



INVESTIGAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SITUADAS NAS NASCENTES DA CHAPADA DO ARARIPE ATRAVÉS DA ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS

INVESTIGATION OF THE WATER QUALITY IN NATURAL SPRINGS OF CHAPADA DO ARARIPE THROUGH CORRELATION ANALYSIS AMONG PHYSICAL, CHEMICAL, AND BIOLOGICAL PARAMETERS

INVESTIGACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN MANANTIALES NATURALES DE LA CHAPADA DO ARARIPE MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS

Vanessa Coelho Vieira¹, Celme Torres Ferreira da Costa², Paulo Roberto Lacerda Tavares², Rosilda Benício de Souza²

e494118

<https://doi.org/10.47820/recima21.v4i9.4118>

PUBLICADO: 09/2023

RESUMO

A maior parte da água superficial dos corpos de água é garantida pela contribuição das águas subterrâneas. Na Região do Cariri Cearense, a Bacia Sedimentar do Araripe têm grandes reservas de água subterrânea que são extraídas de nascentes e poços tubulares, impulsionando o desenvolvimento socioeconômico, ao ser utilizada por comunidades e indústrias. Esse trabalho visa auxiliar no gerenciamento dos recursos hídricos do Cariri através da análise da correlação ou grau de associação dos parâmetros físico-químicos e biológicos que caracterizam a qualidade da água das nascentes da região. A base de dados foi obtida do estudo realizado pela gerência da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará (COGERH) da Bacia do Salgado que mensurou oito parâmetros (Nitrogênio Amoniacal, Nitrito, Nitrato, Coliformes Totais, Condutividade Elétrica, Sólidos Totais Dissolvidos, pH e Temperatura) durante 6 campanhas realizadas em 2018 e em 2019, nos períodos Chuvoso, Intermediário e Seco. A matriz de correlação de Pearson mostrou 41,3% de correlações fortes e moderadas. Há correlações fortes e positivas entre CE e STD, nitrito e STD, nitrito e CE e coliformes totais e nitrito. Foi destacada a presença de substâncias ionizadas e a possível presença de contaminantes fecais (especialmente no período chuvoso), tornando um potencial risco à saúde dos consumidores.

PALAVRAS-CHAVE: Hidrologia Estatística. Fontes. Água Subterrânea.

ABSTRACT

The majority of surface water in bodies of water is ensured by the contribution of groundwater. In the Cariri region of Ceará, the Araripe Sedimentary Basin holds significant reserves of groundwater that are extracted from springs and tubular wells, driving socioeconomic development as it is used by communities and industries. This work aims to assist in the management of water resources in Cariri through the analysis of the correlation or degree of association of the physical-chemical and biological parameters that characterize the water quality of the region's springs. The database was obtained from a study conducted by the management of the Water Resources Management Company of Ceará (COGERH) of the Salgado Basin, which measured eight parameters (Ammoniacal Nitrogen, Nitrite, Nitrate, Total Coliforms, Electrical Conductivity, Total Dissolved Solids, pH, and Temperature) during six campaigns carried out in 2018 and 2019, in the Rainy, Intermediate, and Dry periods. The Pearson correlation matrix showed 41.3% strong and moderate correlations. There are strong and positive correlations between EC and TDS, nitrite and TDS, nitrite and EC, and total coliforms and nitrite. The presence of ionized substances and the possible presence of fecal contaminants (especially in the rainy period) were highlighted, posing a potential risk to consumer health. The oxidation processes in conjunction with organic or inorganic nitrogen associated with substances present in the total

¹ Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Cariri (UFCA).

² Docente da Universidade Federal do Cariri (UFCA) vinculada (o) ao Centro de Ciências e Tecnologia (CCT).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

INVESTIGAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SITUADAS NAS NASCENTES DA CHAPADA DO ARARIPE ATRAVÉS DA ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS
Vanessa Coelho Vieira, Celme Torres Ferreira da Costa, Paulo Roberto Lacerda Tavares, Rosilda Benício de Souza

dissolved solids were also prominent, influencing nitrite and total solids levels in the water and directly affecting water quality changes.

