

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

JOÃO GABRIEL CICONI

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO APÓS A
RESERVAÇÃO EM UNIDADES ESCOLARES.**

LONDRINA

2022

JOÃO GABRIEL CICONI

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO
PÚBLICO APÓS A RESERVAÇÃO EM UNIDADES ESCOLARES**

**ANALYSIS OF THE QUALITY FROM THE PUBLIC WATER
SUPPLY AFTER RESERVATION IN SCHOOL UNITS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel do curso superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Orlando de Carvalho Junior

LONDRINA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

JOÃO GABRIEL CICCONI

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO
PÚBLICO APÓS A RESERVAÇÃO EM UNIDADES ESCOLARES**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Ambiental da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 21/junho/2022

ORLANDO DE CARVALHO JUNIOR
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

EDILAINE REGINA PEREIRA
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

RICARDO NAGAMINE COSTANZI
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LONDRINA

2022

AGRADECIMENTOS

Fique claro que estes primeiros parágrafos não atenderão a todos que fizeram eu chegar até este momento. Porém, caso você tenha feito parte da minha vida nessa jornada, saiba que você foi importante para mim.

Primeiro, gostaria de agradecer toda minha família por, sempre, estarem ao meu lado, pelo amor, suporte e por acreditar em mim.

Agradeço ao meu orientador Prof. Orlando de Carvalho Junior, por todo tempo gasto e ajuda nos momentos necessários.

À todos meus amigos, irmãos que moraram comigo durante esse período, passando por bons e maus momentos.

À minha namorada por todo suporte e carinho durante esses anos.

À todos meus colegas de estágio por me ensinarem um pouco a cada dia.

À todos os professores da universidade por compartilharem seus conhecimentos e ensinamentos diariamente.

À todos os amigos que fiz durante esses anos de faculdade.

Enfim, caso você se enquadre em qualquer uma das descrições feitas acima, te agradeço imensamente.

RESUMO

O presente trabalho teve como tema central a análise da qualidade da água de abastecimento, após reservação, em 9 unidades de ensino públicas, considerando que a água é essencial para vida e que pode ser responsável por transmitir doenças como cólera, disenteria bacilar e febre entérica. Com base nisso, com auxílio da Portaria do Ministério da Saúde nº 888, de 04 de maio de 2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, realizou-se coletas de amostras após sistema de reservação em unidades de ensino sendo testados os parâmetros: bactérias do grupo coliformes totais, cor aparente, potencial hidrogeniônico e turbidez a fim de se verificar o atendimento ou não aos limites permitidos pela legislação para garantir potabilidade. Os resultados encontrados mostraram segurança quanto à potabilidade nas 9 amostras analisadas. Pode-se concluir que a empresa responsável pelo tratamento e abastecimento da água servida nas unidades de ensino, está atendendo a legislação para os parâmetros investigados.

Palavras-chave: Água de abastecimento; Padrões de Potabilidade; Qualidade da água; Unidade de ensino.

ABSTRACT

The central aim of this work was the analysis of water supply quality, after its reservation, in 9 public schools, since water is essential for life and can be responsible for disease transmission such as cholera, shigelose and enteric fever. Based on this and with the help of ordinance nº 888, of May 04, 2021, that stipulates the procedures of control and surveillance of water quality for human consumption and its potability standards, a sampling was carried out in the schools and the following parameters have been tested: total coliform group bacteria, apparent color, pH and turbidity intending to analyze if the parameters required by legislation have been achieved. The results found have shown security in the 9 samplings analyzed. It can be concluded that the responsible company for the treatment and water supply, in the investigated units, is complying with the legislation for the investigated parameters.

Key-words: Supply water; potability standards; Water Quality; Teaching unit.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Disponibilidade das diferentes fontes de água no planeta.	14
Figura 2 - Etapas no processo de tratamento de água.	23
Figura 3 - Metodologia para limpar a caixa da água.	28
Figura 4 - Mapa de Londrina.	29
Figura 5 - Área de influência dos reservatórios.	30
Figura 6 - Mapa da localização das unidades de ensino.	32
Fotografia 1 - Comparação do controle com amostras após incubação.	42
Quadro 1 - Microrganismos causadores de doenças veiculadas ao consumo de água.	17
Quadro 2 - Padrão bacteriológico da água para consumo humano.	19
Quadro 3 - Quadro estipulando padrão de turbidez.	22
Quadro 4 - Endereço das unidades de ensino.	31
Quadro 5 - Extensão da rede e volume médio mensal de água consumida.	33
Quadro 6 - Número de ligações e economias ativas de água.	34
Quadro 7 - Parâmetros de controle da potabilidade.	35
Quadro 8 - Descrição das técnicas analíticas que serão empregadas nas análises físico-químicas.	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de água sanitária para limpeza de reservatório	27
Tabela 2 - Resultados obtidos para os parâmetros de cor aparente, pH e turbidez.	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3 REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1 IMPORTÂNCIA E DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA	13
3.2. DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA	16
3.3 PARÂMETROS DE CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO DE ACORDO COM A PORTARIA DO MINISTÉRIO DA SAÚDE Nº 888	18
<i>3.3.1. Bactérias do grupo coliforme</i>	18
<i>3.3.2 Cloro residual livre</i>	20
<i>3.3.3 Cor aparente</i>	20
<i>3.3.4 Potencial Hidrogeniônico (pH)</i>	21
<i>3.3.5. Turbidez</i>	21
3.4 TRATAMENTO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO	23
3.5 ARMAZENAMENTO RESIDENCIAL DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO.	25
4 MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1 LOCAL DA PESQUISA.	29
<i>4.1.1 Caracterização da distribuição de água de abastecimento no local da pesquisa</i>	32
4.2 COLETA E AMOSTRAGEM	34
<i>4.2.1 Autorizações aos locais de coleta</i>	34
<i>4.2.2 Parâmetros De Controle De Potabilidade Da Água Reservada</i>	34
<i>4.2.3 Amostragem e determinação analítica dos parâmetros de controle de potabilidade nos pontos</i>	35
4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1 PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS	39
<i>5.1.1 Cor aparente</i>	41
<i>5.1.2 Potencial hidrogeniônico</i>	41
<i>5.1.3 Turbidez</i>	41
<i>5.1.4 Coliformes totais</i>	42
6 CONCLUSÃO	44

1 INTRODUÇÃO

Cerca de 97,5% dos 1386 milhões de km³ do volume total de água no planeta é formado por oceanos, dessa forma o planeta Terra é muito pobre de água doce (Feitosa et al, 2008). Mesmo existindo um ciclo constante da água na natureza, ela está cada vez mais escassa, e já vem sendo considerada como um recurso não-renovável pelos cientistas (AMARAL, 2011).

Considerando o seu uso, a água é um recurso natural essencial para vida. Sua utilização vem desde a necessidade humana até a manutenção da vida, além de ser utilizadas por diversas atividades como: abastecimento público, abastecimento industrial, recreação e manutenção da fauna e flora (BASSOL, 2005 apud MOURA, 2012).

Além disso, a água é de suma importância para o homem, sem a qual ele não sobrevive. O ser humano deve ingerir, obrigatoriamente, água e, por isso, a mesma pode ser uma fonte de transmissão de doenças, caso não tratada (AMARAL, 2011).

Por ano morrem cerca de 10 milhões de pessoas no mundo por ingerir água contaminada. A contaminação da água, para consumo humano, ocorre através da contaminação de seus mananciais ou sistemas de armazenamento (e.g, cisternas, reservatórios). Esta contaminação acontece de duas formas: contaminação pontual e contaminação não pontual (BRASIL, 2014)

A contaminação pontual se dá através de fontes, como por exemplo: disposição inadequada (solo ou água) de esgoto sanitário e efluentes, indústrias. A não pontual ou dispersa ocorre de forma que o local da fonte poluidora não pode ser identificado com precisão. Produtos químicos utilizados em mineração e agricultura ou filtragens de fossas sépticas e esgotos são os principais envolvidos. (BRASIL, 2014).

Outro problema relacionado a má qualidade da água são as doenças de veiculação hídrica, causadas por bactérias, vírus, protozoários, helmintos e outros micro-organismos patogênicos, sendo isso um grande problema de saúde pública. Essas doenças são transmitidas a partir de excretas de origem animal e humana, introduzidas na água, tornando-a imprópria para consumo humano (BRASIL, 2014).

Visto que, é de extrema importância o fornecimento de água de qualidade para a população, a Resolução nº 003, da Agência Reguladora do Paraná – AGEPAR, de 14 de fevereiro de 2020 (PARANÁ, 2020) decreta que é de responsabilidade do prestador de serviços o controle e a vigilância da qualidade de água para consumo humano. Dado isso, fica sob responsabilidade da companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, o monitoramento dos parâmetros estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde nº 888, do Ministério da Saúde, para potabilidade de água no município de Londrina, Paraná.

