



CENTRO UNIVERSITÁRIO FACVEST - UNIFACVEST
ENGENHARIA QUÍMICA

SABRINA SANDI

**VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL DA
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DE VACARIA -
RS E PROJEÇÃO PARA 9 ANOS**

Lages - SC
2019

SABRINA SANDI

**VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL DA
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DE VACARIA -
RS E PROJEÇÃO PARA 9 ANOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Graduação em Engenharia Química
do Centro Universitário Facvest - Unifacvest,
como requisito parcial para obtenção do título
de Engenheira Química.

Centro Universitário Facvest - Unifacvest

Supervisor: Ms. Rodrigo Vieira

Lages - SC
2019

SABRINA SANDI

**VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL DA
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DE VACARIA -
RS E PROJEÇÃO PARA 9 ANOS**

Este trabalho de conclusão de curso foi julgado adequado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Química e aprovada em sua forma final pelo Supervisor pedagógico do Curso de Engenharia Química, do Centro Universitário Facvest – Unifacvest.

Lages, 16 de dezembro de 2019

Professor e Orientador Ms Aldori Batista dos Anjos
Centro Universitário Facvest – Unifacvest

Professor e Coorientador Dr Alexandre Antunes Ribeiro Filho
Centro Universitário Facvest - Unifacvest

Dedico este trabalho à minha família e meus amigos que me apoiaram em todos os momentos da minha vida e sempre acreditaram no meu potencial e aos funcionários da estação de tratamento de água de Vacaria que me auxiliaram na realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, pelo conforto nos momentos difíceis, por guiar-me ao alcançar este sonho.

Agradeço aos meus pais Clodomar e Inês por todo o apoio, incentivo que dedicaram com muito amor durante todos os anos de minha vida.

Agradeço ao meu marido Arthur pela paciência, compreensão, dedicação, auxílio e amor durante toda esta jornada, principalmente nos momentos mais complicados, incentivando meu sucesso sempre.

Agradeço a minha irmã Daiane pelos conselhos e disposição nesses anos. E a meu cunhado Joviano pelos conhecimentos transmitidos e dicas para a elaboração de alguns trabalhos.

Agradeço ao orientador Msc Aldori, ao coorientador Dr Alexandre e ao professor Msc Rodrigo pela disponibilidade, auxílio e confiança depositada na realização deste trabalho, principalmente por transmitir entusiasmo sobre o tema escolhido.

Agradeço aos funcionários da Corsan, principalmente ao Sr. Ignácio e Sr. Paraguaçu pela disponibilização dos documentos necessários, arquivos e conhecimento técnico transmitido.

Ao Centro Universitário Unifacvest e ao Curso de Engenharia Química que oportunizaram a realização deste trabalho, bem como professores e funcionários que possibilitaram a realização de meus estudos.

RESUMO

O crescimento populacional e o volume de água consumido diariamente por pessoa, ocasionam uma crescente demanda na distribuição de água tratada todos os dias pela estação de tratamento. Para conhecer a capacidade de operação projetada e a capacidade máxima da ETA de Vacaria – RS, que não prejudicasse a qualidade da água, utilizou-se dados de produção de água da ETA a partir de históricos da Corsan, população, consumo de água per capita e índice de perdas a partir do histórico do IBGE, todos relacionados aos anos de 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2016, 2017 e 2018. Com os dados coletados, tornou-se possível calcular a previsão de crescimento populacional da cidade até o ano de 2028, em cascata possibilitando a estimativa de consumo de água e o volume de produção necessário para o ano correspondente, considerando o possível índice de perda de água. Em paralelo, este trabalho atende objetivos secundários de verificação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da captada e da água distribuída pela ETA. Com isso realizada a comparação dos parâmetros com as leis e normas vigentes, realizou-se verificação do cronograma de lavagem de filtros e decantadores, bem como o descarte do lodo gerado. Para a avaliação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, foram realizados cálculos de média simples anual a partir de informações retiradas dos arquivos da Corsan. Há um estudo realizado entre os anos de 2017 e 2018, o qual contém informações sobre a bacia de captação de água bruta e propõe a criação de zoneamento ambiental. Com isso o estudo atual possui foco principal na produção de água, sendo de grande valia, pois verificou-se que a ETA em questão, atingiu sua vazão máxima de trabalho. Com os resultados do possível consumo de água diário para o ano de 2028 somado a taxa de perda de água, estipulou-se a produção diária necessária para atender a cidade e a vazão média necessária para tal feito. Assim, averiguou-se a necessidade de duplicação da estrutura física da ETA, pois a mesma já se encontra em trabalho máximo. A lavagem de filtros mostrou-se eficiente, ambientalmente correta devido ao reciclo da água usada. A lavagem de decantadores mostrou-se problemática devido à demora de recolhimento do lodo dos leitos de secagem, impossibilitando a nova lavagem.

Palavras-chave: tratamento de água, consumo, ampliação.

ABSTRACT

Population growth and the volume of water consumed daily per person causes a growing demand for the distribution of treated water every day by the treatment plant. In order to know the projected operating capacity and the maximum capacity of WTP from Vacaria-RS, which did not affect water quality, we used WTP water production data from Corsan's history, population, per person water consumption. And loss index form IBGE's history, all related to the years 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2016, 2017 and 2018. With the collected data, it became possible to calculate the population growth forecast of the city until the year 2028, cascading allowing the estimation of water consumption and the production volume needed for the corresponding year, considering the possible index of water loss. In parallel, this work meets secondary objectives of verification of the physicochemical and microbiological parameters of the captured and the water distributed by the WTP. This made the comparison of the parameters with the current laws and standards. The washing schedule of filters and decanters were verified, as well as the disposal of the generated sludge. For the evaluation of the physicochemical and microbiological parameters, annual simple mean calculations were performed from information obtained from the Corsan archives. There is a study conducted between 2017 and 2018, which contains information about the raw water catchment basin and proposes the creation of environmental zoning. With this, the current study has a main focus on water production, being of great value, since it was found that the WTP in question, reached its maximum workflow. With the results of the possible daily water consumption for the year 2028, added to the water loss rate, the daily production needed to meet the city and the average flow rate required to do so were stipulated. Thus, the need to duplicate the physical structure of the WTP was verified, as it is already at maximum work. Filter washing proved to be efficient, environmentally friendly due to the recycling of used water. The washing of decanters proved to be problematic due to the delay in collecting sludge from the drying beds, making it impossible to rinse again.

Keywords: water treatment, consumption, magnification.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Localização dos rios Apuaê-Inhandava	19
Figura 02 – Mapa das barragens de captação e acumulação	23
Figura 03 – Ponto de coleta da água floculada.....	25
Figura 04 - Ponto de coleta da água decantada	25
Figura 05 - Ponto de coleta da água tratada.....	26
Figura 06 - Ponto de coleta da água filtrada.....	26
Figura 07 - Ponto de coleta da água bruta	27
Figura 08 – Amostras de água prontas para análises.....	28
Figura 09 – Turbidímetro Hach 2100Q	29
Figura 10 – pHmetro potatil DM-2P	29
Figura 11 – Fotômetro Nova 60A	30
Figura 12 – Amostra para análise de flúor	31
Figura 13 – Colorímetro, medição de cloro livre da água decantada	32
Figura 14 – Etapas da análise de alcalinidade	33
Figura 15 – Amostra de água para análise de matéria orgânica	34
Figura 16 – Etapas da análise de dureza.....	35
Figura 17 – Disposição dos reservatórios na cidade.....	42
Figura 18 – Leitões de secagem	43
Figura 19 – Barrela de reciclo de água	54
Figura 20 – Entrada de reciclo de água	54
Figura 21 – Tipos de vazamento e ações para controle de perdas.....	56
Figura 22 – Cruz de ataque as perdas de água aparentes.....	56
Figura 23 – Macromedidor de vazão de entrada	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Parâmetros para controle da qualidade da água.....	20
Tabela 02 - Estimativa de vazão, consumo de reagentes e produção diária nas etapas I e II do projeto da ETA.	41
Tabela 03 - Dimensões de condicionadores, decantadores e filtros.	41
Tabela 04 - Dimensões dos reservatórios de água tratada.....	42
Tabela 05 - Dimensões dos leitos de secagem.	42
Tabela 06 - Concentrações de carbonato de cálcio na água.	50
Tabela 07 - Nível dos reservatórios no dia 19 de novembro de 2019.	63

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Consumo de reagentes.....	44
Gráfico 02 – Média anual de turbidez	45
Gráfico 03 - Média anual de pH.....	46
Gráfico 04 - Média anual de cor.....	46
Gráfico 05 - Média anual de flúor	47
Gráfico 06 - Média anual de cloro livre	48
Gráfico 07 - Média anual de alcalinidade.....	48
Gráfico 08 - Média anual de matéria orgânica	49
Gráfico 09 - Média anual de dureza	50
Gráfico 10 - Média anual de oxigênio dissolvido e DBO ₅	51
Gráfico 11 – Habitantes residentes em Vacaria.....	52
Gráfico 12 – Volume de água tratada.....	52
Gráfico 13 – Volume de água tratada gasto e reciclado	53
Gráfico 14 – Índice de perda de água.....	55
Gráfico 15 – Média de vazão de entrada	58
Gráfico 16 – Horas trabalhadas	58
Gráfico 17 – Previsão de habitantes	60

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 01 – Alcalinidade total.....	32
Equação 02 – Dureza.....	34
Equação 03 – DBO ₅	36
Equação 04 – Integral de previsão de população	37
Equação 05 – Limites da integral de previsão de população.....	37
Equação 06 – Limites da integral de previsão de população.....	37
Equação 07 – Expressão geral do método aritmético.....	38
Equação 08 – Consumo de água per capita	38
Equação 09 – Previsão de consumo de água	38
Equação 10 – Previsão de produção de água.....	38
Equação 11 – Previsão de vazão média.....	39

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA - Agência Nacional da água

CAESB - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

ETA – Estação de Tratamento de Água

FUNASA – Fundação Nacional da Saúde

MRE – Ministério das Relações Exteriores

NBR – Norma Brasileira

PNRH – Plano Nacional de Recursos Hídricos

PMSB – Projeto Municipal de Saneamento Básico

SEMA – Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre

WTP – *Water Treatment Plant*

LISTA DE MEDIDAS

m - Metro

m³ – Metro cúbico

mg/L – Miligrama por litro

l/s – Litro por segundo

kg - Quilograma

ppm – Parte por milhão

UT – Unidade de Turbidez

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVO GERAL	17
2.1 Objetivos Específicos	17
2.1.1 Viabilidade Técnica.....	17
2.1.2 Viabilidade Econômica.....	17
2.1.3 Viabilidade Ambiental.....	17
3 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	18
3.1 Bacias Hidrográficas do Brasil	18
3.2 Água Potável	19
3.3 Tratamento de Água para Consumo Humano	20
3.3.1 Métodos de Tratamento de água.....	21
3.4 Previsão de Vazão e Consumo de Reagentes da ETA de Vacaria-RS	22
4 METODOLOGIA	23
4.1 Tratamento de Água em Vacaria-RS	23
4.2 Coleta e Preparação das Amostras de Água	24
4.3 Análise de Turbidez	28
4.4 Análise de Potencial Hidrogeniônico	29
4.5 Análise de Cor	30
4.6 Análise de Flúor	30
4.7 Análise de Cloro Livre	31
4.8 Análise de Alcalinidade	32
4.9 Análise de Matéria Orgânica	33
4.10 Análise de Dureza	34
4.11 Análise de Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio	35
4.12 Projeto de Implantação da ETA	36
4.13 Histórico do Trabalho Realizado pela ETA	36
4.14 Índice Populacional de Vacaria-RS	37
4.15 Perdas e Consumo de Água	38
4.16 Projeção Futura	38
4.17 Lavagem dos Decantadores	39

4.18 Lavagem de Filtros	39
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
5.1 Projeto de Construção da ETA de Vacaria-RS	41
5.2 Consumo de Reagentes	43
5.3 Parâmetros Físico-químicos da Água Bruta e Tratada	44
5.4 População	51
5.5 Índices de Produção	52
5.6 Consumo de Água per capita.....	58
5.7 Estimativas para os Anos de 2020 à 2028	59
5.7.1 População Estimada	59
5.7.2 Estimativa de Consumo per capita	60
5.8 Discussões	62
5.8.1 Qualidade da Água	62
5.8.2 Produção	62
5.8.3 Estimativas para 2028	62
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
7 REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

A água potável é fundamental para a sobrevivência da vida na Terra. Desde os tempos primórdios animais e seres humanos viviam à beira de rios, lagos e outras fontes de água para suprirem a necessidade de seus organismos.

