



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

**QUALIDADE DA ÁGUA NO MUNICÍPIO DE LENÇÓIS PAULISTA – SP E
COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE PURIFICAÇÃO DE ÁGUA**

Bauru

2016

MARTIN KÁSSIO LEME DA SILVA

**QUALIDADE DA ÁGUA NO MUNICÍPIO DE LENÇÓIS PAULISTA – SP E
COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE PURIFICAÇÃO DE ÁGUA**

Monografia de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Química da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientadora: Prof. Dra. Sandra Regina Rissato

Bauru

2016

MARTIN KÁSSIO LEME DA SILVA

**QUALIDADE DA ÁGUA NO MUNICÍPIO DE LENÇÓIS PAULISTA – SP E
COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE PURIFICAÇÃO DE ÁGUA**

Esta Monografia de Conclusão de Curso foi julgada adequada à obtenção do título de Licenciado em Química e aprovada em sua forma final pelo Curso de Graduação em Licenciatura em Química da Universidade Estadual Paulista.

Professora Doutora Sandra Regina Rissato
Universidade Estadual Paulista

Professor Doutor Mário Sérgio Galhiane
Universidade Estadual Paulista

Professora Doutor Paulo César Lodi
Universidade Estadual Paulista

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a minha mãe, meu pai e meu irmão Matheus por todo apoio aos meus estudos.

A minha orientadora Prof.^a Dra. Sandra Regina Rissato pela orientação, amizade e ajuda durante o curso e iniciação científica.

Aos meus amigos Marina, Paula, Monica, Bárbara, Patrícia, Rafael, Lucas e Luís por fazerem da jornada da graduação, um processo mais amigável e cheio de risadas. A tia Mana e tio Toninho por sempre me oferecerem sua casa como abrigo nos dias de necessidade.

Ao Professor Luís e Professor Daniel por sempre me ajudarem e orientarem na minha vida profissional.

A minha amiga Rita, por toda orientação e cumplicidade no dia a dia.

Ao Leandro, por todo companheirismo nos últimos 3 anos. Por toda paciência, amizade e orientação em assuntos pessoais e profissionais.

Ao diretor do SAAE de Lençóis Paulista, Antonio Marise, por disponibilizar o acesso aos laboratórios da ETA. Ao Marcos Félix por todo apoio e amizade durante o período em que trabalhei no SAAE.

“A vida é uma peça de teatro que não permite ensaios. Por isso, cante, ria, dance, chore e viva intensamente cada momento de sua vida, antes que a cortina se feche e a peça termine sem aplausos.”

— Charles Chaplin

RESUMO

O propósito de uma estação de tratamento de água (ETA) é fornecer água de qualidade para a população no município onde é operada, estando diretamente ligada à saúde da comunidade. A eficiência de uma estação de tratamento de água está diretamente relacionada à qualidade e confiabilidade dos métodos utilizados. Os resultados analíticos de laboratórios de ensaio ou calibração é um processo fundamental para qualquer empresa nos dias atuais. Uma ferramenta utilizada para auxiliar no processo de gestão de um sistema de qualidade é a ISO/IEC 17025:2005.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de uma ETA localizada em Lençóis Paulista - SP, utilizando os resultados analíticos obtidos por determinações físico-químicas e microbiológicas no período de 1 a 30 de outubro de 2015. Tais determinações estão alicerçadas no atendimento à portaria vigente 2914 do Ministério da Saúde e também o Sistema de Gestão da Qualidade, o qual é solicitado para todos os laboratórios que realizam análises laboratoriais para controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano.

Palavras-chave: água, potabilidade, análises, Portaria 2914, ISO/IEC 17025, SGQ.

ABSTRACT

The purpose of a water treatment plant (WTP) is to provide quality water to the population in the municipality where it is operate, being directly linked to the health of the community. The efficiency of a water treatment is directly related to the quality and reliability of the methods used. The analytical results of any laboratory test or calibration is a critical process for any company today. A tool used to assist in a quality management system process is ISO / IEC 17025: 2005.

Given the above, the objective of this study was to evaluate the performance of an ETA located in Lençóis Paulista - SP, using the analytical results obtained by physical, chemical and microbiological determinations in the period 1-30 October 2015. Such determinations are grounded in compliance with current Ordinance 2914 the Ministry of Health and the Quality Management System, which is required for all laboratories carrying out laboratory tests for control and surveillance of water quality for human consumption.

Key Word: Water, potability, analysis, Ordinance 2914, ISO/IEC 17025, SGQ.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Valores representativos (%) da crise hídrica nas regiões brasileiras em 2014.	17
Figura 2 - Principais responsáveis pela falta de água em São Paulo, em %.....	18
Figura 3 - Classes de enquadramento dos corpos de água segundo as categorias de usos.....	20
Figura 4– Flocculadores.....	23
Figura 5 - "Flocos" de sedimentos/impurezas	24
Figura 6 – Diagrama comparativo do Tamanho do Floco (TF) formado em função do pH, onde “o” representa o PAC e o “x” representa o sulfato de alumínio.	25
Figura 7 - Flocos decantados	26
Figura 8 - Decantadores.....	26
Figura 9– Filtro Rápido.....	27
Figura 10 - Fluxograma de tratamento de água.	28
Figura 11 - Membrana Osmose Reversa	29
Figura 12 - Pirâmide Documentacional.	32
Figura 13 - Plano de Qualidade.....	33
Figura 14 - Localização da ETA.	34
Figura 15 - Turbidímetro.....	36
Figura 16 - Colorímetro para medição de Cloro	36
Figura 17 - pHmetro	37
Figura 18 - Placa para contagem de Bactérias.	38
Figura 19 - Material ensaio Colilerte.....	39
Figura 20 – Relação pH e diferentes flocculantes.....	46
Figura 21 - Amostras positiva e negativa para Coliformes Totais.	48
Figura 22 - Amostras sob lâmpada UV 365 nm.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -Eventos históricos que precederam e contribuíram para o desenvolvimento dos sistemas atuais de tratamento de água para o abastecimento.....	21
Tabela 2 -Parâmetros Analisados na ETA e Quantidade de Dados.....	34
Tabela 3—Análises Microbiológicas	47
Tabela 4 - Contagem de Bactérias Heterotróficas.....	49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Valores de Turbidez em NTU (Água Bruta).	40
Gráfico 2 - Valores de Turbidez em NTU (Água Tratada).	40
Gráfico 3 - Eficiência do processo turbidez.	41
Gráfico 4 - Valores Cloro Residual Livre (mg/L)	43
Gráfico 5 - Valores de Flúor determinados no mês de outubro (mg/L).....	44
Gráfico 6 - pH água tratada.	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVO.....	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 CRISE HÍDRICA EM SÃO PAULO	17
3.2 PRIMEIROS PASSOS PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA.....	19
3.3 HISTÓRICO DO TRATAMENTO DE ÁGUA.....	20
3.4 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	23
3.4.1 <i>Coagulação e Floculação</i>	23
3.4.2 <i>Decantação</i>	25
3.4.3 <i>Filtração</i>	26
3.4.4 <i>Cloração e Fluoretação</i>	27
3.5 DESSALINIZAÇÃO.....	28
3.5.1 <i>Osmose Reversa</i>	29
3.6 QUALIDADE	30
3.6.1 <i>ISO 9001:2000</i>	30
3.6.2 <i>ISO:IEC 17025:2005 na ETA</i>	31
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
4.1 ÁREA DE ESTUDO	33
4.2 BASE DE DADOS.....	34
4.3 METODOLOGIAS UTILIZADAS	35
4.3.1 <i>Características Físicas</i>	35
4.3.1.1 Turbidez.....	35
4.3.2 <i>Características Químicas</i>	36
4.3.2.1 Cloro.....	36
4.3.2.2 pH (Potencial Hidrogênioônico)	37
4.3.3 <i>Características Microbiológicas</i>	37

4.3.3.1	Bactérias Heterotróficas.....	38
4.3.3.2	Coliformes Totais.....	38
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
5.1	Turbidez.....	39
5.2	Cloro Residual Livre.....	41
5.3	Flúor.....	43
5.3.1	<i>Comparação com o Estado de São Paulo.....</i>	<i>44</i>
5.4	pH.....	44
5.5	Coliforme total.....	46
5.6	Bactérias Heterotróficas.....	48
6	CONCLUSÃO.....	50
7	REFERÊNCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

A água é considerada o bem mais precioso do planeta, fonte da vida, seu correto manejo e tratamento são essenciais para a sociedade.

A correta avaliação e diagnóstico de uma ETA é imprescindível para uma avaliação sucinta do sistema de produção e sistema da qualidade da mesma. A Portaria 2914 (2011) do Ministério da Saúde é atualmente a lei que define os parâmetros e padrões de potabilidade de água no Brasil para o consumo humano, com o objetivo de alcançar uma melhor qualidade da água e por conseqüência a saúde da população.

Com o intuito de aprimorar a qualidade dos ensaios realizados por laboratórios de análise de água para o consumo humano, a ISO/IEC 17025 oferece uma sistemática de processos de funcionamento destes laboratórios para que a qualidade seja o escopo primordial do laboratório.

A partir desses parâmetros é possível avaliar o desempenho de uma estação de tratamento de água e sua adequabilidade aos parâmetros necessários para seu correto funcionamento. Visando assim, um maior comprometimento para com a confiabilidade, sustentabilidade e responsabilidade social.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho de uma ETA, localizada no município de Lençóis Paulista - SP, possibilitando identificar os pontos positivos e negativos no tratamento.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O objetivo geral do presente trabalho será realizado a partir dos seguintes objetivos específicos:

- Digitalização dos dados de qualidade da água;
- Organização dos dados de forma a facilitar a obtenção dos resultados esperados;
- Caracterização da água bruta e tratada;
- Verificação da adequabilidade dos parâmetros de qualidade da água frente às legislações vigentes;

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CRISE HÍDRICA EM SÃO PAULO

No ano de 2014 e 2015, a região metropolitana de São Paulo enfrentou a maior crise de água já vista em toda a história. A crescente demanda por água e a falta de planejamento foram os principais motivos para que essa escassez hídrica tomasse grandes proporções e afetasse o abastecimento de água para cerca de 45,8 milhões de pessoas que vivem em regiões em que os níveis dos reservatórios estão abaixo do normal indicado para o abastecimento básico nessas regiões (DANTAS, 2015).

Cerca de 71% dos paulistanos já sofreram com a falta de água em suas residências no ano de 2015. Sendo que em 2014, 60% tinham ficado sem água em algum momento do mês (FOLHA DE SÃO PAULO, 2015).