A caracterização da água de abastecimento é determinada por diversos parâmetros, sendo eles indicadores da qualidade da água (BRASIL, 2014). Na Portaria do Ministério da Saúde nº 888, de 4 de maio de 2021 são determinados parâmetros que devem ser analisados para o fornecimento de água potável, minimizando os danos à saúde pública (BRASIL, 2021).

De 2005 a 2015 houve um salto de 81,7% para 83,3%, respectivamente, na população brasileira com acesso a serviços de distribuição de água tratada, significando que 26,4 milhões de brasileiros passaram a receber água potável, reduzindo a probabilidade de serem contaminados e vir a ter alguma doença relacionada a água ingerida. (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017)

Baseado nisso, este trabalho teve como objetivo principal a análise da qualidade da água de abastecimento, em unidades escolares, após reservação, para checar segurança biológica para consumo humano, considerando a legislação vigente.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Análisar a qualidade da água de abastecimento, após a reservação, em unidades educacionais.

2.2 Objetivos específicos

- a) Investigar existência de fragilidades na segurança do sistema de reservação em escolas na região de Londrina, Paraná..
- b) Em caso de contaminação, após a reservação, propor medidas mitigadoras para atender os padrões exigidos pela legislação

3 REFERENCIAL TEÓRICO

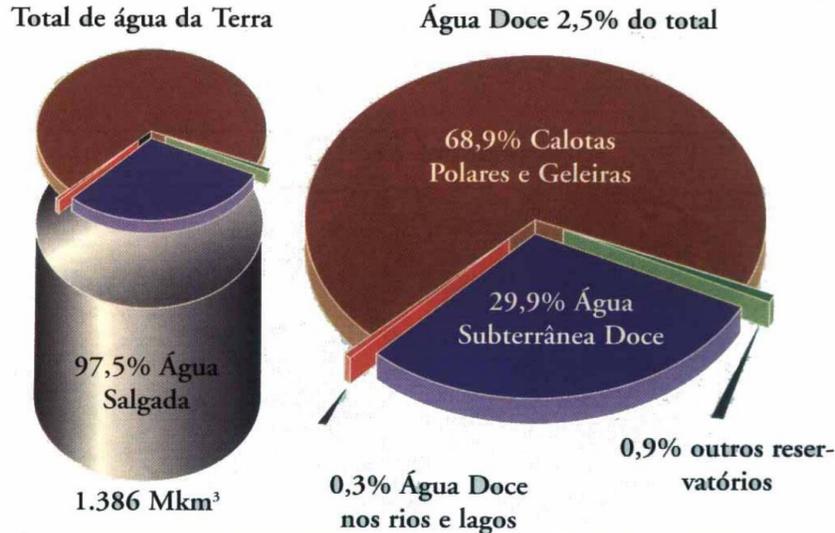
3.1 Importância e distribuição da água

De acordo com Estevez (1998) a água constitui um dos compostos de maior distribuição e importância na crosta terrestre, por conta de sua importância para a vida. Nenhum processo, direto ou indireto, realizado pelo metabolismo dos seres vivos ocorre sem sua ação.

Apesar dessa situação, a água é um recurso natural da Terra que pode ser não renovável, mesmo que ela passe por um constante ciclo na natureza. A água é uma matéria-prima de grande importância e insubstituível na maioria de seus casos. Acrescenta-se também, que quanto maior a população mundial, menor é a quantidade de água potável, ultrapassar os limites de qualidade e quantidade gera um desequilíbrio, escassez ou degradação da qualidade de água disponível. Por isso, a água está cada vez mais escassa e já é considerada por alguns cientistas como um recurso não renovável (AMARAL, 2011).

O volume de água na Terra é constituído em 97,5% de água salgada (oceanos e mares) e 2,5% de água doce (teor de sólidos totais dissolvidos inferior a 1000 mg/L) do total de 1386 km³. (REBOUÇAS, 2001). A disponibilidade de água no planeta é demonstrada na Figura 1.

Figura 1 - Disponibilidade das diferentes fontes de água no planeta.



Fonte: Rebouças (2001).

A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) dizem que apesar de existir um grande volume de água, apenas parte desse volume é acessível aos meios técnicos e financeiros disponíveis, podendo ser encontrado no subsolo (10 milhões de km³) (REBOUÇAS, 2001).

Segundo Tolman (1937) a captação de água já ocorre desde a antiguidade, túneis e poços para captação de água já eram utilizados na Pérsia e no Egito por volta de 800 a.C. (apud FEITOSA et al, 2008). Dados da Unesco estimam que por ano 13 mil km³ de água doce participante do ciclo hidrológico, extraídas por aproximadamente 300 milhões de poços, são responsáveis por irrigar cerca de 100 milhões de hectares e abastecer mais da metade da população mundial (apud REBOUÇAS, 2001).

De acordo com Rebouças (2001), a água subterrânea pode ser captada in loco, sendo assim, torna-se mais barato seu uso para abastecimento humano do que a captação e tratamento de águas em rios. Além disso, pelo fato de a água subterrânea estar localizada sob uma camada de material filtrante não-saturado ou menos permeável, o manancial se encontra mais protegido dos agentes de poluição

que afetam a qualidade da água dos rios, resultando em uma água naturalmente potável.

Segunda Bartram et al. (1996), a água, embora seja necessária para vida, pode ser responsável por transmitir diversas doenças. Contraditoriamente a isso, a disponibilidade de água torna possível medir dados de higiene pessoal que é um aspecto essencial para prevenir transmissão de doenças entéricas. Doenças infecciosas relacionadas a água podem ser categorizadas como doenças oriundas na água, relacionadas a higiene, relacionada ao contato e habitat de alguns vetores. As doenças nascidas na água são aquelas em que a água ingerida está contaminada por um agente patogênico, ou organismo causador. A maioria dos agentes patogênicos envolvidos são entéricos, e as doenças relacionadas ao consumo de água contaminada por material fecal são chamadas de doenças fecal-oral, podendo-se citar: cólera e hepatite e diversos tipos de diarreia.

Os mesmos autores dizem que as doenças relacionadas à higiene são aquelas em que os maus hábitos higiênicos de uma pessoa, comunidade ou população contribuem para obtenção da doença. A incidência e severidade das doenças relacionadas a higiene com relação a água podem ser reduzidas se houver grandes níveis de higiene pessoal, doméstica e comunitária.

Ainda existem as doenças relacionadas ao contato e as doenças relacionadas ao ambiente aquático ser habitat de vetores. As doenças relacionadas ao contato são aquelas em que a pele ao entrar em contato com água infestada de agentes patogênicos há transmissão da doença, o exemplo mais importante é a esquistossomose. Por fim, as doenças relacionadas ao habitat de vetores são aquelas em que o vetor passa parte ou toda sua vida dentro ou perto da água. Os exemplos mais conhecidos são: malária, filariose e oncocercose e um método de controle dessas doenças é o adequado tratamento da água para abastecimento público. (BARTRAM et al, 1996).

A partir das doenças que podem ser contraídas pela utilização ou ingestão de águas contaminadas, o governo vem se posicionando em relação a essa causa. A Portaria do Ministério da Saúde nº 888 define água para consumo humano como água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independente da origem. Além disso, a mesma Portaria fixa um padrão de potabilidade de água que não ofereça riscos à saúde, decretando que padrão de potabilidade é um conjunto de valores permitidos para os parâmetros de qualidade da água para consumo humano. Sendo assim, existem diversos aspectos que devem ser monitorados para manter a qualidade da água de acordo com a legislação e para manter a saúde pública (BRASIL, 2021).

3.2 Doenças de veiculação hídrica

A ausência de tratamento em águas e esgotos é um aspecto que permite a transmissão de doenças que provocam mortes diariamente ao redor do mundo todo. Essas mortes são resultado de diarreias, que causam desidratação e complicações, ocasionadas por microrganismos. Diversas substâncias que podem ser prejudiciais à saúde humana estão presentes na água ingerida. Essas substâncias e microrganismos devem ser retirados por meio de tratamento prévio na água. A utilização de água contaminada por agentes patogênicos causa danos à saúde humana. O tratamento adequado de água e esgoto em conjunto com higiene adequada faz com que diversas doenças possam ser evitadas (AMARAL, 2011).

De acordo com PRÜSS-USTIN et al. (2008), é estimado que 10% da carga global de doenças seja acarretada por conta da má qualidade de água, higiene e deficiências no sistema de saneamento (apud Duarte et al., 2015).

Uma característica da água potável é que ela não apresenta riscos à saúde humana, sendo assim, preocupar-se com a aparência da água é de suma importância. O consumidor, ao ver que a água fornecida apresenta algum aspecto indesejável,

pode vir a recorrer a outras fontes de água com o aspecto melhor, porém o aspecto da água não necessariamente indica a qualidade da mesma. Uma água com melhor aspecto pode ser mais prejudicial à saúde do que uma água com aparência ruim, porque podem haver substâncias dissolvidas no corpo hídrico que podem ser patogênicas ao consumidor. (AMARAL, 2011).