Com a evolução da civilização humana, os seres humanos iniciaram pequenas comunidades agrícolas, a fim de plantarem os alimentos que necessitavam e com isso passaram de povo nômade para povo sedentário (PINSKI, 1987).

De acordo com Cavinatto (1992), povos antigos desenvolveram técnicas de captação, condução, armazenamento e utilização da água sofisticadas para a época. No Brasil, os serviços de saneamento tiveram um grande avanço com a chegada da família Real.

Os problemas de saúde pública e de poluição do meio ambiente, obrigaram a humanidade a encontrar soluções de abastecimento de água para consumo humano e para a coleta e tratamento dos resíduos sólidos. No início do século XX, o higienista Oswaldo Cruz iniciou uma luta para erradicar epidemias vinculando a má higiene da água como veículo de doenças (SILVA, 2003).

De acordo com a Portaria nº2.914 de 12 de dezembro de 2011, a água para ser considerada potável, necessita passar por processos de desinfecção, que tem por objetivo eliminar microrganismos patogênicos que possam estar presentes, como bactérias, protozoários, vírus e vermes.

Atualmente o abastecimento de água potável em casas, indústrias e campo agrícola ocorre principalmente através das estações de tratamento de água. O objetivo principal da ETA é distribuir água potável em quantidade suficiente para a população. Para estimar a quantidade diária a ser distribuída é necessário considerar o crescimento populacional da cidade, o crescente consumo diário de água por pessoa e a sazonalidade.

Neste contexto, o presente trabalho visa analisar a crescente distribuição de água da estação de tratamento de água de Vacaria – RS, realizada pela empresa CORSAN, entre os anos de 1996 e 2019, a fim de proporcionar resultados de aumento gradual no consumo de água da cidade de acordo com a estimativa de crescimento populacional até o ano de 2028. A partir de pesquisas em arquivos da ETA comparando-se a capacidade máxima atual de distribuição de água da ETA com a demanda estimada para os próximos anos, verificando-se a necessidade de ampliação para atender a demanda da cidade.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliação da viabilidade técnica, econômica e ambiental atual, e projetada para os próximos 9 anos, da ETA de Vacaria – RS.

2.1 Objetivos Específicos

2.1.1 Viabilidade técnica:

- Avaliar a série histórica dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água captada pela ETA;
- Avaliar a série histórica dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água tratada pela ETA;
- Calcular a capacidade total de tratamento de água em metros cúbicos diários da ETA, e comparar com a capacidade com que a ETA trabalha atualmente devido à demanda;

2.1.2 Viabilidade Econômica:

- Calcular o crescimento da demanda de água em metros cúbicos diários a cada dez anos iniciando em 1998 e correlacioná-lo com o crescimento populacional da cidade no mesmo período de tempo.

2.1.3 Viabilidade Ambiental:

- Avaliar a frequência e métodos de limpeza dos tanques de água;
- Investigar o descarte do lodo produzido na ETA.

3 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

3.1 Bacias Hidrográficas do Brasil

O Brasil possui uma das maiores redes fluviais do mundo, contendo 12% das reservas de água doce do planeta. Isso faz com que a maioria de suas fronteiras sejam definidas por corpos d'água, sendo 83 rios fronteirços e transfronteirços, juntamente com bacias hidrográficas e aquíferos. As bacias hidrográficas de rios transfronteirços ocupam 60% do território brasileiro (MRE, 2018).

Diversas definições de bacias hidrográficas surgiram com o passar do tempo, de acordo com inúmeros autores, entretanto há semelhanças recorrentes baseadas na área de concentração de determinada rede de drenagem.

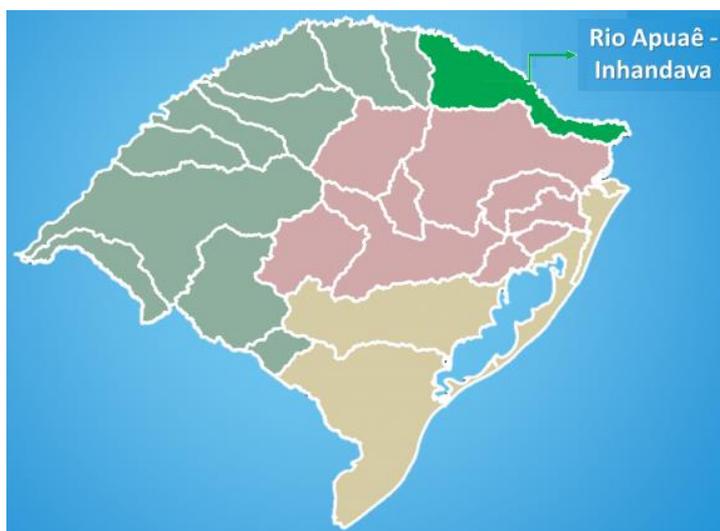
Segundo Barrela *et al* (2001), uma bacia hidrográfica é definida como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes. É formada em regiões altas de relevos, onde a água das chuvas pode escoar superficialmente aumentando o volume do rio principal que será capaz de formar riachos os quais, geralmente, brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas. A água da chuva também pode infiltrar-se no solo para a formação de nascentes e lençol freático.

A divisão hidrográfica do Brasil é instituída pelo CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos), que estabelece regiões hidrográficas, bacias ou grupo de bacias hidrográficas próximas que contenham características naturais, sócias e econômicas similares. Este critério de divisão visa orientar o gerenciamento dos recursos hídricos no país (ANA, 2017).

São doze as regiões hidrográficas brasileiras: Bacia Amazônica, Bacia Tocantins Araguaia, Bacia do Paraguai, Bacia Atlântico Nordeste Ocidental, Bacia Atlântico Nordeste Oriental, Bacia do Paraná, Bacia do Parnaíba, Bacia do São Francisco, Bacia do Atlântico Leste, Bacia do Atlântico Sudeste, Bacia do Atlântico Sul e Bacia do Uruguai (CNRH, 2003)

A bacia do atlântico sul e a bacia do Uruguai abrangem o território riograndense. O primeiro com uma área total de 185.856 km² e a segunda com área total de 385.000 km² (PNRH, 2009). A bacia hidrográfica Apuae-Inhandaua faz parte da grande bacia do Uruguai, a qual também foi batizada de outros nomes em sua extensão, sendo chamada de rio do Socorro na região norte do Rio Grande do Sul onde situa-se a cidade de Vacaria, conforme apresentado na figura 01 (SEMA, 2019).

Figura 01: Localização dos rios Apuaê-Inhandava.



Fonte: SEMA, 2019.

Segundo o plano municipal de saneamento básico, 2013, no município de Vacaria os rios Apuaê-Inhandava são divididos em três rios menores chamados de rio da telha, rio quebradente e rio do socorro. Anexo ao rio do Socorro está localizada a barragem da ETA (CORSAN, 1987)

3.2 Água Potável

Em média nosso planeta possui 1,39 bilhões de km³ de água, entretanto a maior parte desta água é salgada. Apenas 2,6% do total de água do planeta é doce, e somente 0,0009% é o percentual de água doce utilizável. Isso ocorre devido 76% da água doce da terra estar localizada na Groelândia, Antártica, montanhas e vales alpinos no mundo todo. Outros 22,8% da água doce encontram-se em aquíferos em profundidades de até 4.000 metros. No solo e na atmosfera do planeta tem-se 0,195% e 0,036% de água respectivamente. As águas superficiais são apenas 0,316%, estando divididas entre rios, alagados e lagos (ANA, 2018).

Entretanto, com o passar dos anos, alguns rios, riachos e lagos foram poluídos pelos seres humanos que descartam resíduos e dejetos na água, com isso e com a matéria orgânica natural do rio, a água destes corpos hídricos não estão próprias para o consumo humano. Para isso é necessário tratar a água com produtos químicos que a torne potável e garantir que o transporte até as residências não altere a qualidade da água.

De acordo com a Portaria do Ministério da Saúde nº 1.469 de 29/12/2000, artigo 4º, inciso I, a água potável deve possuir parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos que não ofereçam risco a saúde.

No Brasil a Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011 “dispõe sobre os procedimentos e responsabilidades no controle e na vigilância da qualidade da água visando o padrão de potabilidade.” Na tabela 01, observa-se os principais parâmetros de controle da água tratada.

Tabela 01: Parâmetros para controle de qualidade da água.

Parâmetro portaria 2914	
pH	6,0 – 9,5
Turbidez	<5,0 UT
Alumínio	<0,2mg/l de Al ³⁺
Cor	<15 mg/l
Cloro	<0,4 mg/l
Flúor	<1,5 mg/l

Fonte: Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914, 2011.

No Rio Grande do Sul a portaria citada acima deve ser respeitada e complementada pela Portaria da Secretaria Estadual da Saúde nº 10/99.

3.3 Tratamento de Água para Consumo Humano

O tratamento de água para consumo humano é exigido por leis em todo o mundo, devido à necessidade de remover substâncias que possam ocasionar doenças. Algumas das razões para o tratamento de água ser exigido consiste na prevenção de que os microrganismos patogênicos não causem doenças, remover cor, turvação e odor, bem como eliminar possíveis químicos e minerais dissolvidos (RODRIGUES, 2013).

Segundo Gomes (1995), a melhoria na saúde pública está proporcionalmente relacionada a melhoria da qualidade da água. A avaliação dos riscos à saúde causados por meio do consumo de água e a verificação do padrão de potabilidade da água é regida pela Portaria 1469/00, a qual atribui a responsabilidade do controle de qualidade da água ao responsável pelo

abastecimento de água de cada município e ao responsável da vigilância pública se a água consumida atende à norma (FUNASA, 2005).

Conforme Richter e Neto (2003) além de doenças comuns transmitidas pela má qualidade da água, existem enfermidades que podem ocorrer se a água apresentar substâncias tóxicas ou nocivas em sua composição.

Devido às comprovações relacionadas entre doenças e qualidade da água, foram criadas leis, normas e regulamentações com índices permitidos de substâncias na água, a fim de evitar a proliferação de doenças. De acordo com a CAESB (2019), a purificação da água deve atender três aspectos:

- Higiênicos: consistem na remoção de microrganismos como bactérias, protozoários, vírus entre outras substâncias nocivas, reduzindo também as impurezas e os compostos orgânicos;
- Estéticos: consistem no controle da cor, do sabor e do odor, pois a água deve estar insípida, inodora e incolor;
- Econômico: consiste na redução da corrosividade, turbidez e metais como ferro e manganês, a fim de garantir uma vida útil maior para as tubulações.

Para o tratamento adequado de água é necessário considerar a qualidade da água inicial e sua composição química, escolher mananciais livres de contaminantes de natureza química ou biológica diminui consideravelmente o tratamento necessário da água e garante riscos menor à saúde (Ministério da saúde, 2006). A dosagem de reagentes coagulantes, desinfetantes e alcalinizantes também dependem da qualidade da água inicial (Corsan, 2017).

