

**ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM COMUNIDADES RURAIS – O CASO DE PARA
TERRA 1 EM BOCAIUVA (MG)**

WATER SUPPLY IN RURAL COMMUNITIES – THE CASE OF *PARA TERRA 1* IN
BOCAIUVA (MG)

EL SUMINISTRO DE AGUA EN LAS COMUNIDADES RURALES – EL CASO DE
PARA TERRA 1 EN BOCAIUVA (MG)

Glorimar da Silva Ventura¹

Davi Fonseca Guimarães²

Resumo: O abastecimento de água para consumo humano nas comunidades rurais brasileiras, na maioria das vezes, é realizado de forma precária, sem o devido monitoramento para se atestarem os parâmetros estabelecidos por normas e portarias (CASALI, 2008). A pesquisa abordou essa problemática do abastecimento de água no meio rural. O objetivo geral foi analisar as características quali-quantitativas do abastecimento de água da comunidade rural Para Terra 1 no município de Bocaiuva – MG. Para a investigação específica delimitou como objetivos: analisar se a qualidade da água atende aos parâmetros de potabilidade para consumo humano, estabelecidos por Brasil (2011) na Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde, analisar se a quantidade de água disponibilizada diariamente para a população é suficiente para suprir o consumo e propor melhorias para o sistema existente. Determinando um consumo *per capita*, verificou-se que o volume de reservação atende à demanda diária da população. Os ensaios físico-químicos para os parâmetros dureza, ferro, fluoreto, manganês, nitrato e pH estão na faixa preconizada pela Portaria e no ensaio bacteriológico para avaliar a presença ou não da *escherichia coli* foi detectada a presença. Diante do exposto, foram propostas como melhorias para o abastecimento a implantação de um clorador por pastilhas na saída do poço, a proteção sanitária, o monitoramento da qualidade da água e as urbanizações das áreas do poço e do reservatório. Ressaltando, que as soluções propostas podem ser aplicadas em outras comunidades rurais.

Palavras-chave: Saneamento rural; Água potável; *Escherichia coli*.

Abstract: Most times, the water supply to human consumption in Brazilian rural communities is carried out in a precarious manner, without the proper monitoring to attest the parameters established by norms and ordinances (CASALI,2008). The research addressed the problematic of water supply in the rural area. The overall objective was to analyze the quali-quantitative

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes). Coordenadora de Desenho da ARH Projetos e Consultoria. Montes Claros/MG. E-mail: glorimarventura@hotmail.com. Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/7020474352503893>. Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0002-5743-1878>.

² Engenheiro Civil. Bocaiuva/MG. E-mail: fgdavi08@hotmail.com. Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/6852395186702433>. Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0001-7940-8049>.

characteristics of the water supply in the rural community *Para Terra 1*, located in the municipality of Bocaiuva, MG, Brazil. The specific investigation outlined the following objectives: to analyze if the water quality meets the parameters of human consumption potability as established by Brazil (2011) at Ordinance No 2.914 issued by the Ministry of Health; to analyze if the amount of water provided daily to the population is enough to supply the consumption; and to propose improvements to the system in place. Upon determining a *per capita* consumption, it was verified that the reservation volume meets the daily demand of the population. The physical and chemical essays for the hardness, iron, fluoride, manganese, nitrate, and pH parameters stand within the preconized range by the ordinance, and in the bacteriological essay designed to evaluate the presence or non-presence of *escherichia coli*, its presence was detected. Therefore, as potential solutions, it was proposed the deployment of a pellet chlorinator at the exit of the well, sanitary protection, monitoring of water quality, and urbanization of the well and reservoir areas. It should be emphasized that the proposed solutions can be applied in other rural communities.

Keywords: Rural sanitation; Potable water; *Escherichia coli*.

Resumen: El suministro de agua para el consumo humano en las comunidades rurales brasileñas, en la mayoría de los casos, es precario, sin la supervisión necesaria para garantizar el cumplimiento de los parámetros establecidos por las normas y reglamentos (CASALI, 2008). La investigación abordó este problema de suministro de agua en las zonas rurales. El objetivo general fue analizar las características cuali-cuantitativas de suministro de agua de la comunidad rural *Para Terra 1* en el municipio de Bocaiuva – MG. Para la investigación específica se definieron los siguientes objetivos: analizar si la calidad del agua cumple con los parámetros de potabilidad para el consumo humano establecidos por Brasil (2011) en la Ordenanza n° 2914 del Ministerio de Salud, analizar si la cantidad de agua puesta a disposición de la población diariamente es suficiente para satisfacer el consumo; y proponer mejoras al sistema existente. Determinando un consumo *per capita*, se comprobó que el volumen de los embalses satisface la demanda diaria de la población. Los análisis físicoquímicos de los parámetros dureza, hierro, fluoruro, manganeso, nitrato y pH están dentro de los rangos recomendados por la ordenanza y en el ensayo bacteriológico para evaluar la presencia o no de *escherichia coli* fue detectada la presencia. En vista de lo anterior, se propuso como mejora del suministro la implantación de un clorador por pastillas a la salida del pozo, la protección sanitaria, el control de la calidad del agua y la urbanización de la zona del pozo y del embalse. Cabe señalar que las soluciones propuestas pueden aplicarse en otras comunidades rurales.

Palabras clave: Saneamiento rural; Agua potable; *Escherichia coli*.

Introdução

A água é um recurso natural indispensável para a subsistência da vida, vinculada diretamente ao bem-estar social. Nos centros urbanos, o tratamento e a distribuição são realizados, em sua maioria, por concessionárias de saneamento. Em virtude da dispersão espacial, as comunidades rurais não recebem sistemas de abastecimento adequados, com análises periódicas da água distribuída para a população (CASALI, 2008).

