

<https://doi.org/10.31533/pubvet.v16n03a1074.1-15>

Águas subterrâneas rasas na microbacia hidrográfica: Bairros Chinfura, Vila nova e 7 de Setembro – Chimoio, Moçambique

João Manuel Uaciquete¹, Elias Welengane², Carmino Hayashi^{3*}

¹Mestrando em Gestão Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade Zambeze, Beira, Sofala, Moçambique

²Professor da Universidade de Zambeze, Beira, Sofala, Moçambique

³Professor da Universidade Federal de Alfenas - PPG em Ciências Ambientais, Poços de Caldas, Brasil

*Autor para correspondência, E-mail: hayashi@terra.com.br

Resumo. Partindo da premissa de que o uso e ocupação da terra pode contribuir para as variações da qualidade da água subterrânea, objetivou-se com esta pesquisa, analisar a qualidade das águas subterrâneas rasas na microbacia hidrográfica que envolve os bairros Chinfura, Vila Nova e 7 de setembro, na cidade de Chimoio (Moçambique). Inicialmente, foram selecionados 15 poços para coleta das amostras de água e analisados cinco parâmetros físicos, químicos e microbiológicos (turbidez, condutividade elétrica, pH, nitratos e coliformes fecais). Foram elaborados mapas temáticos, de representação espacial do isovalores. Os resultados obtidos revelaram que dos 15 poços, apenas dois deles (poço 1 e poço 5) foram os que apresentaram amostras de água de boa qualidade, ou seja, as que atendem aos principais requisitos básicos de potabilidade segundo a legislação moçambicana. Em relação a entrevista realizada destacou-se que 40% da população dos três bairros ainda depende exclusivamente das águas dos poços como fonte diária de abastecimento e 67% das famílias já registraram casos de doenças de veiculação hídrica.

Palavras chaves: Águas subterrâneas, análises, microbacia hidrográfica

Shallow underground waters in the hydrographic microbasin: Chinfura, Vila Nova and 7 de Setembro – Chimoio, Moçambique

Abstract. Based on the premise that the use and occupation of land can contribute to variations in the quality of groundwater. The objective of this research was to analyze the quality of shallow groundwater in the watershed that surrounds the neighborhoods: Chinfura, Vila Nova and 7 de Setembro – Chimoio City. Initially, 15 wells were selected to collect water samples and five (5) physical, chemical and microbiological parameters (Turbidity, Electrical conductivity, pH, nitrites and fecal coliforms) were analyzed. And finally, thematic maps were drawn up, of spatial representation of the isovalores. The results obtained revealed that of the 15 wells, only two of them (well 1 and well 5) were the ones that presented samples of good quality water, that is, those that meet the main basic requirements for drinking according to Mozambican legislation. In relation to the interview, it was highlighted that 40% of the population in the three neighborhoods still depend exclusively on water from the wells as a daily source of supply and 67% of families have already registered cases of waterborne diseases.

Keywords: Groundwater, analysis, watershed

Agua subterrâneas someras en la microcuenca hidrográfica: Barrios Chinfura, Vila Nova y 7 de Setembro – Chimoio, Moçambique

Resumen. Partiendo de la premisa de que el uso y ocupación del suelo pueden contribuir a variaciones en la calidad de las aguas subterrâneas, el objetivo de esta investigación fue analizar la calidad de las aguas subterrâneas someras en la microcuenca hidrográfica que

involucra a Chinfura, Vila Nova y 7 de septiembre, en la ciudad de Chimoio (Mozambique). Inicialmente, se seleccionaron 15 pozos para recolectar muestras de agua y se analizaron cinco parámetros físicos, químicos y microbiológicos (turbidez, conductividad eléctrica, pH, nitratos y coliformes fecales). Se crearon mapas temáticos de representación espacial de isovalores. Los resultados obtenidos revelaron que, de los 15 pozos, solo dos de ellos (pozo 1 y pozo 5) eran los que tenían muestras de agua de buena calidad, es decir, los que cumplían con los principales requisitos básicos de potabilidad según la legislación mozambiqueña. En cuanto a la entrevista realizada, se resaltó que el 40% de la población de los tres distritos aún depende exclusivamente del agua de pozo como fuente diaria de abastecimiento y el 67% de las familias ya han registrado casos de enfermedades transmitidas por el agua.

Palabras clave: Agua subterránea, análisis, microcuenca hidrográfica

Introdução

A água subterrânea, além de ser um bem econômico, é considerada mundialmente uma fonte imprescindível de abastecimento para consumo humano e, apesar de todos os esforços que são empreendidos para armazenar e diminuir o seu consumo, torna-se cada vez mais escassa e com baixa qualidade. As fontes de contaminação em águas subterrâneas estão diretamente associadas a despejos domésticos, industriais e ao chorume oriundo de aterros de lixo que contaminam os lençóis freáticos, conforme especificado por ([Campos & Santos, 2019](#); [Freitas & Almeida, 1998](#)).

Nos países em desenvolvimento, como Moçambique, em virtude das precárias condições de saneamento e da qualidade das águas, as doenças diarreicas de veiculação hídrica, como febre tifoide, cólera, salmonelose e outras gastroenterites, poliomielite, hepatite a as verminoses, amebíase e giardíase, têm sido responsáveis por vários surtos epidêmicos e pelas elevadas taxas de mortalidade infantil, relacionadas ao consumo da água ([Leser et al., 2002](#); [Vasconcelos & Gomes, 2012](#)).

Em virtude disto, o quadro legal moçambicano por meio do Decreto Lei nº 16/91 de 3 de agosto, Lei de águas, atribui ao Ministério da Saúde, competências para estabelecer os parâmetros através dos quais define a potabilidade da água para consumo humano, com base no Boletim da República (BR) e no Decreto lei nº 18/2004 de 15 de setembro, que delimitam os limites para cada tipo de parâmetro essencial ([BR, 2004](#)).

O presente trabalho se refere a microbacia hidrográfica localizada na interface de três bairros, Chinfura, Vila Nova e 7 de Setembro, na Cidade de Chimoio, que vem sofrendo *stress* ambiental devido a estação de tratamento de águas residuais localizada à montante da bacia em um dos bairros (Chinfura), além da Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), estar operando de forma incompleta, dispondo apenas de duas fases de tratamento de águas residuais (filtração e decantação).

Este trabalho teve como objetivo analisar a qualidade das águas subterrâneas rasas nesta microbacia hidrográfica, visando determinar a qualidade de água para consumo humano, de acordo ao Regulamento sobre a Qualidade da água para o consumo humano aprovado pelo Decreto-Lei nº 18//2004 de 15 de setembro ([BR, 2004](#)), uma vez que a população usa as mesmas águas (águas dos poços/ aquíferos livres), muitas vezes sem passarem por um tratamento, constituindo um perigo a saúde pública.

Material e métodos

Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado na Província de Manica, Cidade de Chimoio, em uma microbacia hidrográfica que envolve três bairros (Chinfura, Vila Nova e 7 de Setembro). A área possui clima tropical úmido modificado pela altitude. No inverno existe muito menos pluviosidade que no verão, a temperatura média anual é de 21,5° C, e a média anual da pluviosidade é de 1143 mm ([Figura 1](#)).

Aspectos hidrogeológicos

As águas subterrâneas nessa região, encontram-se num nível não inferior a cinco metros de profundidade. No entanto é possível abrir um poço de forma artesanal. Este fato atenua grandemente a falta de água em determinados períodos, uma vez que a Barragem não abastece a cidade ao longo de todo o ano sem interrupção ([Ecoplan, 2009](#)).

Em relação as direções de fluxo natural, as águas subterrâneas da microbacia hidrográfica que envolve os três bairros, seguem diversas direções, tendo como principal influência a declividade, pois é uma área com inclinações para todos os sentidos, o que faz com que a água subterrânea nesta região não tenha apenas um único sentido, favorecendo assim a interação entre as águas superficiais e subterrâneas e possível contaminação por fossas e latrinas. Na [Figura 2](#), é apresentado o mapa do fluxo e direção das águas subterrâneas da microbacia hidrográfica.