A Figura 1 apresenta os valores representativos (%) da falta de água nas regiões brasileiras. A região mais afetada é a região Nordeste e em seguida a região sudeste onde 37% da população foram atingidas pela falta de água em algum momento em 2014.

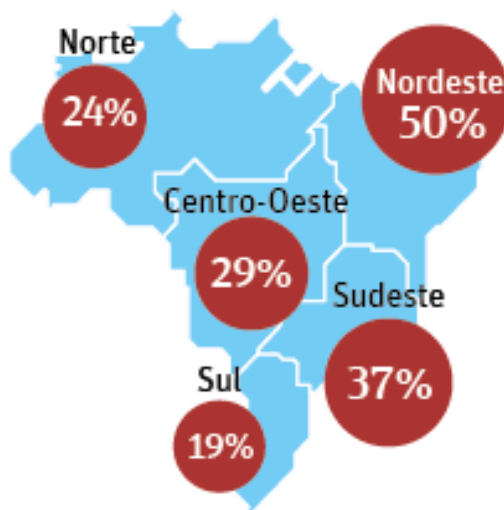


Figura 1—Valores representativos (%) da crise hídrica nas regiões brasileiras em 2014.

(Adaptado: (FOLHA DE SÃO PAULO, 2015))

A região metropolitana de São Paulo vive a pior escassez de água dos últimos 80 anos. A figura 2 apresenta os principais responsáveis pela crise hídrica no estado de São Paulo.

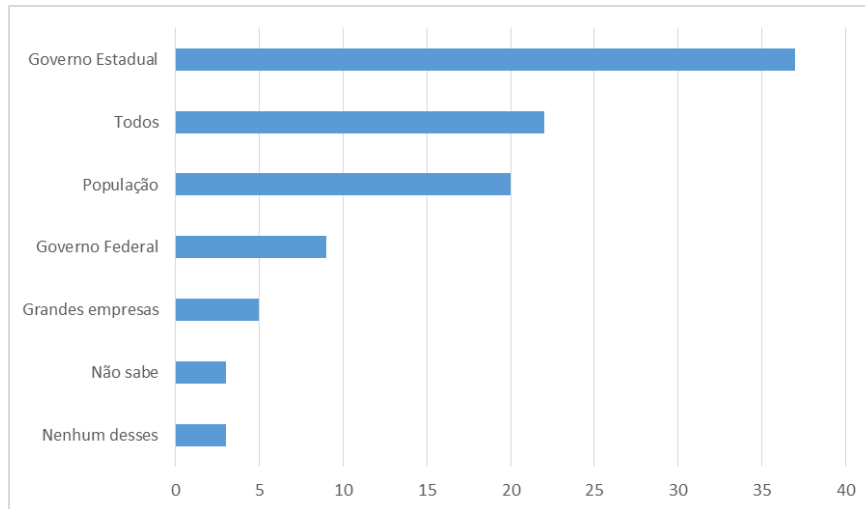


Figura 2 - Principais responsáveis pela falta de água em São Paulo, em %.

(Adaptado de: (FOLHA DE SÃO PAULO, 2015)).

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) é abastecida pelo Sistema Integrado Metropolitano (SIM) que é administrado pela Sabesp, por meio da produção e transporte de água potável para um total de 20 milhões de habitantes distribuídos em 35 municípios da RMSP (SABESP, 2015). O **Sistema Cantareira** supre grande parte da distribuição para a região metropolitana, que corresponde a 47% da demanda da RMSP. Um dos motivos do esvaziamento da Cantareira foi a drástica diminuição de chuvas no ano de 2014, o que acarretou uma mudança de paradigma, uma vez que, até então, os registros indicavam que o ano de 1953 havia sido o mais crítico da história, quando se registrou uma vazão média de 24,6 m³/s, mais que o dobro do observado em 2014 (LIMA e GERAQUE, 2014).

Diante de tal crise, muitas ações são necessárias como: a diminuição da pressão, a intermitência do abastecimento, o racionamento, o consumo do volume morto das represas, e o uso da água de poços e caminhões-pipa, cuja qualidade muitas vezes pode comprometer a qualidade da água e promover o surgimento de surtos de diarreia e outras doenças transmissíveis pela água. As estações de tratamento de água despontam nesse cenário como instrumento para minimizar e controlar possíveis problemas na qualidade da água.

A solução da crise de água em toda sua extensão – enfrentamento de secas, medidas contra a desertificação e as enchentes, gerenciamento adequado das

fontes hídricas – exige investimento maciço de recursos com objetivo de ampliar o acesso universal aos serviços de fornecimento de água e saneamento, além de acordos efetivos entre países para a cooperação no uso da água. Os especialistas apontam também a necessidade de mudança nos padrões de produção e consumo, para evitar o desperdício de água nas esferas doméstica, industrial e agropecuária (CERQUEIRA *et al*, 2015).

3.2 PRIMEIROS PASSOS PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA.

O tratamento de água para o consumo humano é uma das técnicas mais difundidas mundialmente. Devido à grande importância deste bem tão precioso em nossa vida, é imprescindível o conhecimento de técnicas e processos para sua purificação, para que se torne potável para o consumo humano.

No Brasil, o órgão que gere a qualidade das águas para consumo humano é o Ministério da Saúde. Ele delimita através da Portaria Nº 2914, de 12 de dezembro de 2011 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011) os parâmetros mínimos de potabilidade de águas.

Esses parâmetros servem para estabelecer uma sistemática para o tratamento da água, já que diversas doenças e organismos patogênicos são transmitidos por água, também conhecidos como, *Doenças Transmitidas por Alimentos/Água (DTA)* (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2010). O termo DTA é aplicado geralmente a síndromes constituídas de sintomas como: anorexia, náuseas, vômitos e/ou diarreia, acompanhada ou não de febre.

Alguns exemplos de DTAs:

- **Toxinas:** produzidas pelas bactérias *Staphylococcus aureus*, *Clostridium spp*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Vibrio spp*, etc.
- **Bactérias:** *Salmonella spp*, *Shigella spp*, *Escherichia coli*, etc.
- **Vírus:** Rotavirus, Noravirus, etc.
- **Parasitas:** *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium parvum*, etc.

- **Substâncias tóxicas:** metais pesados, agrotóxicos, etc.

Substâncias como o carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio, cálcio, fósforo, potássio, enxofre, sódio, entre outros, são essenciais para o organismo humano e necessários para a manutenção da vida. As águas naturais contêm uma parte destas substâncias e elementos que são facilmente absorvidos pelo organismo, constituindo assim, uma fonte essencial ao desenvolvimento do ser humano (AMARAL, 1985).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estipulou as categorias de qualidade de águas através da resolução 357/2005. Para as águas doces, foram criadas 5 categorias: a classe especial e as classes de 1 a 4, em uma ordem decrescente de qualidade, ou seja, a classe especial é a que tem melhor qualidade da água e a classe 4 é a de pior qualidade (CONAMA, 2005). A figura 3 mostra o resumo das categorias de águas doces.







USOS DAS ÁGUAS DOCES	CLASSES DE ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA				
	ESPECIAL	1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas 	Mandatário em UC de Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas 		Mandatário em Terras Indígenas			
Recreação de contato primário 					
Aqüicultura 					
Abastecimento para consumo humano 	Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento conv. ou avançado	
Recreação de contato secundário 					
Pesca 					
Irrigação 		Hortaliças consumidas cruas e frutas ingeridas com película	Hortaliças, frutíferas, parques, jardins e campos de esporte	Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	

Figura 3 - Classes de enquadramento dos corpos de água segundo as categorias de usos

(FONTE: Resolução CONAMA nº 357/2005)

3.3 HISTÓRICO DO TRATAMENTO DE ÁGUA

Durante muitos anos a qualidade da água não foi considerada um fator primordial, pelas comunidades que surgiram com o fim do nomadismo. Embora algumas características básicas, como os aspectos estéticos (odor, sabor, aparência) tenham influenciado na escolha da fonte. Historicamente, a água pura era aquela limpa, clara, de bom sabor e sem odor. Ainda não era relacionado a água impura a doenças e também não existiam tecnologias para garantir a ausência de microrganismos danosos à saúde (PROSAB, 2009).

Na tabela abaixo estão resumidos alguns fatos e eventos que levaram ao enriquecimento do conhecimento entre a qualidade da água e saúde e nas ações pioneiras de tratamento de água.

Tabela 1 -Eventos históricos que precederam e contribuíram para o desenvolvimento dos sistemas atuais de tratamento de água para o abastecimento

4.000 a.C.	Escritos antigos em sânscrito e grego recomendavam método para tratamento de água. No texto em sânscrito <i>Ousruta Sanghita</i> , e recomendado que a “água impura deve ser purificada pela fervura em fogo ou aquecida ao sol, ou mergulhada na água uma barra de cobre aquecida, ou purificada pela filtração em areia e pedregulho posteriormente resfriada. ”
1.500 a.C	Pela história oral, os egípcios usavam o sulfato de alumínio para a remoção de material em suspensão na água por sedimentação. Nas tumbas de Amenophis I e Ramsés II (em períodos diferentes), há pinturas que descrevem equipamento para tratamento de água.
Século X a.C.	Hipócrates iniciou seus próprios experimentos para a purificação da água. Como as gerações anteriores a sua, ele também acreditou que a água clara e o gosto “bom” significavam pureza e limpeza. Hipócrates projetou um filtro para tratar a água que ele usava em seus pacientes. Posteriormente conhecido como “peneira de Hipócrates, este filtro era um saco de tecido através do qual a água era vertida após ser fervida. O tecido retinha sedimentos que causavam gosto e odor a água.

