, D. Including geoconservation in the management of protected and conserved areas matters for all of nature and people. **International Journal of Geoheritage and Parks**, v. 9, n. 3, p. 323-334, set. 2021.

GRAY, Murray. Geodiversity, geoheritage and geoconservation for society. **International Journal of Geoheritage and Parks**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 226-236, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2019.11.001>. Acesso em: 29 mar. 2025.

GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. 2. ed. Chichester: Wiley Blackwell, 2013.

GRAY, M. Geodiversity: developing the paradigm. **Proceedings of the Geologists' Association**, v. 119, n. 3-4, p. 287-298, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016787808803070>. Acesso em: 22 mar. 2025.

GRAY, M. **Geodiversity - Valuing and Conserving Abiotic Nature**. New York: John Wiley and Sons, 2004.

HERRERA-FRANCO *et al.* Worldwide Research on Geoparks through Bibliometric Analysis. **Sustainability**, v. 13, n. 3, p. 1-32, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/3/1175>. Acesso em: 11 jun. 2023.

JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T. **Geoturismo, Geodiversidade e Geoconservação**: abordagens geográficas e geológicas. Rio de Janeiro: Oficina de Textos, 2018.

NASCIMENTO, M. A. L.; SILVA, M. L. N.; REIS, F. A. G. V. **Geoparque Seridó: Geodiversidade e Patrimônio Geológico no interior potiguar**. 1. ed. São Paulo: FUNDUNESP/FEBRAGEO, 2020.

OLIVEIRA, C. K. R. de; SALGADO, A. A. R.; LOPES, F. W. A. Proposta de classificação de relevância de quedas d'água como subsídio à conservação do patrimônio natural. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 3, 2017.

OLIVEIRA, A. S. de; SILVA, A. M. da; MELLO, C. R. de. Dinâmica da água em áreas de recarga de nascentes em dois ambientes na Região Alto Rio Grande, Minas Gerais. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 1, p. 59-67, jan./fev. 2020.

PROSSER, C.; MURPHY, M.; LARWOOD, J. **Geological Conservation: a Guide to Good Practice**. Peterborough: English Nature, 2006.

SHARPLES, C. **A methodology for the identification of significant landforms and geological sites for geoconservation purposes**. Tasmania: Forestry Commission, 1993.

SIMIĆ, S.; GAVRILOVIĆ, B.; ŽIVKOVIĆ, N.; GAVRILOVIĆ, Lj. Protection of Hydrological Heritage Sites of Serbia – Problems and Perspectives. **Geographica Pannonica**, v. 16, n. 3, p. 84-93, sep. 2012.

UNESCO. Programa Internacional de Geociências e Geoparques. **Geoparques Globais da UNESCO**. Disponível em: <https://www.unesco.org/en/igpp/geoparks/about>. Acesso em: 11 jun. 2023.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

*Andreza Tacyana Felix Carvalho*

*Filipe da Silva Peixoto*

*Jacimária Fonseca de Medeiros*

O Complexo Serrano Martins-Portalegre, situado no Semiárido do Brasil, no Estado do Rio Grande do Norte, apresenta uma notável riqueza hídrica, contrastando com o clima predominante. Nesta obra, ao se caracterizar doze Locais de Interesse Hidrológico (LIH) na área, destaca-se a importância do Complexo enquanto detentor de um Patrimônio hidrológico, intrinsecamente influenciado pela geologia e geomorfologia local. Essa particularidade é responsável direta pela recarga dos aquíferos e a dinâmica de suas nascentes e cursos d'água.

Apesar do inegável potencial dos LIH nos âmbitos científico, educacional, estético e ambiental, que os qualifica como um valioso patrimônio hidrológico e um atrativo espaço para o turismo e a educação ambiental, conforme a metodologia de Foletto e Costa (2021), nem todos esses LIH se enquadram na categoria de hidrossítios. A qualidade da água e as práticas de uso do solo no entorno revelam desafios que exigem atenção, especialmente quando se trata de enquadrá-los enquanto Hidrossítios.

Nesse contexto, a gestão sustentável do turismo emerge como uma prioridade. A minimização dos impactos negativos e a maximização dos benefícios para a comunidade local demandam a implementação de medidas de preservação e manejo que promovam atividades e ações alinhadas com essa visão. Em virtude disso, o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação do Patrimônio Hidrológico que comporte as características ambientais, sociais e econômicas de áreas como essas, pode trazer resultados ainda mais direcionados, que podem refletir de forma mais fiel à realidade, e inclusive, para dar suporte à implementação de Políticas públicas especiais.