De acordo com o descrito anteriormente, a ingestão de microrganismos patogênicos está diretamente associada a doenças. Dado isso, algumas das doenças mais frequentemente associadas a microrganismos estão descritas no Quadro 1.

Quadro 1 - Microrganismos causadores de doenças veiculadas ao consumo de água.

Doenças	Microorganismo Causador
Cólera	Vibrio Cholerae
Desintéria bacilar	Shiggella sp.
Febre Tifóide	Salmonella typhi
Febre Entérica	Salmonella paratyphi A
Gastroenterite	Escherichia coli e outros tipos de Salmonella, Proteus, derby etc.
Diarréia infantil	Tipos de enteropatogênicos de Escherichia coli.
Leptospirose	Leptospira sp.

Fonte: adaptado de Pelczar et. al., 1977; OMS, 1979; FUNASA, 2004; Feitosa et. al. (2008).

3.3 Parâmetros de controle da qualidade da água de abastecimento de acordo com a Portaria do Ministério da Saúde nº 888

3.3.1. Bactérias do grupo coliforme

São denominadas bactérias do grupo coliforme bacilos gram-negativos, em forma de bastonetes podendo ser aeróbicos ou anaeróbicos facultativos, são oxidase-negativos, não formam esporos e fermentam a lactose a 35-37°C, produzindo ácido, gás e aldeído no período de 1 a 2 dias. A escolha dessas bactérias para indicadores de contaminação na água se dá por estarem presentes nas fezes de animais de sangue quente, sua presença na água possui relação com o grau de contaminação fecal, são facilmente detectáveis e quantificáveis na água e são mais resistentes a ação de agentes desinfetantes do que germes patogênicos. Dado isso, a Contagem Padrão de Bactérias é uma etapa importante no processo de tratamento de água, porque permite avaliar várias etapas do tratamento. Além disso, também é importante quantificar e determinar a densidade de bactérias, tendo em vista um aumento considerável na população de bactérias que pode comprometer a detecção de organismos coliformes. Embora a maioria das bactérias não seja patogênica pode representar um risco a saúde, como também, deteriorar a qualidade da água, provocando odores e sabores desagradáveis. (BRASIL, 2009).

Quando forem encontradas amostras que resultem positivo para o grupo coliformes totais, há a necessidade de medidas corretivas pelo responsável e novas amostras devem ser coletadas em dias imediatamente sucessivos até que resultados satisfatórios sejam obtidos (BRASIL, 2014).

Para o grupo coliformes totais o valor máximo permitido é ausência em 100 ml. (BRASIL, 2021). Os valores máximos permitidos para o grupo coliformes totais pós-tratamento estão representados no Quadro 2.

Quadro 2 - Padrão bacteriológico da água para consumo humano

Formas de abastecimento		Parâmetro		VMP(1)
SAI		<i>Escherichia coli</i> (2)		Ausência em 100 mL
SAA e SAC	Na saída do tratamento	Coliformes totais(3)		Ausência em 100 mL
	Sistema de distribuição e pontos de consumo	<i>Escherichia coli</i> (2)		Ausência em 100 mL
		Coliformes totais(4)	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água, poderá apresentar resultado positivo
			Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes	Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água.

Fonte: Brasil (2021).

3.3.2 Cloro residual livre

O cloro é um produto químico que se utiliza no processo de desinfecção da água. Sua medição tem importância pelo controle de sua dosagem aplicada e verificar sua evolução no tratamento (BRASIL, 2009). A Portaria nº 888 do Ministério da Saúde estabelece em seu Art. 32 que é obrigatório a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2mg/L de dióxido de cloro em todo sistema de distribuição e nos pontos de consumo. No mesmo documento ainda é indicado que o Valor Máximo Permitido (VMP) para cloro residual livre é de 5 mg/L. Por fim, há a necessidade do monitoramento do tempo de contato em minutos do cloro residual associando esses valores à temperatura e ao pH.

3.3.3 Cor aparente

Água pura apresenta ausência de coloração, substâncias dissolvidas ou em suspensão alteram a coloração da mesma, dependendo da quantidade e natureza do material presente (RICHTTER; NETTO, 2002 apud SCURACCHIO, 2010). Dessa forma, a cor da água se dá por conta da matéria orgânica (por exemplo: substâncias húmicas, taninos e metais como o ferro e o manganês) presente no corpo d'água (BRASIL, 2009).

Geralmente, quando a cor na água é dada a partir de origem natural, isto é, decomposição de matéria orgânica (ácidos húmicos e fúlgivicos), ferro e manganês a água não apresenta riscos a saúde mas o consumidor pode vir a procurar uma água de melhor qualidade. Porém quando a coloração é dada a partir de origem antropogênica, advindas de resíduos industriais e esgostos domésticos, a água pode ou não apresentar riscos a saúde (SPERLING, 1996).

Assim, a coloração é um fator indesejável em sistemas de abastecimento público de água. A medida de cor na água é importante porque águas com cores elevadas são rejeitadas pelo consumidor, levando-o a procurar outro suprimento de água podendo, este, ser inseguro (BRASIL, 2009). O valor máximo permitido para cor

aparente é de 15 uH (unidade de Hazen) de acordo com a Portaria nº 888 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021).

3.3.4 Potencial Hidrogeniônico (pH)

A FUNASA (BRASIL, 2009) define o termo pH como a concentração de íons hidrogênio em uma solução. Para o processo de tratamento de água, esse fator é de suma importância, em laboratórios, ele é ajustado para melhorar processos de coagulação, floculação e controle de desinfecção. O valor de medida do pH varia de 0 a 14. Valores abaixo de 7 determinam que a água é ácida, valores acima de 7, alcalina. Para valores de pH igual a 7, água é considerada neutra (BRASIL, 2021).

O pH é um fator que deve ser levado em consideração no âmbito das águas de abastecimento, visto que, ele é importante em diversas etapas do tratamento da água (coagulação, desinfecção e remoção da dureza). Além disso, valores baixos de pH influenciam diretamente na corrosividade e agressividade de água, enquanto valores altos podem gerar incrustações nas águas de abastecimento (SPERLING, 1996).

A Portaria nº 888 estipula valores de pH na faixa de 6,0 até 9,0 para o padrão de potabilidade da água.

3.3.5. Turbidez

Turbidez é indicada como o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar uma coluna d'água. Essa atenuação acontece pela absorção e espalhamento da luz causado pelos sólidos em suspensão (silte, areia, argila, algas, detritos, etc.). O maior causador no aumento da turbidez é o carreamento de sedimentos para corpos da água causado pela erosão do solo; além disso, pode-se citar atividades mineradoras, industriais e lançamento de esgotos e efluentes no corpo

hídrico como fontes importantes para o aumento da turbidez. Diante disso, o aumento na turbidez acarreta na maior utilização em produtos químicos, como coagulantes, que são utilizados nas estações de tratamento de água (Bittencourt et al, 2014).

A turbidez gerada por conta de fatores naturais (partículas de rocha, silte, argila e algas) não acarreta em problemas sanitários diretamente, mas é, esteticamente, desagradável na água potável e as partículas em suspensão podem servir como abrigo para microrganismos patogênicos. Para a turbidez causada por conta de ações antropogênicas (despejos industriais e domésticos) ela pode estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos, podendo vir a causar problemas de saúde na população (SPERLING, 1996).

Dado isso, é necessário manter o controle nos padrões de turbidez. A Portaria nº 888 do Ministério da Saúde, delimita valores máximos de 5 uT (unidade de turbidez) para água potável (BRASIL, 2021). O Quadro 3 apresenta os padrões de turbidez após etapas do tratamento

