

Identificação e análise quali-quantitativa das fontes surgentes de água no perímetro urbano do município de Caçapava do Sul/RS

Identification and qualitative-quantitative analysis of emerging water sources in the urban perimeter of the municipality of Caçapava do Sul/RS

Francisco Siqueira Wollmann¹ , Juliana Young¹ , Guilherme Pacheco Casa Nova¹ 

¹Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, Caçapava do Sul, RS, Brasil. E-mails: franciscowollmann.aluno@unipampa.edu.br, julianayoung.unipampa@gmail.com, guigoquimica@gmail.com

Como citar: Wollmann, F. S., Young, J., & Casa Nova, G. P. (2023). Identificação e análise quali-quantitativa das fontes surgentes de água no perímetro urbano do município de Caçapava do Sul/RS. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 20, e25. <https://doi.org/10.21168/rega.v20e25>

RESUMO: Atualmente, tem-se verificado o aumento de relatos científicos abordando problemas de escassez de água, seja pela sua quantidade, seja pela deterioração de sua qualidade. O monitoramento da qualidade da água é essencial para garantir o uso sustentável e seguro. Em muitos lugares há falta de água potável para garantir o abastecimento público e a maioria das cidades brasileiras não possui um plano de emergência para casos de escassez extrema ou contaminação do manancial que serve como principal reservatório de água. Este artigo realiza um estudo epistemológico da contribuição de diferentes áreas do conhecimento a fim de auxiliar na produção de aprendizados e de informações que contribuam à tomada de decisões quanto à gestão da água em pequenos municípios; sendo o objetivo geral do trabalho inventariar as fontes surgentes de água no bairro centro do município de Caçapava do Sul/RS/Brasil. Os objetivos específicos foram verificar a vazão e a qualidade. A investigação foi desenvolvida com dados primários e secundários. Os dados primários foram obtidos por meio de visita técnica, coleta e análise de amostras de água. Ao final, com a análise dos dados consolidados, as fontes foram caracterizadas quanto à qualidade da água e potabilidade informando quais os usos permitidos em relação à legislação vigente no país. Os dados secundários foram obtidos por meio de consulta à bibliografia existente e realizou-se o cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA) adaptado para facilitar a interpretação dos resultados. Concluiu-se que, embora as fontes surgentes estejam aparentemente em estado de abandono, a maioria apresenta água com características físico-químicas dentro dos padrões, mas todas as fontes surgentes pesquisadas apresentaram contaminação biológica e nitratos acima do limite estabelecido nas normas vigentes.

Palavras-chave: Gestão de Recursos Hídricos; Qualidade da Água.

ABSTRACT: Currently, we have seen an increase in scientific reports addressing water scarcity problems, either in terms of quantity or deterioration in quality. Monitoring water quality is essential to guarantee sustainable and safe use. In many places there is a lack of drinking water to guarantee public supply and most Brazilian cities do not have an emergency plan for cases of extreme scarcity or contamination of the spring that serves as the main water reservoir. This article carries out an epistemological study of the contribution of different areas of knowledge in order to help produce learning and generate information to assist in decision-making regarding water management in small municipalities; the general objective of the work being to inventory the emerging sources of water in the downtown district of the municipality of Caçapava do Sul/RS/Brazil. The specific objectives were to verify flow and quality. The research was carried out using primary and secondary data. The primary data was obtained through a technical visit and the collection and analysis of water samples. At the end, with the analysis of the consolidated data, the sources were characterized in terms of water quality and potability, informing which uses were permitted in relation to the legislation in force in the country. Secondary data was obtained by consulting existing bibliography. To facilitate interpretation of the results, the adapted Water Quality Index (IQA) was calculated. Although the springs are apparently in a state of abandonment, most of them have water with physical-chemical characteristics within the standards, however, all the springs surveyed showed biological contamination and nitrates above the limit established in current regulations.

Keywords: Water Resources Management; Water Quality.

Recebido: Janeiro 31, 2023. Revisado: Julho 04, 2023. Aceito: Outubro 11, 2023.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (*Open Access*) sob a [licença Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

INTRODUÇÃO

O Brasil enfrenta atualmente uma crise hídrica que afeta as regiões Sudeste, Centro-Oeste e parte da região Sul. Nesse cenário, “as águas subterrâneas surgem como reserva estratégica para garantir o abastecimento das populações e o seu bem-estar social” (Diniz et al., 2021, p. 5). As precipitações não são bem distribuídas nas regiões, elas ocorrem de forma localizada e em grandes quantidades em curto espaço de tempo, causando enxurradas e alagamentos enquanto outras áreas sofrem com a escassez (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, 2015). O Rio Grande do Sul, estado em que a média anual da precipitação varia de 1250 a 2000 mm (Quadro et al., 2023), tem registrado na última década perdas econômicas graves resultantes das estiagens. Alguns municípios do interior do Rio Grande do Sul (RS), como, por exemplo, Bagé, no ano de 2023, enfrentaram racionamento de água de mais de nove horas por dia (G1, 2023). Questionando-se pessoas de faixa etária relativa a idosos, é possível constatar que a situação de racionamento não ocorria com a mesma frequência no passado. A experiência de vida, portanto, é o que constrói o saber popular e tal fator deveria ser considerado pelos gestores ao planejar a cidade. O diálogo interdisciplinar se apresenta como uma tarefa permeada de desafios para os pesquisadores, uma vez que se tratam de conclusões e métodos dos diferentes ramos do saber científico, que devem ser harmonizados, descrevendo suas trajetórias evolutivas, contemplando o estudo epistemológico com os seus paradigmas estruturais e suas relações com a sociedade e a história. Ao realizar-se o levantamento das fontes surgentes de água inseridas no perímetro urbano e central do município, percebeu-se que não há como dissociá-las das pessoas, as quais utilizam, preservam, poluem... Nesse contexto, ocorre a fusão entre o conhecimento popular e o científico, considerando-se que um mesmo fenômeno “[...] pode ser matéria de observação tanto para o cientista quanto para o homem comum; o que leva um ao conhecimento científico e outro ao vulgar ou popular, é a forma de observação” (Marcone & Lakatos, 2003, p. 76). O conhecimento científico diferencia-se do popular muito mais no que se refere ao seu contexto metodológico do que propriamente ao seu conteúdo e tem por característica considerar os fatos, sendo sistemático, verificável, falível e aproximadamente exato (Marcone & Lakatos, 2003). Assim, não há como considerar as ciências humanas área dissociada das ciências exatas, uma vez que, a par de suas distinções, não são opostas, mas interligadas e geram reflexo uma na outra.

A incorporação das fontes no cenário urbano e a valorização do saber popular mostram-se como uma boa maneira de inseri-las ao cotidiano, no intuito de que sejam percebidas como parte da vida e da paisagem e, assim, preservadas. No entanto, deve-se considerar que grande parte da contaminação das fontes provém de problemas estruturais das cidades. O Brasil enfrenta muitos desafios na área de saneamento básico, pois “Entre as maiores cidades brasileiras, somente dez delas têm acima de 80% do esgoto tratado e 35 milhões de brasileiros ainda não têm acesso à água tratada” (Souza-Fernandes, 2018, p. 39). O município de Caçapava do Sul não é diferente dos demais municípios brasileiros, dado que a cidade ainda não detém sistema de tratamento de esgotos e a maioria das residências está ligada ao tanque séptico e este à rede pluvial. Em 2018, a Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) anunciou a ordem de início para as obras de implantação da primeira Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), a qual atenderia quatro bairros do município (Companhia Riograndense de Saneamento, 2018). Outro problema relevante a ser discutido é que a maioria das cidades com abastecimento público não dispõe de um plano de emergência para suprir as necessidades mínimas da população em caso de escassez extrema ou mesmo de uma contaminação dos reservatórios naturais. No Rio Grande do Sul isso se evidencia a cada período com pouca precipitação, em que os municípios decretam situação de emergência devido à estiagem, cujos registros podem ser encontrados pelos decretos emitidos pelo estado a cada ano (Rio Grande do Sul, 2023). Tal questão também ficou evidente pela grande crise hídrica enfrentada no sudeste do país:

A seca histórica no Sudeste do Brasil em 2014-2015 começou em São Paulo em outubro de 2013 e se estendeu a outros estados da região Sudeste ao longo de 2014 e 2015. As consequências desta falta de chuvas, juntamente ao mau planejamento no fornecimento e distribuição de água e na ocupação irregular e/ou desordenada das encostas resultou em uma crise de água [...] (Soriano et al., 2016, p. 22).

Fracalanza e Freire (2015) ressaltam que a crise de abastecimento de água traz à tona algumas reflexões a partir dos conceitos de injustiça ambiental, de governança ambiental e de água como mercadoria. As autoras afirmam que “[...] em situações de escassez, é fundamental que as populações sejam orientadas e consideradas igualmente de modo que não sejam prejudicadas em seu acesso à água, de modo a não se estabelecerem conflitos entre os usos da água [...]” (Fracalanza & Freire, 2015, p. 471). Assim, revela-se a importância de conhecer as características das fontes surgentes a fim de considerá-las como opção alternativa à população em eventos de desabastecimento público.

A pesquisa, portanto, tem por objetivo geral identificar as fontes surgentes (nascentes) de água inseridas no perímetro urbano, no bairro centro do município de Caçapava do Sul/RS, tendo como objetivos específicos realizar o inventário das fontes de águas naturais, identificá-las em imagem de satélite e *in loco*; plotar as coordenadas das fontes em mapa, realizar o acompanhamento da quantidade e qualidade, por meio de análises periódicas e sazonais, a fim de viabilizar o acompanhamento das variações nas diversas estações do ano e realizar a divulgação da situação das fontes inventariadas.

Ainda, pretende-se infundir a corresponsabilidade em relação à conservação dos ecossistemas aquáticos, particularmente em relação às áreas de fontes surgentes e olhos d'água, através da divulgação do seu índice de qualidade de água (IQA) por meio de parceria com a Prefeitura local para a confecção de placas sinalizadoras.

Alguns conceitos importantes

A disponibilidade dos recursos hídricos para seu uso de forma racional está associada ao conhecimento sobre o comportamento das águas superficiais e subterrâneas, depreendendo-se como ocorre a circulação da água em bacias hidrográficas bem como sua movimentação em aquíferos. Para tanto, faz-se necessário compreender alguns conceitos:

Aquífero é um reservatório subterrâneo de água, composto por formações geológicas suficientemente permeáveis, capazes de armazenar e transmitir água em quantidades suficientes para seu aproveitamento para diferentes usos. São classificados quanto ao tipo de porosidade da rocha em granular, fissural e cárstico; e, quanto às características hidráulicas, em livres ou confinados. Aquífero granular é formado por rochas sedimentares, as quais apresentam porosidade granular. Por sua vez, os aquíferos fissurais, como o nome indica, são formados pela porosidade dada pelas fraturas e fissuras conectadas, que ocorrem em rochas maciças e compactas, como os granitos e gnaisses. Já os aquíferos cársticos ocorrem em rochas carbonáticas como os calcários, por processos químicos de dissolução “[...] formam-se cavidades, que podem resultar em galerias com rios subterrâneos e cavernas” por onde a água flui (Iritani & Ezaki, 2012, p. 20).

Uma fonte natural, nascente ou fonte surgente é aquela em que a água aflora (brota) espontaneamente no terreno. “Ela ocorre em determinadas condições topográficas e geológicas e caracteriza uma área de descarga dos aquíferos.” (Iritani & Ezaki, 2012, p. 72). Uma nascente pode ocorrer quando a topografia apresenta feições que favorecem a intersecção do lençol freático com a superfície do terreno, como mudanças na declividade do terreno, chamadas de “quebras de relevo” ou depressões. Quando há flutuação do lençol freático, devido à variação da recarga do aquífero, a nascente pode secar nos períodos sem chuva, passando a ser intermitente. Há, também, “ocorrência de nascentes quando o contato entre duas camadas geológicas de diferentes permeabilidades intercepta a superfície do terreno” (Iritani & Ezaki, 2012, p. 72).