KEYWORDS: *Statistical Hydrology. Sources. Groundwater.*

RESUMEN

La mayor parte del agua superficial de los cuerpos de agua está garantizada por la contribución de las aguas subterráneas. En la Región del Cariri Cearense, la Cuenca Sedimentaria del Araripe cuenta con grandes reservas de agua subterránea que se extraen de manantiales y pozos tubulares, impulsando el desarrollo socioeconómico al ser utilizada por comunidades e industrias. Este trabajo tiene como objetivo ayudar en la gestión de los recursos hídricos del Cariri mediante el análisis de la correlación o grado de asociación de los parámetros físico-químicos y biológicos que caracterizan la calidad del agua de los manantiales de la región. La base de datos se obtuvo del estudio realizado por la gerencia de la Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará (COGERH) de la Cuenca del Salgado, que midió ocho parámetros (nitrógeno amoniacal, nitrito, nitrato, coliformes totales, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, pH y temperatura) durante 6 campañas realizadas en 2018 y 2019, en los períodos lluvioso, intermedio y seco. La matriz de correlación de Pearson mostró un 41,3% de correlaciones fuertes y moderadas. Hay correlaciones fuertes y positivas entre CE y STD, nitrito y STD, nitrito y CE, y coliformes totales y nitrito. Se destacó la presencia de sustancias ionizadas y la posible presencia de contaminantes fecales (especialmente en el período lluvioso), lo que representa un riesgo potencial para la salud de los consumidores.

PALABRAS CLAVE: *Hidrología Estadística. Fuentes. Agua Subterránea.*

1 INTRODUÇÃO

Localizada na Região do Cariri Cearense, a Bacia Sedimentar do Araripe abriga um cenário de grandes reservas de água subterrânea em um local de clima semiárido na qual a disponibilidade hídrica superficial geralmente é baixa. As águas subterrâneas impulsionam o desenvolvimento socioeconômico da região através da exploração pelas comunidades e indústrias do Cariri, sendo o seu uso possibilitado pela extração através de poços tubulares e de nascentes (Zoby *et al.*, 2004; VERÍSSIMO *et al.*, 2000).

As nascentes (ou fontes naturais), além de terem extrema influência na manutenção do ciclo hidrológico, aparecem como opção para o abastecimento humano devido o bom estado de qualidade das águas que geralmente se encontram, que em suas condições ideais é influenciado por aspectos geológicos, hidrogeológicos e geomorfológicos. Desse modo, consideram-se uma alternativa para atender a população, principalmente em lugares nos quais a disponibilidade de água superficial é pequena, tanto em quantidade física como em qualidade (Harini *et al.*, 2018; Hoogesteger *et al.*, 2015).

Apesar da presença de excelentes aquíferos na Chapada do Araripe, fatores como o desmatamento crescente, a deficiência no saneamento básico, a poluição decorrente de atividades agrícolas e de atividades industriais vêm contribuindo para alteração do estado de qualidade da água das nascentes da região (Gomes *et al.*, 2007). Nessa perspectiva, o monitoramento periódico dos parâmetros físico-químicos e biológicos se faz um ponto importante no auxílio a gestão de qualidade



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

INVESTIGAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SITUADAS NAS NASCENTES DA CHAPADA DO ARARIPE ATRAVÉS DA ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS
Vanessa Coelho Vieira, Celme Torres Ferreira da Costa, Paulo Roberto Lacerda Tavares, Rosilda Benício de Souza

das águas, visto que através desse, pode-se traçar estratégias a fim de ter um melhor controle sobre os processos existentes nos diferentes ambientes hidrográficos.

Um monitoramento espaço temporal da água, realizado de modo eficiente, envolve a determinação de muitas características da água em vários locais e períodos, o que implica na geração de um grande volume de dados, tornando o processo mais complexo e oneroso. Nesse contexto se constitui como um passo indispensável para investigações mais complexas (como por exemplo a análise fatorial através da análise de componentes principais (ACP)), a investigação do grau de associação entre os parâmetros que caracterizam a qualidade da água.

Este trabalho tem como objetivo geral auxiliar no gerenciamento dos recursos hídricos da região do Cariri Cearense através da análise da correlação ou grau de associação, dos parâmetros físicos, químicos e biológicos que caracterizam a qualidade de água das fontes naturais da Chapada do Araripe. Serão considerados ao longo da análise os processos que podem estar ocorrendo devido as associações existentes, o que fornece um diagnóstico que pode direcionar melhor a gestão para futuras tomadas de decisão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Nascentes

Nascentes ou fontes naturais, são conceitualmente, “um sistema ambiental em que o afloramento da água subterrânea ocorre naturalmente de modo temporário ou perene, integrando à rede de drenagem superficial” (Felippe; Magalhães Jr., 2009, p. 99).

As nascentes estão situadas em encostas ou em partes mais rebaixadas do terreno, ou ainda no mesmo nível onde a água flui, podendo ser de fluxo contínuo (ou perene), temporárias (que têm fluxo nos períodos de cheia) ou efêmeras (surgem durante uma chuva e permanecem no período de horas ou dias) (Calheiros *et al.*, 2004).

