

AVALIAÇÃO DA POTABILIDADE DE ÁGUAS PROVENIENTES DE CAPTAÇÕES ALTERNATIVAS NO SUL DO BRASIL

EVALUATION OF THE POTABILITY OF WATER FROM ALTERNATIVE CATCHMENTS IN SOUTHERN BRAZIL

Machelis Guerra¹, Niara da Silva Medeiros¹

¹Centro Universitário da Serra Gaúcha - FSG, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

RESUMO

Em países em desenvolvimento é comum a utilização de água potável, proveniente de fontes alternativas de consumo, como a utilização de águas subterrâneas. Porém, o uso de água desprovida de tratamento ocasiona impacto à saúde pública, por ser um importante veículo de doenças infecciosas, que são ocasionadas por microrganismos de transmissão fecal-oral. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o padrão de potabilidade e a qualidade da água dos diferentes sistemas de abastecimentos do município de Campestre da Serra, RS. Nos meses de setembro, outubro e novembro do ano de 2020, foram analisadas 27 amostras de águas, de poços, nascentes e da rede CORSAN (Companhia Riograndense de Saneamento). Analisando pH, turbidez, fluoreto e nitrato, análise microbiológica para detecção de *Escherichia coli* e coliformes totais, e dosagem dos metais pesados alumínio, ferro, chumbo e manganês. Os resultados encontrados, não apresentaram alteração significativa na composição físico-química da água, porém, 44,4% das amostras continham a presença de coliformes totais e 33,3% apresentaram contaminação por *Escherichia coli*, e uma amostra de nascente apresentou níveis elevados de ferro. Baseado nos achados, conclui-se que, apesar de não haver alterações significativas na composição físico-química da água analisada a presença de coliformes totais e *Escherichia coli* em algumas amostras indica preocupações com a qualidade microbiológica. Além disso, a detecção de níveis elevados de ferro em uma amostra de nascente ressalta a importância do monitoramento constante da água de fontes alternativas de consumo em países em desenvolvimento. A garantia da potabilidade da água é fundamental para proteger a saúde pública e prevenir doenças transmitidas pela água.

Descritores: Água; Microbiologia; Físico-química; Metais pesados; Potabilidade; Água subterrânea.

ABSTRACT

In developing countries, it is common to use drinking water from alternative consumption sources, such as the use of groundwater. However, the use of untreated water can have an impact on public health, as it is an important vehicle for infectious diseases, which are caused by microorganisms with fecal-oral transmission. Therefore, the objective of this study was to evaluate the potability standard and water quality of the different supply systems in the municipality of Campestre da Serra, RS. In the months of September, October and November of 2020, 27 water samples were tested, from



wells, springs and the CORSAN network (Companhia Riograndense de Saneamento). Analyzing pH, turbidity, fluoride and nitrate, microbiological analysis for detection of Escherichia coli and total coliforms, and measurement of heavy metals aluminum, iron, lead and manganese. The results found did not significantly alter the physical-chemical composition of the water, however, 44.4% of the samples contained the presence of total coliforms and 33.3% were contaminated by Escherichia coli, and a spring sample showed high levels of iron. Based on the findings, it can be concluded that, despite there being no significant changes in the physical-chemical composition of the water, the presence of total coliforms and Escherichia coli in some samples indicates concerns about microbiological quality. Furthermore, the detection of high iron levels in a spring sample highlights the importance of constant monitoring of water from alternative drinking sources in developing countries. Ensuring water potability is essential to protect public health and prevent waterborne diseases.

Descriptors: *Water; Microbiology; Physicochemical; Heavy metals; Potability; Subterranean water.*

INTRODUÇÃO

A água potável segura é um direito humano básico e essencial para a vida. No entanto, quando não há um monitoramento adequado a água pode se tornar um vetor crucial para doenças infecciosas, causadas por microrganismos de origem entérica, transmitidos por via fecal-oral, bem como possuir poluentes químicos orgânicos e inorgânicos e sedimentos indesejáveis¹.

A utilização de água não potável ocasiona uma morbimortalidade de 1,8 milhões de crianças com idade inferior a 5 anos anualmente, principalmente em países em desenvolvimento que lançam cerca de 90% de esgoto sem tratamento nos cursos d'água. No Brasil mais de 17 milhões de pessoas não possuem água potável em suas residências, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA) e 10% da população brasileira consomem alimentos cultivados em águas contaminadas com oligoelementos como Ferro (Fe) e Manganês (Mn)².

Por meio da Portaria de Consolidação Nº 5, de 28 de setembro de 2017, foi determinado que água potável para consumo humano é caracterizada por parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos que atendam ao padrão de potabilidade não oferecendo risco inerente a saúde, além de definir sistema e solução alternativa de abastecimento de água como, modalidades de abastecimento coletivo, que podem ser providas ou desprovidas de distribuição por rede, incluindo outras fontes de abastecimento de água³.

