

SISTEMA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA COMUNIDADE RURAL DE PIROÁS, REDENÇÃO-CE

WATER QUALITY MONITORING SYSTEM IN THE RURAL COMMUNITY OF PIROÁS, REDENÇÃO-CE

Máya Xavier de Oliveira¹
Rafaella da Silva Nogueira²

RESUMO

O monitoramento da qualidade da água é um desafio para a comunidade científica devido à escassez hídrica, característica da região Nordeste do Brasil, que somada ao desmatamento, queimadas ilegais e o uso de agrotóxico, contribui para a degradação da qualidade da água. Assim, objetivou-se desenvolver um sistema de monitoramento da qualidade da água de nascentes da Comunidade Piroás, localizada no Maciço de Baturité. Criou-se uma planilha automatizada para avaliar a qualidade da água das nascentes, onde analisou-se parâmetros macroscópicos, como odor e coloração, e propriedades físico-químicas, como pH e temperatura. A avaliação indicou que 89% das nascentes obtiveram classificação ótima e 11% classificação boa, indicando a necessidade de intervenção humana provocada pela ausência ou pouca proteção das nascentes. O sistema foi eficiente no monitoramento da água, porém deve ser reaplicado para ampliar banco de dados, monitorar a qualidade da água ao longo do tempo, verificar seu uso prático, expandi-lo para outras regiões e, assim, auxiliar na conservação hídrica e gestão pública. **Palavras-chave:** Geoprocessamento. Recursos hídricos. Preservação de nascentes.

ABSTRACT

Water quality monitoring is a challenge for the scientific community due to water scarcity, a characteristic of the Northeast region of Brazil, which, combined with deforestation, illegal burning and the use of pesticides, contributes to the degradation of water quality. Thus, the objective was to develop a system to monitor the quality of water from springs in the Piroás Community, located in the Baturité Massif. An automated spreadsheet was created to evaluate the quality of water from springs, where macroscopic parameters, such as odor and color, and physical-chemical properties, such as pH and temperature, were analyzed. The evaluation indicated that 89% of the springs obtained an excellent classification and 11% a good classification, indicating the need for human intervention caused by the absence or little protection of the springs. The system was efficient in monitoring water, but it should be reapplied to expand the database, monitor water quality over time, verify its practical use, expand it to other regions and, thus, assist in water conservation and public management.

Keywords: Geoprocessing. Water resources. Preservation of springs.

¹ Discente do Curso de Bacharelado em Agronomia pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab). E-mail: mayraolivey@aluno.unilab.edu.br

² Orientadora, Docente do Curso de Bacharelado em Agronomia da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab). E-mail: rafaellanogueira@unilab.edu.br

INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial à manutenção da vida na terra, sendo utilizada em diversos setores, tais como na agricultura, na geração de energia, no abastecimento público, dentre outros. Cerca de 70% do planeta é ocupado por água, onde apenas 0,3% desse recurso está disponível para consumo humano. Fazendo o recorte desse quantitativo para o Brasil constata-se a presença de 20% do total de água doce disponível no território, onde apenas 3% desse todo está presente na região Nordeste, que historicamente tolera a baixa disponibilidade de água e com o uso inadequado dos recursos hídricos (Antônio *et al*, 2022).

No entanto, a má distribuição geográfica dos recursos hídricos no território brasileiro não é o único motivo pelo qual falta água para suprir a necessidade populacional no Nordeste. Com o avanço da instalação dos centros urbanos e a exploração inadequada das zonas florestais, somada ao desmatamento, queimadas ilegais e o uso de agrotóxico, tem contribuído para a degradação da qualidade da água (Mayer *et al*, 2022).

Segundo Fundação SOS Mata Atlântica (2023), um estudo realizado pela ONG Fundação SOS Mata Atlântica, constata que das 117 análises realizadas em corpos hídricos do Estado de Alagoas, nenhuma apresentou uma qualidade ótima, o que sustenta a necessidade de implementação de modelos que monitorem mais de perto a qualidade da água, bem como iniciativas que busquem preservar as nascentes que são diretamente afetadas pela qualidade dos rios, e vice e versa.

As nascentes são o berço dos fluxos de água, e, portanto, a sua conservação é essencial para o abastecimento de água de boa qualidade. Sob esse viés a preservação do entorno das nascentes é prescrito por lei (Nº12.651/12), o Código Florestal, onde em um raio de 50 metros toda a vegetação nativa deve ser mantida e preservada, ajudando não só na manutenção da qualidade da água, como também auxiliando na preservação da paisagem, flora e fauna, biodiversidade, dentre outras. Porém, mesmo com esse aparato legislativo, é possível encontrar nascentes que apresentam baixa qualidade, sem que os consumidores desse recurso percebam (Santos *et al*, 2021). Isso ocorre pelo fato de que as informações sobre a qualidade da água não são obtidas de forma prática, nem tão pouco compartilhadas de tal forma.

É nesse cenário que as geotecnologias se tornam necessárias, tendo em vista que consistem em um agrupamento de tecnologias que buscam coletar, processar, analisar e formular dados e informações espaciais, e têm sido utilizadas para avaliar e identificar a qualidade das nascentes, ajudando, assim, a otimizar o tempo de análise (Carvalho *et al*, 2021), fomentar uma base de dados públicos acerca da saúde das nascentes bem como proporcionar uma rápida ação

dos órgãos competentes no sentido de recuperarem as nascentes, como tem ocorrido em Belo Horizonte (Santos *et al*, 2021).

Com base nas geotecnologias, algumas pesquisas já desenvolveram metodologias de monitoramento e planilhas de controle, visando gerar dados públicos à comunidade (Bock, 2021 e Carvalho *et al*, 2021). Nesse contexto, o presente trabalho objetivou desenvolver um sistema de monitoramento da qualidade da água de nascentes no Maciço de Baturité, a fim de incentivar a conservação dos recursos hídricos, auxiliar a tomada de decisão por parte de gestores governamentais e melhorar a qualidade de vida da população.