Além dos diversos usos da água da qual pode ser destinada, as nascentes têm grande relevância dentro da hidrogeologia das águas subterrâneas. A análise de hidrogramas de descarga de nascente se constitui em um importante meio que pode revelar informações úteis sobre o aquífero drenado por estas (Kresic, 2006). Nesse mesmo sentido, Feitosa (2008) destaca a caracterização das nascentes como um dos pontos de água que podem ser levantados em um inventário quando se pretende recolher informações quantitativas acerca de um determinado aquífero.

2.1.1 Disponibilidade hídrica das nascentes

A encosta da Chapada do Araripe apresenta surgências de água subterrânea, em pontos coincidentes com fraturas e falhas geológicas, condicionadas também pela zona de contato entre o Sistema Aquífero Superior (Formações Exu e Arajara) e o Aquíclode Santana. Essas nascentes, um total de 240 mapeadas, drenam a porção norte-nordeste da Bacia Sedimentar do Araripe, sendo um total de 80 surgências monitoradas pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH). A



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

INVESTIGAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SITUADAS NAS NASCENTES DA CHAPADA DO ARARIPE ATRAVÉS DA ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS
Vanessa Coelho Vieira, Celme Torres Ferreira da Costa, Paulo Roberto Lacerda Tavares, Rosilda Benício de Souza

Figura 1 apresenta a fonte Riacho do Meio, uma das fontes naturais monitoradas, localizada no município de Barbalha.

Figura 1 – Fonte Riacho do Meio (localizada em Barbalha)



Disponível em: <<https://portal.cogerh.com.br/fontes-do-cariri-cogerh-avanca-nos-estudos-de-monitoramento-de-vazao/>>

No Relatório de cadastramento de usuários realizado pela COGERH entre os meses de março e agosto de 2018, foi registrado uso das águas para o abastecimento humano, para a dessedentação animal, para a irrigação, para o uso industrial e para a piscicultura. No total foram entrevistados 496 usuários, entretanto durante essa investigação alguns usuários não sabiam responder se tinham ou não outorga da referida fonte da qual consumiam.

2.2 Qualidade da água

A Resolução do CONAMA nº 396 de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e a Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017, que dispõe sobre procedimentos de controle e de vigilância de qualidade da água para consumo humano e potabilidade fazem parte do conjunto de leis que estabelecem parâmetros toleráveis para que uma água seja considerada de boa qualidade. Nesse viés, é necessário investigar se a composição química, física e bacteriológica da água a torna com características exigidas para a sua finalidade.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

INVESTIGAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SITUADAS NAS NASCENTES DA CHAPADA DO ARARIPE ATRAVÉS DA ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS
Vanessa Coelho Vieira, Celme Torres Ferreira da Costa, Paulo Roberto Lacerda Tavares, Rosilda Benício de Souza

Parâmetros, dentre os quais se destacam o Potencial Hidrogeniônico (pH), Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Condutividade Elétrica (CE), Temperatura (°C), algumas formas do nitrogênio (nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato), coliformes totais e *escherichia coli* são determinantes para a investigação dessas características, sendo esses mensurados parte *in loco* e parte em laboratório.

2.3 Correlação de Pearson

O coeficiente de correlação de Pearson (r) é uma medida de associação linear entre variáveis e varia de -1 a 1. O sinal indica direção positiva ou negativa do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis. Isso é obtido pela equação:

$$r = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 \sum_i (y_i - \bar{y})^2}}$$

Em que \bar{x} e \bar{y} são as médias amostrais do conjunto de dados.

Callegari-Jacques (2003) classifica:

0,3 < $|r|$ ≤ 0,6, para correlação moderada;

0,6 < $|r|$ ≤ 0,9, para correlação forte.

Hair *et al.*, (2009) apontam um coeficiente de correlação inferior a 0,3 como indicador de correlação baixa. É possível verificar a significância da correlação ao realizar o teste de correlação de Pearson atribuindo um p-valor a partir do qual serão significativas as correlações cujo valor de p forem inferiores ao mesmo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