Em ambientes rurais as infecções de veiculação hídrica se tornam mais recorrentes, devido a utilização de métodos alternativos de abastecimento de água, sendo eles, a utilização de águas subterrâneas ou superficiais, captadas através de poços rasos ou profundos e nascentes de água, que são suscetíveis a contaminação, seja por fenômenos naturais, ou por ações antropogênicas^{4,5}.

Sendo este o cenário do município de Campestre da Serra, localizado no Nordeste do Rio Grande do Sul, que abrange aproximadamente 62% de sua área territorial na zona rural. Muitos lares dependem de fontes alternativas de abastecimento de água, seja por falta de acesso

à água tratada ou por escolha. Essa situação coloca em evidência a importância de uma gestão cuidadosa dos recursos hídricos locais, uma vez que a ausência de tratamento de esgoto e a possível contaminação por metais pesados provenientes da agricultura e agropecuária da região podem comprometer a qualidade da água disponível, afetando diretamente a saúde e bem-estar da população^{6,7}.

Portanto, o propósito deste estudo reside em avaliar o padrão de potabilidade e a qualidade da água dos diversos sistemas de abastecimento presentes no município de Campestre da Serra, com foco na proteção da saúde da população local. Dessa maneira, busca-se mitigar o risco de doenças relacionadas à contaminação fecal-oral entre os habitantes e evitar eventuais fontes de intoxicação por oligoelementos. A finalidade também é prevenir surtos endêmicos e assegurar a segurança em saúde para a comunidade campestre.

METODOLOGIA

CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

Estudo analítico transversal, realizado no município de Campestre da Serra, que se localiza na Serra Gaúcha, no Estado do Rio Grande do Sul, entre as cidades de São Marcos e Vacaria. Possui 537,994 km² de área territorial, com população estimada de 3.388 pessoas e densidade demográfica de 6,04 hab/km². O município está inserido na microrregião de Vacaria e na mesorregião Nordeste Rio-grandense, possuindo 62,0% de área rural⁸.

SELEÇÃO DAS AMOSTRAS

Para conduzir este estudo, foram obtidas 27 amostras de água provenientes de diversas fontes de abastecimento no município. Essas amostras consistiam em nove coletas de poços tubulares profundos, as quais eram tratadas unicamente com cloração. Além disso, foram coletadas três amostras de poços tubulares profundos, três de poços rasos e três de nascentes de água superficiais, as quais não passavam por nenhum processo de tratamento.

Adicionalmente, nove amostras foram coletadas das águas monitoradas pela CORSAN (Companhia Riograndense de Saneamento) em pontos estratégicos da região central do município. As coletas ocorreram nos meses de setembro, outubro e novembro de 2020, e os parâmetros analisados, juntamente com os locais de coleta, estão detalhados na Tabela 1.

Tabela 1- Amostras de água coletadas no município de Campestre da Serra, RS

Meses de coleta	Setembro	Outubro	Novembro
Número de coletas	9	9	9
Locais	1, 2, 3, 8, 9, 10 I, II, III	4, 5, 6, 11, 12, 13 IV, VIII, IX	1, 2, 7, 10, 14, 15 V, VI, IX
Microbiologia	Coliformes Totais <i>Escherichia coli</i>	Coliformes Totais <i>Escherichia coli</i>	Coliformes Totais <i>Escherichia coli</i>
Físico-química	Fluoreto, Turbidez, pH Nitrato: I, II, III	Fluoreto, Turbidez, pH Nitrato: IV, VIII, IX	Fluoreto, Turbidez, pH Nitrato: V, VI, VII
Metais pesados	Alumínio, Chumbo, Ferro, Manganês: I, II, III	Alumínio, Chumbo, Ferro, Manganês: IV, VIII, IX	Alumínio, Chumbo, Ferro, Manganês: V, VI, VII

Legenda: REDE CORSAN: 1- Escola Municipal, 2- Escola Estadual, 3- Campo de Futebol, 4- Praça Municipal, 5-UBS Campestre, 6-Praça Municipal, 7-Creche Municipal. SOLUÇÃO ALTERNATIVA COLETIVA: 8- Associação Hídrica de São Manoel, 9- Associação Hídrica de São Bernardo (Salão Paroquial), 10- Associação Hídrica de São Bernardo (Escola Estadual), 11- Associação Hídrica Vila Victor Pagno, 12- Associação Hídrica UBS São Bernardo, 13- Associação Hídrica Capela N^a S^a das Graças, 14- Associação Hídrica Vila Victor Pagno. 15- Associação Hídrica do Guacho. POÇOS SEM TRATAMENTO: I-Capela São Prudente, II-Capela de São Manoel, III- Capela da Serra do Meio, IV- Capela N^a S^a da Glória, V- Capela Madre Paulina, VI- Capela São Bernardo. NASCENTES: VII-Capela N^a S^a da Glória, VIII- Capela Madre Paulina. IX- Capela São Bernardo.