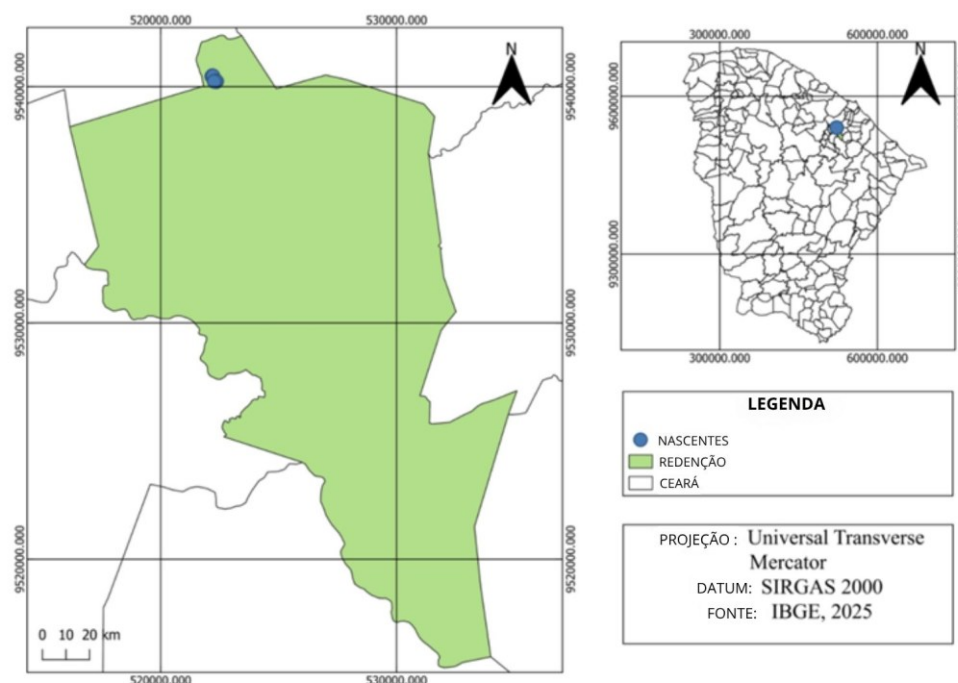
A ausência de informação acessível e atual da qualidade da água, mostra que desenvolver um sistema automático para monitorar os corpos hídricos é essencial já que garante a gestão ambiental colaborativa. O sistema desenvolvido neste trabalho utilizou-se de parâmetros macroscópicos e físico-químicos de baixo custo. A escolha desta metodologia possibilitou facilitar a coleta, organizar e normatizar os dados, bem como, gerar classificações automáticas da qualidade da água, ao passo que democratizou o acesso ao conhecimento dessa tecnologia. Somado a isso, a popularização do sistema capacitará os moradores locais na identificação preliminar de possíveis problemas ambientais.

METODOLOGIA

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo desenvolveu-se na comunidade de Piroás, que se encontra no município de Redenção, abrangendo as coordenadas 4° 13' 35" Sul e 38° 43' 53" Oeste. Inserida na microrregião do Maciço de Baturité. A comunidade Piroás possui uma área de 225,6 km² e se distancia em 16 km da sede do município de Redenção, que acolhe 27.214 habitantes (IBGE, 2022). Nessa região, o clima é caracterizado como Aw' do tipo tropical com inverno seco e temperatura variando de 26° a 28° C (KÖPPEN, 1923). Prevalece na região a vegetação da Caatinga Arbustiva Densa e Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial. A quadra chuvosa dá-se entre os meses de janeiro a abril, estabelecendo-se, assim, os meses entre maio e novembro o período seco. Nesse contexto, configura-se o índice pluviométrico anual de 1.062 mm. Nesse cenário, os solos predominantes são o Planossolo Solódico e o Argissolo Vermelho-Amarelo (IPECE, 2018).

Figura 1: Localização da Comunidade Piroás, que está inserida no Município de Redenção, Ceará.



Fonte: Autoria própria, 2025.

ELABORAÇÃO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA (SMQA)

Utilizou-se o software *Excel*, versão 2016, para o desenvolvimento do Sistema de Monitoramento da Qualidade da Água (SMQA). O sistema consiste em uma planilha de acompanhamento e medição automática da qualidade da água de nascentes e demais corpos hídricos.

A escolha dessa metodologia de desenvolvimento da planilha se assemelha a já utilizada por alguns autores, como Flausino e Gallardo (2005), e que buscam automatizar e promover uma análise da qualidade da água mais rápida visando popularizar e tornar mais acessível a avaliação.

MAPEAMENTO DAS NASCENTES E TRATAMENTO DOS DADOS

O mapeamento das nascentes da comunidade Piroás foi realizado no dia 29/07/2023, e ocorreu por caminhamento com auxílio de residentes da região que são conhecedores da localização das nascentes. No local das nascentes foram obtidas as coordenadas por meio do Sistema de Posicionamento Global (GPS) modelo Garmin 76scx. Os dados obtidos foram transferidos para planilha automatizada no documento Microsoft Excel™ salvos em extensão 'txt', para tratamento em ambiente SIG (Sistemas de Informações Geográficas) com software ArcGIS versão 10.4 para elaboração dos mapas de distribuição espacial das nascentes.

Durante o mapeamento as nascentes foram nomeadas para facilitar a classificação posterior. Sendo assim, N1 – é a primeira nascente; N2 – segunda nascentes; N3 – terceira nascente; N4 – quarta nascente; N5 – quinta nascente; N6- sexta nascente; N7 – sétima nascente; N8 – oitava nascente e N9 – nona nascente (Figura 03).

Figura 01: Nascentes mapeadas na comunidade Piroás, Redenção/ CE



Fonte: Autoria própria, 2023.

Em cada nascente mapeada foram analisados os seguintes indicadores macroscópicos: coloração, odor, resíduos sólidos, óleo, materiais flutuantes, esgotos, vegetação, uso por animais, uso antrópico, proximidade de residências, espumas e proteção das nascentes; e os seguintes indicadores físico-químicos: potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE) e temperatura (T), conforme proposto por Gomes *et al.* (2005). Tais indicadores são de baixo custo e permitem observar as características de uso e ocupação em torno da área onde se encontram as nascentes.

Tabela 01: Classificação dos parâmetros macroscópicos e físico-químicos para determinação do Índice de Impacto Ambiental em nascentes.

PARÂMETROS MACROSCÓPICOS	CLASSIFICAÇÃO		
	1	2	3

Coloração da água	Escura	Clara	Transparente
Odor	Forte	Fraco	Não apresenta
Resíduos sólidos ao redor das nascentes	Muito	Pouco	Não apresenta
Óleo	Muito	Pouco	Não apresenta
Materiais flutuantes	Muito	Pouco	Não apresenta
Esgotos nas nascentes	Doméstico	Fluxo superficial	Não apresenta
Espuma	Muito	Pouco	Não apresenta
Uso antrópico (desmatamento e queimadas)	Constante	Apenas marcas	Não apresenta
Acesso às nascentes	Difícil	Fácil acesso	Sem acesso
Uso por animais	Presença	Apenas marcas	Não detectado
Vegetação	Alta degradação ou não existente	Baixa degradação	Preservada
Proximidade com as residências	< 50m	Entre 50 - 100 m	>100 m
Proteção das nascentes	Sem proteção	Proteção frágil	Proteção resistente
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	1	2	3
Condutividade elétrica	Maior de 0,5 e menor que 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Maior que 0,1 e menor que 0,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$	até 0,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Temperatura	de 25 ° C a 27° C	20° C a 25° C	até 20° C
Potencial hidrogeniônico (pH)	Ácido	Neutro	Básico

Fonte: Adaptada de Brito et al. (2021).

- Coloração da água: foi atribuída a cor preta como “escura”, a cor amarronzada como “clara” e sem cor como “transparente”. Para tanto, foram coletadas amostras de cada nascente com um recipiente transparente para identificação da coloração.
- Vegetação: foi atribuído o índice 1 quando não há vegetação ao redor da nascente, índice 2 quando há crescimento inicial de vegetação ao redor da nascente e índice 3 quando a vegetação aparenta está totalmente desenvolvida e sem alteração por uso antrópico.
- Acesso a nascente: foi atribuído difícil para nascentes em terrenos muito íngremes e em matas fechadas, fácil acesso para nascentes em terrenos baixos e com vegetação rasteira, e sem acesso para as nascentes onde não se consegue acessar.