3.3.1 Métodos de tratamento de água

O tratamento de água consiste em três etapas principais. São elas: remoção de contaminantes heterogêneos; eliminação de bactérias patogênicas e ajustamento da composição química da água. Cada etapa possui operações unitárias que devem ser seguidas (RODRIGUES, 2013).

Na primeira etapa ocorre a remoção dos contaminantes heterogêneos, que pode ser realizada através de sedimentação, ou coagulação combinada com sedimentação, pois quando há presença de resíduos muito pequenos e leves é necessário adicionar um reagente coagulante que precipitará os compostos possibilitando a sedimentação de partículas sólidas que não seriam removidas somente pelo processo de sedimentação (RICHTER, 2009). Esses processos são

seguidos de filtração e flotação, resultando na redução dos índices de turvação e coloração da água (ROGRIGUES, 2013).

A segunda etapa é caracterizada pela desinfecção da água, ou seja, eliminação de bactérias, protozoários e outros microrganismos. A operação unitária nessa fase admite processos de cloração ou iodação geralmente utilizados nas ETAs, sendo admitido o uso de radiação eletromagnética ou eletroquímica em águas onde há presença de químicos altamente tóxicos (FILHO, 2018).

A terceira etapa é caracterizada pelo controle e ajustamento da composição química da água final. Também há diversos processos tecnológicos nas etapas anteriores, esta etapa inclui diversos processos tecnológicos, os quais serão selecionados de acordo com a composição química da água inicial. Primeiramente ocorrerá a eliminação de sabor, odor e resíduos tóxicos que não foram eliminados nas etapas anteriores, através de processos de oxidação, absorção, aeração ou desgaseificação, removendo simultaneamente ferro, silício, manganês e fluoretos. Ao final desta etapa podem ser inclusos processos de fluoração e amolecimento da água. Caso a água inicial tenha características de água salobra ou salgada, passará por processo de dessalinização (RODRIGUES, 2013).

Ao designar os métodos utilizados no tratamento de água é preciso considerar os problemas da água inicial, como pH, composição química, turbidez, contaminação, e contrapor com os custos dos diferentes tipos de tratamento cabíveis para cada situação.

3.4 Previsão de vazão e consumo de reagentes da ETA de Vacaria-RS

Segundo Fidélis Dalcin Barbosa, antigo morador da cidade, até a década de 1930 as casas eram abastecidas por poços, fontes e pela famosa bica (PMSB, 2013). A implantação de encanamento de água iniciou-se em 1950 pela secretaria das obras públicas do Estado. Em 1966 o abastecimento ficou a cargo da Companhia Riograndense de Saneamento, a qual projetou a estação de tratamento de água de acordo com a população da cidade naquele ano já tendo em mente o projeto de duplicação da ETA para atender a cidade até o ano de 2035 (CORSAN, 1987).

4 METODOLOGIA

4.1 Tratamento de água em Vacaria-RS

O sistema de captação da Corsan em Vacaria é realizado por duas barragens, uma de acumulação e uma de captação, situadas no arroio da Chácara, sendo a primeira com cota de 915,8 metros com volume máximo de 1.400.000m³ e a segunda há uma distância de 1km da primeira, com cota de 903,0 metros e volume máximo de 12.000m³ (PMSB, 2013). Segundo informações da Corsan (2019), a barragem de acumulação ocupa 34 ha, possuindo uma acumulação útil de até 1.281,260m³, sendo sua cota normal de 915,65m³.

Na figura 02, observa-se a localização das barragens, estando a esquerda a barragem de captação e a direita a barragem de acumulação.

Figura 02: Mapa das barragens de captação e acumulação.



Fonte: Google maps, 2019.

O método de tratamento de água utilizado no município é do tipo convencional o qual emprega o uso de coagulante sulfato de alumínio para facilitar a sedimentação seguido das etapas de coagulação por calha Parshal, floculação, decantação e filtração. Em paralelo ocorre adição de reagentes para a correção do pH, desinfecção e fluoretação (Corsan, 1987).

Segundo informações fornecidas pelos funcionários lotados atualmente na ETA, a vazão média de água bruta é 215 l/s, sendo dosado em média 3,5ppm de cal hidratada, 22ppm de sulfato de alumínio, 3,0 ppm de cloro na pré-cloração, 1,0ppm de cloro na cloração e 1,2ppm de fluossilicato de sódio, entretanto quando a turbidez da água bruta está alta, utiliza-se cerca de 0,07ppm de polieletrólito o qual auxilia o sulfato de alumínio a formar flocos maiores e decantar mais rapidamente.

Para averiguar a qualidade da água e garantir que as dosagens utilizadas estão sendo suficientes, são realizadas análises físico-químicas a cada hora sendo intercaladas em análise completa e análise curta. Para a análise completa é coletado amostras de água bruta, floculada, decantada, filtrada e tratada. Já na análise curta é coletado amostras de água floculada e decantada apenas. As análises realizadas nessas etapas são de turbidez, pH, cor, cloro, flúor e residual de alumínio (Corsan, 2017).

4.2 Coleta e preparação das amostras de água

Primeiramente foi coletado a água floculada, pois enquanto são realizadas as outras coletas, os flocos já decantaram no recipiente. A água floculada foi coletada na metade dos acondicionadores, como apresenta a figura 03. A coleta deve ser lenta para não ocasionar a quebra dos flocos.

Figura 03: Ponto de coleta da água floculada.



Em seguida foram realizadas as demais coletas.

A água decantada é coletada no último decantador do conjunto, como visto na figura 04. Como há dois conjuntos de decantadores, cada dia é realizada análise em um dos conjuntos. Para esta coleta é utilizado um pote preso na ponta de um cano para coletar a água.

Figura 04: Ponto de coleta da água decantada.



Parte da água tratada ao ser enviada para os reservatórios, é conduzida por canos até uma caída de água no filtro 2, onde foi coletada para análise, como mostra a figura 05.

Figura 05: Ponto de coleta da água tratada.



A água filtrada foi coletada em torneiras nas saídas dos filtros, onde ficam três torneiras vistas na figura 06, sendo, da esquerda para a direita, filtro 1, filtro 2 e filtro 3 (figura 06).

Figura 06: Ponto de coleta da água filtrada.



Na figura 06 nota-se uma marcação na torneira do filtro 2. Esta marcação indica de qual filtro está sendo coletado 100mL de amostra de água a cada 2 horas e depositado num frasco de vidro, para ao final da tarde ser realizada a análise de matéria orgânica.

A água bruta foi coletada por uma torneira de desvio na chegada da água na ETA, como visto na figura 07. Esta permanece fechada e só é aberta durante a coleta de água. Para uma amostra mais precisa da água é deixado escorrer a água dos canos por aproximadamente 1 minuto.

Figura 07: Ponto de coleta da água bruta.



Após a coleta todas as amostras de água, foram realizadas as análises físico-químicas de turbidez, pH, cor, flúor, cloro e alumínio residual.

Na figura 08 tem-se, da esquerda para a direita, a água floculada sendo filtrada com algodão para a remoção das flocos, a água floculada para observação do tamanho dos flocos e velocidade de decantação, água decantada, água tratada e água bruta.

A frente as amostras dos filtros 1, 2 e 3, atrás, nos frascos âmbar, após as análises realizadas, foram coletados a cada 2 horas 100mL de água tratada e bruta afim de gerar uma amostra média do dia das duas águas, as quais, ao final da tarde, foram utilizadas para a realização das análises de alcalinidade e matéria orgânica.

Nas segundas-feiras foram realizadas análises de dureza, ferro e manganês, também a partir das amostras reservadas nos frascos âmbar. Caso o resultado de ferro e manganês seja maior de 0,10 mg/l, a análise deve ser realizada a cada 4 horas, porém com água coletada na hora da análise.

A figura 08 mostra as amostras de água coletadas, sendo preparadas para as análises físico-químicas.

Figura 08: Amostras de água prontas para as análises.



4.3 Análise de Turbidez

Deve-se transferir a amostra homogeneizada para cubeta de modo a evitar a formação de bolhas de ar, fechar a cubeta e secá-la com tecido ou papel absorvente macio que não deixe fiapos, após coloca-se a cubeta no compartimento próprio do turbidímetro, de modo que o desenho do diamante (◆) fique voltado para o operador. Não deve-se usar força para empurrar a cubeta no compartimento nem girá-la. A tampa do turbidímetro deve permanecer fechada durante a leitura. Retira-se a cubeta do aparelho e fecha-se a tampa do mesmo.

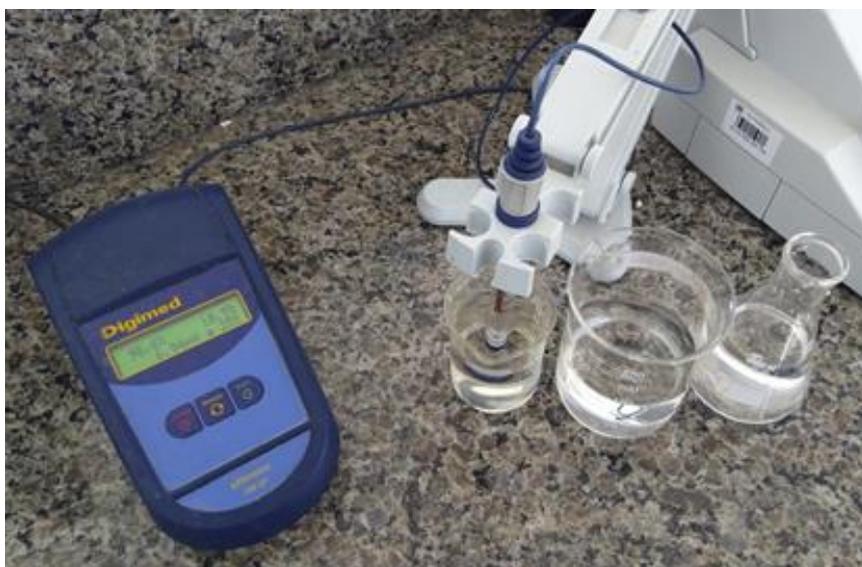
Para determinar a turbidez da água floculada, é necessário deixar ocorrer a decantação durante 5 minutos, após é colocado algodão em um funil com auxílio de um bastão de vidro, e feita a filtração da água floculada com cuidado para não ocorrer a quebra dos flocos. Deve-se ajustar o algodão com o bastão para que pingue aproximadamente 1 gota por segundo para garantir uma boa filtração.

Tem-se na figura 09, o turbidímetro realizando leitura de turbidez da água tratada.

Figura 09: Turbidímetro Hach 2100Q

4.4 Análise de potencial hidrogeniônico

Deve-se lavar o eletrodo com água destilada e secá-lo ao toque do papel macio antes de proceder a leitura do pH das amostras e entre as amostras. Quando a leitura estabilizar, o equipamento emitirá um beep e aparecerá o resultado no display. Após a leitura de amostras, deve-se lavar novamente o eletrodo com água destilada e imergir em KCl 3M. Não permanecer com o eletrodo fora da solução por mais de um minuto, sob risco de inutilização do mesmo. A figura 10 mostra o pHmetro realizando uma leitura.

Figura 10: pHmetro portátil DM-2P

4.5 Análise de cor

Transfere-se uma alíquota da amostra para a cubeta 50 mm de caminho ótico, inserindo-a no compartimento do fotômetro. Deve-se digitar o número do método 032 para o ensaio de cor. Pressiona-se a tecla de medição para iniciar, em segundos o resultado aparecerá no visor, antes de retirar a cubeta do compartimento pressiona-se a tecla de gravar para salvar o resultado. Ao final da leitura, deve-se lavar a cubeta com água destilada (figura 11).