Segundo o Código Estadual de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul, as nascentes constituem afloramento natural do lençol freático em condições de perenidade ou intermitência, e que dá início a um curso de água (Rio Grande do Sul, 2020). Para Felipe (2009), nascente é um sistema ambiental em que o afloramento da água subterrânea ocorre naturalmente de modo temporário ou perene, integrando à rede de drenagem superficial. O autor considera que as fontes surgentes são de extrema importância para a manutenção do equilíbrio hidrológico, geomorfológico e biológico (Felipe & Magalhães Júnior, 2012).

Quando a descarga da água subterrânea ocorre em corpos de água superficial é denominada de escoamento de base e é quem mantém o nível da água dos rios, riachos e lagos em épocas de estiagem. Já as áreas de recarga dos aquíferos são regiões onde a água, normalmente proveniente da chuva, cai na superfície do terreno e infiltra por meio de áreas aflorantes das formações geológicas, onde o aquífero é livre. Essa recarga pode ocorrer também pela água que migra de outra unidade hidrogeológica (Iritani & Ezaki, 2012).

Classe de qualidade: conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros. De acordo com o Art. 4º da Resolução CONAMA nº 357 (CONAMA, 2005) as águas doces, que apresentam com salinidade igual ou inferior a 0,5%, são classificadas segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes em cinco classes, sintetizadas no Quadro 1:

Quadro 1 - Usos permitidos para cada classe de água doce, segundo Resolução CONAMA N° 357 (2005).

| Classe especial | Classe 1 | Classe 2 | Classe 3 | Classe 4 |
|---|--|---|--|----------------------------|
| a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; | a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; | a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; | a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; | a) à navegação; |
| b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; | b) à proteção das comunidades aquáticas; | b) à proteção das comunidades aquáticas; | b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; | b) à harmonia paisagística |
| c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral. | c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274/2000; | c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274/2000; | c) à pesca amadora; | |
| | d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; | d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; | d) à recreação de contato secundário; | |
| | e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas. | e) à aquicultura e à atividade de pesca. | e) à dessedentação de animais. | |

Fonte: Autoria própria.

Qualidade e potabilidade de água: a qualidade das águas está ligada aos objetivos de uso atribuídos aos corpos de água, de modo que cada uso exige diferentes níveis de qualidade de água, que variam em função da finalidade pretendida (Von Sperling, 2005). No Brasil, a qualidade da água foi normatizada pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) em classes em função dos usos permitidos pela Resolução 357/2005, alterada pelas Resoluções CONAMA n° 393/2007, n° 397/2008, n° 410/2009 e Resolução n° 430/2011 (CONAMA, 2005; 2007; 2008; 2009; 2011); e, quanto a balneabilidade do corpo de água, definida na Resolução n° 274/2000 (CONAMA, 2000). Já a potabilidade está relacionada ao consumo humano, baseando-se em alguns parâmetros que regulam a possibilidade de consumo humano, sem prejuízos à saúde. Nesse sentido, a Portaria n° 2.914 do Ministério da Saúde (Brasil, 2011) estabelece os limites toleráveis para cada parâmetro.

A resolução CONAMA n° 274, ao considerar a balneabilidade (recreação de contato primário) para um local, estabelece as categorias própria e imprópria para as águas doces, salobras e salinas (CONAMA, 2000, art. 2°). Essa resolução ainda subdivide a categoria própria em excelente, muito boa e satisfatória, de acordo com valores máximos de coliformes fecais (termotolerantes) ou *Escherichia coli* verificados nas análises laboratoriais. Também prevê a interdição em caso de constatação de má qualidade das águas (CONAMA, 2000).

Considera-se aqui recreação de contato primário, o contato direto e prolongado com a água, seja pelo uso de fontes com chafariz ou torneira, podendo haver risco de ingestão.

De acordo com a resolução CONAMA n° 357, o monitoramento refere-se a medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo de água (CONAMA, 2005).

Quanto aos tipos de tratamentos de água, a resolução (CONAMA, 2005) define que o tratamento avançado implica técnicas de remoção e/ou inativação de constituintes refratários aos processos convencionais de tratamento, os quais podem conferir às águas características, tais como: cor, odor, sabor, atividade tóxica ou patogênica. Já o tratamento convencional é aquele empregado pelas companhias de abastecimento utilizando processos de clarificação com utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH. O tratamento chamado de simplificado pressupõe processo de clarificação por meio de filtração e desinfecção e correção de pH quando necessário.

O índice de qualidade de água (IQA) é um método simples usado como parte da análise da qualidade geral da água, utilizando-se grupo de parâmetros, assim reduzindo a quantidade de informação para um número adimensional, portanto, um índice que traduz a qualidade. O índice pode ser considerado “uma diretriz de condução, uma ferramenta que permite ao usuário extrair de grande quantidade de dados de qualidade da água um único número, ou índice” (CCME, 2001 citado por Menezes et al., 2013, p. 80).

O método foi inicialmente proposto por Horton (1965) e Brown et al. (1970). O IQA consiste, basicamente, em “uma média ponderada, na qual o resultado de múltiplos testes é representado em um único valor” (Haingotsehen et al., 2020, p. 1054). O referido índice tornou-se uma importante ferramenta para a avaliação da qualidade das águas em diversos pontos de rios e lagos ao longo do tempo, permitindo também a comparação com rios de outras regiões e países. O Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) propôs uma adaptação ao IQA original, a qual é utilizada neste trabalho (Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2019).

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho visou identificar as principais fontes surgentes de água localizadas dentro do perímetro urbano do município de Caçapava do Sul/RS/Brasil, mais especificamente aquelas localizadas no bairro centro da cidade, verificando-se a vazão e realizando-se análises físico-químicas e biológicas para determinar a sua qualidade.

A cidade de Caçapava do Sul tem uma população de 32.515 habitantes, conforme informações obtidas pelo censo 2022 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022), área de 3047 km² e fica localizada a uma latitude de 30°30'44"- sul, uma longitude 53°29'29"- oeste, e a uma altitude de 444 metros, distante 255 km de Porto Alegre, capital do Estado (SEBRAE, 2019). A localização da cidade e das fontes, objeto dessa pesquisa, podem ser visualizadas na Figura 1.

O município de Caçapava do Sul/RS está situado na chamada “Zona da Campanha”, onde predomina o bioma Pampa, um dos seis biomas terrestres ou grandes regiões naturais do Brasil. É o único que se estende por um só estado, ocupando 63% do território gaúcho (Bencke et al., 2016). Possui jazidas de minério de cobre, cal e caulim (SEBRAE, 2019). O cultivo da soja é predominante com produção de 72 mil toneladas (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022), mas há extensa área rural marcada pela presença da agricultura familiar, produção de ovinos e, atualmente, está se destacando no plantio de oliveiras, possuindo uma indústria de beneficiamento de azeite de oliva, localizada na Vila Progresso.

Em relação ao saneamento básico, dados levantados pelo IBGE, em 2010, apontam que 51,2% dos domicílios apresentam esgotamento sanitário adequado (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022). No entanto, a informação diz respeito à presença de tanque séptico ligado à rede pluvial e não há estação de tratamento de esgotos na cidade. A implantação da 1ª Estação de Tratamento de Esgoto de Caçapava do Sul, cujo investimento alcança quase R\$8 milhões, foi assinada em 2018, e ainda não teve a conclusão das obras (Prefeitura Municipal de Caçapava do Sul, 2018).

Caçapava do Sul possui um microclima mesotérmico subtropical frio e úmido no inverno e quente e seco no verão, apresentando temperaturas médias anuais de 18°C e precipitação média anual entre 1.400 e 1.600 mm (Galhardi et al., 2018).

Quanto aos tipos de solos de Caçapava do Sul, existem 5 tipos predominantes, Solo litólico distrófico (Neossolo Litólico), Solo Vermelho-Amarelo distrófico, Solo Vermelho-Amarelo eutrófico, Solo Litólico eutrófico (Neossolo Litólico) e Neossolo Regolítico (Museu de Solos do Rio Grande do Sul, 2020). Na área de estudo, predomina o solo Litólico eutrófico, que se caracteriza por serem solos jovens constituídos por material mineral ou material orgânico com pouca espessura sendo pouco evoluídos com horizonte superficial diretamente sob a rocha sã ou horizonte C (Santos, 2018).

Quanto à geologia do município de Caçapava do Sul, é caracterizada por uma sequência de rochas polimetamórficas, denominadas de Complexo Metamórfico Passo Feio, que circunda uma associação de rochas graníticas, designada Complexo Granítico de Caçapava do Sul, um corpo de aproximadamente 250 km² de forma elíptica com maior eixo Norte-Sul composto predominantemente por rochas granodioríticas, sendo dividido em 3 fácies principais: leucogranotóides, biotita granitóides e granitóides transicional (Bitencourt, 1983; Nardi & Bitencourt, 1989). O complexo metamórfico contém metapelitos, anfibólio xistos, anfibólio gnaisses, metagabros e metavulcanoclásticas, predominantemente, com xistos magnesianos, gnaisses quartzo-feldspáticos, mármore, quartzitos e metavulcânicas subordinadas. (Bitencourt, 1983). A fácies leucogranitóides predominam na porção norte-nordeste do corpo, a fácies biotita granitóides predominam nas porções sul, sudoeste e oeste do complexo e as fácies granitóides transicionais predominam na porção central e leste do complexo. (Nardi & Bitencourt, 1989).

Durante o processo de inventário das fontes, a princípio, realizou-se a análise das imagens de satélite (Google Earth) em escritório, verificando-se os prováveis locais com presença de água. Após, foram realizadas visitas técnicas aos locais pré-identificados verificando-se cada fonte. Durante as visitas técnicas os moradores foram questionados sobre: a presença de alguma outra fonte ou arroio na região; a utilização de suas águas no presente e no passado; e, a existência de lendas relacionadas às fontes.

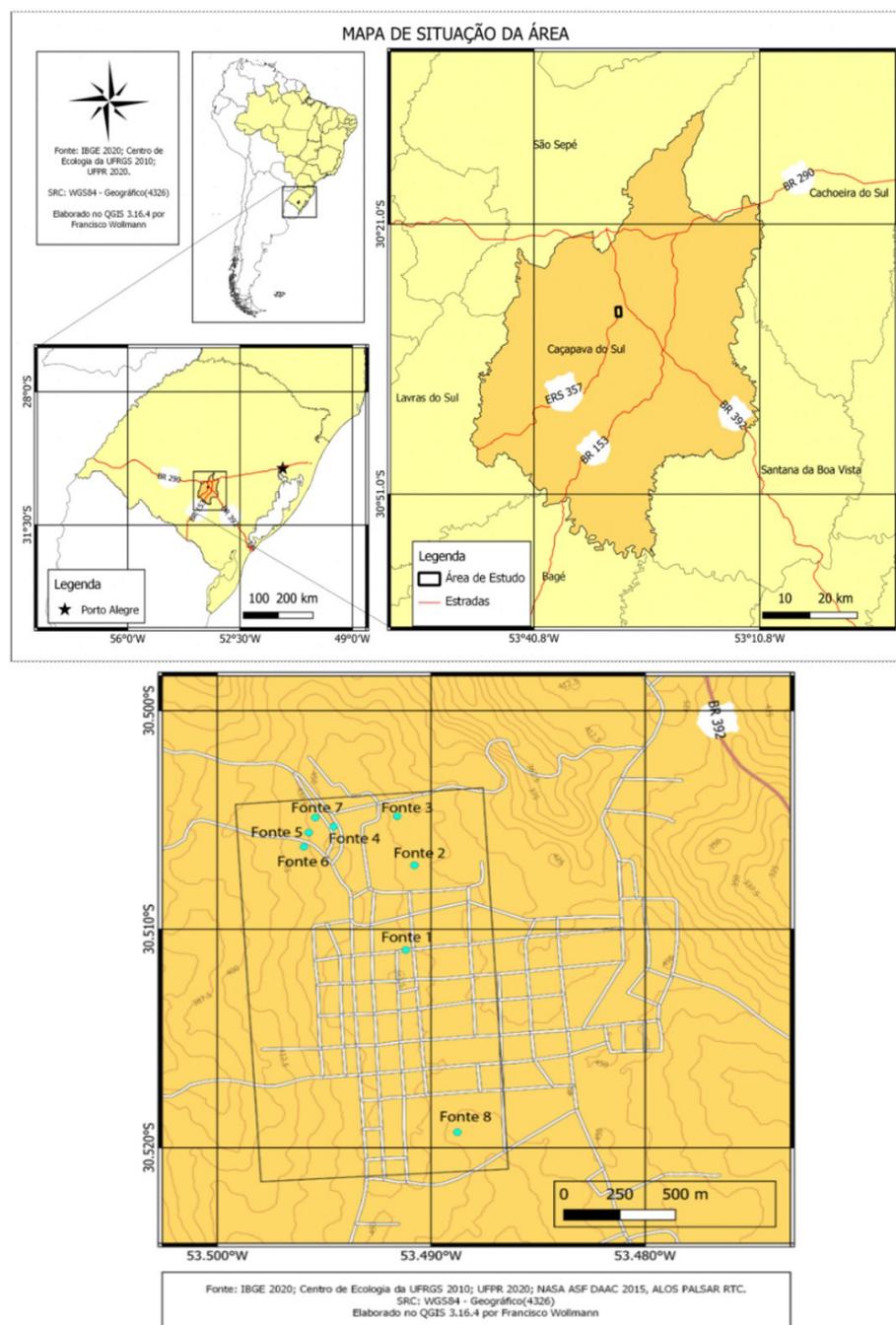


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo e das fontes inventariadas.
Fonte: Adaptado de IBGE, 2020; Centro Ecologia UFRGS, 2010, UFPR, 2020;

Cada fonte foi identificada *in loco* por meio de vistoria técnica. No prosseguimento das atividades, caracterizou-se o estado de conservação de cada fonte, reunindo-se os dados geográficos e ambientais do local. As visitas técnicas foram realizadas seguindo-se o guia de padronização (Apêndice 1) para que o levantamento de dados não sofresse a interferência da equipe envolvida, de modo que, independentemente do vistoriador, todos fizeram o levantamento dos mesmos dados, seguindo os mesmos critérios.