- Óleo: foi atribuído muito para nascentes com óleo em todo o seu espelho de água, pouco para nascentes com presença de óleo espaçado em seu espelho de água e não apresenta para nascentes sem vestígio de óleo.
- Espuma: foi atribuído muito para nascentes com espuma em todo o seu espelho de água, pouco para nascentes com espuma espaçada em seu espelho de água e não apresenta para nascentes sem vestígio de espuma.
- Proteção da nascente: foi atribuído sem proteção para nascentes sem nenhuma construção antrópica para evitar o uso da nascente, proteção frágil para nascentes que tinham alguma construção antrópica para evitar o uso, porém estava quebrada, e sem proteção para nascentes sem nenhuma construção.
- Atividade Humana (desmatamento e queimada): foi atribuído constante para nascentes com faixas de terra totalmente desmatadas ou com cicatrizes de queimada, apenas marcas para nascentes com pequenas cicatrizes e zonas desmatadas e não apresenta para nascentes com vegetação nativa intacta.
- Material flutuante: foi atribuído muito para nascentes com materiais flutuantes em todo o seu espelho de água, pouco para nascentes com materiais flutuantes espaçados em seu espelho de água e não apresenta para nascentes sem vestígio de materiais flutuantes.

Para cada indicador, foi atribuído um valor de acordo com seu estado de conservação. Os parâmetros são classificados em bom, médio e ruim e os valores atribuídos são 3, 2 e 1, respectivamente (Tabela 01). Portanto, o somatório mínimo representou um conjunto de indicadores considerado ruins e o somatório máximo indicou que todos os parâmetros são bons (Bernardi *et al.*, 2023).

Tabela 02: Classificação da Qualidade da Água.		
Classe	Grau de preservação	Pontuação Final
A	Ótima	37 - 41
B	Boa	34 - 36
C	Razoável	31 - 33
D	Ruim	29 - 30
E	Péssima	<28

Fonte: Adaptada de Gomes et al, 2005.

A qualificação da água foi categorizada em cinco classes de acordo com Belizário (2015): Classe A – ótimo; Classe B – boa; Classe C – razoável; Classe D – ruim; Classe E – péssima (Tabela 02). A soma total dos pontos de cada nascente será determinada para obter o Índice de Impacto Ambiental.

Figura 02: Aferição do pH, condutividade elétrica e temperatura das nascentes.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Os parâmetros físico-químicos como a condutividade elétrica (CE), temperatura (T) e o potencial hidrogeniônico (pH) de cada nascente foram medidos no local com auxílio de um condutivímetro de bolso modelo K53-001: KASVI.

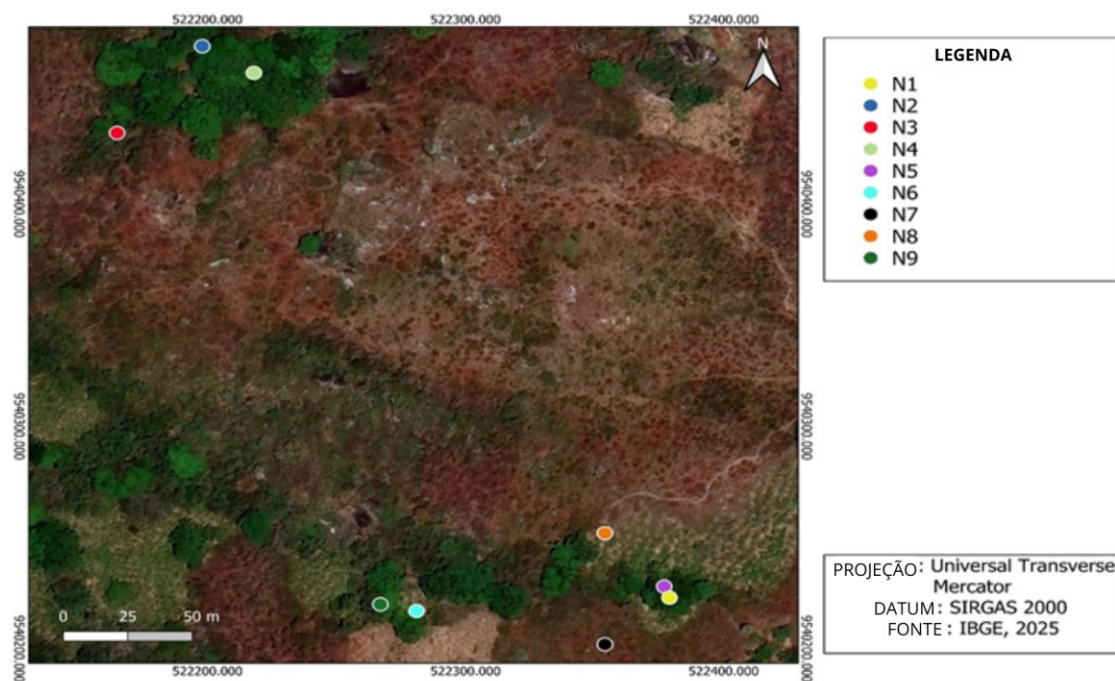
As informações obtidas no levantamento de campo foram preenchidas diretamente no sistema, em formato de planilha, favorecendo a catalogação do banco de dados espaciais. A planilha integra todos os indicadores, com valoração de 1 a 3.

Após a obtenção de dados, foi realizada a análise de componentes principais (PCA) e análise de agrupamento de similaridade utilizando o software livre Past4Project 4.032. O PCA buscou diminuir o conjunto de dados e determinar quais parâmetros mais influenciaram na distribuição dos dados, seguindo a metodologia de Franca *et al.* (2018). Posteriormente, realizou-se a análise de agrupamento hierárquico, de acordo com a metodologia de ligação média e distância euclidiana, buscando identificar quais nascentes apresentavam semelhanças entre si. Os resultados das análises foram gráficos biplot da PCA e dendrogramas de análise de agrupamento, onde é possível observar os padrões de similaridade entre nascentes e parâmetros avaliados.

RESULTADOS ALCANÇADOS E DISCUSSÃO

Ao todo, a comunidade Piroás apresenta 9 nascentes que estão localizadas em duas propriedades agrícolas distintas (A e B).

Figura 03: Localização das nascentes.



Fonte: Autoria própria, 2025.

As nascentes 1, 2, 3, 4 e 8 estão inseridas na propriedade B; e as nascentes 5, 6, 7 e 9 pertencem à propriedade A. Embora haja essa distinção, as nascentes ainda são próximas umas às outras (Figura 03), e estão localizadas na parte de cima da comunidade (Antônio *et al*, 2022).

Desse modo, são caracterizadas como nascentes de encosta, onde afloram na parte mais alta do terreno, e o acúmulo de água não se dá de forma imediata, corroborando, assim, com a literatura (Alves, França e Galvêncio, 2023).