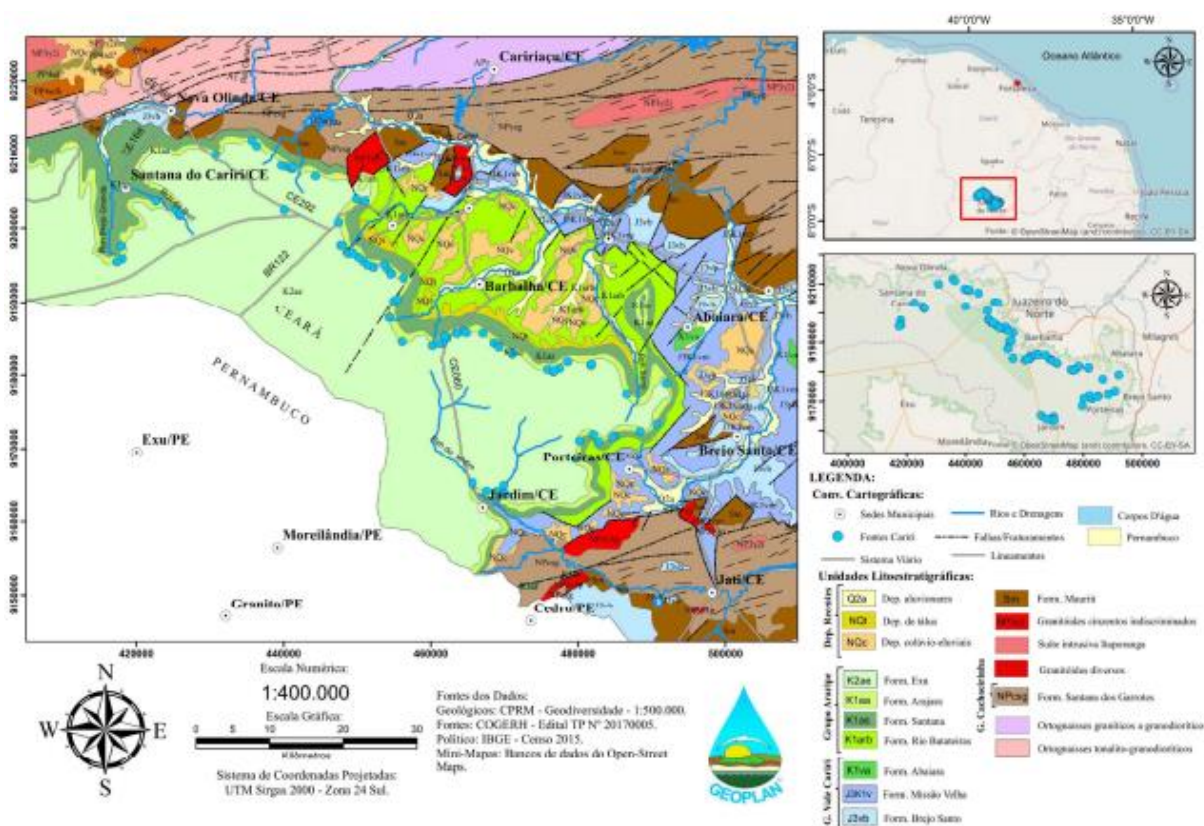
Os municípios do estado do Ceará: Barbalha, Brejo Santo, Crato, Jardim, Missão Velha, Nova Olinda, Porteiras, e Santana do Cariri estão localizados na Bacia Sedimentar do Araripe, onde é explotada água dos Sistemas Aquíferos Médio e Inferior para abastecer a região. Nestes municípios somam-se 80 nascentes monitoradas pela COGERH, como apresentado na Figura 2.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

INVESTIGAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SITUADAS NAS NASCENTES DA CHAPADA DO ARARIPE ATRAVÉS DA ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS
Vanessa Coelho Vieira, Celme Torres Ferreira da Costa, Paulo Roberto Lacerda Tavares, Rosilda Benício de Souza

Figura 2 – Mapa de Localização das nascentes do Cariri



Disponível em: < <https://portal.cogerh.com.br/uploads-direct/Relatório%20de%20Cadastramento%20de%20Usuários.pdf>>.

3.2 Coleta de Dados

Os dados coletados são de natureza secundária e foram extraídos do Relatório Final de Tratamento e Consistência de Dados Qualitativos (2020) das fontes naturais da Chapada do Araripe, estudo que foi realizado pela gerência da COGERH da Bacia do Salgado. As informações foram organizadas considerando os diferentes períodos (Seco – 1ª Campanha e 4ª Campanha, Intermediário – 2ª Campanha e 5ª Campanha e Chuvoso – 3ª Campanha e 6ª Campanha) dos anos de 2018 e 2019 em que foram realizadas as 6 campanhas que mediram, de cada uma das 80 fontes naturais, os parâmetros: Nitrogênio Amoniacal, Nitrito, Nitrato, Coliformes Totais, Condutividade Elétrica (CE), Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Potencial Hidrogeniônico (pH) e Temperatura (°C). O estudo foi conduzido com os valores médios das observações de cada período.