Figura 11: Fotômetro Nova 60^a



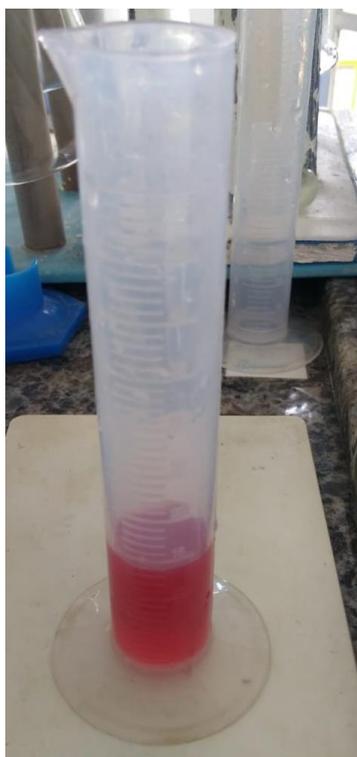
4.6 Análise de flúor

Deve-se medir 10 mL de amostra com pipeta graduada e transferir para a proveta de 25 ml que deve estar limpa e seca. Adiciona-se 2 ml do reagente SPADNS homogeneizando com movimentos de agitação. Deve-se aguardar 1 hora para a realizar a leitura. Para realizar a leitura, deve-se transferir a amostra para a cubeta 50 mm de caminho ótico, ligar o fotômetro Nova 60A e inserir a cubeta com a amostra no compartimento do fotômetro. Pressiona-se a tecla de gravar antes de retirar a cubeta do compartimento para salvar o resultado. Ao final da leitura, deve-se lavar a cubeta com água destilada.

O princípio do método ocorre devido ao fluoreto presente na amostra de água reagir com o zircônio formando um composto incolor diminuindo a intensidade da cor vermelha original do composto SPANDS. Sendo assim, quanto maior a concentração de fluoreto na

amostra, maior será a descoloramento e menor a absorbância da solução quando o feixe luminoso do espectrofotômetro atravessa a mesma. A figura 12 apresenta uma amostra pronta para a leitura de flúor.

Figura 12: amostra para análise de flúor.



4.7 Análise de cloro livre

Encher a cubeta com 10 mL de amostra (até a marca), tampar e agitar a cubeta cinco vezes. Deve-se limpar a cubeta com papel ou pano, de forma que não libere fios, assegurando que a parte externa da cubeta não apresenta nenhuma marca, inclusive digitais. Coloca-se a cubeta com amostra (branco) no colorímetro de modo que o triângulo branco (▼) da cubeta fique alinhado com a marca do triângulo do equipamento(▲). Liga-se o equipamento para ler o branco, o display mostrará 0.0.0., podendo remover a cubeta do branco abrí-la e adicionar o reagente DPD para cloro livre ou total, deve-se tampar a cubeta e misturar por 20 segundos, deixando parada por 2 minutos antes de ler. Coloca-se a cubeta da amostra com o reagente no colorímetro observando a secagem da mesma e seu alinhamento no equipamento, liga-se o aparelho obtendo o resultado no visor em mg/L de cloro livre ou total. A leitura de Cloro Livre e Total deverá ser efetuada após pelo menos 2 minutos e no máximo de 4 minutos.

O método empregado, colorimétrico, ocorre a oxidação entre o cloro da amostra e o DPD, formando um complexo de coloração rosa. Quanto mais intensa a cor rosa, maior quantidade de cloro na amostra.

Na figura 13, observa-se o colorímetro apresentando resultado de 0,24 mg/l de cloro livre presente na água decantada.

Figura 13: Colorímetro, medição de cloro livre da água decantada.



4.8 Análise de alcalinidade

Deve-se medir aproximadamente 200 mL em erlenmeyer, se as amostras de águas forem cloradas, deve-se adicionar 1 gota de solução de tiosulfato de sódio 0,25 N (S-conc) e homogeneizar. Adiciona-se quantidade suficiente (8 gotas) da solução de metilorange (C), para visualização da cor. Mede-se, utilizando a proveta, 100 mL e transfere para o outro erlenmeyer. Titula-se, com solução de ácido sulfúrico 0,02 N (D-dil), até viragem da cor amarela para levemente alaranjada, comparando com a solução que restou no primeiro erlenmeyer. Anota-se o volume total gasto da solução de ácido sulfúrico 0,02 N (D-dil) para o cálculo da alcalinidade total (VT).

$$AT = VT \times 10 \text{ (mg/L CaCO}_3\text{)} \quad (1)$$

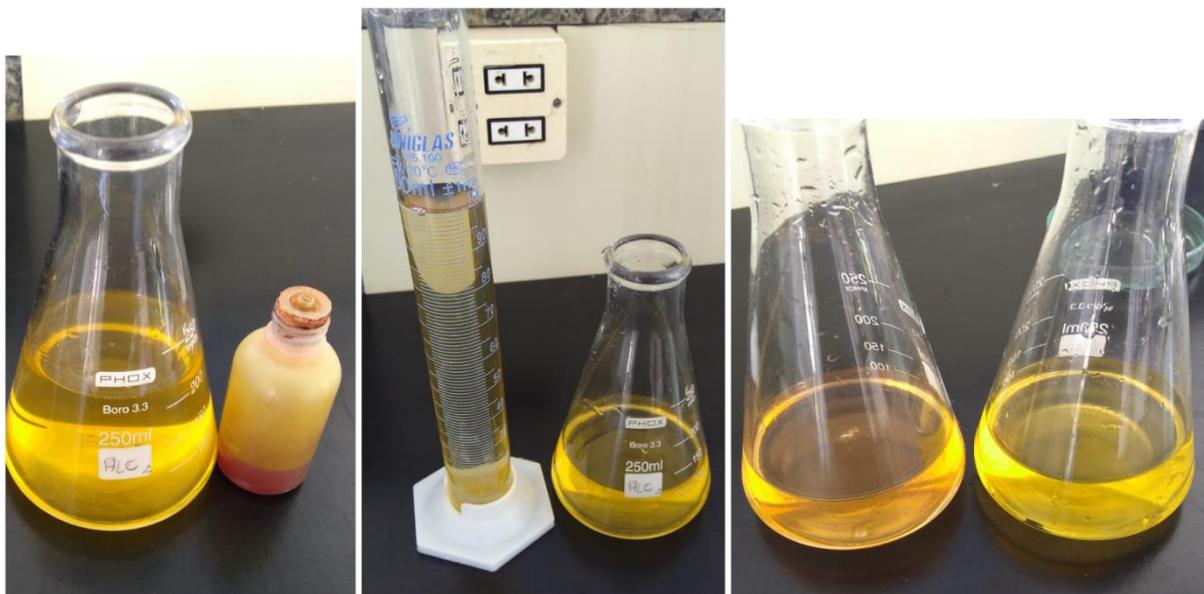
Onde:

AT = alcalinidade total

VT = volume total gasto da solução de ácido sulfúrico 0,02 N (D-dil.), em mL

Observa-se as etapas desta análise na figura 14:

Figura 14: etapas da análise de alcalinidade.



4.9 Análise de matéria orgânica

Mede-se 100 mL de cada amostra em proveta transferindo-a para o erlenmeyer, adiciona-se 5 mL de solução de ácido sulfúrico (H), deve-se misturar com o bastão de vidro e adiciona-se 10 mL de solução de permanganato de potássio 0,0125 N (I-dil), de uma bureta de 50 mL. Coloca-se pedras de ebulição afim de evitar o acúmulo de bolhas na parte inferior do erlenmeyer durante a ebulição. Levar à chapa elétrica, previamente aquecida. Após iniciar a ebulição deixar ferver por 10 minutos e retirar da chapa deixando esfriar por 1 minuto. Adiciona-se 10 mL de solução de ácido oxálico 0,0125 N (J-dil), de uma bureta de 50 mL. Titula-se com solução de permanganato de potássio 0,0125 N (I-dil) até primeira coloração rósea persistente.

A titulação deve ser executada a quente em torno de 80°C.

Observa-se, na figura 15, as amostras de água bruta, tratada e filtrada aquecendo em chapa aquecedora, para a realização de análise de matéria orgânica.

Figura 15: amostra de água para análise de matéria orgânica.



4.10 Análise de dureza

Mede-se 50 mL de amostra previamente homogeneizada e transfere-a para o erlenmeyer. Adiciona-se 1 mL de solução tampão de cloreto de amônio e hidróxido de amônio (G2) em seguida agita-se a amostra e adiciona-se pequena quantidade de indicador negro de eriocromo T (G-1), aproximadamente 100 mg (ponta de espátula). Titula-se com solução padrão de EDTA 0,005 M (G-3), lentamente, com agitação constante, até que a coloração altere de rosa para lilás, continuar titulando mais lentamente, gota a gota, até mudança para coloração azul. Anota-se o volume gasto de solução padrão de EDTA 0,005 M (G-3) e calcula-se a dureza através da equação:

$$\text{Dureza Total} = V_G \times 10 \text{ (mg/L de CaCO}_3\text{)}. \quad (2)$$

Observa-se as etapas da análise na figura 15.

Figura 16: etapas da análise de dureza da água bruta e tratada.



4.11 Análise de oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio

O frasco foi enchido lentamente, evitando a inclusão de ar na amostra, coletar diminuindo a vazão da torneira para um filete de água contínuo e uniforme, de modo que não apresente bolhas de ar. Inclinar o frasco e deixar a amostra escorrer pelas paredes, encher até verter e tampar imediatamente. Após coletada a amostra de água, colocar o frasco dentro da placa de Petry. Adicionar 1 mL de Solução Sulfato Manganoso, com a ponta da pipeta levemente submersa na amostra. Em seguida adicionar 1 mL de I-1, procedendo da mesma maneira. Tampar e homogeneizar invertendo levemente o frasco (de cima para baixo e vice-versa). Deixar em repouso para que o precipitado sedimente, aproximadamente, até a metade do frasco. Colocar 2 mL de ácido sulfúrico, tampar e homogeneizar novamente invertendo o frasco. Não havendo total dissolução, acrescentar somente mais 1 mL de ácido para total dissolução. Medir cuidadosamente 100 mL vertendo a solução pelas paredes da proveta. Transferir com cuidado para um erlenmeyer, deslizando o líquido pelas paredes. Titular com Solução Tiossulfato de Sódio 0,025 N agitando constantemente o erlenmeyer até a amostra atingir uma coloração levemente amarela. Adicionar 1 mL de T o que dará uma coloração azulada na amostra. Voltar a titular até o primeiro descoramento, a cor azulada deve voltar imediatamente após o término da titulação, caso contrário foi adicionado o reativo Solução Tiossulfato de Sódio 0,025 N em excesso.

Após fazer o procedimento acima com uma das amostras de água bruta e a amostra de água tratada, deve-se incubar o outro frasco de amostra de água bruta no decantador ou no acondicionador, prendendo pelo gargalo com cordão e evitando a incidência de luz solar. No

quinto dia após a incubação, no mesmo horário, retirar o frasco e determinar o oxigênio dissolvido por titulação. Após realizada a leitura, deve-se calcular a DBO seguindo a equação:

$$DBO_5 = OD_{\text{hora}} - O_{5 \text{ dias}} \quad (3)$$

4.12 Projeto de implantação da ETA

Foram obtidos dados do projeto inicial da ETA através de documentos arquivados pela Corsan do ano de 1987, os quais possuem previsão de vazão média, consumo estimado de reagentes para a vazão trabalhada e dimensões dos condicionadores, decantadores e filtros. Tendo em vista a primeira etapa com base na população da cidade na época de implantação da ETA, e segunda etapa para atender a previsão de população até o ano de 2035.

Em documentos de 2019, foram obtidos dados sobre o volume dos leito de secagem de lodo.