SISTEMA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

O sistema automatizado é o produto principal deste trabalho. O SMQA é composto de quatro abas: *Home*, que informa o objetivo, o porquê de sua criação e quem elaborou a planilha; *O que é?*, que explica os parâmetros a serem analisados pela planilha; *Como funciona*, que explica o passo a passo de como realizar a observação dos parâmetros *in loco*; e *Calculadora*, que é a aba destinada a inserção dos dados das observações e localização das nascentes, bem como verificar a classificação de cada nascente (Figura 4).

Figura 04: Visualização das quatro abas do Sistema de Monitoramento da Qualidade da Água.

**SISTEMA DE MONITORAMENTO
QUALIDADE DA ÁGUA**

Home **O que é?** **Como funciona?** **Calculadora**

Bem-vindo ao nosso Sistema de Monitoramento da Qualidade da Água! É importante ressaltar que esse sistema é apenas um dos métodos disponíveis para avaliar a qualidade da água. Portanto, é fundamental não utilizá-lo individualmente, mas sim combiná-lo com outros métodos e diretrizes.

Nosso sistema foi cuidadosamente elaborado com base em estudos e referências científicas confiáveis, a fim de oferecer uma classificação abrangente e compreensiva da qualidade da água. No entanto, é importante lembrar que cada contexto e região podem ter necessidades e critérios específicos.

Para obter uma visão mais completa e aprofundada sobre a classificação da qualidade da água, convidamos você a explorar as demais abas e se familiarizar com as informações adicionais disponíveis em nossa planilha. Essas abas oferecem uma variedade de métodos, diretrizes e critérios para auxiliá-lo na avaliação da qualidade da água.

Sinta-se à vontade para explorar todas as funcionalidades do nosso Sistema de Monitoramento da Qualidade da água e aproveite ao máximo as informações e recursos disponíveis. Estamos comprometidos em fornecer a você uma experiência confiável e abrangente na avaliação da qualidade da água.

***Elaborado por: Márya Xavier de Oliveira, Rafaella da Silva Nogueira**

**SISTEMA DE MONITORAMENTO
QUALIDADE DA ÁGUA**

Home **O que é?** **Como funciona?** **Calculadora**

Apresentamos a você a nossa planilha de análise da qualidade da água, uma ferramenta projetada para *simplicar a avaliação da água de forma fácil e acessível*. Com esta planilha automatizada, qualquer pessoa, mesmo sem treinamento especializado, pode avaliar a qualidade da água de maneira rápida e eficiente.

Nosso Sistema de Análise da Qualidade da Água foi desenvolvido a partir de um projeto de pesquisa realizado na comunidade rural de Piroás, em Fiedenção-CE. Esse projeto recebeu financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e contou com o apoio da Universidade da Integração da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB) e do Núcleo de Pesquisa em Topografia e Geoprocessamento (TOPOGED).

O objetivo do projeto foi criar um sistema de monitoramento da qualidade da água nessa comunidade rural, buscando uma abordagem acessível e eficiente para avaliar a água disponível. Com base nos desafios enfrentados pela comunidade em relação ao acesso à água de qualidade, a planilha foi desenvolvida como uma ferramenta prática e confiável para ajudar os moradores a realizar suas próprias análises.

Acreditamos que a participação e o envolvimento da comunidade são fundamentais para a gestão sustentável dos recursos hídricos. Por isso, o sistema foi desenvolvido com o intuito de capacitar e engajar os moradores, permitindo que eles próprios realizem análises e acompanhem a qualidade da água em seu entorno.

Ao utilizar nossa planilha, você poderá avaliar aspectos importantes da qualidade da água, como transparência, odor, cor, turbidez e pH, entre outros. Cada critério é apresentado de forma clara e objetiva, permitindo que você faça uma avaliação precisa sem complicações.

Com a ajuda dessa planilha, você poderá identificar rapidamente qualquer problema potencial na

Para utilizar nossa planilha de análise da qualidade da água, siga as seguintes etapas:

1. Faça uma caminhada no local onde estão as fontes de água que deseja avaliar. Observe e identifique cada uma dessas fontes.
2. Após identificar as fontes de água, é hora de *observar a presença ou ausência dos critérios que serão avaliados*. Para isso, recomendamos que você *observe um critério de cada vez*, a fim de garantir uma avaliação precisa.

Os critérios a serem observados na água incluem:

- Coloração da água: Verifique a cor da água e anote se ela apresenta alguma coloração estranha.
- Odor da água: Observe o cheiro da água e determine se há algum odor desagradável.
- Resíduos sólidos ao redor das nascentes: Verifique se há presença de resíduos sólidos nas proximidades das fontes de água.
- Óleo: Verifique se há presença de óleo na água.
- Materiais flutuantes: Observe se há materiais flutuantes na água.
- Esgotos nas nascentes: Verifique se há esgotos próximos às nascentes.
- Espumas: Observe se há presença de espumas na água.
- Uso antropogênico: Avalie se há indícios de uso humano próximo às fontes de água.
- Acesso às nascentes: Verifique se as nascentes estão devidamente acessíveis.
- Uso por animais: Observe se há presença de animais utilizando a água.
- Vegetação: Avalie a presença e a saúde da vegetação ao redor das fontes de água.
- Proximidade com as residências: Verifique a distância das residências em relação às fontes

**SISTEMA DE MONITORAMENTO
QUALIDADE DA ÁGUA**

Home **O que é?** **Como funciona?** **Calculadora**

Primeiramente, insira seus próprios dados, como nome e contato, para que possamos identificar quem está realizando a verificação.

Em seguida, forneça informações sobre a propriedade onde a água está sendo avaliada, como o nome da propriedade, endereço e qualquer outra informação relevante. Isso nos ajudará a rastrear e acompanhar as análises realizadas em diferentes locais.

1. Identificação de Analisador

2. Critérios de Avaliação

3. Coloração da água
Lembre-se: 1-Escuro; 2-Claro; 3-Transparente.

	N5	N6	N7	N9	N8
Soluções e nota	3	3	3	3	

Coloração da Água

Fonte: Autoria própria, 2023.

O principal objetivo da ferramenta é tornar o processo de análise inicial da qualidade da água mais prático e rápido. A planilha permite a inserção direta dos valores obtidos por cada parâmetro (macroscópico e físico-químico), e por meio de fórmulas padronizadas na ferramenta apresenta a pontuação de cada nascente, bem como gráficos de comparação entre os valores obtidos de um mesmo parâmetro por diversas nascentes, além da classificação da nascente, de acordo com a classificação da qualidade da água (tabela 02).

A ferramenta mostrou-se eficiente já que reduz o tempo de análise, automatiza os cálculos, e assim, reduz as chances de erro. Além disso, o sistema padroniza a inserção dos dados e apresenta resultados de fácil interpretação.

ANÁLISE DOS PARÂMETROS MACROSCÓPICOS

Dentre as 9 nove nascentes avaliadas, a N1, N2, N4, N5, N6, N7, N8 e N9 apresentaram ótima qualidade de água (A), e somente a N3 apresentou boa qualidade de água (B). A

classificação abaixo da média se deve a alguns fatores macroscópicos, tais como pouca ou ausência de proteção da nascente, vestígio de uso animal, facilidade de acesso a nascente, presença de vestígio de desmatamento, resíduos na superfície da água e odor moderado (Tabela 03).