Por meio dos dados obtidos na visita técnica, realizou-se a locação das fontes em mapa, utilizando-se as coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) e o software livre QGIS, versão 3.16. Cada fonte inventariada foi plotada em mapa na escala 1:25.000.

No primeiro ano da pesquisa, a verificação dos parâmetros físico-químicos e biológicos das águas das fontes inventariadas foi realizada em parceria com a Companhia de Riograndense de Saneamento (CORSAN). Assim, a CORSAN analisou os seguintes parâmetros: cor, potencial hidrogeniônico (pH),

Escherichia coli (*e-coli*) e coliformes totais (qualitativos). As amostras de água para análise laboratorial foram coletadas em cada estação do ano (primavera, verão, outono e inverno), analisando-se possíveis interferências pelas condições climáticas, de acordo com a legislação vigente.

As amostras foram coletadas seguindo as orientações técnicas para coleta, acondicionamento e transporte de amostras de água do Ministério da Saúde (Brasil, 2013), sendo utilizados frascos de polietileno e de vidro fornecidos pelo laboratório de química da Unipampa, campus Caçapava do Sul e, no início da pesquisa, também pela CORSAN. Nas coletas de amostras realizadas, a partir de abril de 2022, incorporaram-se os ensaios biológicos quantitativos (*e-coli*) e coliformes totais nas análises realizadas pelo laboratório da Unipampa.

As amostras eram acondicionadas em bolsa térmica com gelo até o retorno da amostra ao laboratório. No campo foram realizadas as medições de pH e da temperatura da água em cada fonte, utilizando-se termômetro portátil e fita papel indicador de pH (Figura 2).



Figura 2 – Coleta de amostra de água nas fontes 1, 2, 5 e 8.
Fonte: Autoria própria.

A Figura 2A mostra a aferição do pH no local da coleta, em uma fonte canalizada. A Figura 2B demonstra a coleta de amostra em uma fonte surgente sem intervenção estrutural. Por sua vez, a Figura 2C mostra a verificação da temperatura da água no momento da coleta, e já a Figura 2D ilustra a coleta de amostra em fontes surgentes com intervenção estrutural (antrópica).

Empreenderam-se, também, medidas periódicas de vazão das fontes, quando viável, levando-se em consideração a sazonalidade. Deste modo, mediu-se a vazão, ao menos quatro vezes ao longo do programa de coleta, utilizando-se o método volumétrico por ser um sistema simples e econômico. A viabilidade do método em questão ocorre devido ao fato de que a maioria das fontes em perímetro urbano já sofreu intervenção humana, aflorando em bicas e não diretamente no solo. No caso de fontes surgentes, aflorantes diretamente no solo, como o caso da Fonte 3 (Nossa Senhora do Forte), não foi possível realizar medidas de vazão, em decorrência do baixo fluxo de água. As demais análises não foram realizadas pela falta de vazão e, ainda, pela alta concentração de esgoto sanitário nessa fonte.

O método volumétrico baseia-se no tempo decorrido (t) para que um determinado fluxo de água ocupe um recipiente com volume conhecido (V), realizando-se três repetições para obter a média e valores mais acurados. Utilizou-se para o cálculo a fórmula da Equação 1:

$$Q = V/t \tag{1}$$

Onde:

- ❖ Q= vazão (L/s);
- ❖ V= volume conhecido (litros) e,
- ❖ t = tempo decorrido para completar o volume (segundos).

Para determinar a vazão final calculou-se a média aritmética das três medidas pela Equação 2:

$$Q_f = (Q_1 + Q_2 + Q_3) / 3 \tag{2}$$

Dessa forma, dispondo-se de medições periódicas, pode-se identificar as oscilações sazonais da vazão e obter a vazão média anual de cada fonte medida.

Em laboratório, a temperatura da amostra foi medida com termômetro analógico e o pH foi obtido por meio de peagâmetro digital Alfakit modelo AT 355. Para análises de condutividade, empregou-se o condutivímetro da marca GEHAKA modelo CG 1800. Na análise de turbidez utilizou-se turbidímetro marca HACH, modelo 2100N.

Para detectar coliformes totais e termotolerantes foi aplicada a técnica quantitativa dos tubos múltiplos usando o método do Número Mais Provável (NMP), o qual possibilita estimar a população bacteriana baseando-se em probabilidades estatísticas, cujo intervalo de confiança atinge o nível de 95% de probabilidade, para diversas combinações de tubos positivos em série de cinco tubos (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2018). Utilizaram-se cinco tubos próprios para a análise e, como meio de cultura, sachês de COLITEST[®] - conforme o fabricante, consiste em um substrato, cromogênico e fluorogênico desenvolvido para detecção simultânea de coliformes totais e *e-coli* através da técnica da cultura, descrito no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Após período de incubação a 36,5°C, realizou-se a verificação dos tubos positivos para coliformes totais e na câmara com radiação ultravioleta (UV) para os tubos positivos para coliformes fecais. Os números foram comparados em tabelas de NMP (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2018).

Para análise do fósforo, utilizou-se o método de análise para fósforo inorgânico total, o qual se baseia na formação de complexo de fosfomolibdato, e fez-se a leitura de absorbâncias em comprimento de onda de 882 nm no aparelho BEL ESPECTROFOTÔMETRO 2000 UV, seguindo o procedimento analítico. A espectrofotometria de absorção molecular no UV é uma técnica analítica muito utilizada na determinação quantitativa de espécies moleculares inorgânicas, orgânicas e biológicas (Trevisan & Poppi, 2006).

A determinação de nitrato foi realizada através do método ultravioleta, onde após tratamento das amostras com HCl 1 M foram lidas as absorbâncias em comprimento de onda de 220 nm e 275 nm seguindo o procedimento analítico (Scorsafava et al., 2017).

A partir de então, obtidos os resultados das análises dos nove parâmetros necessários para o cálculo do índice de qualidade de água (IQA) modificado proposto pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (2019); quais sejam: temperatura, pH, fósforo total, oxigênio dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), resíduos totais, coliformes termotolerantes, turbidez e nitrato, utilizando-se o método que atribui pesos aos parâmetros, em função de sua importância na qualidade, variando de 0 a 1. Assim, para o cálculo do IQA utilizou-se como ferramenta o programa gratuito Qualigraf, o qual consiste em instrumento para auxiliar na parte gráfica das análises mais usuais de qualidade de amostras d'água, desenvolvida em 2001 pelo Departamento de Recursos Hídricos da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME, disponível gratuitamente para download na internet. Com esse software criou-se um novo arquivo em forma tabela, na qual foram adicionados os parâmetros para o cálculo do IQA.

As médias encontradas para cada parâmetro, em análises realizadas trimestralmente durante o ano de 2022, foram utilizadas na elaboração da tabela. Considerou-se o nitrogênio total na forma de nitrato, tendo em vista que a estimativa de nitritos e nitrogênio amoniacal apresentou valores abaixo do limite de quantificação. O fósforo foi verificado na forma de fosfato. Após completar a tabela, estimou-se o IQA, cujo cálculo é feito automaticamente pelo software. As tabelas com os resultados completos das análises realizadas trimestralmente estão no Apêndice 2. Ressalta-se que, por meio do IQA, se pode traduzir a possibilidade de contaminação da água por esgotos domésticos e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos.

Com o intuito de avaliar o estado atual das águas das fontes surgentes identificadas pelo estudo, além de comparar com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357 (CONAMA, 2005) para águas doces e Resolução CONAMA n° 274 (CONAMA, 2000), que determina a balneabilidade, também foi calculado o IQA modificado, ou seja, índice cujo cálculo foi adaptado daquele criado em 1970 pela National Sanitation Foundation/NSF (Lopes et al., 2007). Utilizou-se o cálculo aplicado no monitoramento oficial da qualidade das águas em Minas Gerais pelos órgãos governamentais, seguindo-se a metodologia padronizada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (2019). Para facilitar a interpretação utilizou-se a classificação de cores proposta pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (2019), conforme Quadro 2.

Considerando-se o uso das fontes para contato primário e que o artigo 15 da Resolução 357 (CONAMA, 2005) estabelece a aplicação às águas doces de classe 2 as condições e padrões da classe 1 (com exceção de coliformes, cor, turbidez, DBO, OD, fósforo total, densidade de cianobactérias, clorofila a e corantes de fontes antrópicas), optou-se por verificar se as fontes estudadas atendem aos requisitos para uma dessas duas classes. Ademais, levou-se em conta a possibilidade de utilização das águas das fontes em períodos de estiagem com escassez extrema e, portanto, também se fez a análise dos resultados em relação à Portaria n° 2914 (Brasil, 2011) e das condições de potabilidade.

Quadro 2 - Classificação do Índice de Qualidade das Águas – IQA

| Nível de qualidade - IGAM/MG | |
|------------------------------|-------------|
| Excelente | 90<IQA<=100 |
| Bom | 70<IQA<=90 |
| Médio | 50<IQA<=70 |
| Ruim | 25<IQA<=50 |
| Muito Ruim | 0<IQA<=25 |

Fonte: Modificado de Instituto Mineiro de Gestão das Águas (2019)

Complementarmente ao levantamento de dados primários, o levantamento de dados secundários trouxe o embasamento necessário para a pesquisa, permitindo pela análise dos documentos disponíveis no acervo da Prefeitura Municipal de Caçapava do Sul, em bases de dados que abrigam trabalhos de conclusão de curso, monografias, dissertações e teses; em periódicos, entre outras; uma comparação com os dados observados, adicionalmente ao levantamento de dados históricos relacionados às fontes de água obtidos também por meio de pesquisa bibliográfica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto aos parâmetros analisados e o cálculo do IQA, a Tabela 1 sintetiza os resultados referentes às análises laboratoriais e cálculos do Índice de Qualidade da Água (IQA). A compilação das análises por trimestre pode ser consultada no Apêndice 3.