Cerca de 77 d.C.	Plínio afirmou que a polenta adicionada à água salitrosa (nitrosa) ou amarga a tornaria potável em duas horas e que o calcário de Rodes e a argila da Itália apresentavam propriedades semelhantes. Esta é a primeira citação do uso de cal e alumínio terroso como precipitantes (coagulantes).
1804	É instalada em Paisley, Escócia, a primeira estação municipal de tratamento de água de abastecimento. A água tratada era distribuída por carros tracionados por cavalos.
1835	É instalada em Paisley, Escócia, a primeira estação municipal de tratamento de água de abastecimento. A água tratada era distribuída por carros tracionados por cavalos.
1846	Ignaz Semmelweiss, em Viena, recomendou que o cloro fosse usado para desinfetar as mãos dos médicos entre atendimentos aos pacientes. A mortalidade dos pacientes caiu na proporção de 18 para 1 como resultado dessa ação.
1854	O médico John Snow demonstrou que a epidemia de cólera asiática estava relacionada à água de poço – poço da Broad Street - contaminado por esgoto com o vibrião da cólera. Snow, que desconhecia a existência das bactérias, suspeitou que havia um agente causal que se reproduzia em grande número nos indivíduos doentes, eram expelidos com as fezes e transportados pela água de abastecimento contaminada pelas vítimas.
1864	Louis Pasteur propôs a teoria de que as doenças são causadas por microrganismos (Teoria Microbiana das Doenças).
1884	O professor e médico Theodor Escherich isolou microrganismo das fezes de um paciente com cólera, o qual foi considerado ser o agente etiológico da cólera. Posteriormente, microrganismos semelhantes (bactérias) foram encontrados no cólon de indivíduos saudáveis. O organismo isolado é a atual bactéria <i>Escherichia coli</i> .
1902	O primeiro sistema de abastecimento de água clorada é implantado em Middelkerke, Bélgica. O processo é o ferrocloro, no qual hipoclorito de cálcio e cloreto férrico são misturados, resultando no efeito conjunto de coagulação e desinfecção
1911	Johnson publicou o livro <i>Hypochlorite Treatment of Public Water Supplies</i> , no qual demonstrou que, além da filtração, a inclusão do uso de cloro no tratamento da água reduz significativamente o risco de contaminação por bactérias.

Fontes: Adaptado de PROSAB 5 – Água 1 (PROSAB, 2009)

3.4 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Uma Estação de Tratamento de Água, ou comumente conhecida, ETA, é um local onde a água bruta¹ é transformada em água para consumo humano. Os tratamentos utilizam métodos físico-químicos para eliminação de possíveis impurezas como: sedimentos, areia, peixes, bactérias, vírus, entre outros.

O tratamento de uma ETA convencional é dividido em 4 etapas principais que estão relacionados nos itens descritos abaixo.

3.4.1 Coagulação e Floculação

O processo de coagulação, usado na maioria das estações de tratamento, envolve a aplicação de produtos químicos para precipitação de compostos em solução e desestabilização de suspensões coloidais de partículas sólidas, que, de outra maneira, não poderiam ser removidas por sedimentação, flotação ou filtração. As impurezas presentes na água como areia e sedimentos se unirão em flocos, ou seja, as impurezas uma vez que estavam dispersas na água, se unirão para formar um tipo de “floco”. As figuras 4 e 5 apresentam fotos com os Floculadores e os flocos formados pelo processo, respectivamente.



Figura 4– Floculadores

¹ Água Bruta: água captada diretamente de um rio ou córrego para tratamento em ETA.



Figura 5 - "Flocos" de sedimentos/impurezas

Na ETA, em Lençóis Paulista, o coagulante²utilizado no processo de coagulação é o Policloreto de Alumínio (PAC). Geralmente formulado como " $Al_n(OH)_m Cl_{3n-m}$ " combinado com pequenas quantidades de outros compostos (DA SILVA e TORREZÃO, 2011, p. 10).

A escolha correta do coagulante está diretamente ligada ao processo de clarificação da água. Coagulantes com uma eficiência maior aglomeram melhor os sólidos em suspensão, gerando menos lodo nos decantadores e menos sólidos em suspensão nos filtros.

Segundo Furtado (2009), o coagulante mais utilizado no tratamento de água é o Sulfato de Alumínio ($Al_2(SO_4)_3$). Porém, devido à grande alteração causada no pH quando este coagulante é adicionado ao tratamento e também a necessidade de adição de Hidróxido de Sódio (NaOH) para a correção do pH, o uso desse produto torna o processo muito dispendioso.

Em contrapartida, o PAC apresenta pouca variação de pH na água que está sendo tratada, o que, conseqüentemente, diminui o uso de agentes neutralizantes como a cal, barrilha ou soda caustica, levando assim a uma diminuição nos custos desse processo. Além disso, a sua grande capacidade coagulante, o PAC é dosado de duas a oito vezes menos que o Sulfato de Alumínio, gerando menos lodo. Outra vantagem que pode ser citada consiste no seu elevado poder de clarificação, necessitando de menores quantidades de cloro e facilitando o processo de filtração (FURTADO, 2009).

² Produto natural ou químico, usado para espessar líquidos, eventualmente separando a sua fase sólida.

A figura 6 apresenta um diagrama comparativo do tamanho do floco (TF) em função do pH, para dois reagentes usados no processo de coagulação e floculação para PAC e Sulfato de Alumínio.

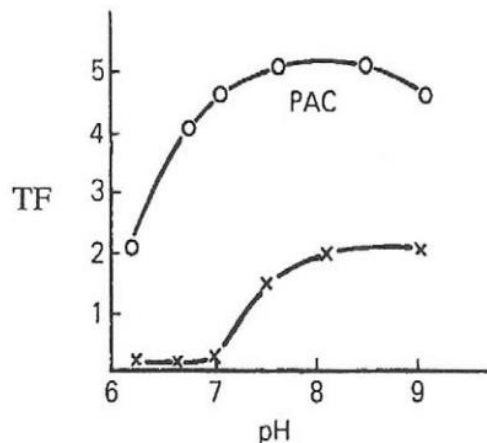


Figura 6—Diagrama comparativo do Tamanho do Floco (TF) formado em função do pH, onde “o” representa o PAC e o “x” representa o sulfato de alumínio.

(Fonte: (CONSTANTINO e YAMAMURA, 2009)).

3.4.2 Decantação

Decantação ou sedimentação consiste de um processo dinâmico de separação de partículas sólidas suspensas nas águas. Normalmente a água contém materiais finamente divididos, no estado coloidal, ou em solução, que não podem ser removidos por sedimentação simples, sendo necessária a adição de coagulante para formar aglomerados ou flocos que sedimentam com facilidade.

A sedimentação, com coagulação prévia, é um processo de clarificação usado na maioria das estações de tratamento, visando reduzir a carga de sólidos aplicada aos filtros.

A sedimentação de partículas flocculantes é usualmente chamada de decantação (Figura 7) e, as unidades onde se realiza este processo, de tanques de decantação, ou simplesmente de decantadores (Figura 8).



Figura 7 - Flocos decantados



Figura 8 - Decantadores

3.4.3 Filtração

Após o processo de decantação a água tratada ainda passa por filtros para que aconteça mais um processo de separação, para que impurezas que não foram removidas pelo processo de floculação/decantação sejam retidas, como, por exemplo, sólidos em suspensão. A figura 9 apresenta um filtro utilizado para essa finalidade.

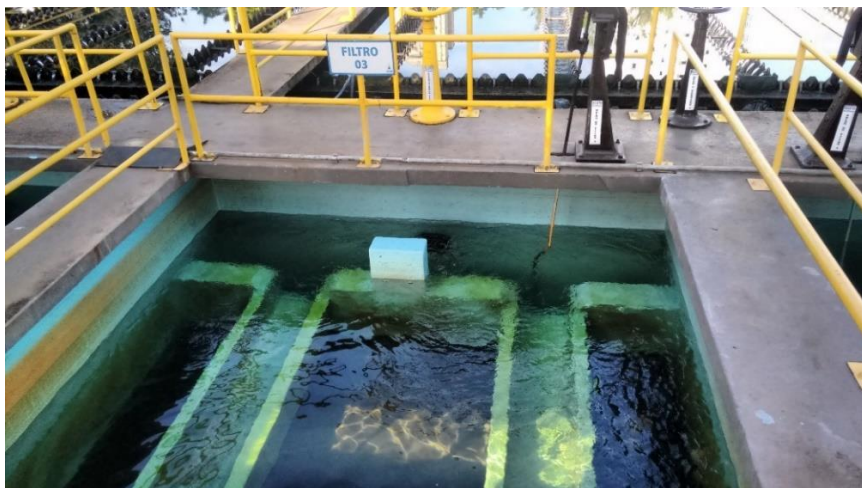


Figura 9– Filtro Rápido

3.4.4 Cloração e Fluoretação

Com o intuito de eliminar diversos agentes patogênicos na água, adiciona-se o Hipoclorito de Sódio e o Ácido Fluorsilícico. Após este processo a água já está pronta para a distribuição.

Inicialmente o uso de cloro na desinfecção da água começou com a aplicação do hipoclorito de sódio (NaOCl), obtido pela decomposição eletrolítica do sal (MEYER, 1994). O principal escopo da cloração é a eliminação de microrganismos patogênicos, a oxidação (alteração das características da água pela oxidação de compostos presentes nela) ou ambos objetivos concomitantes (BAZZOLI, 1993).

Desde 1974 o uso de Flúor para o tratamento de água é obrigatório para águas de abastecimento (BRASIL, 1975). A Fluoretação (adição controlada do Flúor) às águas de abastecimento público foi utilizada como estratégia de saúde pública para prevenir a cárie dentária, teve início com três estudos pioneiros em 1945 nos Estados Unidos (Grand Rapids, Michigan; e Newburgh, estado de New York) e no Canadá (Brantford, Ontario) (SÁUDE, 2009).

A figura 10 resume o processo de tratamento da água bruta por uma ETA convencional, mostrando a seqüência dos processos.



Figura 10 - Fluxograma de tratamento de água.

3.5 DESSALINIZAÇÃO

Devido ao grande crescimento populacional e, principalmente, do padrão de vida de vários países emergentes durante a segunda metade do século XX, foi desenvolvido um grande avanço na criação de tecnologias para suprir o consumo de água potável no globo. Com o aumento da demanda de água tanto para uso industrial como doméstico, houve a necessidade de que tais técnicas fossem otimizadas em larga escala, já que seu uso indevido e a poluição das fontes de água limpa culminaram em sua escassez (MILLER, HILLA e SEMIAT , 2014).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), as estatísticas mostram que 20% da população mundial residem em países onde há grande dificuldade de acesso a água potável. Essa escassez tornou a dessalinização a maior fonte provedora de água no mundo. Dessalinização é o processo físico-químico de remoção de sais ou substâncias dissolvidas na água que podem ocasionar algum problema, seja para consumo humano, agrícola ou uso industrial (SABESP, 2015).