Tabela 03: Resultados da medição dos parâmetros macroscópicos

PARÂMETROS ANALISADOS	NASCENTES ANALISADAS								
	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9
Coloração da água	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Odor	3	3	2	3	2	3	3	3	3
Resíduos sólidos ao redor das nascentes	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Óleo	3	3	3	3	2	3	3	3	3
Materiais flutuantes	1	1	2	1	2	2	2	1	3
Esgotos nas nascentes	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Espuma	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Uso antrópico (desmatamento e queimadas)	3	3	2	1	3	3	3	3	3
Acesso às nascentes	1	1	2	1	2	1	1	1	1
Uso por animais	3	3	2	2	3	2	3	3	2
Vegetação	3	3	3	3	3	3	3	2	3
Proximidade com as residências	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Condutividade elétrica	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Temperatura	2	2	1	3	2	2	2	1	2
Potencial hidrogeniônico (pH)	2	2	2	2	2	3	3	3	2
Proteção das nascentes	2	3	1	2	2	3	1	1	2
Total	38	40	36	37	39	41	40	37	40
Classificação	A	A	B	A	A	A	A	A	A

Fonte: Autoria própria, 2023.

Embora as demais nascentes apresentaram uma ótima qualidade de água, há alguns pontos a serem destacados. Todas as nascentes apresentaram algum material flutuante, embora a N1, N2, N4 e N8 demonstraram alta concentração desses materiais, que são provenientes de restos vegetais

da vegetação ao redor das nascentes. A longo prazo, o acúmulo desses materiais pode comprometer a coloração das águas devido a decomposição de restos orgânicos, e a consequente liberação de ácidos húmicos e fúlvicos, comprometendo, assim, a qualidade da água. Quanto ao odor, todas as nascentes apresentaram odor. As nascentes N2, N3, N4, N5, N6, N7 e N8 apresentaram odor moderado, enquanto a N1 apresentou forte odor, provenientes da degradação de algumas raízes que estão acima dessas nascentes (Fusana, 2014).

Também foi observada grande concentração de resíduos sólidos ao redor da nascente N1, que decorre da pouca proteção desta (Oliveira *et al.*, 2013). Em relação ao uso antrópico (desmatamento e queimadas), N3 e N4 apresentaram ao redor do corpo hídrico vestígios dessas duas ações, que podem impactar na disponibilidade hídrica das nascentes, ou seja, durante os períodos de seca o nível das nascentes pode rebaixar (Mayer *et al.*, 2022).

Em relação a coloração da água, presença de esgoto e espuma todas as nascentes apresentaram ótimos índices. Além disso, todas as nascentes apresentaram acesso ruim ou moderado; pouco ou nenhum uso por animais, presença de vegetação ao redor do corpo hídrico e mais de 100 metros de distância das residências.

Dentre os parâmetros analisados, a coloração e o odor são os mais utilizados para uma análise rápida e de baixo custo da qualidade da água. Portanto, a análise sensorial realizada, através da visão e do olfato, indica que há decomposição de matéria orgânica na água de algumas nascentes.

ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

As nascentes apresentaram valores de pH dentro dos limites aceitáveis para corpos de água, que de acordo com a Resolução CONAMA 357 de 2005 indica o intervalo entre 6 e 9 como o ideal. Dentre os valores obtidos, tivemos o pH mais baixo encontrado (6,08) na N3, e o mais alto, 7,28, na N7 (Tabela 04). A análise desse parâmetro é indispensável, já que alterações bruscas podem sugerir acúmulo de elementos tóxicos, que alteram a solubilidade dos nutrientes (Santos *et al.*, 2021).

Tabela 04: Resultados da medição dos parâmetros físico-químicos

NASCENTES	pH	CE (µS/cm)	T (°C)
N1	6,32	0,4	26,3
N2	6,67	0,4	25,2
N3	6,08	0,35	25,7
N4	6,01	0,31	25,7
N5	6,84	0,45	25,4
N6	7,16	0,41	24,3

N7	7,28	0,36	24,5
N8	6,96	0,36	25,6
N9	6,57	0,28	24,1
VMP	6 - 9	10 - 100 (dS m-1)	-

Fonte: Autoria própria, 2023.

Os valores de temperatura não possuem um valor máximo permitido, porém, alterações bruscas nessa variável modificam o equilíbrio do ecossistema. Sendo assim, a temperatura mais baixa observada foi de 24,5 na N7; e a mais alta foi 26,3 na N1.

As nascentes apresentam valores de condutividade elétrica dentro do permitido, indicando, assim, que o ambiente não apresenta impactos (CETESB, 2009). Impactos na qualidade da água podem estar relacionados a elevada salinidade da água, a efluentes advindos das residenciais e alta taxa de evapotranspiração, em especial na região semiárida (EMBRAPA, 2021).

A análise de componentes principais (PCA) é uma técnica que combina linearmente um grupo de variáveis dependentes, ou seja, que se correlacionam, a fim de obter variáveis independentes - que não apresentam correlação. Desse modo, em uma abordagem multivariada, essa análise resume em poucas variáveis, denominadas de componentes principais (PC), informações de muitos dados, ressaltando, assim, a tendência à homogeneidade ou heterogeneidade dos parâmetros observados (Ríboli *et al*, 2023).

Tabela 05: Autovalores dos componentes principais das variáveis analisadas.

	PC 1	PC 2	PC 3
Coloração da água	17.201	-0.03827	0.33153
Odor	12.437	0.48395	-0.215
Resíduos sólidos	-16.359	-0.21059	0.31116
Óleo	15.175	0.13249	0.39499
Materiais flutuantes	-24.561	-0.79167	0.5547
Esgotos nas nascentes	17.201	-0.03827	0.33153
Espuma	17.201	-0.03827	0.33153
Uso antrópico (desmatamento e queimadas)	0.82737	-0.96671	-1.354
Acesso às nascentes	-3.665	-0.62071	0.31274
Uso por animais	0.57315	-0.48974	-0.82242
Vegetação	12.907	0.38767	0.53154
Proximidade com as residências	17.201	-0.03827	0.33153

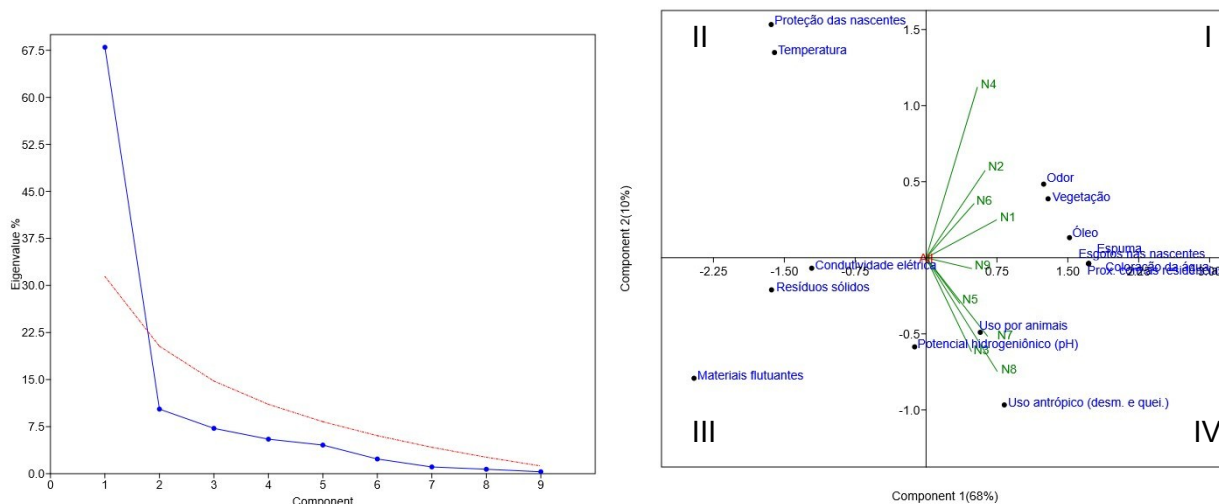
Condutividade elétrica	-12.106	-0.068381	0.048873
Temperatura	-16.042	1.349	0.17665
Potencial hidrogeniônico (pH)	0.12134	-0.58516	-0.27779
Proteção das nascentes	-16.394	1.533	-0.98761
Variância	68,00%	10,00%	7,50%