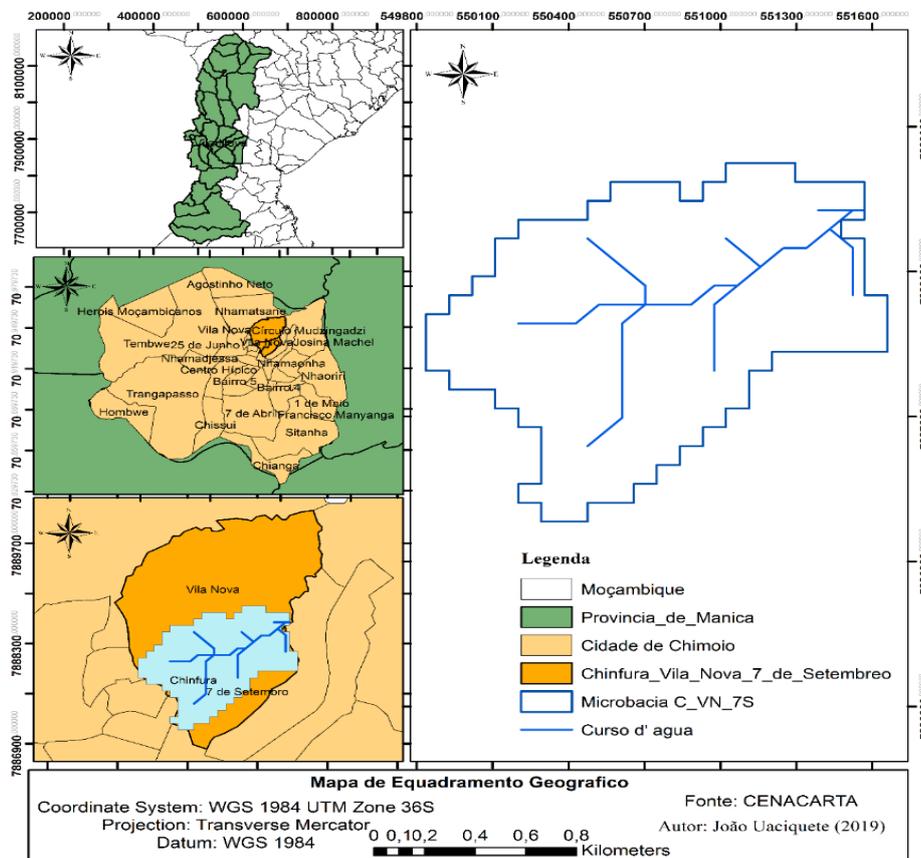


Figura 1. Mapa de localização geográfica da microbacia hidrográfica C-VN-7S. **Fonte:** Adaptado de Merkel (2012).

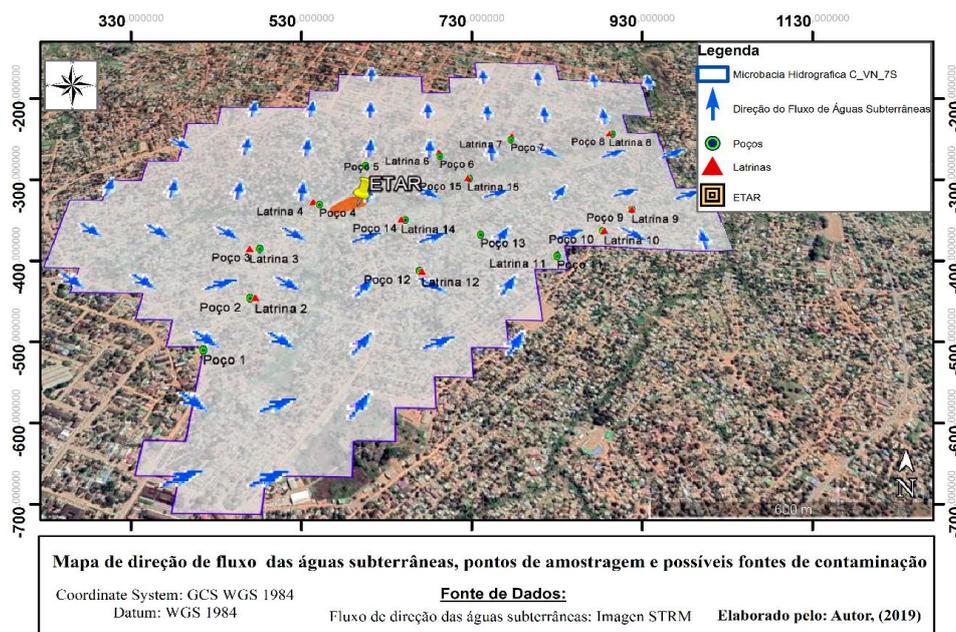


Figura 2. Mapa de fluxo de direção das águas subterrâneas, pontos de amostragem e possíveis fontes de contaminação das águas subterrâneas da microbacia H. C-VN-7S.

Coleta das amostras

A coleta das amostras em campo foi realizada em três meses (maio, junho e julho do ano 2019). Foram selecionados quinze poços para a coleta das amostras de água, e foi entrevistado igual número de pessoas (proprietários dos poços). Todos os procedimentos de coleta, transporte e acondicionamento das amostras de água destinadas as análises físicas, químicas e microbiológicas, seguiram as recomendações do “*Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater, 20th ed.*” (APHA, 2014). Ao final foi também coletada e analisada uma amostra de água da ETAR.

Ao todo foram analisados cinco parâmetros (físico, químico e microbiológico) de potabilidade para cada amostra colhida. Os parâmetros físicos foram analisados no laboratório da Faculdade de Engenharia Ambiental e dos Recursos Naturais. Os químicos foram analisados no laboratório da empresa Coca-Cola em Chimoio. E por último, as análises microbiológicas foram realizadas no Hospital Distrital de Gondola.

Em campo, foram entrevistados quinze moradores (proprietários dos poços), com a finalidade de obter informações cruciais ao estudo, tais como: *para que fins usam as águas extraídas dos poços, se antes de a usarem submetiam a um processo de tratamento, se há presença de fossas, latrinas próximas do poço, qual é idade do poço, e se há registro de pessoas enfermas por doenças de veiculação hídrica na família (dores de barriga, diarreia, cólera etc.).*

Processamento de dados

Os dados das entrevistas e os resultados das análises dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, foram organizados em tabelas e com o auxílio do *Microsoft Excel*, foi possível efetuar a análise estatística (formulação de gráficos de barra e gráficos circulares), assim como o preparo das tabelas para posterior uso nos softwares ArcGis (versão 10.4) e Google Earth Pro.

Os mapas de isovalores que representam os níveis de contaminação físico-químico e microbiológica, foram elaborados por meio do software ArcGis (versão 10.4) com enfoque a um dos seus pacotes ArcMap, ferramenta *Geostatistical Analyst*, usando o interpolador IDW, onde os dados de entrada foram: o mapa temático da microbacia hidrográfica que envolve os três bairros (Chinfura, Vila Nova e 7 de setembro), os dados georreferenciados colhidos em campo e os resultados das concentrações de cada um dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos obtidos nas análises laboratoriais.

Resultados e discussão

Na [tabela 1](#), são apresentados os resultados obtidos nas análises laboratoriais e medições feitas em campo.

Tabela 1. Dados dos poços analisados e os valores encontrados das águas subterrâneas rasas na microbacia hidrográfica H. C-VN-7S

Amostra	Profundidade do poço	Distância (Poço-Latrina)	Turvação (NTU)	Condutividade eléctrica (µmho/cm)	pH	Nitratos (mg/l)	coliformes fecais
Poço 1	>5 metros	-	9,92	1335	7,87	38,16	9,0x10 ⁰
Poço 2	>5 metros	5 metros	11,09	1639	6,63	46,40	1,1x10
Poço 3	= 5 metros	7 metros	21,3	2490	7,44	36,20	3,4x10
Poço 4	>5 metros	6 metros	3,24	250	7,58	35,00	1,2x10
Poço 5	< 5 metros	-	0,68	253	6,61	6,40	Ausente
Poço 6	>5 metros	5 metros	19,5	1997	6,9	35,41	6,3x10
Poço 7	>5 metros	5 metros	5,77	1600	6,87	40,02	3,1x10
Poço 8	< 5 metros	6 metros	3,11	1535	6,89	52,70	8,0x10 ⁰
Poço 9	> 5 metros	5 metros	11,84	1405	7,06	33,00	2,9x10
Poço 10	> 5 metros	5 metros	2,56	1431	6,92	31,45	3,0x10
Poço 11	> 5 metros	4 metros	26,2	1181	6,8	75,00	7,0x10
Poço 12	> 5 metros	5 metros	5,25	1653	6,65	81,30	9,60x10
Poço 13	= 5 metros	-	41	3200	7,52	42,62	1,3x10
Poço 14	< 5 metros	5 metros	36,01	3080	6,86	30,73	2,1x10
Poço 15	< 5 metros	5 metros	11,39	1784	7,57	87,5	4,9x10
*ETAR	-	-	14,72	2673	6,58	129,84	1,87x10 ²

*Estação de Tratamento de Águas Residuais

As baixas profundidades dos poços que indicam o elevado nível do lençol freático, a proximidade entre os poços e as latrinas e a existência de uma ETAR operando com apenas duas fases de tratamento (filtração e decantação) que posteriormente despeja os seus efluentes no rio que se encontra no interior da microbacia hidrográfica que envolve os três bairros, são os fatores a serem considerados, pois

facilitam e criam a possibilidade de contaminação das águas subterrâneas dessa região por esgoto doméstico, fezes e urina humana.