3.3 Estatística Descritiva

A partir dos dados tabulados no Software Microsoft Excel foi obtida através de análise realizada no *RStudio* a estatística descritiva com média, mediana, desvio padrão, mínimo, máximo e coeficiente de variação.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

INVESTIGAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SITUADAS NAS NASCENTES DA CHAPADA DO ARARIPE ATRAVÉS DA ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS
Vanessa Coelho Vieira, Celme Torres Ferreira da Costa, Paulo Roberto Lacerda Tavares, Rosilda Benício de Souza

3.4 Análise do grau de associação dos parâmetros

A análise do grau de associação entre os parâmetros de qualidade da água foi verificada através da construção da matriz de correlação de Pearson. Inicialmente, os dados que foram anteriormente dispostos em tabelas foram padronizados, a fim de evitar erros de escala e após isso foram introduzidos no ambiente *RStudio*, que forneceu a matriz de correlação dos parâmetros. Para verificar a significância das correlações foi aplicado o teste de correlação de Pearson.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Coleta dos dados

As 80 nascentes do estudo (Tabela 1), estão localizadas nos municípios de Crato, Barbalha, Missão Velha, Nova Olinda, Santana do Cariri, Jardim, Porteiras e Brejo Santo, no estado do Ceará.

Tabela 1 – Fontes naturais monitoradas pela COGERH

Município	Quantidade	Nome da(s) Fonte (s)
Barbalha	23	Bananeira, Bom Jesus, Camelo, Céu, Cocos, Criolo, Embiribeira, Farias, Flores, Guaribas, João Coelho, Mundes I, Mundes II, Olho d'água da Pedra, Pau Caído, Poldo, Riacho do Meio, Rocha, Saco dos Machados I, Saco dos Machados II, Santa Rita II, São Joaquim, Solzinho
Brejo Santo	2	Manuel Teles, Salva Terra
Crato	25	Água Fria, Água Grande, Batateira, Brejinho, Buriti, Caianas, Coqueiro I, Coqueiro II, Do Chico, Do Podre, Doutor Valdir, Engenho da Serra, Engenho Velho, Fábrica, Ferreiro, Granjeiro, Mangerona, Piriipi, Preguiça, Samambaia, Santa Cruz I, Santa Cruz II, Serrano, Trindade, Vale Verde
Jardim	6	Boa Vista, Boca da Mata, Cabeça de Nego, Cafundó II, Gravatá, Laranjeiras
Missão Velha	9	Monte Alegre, Pendência, Piedade, Santa Rosa, São Valentim de Cima, Serra do Mato, Solidão, Tremedor, Valentim-Extrema
Nova Olinda	1	Olho d'água
Porteiras	7	Do Arlindo, Laranjeiras, Sítio Massapê, Sítio Mata II, Sítio Saco, Sítio Santo Antônio, Sítio Saquinho
Santana do Cariri	7	Boqueirão, Brejo Grande, Sítio Azedo, Sítio Gitó, Sítio Leal I, Sítio Prata, Sítio Roncador

Elaborada pelos autores (2023)



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

INVESTIGAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SITUADAS NAS NASCENTES DA CHAPADA DO ARARIPE ATRAVÉS DA ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS
Vanessa Coelho Vieira, Celme Torres Ferreira da Costa, Paulo Roberto Lacerda Tavares, Rosilda Benício de Souza

4.2 Estatística Descritiva

As nascentes têm sua estatística descritiva para os períodos Chuvoso, Intermediário e Seco apresentadas na tabela 2.