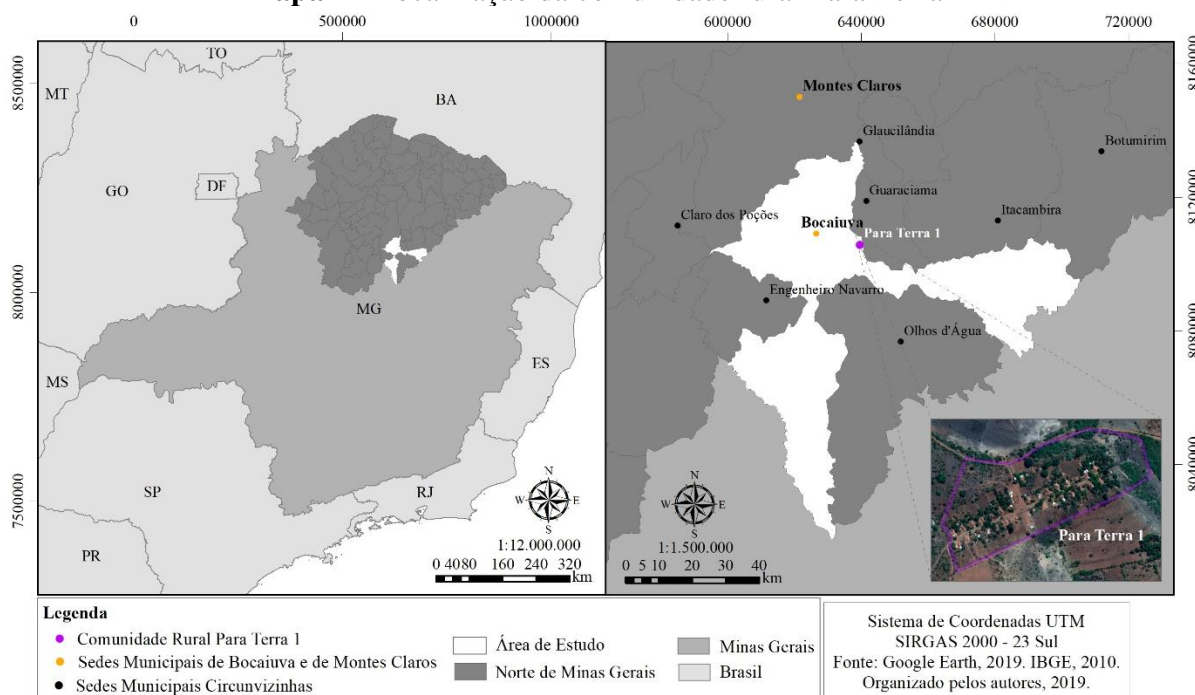
A incerteza acerca do abastecimento de água na comunidade rural Para Terra 1, em Bocaiuva – MG, associada com a inexistência de análises físico-químicas e bacteriológicas instigou o estudo a fim de propor melhorias para o abastecimento de água existente.

Em entrevista semiestruturada realizada com o líder comunitário, no dia 18 de maio de 2019, Para Terra 1 surgiu a partir de um programa do Governo Estadual, no ano de 1999, onde trabalhadores rurais podiam, por meio do financiamento, adquirir um imóvel. O projeto considerou realizar, inicialmente, o assentamento de 30 famílias e foram investidos R\$ 115.000,00 para comprar a propriedade, sendo que cada lote tem área aproximada de 16 a 17 hectares. Como o nome fantasia adotado pelo Governo para o programa foi Cédula da Terra ou Para Terra, assim foi denominada a comunidade. As demais instalações básicas como energia elétrica e água foram adquiridas em parcerias com o Governo Estadual, a Prefeitura Municipal e a associação de moradores.

Atualmente, existem 35 famílias residentes, com média de 5 pessoas por família. A principal fonte de renda da comunidade é a apicultura que surgiu como iniciativa da empresa Mannesmann, para evitar incêndios involuntários e criminosos na sua monocultura de eucalipto e garantir o investimento social na região. A polinização por migração de abelhas gera de 20 a 30 kg de mel por ano, sendo que 1,5 kg por ano de cada colmeia é destinado para a empresa que transforma em melhorias para a própria comunidade.

O município de Bocaiuva, responsável pela comunidade rural Para Terra 1, está localizado no Norte de Minas Gerais e limita-se com os municípios mineiros evidenciados no Mapa 1. Montes Claros, principal centro urbano Norte-mineiro, fica a quarenta e oito quilômetros de distância.

Mapa 1 - Localização da comunidade rural Para Terra 1



Fontes: Google Earth (2019); IBGE (2010). Organizado pelos autores (2019).

Nessa perspectiva, o objetivo geral desta pesquisa é analisar as características quali-quantitativas do abastecimento de água da comunidade rural Para Terra 1. Para delimitar esse propósito, foram definidos os seguintes objetivos específicos: analisar se a qualidade da água atende aos parâmetros de potabilidade para consumo humano, estabelecidos por Brasil (2011) na Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde; analisar se a quantidade de água disponibilizada diariamente para a população é suficiente para suprir o consumo; e propor melhorias para o abastecimento de água da comunidade rural.

Ademais, considerando que diversas comunidades rurais passam pela mesma problemática, as alternativas apresentadas pela pesquisa poderão motivar a aplicabilidade, pelos órgãos competentes ou mesmo pela associação de moradores, daquilo que será aqui proposto.

Materiais e métodos

Para composição metodológica desta pesquisa foram realizados levantamentos bibliográficos e cartográfico, pesquisa laboratorial e trabalho de campo. O mapa de localização foi realizado no *software* ArcGIS – versão 10.8 associado ao Google Earth, utilizando a base cartográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010).

No trabalho de campo os dados foram coletados por meio de entrevistas e observações. As entrevistas são realizadas face a face, podendo ter ou não questões preestabelecidas, na presente abordagem o entrevistado foi o líder comunitário (GIL, 2010; PRODANOV; FREITAS, 2013).

A pesquisa indagou as seguintes perguntas: Como se originou a comunidade? Quantas pessoas residem atualmente? Qual a fonte de renda dos moradores? Como foram adquiridas as instalações de abastecimento de água existentes? Quais os usos/atividades realizadas com a água? Quais as condições de proteção dessas instalações? Há indícios de possíveis contaminantes? Há rejeição da água pela cor, paladar ou odor? Quais as angústias da comunidade em relação ao abastecimento? Como a comunidade poderia adquirir recursos para subsidiar melhorias decorrentes do estudo? Ressalta-se que garantiu uma liberdade na condução da entrevista devido à identidade cultural do entrevistado com lugar, conforme Moreira (2002) são características da entrevista semiestruturada.

A coleta de dados para Gil (2010) pode ocorrer por meio do registro em papel, câmeras de vídeo ou similares, na entrevista utilizou-se a gravação de áudio, além do roteiro escrito com as perguntas. Esse primeiro trabalho de campo por meio da abordagem qualitativa foi realizado no dia 18 de maio de 2019. Em seguida foram levantadas as unidades existentes de abastecimento por meio da descrição de suas características e do registro fotográfico.

A partir desse arcabouço de informações sobre as unidades que compõem o sistema de abastecimento da comunidade, buscou-se o embasamento teórico para avaliar a estrutura existente, bem como para subsidiar quais parâmetros da Portaria n° 2.914 do Ministério da Saúde do Brasil (2011) deveriam ser analisados para esse caso de captação subterrânea de água.

Conforme supracitado para analisar a água subterrânea foi realizada a pesquisa laboratorial para verificar os parâmetros: dureza total, *escherichia coli*, ferro, fluoreto, manganês, nitrato e pH, a escolha de tais parâmetros teve como respaldo a bibliografia de Carvalho e Oliveira (2003), bem como as orientações de especialistas em saneamento básico recebidas no decorrer deste estudo e as respostas da entrevista sobre a percepção dos moradores quanto aos parâmetros organolépticos.