Em um estudo realizado por Silva et al. (2013), sobre a potabilidade da água de poços rasos em Curitiba, Paraná, os autores constataram que a presença das bactérias heterotróficas é justificada pelo não isolamento dos poços a água da chuva ou ausência de parede de concreto armado ou qualquer outro tipo de material que evitasse o contato direto da água do poço com a água superficial, assim como, o resultado positivo para *Escherichia coli* indicava a presença de fezes e sugere proximidade de esgoto ou fossas sépticas ao poço.

Análise de turbidez

Das quinze amostras dos poços analisados, apenas as amostras do poço 4, poço 5, poço 8 e do poço 10, foram as que se encontraram com valores abaixo do valor máximo admissível (VMA) de turbidez segundo o Decreto-Lei nº 18/2004 de 15 de Setembro – *Regulamento sobre a qualidade da água para o consumo humano*, que é de 5 unidades nefelométricas de turbidez (NTU), as restantes encontravam-se acima do valor máximo admissível. O valor máximo de turbidez foi registrado no poço 13, com um valor de cerca de 41 NTU e o valor mínimo registrado foi de 0,68 NTU para o poço 5 (Figura 3).

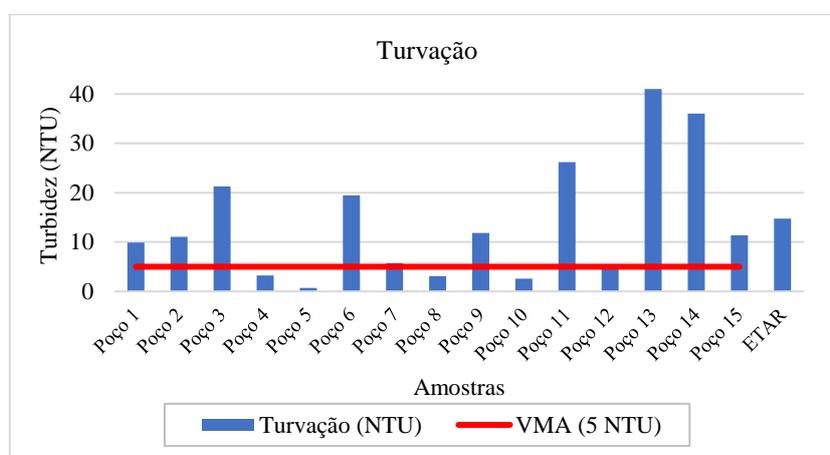


Figura 3. Valores de turbidez de cada amostra analisada.

Visto que a maior parte dos poços analisados não respeitam as regras básicas de proteção dos mesmos, esta variação da turbidez pode estar ligada à presença de microrganismos ou material em suspensão (areia, argila etc.), que podem ter entrado no poço pela parte exterior ou interior. Pois os poços não contêm tampas, algum deles são protegidos apenas por pneus de carro na sua superfície, o que deve ter tornado a água vulnerável a turvação por sólidos (areia/argila) que entram da superfície, assim como às que surgem devido a fraca consistência do solo nas laterais do poço, ou podem ser microrganismos que devem ter surgido por filtração das águas das latrinas contendo os mesmos.

De acordo com Kamiyama & Otenio (2013), a turbidez é causada por qualquer material em suspensão, como por exemplo, plânctons, bactérias, argila e areia. A água para ser considerada potável deve apresentar turbidez menor que 5 NTU, que é determinada no nefelômetro.

A turbidez além de causar uma má aparência visual, pode acarretar em um elevado índice de componentes dissolvidos, desde matéria orgânica, até microrganismos patogênicos, podendo causar a contaminação da água (Colvara et al., 2009; Vieira et al., 2008).

Análise da condutividade elétrica

Os valores da condutividade elétrica nas amostras recolhidas variam na gama dos valores entre 250 a 3200 $\mu\text{hmo/cm}$, sendo que a mínima registrada foi para o poço 4 e a máxima para poço 13 respectivamente. As amostras do poço 3, poço 13 e poço 14 registraram valores de condutividade elétrica muito acima do valor máximo admissível (VMA) segundo o Decreto-Lei nº 18/2004 – Regulamento sobre a qualidade de água para o consumo humano, que estabelece como valor padrão/VMA 2000 $\mu\text{hmo/cm}$. As restantes amostras encontram-se dentro da faixa admissível (Figura 4).

De acordo com Manzor et al. (1997) a condutividade elétrica representa a capacidade da água de conduzir a corrente elétrica, pelos íons dissolvidos, sendo diretamente proporcional a mineração total.

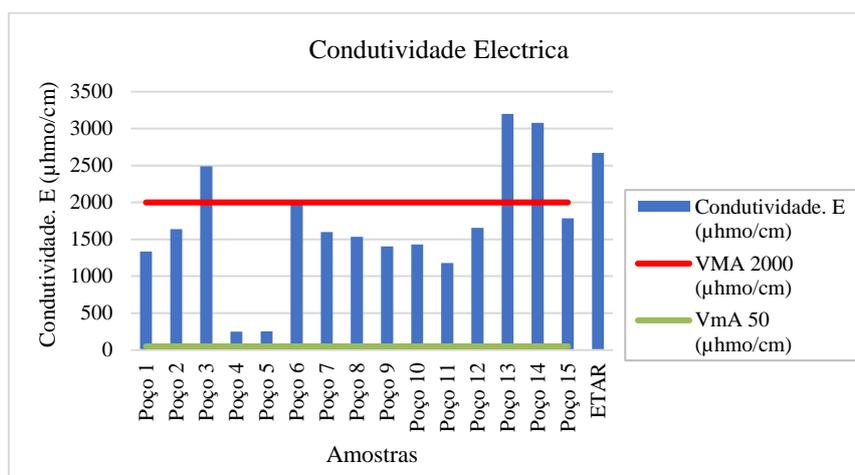


Figura 4. Valores de Condutividade electrica em cada ponto amostra.

A dissolução dos íons presentes nas rochas predominantes na área de pesquisa, é o principal fator que ocasionou a variação da condutividade elétrica. Todavia, poços com amostra de água contendo valores de condutividade elétrica elevados, mostram que há maior número de íons dissolvidos oriundos da mineração total do litotipo.

Análise do pH

Os valores de pH nas amostras recolhidas variam na gama de valores entre 6,61 a 7,87 para o poço 5 e poço 1 respetivamente. Com um valor medio 7,078 de pH na escala de Sorensen. Todas as amostras encontram-se dentro do intervalo do valor máximo e mínimo de pH estabelecido pelo Decreto-Lei nº 18/2004 – Regulamento sobre a qualidade de água para o consumo humano, que estabelece o valor de 8,5 como VMA, e 6,5 como VmA (Figura 5).

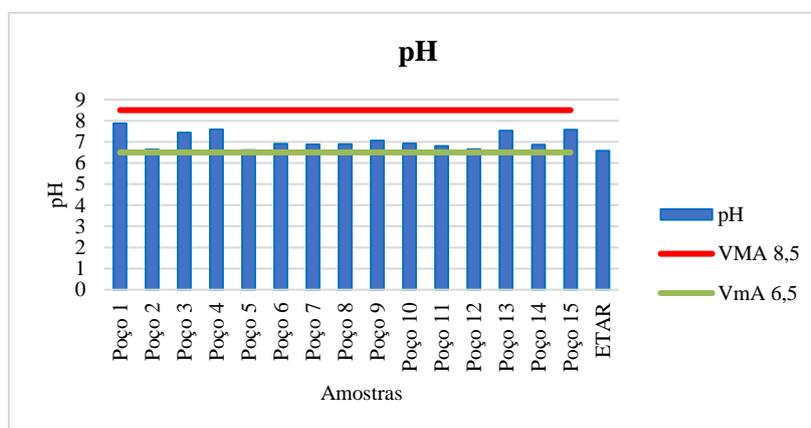


Figura 5. Valores de pH em cada ponto amostra.