COLETA DAS AMOSTRAS

As coletas das águas dos poços tanto profundos quanto rasos, das nascentes e da rede de abastecimento da CORSAN foram realizadas com o auxílio de bolsa plástica descartável (Bag). Foram coletados 600 mL de água em duplicata para as Análises Microbiológicas, Físico-químicas e Metais Pesados. Nas coletas das torneiras, foram realizadas assepsias com álcool 70% por dentro e fora do bocal, deixou-se escoando a água por aproximadamente 3 minutos. As coletas da rede geral da CORSAN, foram realizadas na primeira torneira após o hidrômetro, dos poços tubulares profundos com tratamento a coleta foi realizada na torneira de saída da água do reservatório, dos poços sem tratamento a coleta foi realizada na torneira de saída da água antes de chegar no seu reservatório, e das nascentes foi coletado de forma direta⁹.

As amostras foram transportadas em caixa isotérmica com gelox para mantê-las refrigeradas, não excedendo 8 horas até a chegada aos laboratórios. As águas que continham tratamento foram encaminhadas ao Laboratório Lacen - 5^a CRS, e as amostras desprovidas de tratamento ao Laboratório Engequímica, ambos da cidade de Caxias do Sul-RS.

ANÁLISE FÍSICO- QUÍMICA

Os analitos físico-químicos dosados foram a turbidez, pH e fluoreto para as águas tratadas, e para as não tratadas ao invés do fluoreto foi analisado o nitrato, devido o nitrato estar presente em águas superficiais e atingir altos níveis em algumas águas subterrâneas, sendo resultado da lixiviação do solo, principalmente pelo uso de fertilizantes¹⁰.

As análises de turbidez foram realizadas por meio do Método Nefelométrico. O pH, seguiu a metodologia da SMWW, 23^a Ed. 2017, 4500 H+ B, que é um dos testes mais importantes relacionados na análise química da água, utilizado para as medições de alcalinidade e dióxido de carbono e outros equilíbrios ácido-base. A análise de Fluoreto, utilizou a metodologia do Eletrodo Ion-Seletivo e a análise do nitrato seguiu a metodologia SMWW, 23^a Ed. 2017, 4500 NO₃⁻¹¹.

ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

A análise microbiológica é de suma importância para a avaliação da potabilidade dos recursos hídricos. Os Coliformes são bons indicadores para a avaliação da qualidade microbiológica da água, devido a sua detecção rápida, sendo crucial e de fácil execução, e a *Escherichia coli* é o indicador ouro para contaminação fecal¹².

Para as análises de coliformes totais e *Escherichia coli*, utilizou-se a metodologia do Substrato Cromogênico/Enzimático. Onde os testes utilizaram substratos cromogênicos e fluorogênicos hidrolisáveis para detectar simultaneamente as enzimas produzidas pelos coliformes totais e *Escherichia coli*. Nesse método, os Coliformes totais produzem a enzima β- d- galactosidase, que cliva o substrato cromogênico no meio para liberar o cromogênio. A maioria das cepas de *E. coli* produz a enzima β-glucuronidase, que cliva o substrato fluorogênico no meio. A liberação de cromogênio indica a presença de bactérias coliformes e a liberação de fluorogênio indica a presença de *E. Coli*¹³.

ANÁLISE DE METAIS PESADOS

A contaminação de fontes de água por oligoelementos é uma importante preocupação de saúde pública, mesmo que em baixas concentrações esses elementos podem acarretar em efeitos adversos à saúde¹⁴. Contribuindo para a disparidade na saúde ambiental de comunidades rurais, que utilizam poços e nascentes de águas naturais como opção de abastecimento para suas residências. O risco à saúde humana pela contaminação por metais pesados, afetam principalmente populações de maior vulnerabilidade, como crianças, bebês e mulheres grávidas¹⁵.

Por isso, só foram realizadas dosagens dos metais pesados, alumínio, chumbo, ferro e manganês para as amostras que não continham tratamento, devido a suscetibilidade a contaminação, por meio das atividades antropogênicas realizadas nas proximidades, como o escoamento das atividades agrícolas e a descarga de esgoto doméstico e industrial. Para a análise

de alumínio foi considerado o método colorimétrico Eriochrome cyanine R(3500-Al B) e para a análise dos metais manganês, ferro e chumbo o método utilizado foi a Espectrometria de Absorção Atômica de Chama¹⁶.