Tabela 1 - Resultados das análises e IQA

| Amostra | O.D (mg/L) | T (°C) | Coliformes Fecais (NPM/100mL) | pH | DBO (mg/L) | Nitrogênio total (mg/L) | Fósforo Total (mg/L) | Turbidez (UNT) | Resíduo Total (mg/L) | IQA IGAM-MG |
|---------|------------|--------|-------------------------------|-----|------------|-------------------------|----------------------|----------------|----------------------|-------------|
| Fonte 1 | 3.6 | 24.4 | 1600 | 6.1 | 0.8 | 8.29 | 0.01 | 0.87 | 182 | 56 |
| Fonte 2 | 2.7 | 23.5 | 1600 | 6.9 | 0.8 | 2.27 | 0.01 | 29 | 162 | 54 |
| Fonte 4 | 5.1 | 23.2 | 1600 | 6.2 | 0.8 | 35.68 | 0.01 | 2.57 | 366 | 61 |
| Fonte 5 | 4.2 | 21.3 | 1600 | 6.1 | 0.8 | 68.33 | 0.01 | 2.06 | 420 | 43 |
| Fonte 6 | 1.7 | 25.1 | 1600 | 5.8 | 0.8 | 55.23 | 0.01 | 0.91 | 350 | 45 |
| Fonte 7 | 2.5 | 21.1 | 1600 | 5.9 | 0.8 | 74.75 | 0.01 | 0.67 | 384 | 36 |
| Fonte 8 | 2 | 26.4 | 1600 | 6.2 | 0.8 | 10.96 | 0.01 | 1.17 | 224 | 51 |

Fonte: Autoria própria.

Pela análise da tabela constata-se que as águas analisadas no primeiro trimestre do ano foram classificadas como de qualidade média e ruim. Conforme citado em materiais e métodos, adotou-se a proposta do IGAM para simplificar o entendimento dos resultados do IQA, utilizando-se cores que simbolizam a avaliação feita. Assim, atribuíram-se as seguintes cores e critérios, respectivamente: situação excelente, cor azul; situação boa, cor verde; se é média, cor amarela; se é ruim, cor laranja; e, muito ruim, vermelha. Considerando-se a escala de cores proposta pelo IGAM, a situação das fontes identificadas no perímetro urbano de Caçapava do Sul está enquadrada como de média a ruim. Para a análise dos resultados adotou-se a classificação conforme Quadro 2 (Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2019).

Vazões

Quanto às vazões, nem todas as fontes puderam ser monitoradas, sendo que apenas quatro delas apresentaram vazão suficiente nos dias de coleta de amostras. Na Figura 3 encontra-se o comparativo entre a média anual das vazões das fontes 1, 5, 6 e 8, as quais possuem fluxo possibilitando realizar a medição.

A média anual da vazão variou de vazões insignificantes de 0,02 L/s a vazões consideráveis de 0,53 L/s, nas fontes com vazões mensuráveis.

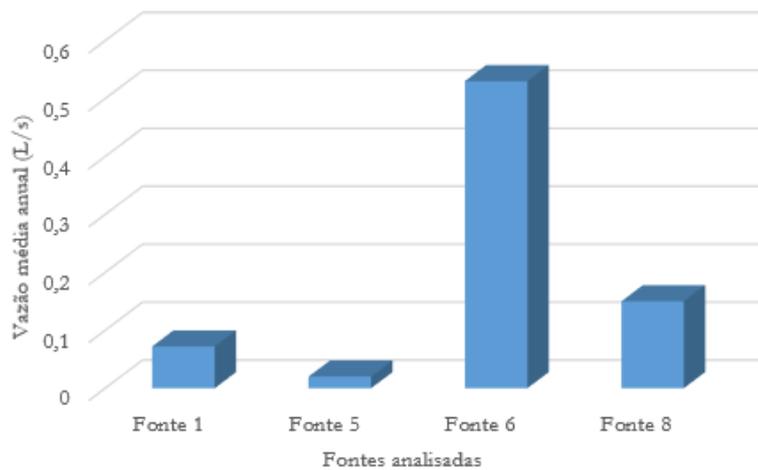


Figura 3 – Vazão média anual das fontes.
Fonte: autoria própria

Análises Físico-Químicas e Microbiológicas

Potencial Hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) é uma escala numérica que varia de 0 a 14, sendo o pH menor que 7,0 a substância é considerada ácida, igual a 7,0 é uma substância neutra, e maior que 7,0 a substância é básica ou alcalina. Esses valores podem estar relacionados aos fatores naturais e fatores antropogênicos, como intemperismo de rochas, matéria orgânica presente na água, poluição por esgoto residencial e industrial (Von Sperling, 2005). Segundo a Portaria 2.917/2011 do Ministério da Saúde, a faixa média de pH própria para consumo humano varia na faixa entre 6 e 9,5. Na Figura 4 estão apresentados os valores de pH por fonte e época do ano da coleta.

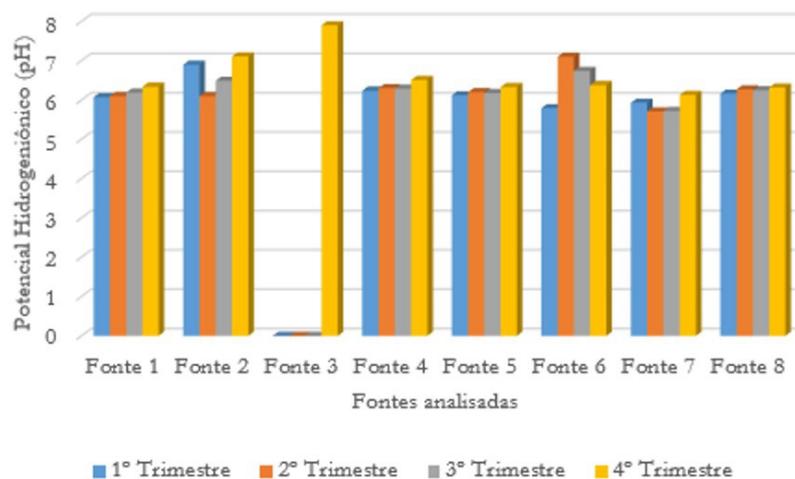


Figura 4 - Resultados de pH por fonte
Fonte: autoria própria

Menezes et al. (2013) sugerem a utilização de limites estabelecidos para a classe 1 da Resolução CONAMA 357/2005 para águas superficiais (CONAMA, 2005), posto que a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD) e pH, não possuem valores de referência para consumo humano na legislação de água subterrânea. Observou-se que os valores de pH se encontram, em sua grande maioria, dentro da faixa apta ao consumo humano, exceto a fonte 7, que, no período do inverno, apresentou um pH de 5,72. No entanto, Lopes et al. (2007) consideram esse parâmetro como fator de degradação da qualidade das águas quando ocorre a acidificação dos corpos d'água, que são condições cujo pH de suas águas apresentam valores menores que 5,7. Nas fontes surgentes analisadas, o pH manteve-se acima de 5,7 para todas as amostras.

Temperatura da água

A temperatura da água possui importância como parâmetro de qualidade, pois altas temperaturas acabam causando um aumento das taxas de reações químicas e biológicas, diminuindo assim a solubilidade de gases e aumentando a taxa de transferência, podendo gerar mau cheiro (Von Sperling, 2005).

As temperaturas da água, registradas no momento da coleta, estão apresentadas na Figura 5:

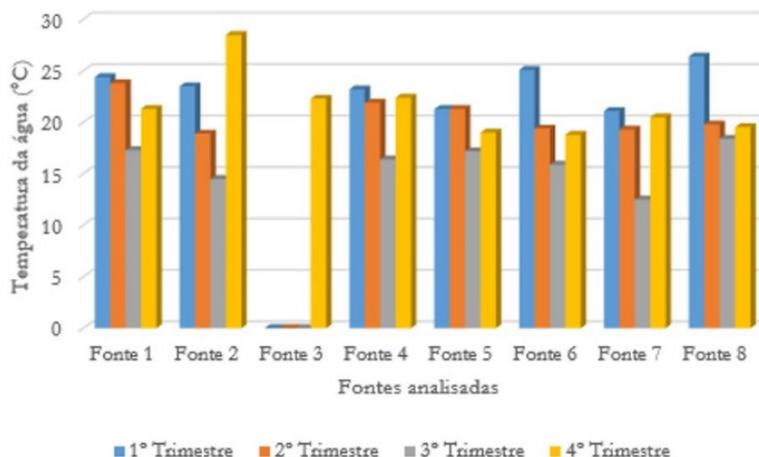


Figura 5 - Temperatura da água por fonte
Fonte: autoria própria

A temperatura da água em todas as fontes está dentro do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, estando abaixo de 40º.

Oxigênio dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido é de suma importância para sobrevivência de qualquer organismo aeróbico, sendo o teor de OD um indicador de poluição por excesso de matéria orgânica, que utilizam o oxigênio dissolvido em água em seus processos respiratórios (Gloria et al., 2017).

Na Figura 6, apresentam-se os resultados obtidos para o OD, divididos por fonte e estação do ano.

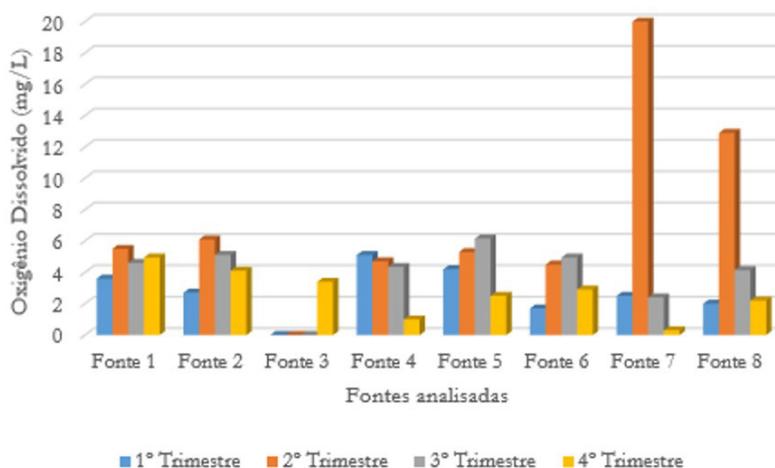


Figura 6 - Resultados de oxigênio dissolvido
Fonte: autoria própria

Segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, o mínimo de oxigênio dissolvido em água deve ser de 6 mg/L O₂ para águas doces em classe 1 e não inferior a 5 mg/L O₂ para a classe 2. Em todas as fontes, coletas abrangendo inverno, primavera e verão, apresentaram uma quantidade inferior a 6 mg/L O₂, podendo indicar um alto índice de matéria orgânica decorrente de poluição. Considerando tal parâmetro, somente a fonte 5 apresentou valores acima de 6 mg/L O₂ atendendo ao critério de classe 2, nestas estações do ano. No outono, todas as fontes apresentaram OD acima de 15 mg/L O₂.

Demanda Bioquímica de oxigênio (DBO)

A Demanda Bioquímica de oxigênio representa parâmetro relativo à quantidade de oxigênio consumida por microorganismos que realizam a decomposição da matéria orgânica em esgotos ou águas poluídas, sendo assim, pode ocorrer a morte dos organismos aeróbicos devido ao grande consumo de oxigênio dissolvido na água (Gloria et al., 2017). Os resultados para o parâmetro DBO estão mostrados na Figura 7.

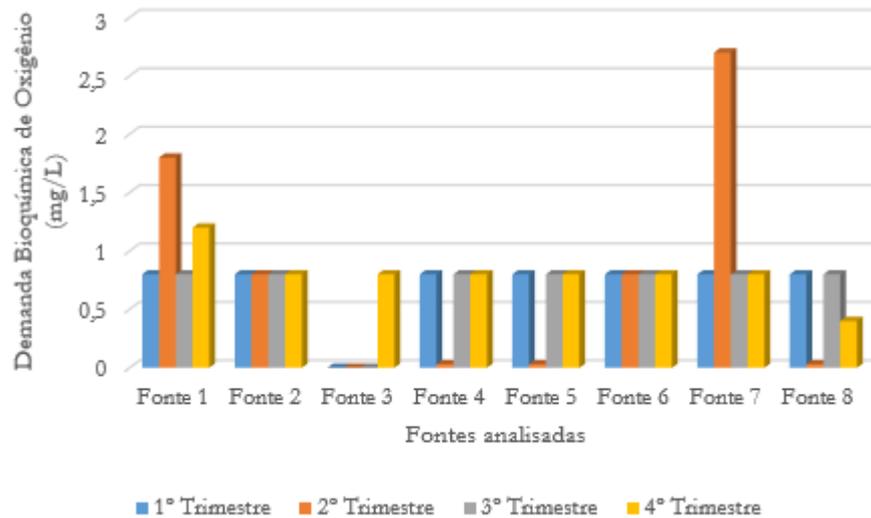


Figura 7 - Resultados de DBO em cada fonte por trimestre analisado.
Fonte: autoria própria

Para que o corpo de água doce seja classificado como classe 1 deve apresentar DBO (5 dias a 20°C) de até 3 mg/L O₂. Quanto a tal critério, todas as fontes analisadas apresentaram resultados inferiores ao limite estabelecido pela legislação brasileira.