Fonte: Autoria própria, 2023.

Os autovalores de cada componente principal e sua distribuição, os componentes principais (PC) 1, 2 e 3 são responsáveis por explicar mais de 80% das variações na matriz de dados, sendo PC1 responsável por explicar 68%, PC2 10 % e PC3 7,5%, visto que apresentam maiores autovalores (linha azul) e autovetores (linha vermelha) conforme observa-se na Tabela 6. A análise desses três componentes explicam a variação da qualidade das águas nas nascentes da comunidade Piroás, e a influência dos parâmetros analisados nessa variação. Sendo assim, a partir daqui as análises darão maior enfoque aos três componentes principais (PC1, PC2 e PC3).

Dentro desse universo, destaca-se as variáveis Materiais Flutuantes (-24,56), Esgoto nas Nascentes, Coloração da água, Proximidade com as Residências e Espuma (17,20) e Proteção às Nascentes (-16,93), apresentando, assim, os maiores autovalores (positivo e negativo), indicando sua maior significância.

Figura 05: Distribuição dos autovalores (A) e Análise de Componentes Principais (B).



Fonte: Autoria própria, 2023.

A figura 5.b apresenta a distribuição da análise de componentes principais para as variáveis macro e parâmetros físico-químicos analisados. Essa distribuição foi separada em quadrantes, que se organizam em sentido horário. As nascentes 4 e 8 foram responsáveis por

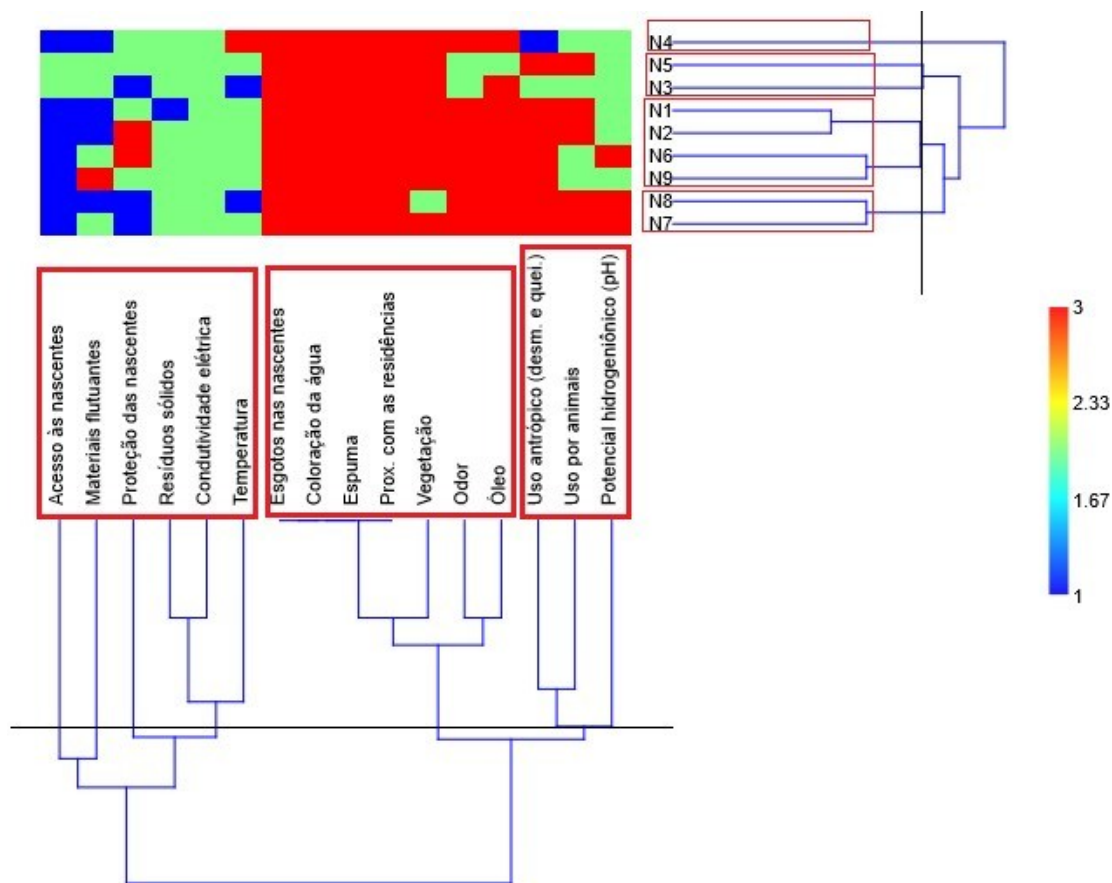
delimitar os limites no eixo y. As nascentes 1, 2, 6 e 9 estão mais próximas das variáveis macroscópicas óleo, espuma, esgotos nas nascentes, vegetação e odor, indicando que apresentam ótimos índices nessas variáveis. Por outro lado, estas nascentes estão mais distantes dos parâmetros materiais flutuantes, resíduos sólidos e condutividade elétrica, indicando índices baixos nessas variáveis. Essa análise corrobora com Fusana (2014) que discute a influência do acúmulo de resíduos orgânicos (materiais flutuantes e resíduos sólidos), e consequente liberação de ácidos húmicos e fúlvicos, provenientes da decomposição, e o aumento da condutividade elétrica, comprometendo, assim, a qualidade da água.

As nascentes 3, 5, 7 e 8 estão mais próximas das variáveis macroscópicas uso antrópico (desmatamento e queimadas) e uso por animais; e da variável físico-química potencial hidrogeniônico (pH), indicando que apresentam ótimos índices nessas variáveis. Porém, estas nascentes estão mais distantes dos parâmetros de proteção das nascentes e temperatura, indicando índices baixos nessas variáveis. Já a nascente 4 se destacou das demais por apresentar valores baixos nos índices uso antrópico (desmatamento e queimadas) e materiais flutuantes.