De acordo com Naime (2009), são vários os fatores que podem influenciar o pH, desde a ausência de substâncias salinas disponíveis nas rochas para solubilização e neutralização da água, até contaminações com excreções e fezes, que contribuem para a redução dos níveis de pH. Entretanto, Chaves (2007) por meio de estudos realizados em vinte poços do município de São Luiz Gonzaga, afirmou que as águas dos poços geralmente apresentam valores de pH que variam entre 5,3 a 8,5 na escala de Sorensen.

No entanto, os poços 2, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14 assim como a ETAR, registraram valores de pH abaixo da média com um potencial ácido, isso pode ser devido a contaminação por fezes e urina humana, visto que alguns dos poços encontram-se próximos das latrinas e do rio que recebe o efluente da ETAR, que por sua vez também possui um pH ácido, devido o efluente doméstico que recebe periodicamente para posterior tratamento. Assim como pode ser devido falta de solubilização e neutralização das

substâncias salinas disponíveis nas rochas desta região, visto que são fatores que contribuem para a redução dos níveis pH.

A [Figura 6](#), apresenta o mapa de isovalores que retrata a distribuição espacial do pH na microbacia hidrográfica C_VN_7S. A ala sudoeste e algumas pequenas parcelas no centro da microbacia hidrográfica, são as áreas que apresentam um potencial básico, com valores de pH um pouco acima da média, mas dentro do intervalo do valor mínimo e máximo admissível por lei. Isso pode estar ligado a fraca interação entre as águas subterrâneas dessa área com as águas superficiais, visto que esta área se encontra à montante da ETAR e quase que não interage com as águas do rio que recebe o efluente da ETAR, o que reduz a possibilidade de redução do pH por contaminação fecal.

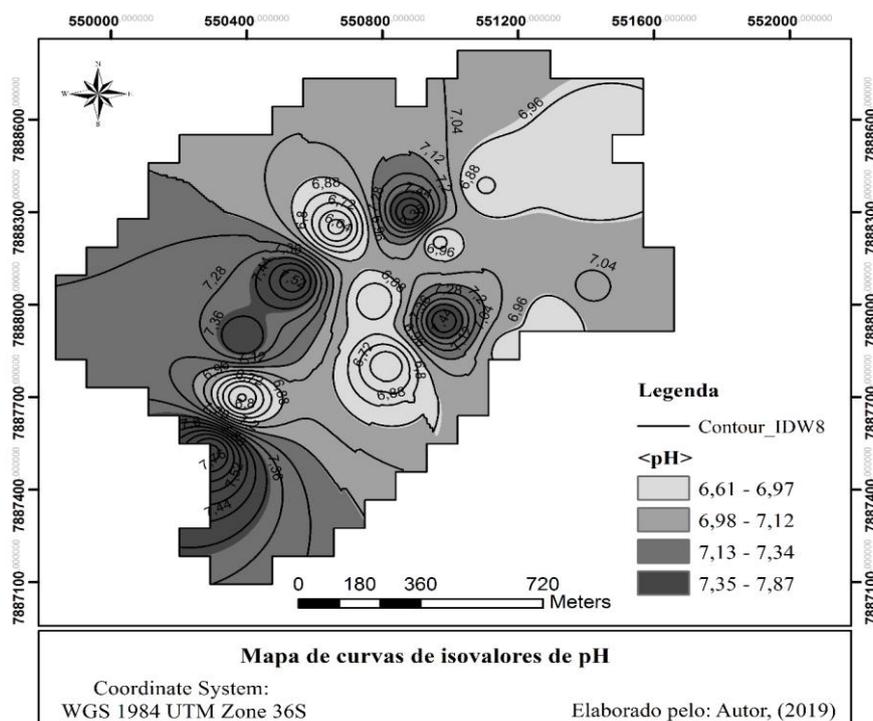


Figura 6. Mapa da distribuição espacial do pH na microbacia hidrográfica C-VN-7S.

Análise de nitratos

As concentrações de nitratos nas amostras recolhidas dos poços, apresentam valores que variam de 6,4 a 87,5 mg/L para o poço 5 e poço 15 respectivamente. Sendo que as amostras do poço 8, poço 11, poço 12 e do poço 15, são as que apresentaram valores de concentrações de nitrato acima do valor máximo admissível (VMA) que é de 50 mg/L segundo Decreto-Lei nº 18/2004 – Regulamento sobre a qualidade de água para o consumo humano. As amostras restantes apresentaram valores abaixo da linha/ limite estabelecido pela Lei ([Figura 7](#)).

As elevadas concentrações de nitratos encontradas nos poços 8, 11, 12 e 15, que superam o valor máximo admissível por lei, podem estar ligados ao fator localização dos poços. Pois a maior parte deles, encontram-se localizados na jusante do rio que recebe o efluente da ETAR, que por sua vez registrou um valor muito elevado de concentração de nitrato, cerca de 129,84 mg/L, o que indica uma forte contribuição na alteração da concentração do nitrato das águas do rio que posteriormente interagem com as águas subterrâneas das áreas a jusante do rio.

De acordo com Foster & Hirata ([1993](#)), o nitrato é o constituinte inorgânico mais problemático, devido a sua grande mobilidade em subsuperfície, ampla distribuição, estabilidade em sistemas aeróbios de águas subterrâneas e risco a saúde humana, principalmente em crianças e em idosos.

Conforme ilustrado a distribuição espacial do nitrato no mapa ([Figura 8](#)), as áreas que apresentam maiores concentrações de nitratos estão localizadas na ala sudeste e nordeste da microbacia hidrográfica C_VN_7S, em pequenas parcelas dos bairros 7 de Setembro e Vila Nova. Uma grande parte da microbacia é dominada por concentrações de nitratos que rondam no intervalo de 34 a 47 mg/L.

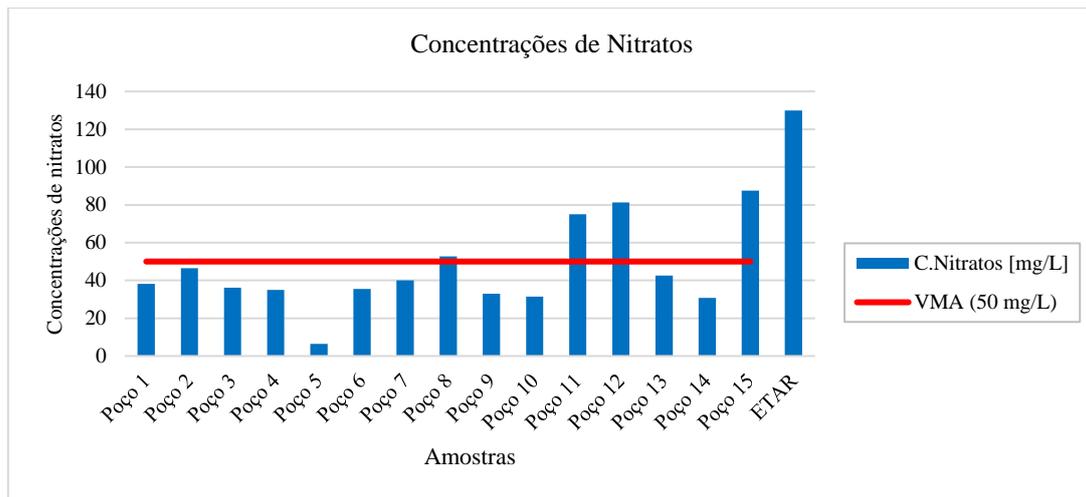


Figura 7. Valores de concentrações de nitratos em cada amostra.