Nos testes é necessário coletar uma quantidade determinada de amostras. Para cada parâmetro, a Portaria n° 2.914 do Brasil (2011) e a Consolidação n° 5 do Brasil (2017) apresenta essa relação, conforme exposto no Quadro 1. Considerando que em Para Terra 1 não há tratamento antes da distribuição, as coletas foram realizadas na captação do poço tubular

profundo, pela descrição a análise é dispensada nos reservatórios e nas redes, principalmente se o parâmetro não for encontrado na saída do tratamento.

Quadro 1 - Número mínimo de amostras para os parâmetros

Parâmetro	Tipo de Manancial	Saída do Tratamento		Sistema de distribuição (reservatórios e redes)		
		N ° Amostras	Frequência	N ° Amostras < 5.000 hab	N ° Amostras < 50.000 hab	Frequência
pH e Fluoreto	Subterrâneo	1	2 vezes por semana	-	Dispensada a análise	Dispensada a análise
Demais parâmetros	Subterrâneo	1	Semestral	-	1*	Semestral
<i>Escherichia coli</i>	-	1**	2 vezes por semana	10	-	-

*Dispensada análise na rede de distribuição quando o parâmetro não for detectado na saída do tratamento.
 **Recomenda-se a coleta de, no mínimo, quatro amostras semanais.

Fonte: Adaptado de BRASIL (2017).

O número de amostras indicado pelo Quadro 1 para a *escherichia coli* requer um acompanhamento semanal do sistema. Ressalta-se a necessidade de monitoramento bacteriológico durante toda a vida útil da estrutura de abastecimento.

No segundo e último trabalho de campo realizado no dia 15 de setembro de 2019, das 10h5min às 10h10min, coletou-se amostras de água na área da captação do poço tubular profundo. Não foram registradas chuvas no momento da coleta e nas últimas quarenta e oito horas, período referente ao inverno. De acordo com as instruções da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2007), antes de iniciar a coleta, o ponto de tomada d'água foi higienizado com detergente líquido e álcool em gel, deixando a água escoar livremente por cerca de dois minutos após a desinfecção.

A amostra coletada foi armazenada em quatro recipientes para realizar os testes laboratoriais conforme a Figura 1. O primeiro recipiente de coleta foi um frasco plástico PET com volume de 1000mL, o segundo e o terceiro foram frascos de vidro âmbar com capacidade de 500mL cada. O vidro âmbar tem coloração escura para proteger da luz. A diferença dos dois recipientes estava no tipo e na quantidade de reagente no seu interior, um era composto por 100mL de ácido nítrico e o outro por 50mL de ácido sulfúrico. Para o que afirma a FUNASA (2007), o parâmetro dureza requer o ácido nítrico para preservação da amostra.

Figura 1 - Frascos com as amostras coletadas



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Para a análise microbiológica da *escherichia coli* a coleta da amostra foi feita no quarto recipiente, um frasco em plástico estéril com 500mL, esterilidade necessária para garantir que não haja contaminação da amostra por microrganismos externos. Os frascos foram acondicionados dentro de uma caixa de isopor e encaminhados para os ensaios no dia 16 de setembro de 2019. O laboratório contratado possui a certificação da Norma ISO-IEC-17025 e foi garantida a qualidade, confidencialidade e imparcialidade nos testes executados.

Devido os dados do levantamento do sistema de abastecimento existente, os ensaios laboratoriais e os dimensionamentos realizados apresentarem números com grandezas de medidas a abordagem quantitativa foi adotada, características expostas em Prodanov e Freitas (2013).

Segundo Azevedo Netto e Alvarez (1985), a capacidade de reservação deve ser superior a 1/6 do volume consumido em 24 horas. Para o cálculo do volume consumido em um dia, adotou-se a Equação 1. Onde V_{CONS} é o volume de água consumido em um dia (l/dia); P é a população (hab); K_1 o coeficiente do dia de maior consumo e Q_{pc} a quota *per capita* de consumo de água (l/hab.dia). Para o cálculo do volume de reservação adotou-se a Equação 2, o termo V_{RES} refere-se ao volume de água a ser reservado em um dia (m^3).

Figura 2 - Equações para volume de reservação e desinfecção

$V_{CONS} = P \times K_1 \times Q_{PC}$	Equação 1
$V_{RES} = \frac{V_{CONS}}{6}$	Equação 2
$Q = \frac{V \times D}{C \times 10}$	Equação 3

Fontes: Adaptado de Azevedo Netto e Alvarez (1985); FUNASA (2014).

Essa abordagem quantitativa foi necessária, também, para determinar a medida de hipoclorito de cálcio na desinfecção da água conforme a Equação 3 da FUNASA (2014). Onde Q é a quantidade de hipoclorito de cálcio (g); V o volume de água a ser desinfetada (l); D a dosagem de cloro (mg/l) e C a concentração de cloro do hipoclorito de cálcio (%). A discussão dos resultados da Figura 2 considerando as características da comunidade rural serão realizados posteriormente.

O abastecimento de água no meio rural e a estrutura existente em Para Terra 1

No meio rural a primeira alternativa para áreas que não dispõem de captação superficial é a perfuração de poços subterrâneos rasos devido à fácil construção, operação e manutenção. Entretanto, por fatores de ordem geomorfológica e hidrológica “a água do lençol freático é escassa ou inexistente durante certa parte do ano e, nesse caso, recorre-se ao abastecimento por poços profundos” (CARMO; COSTA, 2010; FSESP, 1981, p. 29).

O poço profundo é, assim, a primeira unidade do sistema de abastecimento nas comunidades rurais. Essa estrutura deve receber proteção sanitária com materiais construtivos adequados para evitar contaminações da água. Quando não há tratamento ou esse é feito de maneira individual, os reservatórios são a segunda unidade do sistema e têm como função regularizar vazões e pressões, bem como reservar a água para consumo e situações emergenciais como os incêndios (COELHO; LIBÂNIO, 2010).

Em outras palavras, os reservatórios visam garantir o consumo mesmo que o fornecimento seja interrompido, a estrutura deve ser protegida para evitar contaminações da água armazenada. Essa água de reservação além de veículo para a disseminação de micro-organismos patogênicos pode tornar-se “criadouro para larvas de mosquitos”, proliferando vetores (CARVALHO; OLIVEIRA, 2003, p. 75-76).