Tabela 2 – Estatística Descritiva das Fontes Naturais

Período	Parâmetro	STD (mg/l)	pH	CE (µS/cm)	Temp. (°C)	Nitrato (mg N-NO ₃ ⁻ /L)	Nitrito (mg N-NO ₂ ⁻)	Nitrogênio Amoniacal (mg N-NH ₃ /L)	Coliformes Totais (NMP/100mL)
Chuvoso (2018 e 2019)	Mín	6,775	4,200	12,555	21,550	0,100	0,010	0,100	25,200
	Máx	58,500	6,545	116,000	26,200	0,589	0,020	0,665	127275,000
	Méd	15,233	5,125	29,903	24,621	0,129	0,010	0,130	4126,531
	Me	12,500	4,955	25,250	24,875	0,100	0,010	0,100	1555,550
	DP	8,959	0,475	17,160	1,017	0,077	0,001	0,094	14305,312
	CV (%)	58,815	9,268	57,386	4,130	59,445	12,208	72,186	346,667
Período	Parâmetro	STD (mg/l)	pH	CE (µS/cm)	Temp. (°C)	Nitrato (mg N-NO ₃ ⁻ /L)	Nitrito (mg N-NO ₂ ⁻)	Nitrogênio Amoniacal (mg N-NH ₃ /L)	Coliformes Totais (NMP/100mL)
Intermediário (2018 e 2019)	Mín	6,500	4,590	12,500	21,900	0,100	0,010	0,100	14,500
	Máx	48,500	6,260	98,000	26,750	0,740	0,010	0,530	34984,850
	Méd	14,594	5,161	29,144	24,609	0,126	0,010	0,122	2802,148
	Me	13,000	5,053	25,750	24,800	0,100	0,010	0,100	1389,550
	DP	7,306	0,390	14,619	1,094	0,088	0,000	0,082	5073,019
	CV (%)	50,062	7,558	50,161	4,445	70,110	0,000	66,838	181,040
Período	Parâmetro	STD (mg/l)	pH	CE (µS/cm)	Temp. (°C)	Nitrato (mg N-NO ₃ ⁻ /L)	Nitrito (mg N-NO ₂ ⁻)	Nitrogênio Amoniacal (mg N-NH ₃ /L)	Coliformes Totais (NMP/100mL)
Seco (2018 e 2019)	Mín	6,000	4,525	13,000	22,750	0,100	0,010	0,100	1,500
	Máx	62,500	6,265	123,500	26,950	0,880	0,095	0,835	71239,950
	Méd	14,538	5,174	29,025	25,136	0,124	0,011	0,157	4162,356
	Me	13,000	5,058	25,750	25,285	0,100	0,010	0,100	1701,850
	DP	8,545	0,395	16,811	0,911	0,099	0,010	0,120	9287,698
	CV (%)	13,000	7,644	57,919	3,626	79,512	85,905	76,699	223,136

Legenda – Mín: Mínimo; Máx: Máximo, Média: Méd; Mediana: Me; DP: Desvio Padrão; CV: Coeficiente de Variação.

Elaborada pelos autores (2023)

As maiores médias dos parâmetros corresponderam ao período seco, exceto para os parâmetros CE, Nitrato e Nitrito. Neste último, as médias se mantiveram iguais para os três períodos.

Analisando o coeficiente de variação, os parâmetros apresentaram dispersão crescente na seguinte ordem: Temperatura, pH, Nitrito, CE, STD, Nitrato, Nitrogênio Amoniacal e Coliformes Totais para o Período Seco. Nitrito, Temperatura, pH, STD, CE, Nitrogênio Amoniacal, Nitrato e Coliformes Totais para o Período Intermediário. Temperatura, pH, STD, CE, Nitrogênio Amoniacal, Nitrato, Nitrito e Coliformes Totais para o Período Chuvoso.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

INVESTIGAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SITUADAS NAS NASCENTES DA CHAPADA DO ARARIPE ATRAVÉS DA ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS
Vanessa Coelho Vieira, Celme Torres Ferreira da Costa, Paulo Roberto Lacerda Tavares, Rosilda Benício de Souza

Observa-se que dos parâmetros apenas o pH e a temperatura não apresentaram grandes coeficientes de variação para as fontes naturais em algum dos três períodos. Para STD, CE, Nitrato, Nitrogênio Amoniacal, Nitrito e Coliformes Totais os coeficientes variaram entre 13% e 346,67%. Especificamente o parâmetro de Coliformes Totais apresentou valores de desvio padrão superiores à média nos três períodos, o que reforça a grande variabilidade entre as medições das amostras. Em relação ao parâmetro nitrito medido no período seco, apenas uma fonte natural (Salva Terra, em Brejo Santo) foi responsável pela variabilidade em relação à média das amostras.

4.3 Análise do grau de associação dos parâmetros

A extração da matriz de correlação dos dados padronizados possibilitou a identificação da associação entre os parâmetros, o que auxilia a revelar a tendência geral dos dados, assim como também quais deles têm mais relevância para a proposta deste estudo.