4.13 Histórico do trabalho realizado pela ETA

A partir do objetivo de projeção de demanda de água tratada da cidade de Vacaria-RS para o ano de 2028, estipulou-se a pesquisa do histórico de 3 décadas anteriores sobre o volume de produção de água e parâmetros da qualidade da água captada e distribuída e população da cidade. Foram comparados os dados entre os anos de 1998, 2008 e 2018, contudo, para obter informações mais precisas foram verificados 2 anos antes e 2 anos após os anos base, sendo o estudo realizado sobre os anos de 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2016, 2017 e 2018.

Primeiramente foram coletados dados de mínima, média e máxima mensal dos parâmetros analisados pela ETA: turbidez, cor, pH, dureza, alcalinidade, matéria orgânica, cloro, flúor, oxigênio dissolvido, DBO após foram realizados cálculos de média simples para cada ano. Em seguida foram coletados os dados mensais de produção de água tratada, horas trabalhadas, consumo de reagentes dosados e volume gasto, calculado o total de cada ano. Também foram coletados valores de vazão média de cada mês e calculado por média simples a vazão média de cada ano.

Ao analisar que algumas vezes ocorreu a não dosagem de alguns reagentes por falta dos mesmos em estoque, esses foi calculado o consumo total e a previsão de consumo com base na média de meses onde os mesmos foram dosados sem falhas.

4.14 Índice populacional de Vacaria

No site do IBGE foi possível a coleta de dados do número de habitantes residentes na cidade de Vacaria nos anos de 1996 a 2015. Para os anos seguintes, 2016 a 2019 foram utilizados dados de estimativa de população do IBGE.

Para o ano de 2028 foi necessário utilizar cálculos de tendência demográfica para estimar o número de habitantes residentes na cidade, sendo utilizado método matemático aritmético.

O método aritmético utiliza dados conhecidos para calcular a previsão futura representado pela seguinte equação:

$$\int_{P_2}^{P_1} dP = k_a \int_{t_1}^{t_2} dt \quad (4)$$

Onde:

P_1 é a população do penúltimo senso;

P_2 é a população do último senso;

K_a é a constante de crescimento;

t_1 é o ano do penúltimo senso;

t_2 é o ano do último senso.

Integrando entre os limites definidos, tem-se:

$$P_2 - P_1 = k_a(t_2 - t_1) \quad (5)$$

$$k_a = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \quad (6)$$

A partir na equação chega-se a expressão geral do método aritmético:

$$P = P_2 + k_a(t - t_2) \quad (7)$$

Onde:

P é a população prevista;

t é o ano da projeção.

Para uma previsão longa de tempo a discrepância pode ser acentuada uma vez que o crescimento é pressuposto ilimitado.

4.15 Perdas e consumo de água

Foram obtidos dados sobre a produção mensal e anual de água tratada pela ETA nos anos selecionados pelo presente estudo, e obteve-se dados correspondentes ao consumo de água segundo histórico do SNIS, possibilitando determinar o consumo per capita de água colocando os dados coletados na equação a seguir:

$$q_e = \frac{\text{vol.tratado-IP}}{\text{população atendida}} \quad (8)$$

4.16 Projeção futura

Em posse dos dados de previsão populacional para o ano de 2028 da cidade de Vacaria, foi possível projetar o consumo diário de água tratada através da equação:

$$\text{vol. consumo}_{2028} = q_e \cdot \text{população prevista}_{2028} \quad (9)$$

Obtendo o volume previsto para consumo em 2028, e considerando a atual perda de água, é possível estimar o volume de água que a ETA precisará produzir diariamente para atender a demanda:

$$\text{vol. produção}_{2028} = \text{vol. consumo}_{2028} + IP(\%) \quad (10)$$

Dessa forma estimou-se o vazão média necessária com 24 horas de trabalho diário.

$$vazão_{média} = \frac{vol.produzido}{24 \text{ horas}} \quad (11)$$

4.17 Lavagem dos decantadores

Fechou-se as comportas de entrada da água floclada para o decantador a ser lavado, deve-se abrir o expurgo de fundo do decantador a fim de iniciar o seu esvaziamento; Havendo sistema de rebaixamento de decantador o mesmo deve ser utilizado antes de abrir o expurgo de fundo. Enquanto o nível do bloco a ser lavado diminui, o funcionário que efetuou a limpeza preparou o material, tais como rodos e mangote, a fim de agilizar o serviço, enquanto o decantador está sendo expurgado, deve-se proceder ao jateamento das calhas coletoras de água decantada. Quando o nível do bloco estiver próximo a ¼ auxilia-se a retirada do lodo com o jateamento direcionado à calha central do bloco. Após baixar o nível (aparecimento da calha central) deve-se jatear o fundo e as paredes com mangotes de alta pressão, caso o jateamento não for suficiente para remover todas as incrustações das paredes do decantador devem-se escovar as mesmas. Quando necessário, adicionar solução de Hipoclorito de Sódio nas paredes do decantador, a fim de inibir o desenvolvimento de algas (Solução a 1/10). Terminada a lavagem, fecha-se registro de expurgo do decantador, abre-se as comportas de entrada de água do decantador. Espera-se a recuperação do nível de água do bloco.

4.18 Lavagem de filtros

Fecha-se o registro de entrada de água decantada, esperando baixar o nível da água, até chegar ao nível das calhas coletoras pra abrir o registro do expurgo e fechar o registro de água filtrada, deixando uma lâmina d'água entre 6 a 2 cm do nível da areia (jamais secar o leito filtrante); Inicia-se o jateamento do leito filtrante utilizando-se um mangote com biqueira redutora, sendo projetado o jato em movimentos circulares a fim de promover o revolvimento da camada superficial do leito filtrante, jatear as paredes internas e calhas do filtro. Após o jateamento, inicia-se a operação de retro lavagem abrindo lentamente o registro de água de lavagem. Quando a água de lavagem transbordar na calha coletora, inicia-se a cronometragem do tempo de lavagem, determinando o tempo de lavagem através da turvação da água de lavagem tendo um bom indicativo de que a turvação da água de lavagem está próxima do ideal

quando a mesma estiver com o aspecto próximo ao da água decantada. Dado o tempo de lavagem, coleta-se uma amostra de água em um local representativo da lavagem, para posterior análise de turbidez. Fecha-se a água de lavagem e o registro de expurgo abrindo gradualmente o registro de água decantada, evitando, dessa forma, o turbilhonamento (arraste de flocos) do decantador para o filtro. Mede-se a turbidez da água de lavagem e espera-se a elevação do nível de água do filtro atingir as calhas para abrir gradualmente o registro de água filtrada.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Projeto de construção da ETA de Vacaria

O projeto inicial da ETA de Vacaria e o projeto de ampliação da mesma, foram intitulados de etapa I e etapa II, estão apresentados na tabela 02.

Tabela 02: Estimativa de vazão, consumo de reagentes e produção de água diária nas etapa I e II do projeto da ETA de Vacaria.

	Projeto ETA Vacaria	
	Etapa I	Etapa II
Vazão	130 l/s	260l/s
Sulfato	437 kg/dia	874 kg/dia
Cal hidratada	224,64 kg/dia	449,28 kg/dia
Cloro	33,696 kg/dia	67,392 kg/dia
Fluossilicato de sódio	15 kg/dia	30 kg/dia
Produção	11.232 m3	22.464 m3

Fonte: Corsan, 1987.

As dimensões dos acondicionadores, decantadores e filtros, são apresentados na tabela 03.

Tabela 03: Dimensões de acondicionadores, decantadores e filtros.

	Acondicionadores	Decantadores	Filtros
Comprimento	10,9m	27,35m	5,0m
Largura	2,12m	11,2m	5,2m
Altura	3,68m	3,60m	3,60m
Área	23,11m ²	306,32m ²	26m ²
Volume	85m ³	1103m ³	93,6m ³

Fonte: Corsan, 1987.

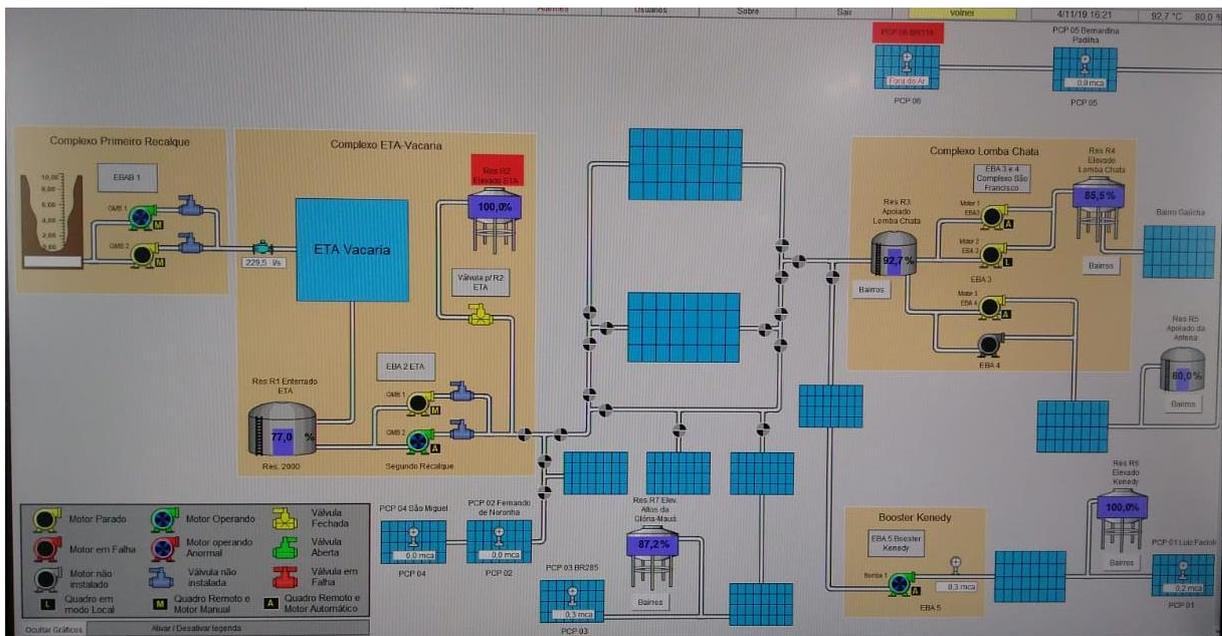
As dimensões dos reservatório de água são apresentados na tabela 04.

Tabela 04: Dimensões dos reservatórios de água tratada.

Reservatório	Capacidade
R1	2000 m ³
R2	130 m ³
R3	1500 m ³
R4	500 m ³
R5	500 m ³
Booster	500 m ³
R6	50 m m ³

Fonte: Corsan, 1987.

Pela figura 17 é possível observar a distribuição dos reservatórios.

Figura 17: Disposição dos reservatórios na cidade.

As dimensões dos leitos de secagem do lodo, são apresentadas na tabela 05.

Tabela 05: dimensões leitos de secagem.

Leito	Capacidade
1	500 m ³
2	500 m ³

Na figura 18 observa-se os dois leitos de secagem do lodo, onde percebe-se uma parte mais seca e outra com água ainda acumulada.

Figura 18: Leitões de secagem.