O processo de dessalinização pode ser realizado por vários métodos:

- Osmose Reversa (Reverse Osmosis - RO).
- Destilação de Multiestágios (Multi-stage Flash distillation – MSF)
- Destilação de Multi-Efeito (Multi-effect Distillation – MED)

Devido a sua grande versatilidade, a Osmose Reversa é a tecnologia mais aplicada para a dessalinização. Fatores como baixo custo, menor demanda de energia e longa durabilidade da membrana tem sido responsável por essa técnica apresentar a maior utilização em 2013 para conversão da água salina³ em água potável. Sendo um total de 65% de toda a água produzida por dessalinização, em contrapartida da MSF (22%) e a MED (8%)(MILLER, HILLA e SEMIAT , 2014).

³ Água provida do mar, com grande quantidade de sais e matéria orgânica.

3.5.1 Osmose Reversa

A Osmose Reversa é um processo de separação da água e dos sais minerais contidos nela. Este processo ocorre quando se aplica uma pressão sobre a água salgada que atravessa uma membrana semipermeável, que irá separar água em permeado e rejeito. O rejeito seriam os sais que não passam pela membrana e que serão descartados e o permeado, a água que passa pela membrana com um alto grau de pureza. Este processo remove a maioria dos componentes orgânicos e até 99% dos sais dissolvidos (PESSOA, 2000).

Na figura 11 é possível observar o funcionamento de uma membrana semipermeável, onde é exercida uma pressão para que o solvente (água) passe do meio mais concentrado de soluto para o menos concentrado, essa pressão precisa ser superior a pressão osmótica⁴ (JUAN, 2000). Além disso, esta membrana só é permeável a água (FLUID BRASIL, 2009).

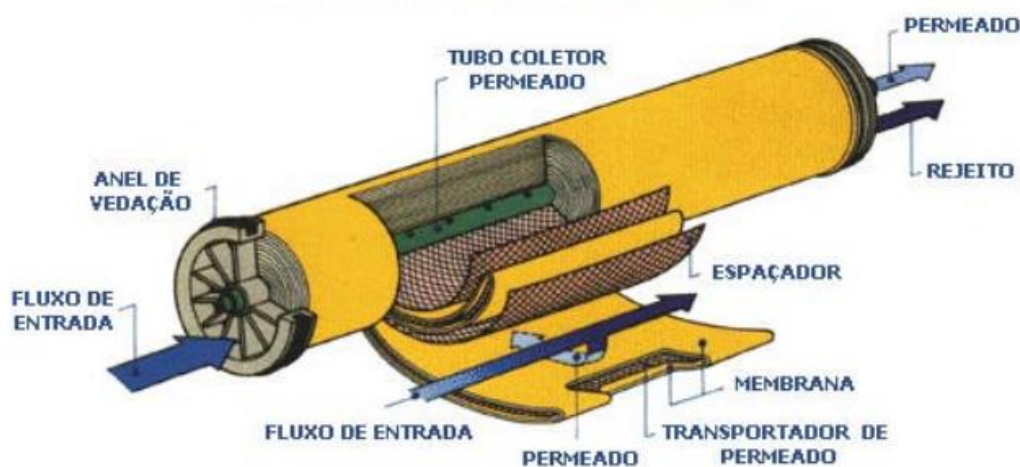


Figura 11 - Membrana Osmose Reversa

O processo de Osmose Reversa é o método mais difundido para recuperação de água no Nordeste Brasileiro. O uso dessa técnica é muito rotineiro, o baixo consumo de energia e mão de obra disponível, a possibilidade de se tratar pequenos volumes de água bruta, a fluidez e continuidade do processo são fatores que influenciam a versatilidade desta técnica. Entretanto, já que o processo visa a separação dos íons da água salobra para a produção de uma água mais limpa, há a

⁴ Pressão Osmótica é a pressão necessária que precisa ser aplicada para evitar a osmose.

geração de um resíduo que é uma água com uma concentração maior de íons do que a água salobra inicial. Sendo assim, o processo gera um resíduo altamente perigoso com elevado potencial contaminante (PORTO, AMORIM e ARAÚJO).

3.6 QUALIDADE

Desde 2011, todos os laboratórios que realizam análises para o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano devem comprovar a existência de um sistema de gestão da qualidade baseado na norma NBR ISO/IEC 17025:2005 ou ter um laboratório conveniado ou subcontratado por ele que atenda a este requisito (MISTÉRIO DA SAÚDE, 2011).

A ISO 17025 é uma norma estabelecida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) com o intuito de se criar Sistemas de Gestão de Qualidade (SGQ) para laboratórios que realizam ensaios ou calibrações. De modo que este laboratório deve possuir a certificação, atendendo a uma série de requisitos e parâmetros estabelecidos para que a qualidade dos laudos e análises sejam confiáveis (ABNT, 2005).

Um SGQ é um tipo de sistema que visa organizar toda a sistemática da rotina do laboratório. Desde contratação de pessoal técnico especializado até o gerenciamento de análises e entrega de laudos válidos para seus clientes.

“O laboratório deve estabelecer, implementar e manter um sistema de gestão apropriado ao escopo de suas atividades. O laboratório deve documentar suas políticas, sistemas, programas, procedimentos e instruções, na extensão necessária para assegurar a qualidade dos resultados de ensaios e/ou calibrações... (ABNT, 2005, p. 3)”

3.6.1 ISO 9001:2000

Os laboratórios da ETA “Oswaldo Pereira de Barros” trabalham sobre um SGQ baseado na norma ISO 9001:2008. Amplamente conhecida por todo setor industrial como uma norma básica para se gerenciar qualquer sistema de produção com qualidade.

Segundo Walter (2005), a ISO 9001:2000 está concentrada na eficácia do sistema de gestão da qualidade para que os requisitos estabelecidos pelo cliente sejam conhecidos e atendidos. Esta norma parte do pressuposto do planejamento, ou seja, a metodologia PDCA (Plan / Do / Check / Act) – planejar, realizar, verificar, agir - constituem um artifício gerencial de extrema importância para que o processo se realize em conformidade com os requisitos estabelecidos pelos clientes e para os serviços/produtos.

3.6.2 ISO:IEC 17025:2005 na ETA

Nos últimos 3 anos o SAAE de Lençóis Paulista tem trabalhado para a implantação e acreditação da ISO 17025.

“A acreditação é uma ferramenta estabelecida em escala internacional para gerar confiança na atuação de organizações que executam atividades de avaliação da conformidade....

...um sistema concebido para acreditar serviços de avaliação da conformidade dos OACs deve transmitir confiança para o comprador e para a autoridade regulamentadora (INMETRO, 2012).”

Em parceria com a International Electrotechnical Commission (IEC), a ISO define, para laboratórios de ensaio ou calibração, a norma ISO/IEC 17025, a qual estabelece requisitos básicos para a padronização de laboratórios a nível internacional (SANTOS, 2011).

O Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) dos laboratórios foi estruturado de forma gerenciar toda a rotina do laboratório. A figura 12 mostra a estrutura de documentos dentro do SQG.



Figura 12 - Pirâmide Documentacional.

A estrutura da documentação é apresentada no Manual da Qualidade contemplando 4 níveis: O 1º nível o Manual da Qualidade, em 2º nível os Documentos Externos, em 3º nível os Procedimentos referentes ao Sistema, em 4º nível os Procedimentos Operacionais Padrão (POP) e por fim, o 5º nível dos Registros da Qualidade.

Para que todo o SGQ funcione, o conhecimento da estrutura organizacional do mesmo deve ser divulgado por toda parte técnica e administrativa dos laboratórios.

Os laboratórios apresentam metodologias analíticas confiáveis e certificadas por organizações internacionais, assim como equipamentos devidamente calibrados e uma rotina de laboratório que visa atender aos parâmetros estipulados pela portaria normativa nº2914 e a ISO/IEC 17025.

A figura 13 mostra o plano de qualidade do laboratório, com todas os parâmetros analíticos das análises que são realizadas. Com o intuito de demonstrar o compromisso do laboratório em zelar pela qualidade do seu trabalho oferecido a seus clientes.

Figura 13 - Plano de Qualidade.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A ETA “Oswaldo Pereira de Barros” está localizada no município de Lençóis Paulista (SP), cuja população é de 70.331 habitantes segundo IBGE (2013). A qual abastece cerca de 84% da população da cidade, o restante da população é abastecido por 10 poços semi artesianos que pertencem ao aquífero Guarani e Serra Geral (figura 14)(SAAE, 2013).

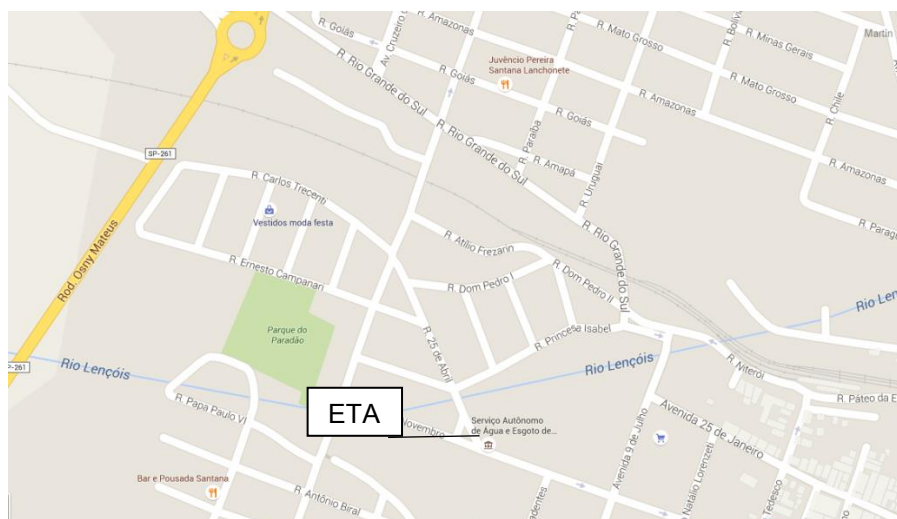


Figura 14 - Localização da ETA.

Atualmente a ETA trata cerca de 22.622.000 milhões de água por dia. Para garantir a qualidade da água distribuída para a população os laboratórios do SAAE executam análises diárias para controle de qualidade e potabilidade da água.

4.2 BASE DE DADOS

Durante o mês de outubro de 2015, foram coletados dados analíticos referentes as análises realizadas nos laboratórios Físico-Químico e Microbiológico da ETA do SAAE de Lençóis Paulista, com o intuito de avaliar a qualidade da água distribuída no município e a eficiência do tratamento, utilizando como parâmetros as portarias vigentes de tratamento e distribuição de água. Os dados utilizados para o presente trabalho foram obtidos através de planilhas de controle operacional da ETA.