Quadro 3 - Quadro estipulando padrão de turbidez

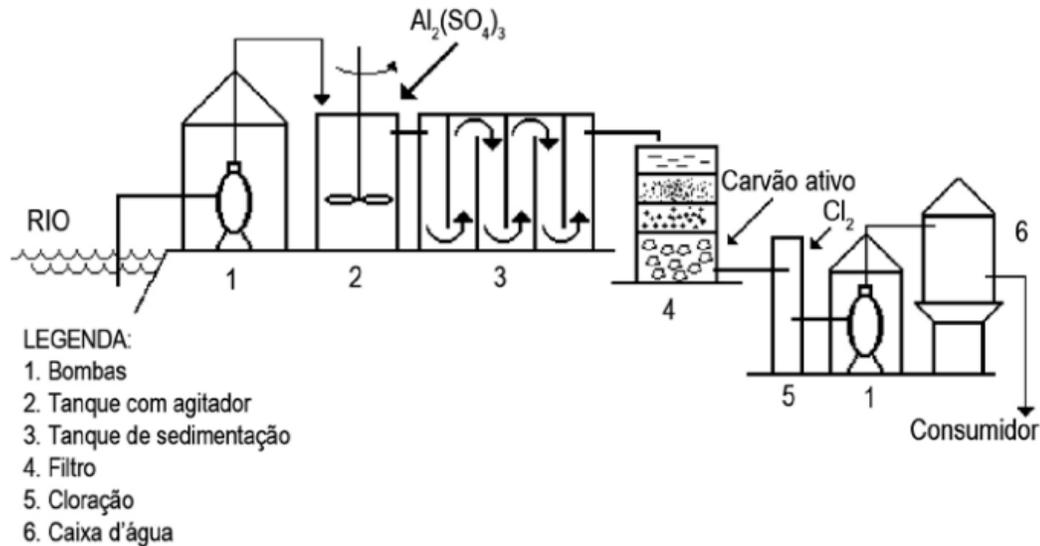
Tratamento da água	VMP	Número de amostras	Frequência
Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)	0,5 uT(2) em 95% das amostras. 1,0 uT no restante das amostras mensais coletadas	1	A cada 2 horas
Filtração em Membrana	0,1 uT(2) em 99% das amostras.	1	A cada 2 horas
Filtração lenta	1,0 uT(2) em 95% das amostras. 2,0 uT no restante das amostras mensais coletadas	1	Diária
Pós-desinfecção (para águas subterrâneas)	1,0 uT(2) em 95% das amostras. 5,0 uT no restante das amostras mensais coletadas	1	Semanal

Fonte: BRASIL (2021).

3.4 Tratamento de água para abastecimento público

Para o devido atendimento aos padrões de potabilidade, a água deve passar pelo devido tratamento de acordo com a classe do respectivo manancial de acordo com as determinações da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 430 de 13 de maio de 2011. No caso dos mananciais superficiais de classe 2, por exemplo, o consumo para abastecimento público só é indicado após tratamento convencional em uma Estação de Tratamento de Água (ETA) No Brasil a maioria dos sistemas empregados nas ETA é do tipo convencional (CONAMA, 2011). O tratamento d'água para abastecimento em estações de tratamento de água se dá de acordo com a Figura 2

Figura 2 - Etapas no processo de tratamento de água.



Fonte: Frota; Vasconcelos (2019).

Primeiro é coletada a água de algum manancial com utilização de um sistema de bombeamento para posteriormente iniciar-se o tratamento da mesma.

Pavanelli (2001) diz que o processo de tratamento de efluente em uma Estação de Tratamento de Água (ETA) se inicia com a coagulação química. Se esse processo de coagulação não for efetivo, todos os processos serão prejudicados, podendo, em certas situações, obrigar o descarte de todo efluente que está sendo tratado, pelos padrões não estarem de acordo com os padrões de potabilidade da água.

O processo de coagulação se dá pela introdução de um composto químico (coagulante) ao afluente de água bruta na ETA e, promover uma mistura rápida hidráulica ou mecânica, com finalidade de homogeneizar a mistura (PAVANELLI, 2001). O processo de coagulação tem como objetivo a remoção de partículas coloidais. A partir da introdução do coagulante é formado um precipitado gelatinoso (floculação) que arrasta as partículas suspensas para baixo. (FROTA E VASCONCELOS, 2019).

Na terceira etapa, nos tanques de sedimentação, ocorre o processo de sedimentação, que consiste na água permanecer em repouso em um reservatório ou fluir através de uma série de tanques para que o material em suspensão sofra sedimentação. Apenas o processo de sedimentação não é o suficiente para eliminar todas partículas em suspensão. Pequenas partículas permanecem em suspensão coloidal, dessa forma, é necessário passar pelo processo de coagulação anteriormente (FROTA e VASCONCELOS, 2019).

Após o processo de sedimentação, a água é, frequentemente, filtrada para remoção de algum material em suspensão remanescente. O processo de filtração ocorre de modo que a água passe por camada de algum material filtrante (exemplo: areia), retendo as impurezas em suspensão na camada filtrante. A camada filtrante é suportada por diversas camadas de cascalho de tamanho sucessivamente menor. Por

conta das camadas adicionais de partículas finamente divididas a eficiência do filtro é melhorada até um limite. (FROTA e VASCONCELOS, 2019).

Frota e Vasconcelos (2019) ainda dizem que antes do armazenamento da água tratada, a água utilizada para consumo humano passa por um processo de desinfecção, removendo bactérias causadoras de doenças. O composto químico mais utilizado para desinfecção é o cloro, pois ele inibe a atividade de certas enzimas essenciais para o metabolismo de bactérias, dessa forma, matando-as. O cloro, nas instalações de tratamento da água, é armazenado na forma líquida sob alta pressão. Sua liberação é controlada de modo suficiente para desinfetar a água. Além disso, a água pode ser desinfetada por outras substâncias como o ozônio que, inclusive, é mais eficiente na desinfecção, porém não tem características residuais como o cloro, logo não continua o processo de desinfecção de micro-organismos que venham a contaminar a água posteriormente.

3.5 Armazenamento residencial da água de abastecimento.

É de suma importância a reserva domiciliar no Brasil, por conta das condições estabelecidas na distribuição de água, podendo sofrer oscilações de pressão na rede pública acarretando em possíveis interrupções de abastecimento d'água (SCHEMBRI; ENNES, 1997).

Amaral (2011) diz que a caixa de água é o local onde a água fica armazenada após a chegada de estações de tratamento, poços, entre outros. São localizadas em residências, comércios, órgãos públicos, etc. garantindo o abastecimento para diversas finalidades, entre elas, o consumo humano. Por alguns microrganismos consumirem o cloro residual na água, que é utilizado para evitar contaminações, há a possibilidade da contaminação a partir da caixa da água.

Os resíduos presente em caixas da água pode fazer com que surjam colônias de bactérias, que se fixam nas paredes do reservatório, ocasionando em doenças para o ser humano. Além do mais, os resíduos podem acarretar em água com sabor e cor desagradáveis. Por conta desses aspectos a população deve ficar atenta com a vedação da caixa d'água, evitando contato com o meio externo, para não haver contaminação. Outro problema relacionado a isso é quando a água fica muito tempo parada no reservatório ocasionando o acúmulo de sais minerais, formando um lodo no fundo da caixa d'água. Por fim, existem recomendações para a execução da limpeza de reservatórios com a finalidade de manter a água reservada em boas condições para uso, sem trazer riscos à saúde (Amaral, 2011).

Por conta desses aspectos a população deve ficar atenta com a vedação da caixa d'água, evitando contato com o meio externo, para não haver contaminação. Outro problema relacionado a isso é quando a água fica muito tempo parada no reservatório ocasionando o acúmulo de sais minerais, formando um lodo no fundo da caixa d'água. Por fim, existem recomendações para a execução da limpeza de reservatórios com a finalidade de manter a água reservada em boas condições para uso, sem trazer riscos à saúde.

De acordo com a Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) a água fornecida até o ponto de entrega, está em boas condições para uso, atendendo os padrões de potabilidade definidos pelo Ministério da Saúde, porém há a necessidade de tomar alguns cuidados na instalação, manutenção e limpeza dos reservatórios. Esses cuidados são: verificar as condições de vedação do reservatório, com a finalidade de prevenir a entrada de insetos e corpos estranhos, realizar a limpeza (Figura 4 e Tabela 1) de seis em seis meses.

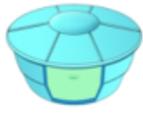
Tabela 1 - Quantidade de água sanitária para limpeza de reservatório

Capacidade da caixa	Quantidade de água sanitária
500 litros	10 colheres de sopa
750 litros	15 colheres de sopa
1000 litros	20 colheres de sopa

Fonte: SANEPAR¹.

¹ Disponível em: < <https://site.sanepar.com.br/informacoes/limpeza-de-caixa-de-agua>>

Figura 3 - Metodologia para limpar a caixa da água.

	1 - Um dia antes da lavagem, feche o registro de entrada ou amarre a boia da caixa. Assim, você vai consumir a água da caixa até atingir a quantidade necessária para a limpeza, evitando o desperdício.
	2 - Feche a saída com um tampão ou pano, tomando o cuidado de reservar um palmo de água na caixa.
	3 - Lave as paredes e o fundo da caixa com uma esponja ou escova.
	4 - Abra a saída da caixa para que escorra toda a água da lavagem. Usando um balde e uma pá de plástico, retire a água e os resíduos que restarem.
	5 - Abra o registro de entrada de água, encha a caixa até a metade. Feche novamente o registro e a saída da caixa d'água. Em seguida, adicione água sanitária conforme tabela abaixo:
	6 - Lave novamente as paredes e o fundo da caixa d'água com uma esponja ou escova nova e limpa.
	7 - Abra novamente a saída da caixa e as torneiras da casa, deixando toda a água da lavagem sair. Para evitar o desperdício, guarde essa água em baldes para lavar pisos e calçadas.
	8 - Lave a tampa da caixa com água corrente e coloque-a no lugar. Também é importante colocar um filtro (tela de nylon) na saída do cano extravasor ou cano-ladrão, que é aberto quando a caixa d'água está muito cheia. Geralmente, a saída desse cano localiza-se no lado exterior do telhado. Com a tampa e o filtro, evita-se a entrada de insetos e pequenos animais na caixa d'água.
	9 - Para evitar o acúmulo de ar no encanamento da casa, abra as torneiras até que a água comece a sair
	10 - Abra o registro de entrada da água e deixe a caixa encher

Fonte: SANEPAR².