Para o que evidenciam Coelho e Libânio (2010, p. 588) os reservatórios podem ser de montante – quando fornecem água para a rede ou de jusante “fornecendo ou recebendo água, respectivamente nos períodos de maior ou menor demanda”. Quanto a sua localização em relação ao terreno podem ser elevados (REL), apoiados (RAP), semienterrados (SER) e enterrados (REN).

Entre os reservatórios e os poços há adutoras, tubulações encarregadas de transportar a água entre as unidades. As tubulações que conduzem a água da reservação até os moradores são denominadas como redes de distribuição (COELHO; BAPTISTA, 2010; PRINCE, 2010).

Para implantar um sistema de captação e reservação é necessário identificar o consumo *per capita* da localidade. A quantidade de água consumida por uma população varia de acordo com a existência ou não de abastecimento público, a distância entre a captação e o consumidor final, a ocorrência de precipitações, as atividades econômicas como turismo, comércio, indústria e os costumes da população (CETESB, 1976; FUNASA, 2007). Von Sperling (2005) definiu valores típicos do consumo *per capita* considerando a localidade e o tamanho da população, conforme apresenta o Quadro 2.

Quadro 2 - Consumo Per Capita

Porte da Comunidade	Faixa da População	Consumo Per Capita (l/hab.dia)
Povoado rural	< 5.000	90 - 140
Vila	5.000 - 10.000	100 - 160
Pequena Localidade	10.001 - 50.000	110 - 180
Cidade Média	50.001 - 250.000	120 - 220
Cidade Grande	> 250.000	150 - 300

Fonte: Adaptado de Von Sperling (2005).

Considerando o consumo *per capita* os reservatórios são dimensionados. Coelho e Libânio (2010, p. 585) citam que:

As unidades que antecedem o reservatório são usualmente dimensionadas para a vazão média do dia de maior consumo, produto da cota *per capita* pela população de projeto, maximizada pelo coeficiente do dia de maior consumo (k1). Uma vez que no dimensionamento das redes de distribuição essa vazão cresce do coeficiente da hora de maior consumo (k2), os reservatórios permitem que as unidades precedentes apresentem dimensões mais econômicas compatíveis a vazões de menor magnitude.

Entre a captação e a reservação, em sistemas convencionais de abastecimento de água, ocorre o tratamento. Em soluções alternativas, como o abastecimento rural, Pádua (2010, p. 307) enfatiza que “existem técnicas de tratamento que podem ser utilizadas pela população, mas há sempre o risco de os procedimentos não serem seguidos corretamente”.

Quando a turbidez não é excessivamente elevada, a combinação filtro-desinfecção domiciliar pode resultar em uma água com condições adequadas para consumo. [...] Havendo dúvida quanto à procedência da água, não se deve confiar somente no filtro. Nesse caso, recomenda-se que antes do consumo a água seja fervida por, pelo menos, 15 minutos ou que seja desinfectada de outra forma (PÁDUA, 2010, p. 310).

Entre os métodos de desinfecção, pode-se citar a dosagem de hipoclorito de cálcio granular ou hipoclorito de sódio líquido. “A água sanitária é uma solução diluída de hipoclorito de sódio [...]. Um problema com o uso da água sanitária para a desinfecção é sua adulteração, o que faz com que a concentração real de cloro no produto seja inferior à especificada em seu rótulo” (PÁDUA, 2010, p. 312).

Um dispositivo que atua com o hipoclorito de cálcio granular, contendo 65% de cloro disponível, é o clorador por pastilhas. “Um conjunto de peças de cano e registros de PVC que tem o objetivo de forçar a passagem da água por um depósito de pastilhas de cloro. [...] Ao passar pelo clorador, a água entra em contato com as pastilhas de cloro e, em seguida, vai para um reservatório”, a quantidade de pastilhas dependerá das análises da água (OTENIO *et al.*, 2014, p. 8; PÁDUA, 2010; RICHTER, 2009).

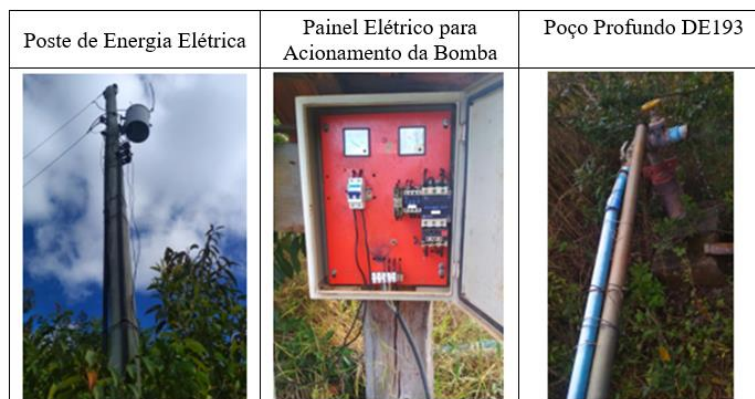
Ressaltando, que “o uso de pastilhas proporciona a desinfecção da água sem qualquer risco para os operadores e a um baixo custo”. Entretanto, “cuidados especiais devem ser tomados no armazenamento do hipoclorito de cálcio, cuja decomposição é exotérmica [...], o que pode causar incêndios quando em contato com outros materiais como ácidos, combustível e matéria orgânica”. Recomenda que a dosagem do cloro na saída do poço seja de 1,0 mg/L, para que, após o tempo de contato do produto químico com a água se obtenha total decaimento microbiano (RICHTER, 2009, p. 301-302; FUNASA, 2014).

Essa desinfecção permite proteger o consumidor de patógenos como a *escherichia coli*, bactéria “abundante em fezes humanas e de animais, sendo somente encontrada em esgotos, águas naturais e solos desde que tenham recebido contaminação fecal recente, proveniente de efluentes domésticos”. Mesmo que as amostras não registrem a presença do patógeno, “alguns autores afirmam que desconsiderá-los pode representar um problema, em especial para usuários não saudáveis de águas, como pacientes imunocomprometidos”, que suas células de defesa não identificam a infecção. Dessa maneira, o tratamento da água torna-se fundamental (ALVES *et al.*, 2008, p. 47; CUNHA *et al.*, 2012, p.162).

De acordo com a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2003), a comunidade rural Para Terra 1 é abastecida por um poço tubular, denominado como DE193 com diâmetro de 8 polegadas (203,20 mm), a Figura 3 apresenta as instalações do poço. Com base na entrevista e nos dados do trabalho de campo, verificou-se que o poço tem vazão média de aproximadamente 22 m³/h (6,11 l/s) e profundidade de 80 metros. A captação existente

opera, cerca de, 20 anos com uma bomba submersa de irrigação com diâmetro de 6 polegadas (152,40 mm).