ANÁLISE DOS DADOS

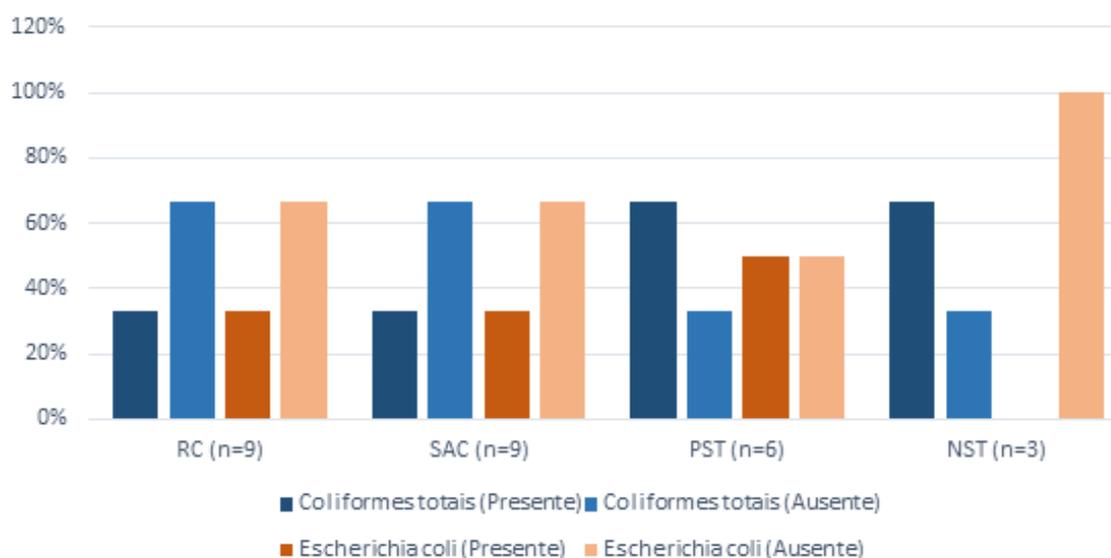
Os resultados estão expressos em percentuais, números absolutos ou resultados qualitativos. Para comparação dos resultados de variáveis contínuas foi aplicado o teste de normalidade Shapiro-Wilk. Após foi realizado o teste de variância One-way ANOVA e o Teste-T para amostras independentes. Os valores estão expressos em média \pm desvio padrão. Para todos os testes, valores de $p < 0,05$ foi considerado estatisticamente diferente. Todos os dados foram avaliados pelo software SPSS 21.0 para Windows. Para os dados qualitativos, foram expressos em números absolutos e percentuais não havendo comparações estatísticas.

RESULTADOS

Nos meses de setembro, outubro e novembro do ano de 2020, foram analisadas 27 amostras de água do município de Campestre da Serra, sendo 9 coletadas da rede de abastecimento da CORSAN, 9 amostras da Solução Alternativa Coletiva, que são poços tubulares profundos que possuem como único tratamento o cloro, 9 poços desprovidos de tratamento, dentre estes 3 eram poços tubulares profundos, 3 eram poços rasos e 3 coletas em nascentes de água.

Conforme os resultados da análise microbiológica, foi possível verificar que 33,3% das amostras analisadas da rede de abastecimento da CORSAN, estavam contaminadas com coliformes totais e 33,3% da mesma rede, continham *Escherichia coli*. Em relação aos poços tubulares profundos da Solução Alternativa Coletiva, 33,3% das amostras analisadas continham coliformes totais e 33,3% *Escherichia coli*. Dos poços sem tratamentos em 67% das amostras foram detectados coliformes totais e em 50% *Escherichia coli*. Nas nascentes de água, 67% das amostras foi detectado a presença de coliformes totais, e em relação a *Escherichia coli* estas amostras foram ausentes, conforme dados apresentados na figura 1.

Figura 1: Análise de Coliformes totais e *Escherichia coli* em fontes de água da Cidade de Campestre da Serra, RS. RC: Rede CORSAN; SAC: Solução Alternativa Coletiva; PST: poço sem tratamento; NST: nascente sem tratamento.



No que diz respeito às análises físico-químicas, observou-se que não há discrepâncias significativas em relação ao pH e à turbidez entre as diversas fontes de abastecimento de água em Campestre da Serra. Entretanto, no que concerne às dosagens de fluoreto e cloro, que foram realizadas nas amostras sujeitas a tratamento, notou-se que a Solução Alternativa Coletiva apresenta concentrações mais baixas dessas substâncias em comparação com as dosagens registradas na rede de abastecimento da CORSAN, conforme indicado nos dados da Tabela 2.