Tabela 3 – Matriz de Correlação de Pearson dos parâmetros de qualidade

	Parâmetros	STD	pH	CE	Temperatura	Nitrato	Nitrito	Nitrogênio Amoniacal	Coliformes Totais
Período Chuvoso (2018 e 2019)	STD	1,00							
	pH	-0,04	1,00						
	CE	0,99*	-0,03	1,00					
	Temperatura	-0,09	-0,49*	-0,11	1,00				
	Nitrato	0,30*	-0,09	0,28	0,09	1,00			
	Nitrito	-0,04	0,16	-0,03	0,01	-0,06	1,00		
	N. Amoniacal	0,45*	0,45*	0,48*	-0,38*	-0,10	0,35*	1,00	
	Col. Totais	0,01	0,25	0,02	0,05	-0,02	0,88*	0,45*	1,00
Período Intermediário (2018 e 2019)	STD	1,00							
	pH	0,13	1,00						
	CE	0,99*	0,11	1,00					
	Temperatura	-0,09	-0,46*	-0,11	1,00				
	Nitrato	0,32*	-0,15	0,33*	0,05	1,00			
	Nitrito	-	-	-	-	-	-		
	N. Amoniacal	0,44*	0,23	0,45*	-0,40*	-0,07	-	1,00	
	Col. Totais	0,44*	0,22	0,44*	-0,32*	0,26	-	0,44*	1,00
Período Seco (2018 e 2019)	STD	1,00							
	pH	0,14	1,00						
	CE	1,00*	0,14	1,00					
	Temperatura	0,12	-0,45*	0,13	1,00				
	Nitrato	0,32*	-0,03	0,31*	0,06	1,00			
	Nitrito	0,64*	0,12	0,64*	0,00	-0,03	1,00		
	N. Amoniacal	0,37*	0,21	0,32*	-0,26	0,10	0,29	1,00	-
Col. Totais	-	-	-	-	-	-	-	-	

Legenda: * Correlações moderadas e fortes. (–) correlações não significativas

Elaborada pelos autores (2023)



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

INVESTIGAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SITUADAS NAS NASCENTES DA CHAPADA DO ARARIPE ATRAVÉS DA ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS
Vanessa Coelho Vieira, Celme Torres Ferreira da Costa, Paulo Roberto Lacerda Tavares, Rosilda Benício de Souza

A matriz de correlação de Pearson é apresentada na Tabela 3 apenas com os valores significativos de correlação indicados anteriormente (valores acima de 0,30) em destaque. Nestes foram aplicados o teste de correlação de Pearson a um nível de significância de 5%. Os parâmetros nitrito (no período intermediário) e coliformes totais (no período seco) apresentaram correlações fracas com todos os demais parâmetros, não sendo levado em consideração na análise. Dos 70 coeficientes de correlação, 29 (41,3%) mostram-se significativos, sendo 6 deles (20,7%) que indicam correlações consideradas fortes (coeficientes superiores a 0,6) e 23 (79,3%) que indicam correlações moderadas (coeficientes superiores a 0,3).

As correlações fortes (positivas) no período chuvoso são entre os parâmetros condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos (+0,99) e coliformes totais e nitrito (+0,88). A primeira sugere que a presença de algumas substâncias presentes na água pode estar contribuindo para a capacidade da água de transmitir eletricidade e se trata de uma correlação coerente visto que um parâmetro está diretamente ligado ao outro. A última pode indicar a presença de contaminação fecal, possivelmente proveniente de escoamento de esgoto, escoamento agrícola ou ainda de outras atividades. O nitrito, em altas concentrações, pode ser tóxico para os seres humanos e animais. Logo, uma correlação forte entre coliformes totais e nitrito no período chuvoso (no qual há alterações ambientais como o aumento do escoamento superficial, lavagem de poluentes presentes no solo, transporte de sedimentos e aumento da atividade biológica) pode sugerir um potencial risco à saúde associado à qualidade da água da nascente durante essa época.

No período seco há correlação forte do nitrito com os sólidos totais dissolvidos e com a condutividade elétrica, ambas positivas e com o valor de 0,64 e ainda há correlação forte entre os parâmetros sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica (+1,00). A presença do nitrito na água pode ser proveniente de processos de oxidação de nitrogênio orgânico ou inorgânico. Visto que os sólidos totais dissolvidos podem conter matéria orgânica, nutrientes e compostos inorgânicos que podem ser oxidados, é possível que os processos de oxidação estejam ocorrendo em conjunto e influenciando os níveis dessas substâncias na água. Sendo a condutividade elétrica associada a presença de íons na água ela tem relação direta com esses processos. O período intermediário apresentou apenas uma correlação forte: entre sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica (+0,99).

5 CONSIDERAÇÕES

Nesse estudo, a técnica aplicada auxiliou uma melhor compreensão sobre a associação dos parâmetros, bem como dos processos que interferem na qualidade das nascentes da Chapada do Araripe, gerando novas perspectivas acerca dos resultados das campanhas de monitoramento realizadas pela COGERH nos anos de 2018 e 2019, além de fornecer uma visão do modelo de dados para futuras análises a serem realizadas.