Sólidos Totais

É o conjunto de todos os sólidos contidos em um líquido, sendo classificados pelo seu tamanho, características químicas e de decantação e correspondem a quantidade total de sais contidos na água (Gloria et al., 2017).

Na Figura 8 estão sintetizados os resultados obtidos para OD, divididos em fonte e época do ano.

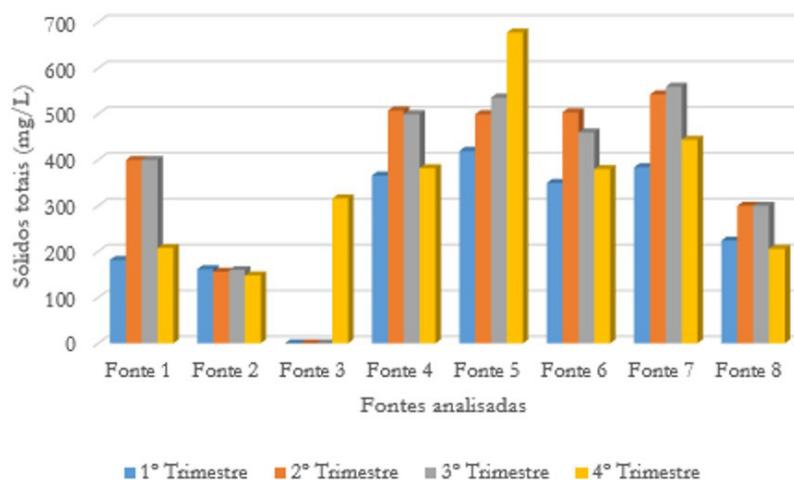


Figura 8 - Resultados obtidos para sólidos totais dissolvidos
Fonte: autoria própria

Seguindo o valor máximo de 500mg/L de sólidos dissolvidos totais para classes 1 e 2, definidos pela Resolução CONAMA nº 357 (CONAMA, 2005), as fontes analisadas apresentaram números abaixo do permitido, exceto as fontes 5 e 7, indicando-se uma maior presença de sais nas águas.

Turbidez

A turbidez ocorre a partir da presença de materiais sólidos em suspensão, podendo ser provocada também por algas, plâncton, matéria orgânica e substâncias como ferro, zinco, manganês e areia, que acabam reduzindo a transparência da água (Fundação Nacional de Saúde, 2013). Também pode ser entendida como a dificuldade de um feixe de luz atravessar uma determinada quantia de água, causada por materiais em suspensão como: silte, argila, matéria orgânica, entre outros (Santos, 2008).

A água com alta turbidez tem sua desinfecção dificultada, pois os sólidos em suspensão servem como uma proteção dos microrganismos ao contato direto com os desinfetantes, sendo por isso considerado um indicador sanitário padrão para identificação de águas próprias ao consumo humano (Fundação Nacional de Saúde, 2013).

De acordo com a Portaria nº 2.914/11 (Brasil, 2011) o valor máximo de turbidez aceita é de 5 Unidades Nefelométrica de Turbidez (UNT). Pela Resolução Conama nº 357 (CONAMA, 2005) é aceitável turbidez de até 40 UNT para a classe 1. Na Figura 9, pode-se verificar os resultados de turbidez por fonte e estação do ano.

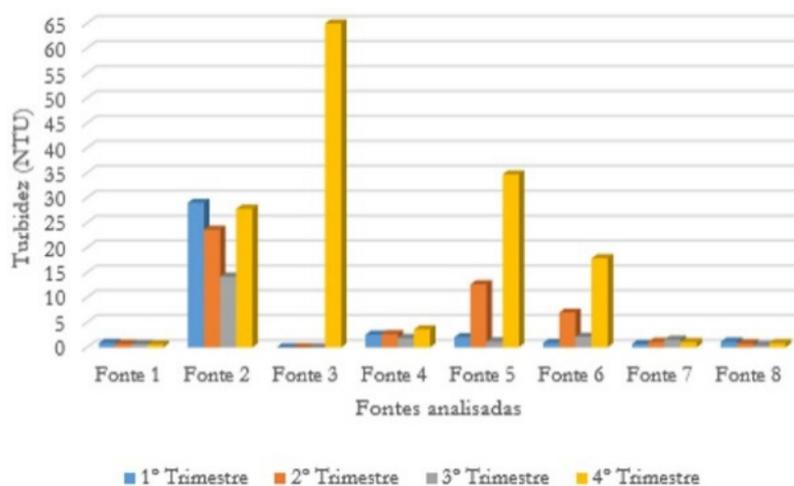


Figura 9 - Resultados obtidos para turbidez
Fonte: autoria própria

Dessa forma, é possível observar que a média das fontes amostradas apresentou valores abaixo do máximo estabelecido pela portaria nº 2914/2011. Apenas as fontes 1, 4, 7 e 8 mostraram turbidez abaixo do valor máximo permitido nesta portaria, em todas as estações do ano, o que indica uma menor quantidade de sólidos em suspensão nestas fontes. Todas as demais apresentaram valores acima de 5 UNT em algum período do ano. Considerando-se o CONAMA nº 357/2005, as fontes atenderam os limites para a classe 1, com exceção da fonte 3. Esses resultados podem estar associados a menor pluviometria nos dias anteriores à coleta, que aumentaram o número de sólidos em suspensão nas amostras analisadas.

Nitrato(NO₃)

O nitrato é um contaminante de grande ocorrência em aquíferos no Brasil e no exterior. A substância é utilizada mundialmente como indicador de contaminação das águas subterrâneas devido à sua alta mobilidade, podendo atingir extensas áreas. (São Paulo, 2021).

Percebeu-se que todas as fontes apresentaram resultados de nitrato alto, sendo as fontes 1, 2, 4, 5, 6, 7 e 8 as que apresentaram valores acima do permitido, de 10 mg/L segundo a Resolução CONAMA nº 357 (CONAMA, 2005) e Portaria nº 2.914 (Brasil, 2011) em, pelo menos, uma época do ano.

Pela análise da Figura 10, verifica-se que, com exceção da fonte 3, todas as demais apresentaram valores acima do permitido para o parâmetro Nitrato em pelo menos uma época do ano.

A fonte 3 não pode ser amostrada por falta de vazão, então não se pode afirmar que tenha valores de nitrato condizentes com a norma. O nitrato ficou em desacordo com os níveis máximos permitidos para águas potáveis, apresentando resultados acima do patamar permitido na legislação brasileira em 87,5% das amostras. O dado antes citado é preocupante, visto que alguns moradores do entorno das fontes relataram fazer uso da água, inclusive para cozinhar quando há falta de água do abastecimento público. Sabe-se que o consumo de água com excesso de nitrato tem potencial para gerar a metahemoglobinemia, que pode ser fatal em crianças. Na bibliografia encontra-se como possíveis origens do excesso de nitrato, o mesmo ser proveniente de fertilizantes ou de lixiviação de fossas sépticas. Como o trabalho está sendo desenvolvido no meio urbano, infere-se que o nitrato seja oriundo da lixiviação de fossas sépticas, mas serão necessárias mais pesquisas para corroborar essa hipótese, ou seja, verificar se é uma característica da água na região (Von Sperling, 2005).

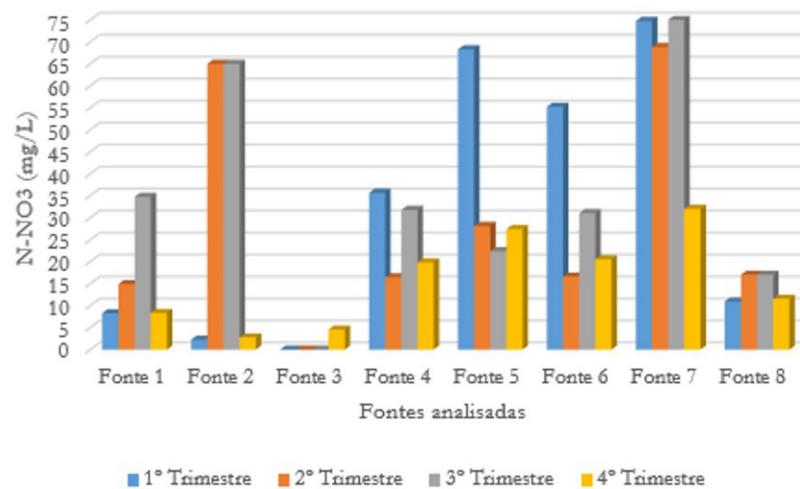


Figura 10 - Resultados das análises de nitrato
 Fonte: autoria própria

Fósforo total

O fósforo é um nutriente essencial para vida na terra, porém seu excesso em corpos de água pode causar aumento de matéria orgânica, ocasionando a limitação ou, até mesmo, a falta de oxigênio daquele corpo. Sua ocorrência em excesso deve-se, normalmente, às descargas de esgoto sanitário (Instituto Ambiental do Paraná, 2005). Na Figura 11, sintetizaram-se os resultados deste parâmetro.

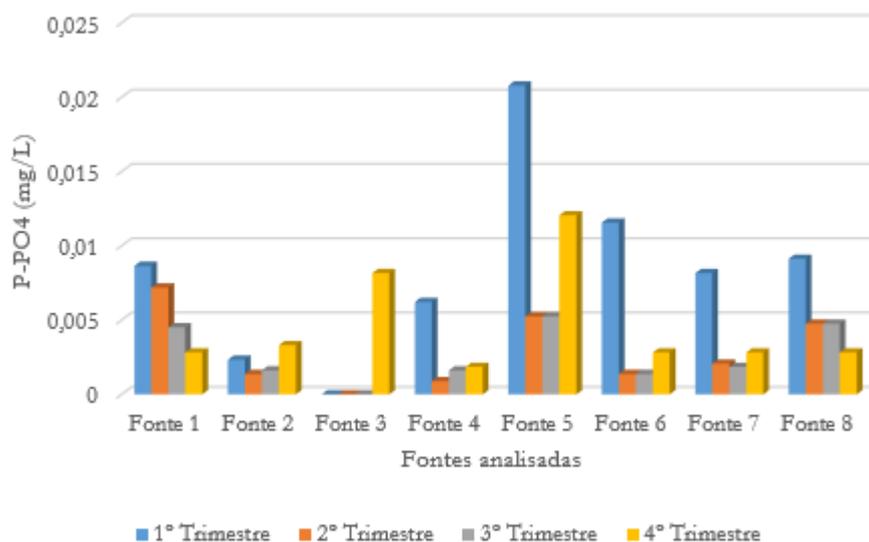


Figura 11 - Fósforo total
 Fonte: autoria própria

Todas as fontes apresentaram valores de fósforo dentro do permitido de 0,020 mg/L para classe 1, com exceção da fonte 5 na coleta de verão. Todas as fontes apresentaram até 0,050 mg/L condizente com a classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357 (CONAMA, 2005), atendendo aos critérios para essas classes de uso quanto ao fósforo.

Coliformes Totais e *E-Coli* (NMP/100mL)

A água potável não deve conter micro-organismos patogênicos e deve estar livre de bactérias indicadoras de contaminação fecal, sendo o indicador de contaminação fecal mais aceito, bactérias denominadas coliformes e coliformes termotolerantes, e a *Escherichia coli* a principal bactéria desse último grupo (Fundação Nacional de Saúde, 2013).

Na Figura 12 observam-se os resultados obtidos para análises microbiológicas, utilizando-se o método COLITEST.

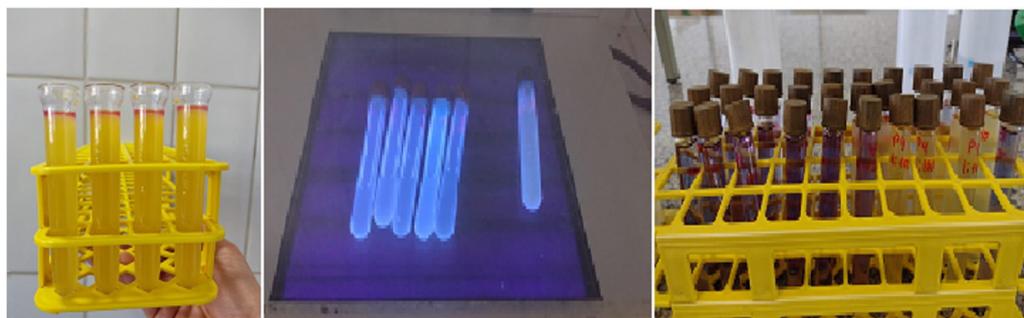


Figura 12A

Figura 12B

Figura 12C

Figura 12 – Realização de análises microbiológicas.