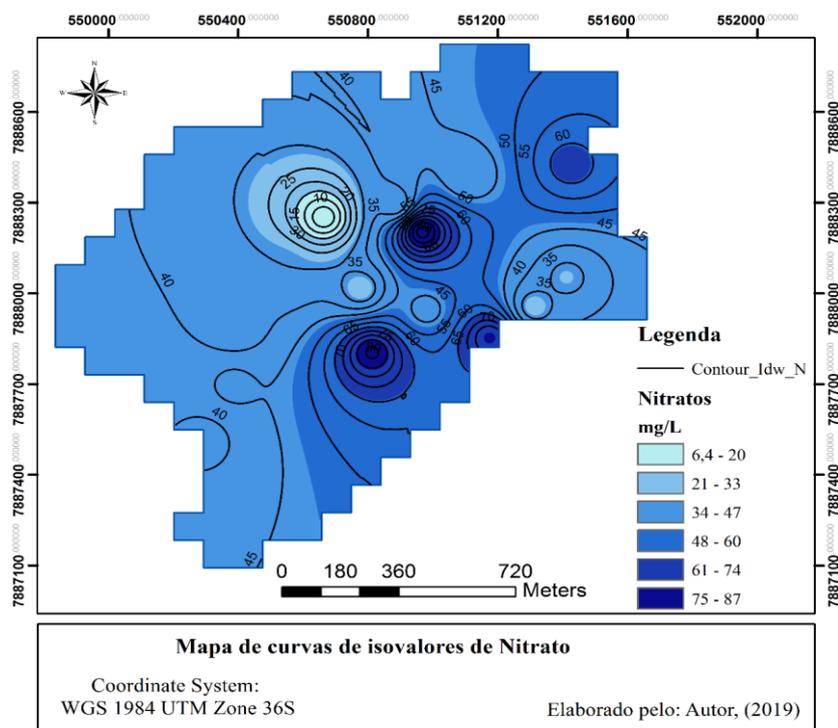


Figura 8. Mapa da distribuição espacial de concentrações de nitratos na microbacia hidrográfica que envolve os bairros Chinfura, Vila Nova e 7 de Setembro.

Análise de coliforme fecais

Houve crescimento bacteriano em quase todas as amostras, com exceção da amostra do poço 5. Já que não houve crescimento microbiano na amostra do poço 5, não se achou necessário passar para a fase de contagem de colônias, atribuindo-se assim automaticamente 0 NMP de colônias de coliformes fecais/100ml. E para as restantes amostras, apenas as amostras do poço 1 e poço 8 são as que apresentaram um NMP de colônias de coliformes fecais/100ml, abaixo do valor máximo admissível (VMA) pelo Decreto-Lei nº 18/2004 – Regulamento sobre a qualidade de água para o consumo humano, sendo que as restantes apresentaram valores acima do recomendado. O valor máximo registrado de NMP de colônias de coliformes fecais/100ml foi para a amostra do poço 12, com um valor de 96 NMP de colônias de coliformes fecais/100ml e a mínima foi para a amostra do poço 5, que foi de 0 NMP de colônias de coliformes fecais/100ml.

Segundo Silva & Araújo (2003) os microrganismos do tipo coliformes fecais são microrganismos patogênicos, a sua presença indica a contaminação por esgotos domésticos, dejetos de animais ou fezes humanas.

As zonas rurais e semiurbanas, onde o sistema de saneamento básico geralmente é descentralizado, tem sido as áreas mais afetadas pela contaminação fecal, pois a não observação das regras básicas para a construção de latrinas e fossas sépticas, assim como para abertura de poços, tem sido uma das principais forças motrizes no desencadeamento da contaminação fecal das águas subterrâneas rasas nessas áreas.

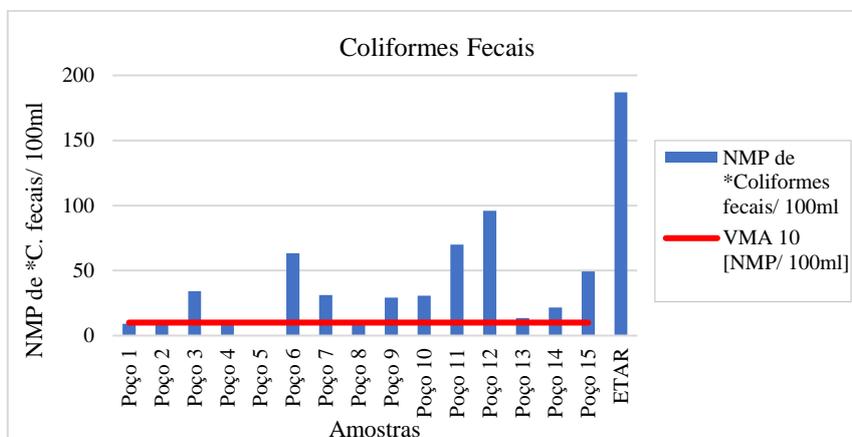


Figura 9. Valores de NMP de colônias de coliformes fecais/ 100ml em cada amostra.

As amostras de água de quase todos os poços analisados, com exceção apenas dos poços 1, 5 e 8, apresentaram NMP de coliformes fecais acima do VMA, isso devido a falta de observação das regras básicas para a construção de latrinas e abertura de poços. A proximidade entre os poços e latrinas, a infiltração e a interação entre as superficiais (efluente da ETAR que se mistura com a água do rio) com as águas subterrâneas são os principais responsáveis pela presença de coliformes fecais nas águas subterrâneas da microbacia hidrográfica C_VN_7S. Acredita-se que a ETAR também contribui de forma significativa na contaminação fecal, visto que apresenta 187 como o NMP de coliformes fecais/100ml.

A Figura 10, apresenta o mapa da distribuição espacial, com as curvas de isovalores dos coliformes fecais. A distribuição deste parâmetro apresenta estreita associação espacial. Os valores do NMP de coliformes fecais/100ml muito acima do limite estabelecido pela Lei, estão localizados na ala sul da microbacia hidrográfica C_VN_7S, concretamente no bairro 7 de Setembro. Uma grande parte da microbacia é dominada por NMP de coliformes fecais/100ml que variam no intervalo de 11 a 29 colônias.

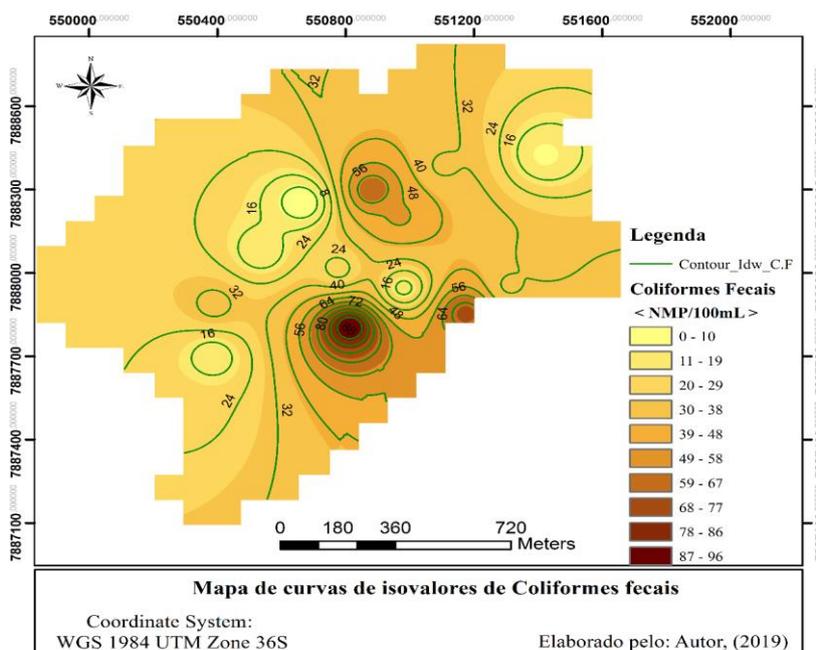


Figura 10. Mapa da distribuição espacial de concentrações de nitratos na microbacia hidrográfica que envolve os bairros Chinfura, Vila Nova e 7 de Setembro.

Dados da entrevista

Segundo as respostas dadas pelos moradores dos bairros estudados, em relação a primeira questão de qual é a *principal fonte de abastecimento de água usada diariamente*, destacou-se que 60% dos moradores têm como a principal fonte diária de abastecimento de água o FIPAG, e 40% ainda dependem diariamente dos poços. Em que essa dependência em alguns casos, foi justificada pelas precárias condições de vida e a impossibilidade de pagar mensalmente ao FIPAG pelo fornecimento da água (Figura 11).

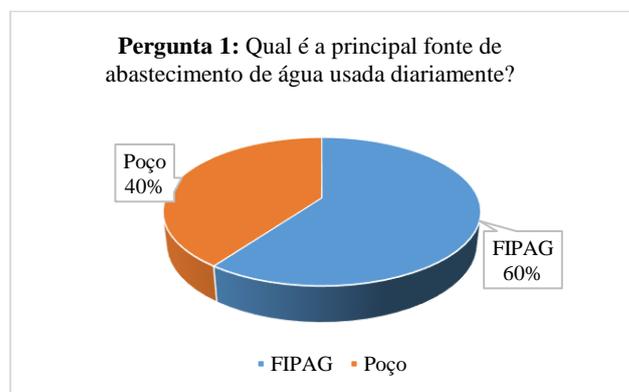


Figura 11. Percentual da principal fonte diária de abastecimento de água.