Dos 70 coeficientes de correlação, 29 (41,3%) indicaram correlações fortes e moderadas. Há correlações fortes e positivas entre STD e CE, nitrito e STD, nitrito e CE e coliformes totais e nitrito.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

INVESTIGAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SITUADAS NAS NASCENTES DA CHAPADA DO ARARIPE ATRAVÉS DA ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS
Vanessa Coelho Vieira, Celme Torres Ferreira da Costa, Paulo Roberto Lacerda Tavares, Rosilda Benício de Souza

Com base nas associações foi destacado a presença de substâncias ionizadas, bem como a possível presença de contaminantes fecais (essa especialmente no período chuvoso), o que se torna um potencial risco a saúde dos consumidores das águas. Também teve destaque os processos de oxidação em conjunto de nitrogênio orgânico ou inorgânico associado com as substâncias presentes nos sólidos totais dissolvidos, que influenciam os níveis de nitrito e de sólidos totais presentes nas águas, podendo influenciar diretamente nas alterações de qualidade da água.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Portaria n. 396, de 07 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, v.66, p. 64-68, 07 abr. 2008, Seção 1. Disponível em: www.conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema. Acesso em: 12 set. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017**. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Diário Oficial da União, v. 1, p. 360-360, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/sectics/daf/pnpmf/orientacao-ao-prescritor/Publicacoes/portaria-de-consolidacao-no-5-de-28-de-setembro-de-2017.pdf/view>. Acesso em 12 set. 2022.

CALHEIROS, R. de O. *et al.* **Preservação e recuperação das nascentes**. Piracicaba: Comitê das Bacias hidrográficas dos rios PCJ-CTRN, 2004. Disponível em: www.saf.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/CartilhaNascentes.pdf. Acesso em 03 ago. 2022.

CALLEGARI-JACQUES, S.M. **Bioestatística: Princípios e aplicações**. Porto Alegre, Artmed, 2003. 255 p.

COGERH – COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS. **Produto 02 – Relatório de Cadastramento de Usuários de Fontes**, Ceará, Fortaleza-CE, 2019. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/cadastramento-de-usuarios-e-medicoes-de-vazao-de-fontes-de-agua-naturais-da-regiao-do-cariri/>. Acesso em: 07 ago. 2022.

COGERH – COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS. **Produto 16 – Relatório Final de Consistência e Tratamento de Dados Qualitativos**, Ceará, Fortaleza-CE, 2020. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/cadastramento-de-usuarios-e-medicoes-de-vazao-de-fontes-de-agua-naturais-da-regiao-do-cariri/>. Acesso em: 07 ago. 2022.

FEITOSA, Fernando A. Carneiro *et al.* **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. CPRM, 2008.

FELIPPE, Miguel Fernandes. **Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte-MG com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais**. 2009. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2009. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/MPBB-83CPWN>. Acesso em: 06 set. 2022.

GOMES, Maria da Conceição Rabelo *et al.* Similaridade de atributos físico-químicos com uso de análise multivariada aplicada à gestão qualitativa de águas subterrâneas. **Geosciences = Geociências**, v. 36, n. 2, p. 325-337, 2017. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/12591>. Acesso em: 24 out. 2022.

HAIR, J. F. *et al.* **Análise Multivariada de Dados**. [S. l.: s. n.], 2009.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

INVESTIGAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SITUADAS NAS NASCENTES DA CHAPADA DO ARARIPE ATRAVÉS DA ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS
Vanessa Coelho Vieira, Celme Torres Ferreira da Costa, Paulo Roberto Lacerda Tavares, Rosilda Benício de Souza

HARINI, P. *et al.* Regional groundwater assessment of Krishna River basin using integrated GIS approach. **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, v. 46, n. 9, p. 1365-1377, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12524-018-0780-4>. Acesso em: 15 ago. 2022.

HOOGESTEGER, J.; WESTER, P. Intensive groundwater use and (in) equity: Processes and governance challenges. **Environmental science & policy**, v. 51, p. 117-124, 2015. Disponível em: <https://pdf.sciencedirectassets.com/271991/1-s2.0-S1462901115X00049/1-s2.0-S1462901115000714/main.pdf>. Acesso em: 10 out. 2022.

KRESIC, Neven. **Hydrogeology and groundwater modeling**. Curitiba: CRC press, 2006.

VERÍSSIMO, L. S.; CAVALCANTE, I. N. As Águas Subterrâneas do Crajubar, Região do Cariri-Estado do Ceará-Brasil. **Revista Águas Subterrâneas**, 2000. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23450>. Acesso em: 06 ago. 2022.

ZOBY, J. L. G. *et al.* Disponibilidade de águas subterrâneas na bacia do rio São Francisco. *In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, p. 21, 2004. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23452>. Acesso em: 06 ago. 2022.