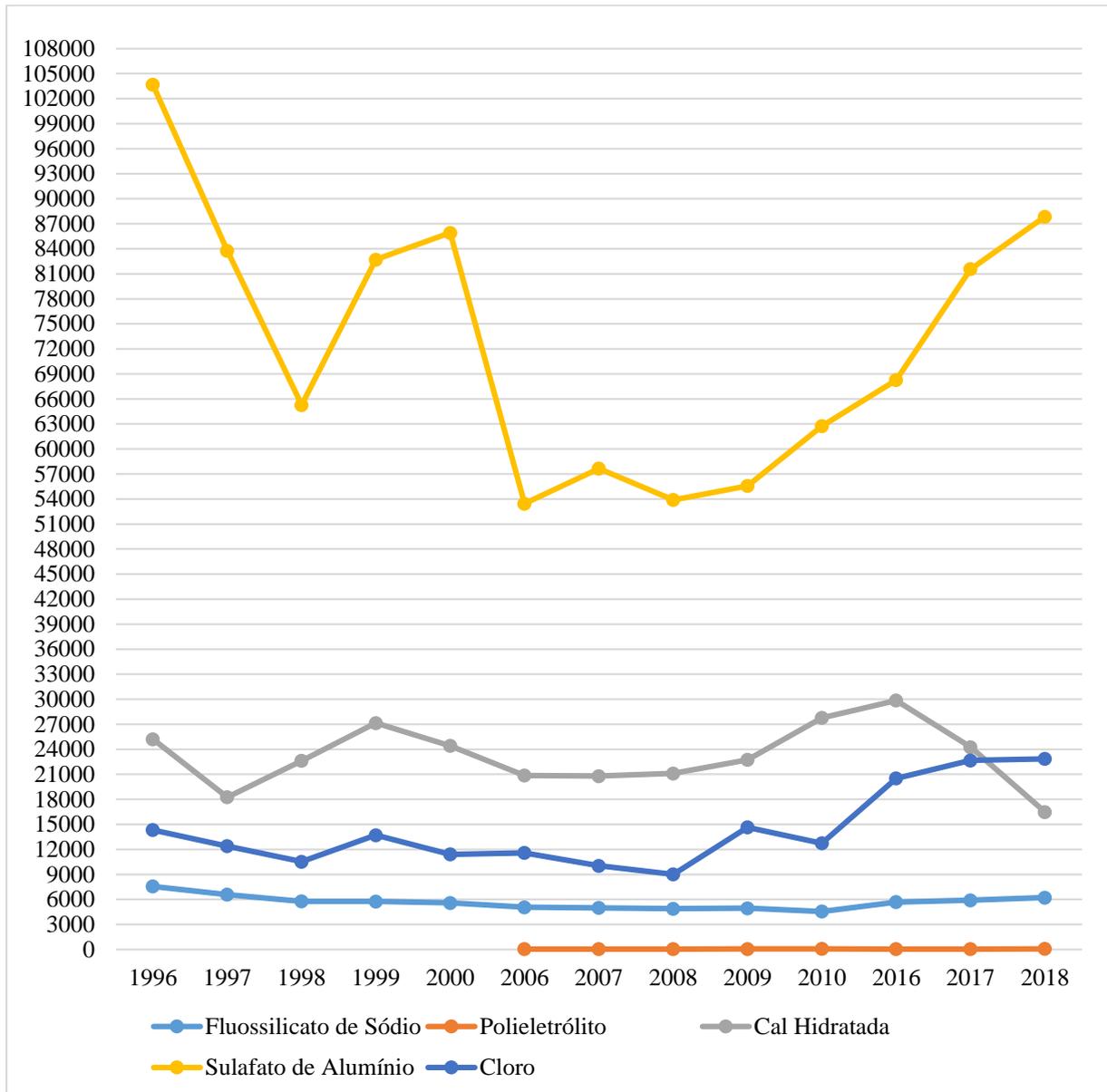


5.2 Consumo de reagentes

O consumo de reagentes varia conforme a qualidade da água bruta e a vazão de entrada. O gráfico 01 apresenta o consumo dos reagentes durante os anos estudados.

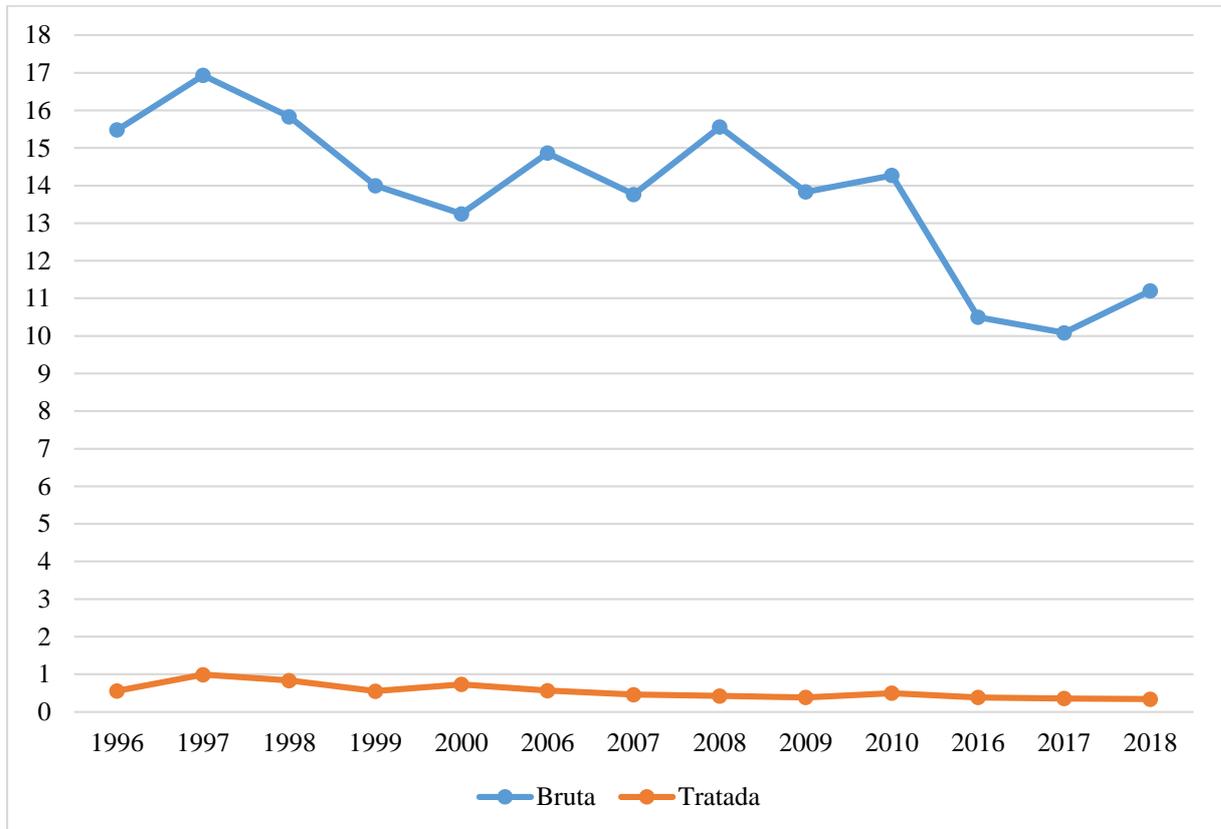
No gráfico 01, observa-se que há bastante variação nas dosagens dos reagentes com o passar dos anos. Isso pode ocorrer devido a variação da qualidade da água bruta, pois quanto menor a turbidez e a matéria orgânica, menor a necessidade de quantidade de sulfato de alumínio e cloro a serem utilizados. Bem como o índice de pH mais alto necessita menor dosagem de cal hidratada.

O polieletrólito começou a ser usado em 2006 para auxiliar na floculação e decantação das partículas sobrenadantes. Este reagente não é utilizado durante o ano todo, apenas é dosado quando o sulfato está gerando flocos miúdos, por isso seu consumo é baixo, aproximadamente 50kg por ano.

Gráfico 01: Consumo de reagentes (kg)

5.3 Parâmetros físico-químicos da água bruta e tratada.

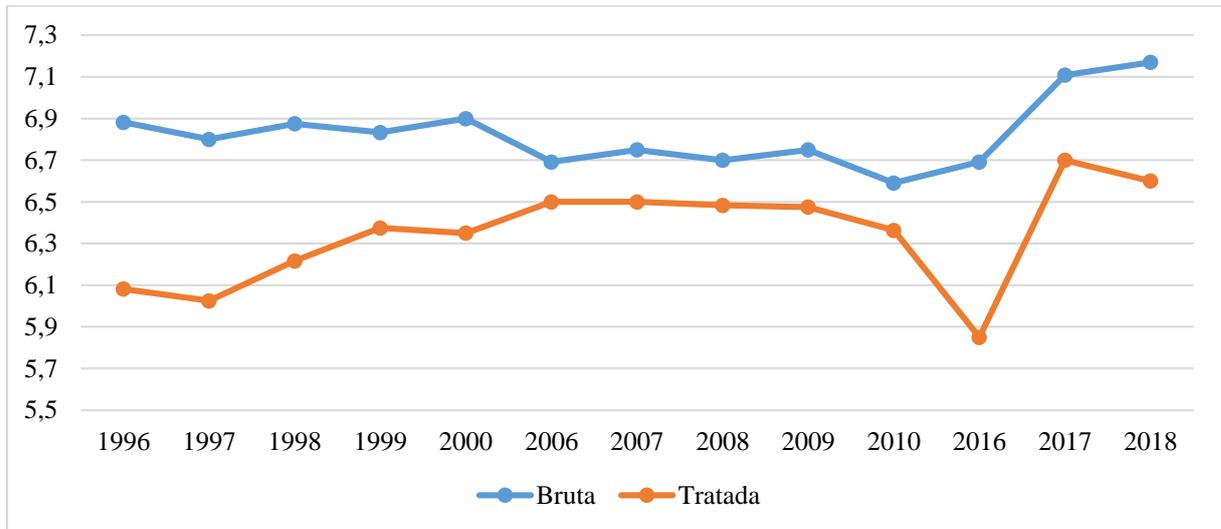
No gráfico 02, pode-se observar a média das análises de turbidez na água bruta e tratada realizadas durante cada ano estudado.

Gráfico 02: Média anual de turbidez (UT)

Como apresentado no gráfico 02, os valores médios da turbidez de água bruta variam bastante, a causa do aumento da turbidez na água bruta deve-se a chuva, pois em épocas de grande volume de chuva ocorre carreamento das partículas presentes no fundo na barragem.

A turbidez da água tratada nos anos de 1997, 1998 e 2000 ficou fora do padrão de 0,5UT permitido pela portaria número 2914 de 2011. Contudo, nos demais anos analisados, se manteve dentro dos padrões.

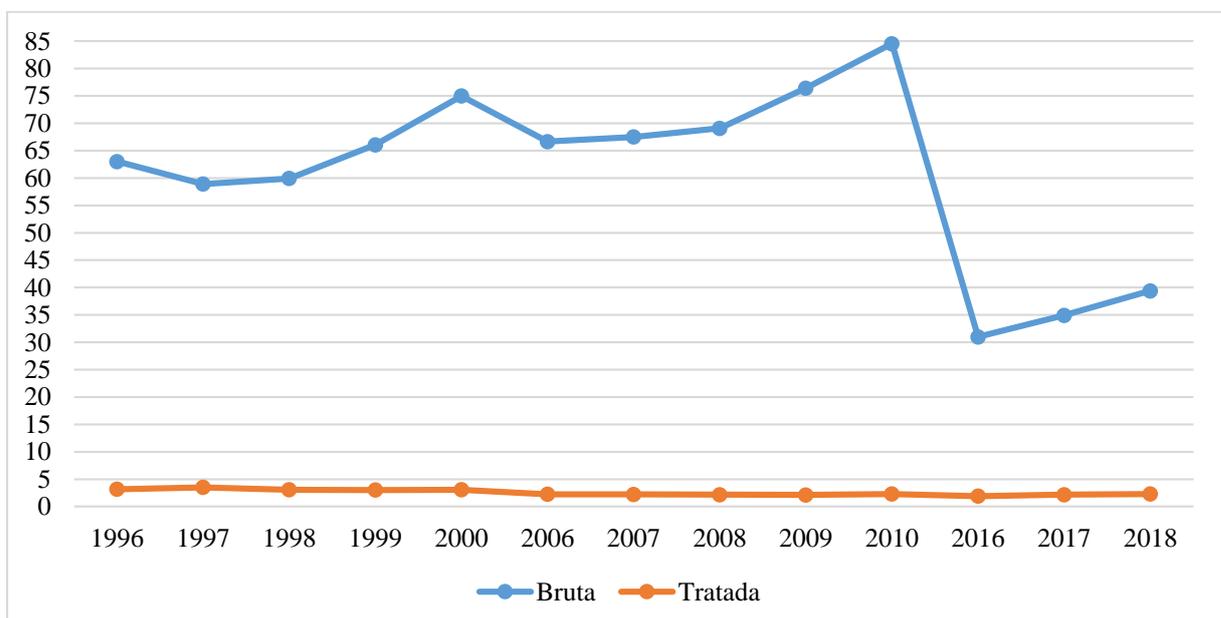
No gráfico 03, observa-se a média anual de pH da água bruta e tratada durante os anos.