A pergunta (2) que era relativa ao regime de fornecimento de água feito pela FIPAG, 87% dos moradores responderam que o fornecimento de água é feito de forma irregular, isto é, existe períodos específicos em que a água sai, e em alguns casos tem havido inter rompimento no fornecimento de água por um período de dois a três dias ou até mesmo de uma semana, com e outras vezes sem aviso prévio, sendo assim os moradores obrigados a recorrer a uma outra fonte de abastecimento, em que quase todos moradores inqueridos responderam que em casos dessa natureza eles tem recorrido aos poços para a obtenção da água para o desenvolvimento das suas atividades diárias. Apenas 13% dos inqueridos responderam o contrário, dizendo que o fornecimento de água pelo FIPAG é, e tem sido de forma regular, nunca registraram problemas de interrupção, porém o fornecimento é feito de 24 sobre 24 horas (Figura 12).

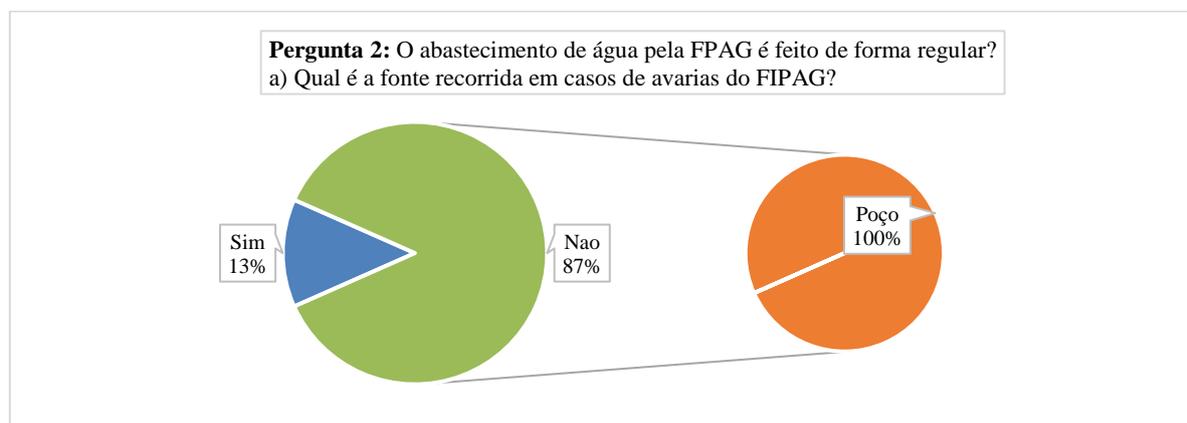


Figura 12. Percentual do regime de fornecimento da água pela FIPAG, e a fonte recorrida em casos de avarias.

A maior parte dos moradores entrevistados, mesmo os que também eram fornecidos a água pelo FIPAG, responderam que usam a água dos poços para diversos fins, até mesmo para o consumo humano. Cerca de 87% dos moradores responderam “sim” a pergunta 3, que consultava se é que *as águas dos poços também são usadas para o consumo humano*, e apenas 13% responderam “não”, que por coincidência foram as casas que na questão anterior, retrataram que o regime de fornecimento de água pela FIPAG em suas casas era feito de forma regular (Figura 13).

Na alínea a) da mesma pergunta 3, que procurava saber se é que a água extraída dos poços antes do seu consumo, passavam por um processo de tratamento ou não, e se é que “sim”, qual era o tratamento que o submetiam, cerca de 47% responderam que “sim” dizendo que antes do seu consumo submetem

ao tratamento com certeza, cloro ou fervura da própria água. E 53% responderam que “**não**”, não ás tratam antes do seu consumo, alegando que não há necessidade de ás tratar, porque as águas dos seus poços são limpas, “isto apenas aos seus olhos” (Figura 14).

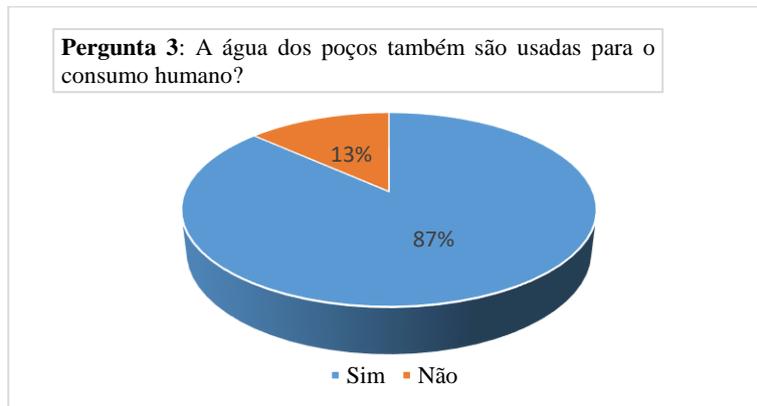


Figura 13. Percentual dos moradores que também usam as águas dos poços para o consumo humano.

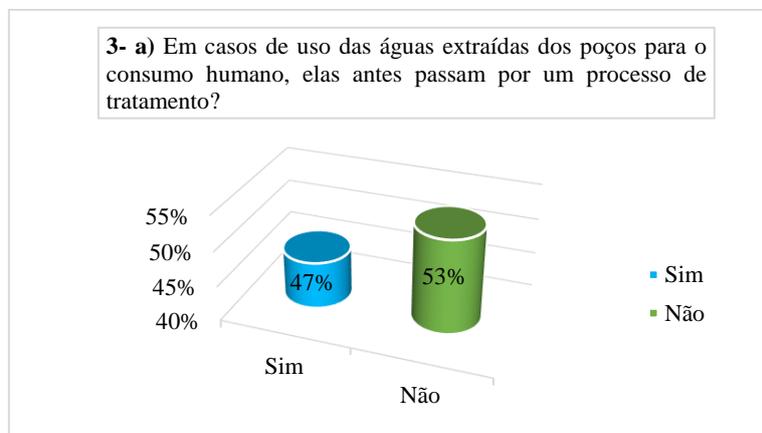


Figura 14. Percentual dos moradores que antes do consumo da água que extraem dos poços submetem a um tratamento.

Cerca de 67% das famílias inqueridas/entrevistadas, moradoras dos bairros estudado, já registraram casos de doenças associadas ao consumo de água contaminada por patógenos causadores de doença de veiculação hídrica, tais como: cólera, febre tifoide, diarreia aguda entre outras. Apenas 33% das famílias, até o momento da entrevista, eram antes de obterem/registrarem casos de enfermidade dessa natureza. Quanto ao mecanismo de tratamento pouco deles recorrem aos hospitais, alguns tomam medicamentos caseiros (gingibre, babosa etc.) (Figura 15).

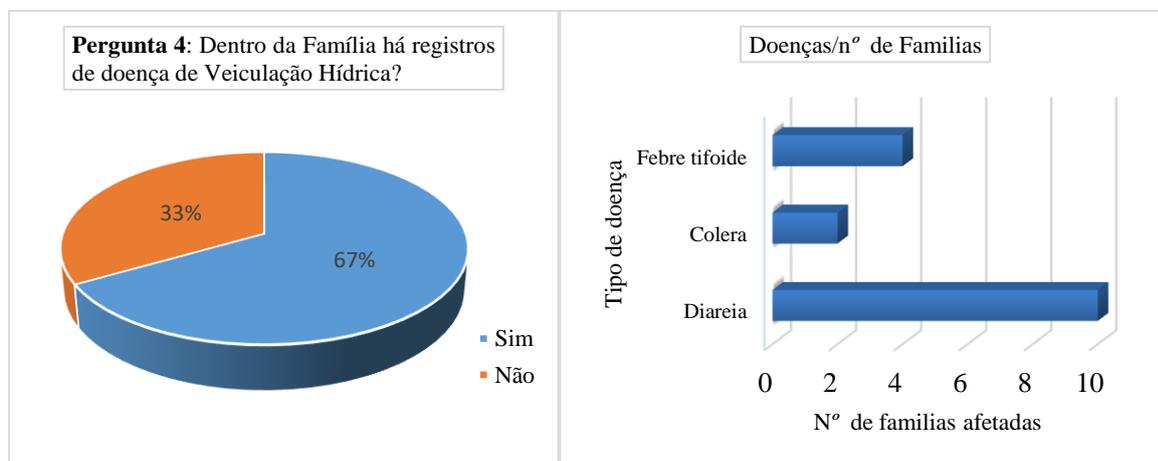


Figura 15. Percentual do histórico de registro de doenças de veiculação hídrica dentro das famílias.