Figura 3 - Instalações do poço profundo



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Do poço profundo, a água é destinada para um reservatório elevado (REL) com capacidade 15 m³ feito com material do tipo metalon, visualização do reservatório e acessórios na Figura 4. Interligados por tubulações de PVC de irrigação com diâmetro de 50 mm. A rede de distribuição existente possui diferentes materiais (PVC de irrigação e PVC PBA), diâmetros, classes de pressão e profundidades.

Figura 4 - Área e instalações do reservatório



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Analisou-se que falta na área do reservatório e do poço urbanização, proteção sanitária, cercamento e iluminação. A água não passa por nenhum tipo de tratamento, além dos filtros domiciliares de barro. Fatores prejudiciais para o abastecimento de acordo com o embasamento teórico apresentado, por exemplo a falta de cloração para desinfecção da água. É possível

evidenciar, ainda, que a água pode estar sofrendo contaminações no poço e, conseqüentemente, o consumo está comprometido devido à ausência de desinfecção. As análises dos parâmetros serão essenciais para validar essas considerações.

O responsável pela operação do sistema é um morador da própria comunidade. O procedimento é realizado no período noturno e consiste em acionar a bomba para encher o reservatório elevado e distribuir para os reservatórios individuais das residências. Após o recalque da água, o poço reabastece o reservatório elevado, que irá reservar água para o dia seguinte. São considerados intervalos de 45 minutos para ligar e desligar a bomba até o abastecimento total. Caso o consumo seja superior ao armazenado, o operador aciona a bomba durante o dia, situações raras. Não existe micromedição, mas cada família paga uma pequena tarifa por mês para quitar a conta de energia elétrica e o salário do operador.

A qualidade e a quantidade de água para o abastecimento em Para Terra 1

Na comunidade Para Terra 1, a desinfecção da água ocorre somente por meio de filtros domiciliares de barro e não existe nenhuma análise laboratorial dos parâmetros de potabilidade. O estudo evidência o abastecimento de água, entretanto torna-se impossível não considerar a disposição do esgotamento sanitário, visto que, na comunidade, o descarte é realizado por fossas secas.

Para o que definem Carvalho e Oliveira (2003, p. 119) a fossa seca “destina-se à disposição direta e exclusiva de urina e fezes humanas, sem o uso de água para transportá-las”. O teste laboratorial de *escherichia coli* indicará se há ou não contaminação fecal ocasionada por possíveis carreamentos de dejetos no perfil do solo.

Além desse teste bacteriológico realizou-se testes para identificar os valores da dureza total, ferro, fluoreto, manganês, nitrato e pH, conforme a Portaria n° 2.914 do Ministério da Saúde do Brasil (2011) que estabelece os parâmetros para águas destinadas ao consumo humano.

A condutividade elétrica, segundo o CPRM (2003), equivale a 471,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Os demais parâmetros como os organolépticos de cor aparente, gosto e odor não foram analisados neste estudo, porque não há rejeição da água devido a excessos. A turbidez e os sólidos dissolvidos totais foram correlacionados com os resultados da dureza total. Para melhor visualização, o Quadro 3 apresenta os valores máximos permitidos e uma breve descrição de cada parâmetro analisado.

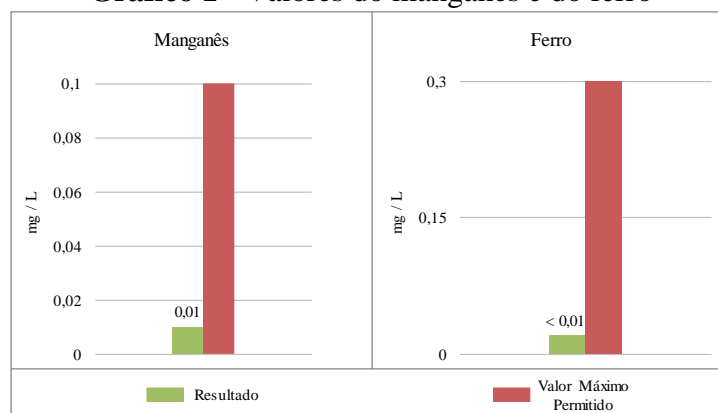
Quadro 3 - Parâmetros da qualidade da água para consumo humano

Parâmetro		Valor Máximo Permitido	Descrição
Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>	Ausência em 100 mL	Indicador de contaminação fecal.
Químico	pH	Entre 6,0 e 9,5	Avaliar quantidade em função da temperatura.
	Fluoreto	1,5 mg/L	Ausência: cáries. Excesso: manchas no esmalte dos dentes e fluorose esquelética.
	Nitrato	10 mg/L	Excesso: cianose em crianças pequenas – apática, sonolenta e pele azulada.
	Condutividade	Não recomendado na Portaria N° 2914 e na Consolidação N° 5	A água quimicamente pura tem uma condutividade elétrica baixa, atuando como isolante
Organoléptico	Dureza total	500 mg/L	Excesso: maior consumo de sabão e detergentes para limpeza, incrustações em caldeiras de vapor.
	Ferro	0,3 mg/L	Excesso: Manchas em louças e roupas.
	Manganês	0,1 mg/L	Excesso: Manchas em louças e roupas.

Fontes: Adaptado de BRASIL (2011); Carvalho e Oliveira (2003).

Com os resultados do ensaio laboratorial, traçou-se um paralelo entre a quantidade máxima permitida para cada parâmetro e o encontrado nas amostras recolhidas, dados apresentados nos gráficos a seguir. Evidenciados no Gráfico 1, o ferro e o manganês atuam juntamente, apesar da presença de manchas no extravasor do reservatório elevado metálico, os dois parâmetros estão no indicado na legislação.

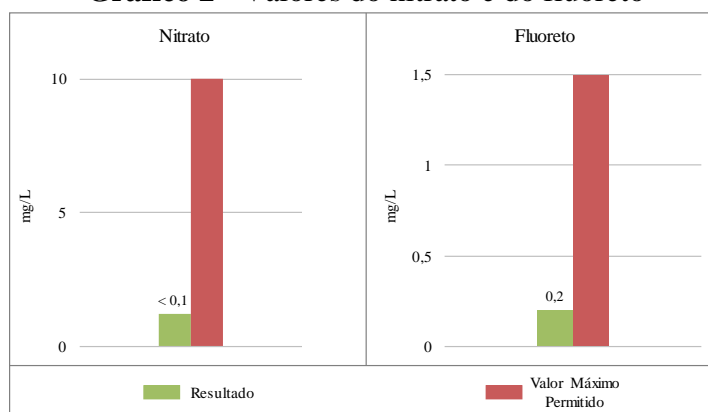
Gráfico 1 - Valores do manganês e do ferro