Tabela 2: Análise físico-química de diferentes fontes de água da cidade de Campestre da Serra, RS

Análises	RC	SAC	PST	NST	p valor
pH	6,5±0,45	6,7±0,38	6,9±1,02	6,1±0,31	0,302*
Turbidez (uT)	1,3±0,43	1,18±0,34	0,34±0,29	3,2±5,18	0,113*
Cloro (mg/L)	0,74±0,23	0,37±0,21	NA	NA	0,003#
Fluoreto (mg/L)	0,68±0,20	0,27±0,19	NA	NA	<0,001#

RC: Rede CORSAN; SAC: Solução Alternativa Coletiva; PST: poço sem tratamento; NST: nascente sem tratamento; NA: não analisado. *One-way ANOVA; #Teste-t independente. Valores em média±desvio padrão, considerando diferença estatística $p < 0,05$.

Conforme a Portaria de Consolidação Nº 5 de 28 de setembro de 2017, para toda a análise microbiológica, deve ser realizado dosagens de turbidez e de cloro residual livre. Onde o valor máximo permitido (VPM) para turbidez não deve exceder de 5 uT, sendo obrigatório a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre e que o teor máximo em qualquer ponto do abastecimento não ultrapasse 2 mg/L.

Enquanto o valor máximo permitido para as dosagens de fluoreto não pode ser superior a 1,5 mg/L. Sendo recomendável no sistema de distribuição, o pH da água se manter na faixa entre 6,0 a 9,5. Portanto, como demonstrado na Tabela 1, todas as amostras se encontram dentro do padrão de normalidade quanto a turbidez, pH, fluoreto e cloro, conforme a regulamentação para as suas características físico-químicas¹⁶.

Nas amostras analisadas, não foi detectado a presença de nitrato e dos metais pesados alumínio, chumbo e manganês em nenhuma das 27 amostras analisadas. No entanto, o ferro foi detectado em apenas uma amostra analisada, de uma nascente sem tratamento, onde o resultado foi de 0,589 mg/L, e de acordo com a Portaria de Consolidação N° 5/2017, o valor máximo permitido é de 0,3 mg/L, portanto essa amostra se encontra fora dos valores preconizados pela legislação brasileira¹⁶.

DISCUSSÃO

A utilização de água potável, possui um papel significativo na qualidade de vida humana e na manutenção da saúde. Principalmente em comunidades rurais, que utilizam fontes alternativas para o consumo de água. Entretanto, as ações humanas possuem influência direta na qualidade da água, como o lançamento de esgotos domésticos ou industriais no solo e nos recursos hídricos quando não se tem uma rede de coleta e tratamento de esgoto, além da alteração do solo por atividades rurais como a agricultura e a agropecuária que podem acarretar em modificações dos sistemas fluviais^{17,18}.

Conforme a Organização Mundial da Saúde (OMS), em torno de 2 bilhões de pessoas em todo mundo, utilizam uma fonte de água potável contaminada com fezes, e estabelece diretrizes, para que a água seja livre de organismos patogênicos que intervenham na sua qualidade, especificamente a *E. coli* e os Coliformes termotolerantes. De grande relevância para a saúde pública, pois a água pode apresentar-se como uma principal fonte de propagação de substâncias biológicas e físico-químicas que podem ser prejudiciais se consumidas, bem como, ser um importante veículo de contaminação oral-fecal, favorecendo o surgimento de surtos epidêmicos, principalmente em países em desenvolvimento, devido ao alto crescimento populacional, o que dificulta o atendimento as necessidades básicas da população, onde o principal problema é o acesso sustentável a água de qualidade^{19,20}.

Uma das preocupações com a utilização dos mananciais do município de Campestre da Serra, é que o município não possui uma rede de tratamento de esgoto, à vista que 31,4% do esgoto sanitário vai para fossas rudimentares, localizadas na própria residência. Outra possível fonte de contaminação dos mananciais está relacionado com as principais atividades econômicas do município, que são a agricultura e a agropecuária, visto que metais pesados podem se infiltrar em corpos d'água de forma natural através do solo, principalmente devido as atividades agrícolas pela utilização de fertilizantes e agrotóxicos, podendo ocasionar sérios problemas a saúde pública.

De acordo com Portaria de consolidação Nº 5 de 28 de setembro de 2017, Coliformes totais e *Escherichia coli* são os melhores indicadores para a avaliação da potabilidade dos recursos hídricos. Sendo que, para se considerar a água como potável para o consumo humano, deve se obter ausência de Coliformes totais e de *Escherichia coli* em 100 mL do recurso. Na totalidade das amostras 44,4% continham a presença de Coliformes totais e 33,3% apresentaram contaminação por *Escherichia coli*, portanto essas águas são impróprias ao consumo humano, indicando uma não integridade do sistema de distribuição de água^{21,22}.