Pelo espírito de irmandade, a maior parte dos poços nesta região são compartilhados, isto é, um poço está para mais de uma família. Quase todos os poços os quais foram extraídas as amostras de água, com exceção apenas do poço 3, beneficiam várias pessoas numa ordem de 2 a 9 famílias por poço (Figura 16).

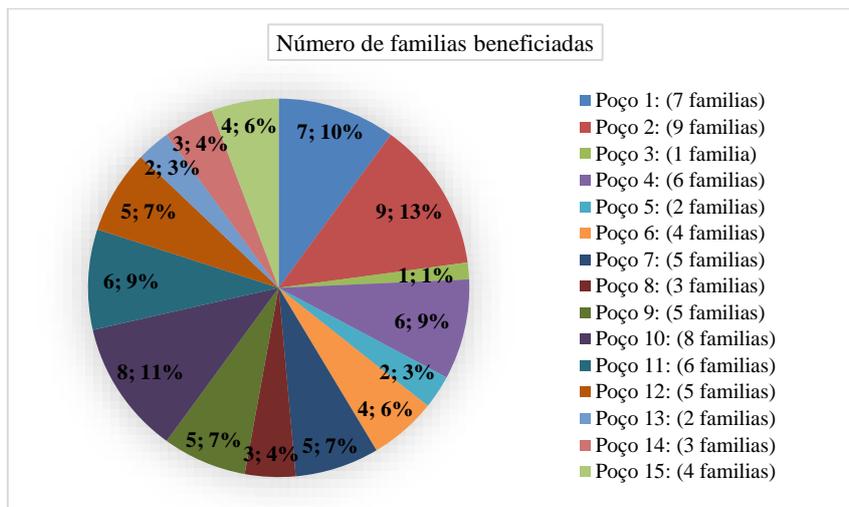


Figura 16. Percentual das famílias beneficiadas pela água do poço analisado

A idade do poço (Figura 17) foi um dos aspectos mais relevantes a se ter em conta durante a entrevista, pois com essa informação é possível prever a possibilidade de ocorrência de futuros casos de doenças de veiculação hídrica, visto que há casas em que não houveram reclamações ou históricos de registros de doenças de vinculação hídrica até o momento da entrevista, mas que depois da análise laboratorial da amostra de água, constatou-se que a água do tal poço não reúne os principais requisitos de potabilidade, ou seja existem algumas concentrações dos parâmetros essenciais que ultrapassam os limites máximos estabelecido por lei de acordo com Decreto-Lei nº 18/2004 – Regulamento sobre a qualidade de água para o consumo humano. Isso mostra que as tais águas contêm contaminantes, mas em baixas concentrações, que doravante passando tempo poderão causar sérios problemas. Pois de acordo com Kehrig et al. (2011) o organismo humano possui a capacidade de resistir a pequenas concentrações de contaminantes, mas também possui a capacidade de *bioacumulação*, que por outra é designado de *bioconcentração*, que é a capacidade que o organismo tem de receber as pequenas concentrações de contaminantes e acumular até a um estágio em que se torna prejudicial ao organismo, causando assim doenças.

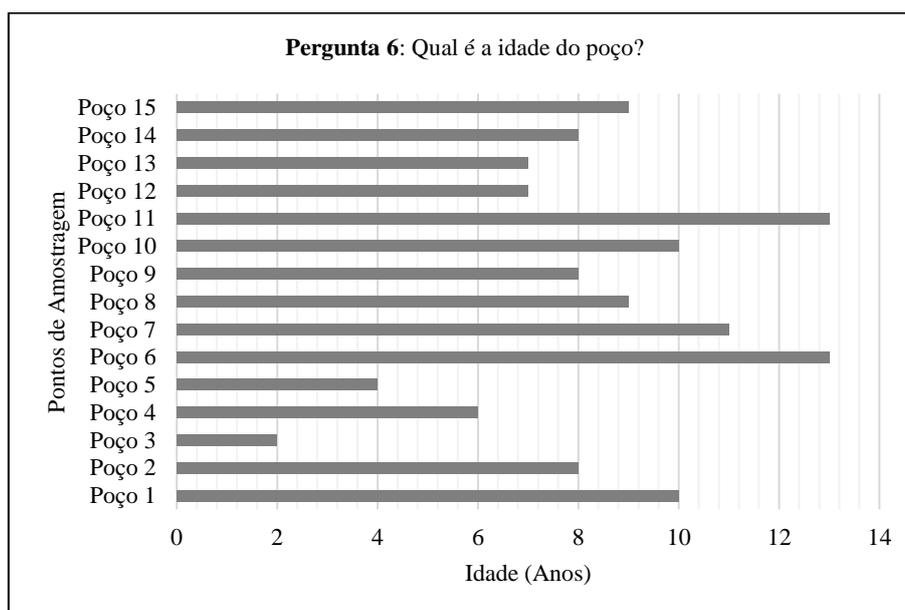


Figura 17. Tempo de existência de cada poço (idade do poço).

Tal como já foi referido anteriormente, a água é um bem necessário e indispensável a vida humana, de tal maneira que é indispensável a avaliação da sua qualidade. A qualidade da água subterrânea da microbacia hidrográfica que envolve os bairros Chinfura, Vila Nova e 7 de Setembro, em termos de consumo humano, ela foi classificada com base na legislação moçambicana, Decreto-Lei nº 18/2004, Regulamento sobre a qualidade de água para o consumo humano. Os parâmetros levados em consideração foram: *pH*, *Condutividade elétrica*, *nitrato e coliformes fecais*. Que segundo o guia de coleta e obtenção de dados- Portaria 396/2008, constituem os parâmetros básicos e indispensáveis em estudos da qualidade de água subterrânea.

De acordo com os resultados obtidos é notório que apenas o poço 1 e o poço 5, são os que atendem a todos principais requisitos básicos de potabilidade segundo a legislação moçambicana, sendo assim considerados poços com água de boa qualidade para o consumo humano. Esses resultados podem ser justificados considerando a [Tabela 2](#), pois o fator distância entre o poço-latrina e a interação entra as águas subterrâneas e superficiais do rio que recebe o efluente da ETAR, são os aspectos que influenciaram significativamente na variação e elevação desses parâmetros básicos indicadores de potabilidade. Pois a família da casa do poço 1, assim como à do poço 5, respeitaram algumas das regras básicas para a abertura dos poços e a construção das latrinas, pois possuem fossas sépticas revestida por concreto, os poços possuem tampas e encontra-se no montante. Isso indicam que o fator latrina ou ETAR não geram nenhuma influência significativa sobre a qualidade das águas destes dois poços (poço 1 e poço 5).

Tabela 2. Classificação da água para o consumo humano, de acordo com os parâmetros indicadores plasmados na legislação moçambicana

	pH	Condutividade elétrica	Nitrato	Coliformes fecais	Qualidade da Água
Valor Paramétrico	6,5-8,5	50–2000 [mg/l]	50 [mg/l]	0 -10 [NMP* / 100 ml]	
Poço 1	7,87	1335	38,16	9	Boa
Poço 2	6,63	1639	46,40	11	Média
Poço 3	7,44	2490	36,20	34	Má
Poço 4	7,58	250	35,00	12	Média
Poço 5	6,61	253	6,4	0	Boa
Poço 6	6,9	1997	35,41	63	Má
Poço 7	6,87	1600	40,02	31	Má
Poço 8	6,89	1535	52,70	8	Média
Poço 9	7,06	1405	33,00	29	Má
Poço 10	6,92	1431	31,45	30	Má
Poço 11	6,8	1181	75,00	70	Má
Poço 12	6,65	1653	81,30	96	Má
Poço 13	7,52	3200	42,62	13	Má
Poço 14	6,86	3080	30,73	21	Má
Poço 15	7,57	1784	87,5	49	Má

As águas dos poços 2, 4 e 8, apresentaram anomalias consideradas médias em alguns dos parâmetros básicos indicadores da potabilidade, sendo desta forma considerados de poços com água de qualidade média, porém são indispensáveis do tratamento por *fervura, cloro ou certeza* antes do seu consumo. As águas do poço 2 e do poço 4, apresentaram anomalias no parâmetro microbiológico (coliformes fecais) registrando um valor de 11 e 12 respetivamente, valor este um pouco superior ao recomendado pelo Decreto-Lei nº 18/2004 – Regulamento sobre a qualidade de água para o consumo humano que é de 0-10 NMP de coliformes fecais/100ml, o que indica a existência da contaminação fecal devido a não observação da distância mínima recomendada que é de 20 metros, pois os poços e as latrinas nessas duas casas, são separados apenas por uma distância de 5 metros e 6 metros, e a fossa não é revestida por concreto. Já água do poço 8, apresentou anomalia no parâmetro químico (nitrito), registrando um valor acima do limite máximo estabelecido por lei que é de 50 mg/l, pois registrou 52, 70 mg/l, o que indica que há uma influência dada pelo efluente da ETAR, uma vez que o poço 8 encontra-se nas proximidades do rio o qual é despejado o efluente pela ETAR, e o mesmo efluente da ETAR também registrou um valor para o nitrito muito acima da média, tendo registado um valor de 129, 84 mg/l.