Fonte: Autoria própria.

A Figura 12 mostra as análises realizadas para detectar a presença de microrganismos. Na Figura 12A observa-se a formação de auréola avermelhada indicando positividade para *Escherichia coli*. A fluorescência também indica positividade para *Escherichia coli* (Figura 12B). Na Figura 12C os frascos da esquerda mostram a cor púrpura, indicando que o resultado é negativo. Já os frascos da direita ficaram com cor amarela, indicando positivo para coliformes totais.

Segundo a LKP, fabricante do COLITEST[®], o produto contém em sua formulação MUG, que, ao ser hidrolisado, libera um fluoróforo, apresentando fluorescência azul visível na luz ultravioleta, quando positivo para *E. coli*. A intensidade da fluorescência varia devido a especificidade e quantidade de *e-coli* capaz de produzir β -glicuronidase.

A Portaria nº 2.914 (Brasil, 2011) estabelece que águas próprias para consumo humano devem apresentar ausência de positividade de coliformes totais e *e-coli* por 100 mL de amostras de água analisadas. Portanto, é de suma importância a contagem padrão de bactérias no processo de análise de águas. Quanto aos resultados obtidos nessa pesquisa, todas as fontes apresentaram contaminação de coliformes totais e *e-coli* em 100 mL nas amostras analisadas. Para águas de classe 1 e 2, a norma estabelece que o limite aceitável é 200 e 1000 NMP em 100 mL, respectivamente. Para recreação de contato primário a Resolução CONAMA nº 274 (CONAMA, 2000) aceita como águas satisfatórias aquelas com no máximo 1.000 NMP em 100 mL coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 NMP em 100 mL de *Escherichia coli*. Todas as fontes apresentaram valores acima do permitido para classe 1 ou 2 e não atenderam à norma de balneabilidade.

Como visto, há grande necessidade da popularização do conhecimento e, como forma de publicizar os resultados dessa pesquisa, concretizou-se uma parceria com a Prefeitura Municipal, por meio da Secretaria de Cultura e Turismo (SECULTUR), a fim de que houvesse a divulgação da qualidade das águas das fontes surgentes analisadas.

A divulgação deve ocorrer por meio de placas indicativas das fontes contendo nelas o IQA calculado nessa pesquisa. Com efeito, o cenário ideal seria aquele em que o IQA fosse atualizado periodicamente pela Prefeitura, para que as informações de qualidade estivessem sempre atualizadas. A par de a informação ser relativa a somente determinado período, será uma maneira de conduzir a população à reflexão sobre o estado atual das fontes de água e buscar formas de melhoria. Assim, elaborou-se a proposta de placas, conforme a Figura 13.

Por isso, foi elaborado o *layout* das placas informativas, o qual foi encaminhado à Prefeitura Municipal para que providencie a confecção das placas e, por consequências, as fontes recebam identificação e divulgação da condição de suas águas. Registre-se que somente as fontes localizadas em terrenos públicos receberão as placas.

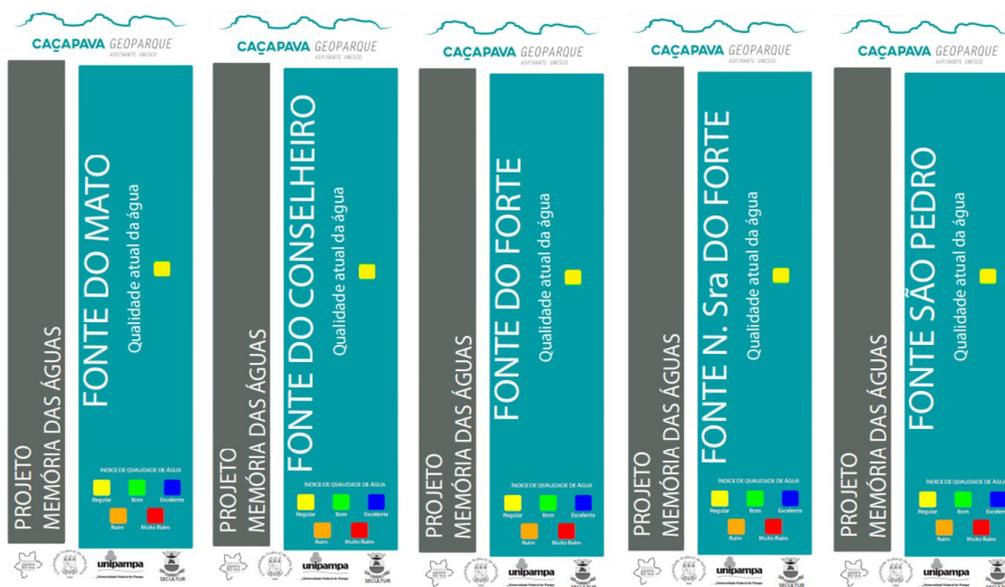


Figura 13 - Proposta de placas indicativas das fontes de água, constando o IQA.
Fonte: Autoria própria.

A disponibilização de informação ao público é, por si, de suma importância, mas principalmente na circunstância verificada, em que nenhuma das fontes monitoradas apresentou média trimestral compatível com a classe 1 ou 2, à luz dos limites estabelecidos pela Resolução nº 357 (CONAMA, 2005). Logo, não é recomendada a utilização dessas águas para recreação de contato primário, tampouco ao abastecimento para consumo humano se realizado somente o tratamento simplificado, fazendo-se necessário, ao menos, o tratamento convencional. Isso é corroborado pela resolução CONAMA nº 274 (2000), que estabelece os critérios para balneabilidade. Essa resolução define que para as águas serem consideradas próprias, em classe satisfatória, devem apresentar no máximo 1.000 NMP por 100 mL de coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 NMP por 100 mL de *Escherichia coli*; e para serem consideradas águas excelentes devem apresentar no máximo 250 NMP por 100 mL de coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 NMP por 100 mL de *Escherichia coli*. Em relação ao pH, deve permanecer na faixa entre 6 e 9, sendo que, no caso, todas as fontes analisadas ficaram na faixa de 5,8 a 6,9. Lopes, Pereira e Magalhães Jr. (2007) consideram esse parâmetro como fator de degradação da qualidade das águas quando ocorre a acidificação dos corpos d'água, que são condições cujo pH de suas águas apresentam valores menores que 5,7.

Pela resolução nº274 (CONAMA, 2000), que estabelece critérios de balneabilidade, todas as fontes estão fora das condições estabelecidas para serem consideradas satisfatórias, pois todas apresentam o parâmetro coliformes fecais acima do recomendado (250 a 1000). Contudo, não são consideradas impróprias, pois a mesma resolução estabelece o limite superior a 2500 NMP em 100 mL de coliformes fecais (termotolerantes) ou 2000 NMP em 100 mL de *Escherichia coli* para considerar a água imprópria para banho ou contato primário.

As fontes surgentes não se enquadram nas normas destinadas às águas subterrâneas, visto já estarem em contato com o ambiente, mas cabe ressaltar que Menezes et al. (2013) sugerem no monitoramento da qualidade de águas subterrâneas, a utilização de limites estabelecidos para a classe 1 da Resolução CONAMA nº 357/2005 de águas superficiais (CONAMA, 2005), posto que a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD) e pH, não possuem valores de referência para consumo humano na legislação de água subterrânea. Com base nos resultados dessa pesquisa em comparação aos limites propostos na resolução CONAMA nº 357/2005 todas as fontes se encontrariam na classe 4, pois nenhuma atende aos limites estabelecidos na referida resolução para os parâmetros OD, Nitrogênio Total e Nitrato. Observa-se que os valores obtidos para nitrato (NO_3) apresentaram valores acima do recomendado na legislação para água potável pela Portaria nº 2.914 (Brasil, 2011), o que pode ser verificado no Apêndice 2.

CONCLUSÕES

O presente trabalho alcançou o objetivo geral, reunindo e organizando as informações acerca das fontes surgentes/nascentes de água identificadas no bairro centro, dentro do perímetro urbano do município de Caçapava do Sul/RS. O mapa resultante com a posição das fontes é um documento que poderá auxiliar em sua gestão. Além disso, os dados obtidos durante os processos investigativos constituem elementos fundamentais à transmissão de informações à sociedade, ampliando o conhecimento e, conseqüentemente, a melhoria da situação dessas fontes.

A análise da qualidade das águas apontou a necessidade de medidas de proteção desses corpos de água e de envolvimento da comunidade para efetivamente haja mudança de condutas voltadas à preservação. A continuidade do monitoramento dos parâmetros de IQA realizados nessa pesquisa deve ser incentivada, pois através dele é possível verificar a relação entre as ações antrópicas e a perda da qualidade da água. O IQA é uma maneira econômica e simplificada de manter a população ciente das condições das fontes de água, sendo indispensável a atualização contínua nas placas de identificação das fontes.

Os resultados positivos para coliformes e os valores altos de nitrato indicam necessidade de intervenções estruturais para melhoria sanitária.

O monitoramento da vazão das fontes em diversos períodos proporcionou conhecimento quanto à quantidade disponível e gerou dados que possibilitam um melhor gerenciamento da água em períodos de estiagem. Apesar do comprometimento da qualidade da água das fontes, as mesmas registraram uma vazão mínima mesmo no período de maior escassez. Embora a responsabilidade legal quanto às águas subterrâneas brasileiras seja remetida ao Estado, há necessidade de o poder público municipal acionar mecanismos locais de controle que garantam a integração entre qualidade e quantidade de água, buscando maneiras de proteger essas fontes surgentes e suas possíveis áreas de recarga.

REFERÊNCIAS

- Bencke, G. A., Chomenko, L., & Sant'anna, D. M. O que é o Pampa? In: Chomenko, L. (Ed.). *Nosso Pampa desconhecido* (pp. 17-44). Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 2016.
- Bitencourt, M. F. A. S. (1983). *Geologia, petrologia e estrutura dos metamorfitos da região de Caçapava do Sul, RS*. (Dissertação de mestrado). Geociências, UFRGS, Porto Alegre, RS. Recuperado em 2 de julho de 2023, de <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/225803>
- Brasil. Ministério da Saúde. (2011). Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília. Recuperado em 10 de janeiro de 2023, de http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html
- Brasil. Ministério da Saúde. (2013). *Orientações Técnicas para Coleta, Acondicionamento e Transporte de Amostras de Água para Consumo Humano*. Recuperado em 3 de fevereiro de 2020, de <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2014/julho/24/Proceds-e-progr-de-coleta-de---gua.pdf>.
- Brown, R. M., McClelland, N. I., Deininger, R. A., & Tozer, R. G. (1970). A water quality index- do we dare? *Water & Sewage Works*, (October), 339-343.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. (2018). *Coliformes totais, coliformes termotolerantes e Escherichia coli: determinação pela técnica de tubos múltiplos* (Norma técnica L5.202). Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2018/01/Para-enviar-ao-PCSM-NTC-L5.202_5%C2%AAed-dez.-2018.pdf
- Companhia Riograndense de Saneamento - CORSAN. (2018). *Estação de tratamento de esgoto beneficiará 4 bairros em Caçapava do Sul*. Recuperado em 15 de junho de 2023, de <https://www.corsan.com.br/estacao-de-tratamento-de-esgoto-beneficiara-4-bairros-em-cacapava-do-sul>
- CONAMA. (2000). Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Estabelece condições de balneabilidade. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*. Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/01/RESOLU%C3%87%C3%83O-CONAMA-n%C2%BA-274-de-29-de-novembro-de-2000.pdf>
- CONAMA. (2005). Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*. Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf