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Segundo Carvalho e Oliveira (2003) os nitratos são originados a partir de detritos de vegetais, resíduos de animais, fertilizantes e despejo de esgoto que se associam no solo. Assim como os fluoretos derivados das rochas ígneas ou de carreamento de complexos minerais estão nos limites aceitáveis expostos no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Valores do nitrato e do fluoreto



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

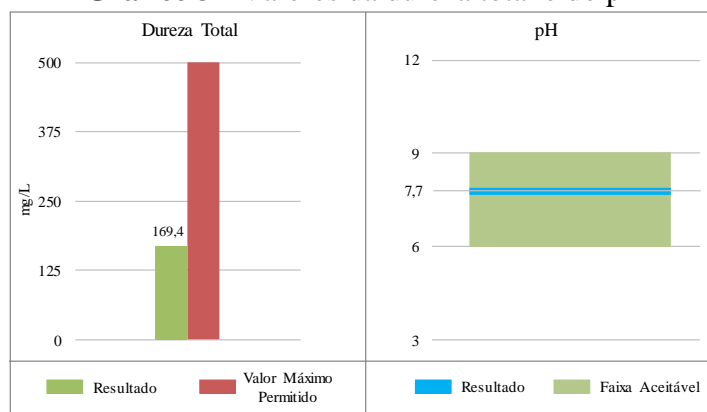
A dureza da água é proveniente do cálcio e do magnésio dissolvidos por rochas calcárias ou dolomitas. Carvalho e Oliveira (2003, p. 58-59) enfatizam, ainda, que:

Com uma dureza abaixo de 50 ppm, água é considerada mole. [...] Dureza acima de 150 ppm é decididamente perceptível. Com 100 ppm a 300 ppm, ou mais, é prática comum amolecer-se a água de uso doméstico. Onde os abastecimentos urbanos de água corrigem a dureza, esta é baixada a mais ou menos 85 ppm. Abaixo disso, o amolecimento de toda a água do abastecimento não é considerado econômico.

O parâmetro dureza, conforme Gráfico 3, está nos limites permitidos pela Portaria nº 2.914 do Brasil (2011) e, pela classificação dos autores, pode ser considerada uma água dura, perceptível ao paladar, constatação relatada na entrevista.

O pH apresentou valor de 7,72 considerado alcalino. A alcalinidade, segundo Carvalho e Oliveira (2003, p. 65), “não significa que o pH do meio deve ser superior a 7. A água subterrânea com pH abaixo de 7 pode conter alguns sais que neutralizam ácidos”, análise demonstrada no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Valores da dureza total e do pH



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Todos os parâmetros descritos acima ficaram no Valor Máximo Permitido (VMP), exceto a *escherichia coli* constatada como presente na amostra. Conforme mencionado anteriormente, é um indicador de contaminação fecal, possivelmente, ao longo dos anos, está ocorrendo o carreamento dos dejetos humanos das fossas secas que se encontram em operação, bem como das desativadas. Considerando que a fossa seca não transporta água, durante o processo construtivo, não se deve ter obedecido à distância mínima de 15m do poço de captação ou realizada a proteção contra enxurradas (CARVALHO; OLIVEIRA, 2003).

Essa implantação do tratamento da água para o controle da *escherichia coli* requer certa celeridade, visto que o acesso aos serviços de saúde pública no meio rural implica em deslocamentos para centros urbanos. E essa água está sendo consumida diretamente pelos moradores para manter as funções do organismo humano e indiretamente quando consomem hortaliças advindas do cultivo domiciliar. Outro impacto considerável é sobre o desenvolvimento de crianças e na criação dos animais.

Segundo Afonso (2015) a demanda por água de qualidade pode produzir conflitos, principalmente nesse cenário brasileiro de distribuição desigual, para solucionar impasses optam-se pelos poços tubulares, conforme verificado no estudo mesmo com esse tipo de captação a qualidade é crítica e necessita de tratamento. As comunidades *geraizeiras*, principalmente as que vivem no espaço rural, sofrem essa dominação, sendo, assim, personagens dos hidroterritórios, alvos da segregação social.

Outro fator proposto na análise foi a quantidade de água disponibilizada diariamente para a população em Para Terra 1. Pelo levantamento do sistema foi constatado que o

reservatório elevado existente possui capacidade para armazenar 15m³ de água. Na comunidade rural há 175 habitantes.

Para compor os dados adotou-se o valor de 1,2 para o coeficiente do dia de maior consumo e o consumo *per capita* indicado na bibliografia apresentada do Von Sperling (2005) considerando para povoado rural 140 litros por habitante/dia. Efetuando os cálculos pelas Equações 1 e 2 apresentadas na metodologia tem-se que:

Figura 5 - Volume de reservação

$$V_{CONS} = 175_{hab} \times 1,2 \times 140_{l/hab.dia} = 29,40_{m^3}$$
$$V_{RES} = \frac{29,40_{m^3}}{6} = 4,90_{m^3}$$

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

O volume de água consumido em um dia na comunidade é de 29,40m³. Com o resultado da Figura 5 pode-se determinar que o reservatório existente possui, aproximadamente, três vezes a capacidade de água requerida para o abastecimento atual. Podendo atender a eventuais variações na quota *per capita* de consumo, decorrente de eventos sazonais como períodos de estiagem e épocas de plantio.

Alternativas para melhorias no abastecimento de água de Para Terra 1

Para a concepção de soluções alternativas, é necessária a participação dos moradores da comunidade para se conhecer suas aflições diárias. Em resposta à entrevista, foi relatado que em Para Terra 1, no período de seca, a vazão do poço diminui e, como medida preventiva, há reduções na irrigação das hortaliças. Outro desconforto é em relação à operação da bomba que pode parar a qualquer momento devido aos anos de vida útil. A solução paliativa considerada pelos moradores seria receber o abastecimento por “caminhão-pipa” até ser realizada a manutenção no conjunto motobomba ou a aquisição de um novo.

Em virtude dos fatos apresentados, a primeira solução considerada para a comunidade será adquirir um conjunto motobomba reserva, adequar a área destinada ao poço com urbanização, cercamento e proteção sanitária, realizando corretamente a automação do sistema. Além da urbanização e do cercamento, o reservatório elevado precisa receber iluminação para o período noturno e manutenções para combater a oxidação, ressaltando que o volume de reservação atual atendeu ao dimensionamento.

Como a análise laboratorial indicou a presença da *escherichia coli*, há duas possibilidades: descartar completamente o poço profundo ou tratar a água captada. Para instalar um novo poço, será preciso um estudo hidrogeológico da região para buscar áreas fora do perímetro de contaminação, expandir a energia elétrica até o local e adquirir tubulações e conexões para a adução que, provavelmente, aumentará para ser interligada ao reservatório existente. Na segunda alternativa, indica-se o uso do clorador por pastilhas no barrilete do poço profundo existente.