Alterações na temperatura da água influenciam no parâmetro físico-químico pH. Sendo assim, o aumento da temperatura diminui o pH e o inverso também se faz verdadeiro. Nesse cenário, as alterações a nível físico-químico podem ser causadas pela diminuição da proteção das nascentes e consequente acúmulo de materiais flutuantes. Portanto, esses aspectos denunciam a fragilidade dos ambientes aquáticos (Lima, Souza e Martins, 2021).

Segundo a análise de agrupamento (Figura 06), detectou-se sete grupos distintos de nascentes, que se formaram de acordo com a similaridade de respostas dos parâmetros analisados. São eles: Grupo 1 (Acesso às nascentes e Materiais flutuantes, Proteção das Nascentes, Resíduos sólidos, Condutividade Elétrica e Temperatura), Grupo II (Esgotos nas Nascentes, Coloração da Água, Espuma, Prox. com as Residências, Vegetação, Odor e Óleo), Grupo III (Uso antrópico (desm. e queim.), Uso por animais e Potencial Hidrogeniônico), Grupo IV (N8 e N7), Grupo V (N1, N2, N6 e N9), Grupo VI (N5 e N3) e Grupo VII (N4).

Figura 06: Dendograma estimado na análise de agrupamento. Grupo 1 (Acesso às nascentes e Materiais flutuantes, Proteção das Nascentes, Resíduos sólidos, Condutividade Elétrica e Temperatura), Grupo II (Esgotos nas Nascentes, Coloração da Água, Espuma, Prox. com as Residências, Vegetação, Odor e Óleo), Grupo III (Uso antrópico (desm. e queim.), Uso por animais e Potencial Hidrogeniônico), Grupo IV (N8 e N7), Grupo V (N1, N2, N6 e N9), Grupo VI (N5 e N3) e Grupo VII (N4).



Fonte: Autoria própria, 2023.

Desse modo, os parâmetros de acesso às nascentes, materiais flutuantes, proteção das nascentes, resíduos sólidos, condutividade elétrica e temperatura (grupo 1) apresentam similaridade na distância aproximada de 1, formando um grupo distinto. A ausência ou pouca proteção das nascentes facilita o seu acesso e uso.

No entanto, esse uso, quando indevido, pode proporcionar o aumento da concentração de materiais flutuantes e resíduos sólidos, proveniente do descarte incorreto. Consequentemente, esses corpos na superfície podem alterar para mais a condutividade elétrica das nascentes, evidenciando um aumento na salinidade da água, tornando a água imprópria para o consumo e para o uso agrícola.

Desse modo, a modificação da condutividade elétrica influencia na alteração da temperatura, visto que esses dois parâmetros são inversamente proporcionais. Portanto, as alterações na temperatura, a longo prazo, podem alterar a solubilidade dos gases e o crescimento de organismos aquáticos (Souza *et al.*, 2020).

Além disso, os parâmetros esgotos nas nascentes, coloração da água, espuma, proximidade com as residências, vegetação, odor e óleo formam um grupo distinto por apresentar similaridade na distância de 3.

A proximidade dos corpos hídricos com as residências, somado a ausência ou pouca vegetação ciliar, podem explicar a similaridade dos parâmetros do grupo 2, visto que há maior probabilidade de descarte de esgoto proveniente das residências, aumentando, assim, a concentração de espuma, óleo, odor e modificação na coloração da água. Essa poluição, a longo prazo, pode acarretar a eutrofização das nascentes, que é a proliferação de algas, que altera a turbidez e redução da oxigenação da água, tornando-a imprópria (Galvan *et al.*, 2020).

O terceiro grupo indica a similaridade entre os parâmetros de uso antrópico (desmatamento e queimadas), uso por animais e potencial hidrogeniônico, na distância 3. As modificações nos valores do pH são influenciados tanto por fatores naturais como antrópicos, como desmatamento, queimadas, uso por animais, assoreamento, dentre outros fatores (Gaspar e Conceição, 2017).

Por fim, a análise de agrupamentos identificou grupos de similaridades de acordo com o grau de qualidade da água das nascentes (grupos 4 a 7), que se mostram semelhantes ao disposto na análise de componentes principais.

CONCLUSÃO

O Sistema de Monitoramento da Qualidade da Água (SMQA) possibilitou uma análise automatizada, acessível e de baixo custo sobre o cenário geral da qualidade da água das nascentes da Comunidade Piroás. Dessa forma, foi possível monitorar as mudanças na qualidade da água por meio de parâmetros macroscópicos e físico-químicos. Esses resultados rápidos foram pertinentes para averiguar a qualidade das nascentes a curto e longo prazo, auxiliando na tomada de decisão por parte de gestores governamentais, e consequentemente, na melhoria da qualidade de vida da população.

O Índice da Qualidade da Água baseado em parâmetros macroscópicos indicou que as nove nascentes analisadas apresentaram classificação boa ou excelente, no entanto em uma das nascentes observou-se ausência ou pouca proteção dessa nascente, que por sua vez, influencia negativamente nos demais parâmetros, e portanto, necessitando de intervenção humana para contornar tal prejuízo.

Neste estudo pioneiro, não houve um teste comparativo entre medições dentro de um intervalo de tempo. Sendo assim, faz-se necessário a reaplicação da pesquisa a fim de gerar dados para comparação, bem como verificar o real uso da plataforma e seu viés comercial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, L. B.; FRANÇA, L. M. A.; GALVÍNCIO, J. D. Mudanças climáticas e aquíferos rasos: relações presentes no Nordeste brasileiro. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v.13, n.6, p.752-762, 2023. Disponível em:

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/jhrs/article/download/260527/45516/253020>.

Acesso em: 20 jan. 2025

ANTÔNIO, P. P.; GOMES, K. J. S.; SILVA, F. D. B.; NOGUEIRA, R. S. Mapeamento da qualidade da água de nascentes na comunidade Piroás Redenção/CE. **Nature and Conservation**, v.15, n.1, p.67-77, 2022. Disponível em:

<https://sustenere.inf.br/index.php/nature/article/view/6926/3843>. Acesso em: 01 jul. 2023.

BELIZÁRIO, W. DA S. Avaliação da qualidade ambiental de nascentes em áreas urbanas: um estudo sobre bacias hidrográficas do município de Aparecida de Goiânia/GO. **Revista Mirante**, Anápolis, v. 8, n. 1, p. 122-148, 2015. Disponível em:

[https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstreams/666a1395-2685-4d16-a445-](https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstreams/666a1395-2685-4d16-a445-40b59dc19bbb/download)

[40b59dc19bbb/download](https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstreams/666a1395-2685-4d16-a445-40b59dc19bbb/download) .Acesso em: 04 jul. 2023.

BOCK, F. G. **Sistema Aqua para Disponibilização de Dados da Qualidade das Águas**.

Monografia (Bacharelado em Ciências da Computação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021. Disponível em:

<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/223165/001126959.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Acesso em: 04 jul. 2023

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 4 jul. 2023.

BRITO, A. P. M.; SANTOS, I. M. M.; NOGUEIRA, R. S. Mapeamento da vulnerabilidade à contaminação de um sistema aquífero cristalino no município de Redenção/CE. **Nature and Conservation**, v.14, n.2, p.145-159, 2021. Disponível em:

[https://www.sustenere.inf.br/index.php/nature/article/view/CBPC2318-](https://www.sustenere.inf.br/index.php/nature/article/view/CBPC2318-4281.2021.002.0014/2744)

[4281.2021.002.0014/2744](https://www.sustenere.inf.br/index.php/nature/article/view/CBPC2318-4281.2021.002.0014/2744). Acesso em: 10 jul. 2023.