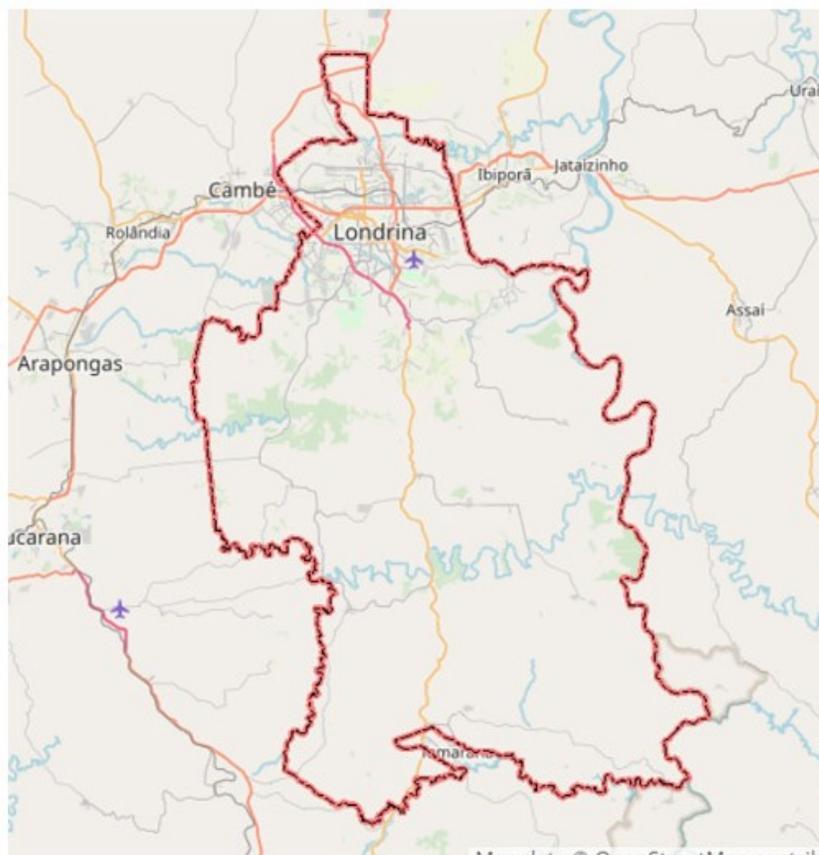
² Disponível em: < <https://site.sanepar.com.br/informacoes/limpeza-de-caixa-de-agua>>

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local da pesquisa.

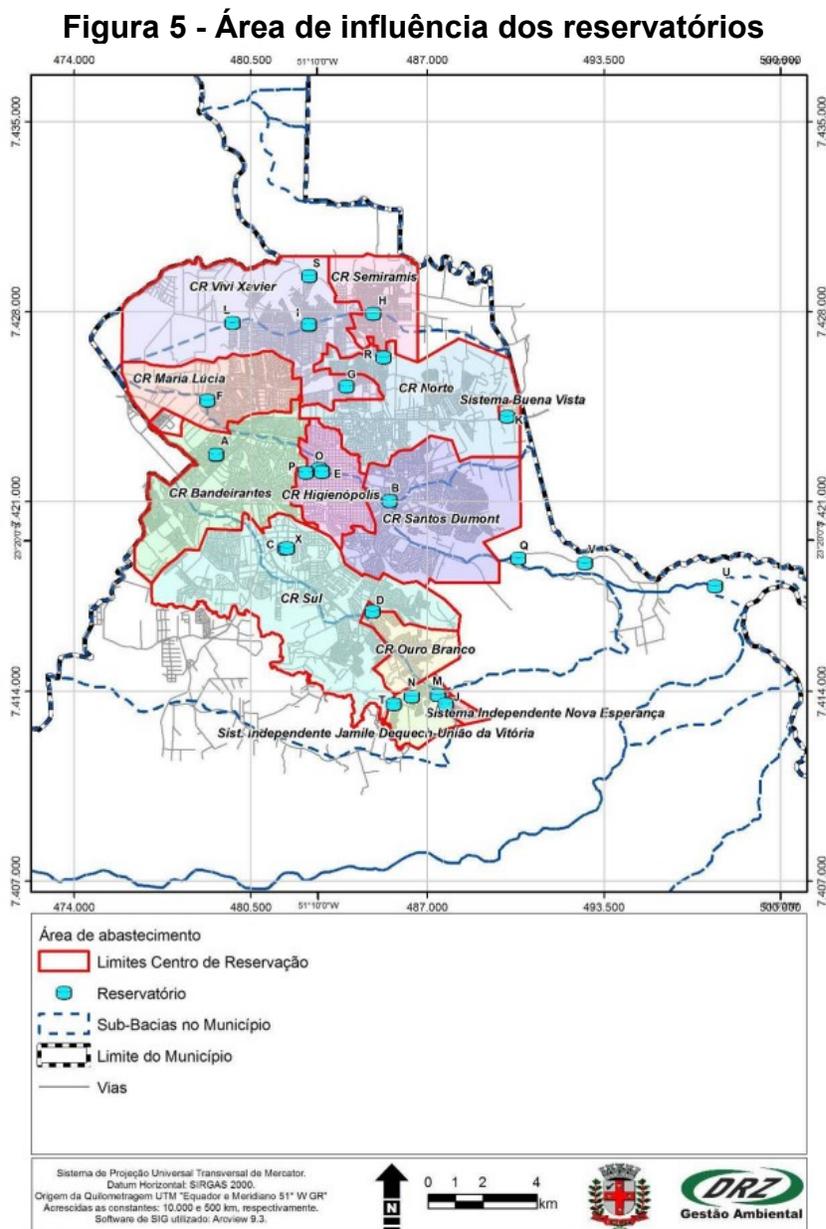
O projeto foi desenvolvido na cidade de Londrina, localizada na latitude de 23,2927 oeste e uma longitude de 51,1732 sul, a cidade possui uma população estimada de 580.870 habitantes (IBGE, 2021). A Figura 3 representa o mapa de Londrina:

Figura 4 - Mapa de Londrina.



Fonte: Londrina (2019).

Os pontos amostrais foram escolhidos, considerando maior uniformidade espacial dentro do perímetro urbano possível, a partir da área de influência de cada reservatório de abastecimento de água. Na Figura 5 é possível visualizar os pontos elencados no perímetro urbano.



Fonte: Londrina (2009).

Assim, o estudo foi realizado em 9 unidades de ensino públicas, sendo 3 municipais e 5 estaduais. No Quadro 4 é possível visualizar os endereços das escolas onde as amostras foram coletadas.