- CONAMA. (2007). Resolução nº393 de 08 de agosto de 2007. Dispõe sobre o descarte contínuo de água de processo ou de produção em plataformas marítimas de petróleo e gás natural, e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*. Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de https://www.cbhdoce.org.br/wp-content/uploads/2018/08/CONAMA_RES_CONS_2007_393.pdf.
- CONAMA. (2008). *Resolução nº 397 de 03 de Abril de 2008. Altera o inciso II do § 4º e a Tabela X do § 5º, ambos do art. 34 da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA no 357, de 2005, que 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. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*. Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de <https://agencia.baciaspcj.org.br/docs/resolucoes/resolucao-conama-397.pdf>.
- CONAMA. (2009). Resolução nº 410 de 04 de maio de 2009. Prorroga o prazo para complementação das condições e padrões de lançamento de efluentes, previsto no art. 44 da resolução nº 357, de 17 de março de 2005, e no art. 3º da resolução nº 397, de 3 de abril de 2008. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*. Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/CONAMA/RE0410-040509.PDF>.
- CONAMA. (2011). Resolução nº 430 de 13 de Maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*. Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>.
- Diniz, J. A. O., Paula, T. L. F., Genaro, D. T., Kirchheim, R. E., Freddo Filho, V., Mourão, M. A. A., & Franzini, A. S. (2021). *Crise hídrica no Brasil: o uso das águas subterrâneas como reforço no abastecimento público*. Rio de Janeiro: CPRM. Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/22291/3/rel_2021_estiagem_agua_%20subterranea%20%28%29.pdf
- Felippe, M. F. (2009). *Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte - MG com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Felippe, M. F., & Magalhães Júnior, A. P. (2012). Impactos ambientais macroscópicos e qualidade das águas em nascentes de parques municipais em Belo Horizonte, MG. *Geografias*, 8(2), 8-23.
- Fracalanza, A. P., & Freire, T. M. (2015). Crise da água na Região Metropolitana de São Paulo: injustiça ambiental, privatização e mercantilização de um bem comum. *GEOUSP Espaço e Tempo*, 19(3), 464-478.
- Fundação Nacional de Saúde - FUNASA. (2013). *Manual prático de análise de água* (4. ed.). Brasília: Funasa. Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf.
- G1. (2023, 17 de julho) Bagé encerra racionamento de água após mais de seis meses. Recuperado em 12 de novembro de 2023, de <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2023/07/17/bage-encerra-rationamento-de-agua-apos-mais-de-seis-meses.ghtml>.
- Galhardi, C., Talleberg, D., & Mello, L. (2018). Caracterização geológica dos olivais da região de Caçapava do Sul: Estudo Preliminar. In *Anais do 10º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*. Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de https://guri.unipampa.edu.br/uploads/evt/arq_trabalhos/17695/seer_17695.pdf
- Gloria, L. P., Horn, B. C., & Hilgemann, M. (2017). Avaliação da qualidade da água de bacias hidrográficas através da ferramenta do Índice de Qualidade da Água - IQA. *Revista Caderno Pedagógico*, 14(1), 8.
- Haingotsehen, R., Chrysostome, R. J., Robert, R., Tojonirina, A. R. (2020). Water quality index (WQI) calculation for the evaluation of physico-chemical quality of rainwater collected in reservoirs full of sand (RFS). *IJARIE*, 6(6), 1050-1061. Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de https://ijarie.com/AdminUploadPdf/WATER_QUALITY_INDEX_WQI_CALCULATION_FOR_THE_EVALUATION_OF_PHYSICO_CHEMICAL_QUALITY_OF_RAINWATER_COLLECTED_IN_RESERVOIRS_FULL_OF_SAND_RFS_ijarie13213.pdf#:~:text=The%20Water%20Quality%20Index%20%28WQI%29%20is%20a%20simple,no%20dimension%2C%20in%20a%20simple%20and%20reproducible%20way.
- Horton, R. K. (1965). An index number system for rating water quality. *Journal - Water Pollution Control Federation*, 37(3), 300-306.
- Instituto Ambiental do Paraná – IAP. (2005). Relatório de Monitoramento da Qualidade das águas dos rios da região de Curitiba, no período de 1992 a 2005. Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2021-03/monitoramento_da_qualidade_agua_1992_2005_rmc.pdf

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. *Panorama 2022*. Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/cacapava-do-sul/panorama>.
- Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM. (2019). *Avaliação da qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2018: resumo executivo anual*. Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de <http://www.repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/jspui/handle/123456789/3210>
- Iritani, M. A., & Ezaki, S. (2012). *As águas subterrâneas do Estado de São Paulo*. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de <http://arquivo.ambiente.sp.gov.br/cea/2014/11/01-aguas-subterraneas-estado-sao-paulo.pdf>
- Lopes, F. W. A., Pereira, J. A. A., & Magalhães Júnior, A. P. (2007). Avaliação do Índice de Qualidade da Água (IQA) na Bacia do Ribeirão de Carrancas / MG. In *Anais XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídrico*. Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?job=9965>.
- Marcone, M. A., & Lakatos, E. M. (2003). *Fundamentos de metodologia científica*. São Paulo: Editora Atlas.
- Menezes, J. M., Silva Junior, G. C., & Prado, R. B. (2013). Índice de qualidade de água (IQACCME) aplicado à avaliação de aquíferos do estado do Rio de Janeiro. *Águas Subterrâneas*, 27(2), 79-92. Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de https://www.academia.edu/26332836/%C3%8Dndice_de_Qualidade_de_%C3%81gua_IQACCME_Aplicado_%C3%A0_Avalia%C3%A7%C3%A3o_de_Aqu%C3%ADferos_do_Estado_do_Rio_de_Janeiro?email_work_card=view-paper
- Museu de Solos do Rio Grande do Sul - MSRS. (2020). *Solos do Rio Grande do Sul*. Santa Maria: MSRS. Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de <https://www.ufsm.br/museus/msrs/unidade-de-solos/>
- Nardi, L., & Bitencourt, M. F. (1989). Geologia, petrologia e geoquímica do complexo granítico de Caçapava do Sul, RS. *Revista Brasileira de Geociências*, 19, 153-169. <http://dx.doi.org/10.25249/0375-7536.1989153169>
- Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OCDE. (2015). *Governança dos Recursos Hídricos no Brasil*. Paris: OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264238169-pt>
- Prefeitura Municipal de Caçapava do Sul. (2018). *Prefeitura assina início da obra da 1ª Estação de Tratamento de Esgoto de Caçapava do Sul*. Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de <https://cacapavadosul.rs.gov.br/noticia/visualizar/id/5537/?prefeitura-assina-inicio-da-obra-da-1a-estacao-de-tratamento-de-esgoto-de-cacapava-do-sul.html>
- Quadro, M. F. L., Machado, L. H. R., Calbete, S., Batista, N. N. M., & Oliveira, G. S. (2023). *Climatologia de precipitação e temperatura*. Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/chuesp.html>
- Rio Grande do Sul. (2020). Lei Nº 15.434, de 9 de janeiro de 2020. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul. *Diário Oficial RS*. Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de https://ww3.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.asp?Hid_Tipo=TEXTO&Hid_TodasNormas=65984&hTexto=&H_id_IDNorma=65984
- Rio Grande do Sul. (2023). Decreto nº 56.896, de 15 de fevereiro de 2023. Homologa Situação de Emergência nos Municípios de Caçapava do Sul, Gramado dos Loureiros, Espumoso, Trindade do Sul, Coqueiros do Sul, Quarai, Entre-Ijuís, Porto Mauá, Santo Ângelo, Erval Grande e Três de Maio - RS. *Diário Oficial RS*. Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de <https://leisestaduais.com.br/rs/decreto-n-56896-2023-rio-grande-do-sul-homologa-situacao-de-emergencia-nos-municipios-de-cacapava-do-sul-gramado-dos-loureiros-espumoso-trindade-do-sul-coqueiros-do-sul-quarai-entre-ijuis-porto-maua-santo-angelo-erval-grande-e-tres-de-maio-rs>
- Santos, A. C. (2008). Noções de hidroquímica. In Feitosa, F. A. C., Filho, J. M., Feitosa, E.C., & Demétrio, J.G.A. (Orgs.), *Hidrogeologia: conceitos e aplicações* (3. ed., pp. 325-357). Rio de Janeiro: CPRM/LABHID.
- Santos, H. G. (2018). *Sistema brasileiro de classificação de solos* (5. ed.). Brasília: EMBRAPA. Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de <https://www.agroapi.cnptia.embrapa.br/portal/assets/docs/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>.
- São Paulo. (2021). *Nitrato nas águas subterrâneas: desafios frente ao panorama atual*. São Paulo: SIMA/IPA. Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de https://smastr16.blob.core.windows.net/igeo/sites/233/2022/02/nitrato_nas_agua_sub_2021.pdf.
- Scorsafava, M. A., Souza, A. D., & Alves, G. L. (2017). Método espectrofotométrico na região UV a 205 nm para determinação de íon nitrato em água: validação. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 76, 1. Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de https://www.researchgate.net/publication/329810215_Metodo_espectrofotometrico_na_regiao_UV_a_205_

nm_para_determinacao_de_ion_nitrato_em_agua_validacao_Spectrophotometric_method_in_UV_region_at_205_nm_for_determination_of_nitrate_ion_in_water_validatio

- SEBRAE. (2019). *Perfil das cidades gaúchas - Caçapava do Sul -2020*. Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de https://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil_Cidades_Gauchas-Cacapava_do_Sul.pdf
- Soriano, É., Londe, L. D. R., Di Gregorio, L. T., Coutinho, M. P., & Santos, L. B. L. (2016). Crise hídrica em São Paulo sob o ponto de vista dos desastres. *Ambiente & Sociedade*, 19, 21-42. Souza-Fernandes, L. C. (2018). Água: um olhar feminino. *Labor e Engenharia*, 12(2), 182-196. <http://dx.doi.org/10.20396/labore.v12i2.8652743>
- Trevisan, M. G., & Poppi, R. J. (2006). Química analítica de processos. *Química Nova*, 29, 1065-1071. Recuperado em 27 de janeiro de 2023, de <https://www.scielo.br/j/qn/a/3FBdV4sKByShYfpfDvJfPcK/?format=pdf&lang=pt>
- Von Sperling, M. (2005). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. (3. ed.). Belo Horizonte: UFMG, Departamento de Engenharia Sanitária.

Contribuições dos autores:

Francisco Siqueira Wollmann: Contribuiu para Coletas em campo, análises de Laboratório, redação e revisão do Artigo.

Juliana Young: Contribuiu para Coletas em campo, análises de Laboratório, redação e revisão do Artigo.

Guilherme Pacheco Casa Nova: Contribuiu para Coletas em campo, análises de Laboratório, redação e revisão do Artigo.

Apêndice 1 - Guia para procedimento padronizado na visita técnica

Data: Hora:.....

Equipe:

1) Dados Gerais

Endereço detalhado da fonte de água

Bairro:.....

Ponto de referência:

Coordenadas:

2) Identificação do principal curso d'água para o qual a nascente/fonte surgente conflui e determinação da bacia hidrográfica que pertence:

.....

3) Dominialidade:

() Terras públicas () Terreno particular

4) Condições Climáticas recentes (como a incidência de chuvas nas últimas 24 horas...):

.....

5) Diagnóstico Ambiental:

- Cobertura vegetal (no que se refere à presença de margens desmatadas, erodidas, e à presença ou não de vegetação arbustiva, rasteira (grama) ou arbórea):

.....

Se presente a cobertura vegetal, estimar a porcentagem preservada, considerando três categorias:

() acima de 70% () entre 70 e 30% () abaixo de 30%)

- Turbidez da água:

() Alta (não se vê o fundo) () Baixa ou ausente (águas cristalinas)

() Média (há um certo grau de transparência)

- Cor da água:

() Incolor () Um pouco amarelada () Cor de "café com leite" ou "de terra" () Outra

Outras informações: (como as espécies visualizadas/identificadas, presença ou ausência de lixo, queimadas e quaisquer outros dados que julgar relevante:

.....

6) Parâmetros Físico-Químicos: (Coleta de amostra de água para análise em laboratório):

Temperatura ambiente:

Temperatura da água:

Umidade do ar:

Faixa de pH:

Outras informações que julgar pertinente:

.....