Por ser o primeiro estudo realizado na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, se destaca a necessidade de monitoramento das fontes de água potável em relação a contaminação fecal. Resultados esses, que se assemelham a um estudo realizado em um país em desenvolvimento por Alemayehu *et al.*²³, na Etiópia no ano de 2020, com fontes de água melhoradas, incluindo nascentes com cobertura e poços rasos protegidos. O estudo obteve como resultado que 45% das amostras de água retiradas de fontes melhoradas, e estavam contaminadas com *E. coli* e 51% das amostras de água estavam contaminadas com enterococos. Sendo que as nascentes protegidas eram mais contaminadas do que os poços rasos. Já na Índia um estudo realizado por Mukhopadhyay *et al.*²⁴ Pode-se avaliar a qualidade microbiana da água de poços utilizados como fontes de consumo em domicílios urbanos e rurais, apresentou como resultado que em um total de 80 amostras, foram isolados 27,5% de *E. Coli* e 92,5% de coliformes totais, sendo que os Coliformes são úteis para indicar tratamento inadequado ou contaminação pós-tratamento.

No estudo realizado por Valias *et al.*²⁵, na cidade de São Paulo, com objetivo de avaliar a qualidade microbiológica de águas de poços e nascentes de propriedades rurais, obtiveram como resultado que as águas provenientes dos lençóis subterrâneos, captados em poços possuíam maior contaminação bacteriológica, quando comparado as nascentes de água. Se assemelhando ao presente artigo, por não se detectar a presença de *E. coli* em nenhuma das amostras coletadas de nascentes. Resultado esse que pode ser justificado, devido a contaminação das reservas subterrâneas devido a lixiviação do solo, e do transporte de matérias contaminantes proveniente das ações humanas e matéria orgânica animal, que penetram o solo através das águas das chuvas e contaminam o lençol freático.

Em relação as análises físico-químicas no presente estudo, não houve diferença em relação ao pH e a turbidez das amostras analisadas, em todas as diferentes fontes de coleta o pH e a turbidez se mantiveram dentro das faixas de normalidade. Se igualando a outro estudo realizado no Vale do Taquari, RS, no ano de 2017, que analisou águas de poços artesianos, onde os níveis de pH em todas as amostras analisadas se mantiveram na média de 7,51 sendo que o recomendado pela legislação é que esteja na faixa 6,0 a 9,5. Para turbidez as amostras não excederam o limite de 5 uT, valor de referência preconizado pela legislação, característica essa relacionada a matéria em suspensão na água, pois a presença dessas partículas provoca a dispersão da luz, tornando a sua aparência turva e inadequada ao consumo²⁶.

As dosagens de cloro e de fluoreto, nas diferentes vias de abastecimento de água deste estudo estiveram dentro dos padrões de potabilidade, conforme a legislação, não excedendo o limite de 1,5 mg/L de fluoreto e de no mínimo 0,2 mg/L de cloro residual livre e o teor máximo em qualquer ponto do abastecimento não ultrapassou 2 mg/L. Em conformidade com o estudo realizado por Saling *et al.*²⁷ na cidade de Colina-RS, com objetivo de realizar análises físico-químicas e microbiológicas de amostras de água de doze poços rasos no município, onde todas as amostras estavam de acordo com os padrões estabelecidos pela referida portaria vigente.

Entretanto, foi evidenciada uma diferença marcante ao comparar as dosagens de cloro e fluoreto nas amostras de água tratada provenientes da rede de abastecimento da CORSAN e dos poços mantidos pela Associação Alternativa Coletiva. Essa análise aponta que a rede da CORSAN possui concentrações mais elevadas dessas substâncias em comparação com os poços da Solução. Os poços possuem como tratamento apenas a cloração, utilizado com objetivo de desinfecção e oxidação, que possui influência direta em relação ao aumento do pH do meio, que ocasiona a diminuição da sua reatividade, e pode ter sua velocidade de reação elevado com o aumento da temperatura²⁸.

No presente estudo, nas 27 amostras analisadas não foram encontrados a presença de metais pesados, como o alumínio, chumbo, manganês e nem a presença de nitrato, comum de ser encontrado em águas subterrâneas. Somente uma amostra coletada em nascente, foi detectado ferro, onde o resultado encontrado foi de 0,589 mg/L, índice maior que o preconizado pela portaria de Nº 5/2017 de até 0,3 mg/L. O ferro pode ocasionar a contaminação de águas subterrâneas e superficiais, devido a capacidade de infiltração da água no solo e dos seus sedimentos subjacentes, capaz de dissolver e transportar o ferro para o abastecimento das águas subterrâneas. Ocasionalmente prejudicando a saúde quando consumido em excesso, pois não existe uma via de excreção de ferro específica no organismo humano, podendo se acumular nos tecidos e ocasionar diversas patologias crônicas, como doença hepática, terapia de transfusão crônica e alguns distúrbios hereditários²⁹.