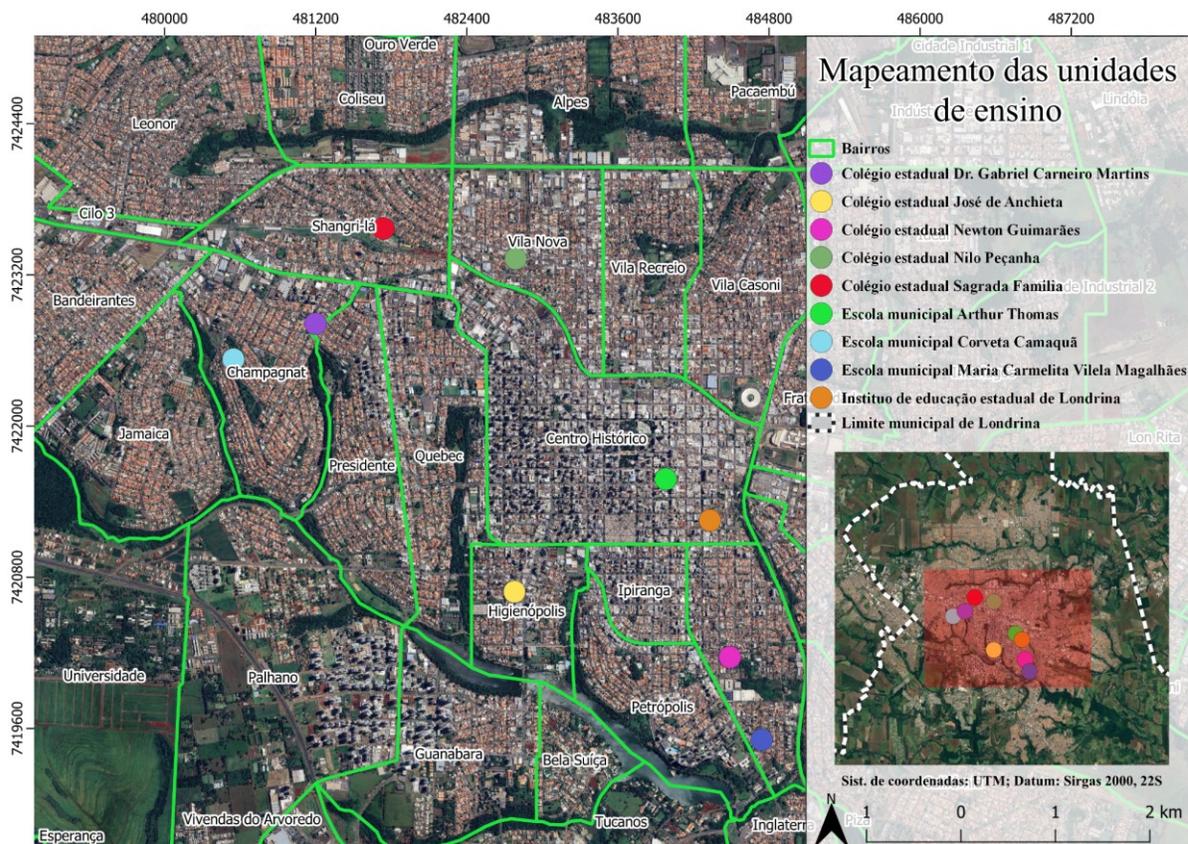
Quadro 4 - Endereço das unidades de ensino.

Unidade de Ensino	Endereço
Colégio estadual Dr. Gabriel Carneiro Martins	R. Dep. Nilson Ribas, 520 - Bancários, Londrina - PR, 86062-090
Colégio estadual José de Anchieta	R. Riachuelo, 89 - Jardim Higienópolis, Londrina - PR, 86015-110
Colégio estadual Newton Guimarães	R. Guarujá, 228 - Vila Brasil, Londrina - PR, 86010-850
Colégio estadual Nilo Peçanha	R. Iapó, 94 - Vila Nova, Londrina - PR, 84200-000
Colégio estadual Sagrada Família	R. Saturno, 303 - Jardim do Sol, Londrina - PR, 86070-130
Escola municipal Arthur Thomas	R. Goiás, 544 - Centro, Londrina - PR, 86010-460
Escola municipal Corveta Camaquã	R. Lindóia, 222 - Parque Alvorada, Londrina - PR, 86062-480
Escola municipal Maria Carmelita Vilela Magalhães	R. Maurício de Nassau, 329 - Jardim Mazzei 1, Londrina - PR, 86015-720
Instituto de educação estadual de Londrina	R. Brasil, 1047 - Centro, Londrina - PR, 86010-200

Fonte: Autoria própria (2022).

Na Figura 6 é possível visualizar a localização de cada unidade de ensino dentro do perímetro urbano.

Figura 6 - Mapa da localização das unidades de ensino.



Fonte: Autoria própria (2022).

4.1.1 Caracterização da distribuição de água de abastecimento no local da pesquisa

O sistema de abastecimento de água em Londrina abrange 99,98% do município. A Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR realiza a captação de água superficial em dois pontos, um no Ribeirão Cafezal e outro no Rio Tibagi. Além dos dois pontos de captação superficial, ainda existem nove pontos de captação de água subterrânea utilizados para o abastecimento público (LONDRINA, 2009).

Londrina apresenta uma extensão de 3.021.197 metros na rede de abastecimento de água e um número total de 164.582 ligações (LONDRINA, 2020)

O valor médio mensal de consumo de água, pelos sistemas de abastecimento da SANEPAR, igual a 3.045.243 m³, sendo que 2.987.830 m³ são consumidos na sede municipal e 57.413 m³ nos distritos (LONDRINA, 2020). O Quadro 4 mostra a extensão da rede e o volume médio mensal consumido.

Quadro 5 – Extensão da rede e volume médio mensal de água consumida

LOCALIDADE	EXTENSÃO DA REDE (m)	CONSUMO MÉDIO MENSAL (m ³)
Espirito Santo	29.413	9.924
Guaravera	13.586	9.380
Irerê	11.159	8.125
Lerrovilhe	9.261	7.716
Maravilha	4260	2.238
Paiquerê	13.597	9.425
São Luiz	10.862	3.759
Warta	8.578	6.846
Londrina Sede	2.920.481	2.987.830
Total	3.021.197	3.045.243

Fonte: Adaptado de Londrina (2020).

No sistema de reservação são utilizados 17 centros com um total de 105.320 m³ de capacidade de armazenamento de água tratada e são divididos em 4 tipos: reservatório elevado, reservatório apoiado, reservatório semi-enterrado, e reservatório enterrado (Londrina, 2015).

A rede de distribuição na sede municipal é composta por 3.021.197 (Quadro 4) metros de tubulação. Além disso, o sistema de abastecimento de água no ano de 2019 contava com 164.582 ligações, existindo 249.136 economias ativas de água distribuídas em 5 categorias distintas (Londrina, 2020), conforme o Quadro 5:

Quadro 6 – Número de ligações e economias ativas de água

Categoria	Número de ligações	Número de economias
Residencial	147.448	221.653
Comercial	14.672	24.955
Industrial	533	541
Poder Público	690	728
Utilidade Pública	1.239	1.259
Total	164.582	249.136

Fonte: Adaptado de Londrina (2020).

4.2 Coleta e amostragem

4.2.1 Autorizações aos locais de coleta

Foi realizado contato com as unidades de ensino via telefone para obter mais informações dos procedimentos que devem ser tomados para visita e coleta de amostras. Além disso, caso necessário, foi redigida uma carta assinada pelo diretor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Londrina, direcionada ao diretor das respectivas instituições de ensino com a finalidade de obter autorização para acesso ao local e realização da amostragem.

4.2.2 Parâmetros De Controle De Potabilidade Da Água Reservada

A fim de verificar a segurança sanitária da água servida nos pontos de coleta após reservação, alguns parâmetros foram elencados da Portaria nº 888 como mostrado no Quadro 6. Esses parâmetros foram escolhidos considerando o tempo reduzido do estudo, além da praticidade de serem conduzidos nos laboratórios disponíveis no câmpus da universidade

Quadro 7 - Parâmetros de controle da potabilidade.

Parâmetro	Unidade	VMP
Bactérias do grupo coliformes totais	ml	Ausência em 100 ml
Cor Aparente	uH	15
Potencial Hidrogenionico	-	6,0 até 9,0
Turbidez	uT	5

Fonte: Autoria própria (2021).

4.2.3 Amostragem e determinação analítica dos parâmetros de controle de potabilidade nos pontos

Em cada escola escolhida foram coletadas duas amostras, por amostragem simples em campanha única, a princípio. Uma amostra foi destinada às análises físico-químicas e outra à bacteriológica. Em cada ponto de coleta foi analisado o melhor ponto de amostragem após reservação considerando setores de maior risco de contaminação como bebedouros, por exemplo.

Para coleta destinada à análise bacteriológica foi realizada um procedimento de desinfecção dos pontos de coleta com uma solução de álcool 70% para que não houvesse contaminação a partir das torneiras e pontos de coleta. A coleta e conservação de amostras para análises bacteriológicas foram realizadas de acordo com as recomendações das seções 9060 A e B, respectivamente, da

APHA/AWWA/WEF. EATON, A.D, et. al, (2005) da Agência Nacional de Água e Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2011).

Além disso, foi utilizada a técnica dos tubos múltiplos para determinação do número mais provável (NMP) de coliformes em uma amostra. A técnica consiste no princípio de que as bactérias possam ser separadas a partir da agitação, resultando em uma suspensão de células bacterianas, distribuídas de forma uniforme na amostra. A técnica parte da inoculação de volumes decrescentes da amostra em um meio de cultura que propicia o crescimento dos microrganismos pesquisados, sendo cada volume inoculado em uma série de tubos. Diluindo a amostra, sucessivamente, são gerados inóculos que a semeadura fornece resultados negativos em, pelo menos, um tubo da série em que os mesmos ficam inoculados. A partir da combinação de resultados positivos e negativos é possível obter uma estimativa de densidade das bactérias estudadas aplicando cálculos de probabilidade. Para realização da análise de água, é utilizado, preferencialmente, um fator 10 de diluição, sendo inoculados múltiplos e submúltiplos de 1mL de amostra, usa-se uma série de 5 tubos para cada volume inoculado (CETESB, 2018)

As amostras destinadas às análises físico-químicas foram coletadas em frascos de plástico devidamente limpos e identificados e também armazenadas em caixa de isopor com gelo sendo imediatamente encaminhadas ao Laboratório de Saneamento do câmpus Londrina da UTFPR. As técnicas analíticas empregadas nos ensaios físico-químicos também foram conduzidas conforme APHA/AWWA/WEF. EATON, A.D, et. al, (2005) e as respectivas metodologias estão descritas no Quadro 8.