Neste trabalho foram avaliados 5 parâmetros de análise de água, dos quais 3 são Físico-Químicos e 2 Microbiológicos, como relacionado na tabela 2.

Etapa	Turbidez	pH	Cloro	Bactérias Heterotróficas	Coliformes Totais
Água Bruta	30	30	X	X	X
Água Tratada	30	30	30	30	30

Tabela 2 -Parâmetros Analisados na ETA e Quantidade de Dados.

4.3 METODOLOGIAS UTILIZADAS

Todos os ensaios realizados nas amostras tomaram como referência o “*Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater – 22ª Edition*”. Que é uma coletânea de análises voltadas para o tratamento de água e obedece a normas regulamentadas (WEF, 2014).

4.3.1 Características Físicas

4.3.1.1 Turbidez

A turbidez, propriamente dita, depende da quantidade de matéria suspensa na água, podendo ser composta por argila, plânctons, areia, dentre outros. A água bruta tem a turbidez influenciada pelo regime de chuvas da região, onde a ETA está inserida, e da vegetação da bacia hidrográfica (VIANNA, 1992).

A metodologia da avaliação da turbidez fundamenta-se na comparação entre a intensidade da luz que é dispersa em uma amostra. A quantidade de partículas em suspensão em uma amostra determina o valor de turbidez, sendo dependente do número de partículas em suspensão como argila, areia, plânctons, dentre outros (WEF, 2014).

A turbidez não é apenas um parâmetro estético para água, mas também um parâmetro sanitário. Já que a remoção da turbidez é primordial para se adquirir uma boa eficiência na desinfecção, uma vez que os microrganismos utilizam as partículas suspensas como escudo contra agentes desinfetantes (BRAGA, 2014). A Figura 15 apresenta um turbidímetro utilizado nessas medidas.



Figura 15 - Turbidímetro

4.3.2 Características Químicas

4.3.2.1 Cloro

O cloro é um agente bactericida. É adicionado durante o tratamento com o objetivo de eliminar bactérias e outros microrganismos que podem estar presentes na água. Para consumo humano, de acordo com a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde(2010), uma concentração mínima de 0,20 mg/L de cloro residual e no máximo 2,00 mg/L.O cloro é comercialmente vendido e utilizado como Hipoclorito de Sódio (NaClO). A metodologia utilizada para a análise de Cloro Residual Livre foi o “DPD Colorimetric Method” (WEF, 2014). A Figura 16 apresenta um equipamento utilizado na medição de cloro.



Figura 16 - Colorímetro para medição de Cloro

4.3.2.2 pH (Potencial Hidrogênioônico)

O pH traduz a acidez ou alcalinidade da água, representada pela concentração de íons H^+ dissolvidos na água. O pH é primordial para que os processos de coagulação, floculação, filtração e desinfecção ocorram de forma eficiente, sendo monitorado durante todo o processo de tratamento (BRAGA, 2014).

O controle do pH é fundamental no processo de tratamento da água. Variações muito grandes de pH fazem com que o agente floculante/coagulante não alcance sua melhor eficiência, e talvez, em muitos casos, não consiga executar o processo. Sendo assim, se torna primordial as condições adequadas de pH para que a ETA possa realizar o tratamento da água.

A metodologia utilizada para a determinação do pH utilizou o eletrodo de íon seletivo (Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater – 22^a Edition 4500 – H + B. Electrometric Method) (WEF, 2014). A Figura 17 apresenta um pHmetro usado nas determinações cotidianas de pH.

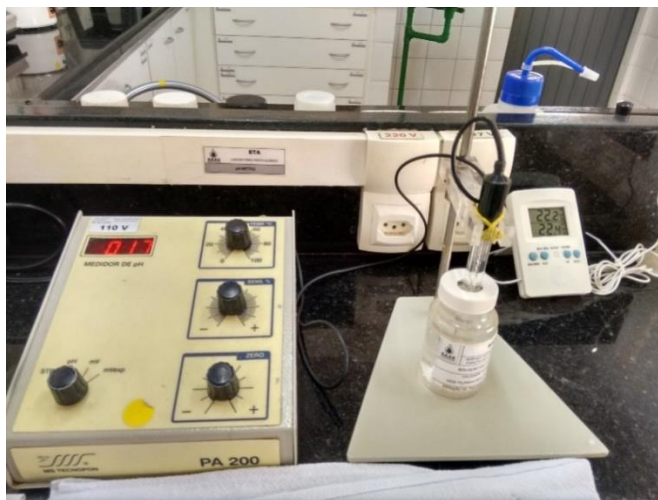


Figura 17 - pHmetro

4.3.3 Características Microbiológicas

A grande maioria das doenças que estão associadas à água é transmitida por microrganismos de origem fecal. Portanto, o monitoramento microbiológico da água tratada é de extrema importância para assegurar sua qualidade (LIBÂNIO, 2010).

4.3.3.1 Bactérias Heterotróficas

A Contagem de Placa Heterotrófica (HPC), anteriormente conhecida como a contagem padrão em placas, consiste em um procedimento para estimar o número de bactérias heterotróficas vivas em água e medir as mudanças durante o tratamento e distribuição de água(WEF, 2014).

O teste inclui a detecção inespecífica de bactérias ou esporos de bactérias, sejam de origem fecal, componentes de flora natural da água ou resultantes da formação de biofilmes no sistema de distribuição (SAAE, 2013). Segundo o Ministério da Saúde (2011), é admissível até 500 UFC⁵ em 100 ml de amostra. As principais bactérias patogênicas presentes em águas de distribuição são: *Campylobacter jejuni*, *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio cholerae* e *Yersinia enterocolitica*(BERNARDO e PAZ, 2010). A Figura 18 apresenta uma placa usada para a contagem de Bactérias.



Figura 18 - Placa para contagem de Bactérias.

4.3.3.2 Coliformes Totais

A avaliação de coliformes fecais é uma análise utilizada como indicadora de possível contaminação microbiológica (SAAE, 2013). O teste de Presença-Ausência (P-A) é uma metodologia muito simples da determinação qualitativa para *coliformes*. Os coliformes fecais são bactérias que normalmente vivem no intestino de animais de sangue quente, embora alguns tipos possam ser encontrados também no meio

⁵ Unidades Formadoras de Colônias por mililitro (UFC/ml)

ambiente. O microrganismo mais utilizado como indicador é uma espécie de coliformes termotolerantes, a *Escherichia coli* (*E. coli*), o qual é de origem fecal (LIBÂNIO, 2010). A figura 19 mostra a bolsa para coleta da amostra de água a ser analisada juntamente com o *colilerte*, que serve como cultura para as bactérias do meio.



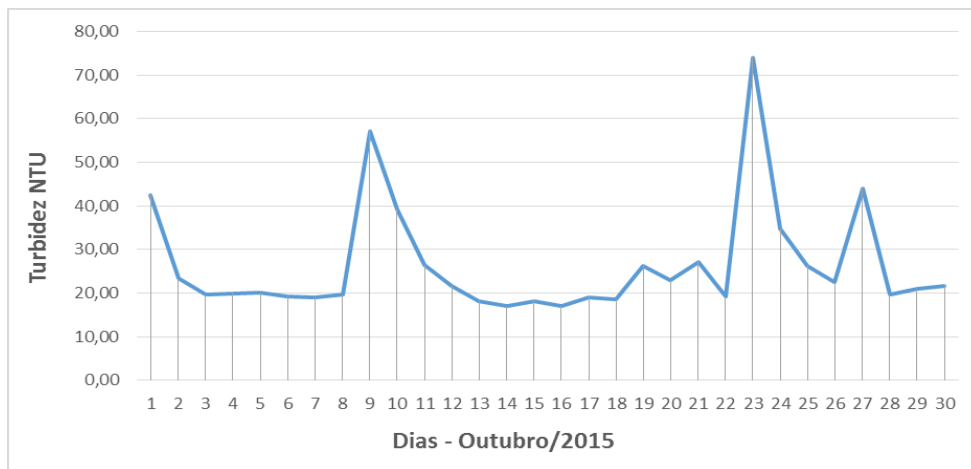
Figura 19 - Material ensaio Colilerte

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Turbidez

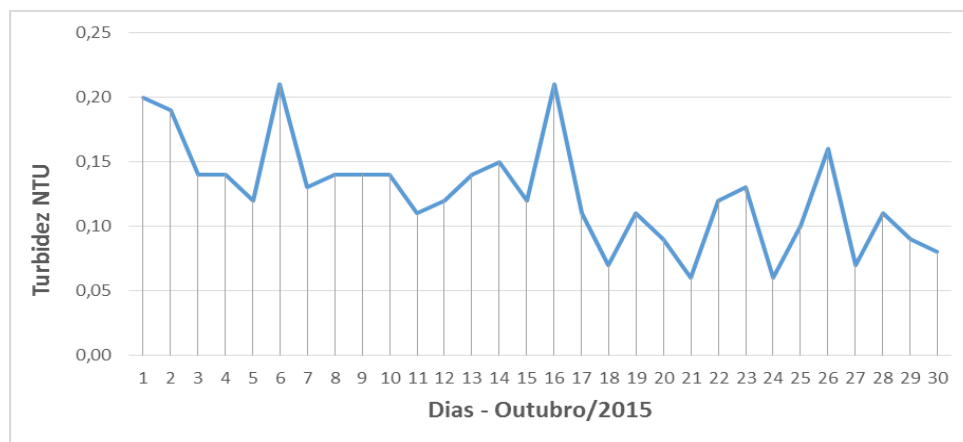
Como podem ser observados no gráfico 1, os valores de turbidez da água bruta a apresentaram picos acentuados de valores elevados entre os dias 9 a 11 e 23 a 25 do mês de coleta dos dados, mostrando uma média de 26,51 NTU. Esse valor médio pode ser considerado razoável, sendo justificado pela baixa ocorrência de precipitação nesse período. Apesar disso, o tratamento da água foi minimizado devido ao menor uso de PAC no processo de coagulação.

Gráfico 1 - Valores de Turbidez em NTU (Água Bruta).



Em relação à água tratada a média de turbidez foi 0,13 NTU, um resultado excelente já que a portaria vigente determina que a turbidez para a água distribuída a partir da ETA deve ficar entre 0 e 0,5 NTU (MISTÉRIO DA SAÚDE, 2011). Mostrando uma redução de 99,5% do valor de turbidez inicial (gráfico 2).

Gráfico 2 - Valores de Turbidez em NTU (Água Tratada).