Conforme Almeida *et al.*³⁰ no estado do Ceará, analisou 35 amostras de águas coletadas de poços tubulares e nascentes. Onde o resultado deste estudo demonstrou que 15,24% das amostras analisadas, apresentaram concentrações de ferro acima do limite permitido pela Portaria de Consolidação Nº 5 (0,3 mg/L), enquanto 5,71% apresentaram teores de manganês elevados. E que 84,76% das amostras analisadas estiveram dentro dos padrões de normalidade para água potável.

Outro estudo semelhante realizado na cidade de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul, por Schwarzbach e Morandi³¹ que analisaram águas de 17 poços tubulares. Apresentando elevados teores de ferro (Fe) e manganês (Mn), onde oito dos poços estudados apresentaram teores de Mn superiores aos limites da legislação e doze dos poços estudados tiveram águas impróprias ao consumo humano, pelos altos teores de Fe. Estes resultados refletem

principalmente as características da rocha granítica, rica destes minerais e matéria orgânica, provavelmente oriunda de esgotos.

O nitrato é amplamente encontrado em águas subterrâneas, devido a contaminação do solo pela aplicação de fertilizantes nitrogenados, esterco animal, esgoto doméstico, lixiviação de áreas agrícolas e lixões. E se consumido em excesso, no organismo humano pode ser convertido a nitrito, podendo ocasionar metahemoglobinemia, de maneira independente da idade do consumidor, mas especialmente em crianças, dificultando o transporte de oxigênio sanguíneo, além de poder ocasionar a formação de nitrosaminas carcinogênicas. Contudo no estudo realizado por Biguelini e Gumy³², no estado do Paraná, avaliou a presença de nitrato em água de poços artesianos, e os resultados demonstraram que em 32,35% das amostras analisadas, apresentaram valores maiores que o permitido pela legislação específica.

Resultado esse que corrobora com os encontrados neste artigo, já que as amostras de poços e nascentes, desprovidas de tratamento e por isso ainda mais suscetíveis a essa contaminação, não apresentaram nenhuma alteração, estando dentro da Portaria em vigência N° 5 de 2017.

CONCLUSÕES

Este estudo revelou uma preocupante contaminação bacteriológica em amostras de água coletadas no município de Campestre da Serra, não atendendo aos padrões de qualidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde. Por outro lado, as análises das características físico-químicas, organolépticas e dos oligoelementos nas amostras, indicam que as atividades agrícolas no município não exercem uma influência substancial sobre o solo. Assim, é plausível concluir que a contaminação bacteriológica das fontes de abastecimento de água provavelmente tem origem nas fossas sépticas residenciais, devido à carência de um sistema adequado de coleta de esgoto, ou nas atividades agropecuárias e criação de animais próximos às fontes de água. Isso realça a importância de medidas corretivas e a necessidade de melhorias na gestão da qualidade da água e tratamento de esgoto para garantir a segurança e a saúde da população local.

REFERÊNCIAS

1. Ayed LB. Assessment of the parasitological quality of water stored in private cisterns in rural areas of Tunisia. *J Water Health* 2018; 6(5): 737-749.
2. Ana: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Água poluída mata mais que guerras. Brasília. Acesso em: 12 out 2020. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/agua-poluada-mata-mais-que-guerras.2019-03-14.4437851287>.
3. Brasil. Ministério da Saúde. Portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Acesso em: 2 Mai 2020. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html#ANEXOXX.