Segundo a Portaria nº 2.914 do Brasil (2011) quando o manancial subterrâneo apresentar contaminação por *escherichia coli*, deve ser observada a concentração residual do desinfetante, sendo necessária a manutenção mínima de 0,2 mg/L de cloro residual livre em pontas de rede. Atendendo essa preconização e optando pelo clorador por pastilhas, devido ao contexto social da comunidade e as vantagens econômicas e de operação discorridas nesse estudo, a seguir será efetuado o cálculo para definir a quantidade de pastilhas necessárias considerando o volume do reservatório existente e os valores referenciados anteriormente.

Tem-se pela Equação 3, o volume da reservação de 15.000 litros, a dosagem de cloro em 1,0 mg/L conforme a FUNASA (2014) e a concentração de cloro do hipoclorito de cálcio segundo Richter (2009) em 65%.

Figura 6 - Dosagem de cloro para desinfecção

$$Q = \frac{15.000_l \times 1,0_{mg/l}}{65 \times 10} = 23,07_g$$

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Dessa maneira, para o tempo de contato mínimo de 18 minutos no reservatório considerando o pH atestado por meio de ensaio, serão necessários 23,07 gramas de pastilhas, conforme Figura 6, na reservação máxima de 15m³.

O tempo de contato mínimo entre o produto químico e a água, foi obtido a partir da Portaria nº 2.914 que preconiza para a temperatura da água em 25°C, pH de 7,5 e residual de cloro livre ≤ 0,4 mg/L, no mínimo 18 minutos (BRASIL, 2011, anexo IV). Logo, após a adução, a água deve ser reservada por esse período sem ser realizada a distribuição para os consumidores finais, garantindo a desinfecção.

Considerando as adequações necessárias para o sistema de abastecimento atual, no Quadro 4 será apresentada uma estimativa simplificada de custo baseada nos estabelecimentos de materiais de construção civil do Norte de Minas Gerais.

Quadro 4 - Base orçamentária das adequações previstas

Item	Descrição	Unid.	Quant.	Valor (R\$)	
				Unitário	Total
Adequações do SAA					5.335,84
1	Poço Profundo				3.377,35
1.1	Tratamento				75,42
1.1.1	Cap em PVC roscável de 3", água fria predial	un	2,00	20,38	40,76
1.1.2	Niple em PVC roscável de 3/4", água fria predial	un	1,00	0,95	0,95
1.1.3	Registro de pressão em PVC roscável com volante simples de 3/4"	un	2,00	10,48	20,96
1.1.4	Tê em PVC roscável, 90 graus, 3/4", água fria predial	un	1,00	2,60	2,60
1.1.5	Tubo em PVC soldável, DN 75mm, água fria (NBR-5648)	un	0,30	25,82	7,75
1.1.6	Torneira em PVC de 3/4"	un	1,00	2,40	2,40
1.2	Montagem de tubos e conexões				1.140,89
1.2.1	Montagem do barrilete, inclusive fornecimento de registro de gaveta, válvula de retenção, ventosa simples, ventosa triplice função e demais conexões.	un	1,00	1.140,89	1.140,89
1.3	Urbanização				2.161,04
1.3.1	Implantação de cerca de arame farpado com mourões de concreto, portão para pedestres e iluminação.	un	1,00	1.815,82	1.815,82
1.3.2	Concreto magro (consumo mínimo de cimento 150 kg/m3).	m ³	1,50	205,52	308,28
1.3.3	Forma plana em tábuas de pinho, para fundações.	m ²	1,00	27,32	27,32
1.3.4	Desforma de estruturas, altura ou profundidade até 1,50 m.	m ²	1,00	9,62	9,62
2	Reservatório Elevado				1.958,49
2.1	Urbanização				1.958,49
2.1.1	Implantação de cerca de arame farpado com mourões de concreto, portão para pedestres e iluminação.	un	1,00	1.613,27	1.613,27
2.1.2	Concreto magro (consumo mínimo de cimento 150 kg/m3).	m ³	1,50	205,52	308,28
2.1.3	Forma plana em tábuas de pinho, para fundações.	m ²	1,00	27,32	27,32
2.1.4	Desforma de estruturas, altura ou profundidade até 1,50 m.	m ²	1,00	9,62	9,62

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

O valor total estimado para implementação da segunda alternativa escolhida para a comunidade foi de R\$ 5.335,84. O valor do clorador cuja função é realizar a desinfecção da água foi de R\$ 75,42, apenas 1,41% do custo total. A estimativa de custo bem como os demais resultados do estudo serão apresentados para a comunidade, possibilitando expor ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de Bocaiuva e na falta de recursos buscar patrocinadores como a empresa Mannesmann.

Conforme indicado no histórico da comunidade, a Prefeitura Municipal também auxiliou na implantação das instalações básicas de água devido à administração do SAAE. O

município como ente federativo tem responsabilidade sobre as demandas locais, inclusive para administrar os serviços de água e esgoto substituindo às concessionárias estatais (GADELHA, 2006).

Na maioria dos casos, o principal motivo das municipalizações é a intenção de exercer poder, controlando uma atividade essencial à vida. Pelas experiências abordadas por Lunguinho e Vianna (2007) a qualidade da água é um ponto crítico nos serviços autônomos, mesma realidade verificada em Para Terra 1. Gadelha (2006) complementa que no Brasil quando não há falta de acesso ao recurso hídrico, à água é distribuída sem tratamento ou com um baixo controle de qualidade, principalmente no meio rural.

Considerações Finais

Por meio dos trabalhos de campo realizados na comunidade Para Terra 1 e da análise com base em normas, portarias e bibliografias, pode-se concluir que o abastecimento de água local atende à demanda da população, fazendo assim dispensáveis melhorias quanto ao volume de reservação e a busca de novos mananciais.

Mediante ensaio físico-químico da água, realizado para averiguar os parâmetros preconizados por Brasil (2011) na Portaria nº 2.914 tais como: dureza total, ferro, fluoreto, manganês, nitrato e pH, constatou-se que tais parâmetros se encontram na faixa aconselhada. Foi realizado também o ensaio bacteriológico da *escherichia coli*, patógeno que indica contaminação fecal na água. O resultado de tal ensaio constatou a existência dessa bactéria, tornando, portanto, essa água não potável para consumo humano, fazendo-se necessário o tratamento da água com cloro, bem como o acompanhamento. A cloração visa à eliminação da *escherichia coli* e assegurar que a água fornecida contenha um teor mínimo de cloro residual livre.

As melhorias vistas como necessárias para o abastecimento de água da comunidade foram: a implantação de um clorador por pastilhas na saída do poço, a fim de realizar a desinfecção da água antes de ser distribuída para os consumidores, a substituição do barrilete do poço, as urbanizações das áreas do poço e do reservatório com implantação de cerca de arame com mourões de concreto e portão metálico para pedestres, a execução de proteção sanitária do poço com laje de proteção em argamassa de cimento e areia.