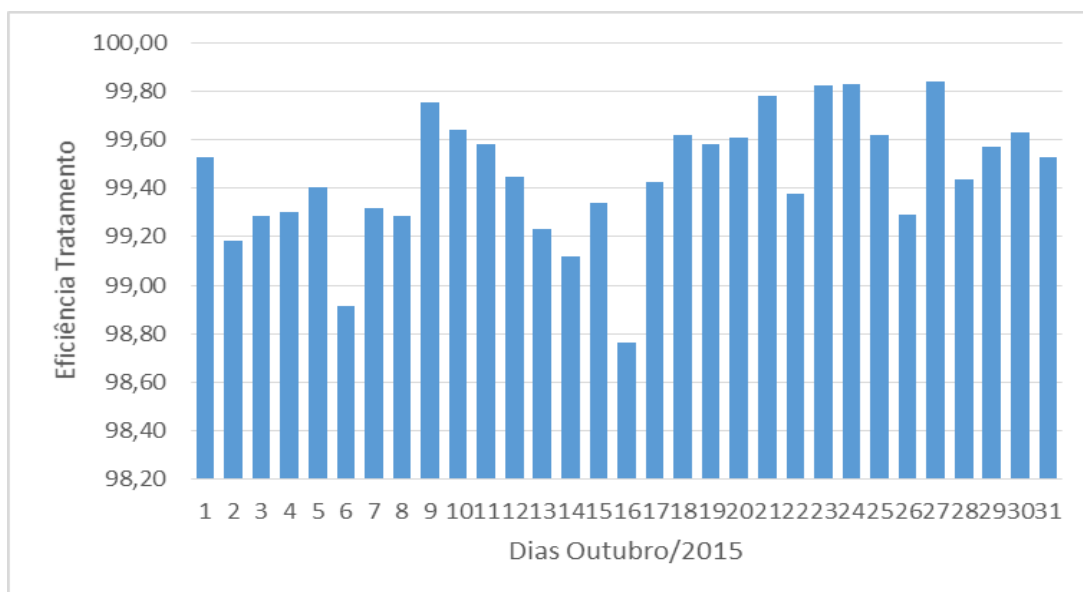


Ao relacionar o atendimento ao padrão de potabilidade da água com os valores de turbidez, é possível verificar que a média da turbidez do mês de outubro está abaixo de 0,15 NTU. Segundo Viena *et al*(2013), a remoção da turbidez atingindo valores muito baixos, significa uma remoção eficiente de protozoários, sendo que a média de 0,15 NTU equivale a 3,5 log de oocistos de *Cryptosporidiu*.

Considerando o gráfico 3 é possível constatar que a eficiência do processo de eliminação da turbidez foi substancial, com uma média de eficiência de 99,45%, comprovando que o processo primário do tratamento da ETA é muito eficaz,

resultando em uma melhor qualidade na água distribuída para o município. Vale ressaltar que a turbidez abaixo de 0,30 NTU oferece uma barreira adicional para os cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium*.

Gráfico 3 - Eficiência do processo turbidez.



5.2 Cloro Residual Livre

A portaria Nº 2914 do Ministério da Saúde (2011), estabelece que a concentração de cloro segura para consumo humano deve ser no mínimo 0,5 mg/L e no máximo 2,0 mg/L (ou ppm), sendo que a cloração é realizada na água tratada que sai dos filtros rápidos utilizando Hipoclorito de Sódio.

A dosagem de cloro é necessária para a descontaminação da água, devido à presença de possíveis microrganismos patogênicos que não foram eliminados nos processos anteriores. O cloro residual livre, propriamente dito, existe na água sob a forma de ácido hipocloroso e de íon hipoclorito, cuja medida assegura a qualidade bacteriológica da água(DYCHDALA, 1977).

Com a presença de manganês e ferro na água, a cloração será afetada. Se o pH estiver muito elevado para que ocorra a formação de hidróxidos e a quantidade de cloro presente for suficiente, os metais poderão ser oxidados às suas formas de

hidróxidos solúveis. Nitritos, quando presentes na água, também podem ser oxidados pelo cloro (MEYER, 1994).

O processo de dosagem do Hipoclorito de Sódio na ETA “Oswaldo Pereira de Barros” é realizado de forma contínua através de uma bomba dosadora, que transporta o Hipoclorito de Sódio até o reservatório de água tratada que será distribuída pela rede.

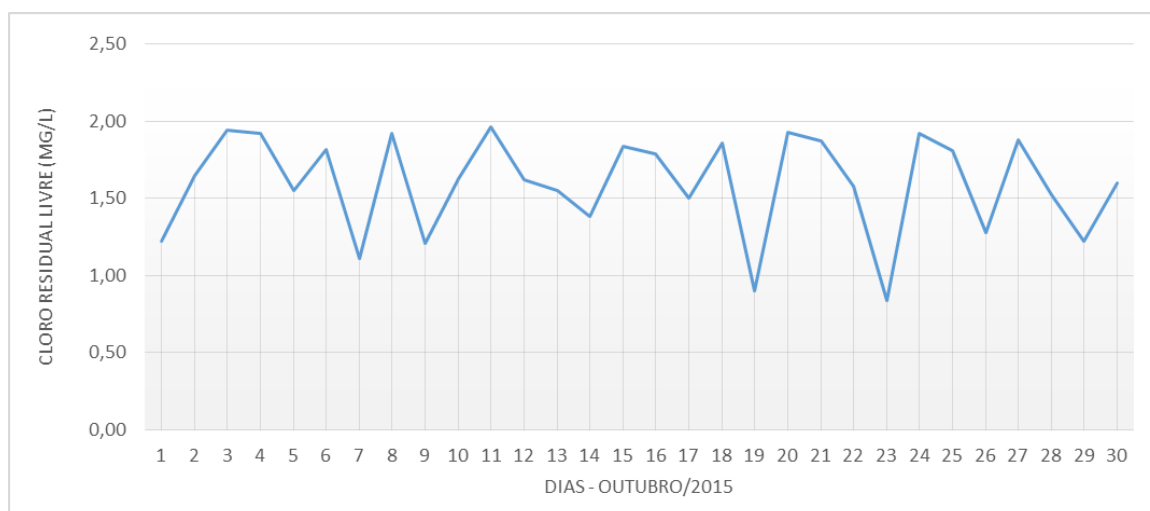
O cloro tem um cheiro muito característico, podendo ser irritante aos olhos, nariz e pele. Portanto, a dosagem correta desse agente oxidante é de extrema importância, para a segurança dos operadores da ETA e clarificação da água.

Os dados coletados durante o mês de outubro revelam que a ETA em questão produziu água tratada dentro dos parâmetros estabelecidos pela portaria normativa Nº 2914 do Ministério da Saúde. A média das análises foi 1,59 mg/L de cloro residual livre, o que é muito satisfatório para o tratamento de água do Estado de São Paulo.

O maior valor encontrado no intervalo de análises foi 1,96 mg/L e o menor 0,84 mg/L, o que satisfaz a portaria e também mostra um controle muito preciso de dosagem de hipoclorito de sódio que é imprescindível para uma boa manutenção da água distribuída para o município, sem que haja qualquer transtorno por excesso de cloro na água da população lençoense.

O gráfico 4 ilustra a distribuição dos valores obtidos durante o período das análises, onde é possível observar que os valores ficaram em média entre 1,00 mg/L e 1,90 mg/L.

Gráfico 4 - Valores Cloro Residual Livre (mg/L)



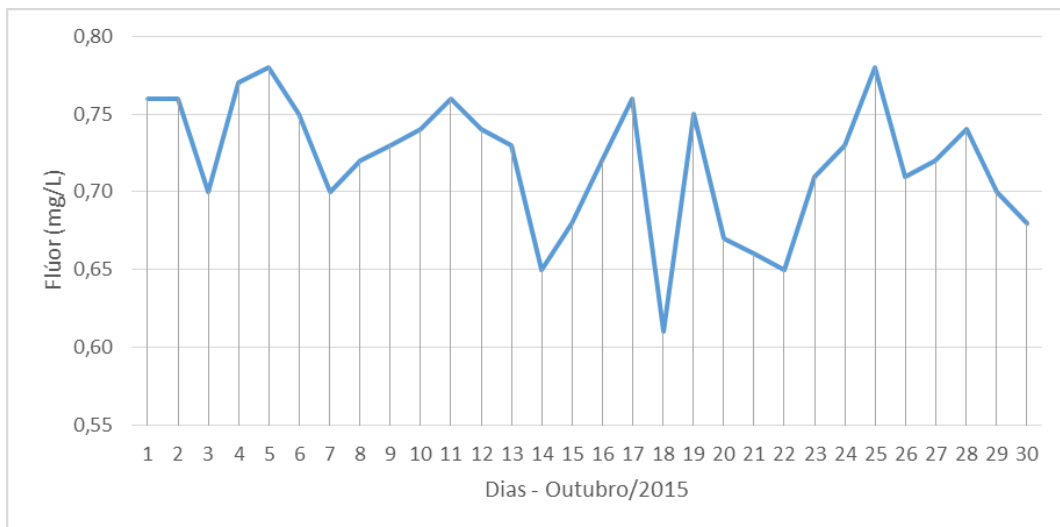
5.3 Flúor

A Fluoretação é uma etapa do processo de desinfecção da água. Segundo o Ministério da Saúde (2010), o Ácido Fluorsilícico é necessário para a prevenção de cárie dentária.

A eficiência da tecnologia de Fluoretação é uma das principais razões que justificam o seu emprego, em todo o mundo e também no Brasil. Uma pesquisa brasileira mostrou que o custo médio per capita/ ano na cidade de São Paulo foi de R\$ 0,08 (US\$ 0,03) em 2003(SAÚDE, 2009).

O gráfico 5 mostra a distribuição dos valores de flúor em uma amostra de 50 ml de água tratada durante o mês em questão. A média dos valores de flúor foi de 0,72 mg/L, o que comprova que a ETA alcançou os padrões de potabilidade exigidos para a concentração de Flúor que deve estar entre 0,60 mg/L a 0,80 mg/L, como estipulado pela portaria normativa nº 2914 e o Conselho Federal de Odontologia.