CARVALHO, C.G.; OLIVEIRA, U.R.; PORTO, R.A.; SILVA, N.; FARIAS, R.C.G. Uso de geotecnologias na identificação e na avaliação dos impactos ambientais nas áreas de preservação permanente em nascentes. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.4, p.39362-39380, 2021. Acesso em:

<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/28336/22426>. Acesso em: 06 jul. 2023.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL.

Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo: Série Relatórios. Apêndice A – Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. São Paulo, 2009. Acesso em:

<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2022/04/variaveis.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2023.

BERNARDI, J. V. E.; LACERDA, L. D.; DÓREA, J. G.; LANDIM, P. M. B.; GOMES, J. P.; ALMEIDA, R.; MANZATTO, A. G.; BASTOS, W. R. aplicação da análise das componentes principais na ordenação dos parâmetros físico-químicos no alto rio madeira e afluentes, Amazônia Ocidental. **Geochimica Brasiliensis**, 23(1), p.079-090, 2009. Disponível em:

<https://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/CienciadoSolo/gepag/aplicacao-da-analise-das-componentes-principais-na-ordenacao-dos-parametros-fisico-quimicos-no-alto-rio-madeira-e-afluentes-amazonia-ocidental.pdf>. Acesso em: 4 jul. 2023.

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: seção 1, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

Disponível em:

https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450. Acesso em: 4 jul. 2023.

DOS SANTOS, L. B., DOS SANTOS, E. D. O., SCHWANTZ, P. I., BOHRER, R. E. G., PRESTES, M. M. B., & DE LARA, D. M. (2021). Análise ambiental de nascentes do bairro Fontes no município de Soledade (RS), Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, 14(Supl. 2), 1-19. Disponível em:

<https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/8771/6852>. Acesso em: 20 ago. 2023.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Ecoágua: condutividade. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1135736/1/CNPS-DOC-227-2021.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2023.

FLAUSINO, F.R.; GALLARDO, A.L.C. Implantação de planilha de controle para coleta de dados de qualidade de água de córregos na região Norte de São Paulo. **Revista DAE**, n. 218, v. 67, p.78-85, 2019. Disponível em: <https://www.revistadae.com.br/site/artigo/1799-Implantacao-de-planilha-de-controle-para-coleta-de-dados-de-qualidade-de-agua-de-corregos-na-regiao-Norte-de-Sao-Paulo->. Acesso em: 22 jul. 2023.

FRANCA, R. M. da; GOMES, M. da C. R., SILVA, F. J. A. da, LIMA, M. G. de S., & FRISCHKORN, H. Análise multivariada dos parâmetros de qualidade das águas subterrâneas em Juazeiro do Norte – CE (Brasil). **Águas Subterrâneas**, 32(1), 106–113, 2018. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28890/18850>. Acesso em: 22 jul. 2023

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Observando os Rios 2023: o retrato da qualidade da água nas bacias hidrográficas da Mata Atlântica.** São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2023. Disponível em: <https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2023/03/SOSMAObservando-os-Rios-2023.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2025.

FUSANA. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS. Brasília: Funasa, 2014. Disponível em:

https://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf. Acesso em: 22 jul. 2025.

GALVAN, K. A.; MEDEIROS, R. C.; MARTINS NETO, R. P.; LIBERALESSO, T.; GOLOMBIESKI, J. I.; ZANELLA, R. Análise ambiental macroscópica e a qualidade da água de nascentes na bacia do Rio São Domingos/SC, Brasil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.1, p.165-176, 2020. Disponível em:

<https://sustenere.inf.br/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2020.001.0016/1851>.

Acesso em: 22 jul. 2023

GOMES, P.M., MELO, C. de; VALE, V.S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia: Minas Gerais, v.17, n. 32, p.103-120, 2005. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/9169/5638>. Acesso em: 22 jul. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidade de Redenção**. Fortaleza: IBGE, 2022.

IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica Do Ceará. **Perfil municipal 2017: Redenção**. Fortaleza, CE, jan. de 2018. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wpcontent/uploads/sites/45/2018/09/Redencao_2017.pdf. Acesso em: 06 jul. 2023.

KÖPPEN, W. **The climates of the Earth**. Berlin: Walter de Gruyter & Co, 1923.

LIMA, M. M. DE; SOUZA, J. C. M. DE; & MARTINS, D. F. F. Influência da variabilidade temporal nas propriedades físico-químicas da água do açude Santa Bárbara na cidade de Caraúbas-RN. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, 7(4), 13252–01, 2021. Disponível em: <https://bibliotecasemiarios.ufv.br/jspui/handle/123456789/2629>. Acesso em: 06 jul. 2023.

MAYER, I. de C.; CECCONELLO, S. T.; CENTENO, L. N. **Análise Sistêmica sobre as Interferências Antrópicas e suas Correlações com a Qualidade da Água**. 2022. Disponível em: https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2022/MD_01958.pdf. Acesso em: 06 jul. 2023.

REIS, A.L.M.; COSTA, T.T.C.; PINTO, M.G.F.; FARIA, A.L.L.; COSTA, L.M.C.; BERNARDES, R.C. Parâmetros macroscópicos para avaliação do estado de conservação de nascentes em área de proteção ambiental. **Humboldt-Revista de Geografia Física e Meio Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 3, e55667, 2021. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/humboldt/article/view/55667/39448>. Acesso em: 06 jul. 2023.

RIBOLI, S. A., & LINDINO, C. Análise de componentes principais (PCA) na discriminação de fontes de água potável. **Revista Tecnia**, 8(2), 2024. Disponível em: <https://periodicos.ifg.edu.br/tecnia/article/view/577/782>. Acesso em: 06 jul. 2023.

SANTOS, A. G.; ALMEIDA, S. S.; SILVA, A. P.; FERNANDO, S.; REIS, M. S.; SÁ, O. R. Impactos macroscópicos e qualidade da água das nascentes urbanas do município de Passos–MG. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v.4, n.2, p.2083-2098, 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/29129/22983>. Acesso em: 06 jul. 2023.

SANTOS, K.D; DE CASTRO, S.; JUNIOR, S.R. DO V.; SILVEIRA, G. T. Estudo da qualidade da água da Lagoa da Pampulha / Belo Horizonte-MG. **Revista Uniaraguaia** (Online), v. 16, n.1, jan./abr., 2021. Disponível em: <https://sipe.uniaraguaia.edu.br/index.php/REVISTAUNIARAGUAIA/article/view/1024/Vol16-1-art-10>. Acesso em: 15 dez. 2023

SOUZA, A. C. M. de; FERREIRA, L. O.; SANTOS, M. M. F. dos; BARBOSA, E. de F. G. Os impactos da acidificação oceânica e elevação da temperatura do mar no ecossistema marinho. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research** Curitiba, v.4, n.1, p. 1418-1423. Disponível em:

<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/26914/21288>. Acesso em: 15 jan. 2024