Como sugestão para trabalhos futuros, cita-se a importância de se realizar um estudo minucioso na área da saúde, visando o monitoramento de possíveis sintomas nos membros da

comunidade rural por conta da ingestão de água com a presença de patógenos. Verificação imprescindível, considerando que o acesso aos serviços públicos de saúde nas comunidades rurais é precário. E o recurso hídrico é essencial no cultivo de hortaliças, na criação de animais e, principalmente, no desenvolvimento dos seres humanos. Ademais, se faz necessária a análise do sistema de esgotamento sanitário da comunidade, a fim de realizar a coleta e o tratamento do efluente gerado, evitando, assim, maior contaminação fecal nas camadas hidrogeológicas do solo, fomenta, por exemplo, a substituição das fossas secas por sépticas.

Referências

AFONSO, Priscilla Caires Santana. Os conflitos do/no hidrotérrio Norte-Mineiro. **Sociedade e Território**, Natal, v. 27, n. 2, p. 229-250, set. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/7972>. Acesso em: 13 out. 2019.

ALVES, Eliane Cristina *et al.* Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó - Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 39-48, 2008. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/3032/Resumenes/Abstract_303226520006_2.pdf. Acesso em: 11 out. 2019.

AZEVEDO NETTO, José Martiniano; ALVAREZ, Acosta Guillermo. **Manual de Hidráulica**. 7. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1985. 724p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **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. Brasília, 2011. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em: 18 maio 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017**. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Brasília, 2017. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>. Acesso em: 31 maio 2019.

CARMO, João César Cardoso do; COSTA, Pedro Carlos Garcia. Captação de água subterrânea. *In*: HELLER, Léo (org.); PÁDUA, Valter Lúcio de (org.). **Abastecimento de água para consumo humano**. 1. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010. Cap. 9, p. 375-416.

CARVALHO, Anésio Rodrigues de. OLIVEIRA, Mariá Vendramini Castrignano de. **Princípios básicos do saneamento do meio**. 1. ed. São Paulo: SENAC, 2003. 400p.

CASALI, Carlos Alberto. **Qualidade da água para consumo humano ofertada em escolas e comunidades rurais da região central do Rio Grande do Sul**. Santa Maria. 2008. 173p.

Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Processos Químicos e Ciclagem de Elementos (UFSM, RS). 2008. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/ppgcs/imagens/Dissertacoes/CARLOS-ALBERTO-CASALI.pdf>. Acesso em: 10 set. 2019.

COELHO, Márcia Maria Lara Pinto; BAPTISTA, Márcio Benedito. Adução. *In*: HELLER, Léo (org.); PÁDUA, Valter Lúcio de (org.). **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010. Cap. 10, p. 441-481.

COELHO, Márcia Maria Lara Pinto; LIBÂNIO, Marcelo. Reservação. *In*: HELLER, Léo (org.); PÁDUA, Valter Lúcio de (org.). **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010. Cap. 13, p. 585-614.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Ficha técnica completa de poço**. Brasília, 2003. Disponível em: http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pdf/exportar_pdf.php?ponto=3100008848. Acesso em: 31 ago. 2019.

COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO BÁSICO E DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE. **Técnica de abastecimento e tratamento de água**. 2 ed. rev. São Paulo: BNH/ABES/CETESB, 1976. Não paginado.

CUNHA, Helenilza Ferreira Albuquerque *et al.* Qualidade físico-química e microbiológica de água mineral e padrões da legislação. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 155-165, 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/928/92824947001.pdf>. Acesso em: 11 out. 2019.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades**. Brasília, 2014. 36 p. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualdecloracaodeaguaempequenascomunidades.pdf. Acesso em: 13 out. 2019.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de Saneamento**. 3. ed. rev. Brasília: FUNASA, 2007. 407 p. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/ccz/files/2016/03/FUNASA-MANUAL-SANEAMENTO.pdf>. Acesso em: 29 maio 2019.

FUNDAÇÃO SERVIÇOS DE SAÚDE PÚBLICA. **Manual de Saneamento**. 2. ed. Rio de Janeiro: FSESP, 1981. 255p.

GADELHA, Leonardo de Melo. **A ineficácia constitucional: o caso da municipalização dos serviços de água em Souza (PB)**. Brasília. 2006. 127 p. Dissertação (Mestrado em Gestão Social e Trabalho) – Universidade de Brasília – Programa de Pós-Graduação em Administração (PPGA). Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/2192/1/Dissertacao%20Leonardo%20Gadelha.pdf>. Acesso em: 13 out. 2019.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184p.

GOOGLE EARTH. **Website**. Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: 13 out. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapas municipais**. 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-municipais.html>. Acesso em: 13 out. 2019.

LUNGUINHO, Lairton Lopes; VIANNA, Pedro Costa Guedes. Domínio territorial do abastecimento de água na Paraíba: municipalização × estadualização. *In: SEMAGEO – SEMANA DE GEOGRAFIA DA UFPB*, 4., 2007, João Pessoa. **Anais [...]** João Pessoa: UFPB, 2007, p. 585-607. Disponível em: http://www.geociencias.ufpb.br/leppan/gepat/publicacoes_2.html. Acesso em: 13 out. 2019.

MOREIRA, Daniel Augusto. **O método fenomenológico na pesquisa**. 1. ed. São Paulo: Pioneira Thomson, 2002. 152p.

OTENIO, Marcelo Henrique *et al.* **Como montar e usar o clorador de pastilhas em residências rurais**. 1 ed. Brasília: Embrapa, 2014. 36 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/116736/1/Cnpgl-2014-Cartilha-Clorador-completa.pdf>. Acesso em: 28 set. 2019.

PÁDUA, Valter Lúcio de. Soluções alternativas desprovidas de rede. *In: HELLER, Léo (org.); PÁDUA, Valter Lúcio de (org.). Abastecimento de água para consumo humano*. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010. Cap. 9, p. 299-324.

PRINCE, Aloísio de Araújo. Rede de distribuição. *In: HELLER, Léo (org.); PÁDUA, Valter Lúcio de (org.). Abastecimento de água para consumo humano*. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010. Cap. 14, p. 615-691.

PRODANOV, Cléber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. 276 p. Disponível em: <http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2019.

RICHTER, A. Carlos. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. 1. ed. rev. São Paulo: Blucher, 2009. 340p.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento dos esgotos**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG. 3. ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2005. 452p.

*Recebido em 17 de janeiro de 2022.
Aceito em 27 de fevereiro de 2022.
Publicado em 15 de março de 2022.*