Gráfico 5 - Valores de Flúor determinados no mês de outubro (mg/L)



5.3.1 Comparação com o Estado de São Paulo

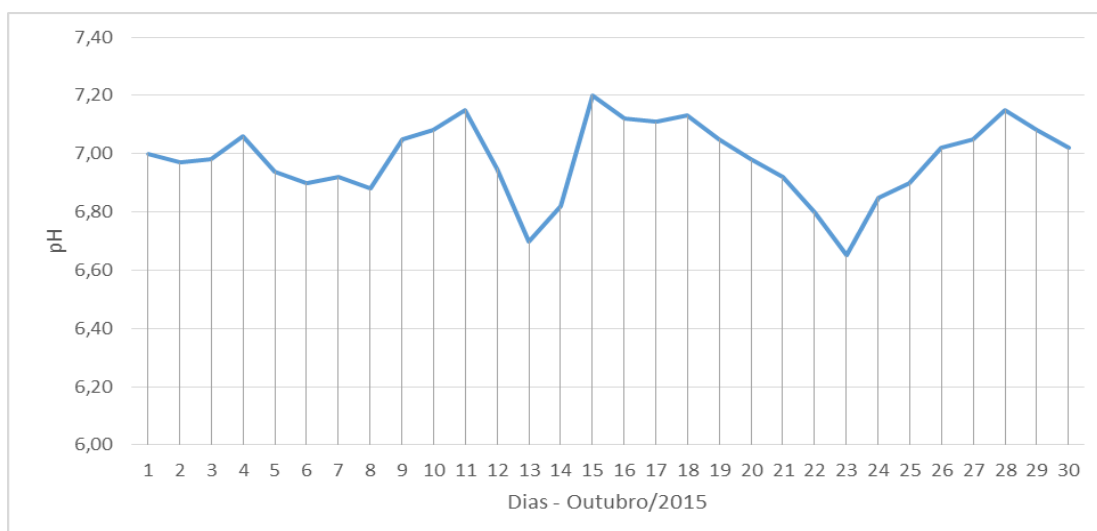
Segundo um levantamento realizado em agosto de 2015 pelo Conselho Regional de Odontologia de São Paulo (CROSP) em parceria com o Ministério da Saúde e UNICAMP, foram analisadas amostras de água de mais de 98% dos 645 municípios do Estado de São Paulo. A pesquisa concluiu que 30% dos municípios analisados apresentavam níveis inadequados de flúor, em outras palavras, a cada 10 amostras coletadas, 3 não atendiam a portaria normativa vigente (ODONTOLOGIA, 2015).

5.4 pH

O método utilizado para a determinação do pH em amostras de água tratada revelou que a água distribuída para o município de Lençóis Paulista naquele mês teve uma média de 6,98 na escala do potencial Hidrogênioônico.

Segundo a portaria vigente nº2914, o pH da água de saída da rede de tratamento, ou seja, das águas de abastecimento que irão para a rede de distribuição deve estar na faixa de no mínimo 5,0 e o máximo de 9,0. A ETA de Lençóis conseguiu produzir água de excelente qualidade mostrando que o pH variou muito pouco durante os dias de coleta como mostrado no gráfico 6.

Gráfico 6 - pH água tratada.



Parte deste excelente controle de pH se deve as características físico-químicas do Rio Lençóis presentes em seu solo. Segundo a FEHIDRO (Fundo Estadual de Recursos Hídricos) (2012), o solo da bacia Tietê-Jacaré, a qual compreende o Rio Lençóis, possui a predominância de Latossolo Vermelho e suas subclasses (90%), Argissolo (7%) e Litossolo (1%).

A presença dessa composição de solo não altera em grande escala o pH da água bruta, que se mantém entre 6,80 e 7,30 durante grande parte do ano, facilitando assim, o processo de floculação e o tratamento da água.

Outro fato importante para o controle do pH é uso do correto coagulante/floculante. O uso Policloreto de Alumínio (PAC) é muito eficiente, já que não há grande variação do pH quando este é usado, diferentemente de outros coagulantes utilizados em outros processos de tratamento de água como o Sulfato de Alumínio.

A figura 20 mostra a diferença quando se usa o PAC e o Sulfato de Alumínio. O PAC permite uma grande faixa de dosagem sem grande alteração do pH. O Sulfato de Alumínio chega a variar até duas casas na escala potenciométrica com a variação de ppm, enquanto o PAC varia apenas uma. Isso favorece o tratamento, já que não haverá necessidade de se usar nenhum agente neutralizante, como o Hidróxido de Sódio, para deixar o pH em uma faixa aceitável para o consumo humano.

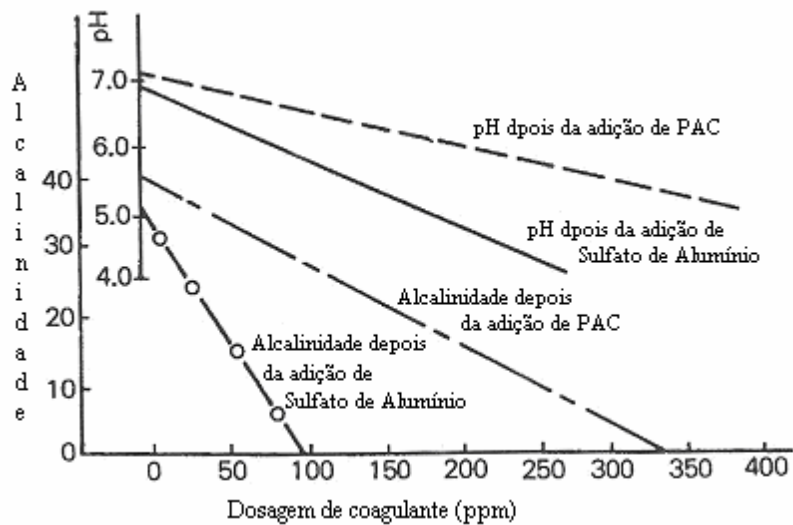


Figura 20 – Relação pH e diferentes flocculantes.

Fonte: Hidroall

5.5 Coliforme total

Os Coliformes termotolerantes (antigamente conhecido como coliformes fecais) compreendem o gênero *Escherichia* e, em menor escala, espécies de *Klebsiella*, *Citrobacter* e *Enterobacter*. Apesar desta denotação, o grupo engloba também bactérias de origem não exclusivamente fecal, embora em uma menor proporção que o grupo das coliformes totais. Algumas espécies são encontradas em águas ricas em matéria orgânica, efluentes industriais (como, *Klebsiella pneumoniae*) (BAGLEY e SEIDLER, 1977), ou em material vegetal e solos ricos em decomposição. Além disso, principalmente em climas tropicais, mesmo que originalmente introduzidas na água por poluição fecal podem adaptar-se ao meio aquático (LOPEZ-TORREZ, HAZEN e TORANZOS, 1987).

Durante o mês em questão foram realizadas 16 amostras de água tratadas da ETA, a tabela 3 resume os resultados analíticos obtidos para essas amostras.

Tabela 3–Análises Microbiológicas

Data	Coliforme Total	Escherichia coli
01/10/2015	Ausente	Ausente
02/10/2015	Ausente	Ausente
03/10/2015	Ausente	Ausente
07/10/2015	Ausente	Ausente
08/10/2015	Ausente	Ausente
09/10/2015	Ausente	Ausente
14/10/2015	Ausente	Ausente
15/10/2015	Ausente	Ausente
16/10/2015	Ausente	Ausente
17/10/2015	Ausente	Ausente
21/10/2015	Ausente	Ausente
22/10/2015	Ausente	Ausente
23/10/2015	Ausente	Ausente
24/10/2015	Ausente	Ausente
28/10/2015	Ausente	Ausente
29/10/2015	Ausente	Ausente

Devido ao processo de desinfecção pelo Cloro é muito rotineiro encontrar resultados analíticos como os explícitos na tabela 3. Resultados positivos para Coliforme Total e Escherichia coli não são desejados em um processo de tratamento de água, já que sua presença pode ocasionar diversas DTA's em humanos.

O processo de análise para esses coliformes se dá pela coloração das amostras e pela fluorescência das mesmas. Após o condicionamento de uma amostra durante 24 horas com o substrato de *Colilert*, está pode apresentar coloração amarela (positivo para Coliformes Totais) ou transparente (negativo para Coliformes Totais) (Figura 20). O reagente *Colilert* é específico para Escherichia coli, o que elimina a possibilidade de falsos positivos causado por *Kebsiella pneumoniae* (INDEXX, 2012).



Figura 21 - Amostras positiva e negativa para Coliformes Totais.

Já no caso de amostras que emitem fluorescência ao serem colocadas sob uma fonte de luz de UV de 365 nm, podem apresentar resultado positivo para *Escherichia coli* (Figura 21).



Figura 22 - Amostras sob lâmpada UV 365 nm.

5.6 Bactérias Heterotróficas

A contagem de bactérias heterotróficas é um parâmetro muito utilizado para a qualidade da água potável. Atualmente a portaria em vigor nº 2914 estabelece que em uma amostra de 100 ml de água tratada não deve exceder uma contagem de

500 unidades Formadoras de Colônia por mililitro (UFC/ml) (DOMINGUES, TAVARES, *et al.*, 2007).

Este parâmetro indica a presença e quantidade de microrganismos que necessitam de carbono orgânico como fonte de nutrientes, ou seja, bactérias heterotróficas. Este teste inclui a detecção, mesmo que não específica, de bactérias e esporos de bactérias, podendo ser de origem fecal, componentes da flora natural da água entre outros. Este parâmetro serve como um indicador de possíveis falhas no processo de desinfecção (GUERRA, OTENIO, *et al.*, 2006).

A tabela 4 apresenta os resultados analíticos para contagem de bactérias heterotróficas em outubro de 2015. A ETA de Lençóis Paulista, conseguiu resultados dentro do limite de 500 UFC/ml estipulado pela portaria normativa do Ministério da Saúde. Mostrando que a eficiência do processo de desinfecção é compatível com os parâmetros propostos pelo padrão de qualidade esperado para água utilizada para consumo humano.

Tabela 4 - Contagem de Bactérias Heterotróficas.

Data	Bactérias Heterotróficas (UFC/ml)
01/10/2015	10
08/10/2015	14
14/10/2015	10
23/10/2015	16
28/10/2015	18

6 CONCLUSÃO

Inicialmente, pode se concluir que, de forma geral, os 6 parâmetros analisados para a água tratada mostraram que o SAAE de Lençóis Paulista atende aos requisitos exigidos pelo Ministério de Saúde para a potabilidade de água para consumo humano.

As técnicas de floculação/coagulação merecem uma atenção especial pela tecnologia usada. O Policloreto de Alumínio (PAC) é apontado em diversos estudos como o melhor floculante a ser usado no tratamento de água, mostrando um alto custo/benefício, menor dosagem do produto por volume de água tratada dispensando o uso de produtos como o Hidróxido de Sódio para ajuste do pH.