-
4. Amaral LA, et al. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. *Rev. Saúde Pública*. 2003; 37 (4).
 5. Korajkic A, Mcminn BR, Harwood EJ. Relationships between Microbial Indicators and Pathogens in Recreational Water Settings. *Int. J. Environ. Res. Saúde Pública*. 2018; 15 (12): 2842.
 6. IBGE. Panorama, 2019. Acesso em: 10 Mai 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/campestre-da-serra/panorama>.
 7. Sebrae. Perfil das Cidades Gaúchas, 2019. Acesso em: 10 Mai 2020. Disponível em: https://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil_Cidades_GauchasCampestre_da_Serra.pdf.
 8. Campestre da Serra. Lei nº 808, de 14 de novembro de 2013. Acesso em: 7 Mai 2020. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/prefeitura/rs/campestredaserra?o=&q=Lei+n%C2%BA+808%2C+>.
 9. Cevs- Centro Estadual de Vigilância em Saúde - RS. Reunião Anual do VIGIÁGUA- 5ª CRS setembro, 2019. Laboratório Regional REDELAB/LACEN/CEVS. Campestre da Serra: Secretária do Meio Ambiente.
 10. Biguelini CP, Gummy MP. Saúde ambiental: índices de nitrato em águas subterrâneas de poços profundos na região sudoeste do Paraná. *Revista faz ciência FC*. 2012; 14(20):153-175.
 11. APHA, 2012. Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC.
 12. Williams AR, et al. A Systematic Review and Meta-Analysis of Fecal Contamination and Inadequate Treatment of Packaged Water. *Plos One*. 2015; 10 (10): 1-27.
 13. Silveira CA, et al. Análise microbiológica da água do Rio Bacacheri, em Curitiba (PR). *Eng. Sanit. Ambient*. 2018; 23 (5): 933-938.
 14. Eggers MJ, et al. Community Engaged Cumulative Risk Assessment of Exposure to Inorganic Well Water Contaminants, Crow Reservation, Montana. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2018; 15(1):76.
 15. Hasan MK, Shahriar A, Jim KU. Water pollution in Bangladesh and its impact on public health. *Heliyon*. 2019; 5 (8): 2405-8440.
 16. APHA, 2012. Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC.

17. Ayed LB. Assessment of the parasitological quality of water stored in private cisterns in rural areas of Tunisia. *J Water Health* 2018;16 (5): 737–749.
18. Organização Mundial da Saúde: Diretrizes para a qualidade da água potável, quarta edição. 2011. Acesso em: 1 Dez 2020. Disponível em: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44584/9789241548151_eng.pdf;jsessionid=71CE4C75E00F2C514911C67F8494A789?sequence=1.
19. Mendonça PD, et al. Potabilidade da água em instituições de ensino do município de Teixeira – PB e sua correlação com o surto de hepatite a em escolares. *Temas em Saúde* 2016; 16 (2): 239-257.
20. Mabvouna Biguioh R, et al. Microbiological quality of water sources in western Cameroon: quantitative detection of total coliforms using the method Micro Biological Survey. *BMC Public Health* 2020; 346. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-8443-0>.
21. Brasil. Ministério da Saúde. Portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. (Acesso em: 2 Mai 2020). Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html#ANEXOXX.
22. Moreira NA, Bondelind M. Safe drinking water and waterborne outbreaks. *J Water Health* 2017; 15 (1): 83-96.
23. Alemayehu TA, Weldetinsae A, et al. Sanitary condition and its microbiological quality of improved water sources in the Southern Region of Ethiopia. Acesso em 1 Dez 2020; 192 (319). <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08297-z>.
24. Mukhopadhyay C, et al. Microbial quality of well water from rural and urban households in Karnataka, India: A cross-sectional study. *Journal of Infection and Public Health* 2012; (5): 257-262.
25. Valias APGS, et al. Avaliação da qualidade microbiológica de águas de poços rasos e de nascentes de propriedades rurais do município de São João da Boa Vista- São Paulo. *Arq. ciên.vet.zool.* 2002; 5(1): 21-28.
26. Macedo TL, Rempel C, Maciel MJ. análise físico-química e microbiológica de água de poços artesianos em um município do Vale Do Taquari-RS. *Tecno-lógica* 2018; 22(1): 58-65.
27. Saling C, et al. Avaliação da qualidade da água de poços rasos no município de Colinas – RS. *Tecno-Lógica* 2017; 21 (2): 59-64.
28. Meyer ST. O Uso de Cloro na Desinfecção de Águas, a Formação de Trihalometanos e os Riscos Potenciais à Saúde Pública. *Cad. Saúde Públ* 1994; 10 (1): 99-110.

-
29. Hudgins J. Assessing the spatial pattern of iron in well water from a small central Florida community. *J Water Health* 2018; 16 (1): 93–101.
 30. Almeida ABB, et al. Águas Subterrâneas - Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas, 2019. DOI: <https://doi.org/10.14295/ras.v33i2.29520>.
 31. Schwarzbach MSR, Morandi IC. avaliação da variabilidade temporal das características físicoquímicas das águas subterrâneas dos poços tubulares profundos do município de Porto Alegre, Rio Grande Do Sul, Brasil. *Anais do XI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*. Porto Alegre: ABAS, 2000.
 32. Biguelini CP, Gummy MP. Saúde Ambiental: Índices De Nitrato Em Águas Subterrâneas De Poços Profundos Na Região Sudoeste Do Paraná. *Saúde Ambiental* 2012; 14 (20): 153-175.

Autor Correspondente: Machelis Guerra¹

E-mail: machelisguerra@hotmail.com

Recebido em: 2023-10-11

Aprovado: 2023-11-07