Gráfico 03: Média anual do índice de pH.

A água bruta tem seu pH variando entre 6,6 e 7,0. Assim não necessita uma dosagem grande de cal hidratada para corrigi-lo, apenas o suficiente para equilibrar com a acidez do sulfato de alumínio. No ano de 2016 a média deste parâmetro ficou abaixo da normativa, tendo mínima de 5,3, máxima de 7,0 e média de 5,8, segundo a portaria 2914 de 2011, o pH não deve ser inferior a 6,0.

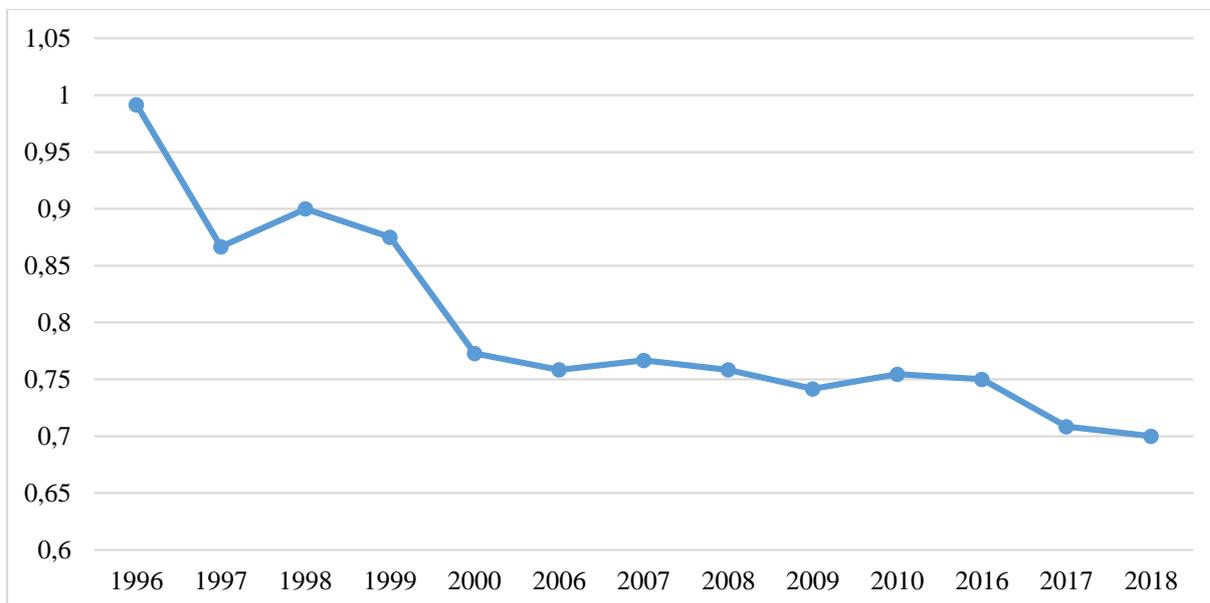
O motivo desse resultado pode ser devido ao aumento na dosagem de cal hidratada não ter ocorrido proporcionalmente com o aumento na dosagem de sulfato de alumínio.

No gráfico 04, observa-se a média anual das análises de cor da água bruta e tratada.

Gráfico 04: Média anual de cor (mg/L)

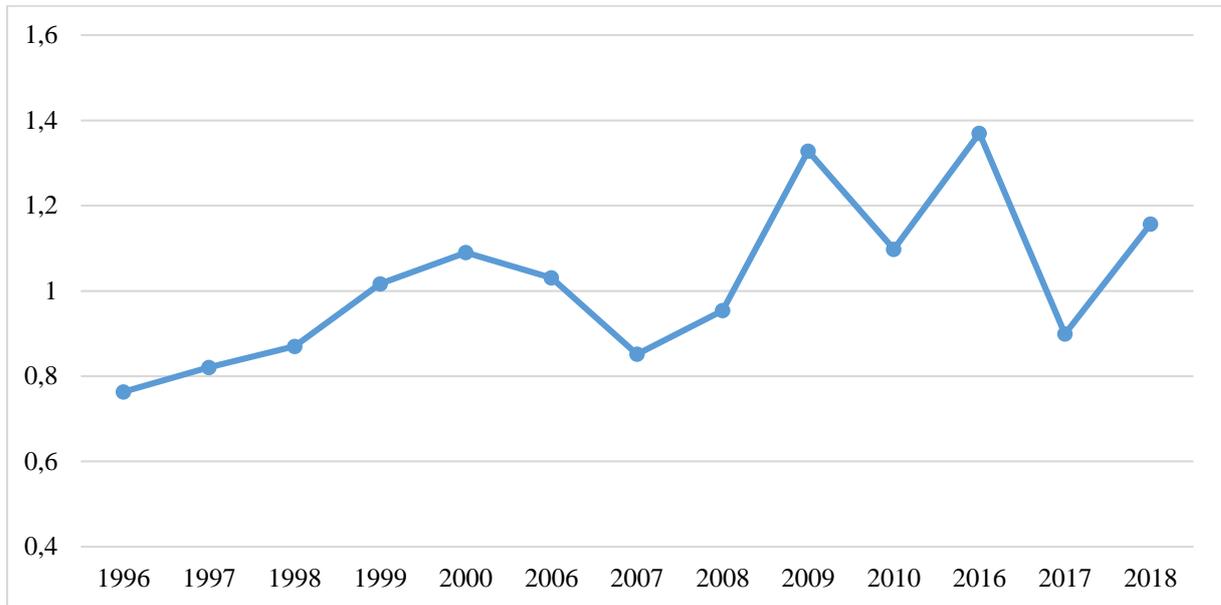
O gráfico 05 apresenta os valores médio de cada ano, das análises de flúor realizadas.

Gráfico 05: Média anual de flúor (mg/L)

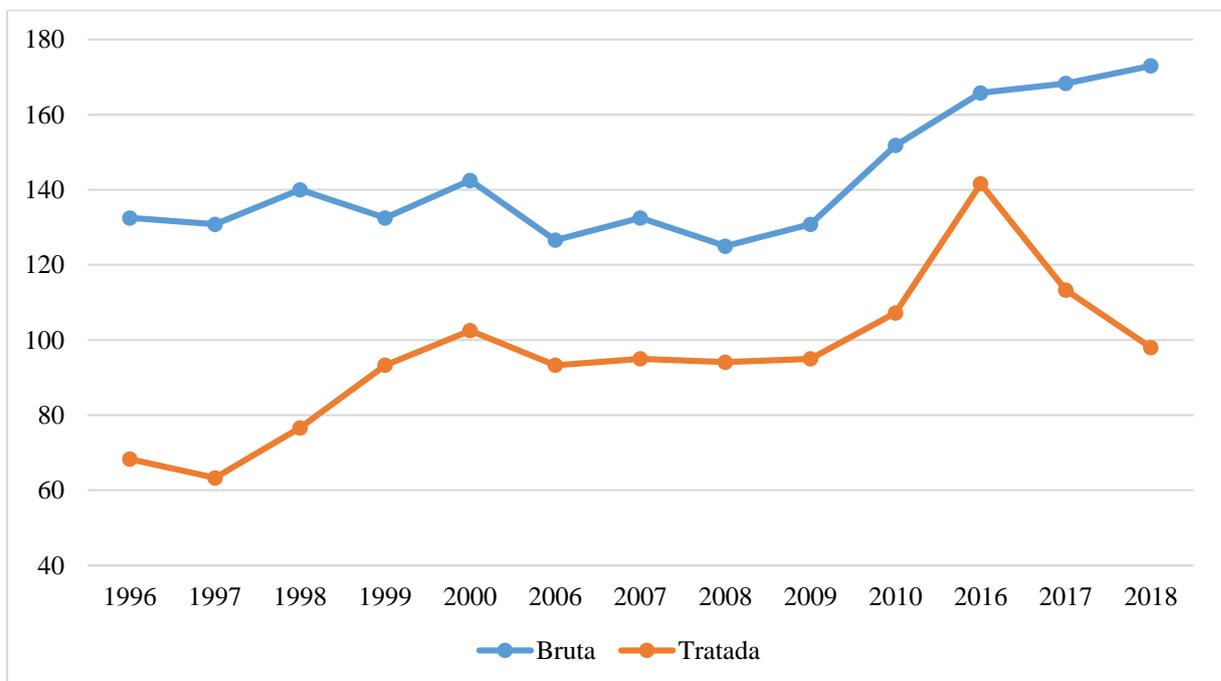


Segundo a portaria 2914 de 2011, a quantidade de flúor na água tratada deve ser menor que 1,5mg/l. Sendo assim, em todos os anos analisados este parâmetro se manteve dentro da normativa.

O gráfico 06 apresenta os valores médio de cada ano, das análises de cloro livre realizadas. O cloro livre na água tratada necessita ser suficiente para manter a água desinfetada desde a saída do reservatório da ETA até o relógio das economias. Para isto é realizado análises de cloro na água coletada nos finais de rede de distribuição para garantir que nesses pontos a quantidade seja de no mínimo 0,5mg/l como especificado na portaria 2914/2011, tendo como fora do padrão valores abaixo de 0,5mg/l na água tratada. Sendo assim os valores apresentados no gráfico estão de acordo com a normativa.

Gráfico 06: média anual de cloro livre (mg/L)

O gráfico 07 apresenta os valores médio de cada ano, das análises de alcalinidade realizadas.