Apêndice 2 - Tabelas de resultados das análises realizadas trimestralmente

Condutividade (µS/cm)

| FONTES | 1º Trimestre | 2º Trimestre | 3º Trimestre | 4º Trimestre |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Fonte 1 | 313 | 216 | 231 | 191,7 |
| Fonte 2 | 258 | 89,5 | 166,65 | 241 |
| Fonte 3 | sem coleta | 360 | sem coleta | 436 |
| Fonte 4 | 568 | 403 | 418,5 | 567 |
| Fonte 5 | 546 | 450 | 408 | 543 |
| Fonte 6 | 481 | 331 | 333 | 468 |
| Fonte 7 | 511 | 380 | 390 | 523 |
| Fonte 8 | 323 | 238 | 236 | 325 |

Nitrato (N-NO₃)

| FONTES | 1º Trimestre | 2º Trimestre | 3º Trimestre | 4º Trimestre |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Fonte 1 | 8,29 | 14,91 | 34,74 | 8,35 |
| Fonte 2 | 2,27 | 65 | 65 | 2,75 |
| Fonte 3 | sem coleta | sem coleta | sem coleta | 4,55 |
| Fonte 4 | 35,68 | 16,47 | 31,8 | 19,82 |
| Fonte 5 | 68,33 | 28,13 | 22,37 | 27,44 |
| Fonte 6 | 55,23 | 16,62 | 31,07 | 20,54 |
| Fonte 7 | 74,75 | 68,84 | 78,86 | 32,05 |
| Fonte 8 | 10,96 | 17,02 | 17,02 | 11,56 |

Turbidez (NTU)

| FONTES | 1º Trimestre | 2º Trimestre | 3º Trimestre | 4º Trimestre |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Fonte 1 | 0,868 | 0,69 | 0,66 | 0,55 |
| Fonte 2 | 29 | 23,6 | 14,2 | 27,8 |
| Fonte 3 | sem coleta | sem coleta | sem coleta | 66,1 |
| Fonte 4 | 2,57 | 2,67 | 1,86 | 3,58 |
| Fonte 5 | 2,06 | 12,65 | 1,19 | 34,7 |
| Fonte 6 | 0,906 | 6,97 | 2,13 | 17,3 |
| Fonte 7 | 0,673 | 1,1 | 1,56 | 1,06 |
| Fonte 8 | 1,17 | 0,81 | 0,42 | 0,86 |

Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)

| FONTES | 1º Trimestre | 2º Trimestre | 3º Trimestre | 4º Trimestre |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Fonte 1 | >=1600 | <2 | <2 | <2 |
| Fonte 2 | >=1600 | >=1600 | >=1600 | >=1600 |
| Fonte 3 | sem coleta | sem coleta | sem coleta | sem coleta |
| Fonte 4 | >=1600 | 4 | 4 | 23 |
| Fonte 5 | >=1600 | >=1600 | 8 | 23 |
| Fonte 6 | >=1600 | >=1600 | >=1600 | 23 |
| Fonte 7 | >=1600 | 17 | 17 | 23 |
| Fonte 8 | >=1600 | <2 | <2 | <2 |

Fósforo (P-PO₄)

| FONTES | 1º Trimestre | 2º Trimestre | 3º Trimestre | 4º Trimestre |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Fonte 1 | 0,00865 | 0,00719 | 0,00451 | 0,00282 |
| Fonte 2 | 0,00234 | 0,00137 | 0,00161 | 0,00331 |
| Fonte 3 | sem coleta | sem coleta | sem coleta | 0,00816 |
| Fonte 4 | 0,00622 | 0,00088 | 0,00161 | 0,00185 |
| Fonte 5 | 0,02078 | 0,00525 | 0,00525 | 0,01205 |
| Fonte 6 | 0,01156 | 0,00137 | 0,00137 | 0,00282 |
| Fonte 7 | 0,00816 | 0,00207 | 0,00185 | 0,00282 |
| Fonte 8 | 0,00913 | 0,00476 | 0,00476 | 0,00282 |

Oxigênio Dissolvido (OD)

| FONTES | 1º Trimestre | 2º Trimestre | 3º Trimestre | 4º Trimestre |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Fonte 1 | 3,6 | 5,5 | 4,6 | 4,95 |
| Fonte 2 | 2,7 | 6,1 | 5,1 | 4,1 |
| Fonte 3 | sem coleta | sem coleta | sem coleta | 3,4 |
| Fonte 4 | 5,1 | 4,7 | 4,35 | 1 |
| Fonte 5 | 4,2 | 5,3 | 6,15 | 2,5 |
| Fonte 6 | 1,7 | 4,5 | 4,95 | 2,9 |
| Fonte 7 | 2,5 | 20 | 2,4 | 0,3 |
| Fonte 8 | 2 | 12,3 | 4,15 | 2,2 |

pH

| FONTES | 1º Trimestre | 2º Trimestre | 3º Trimestre | 4º Trimestre |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Fonte 1 | 6,07 | 6,1 | 6,19 | 6,34 |
| Fonte 2 | 6,9 | 6,1 | 6,49 | 7,11 |
| Fonte 3 | sem coleta | sem coleta | sem coleta | 7,3 |
| Fonte 4 | 6,24 | 6,3 | 6,29 | 6,51 |
| Fonte 5 | 6,12 | 6,2 | 6,18 | 6,33 |
| Fonte 6 | 5,79 | 7,1 | 6,74 | 6,38 |
| Fonte 7 | 5,93 | 5,71 | 5,72 | 6,13 |
| Fonte 8 | 6,16 | 6,27 | 6,25 | 6,32 |

Vazão

| FONTES | Vazão média anual L/s |
|---------|-----------------------|
| Fonte 1 | 0,072 |
| Fonte 5 | 0,02 |
| Fonte 8 | 0,33 |
| Fonte 8 | 0,15 |

Demanda Biológica de Oxigênio (DBO)

| FONTES | 1º Trimestre | 2º Trimestre | 3º Trimestre | 4º Trimestre |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Fonte 1 | 0,8 | 1,8 | 0,8 | 1,2 |
| Fonte 2 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| Fonte 3 | sem coleta | sem coleta | sem coleta | 0,8 |
| Fonte 4 | 0,8 | 0,03 | 0,8 | 0,8 |
| Fonte 5 | 0,8 | 0,03 | 0,8 | 0,8 |
| Fonte 6 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| Fonte 7 | 0,8 | 2,7 | 0,8 | 0,8 |
| Fonte 8 | 0,8 | 0,03 | 0,8 | 0,4 |

Sólidos Totais (ST)

| FONTES | 1º Trimestre | 2º Trimestre | 3º Trimestre | 4º Trimestre |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Fonte 1 | 182 | 400 | 400 | 208 |
| Fonte 2 | 162 | 156 | 160 | 148 |
| Fonte 3 | sem coleta | sem coleta | sem coleta | 316 |
| Fonte 4 | 366 | 508 | 500 | 382 |
| Fonte 5 | 420 | 500 | 536 | 678 |
| Fonte 6 | 350 | 504 | 460 | 380 |
| Fonte 7 | 384 | 543 | 560 | 444 |
| Fonte 8 | 224 | 300 | 300 | 206 |

Temperatura da água C°

| FONTES | 1º Trimestre | 2º Trimestre | 3º Trimestre | 4º Trimestre |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Fonte 1 | 24,4 | 23,8 | 17,5 | 21,3 |
| Fonte 2 | 23,5 | 18,3 | 14,5 | 28,5 |
| Fonte 3 | sem coleta | sem coleta | sem coleta | 22,3 |
| Fonte 4 | 23,2 | 21,9 | 16,4 | 22,4 |
| Fonte 5 | 21,3 | 21,3 | 17,2 | 19 |
| Fonte 6 | 25,1 | 19,4 | 15,3 | 18,8 |
| Fonte 7 | 21,1 | 19,3 | 12,5 | 20,5 |
| Fonte 8 | 26,4 | 19,8 | 18,4 | 19,53 |

Apêndice 3 - Tabelas com cálculo do iqa para os 2º, 3º e 4º trimestres

| Amostra | O.D (mg/L) | T (°C) | Coliformes Fecais (NPM/100mL) | pH | DBO (mg/L) | Nitrogênio total (mg/L) | Fósforo Total (mg/L) | Turbidez (UNT) | Resíduo Total (mg/L) | IQA IGAM-MG |
|---------|------------|--------|-------------------------------|-----|------------|-------------------------|----------------------|----------------|----------------------|-------------|
| Fonte 1 | 5.5 | 17.8 | 2 | 6.3 | 1.8 | 14.91 | 0.01 | 0.69 | 400 | 77 |
| Fonte 2 | 6.1 | 13.5 | 1600 | 6.9 | 0.8 | 65 | 0.01 | 65 | 156 | 46 |
| Fonte 4 | 4.7 | 16.6 | 4 | 6.3 | 0.03 | 16.47 | 0.01 | 16.47 | 508 | 69 |
| Fonte 5 | 5.3 | 17.4 | 8 | 6.1 | 0.03 | 28.13 | 0.01 | 28.13 | 500 | 68 |
| Fonte 6 | 4.5 | 15.7 | 1600 | 6.4 | 0.8 | 16.62 | 0.01 | 6.97 | 504 | 55 |
| Fonte 7 | 20 | 15.9 | 17 | 6 | 2.7 | 64.84 | 0.01 | 1.1 | 543 | 51 |
| Fonte 8 | 12.9 | 19.1 | 2 | 6.4 | 0.03 | 17.02 | 0.01 | 0.81 | 300 | 78 |

| Amostra | O.D (mg/L) | T (°C) | Coliformes Fecais (NPM/100mL) | pH | DBO (mg/L) | Nitrogênio total (mg/L) | Fósforo Total (mg/L) | Turbidez (UNT) | Resíduo Total (mg/L) | IQA IGAM-MG |
|---------|------------|--------|-------------------------------|-----|------------|-------------------------|----------------------|----------------|----------------------|-------------|
| Fonte 1 | 3.7 | 16.8 | 2 | 6.1 | 0.8 | 39.65 | 0.01 | 0.66 | 280 | 69 |
| Fonte 2 | 4.1 | 13.5 | 1600 | 6.1 | 0.8 | 69.04 | 0.01 | 14.2 | 164 | 42 |
| Fonte 4 | 4 | 16.6 | 4 | 6.3 | 0.8 | 47.12 | 0.01 | 1.86 | 492 | 66 |
| Fonte 5 | 7 | 17 | 8 | 6.2 | 0.8 | 28.13 | 0.01 | 1.19 | 500 | 76 |
| Fonte 6 | 5.4 | 16.1 | 1600 | 7.1 | 0.8 | 45.32 | 0.01 | 2.13 | 416 | 60 |
| Fonte 7 | 2.4 | 12.5 | 1600 | 5.7 | 0.8 | 78.86 | 0.01 | 1.56 | 560 | 32 |
| Fonte 8 | 2.8 | 19 | 2 | 6.2 | 0.8 | 18.25 | 0.01 | 0.42 | 280 | 67 |

| Amostra | O.D (mg/L) | T (°C) | Coliformes Fecais (NPM/100mL) | pH | DBO (mg/L) | Nitrogênio total (mg/L) | Fósforo Total (mg/L) | Turbidez (UNT) | Resíduo Total (mg/L) | IQA IGAM-MG |
|---------|------------|--------|-------------------------------|-----|------------|-------------------------|----------------------|----------------|----------------------|-------------|
| Fonte 1 | 4.95 | 21.3 | 2 | 6.3 | 1.2 | 8.35 | 0.01 | 0.55 | 208 | 77 |
| Fonte 2 | 4.1 | 28.5 | 1600 | 7.1 | 0.8 | 2.75 | 0.01 | 27.8 | 148 | 61 |
| Fonte 4 | 1 | 22.4 | 23 | 6.5 | 0.8 | 19.82 | 0.01 | 3.58 | 382 | 52 |
| Fonte 5 | 2.5 | 19 | 23 | 6.3 | 0.8 | 27.44 | 0.01 | 34.7 | 678 | 54 |
| Fonte 6 | 2.9 | 18.8 | 23 | 6.4 | 0.8 | 20.54 | 0.01 | 17.9 | 380 | 60 |
| Fonte 7 | 0.3 | 20.5 | 23 | 6.1 | 0.8 | 32.05 | 0.01 | 1.06 | 444 | 45 |
| Fonte 8 | 2.2 | 19.5 | 2 | 6.3 | 0.4 | 11.56 | 0.01 | 0.86 | 206 | 66 |