Quadro 8 - Descrição das técnicas analíticas que serão empregadas nas análises físico-químicas.

Parâmetro	Unidade	Técnica	Método APHA(2005)
pH		Potenciométrica	4500-H.B
Cor	UC	Espectrofotométrica	2120
Turbidez	UT	Nefelométrica	2130B

Fonte: APHA/AWWA/WEF. EATON, A.D, et. al (2005)

4.3 Análise dos resultados obtidos

Como já descrito anteriormente, realizou-se uma única campanha de coleta de amostras nos pontos mencionados considerando que:

- a) Considerando que o tempo para execução das análises compreenderam o semestre letivo de 2022, ou seja, aproximadamente 100 dias, foi possível apenas uma análise qualitativa. Como a qualidade da água servida é garantida pela empresa responsável pelo abastecimento e que a correta manutenção da limpeza dos reservatórios garante atendimento aos padrões de potabilidade, a detecção de qualquer alteração destes poderá ser imediatamente reparada providenciando adequada limpeza do local contaminado.
- b) Caso qualquer parâmetro analisado estivesse fora do padrão de potabilidade, em qualquer ponto de coleta, o responsável pelo local seria informado para que as devidas medidas sejam tomadas. Se isso ocorresse, o responsável pelo reservatório do local de coleta deve tomar as medidas cabíveis para sanar o problema (limpeza do reservatório) em tempo hábil, uma nova campanha de coleta será então conduzida para verificar se o problema foi remediado.

Logo, não serão necessárias análises estatísticas e a interpretação dos resultados será feita considerando apenas aspectos qualiquantitativos do respectivo padrão de potabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados apresentados a seguir são resultado das análises para os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água amostrada nas unidades de ensino. Todas as amostras foram coletadas na torneira mais próxima ao reservatório, com a finalidade de mitigar a contaminação via tubulação. A análise dos parâmetros físicos, químicos e biológicos das amostras de água coletadas nas unidades de ensino teve a finalidade de avaliar se os valores apresentados estão dentro dos limites especificados pela legislação vigente e, em caso de não atenderem os mesmos, ponderar uma medida mitigadora e entrar em contato com o responsável pela unidade para que alguma ação possa ser tomada.

5.1 Parâmetros físicos, químicos e biológicos

Para os parâmetros físicos e químicos, utilizou-se o laboratório de saneamento da UTFPR, câmpus Londrina, para análise das amostras. Dessa forma, foi possível obter os resultados para a amostragem em cada unidade de ensino. A Tabela 2 dispõe sobre os resultados obtidos na análise das amostras.

Tabela 2 - Resultados obtidos para os parâmetros de cor aparente, pH e turbidez.

Unidade de Ensino	Cor aparente (mg Pt Co/L)	VMP (mg Pt Co/L)	Potencial hidrogeniônico	VMP	Turbidez (uT)	VMP (uT)
Colégio estadual Dr. Gabriel Carneiro Martins	5	15	6,67	6 - 9	<0,10	5
Colégio estadual José de Anchieta	8	15	6,75	6 - 9	1,37	5
Colégio estadual Newton Guimarães	5	15	6,55	6 - 9	<0,10	5
Colégio estadual Nilo Peçanha	6	15	6,62	6 - 9	<0,10	5
Colégio estadual Sagrada Família	4	15	6,67	6 - 9	<0,10	5
Escola municipal Arthur Thomas	6	15	7,72	6 - 9	<0,10	5
Escola municipal Corveta Camaquã	6	15	6,77	6 - 9	<0,10	5
Escola municipal Maria Carmelita Vilela Magalhães	3	15	6,1	6 - 9	0,38	5
Instituto de educação estadual de Londrina	7	15	6,81	6 - 9	<0,10	5

Fonte: Autoria própria (2022).

Sem levar em conta os resultados obtidos para os parâmetros físicos e químicos, ainda vale ressaltar que para os resultados biológicos, onde verificou a presença de bactérias do grupo coliformes totais na água após sua reservação, resultou na ausência dos mesmos para todas as amostras.

5.1.1 Cor aparente

Para conseguir comparar os valores obtidos com os valores exigidos na legislação é necessário convertê-los para a mesma unidade. Porém, a conversão de mg Pt Co/L (unidade utilizada pelo espectrofotômetro) para uH (unidade de Hazen) é de 1 para 1. Sendo assim, os valores apresentados são os mesmos para ambas unidades.

O VMP pela Portaria nº 888, do Ministério da Saúde, são de 15uH (BRASIL, 2021), que é igual a 15 mg Pt-Co/L. Utilizando essa informação e comparando com os resultados obtidos nas análises (Tabela 3) é possível afirmar que todas as amostras apresentaram resultados abaixo dos valores máximos permitidos pela legislação.

5.1.2 Potencial hidrogeniônico

A respeito do potencial hidrogeniônico é necessário salientar que ele é um parâmetro importante a ser analisado, porque a partir dele é possível medir a acidez e alcalinidade de uma substância.

Revisando a Portaria nº 888 que dá a entender que os valores do parâmetro pH devem estar na faixa de 6,0 até 9,0 para a água potável (BRASIL, 2021). Logo, afirma-se que para todas as unidades de ensino a água coletada está dentro do valor permitido pela legislação. Porém, para a escola a escola municipal Maria Carmelita Vilela Magalhães o valor de pH (6,1) encontra-se muito próximo ao limite inferior permitido pela legislação, sendo assim, é necessário o monitoramento constante do mesmo pelos órgãos responsáveis para que não saia do limite permitido, podendo vir a causar problemas de saúde aos ocupantes da unidade.

5.1.3 Turbidez

Levando em conta o parâmetro de turbidez, foi realizada a análise a partir de um turbidímetro onde foi possível medir a turbidez para cada unidade de ensino, apresentando os resultados expressos na Tabela 3.

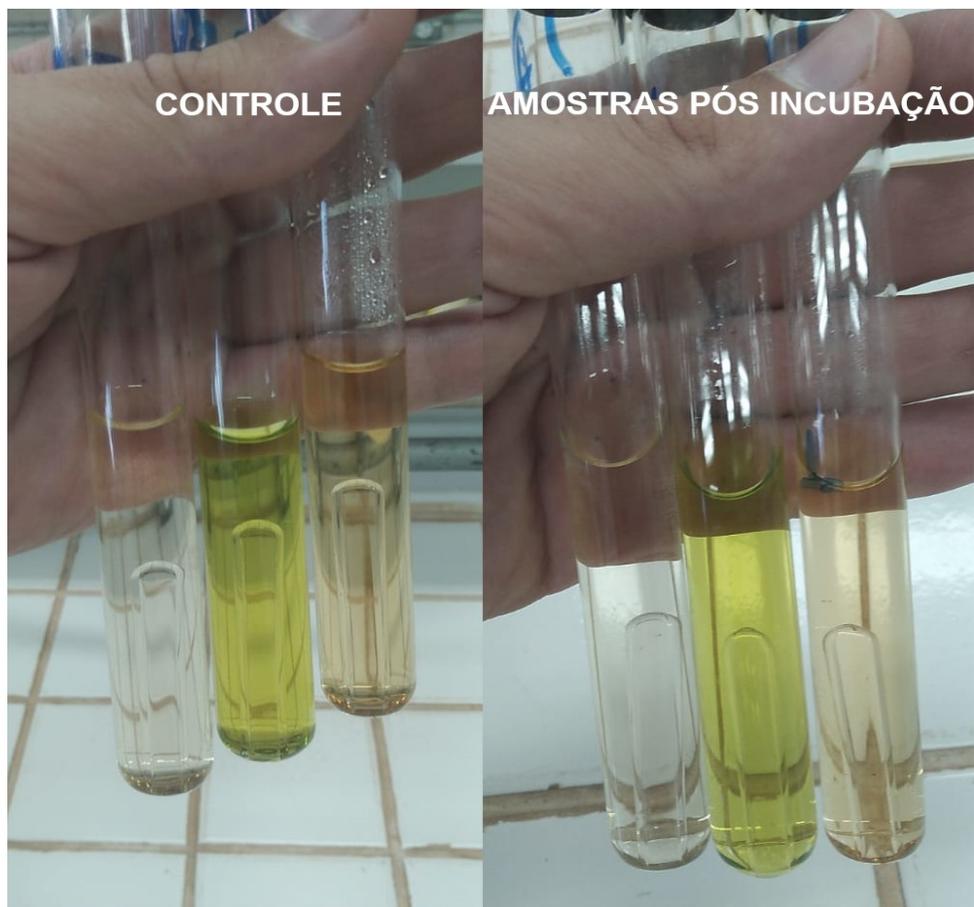
Baseando-se nos valores exigidos pela Portaria nº 888, que determinam um valor máximo de 5 uT para água potável (BRASIL, 2021), e nos resultados obtidos nas análises, onde o maior valor encontrado foi 1,37 uT para o colégio estadual José de Anchieta, é possível afirmar que todos resultados obtidos enquadram-se dentro dos limites permitidos pela legislação.