Para o futuro, ressalta-se, ainda, que se faz importante a realização de estudos mais aprofundados sobre a dinâmica hidrológica dos LIH, considerando a influência da geologia e geomorfologia na recarga e descarga dos aquíferos e na qualidade da água. A implementação de um sistema de monitoramento contínuo da qualidade da água e a criação de um plano de manejo para a região são medidas essenciais para garantir a preservação dos LIH e o desenvolvimento sustentável da comunidade local.

## *AGRADECIMENTOS*

Os autores agradecem o suporte financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que foi fundamental para a realização deste trabalho. Este apoio foi concedido por meio dos projetos PDPG-POSDOC / Programa de Desenvolvimento da Pós-Graduação (PDPG) Pós-Doutorado Estratégico (2912/2022 / 88881.691894/2022-01) e AUXPE DS Estaduais (0900/2022 / 88881.719864/2022-01).

# SOBRE OS AUTORES

## **Andreza Tacyana Felix Carvalho**

Bacharel em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Mestre e Doutora em Engenharia Civil na área de Recursos Hídricos e Tecnologia Ambiental pela UFPE. É professora adjunta do Departamento de Geografia da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - Campus Avançado Pau dos Ferros (Uern-CAPF), e da Pós-graduação em Geografia (PPGeo) da UERN. Atua como membro do Núcleo de Estudos Geoambientais e Cartográficos (Negecart) e do Grupo de Pesquisa Espaço, Ensino e Geografia (Gepeeg), ambos da UERN, e do Grupo de Recursos Hídricos (GRH) da UFPE, tendo estudos voltados à Hidrogeografia com ênfase em sistemas fluviais e eventos extremos de chuvas, planejamento urbano e ensino de Geografia Física.

## **Bárbara Crislaine Gomes Jó**

Graduada em Licenciatura em Geografia e Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGeo) da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (Uern). É membro do Núcleo de Estudos Geoambientais e Cartográficos (Negecart) da Uern e desenvolve estudos relacionados ao patrimônio hidrológico.

## **Filipe da Silva Peixoto**

Geógrafo, mestre e doutor em Hidrogeologia e Gestão de Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Ceará (UFC). É professor do Departamento de Geografia da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) e professor permanente dos Programas de Pós-Graduação em Geografia (PPGeo) e em Ciências Naturais (PPGCN) da UERN. Além disso, é membro do Grupo de Pesquisa em Geografia Física do Semiárido (Geofisa), dedicando seus estudos à Hidrogeografia e Hidrogeologia, atuando principalmente nos seguintes temas: gestão de recursos hídricos no semiárido, águas urbanas, geoprocessamento aplicado aos recursos hídricos e à qualidade sanitária, segurança hídrica e conflitos pelo uso da água.

## **Larissa Silva Queiroz**

Graduada em Licenciatura em Geografia e Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGeo) da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (Uern). É membro do Núcleo de Estudos Geoambientais e Cartográficos (Negecart) da Uern e desenvolve estudos com ênfase na Análise Integrada da Paisagem, Compartimentação Geoambiental, Geodiversidade e Geoprocessamento.

### **Jacimária Fonseca de Medeiros**

Licenciada em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (Uern) e Doutora em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). É professora adjunta do Departamento de Geografia da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), atuando no Campus Avançado de Pau dos Ferros (CAPF) e no Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGeo). Integra também o Núcleo de Estudos Geoambientais e Cartográficos (Negecart), desenvolvendo pesquisas voltadas para a Geografia Física, com ênfase em estudos sobre Análise Sistêmica, Brejos de Altitude do Nordeste brasileiro, caracterizações climáticas regionais e locais, e Geodiversidade.

### **Wendson Dantas de Araújo Medeiros**

Geógrafo (Bacharel e Licenciado pela UFRN), Doutor em Geografia pela Universidade de Coimbra (Portugal) e Mestre em Geociências pela UFRN. É professor adjunto do Departamento de Gestão Ambiental e do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGeo) da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), e investigador do Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT - Portugal), do Grupo de Estudos em Gestão Ambiental (UERN) e do Grupo de Pesquisa em Geomorfologia e Gestão dos Riscos Naturais (UFPB). Atua nas áreas de Meio Ambiente e Geografia Física, com ênfase em análise, planejamento e gestão ambiental; dinâmica da paisagem, impactos ambientais e riscos de desastres; Geodiversidade, Patrimônio geomorfológico, Geoturismo e Geoparques.