Os restantes poços, isto é, o poço 3, poço 6, poço 7, poço 9, poço 10, poço 11, poço 12, poço 13, poço 14 e o poço 15, são os que registraram serias anomalias nos principais parâmetros básicos indicadores de potabilidade, pois a discrepância entre os valores encontrados e os limites máximos estabelecidos pelo Decreto-Lei nº 18/2004 – Regulamento sobre a qualidade de água para o consumo

humano, é muito elevada, sendo assim as águas desses poços consideradas como águas de uma má qualidade e imprópria para o consumo, pois constituem um perigo a saúde pública dos consumidores e moradores desses bairros. No geral, o aparecimento desses valores de concentrações dos principais parâmetros básicos indicadores de potabilidade muito acima do limite estabelecido por lei, pode ser justificado pela não observação das regras básicas de construção de latrinas e abertura dos poços (a distância mínima, o revestimento da fossa com concreto ou a identificação do local adequado para a construção e abertura dos mesmos).

Efetuada uma análise comparativa é notório que quase todos os três bairros (Chinfura, Vila Nova e 7 de Setembro), possuem poços com anomalias naquela que é a qualidade das suas águas subterrâneas segundo a legislação moçambicana. Apenas o poço 1, que se encontra no bairro Chinfura e o poço 5 que se encontra no bairro Vila Nova, são os que apresentaram água com uma boa qualidade para o consumo humano. Diante disso, percebe-se que existem fortes influências dos fatores antrópicos (proximidade das latrinas aos poços e a possível ineficiência no tratamento dos efluentes domésticos pela ETAR), fatores esses que contribuem significativamente na deterioração da qualidade das águas subterrâneas da microbacia hidrográfica dos bairros Chinfura, Vila Nova e 7 de Setembro – Chimoio.

Conclusão

Feitas as análises laboratoriais dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos das amostras de águas dos poços que se encontram no interior da microbacia hidrográfica Chinfura, Vila Nova e 7 de Setembro. Os resultados mostraram diversas irregularidades em alguns valores dos parâmetros aferidos quando comparados com o valor máximo e mínimo admissível por lei, de acordo com Decreto-Lei nº 18/2004 – *Regulamento sobre a qualidade de água para o consumo humano*.

Na representação espacial, os mapas temáticos mostram que há uma estreita associação espacial. As curvas de isovalores assim como os demais intervalos de classes de pH, nitratos e de coliformes fecais, mostram que o valores mais elevados encontram-se nas alas sudeste e noroeste da microbacia hidrográfica C_VN_7S, onde se encontram os bairros 7 de Setembro e Vila Nova.

Por fim, na classificação da potabilidade segundo a legislação moçambicana, apenas os poços 1 e 5 são os que apresentaram água com uma boa qualidade para o consumo, sendo que o poço se encontra no bairro Chinfura e o poço 5 no bairro vila Nova. O bairro 7 de Setembro conforme referenciado anteriormente foi o pior bairro, pois nenhum dos poços analisados apresentou água com uma qualidade considerada boa para o consumo humano

Referências bibliográficas

- APHA. (2014). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (Vol. 20). American Public Health Association.
- BR- *Boletim da Republica* (2004): Decreto-Lei nº 16/91 de 3 de Agosto - Lei de águas. Maputo.
- Campos, F. L., & Santos, R. A. (2019). Educação ambiental diante da problemática do lixo: uma análise descritiva em uma escola da área rural de Parnaíba – PI. *Revista Ciências & Ideias*, 9(3), 80–93.
- Chaves, A. (2007). *Análise dos recursos hídricos subterrâneos no município de São Luiz Gonzaga/RS*. 119 f. UFSM, Santa Maria.
- Colvara, J. G., Lima, A. S., & Silva, W. P. (2009). Avaliação da contaminação de água subterrânea em poços artesianos no sul do Rio Grande do Sul. *Brazilian Journal of Food Technology*, 2, 11–14.
- Ecoplan Consultores. (2009). *Estudo de Impacto e Plano de gestão ambiental e social*. Relatório Final. EIA. Chimoio. Marco de 2009.
- Foster, S., & Hirata, R. (1993). *Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes*. Instituto Geológico São Paulo.
- Freitas, M. B., & Almeida, L. M. (1998). Qualidade da água subterrânea e sazonalidade de organismos coliformes em áreas densamente povoadas com saneamento básico precário. In *Águas Subterrâneas*.
- Kamiyama, C. M., & Otenio, M. H. (2013). Aspectos sobre qualidade da água e qualidade de produtos na indústria de laticínios. *Revista Do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, 68(391), 42–50.

- Kehrig, H. A., Malm, O., Palermo, E. F. A., Seixas, T. G., Baêta, A. P., & Moreira, I. (2011). Bioconcentração e biomagnificação de metilmercúrio na baía de Guanabara, Rio de Janeiro. *Química Nova*, 34(3), 377–384.
- Leser, W., Barbosa, V., Baruzzi, R. G., Ribeiro, M. B. D., & Franco, L. J. (2002). Elementos de epidemiologia geral. In *Elementos de epidemiologia geral* (p. 177).
- Manzor, B., Daly, J. H., Islam, M. S., Pethrick, R. A., & Sherwood, J. N. (1997). Ultrasonic and dielectric investigation of N-methylurea. *Journal of the Chemical Society, Faraday Transactions*, 93(21), 3799–3805. <https://doi.org/10.1039/a701069i>.
- Merkel, A. Clima Chimoio. ClimateData.org>Africa>Mocambique>Manica>Chimoio. 2012. Disponível online em www.pt.climatedata.org/africa/mocambique/manica/chimoio3996/.
- Naime, R. H., Carvalho, S. & Nascimento, C. A. (2009). Avaliação da Qualidade da Água Utilizada nas Agroindústrias Familiares do Vale dos Sinos. *Revista em Agronegócio e meio ambiente*, 2(1), 105-119 <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2009v2n1p105-119>
- Silva, C. A., Strapação, S., Yamanaka, E. H. U., Ballão, C., & Monteiro, C. S. (2013). Diagnóstico da potabilidade da água de poços rasos de uma comunidade tradicional, Curitiba-PR. *Revista Biociências*, 19(2).
- Silva, R. C. A., & Araújo, T. M. (2003). Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). *Ciência & Saúde Coletiva*, 8, 1019–1028.
- Vasconcelos, A. M. N., & Gomes, M. M. F. (2012). Transição demográfica: a experiência brasileira. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 21(4), 539–548.
- Vieira, R. H. S. F., Atayde, M. A., Carvalho, E. M. R., Carvalho, F. C. T., & Fonteles Filho, A. A. (2008). Contaminação fecal da ostra *Crassostrea rhizophorae* e da água de cultivo do estuário do Rio Pacoti (Eusébio, Estado do Ceará): Isolamento e identificação de *Escherichia coli* e sua susceptibilidade a diferentes antimicrobianos. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 45(3), 180–189.

Histórico do artigo:**Recebido:** 15 de novembro de 2021**Aprovado:** 29 de janeiro de 2022**Disponível online:** 29 de março de 2022**Licenciamento:** Este artigo é publicado na modalidade Acesso Aberto sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 (CC-BY 4.0), a qual permite uso irrestrito, distribuição, reprodução em qualquer meio, desde que o autor e a fonte sejam devidamente creditados.