Com relação ao processo de desinfecção a ETA mostrou que conseguiu atingir a meta estabelecida pela portaria para água tratada. Com valores de cloro e flúor dentro dos limites estipulados confiáveis e seguros para consumo humano. Sendo uma parte vital do processo para garantir a descontaminação por microrganismos patogênicos e o controle da carie dentária.

No quesito microbiologia, os dois parâmetros analisados: Coliformes e Bactérias Heterotróficas, mostraram que a preocupação do SAAE em distribuir água de excelente qualidade com um controle microbiológico rígido é essencial para a manutenção da vida.

No geral, o SAAE mostrou elevada competência em produzir água de excelente qualidade, revelando o seu comprometimento com a sociedade e as leis estabelecidas para águas de abastecimento. O contínuo esforço de se acreditar a ISO/IEC 17025 demonstra que os laboratórios da ETA têm como meta a excelência e clareza em suas análises físico-químicas e microbiológicas, atestando assim, o compromisso com a qualidade.

7 REFERÊNCIAS

ABNT. **ABNT NBR SIO 17025 - REQUISITOS GERAIS PARA A COMPETÊNCIA DE LABORATÓRIOS DE ENSAIO E CALIBRAÇÃO**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

AMARAL, R. **Importância dos elementos essenciais em águas para consumo humano**. Maceió, ALagoas, Brasil: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1985.

BAGLEY, S. T.; SEIDLER, R. J. Significance of Fecal coliform-positive Klebsiella. **Applied Environ Microbiology**, v. 33, p. Bathesda, Maio 1977.

BAZZOLI, N. **O Uso da Desinfecção no Combate à Cólera**. [S.l.]: Apostila da Fundação Nacional de Saúde - Coordenação Regional de Minas Gerais. Recife: FNS/Opas. (Mimeo), 1993.

BERNARDO, L. D.; PAZ, L. P. S. **Seleção de tecnologias de tratamento de água**. São Carlos: LDiBe, 2010. 868 p.

BRAGA, F. P. **AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE JUIZ DE FORA - MG**. Juíz de Fora: UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA, 2014.

BRASIL. Portaria n ° 635 de 26 de dezembro de 1975. Aprova normas e padrões sobre a fluoretação de água de sistemas públicos de abastecimento. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, p. 05-06, 26 Dezembro 1975. Disponível em: <<http://www.saude.gov/programas/bucal/principal.htm>>. Acesso em: 26 Novembro 2015.

CERQUEIRA, G. A. et al. A Crise Hídrica e suas Consequências. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, abril/2015 (**Boletim Legislativo nº27, de 2015**). Disponível em: www.senado.leg.br/estudos. Acesso em 16 de janeiro de 2016

CONAMA, C. N. D. M. A. Resolução 357. **Ministério do Meio Ambiente**, 18 mar. 2005. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2005_357.pdf>. Acesso em: 2015.

CONSTANTINO, A. F.; YAMAMURA, V. D. REDUÇÃO DO GASTO OPERACIONAL EM ESTAÇÃO DE. **Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana**, Maringá, 28 Agosto 2009. 4-6.

DA SILVA, J. W. P.; TORREZÃO, M. E. ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO DO POLICLORETO DE ALUMÍNIO PARA A GARANTIA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DE PROCESSO NO SETOR SUCROALCOOLEIRO. **CADERNOS DE PÓS-GRADUAÇÃO DA FAZU**, Uberlandia, v. 2, p. 12, 2011.

DANTAS, T. Falta de água já afeta 46 milhões de brasileiros. **O Globo**, 2015. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/brasil/falta-de-agua-ja-afeta-46-milhoes-de-brasileiros-15144980>>. Acesso em: 25 Novembro 2015.

DOMINGUES, O. et al. CONTAGEM DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS NA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO. **Saúde**, Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 15-19, 2007.

DYCHDALA, G. R. Chlorine and chlorine compounds. **Desinfection, sterilization and preservation.**, Philadelphia: Lea & Febiger, n. 2, p. p.167-195, 1977.

FEHIDRO. PROJETO: “DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO RIO LENÇÓIS”. **Serviço Autonomo de Água e Esgoto de Lençóis Paulista**, 2012. Disponível em: <<http://saaelp.sp.gov.br/documentos/SAAE-documento-9eb01300f667a3fdd6fd86c43be7ded1.pdf>>. Acesso em: 17 Janeiro 2016.

FLUID BRASIL. Manual de Operação Osmose Reversa, Jundiaí, 2009. Disponível em: <http://www.abia.org.br/ftp/F0834G005_0Osmose.pdf>. Acesso em: 25 Novembro 2015.

FOLHA DE SÃO PAULO. CRISE DA ÁGUA - Falta de água atinge 71% em SP; no país, 39% ficam sem luz. **Cotidiano**, 2015. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2015/02/1587226-falta-de-agua-atinge-71-em-sp-no-pais-39-ficaram-sem-luz.shtml>>. Acesso em: 25 Novembro 2015.

FURTADO, M. Água - Coagulantes modificados e mais eficazes reforçam poder da clarificação. **QUÍMICA - TECNOLOGIA AMBIENTAL**, 2009. Disponível em:

<<http://www.quimica.com.br/pquimica/9166/agua-coagulantes-modificados-e-mais-eficazes-reforcam-o-poder-da-clarificacao/>>. Acesso em: 26 Novembro 2015.

GUERRA, N. M. M. et al. Ocorrência de *Pseudomonas aeruginosa* em água potável. **Acta Sci. Biol. Sci.** , Maringá, v. 28, p. 13-18, Jan/Mar 2006. ISSN 1.

IBGE. Censo Populacional 2013, 2013. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/populacao_por_municipio.shtm>. Acesso em: 07 Dezembro 2015.

INDEXX. Colilert - Um teste simples de 24 horas para coliformes e *E. coli*. **INDEXX**, 2012. Disponível em: <https://www.idexx.com/pdf/en_us/water/6406300l.pdf>. Acesso em: 17 Janeiro 2016.

INMETRO. Acreditação. **Instituto Nacional de Metrologia**, 2012. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/credenciamento/oqe_acre.asp>. Acesso em: 18 Janeiro 2016.

JUAN, J. A. M. S. **Desalación de aguas salobres y de mar. Osmose inversa**. Madrid: Mundi-Prensa, 2000. 395 p.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2010.

LIMA, D.; GERAQUE, E. Sistema cantareira esvazia mais rápido. **Cotidiano - Folha de São Paulo**, 2014. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2014/07/1479642-sistema-cantareira-esvazia-em-ritmo-mais-rapido.shtml>>. Acesso em: 26 Novembro 2015.

LOPEZ-TORREZ, J.; HAZEN, T. C.; TORANZOS, G. A. Distribuiton in situ, survival and activity of *Klebsiella pneumoniae* and *Escherichia coli* in a tropical rainforest watershed. **Current Microbiology**, Nova York, v. 15, p. 213-218, 1987.

MEYER, S. T. O Uso de Cloro na Desinfecção de Águas, a Formação de Trihalometanos e os Riscos Potenciais à Saúde Humana. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, n. 10, p. 100-102, jan/mar 1994.

MEYER, S. T. O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. **Cad. Saúde Pública**, v. 10, n. 1, p. 99 - 110, 1994.

MILLER, S.; HILLA, S.; SEMIAT, R. Energy and environmental issues in desalination. **DESALINATION**, Filadélfia, Pensilvânia, EUA, v. Desalination 366 (2015) 2–8, p. 7, October 2014.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, S. D. V. E. S. **Manual Integrado de Vigilância, Prevenção e Controle de Doenças Transmitidas por Alimentos**. Brasília - DF: MS, 2010.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria Nº 2914. **Biblioteca Virtual em Saúde - MINISTÉRIO DA SAÚDE**, 12 Dezembro 2011. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 2015.

ODONTOLOGIA, C. R. inadequadas., Análise da fluoretação da água no estado de São Paulo indica que cerca de 30% das amostras estão. **Conselho Regional de Odontologia de São Paulo**, 2015. Disponível em: <<http://www.crosp.org.br/noticia/ver/2165-anlise-da-fluoretao-da-gua-no-estado-de-so-paulo-indica-que-cerca-de-30-das-amostras-esto-inadequadas.html>>. Acesso em: 15 Janeiro 2016.

PESSOA, L. C. C. **Análise do desempenho e do impacto ambiental dos dessalinizadores por osmose reversa**. Fortaleza: UFC, v. Dissertação Mestrado, 2000. 94 p.

PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C.; ARAÚJO, O. J. Potencialidades da erva-sal (*Atriplex nummularia*) irrigada com o rejeito da dessalinização de água salobra no semi-árido brasileiro como alternativa de reutilização. Disponível em: <<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsaidis/>>. Acesso em: 2004.

PROSAB, P. D. P. E. S. B. **Água - Remoção de Microorganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano**. Rio de Janeiro - RJ: ABES, 2009.

SAAE. Água e Esgoto. **Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Lençóis Paulista**, 2013. Disponível em: <<http://saaelp.sp.gov.br/aguae-e-esgoto.php>>. Acesso em: 07 Dezembro 2015.

SABESP. **Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo S.A.**, 2015. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=100>>. Acesso em: 05 agosto 2015.

SABESP. **CRÍSE HÍDRICA, ESTRATÉGIA E SOLUÇÕES DA SABESP**. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. São Paulo, p. 95. 2015.

SANTOS, D. O. **Acreditação de Laboratórios de Ensaio de Acordo com os Requisitos da Norma ABNT ISO/IEC 17025**. Porto Alegre: UFRGS, 2011.

SAÚDE, M. Guia de recomendações para o uso de fluoretos. **Secretaria de Atenção à Saúde**, Brasília, 2009.

SAÚDE, M. D. **Guia de Recomendações para uso de FLUORETOS no Brasil**. 1ª. ed. Brasília: Secretaria de Atenção à Saúde Departamento da Atenção Básica, 2009.

VIANA, D. B.; BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D. Levantamento e caracterização de dados de turbidez de água bruta e tratada de 44 ETAS no Brasil com tratamento em ciclo completo. **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, Rio de Janeiro, n. ABES, p. 27, 2013.

VIANNA, M. R. **Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água**. Belo Horizonte: Instituto de Engenharia Aplicada, 1992.

WALTER, M. T. **Implantação da Norma ISO 9001: 2000 na Biblioteca**. Brasília: Ciência da Informação, 2005.

WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22ª. ed. [S.I.]: American Health Organization, 2014.