5.1.4 Coliformes totais

A realização das análises das bactérias do grupo coliformes totais foi realizada no laboratório de microbiologia, onde foi adotado o método dos tubos múltiplos de acordo com a norma L5.202 (CETESB, 2018) realizando duplicata para todas as amostras. Além disso, por se tratar de uma análise qualitativa e o corpo analisado ser água, não foi feita a diluição em série como previsto na norma, porém caso houvesse presença de coliformes totais na amostra de água bruta, seria realizada, posteriormente, uma diluição em série para poder quantificar os coliformes presentes na amostra. Além disso, para conseguir fazer um estudo mais preciso foram utilizados 3 meios de cultura diferentes para cada amostra, sendo eles: caldo lactose, EC. Broth e caldo lactosado verde brilhante.

Como afirmado anteriormente, a análise da amostra bruta de água resultou em ausência do grupo coliformes totais em todas as amostras, inclusive nas duplicatas, onde todas os tubos de ensaio, em que havia sido inoculado a água, continuaram igual o tubo de ensaio de controle (não houve inoculação da amostra) conforme a Figura 7 que permite visualizar ausência de processo fermentativo no ensaio presuntivo.

Fotografia 1 - Comparação do controle com amostras após incubação.



Fonte: Autoria própria (2022).

Considerando que todos tubos de ensaio não apresentaram reação para o grupo coliformes totais após o período de incubação, pode-se afirmar que todas as amostras estavam dentro dos limites permitidos pela legislação, já que o valor máximo permitido pela Portaria, do Ministério da Saúde, nº 888 é de ausência em 100 ml (BRASIL, 2021). Como não foi possível uma inspeção interna sobre as condições de manutenção (limpeza) dos reservatórios das unidades escolares, é possível inferir que a segurança sanitária encontrada nas amostras é conferida pela empresa responsável pelo tratamento e monitoramento adequado da água servida naquelas unidades.

6 CONCLUSÃO

A partir das informações e dados apresentados no presente estudo, é possível afirmar que a qualidade da água é um fator importante para a aferição da saúde de uma população, visto que água contaminada é responsável pela transmissão de diversas doenças.

Mediante isto, o estudo teve sua importância analítica, onde os resultados da análise dos parâmetros foram comparados com a legislação vigente, além de seu valor social, onde foi possível utilizar deste estudo para avaliar se as unidades de ensino, em que foram realizadas as coletas, tem uma boa qualidade de água de abastecimento após sua reservação e servindo como base para estudos mais aprofundados na área.

Portanto, conclui-se que para os parâmetros de cor aparente, potencial hidrogeniônico, turbidez e bactérias do grupo coliformes totais, todas as amostras estavam dentro dos valores exigidos para a potabilidade de água. Vale ainda ressaltar, a importância do monitoramento periódico dos mesmo e de outros parâmetros exigidos pela legislação, bem como cloro residual em que não foi possível realizar as análises, para que a água fornecida não apresente risco à saúde dos ocupantes nas unidades de ensino.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (Brasil); COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Guia nacional de coleta de preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Brasília, DF: ANA; São Paulo: CETESB, 2011. 327 p.

AMARAL, M. **Análise microbiológica de caixas d'água de colégios estaduais de Foz do Iguaçu**. 2011. Monografia (Especialização) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Foz do Iguaçu, 2011.

APHA/AWWA/WEF. EATON, A.D (2005).; et al. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21^a ed. Washington: American Public Health Association

BARTRAM, J.; BALLANCE, Richard (Ed.). **Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes**. CRC Press, 1996.

BASSOL, L. J. **Poluição das águas**. In: PHILIPPI JR, A.; PELICIONI, M. C. F. (editores). Educação ambiental e sustentabilidade. Barueri, SP: Manole, 2005. p. 175-193.

BITTENCOURT, C.; PAULA, Maria.Aparecida.Silva. D. **Tratamento de Água e Efluentes** - Fundamentos de Saneamento Ambiental e Gestão de Recursos Hídricos. Editora Saraiva, 2014.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 3. ed. Ver. Brasília: FUNASA, 2006. 408p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS** / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília : Funasa, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 07 mai. 2021, seção 1, ed.58, p. 127.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual prático de análise de água**. 3^a ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2009.

CETESB. **L5.202**: Coliformes totais, coliformes termotolerantes e Escherichia coli - Determinação pela técnica de tubos múltiplos. São Paulo, 2018. 29p.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. do Conselho CONAMA.

DUARTE, P. S. C.; BARATELLA, R.; PAIVA, A. S. As doenças de veiculação hídrica: um risco evidente. In: VIII ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO, 3., 2015, Uberaba. **Anais Eletrônico** [...] Uberaba: 2015. p. 1 - 12. Disponível em: <<https://www.uniube.br/eventos/epeduc/2015/completos/53.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2022.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Interciência, 1998.

FEITOSA, F. A. C. *et al.* **Hidrogeologia conceitos e aplicações**, 3ª edição. ed. rev. e aum. Rio de Janeiro: [s. n.], 2008. 812 p.

FROTA, E. B.; VASCONCELOS, N. M. S. **Química Ambiental**. 2ª ed, Fortaleza, 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2021**. Londrina

Instituto Trata Brasil. **BENEFÍCIOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA EXPANSÃO DO SANEAMENTO NO BRASIL**. 2017.

LONDRINA, **Mapa da cidade de Londrina**, 2019. Disponível em: <<https://portal.londrina.pr.gov.br/mapa-cidade>>. Acesso em: 1 dez. 2021.

LONDRINA, **Plano Municipal de Saneamento Básico**, Diagnóstico 2008/2009.

LONDRINA, **Perfil de Londrina**, 2020. Disponível em: <<http://repositorio.londrina.pr.gov.br/index.php/menu-planejamento/gpi/perfil-2020/32732-3-2-1/file>>. Acesso em: 07/06/2022.

LONDRINA, **Renovação do PMSB – 2015**. Prefeitura do município de Londrina Londrina, PR, 2015.

MOURA, J. N. S. JR. **Qualidade da água destinada ao consumo humano em instituições de educação infantil na zona rural de Lagoa Seca/PB**, Lagoa Seca, PB, 2012.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Vírus humanos em el agua, aguas servidas y suelo**, Genebra: OMS, 1979.

PARANÁ. Agência reguladora do Paraná. **Resolução Nº 003, de 14 de fevereiro de 2020**. Homologa o regulamento de serviços básicos de saneamento do Paraná. Curitiba, PR, 14 fev. 2020.

PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada**. 2001. 91 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001

PELCZAR, M.; REID, R.; CHAN, E. C. **Microbiologia**, [S.l.]: Ed. McGraw-Hill, Inc, 1997. V. 2.

PRÜSS-USTIN, A., BOS, R., GORA, F. & BARTRAM, J. 2008. SAFER WATER, BETTER HEALTH. COSTS, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health. **WHO**, Geneva, 2008, 53 p.

REBOUÇAS, A. C. **Água e desenvolvimento rural**. Estudos Avançados, v. 15, n. 43, 2001.

RICHTER, C. A., NETTO J. M. A. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blucher, 2002. 332p.

SANEPAR. **Guia do cliente Sanepar**. Disponível em: <https://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/clientes2012/guia-do-cliente.pdf>. Acesso em: 27 out. 2021.

SANEPAR. **Limpeza de caixa d'água**. Disponível em: <<https://site.sanepar.com.br/informacoes/limpeza-de-caixa-de-agua>>. Acesso em: 25 out. 2021.

SCHEMBRI, M. C. A. C; ENNES, Y. M. **Deterioração da qualidade da água distribuída**: o caso de Belo Horizonte. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19 ,1997, Foz do Iguaçu, 1997.

SCURACCHIO, P. A. **Qualidade da água utilizada para consumo em escolas no município de São Carlos – SP**. Araraquara, 2010.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade da águas e do tratamento de esgotos**. 2 ed. Minas Gerais: UFMG, 1996. 243p.

TOLMAN, C. F.; POLAND, J. F. **Ground-water, salt-water infiltration and ground-surface recession in Santa Clara Valley**, Santa Clara Country, Calif. Washington: Transactions American Geophysical Union, 1940. 21st Anniversary Meeting. 1.

UNESCO. **Programa hidrológico internacional**. Paris, Relatório técnico, 1998, 240 p.