Gráfico 07: Média anual de alcalinidade (mg/L)

A alcalinidade é importante para neutralizar as características ácidas da água controlando problemas de coagulação abrandamento e corrosão. Para o consumo humano, a

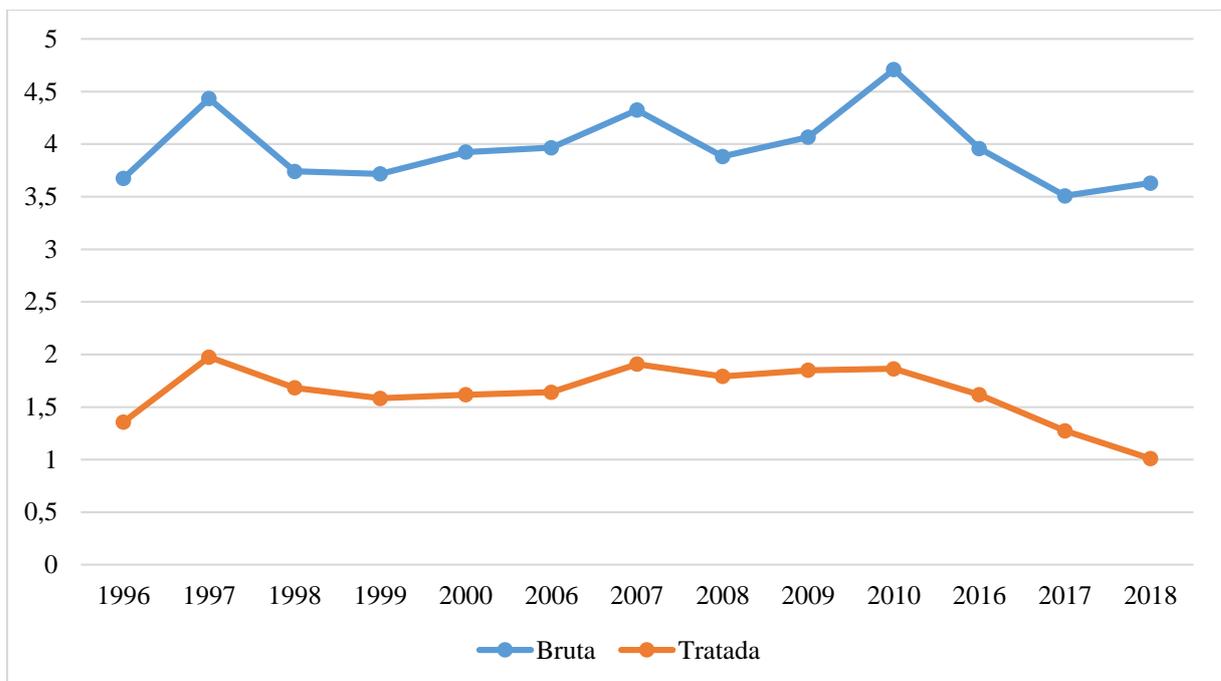
concentração moderada não possui efeitos sanitários. Entretanto em concentrações altas, acima de 400mg/l, pode ocasionar sabor desagradável.

Os principais componentes da alcalinidade são sais de ácidos, como, silicatos, fosfatos, bicarbonatos, etc. os hidróxidos e carbonatos podem aparecer com mais facilidade e em maior quantidade nas águas eutrofizadas. Em períodos de intensa insolação, a fotossíntese é maior provocando elevação de pH.

A variação de alcalinidade também pode ocorrer devido descargas de efluentes onde se empregam bases fortes.

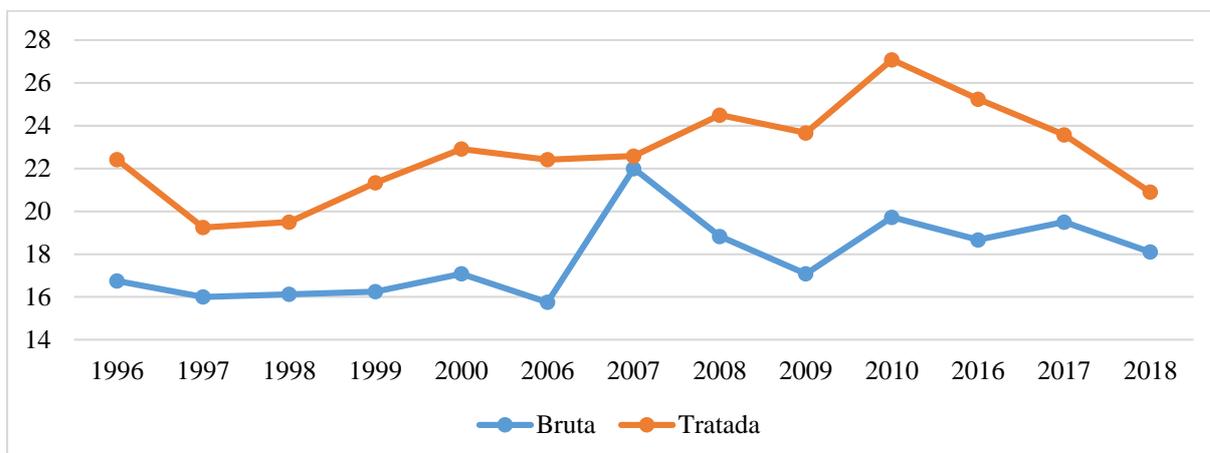
O gráfico 08 apresenta os valores médio de cada ano, das análises de matéria orgânica realizadas.

Gráfico 08: Média anual de matéria orgânica (mg/L)



A matéria orgânica quando em altas quantidades pode causar problemas de cor, odor, turbidez e, o mais sério, consumo de oxigênio dissolvido. Como observado no gráfico acima, a concentração de matéria orgânica tanto na água bruta como tratada é baixo, assim não gera grandes problemas.

O gráfico 09 apresenta os valores médio de cada ano, das análises de dureza realizadas.

Gráfico 09: média anual de dureza (mg/L)

A concentração de carbonato de cálcio na água determina se a água tem características mais duras ou moles, conforme a tabela 06:

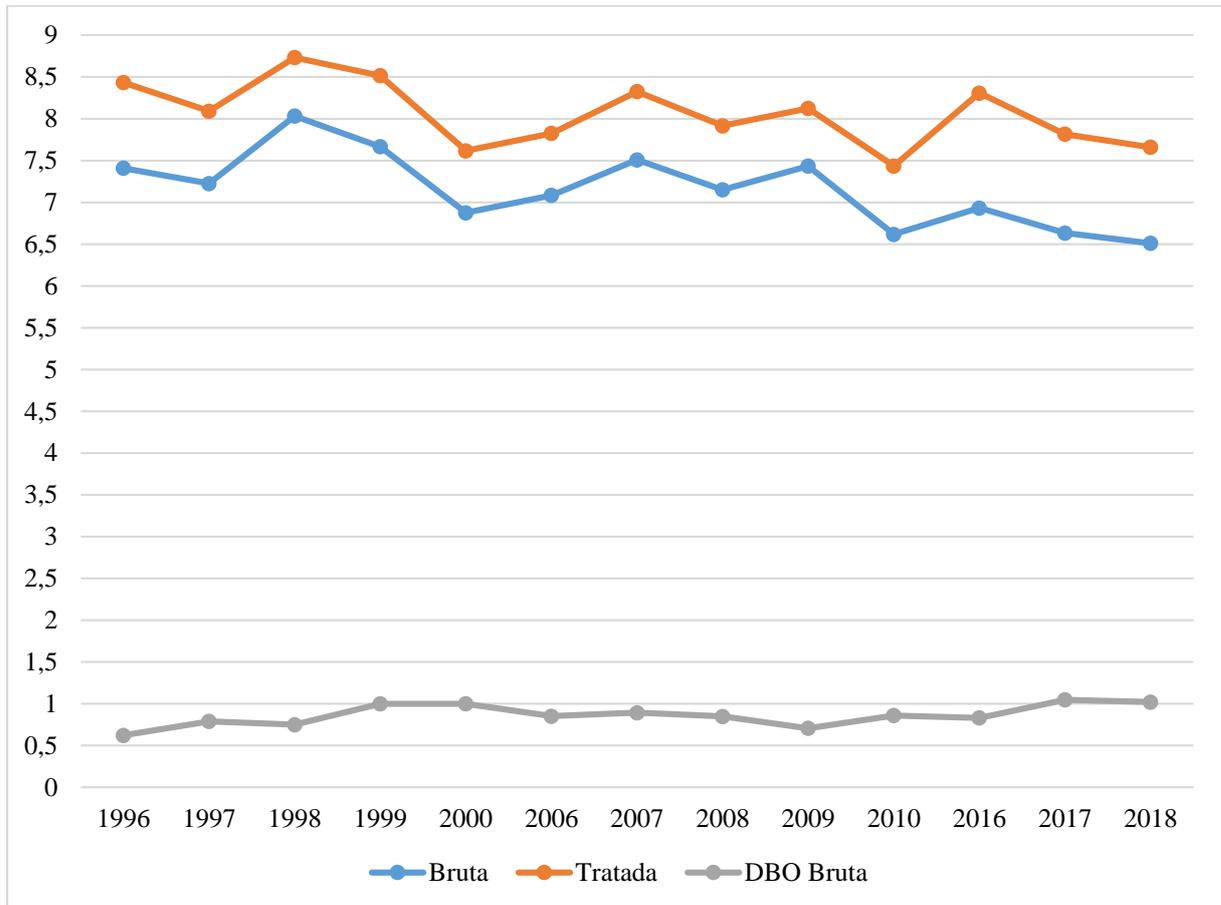
Tabela 06: concentrações de carbonato de cálcio na água.

Classificação	Concentração de CaCO ₃
Mole	< 50 mg/L
Dureza moderada	50 mg/L a 150 mg/L
Dura	150 mg/L a 300 mg/L
Muito dura	> 300 mg/L

Fonte: Ministério da saúde, 2006.

Ambas as águas analisadas possuem características de água mole.

O gráfico 10 apresenta os valores médio de cada ano, das análises de oxigênio dissolvido nas águas bruta e tratada e demanda bioquímica de oxigênio na água bruta.

Gráfico 10: média anual de oxigênio dissolvido e DBO₅ (mg/L)

O oxigênio dissolvido na água bruta auxilia na autodepuração da mesma. Já na água tratada, o alto índice de oxigênio torna-a mais agradável ao paladar.

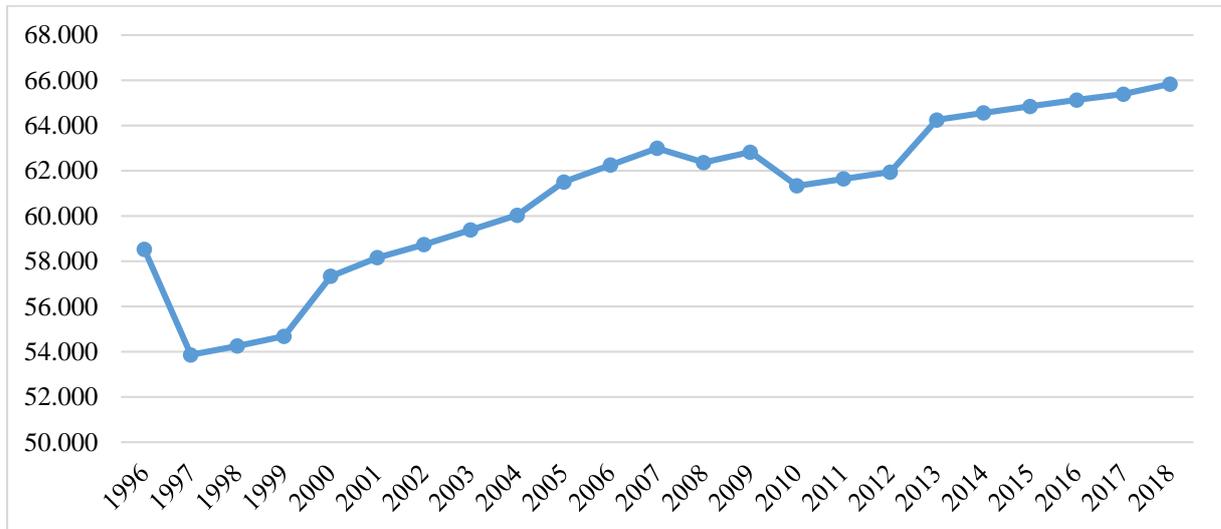
O valor da DBO indica quanto oxigênio bactérias e outros organismos consumiram em 5 dias. Com isso, deduz-se que quanto maior o valor da DBO pior a qualidade da água, contrário ao índice de oxigênio dissolvido, que tanto maior seu valor, melhor a qualidade da água.

A partir dessas informações, ao analisar o gráfico acima, percebe-se que as águas bruta e tratada contém um bom índice de oxigênio dissolvido.

A DBO₅ informa que a qualidade da água é boa, já que seus valores são baixos.

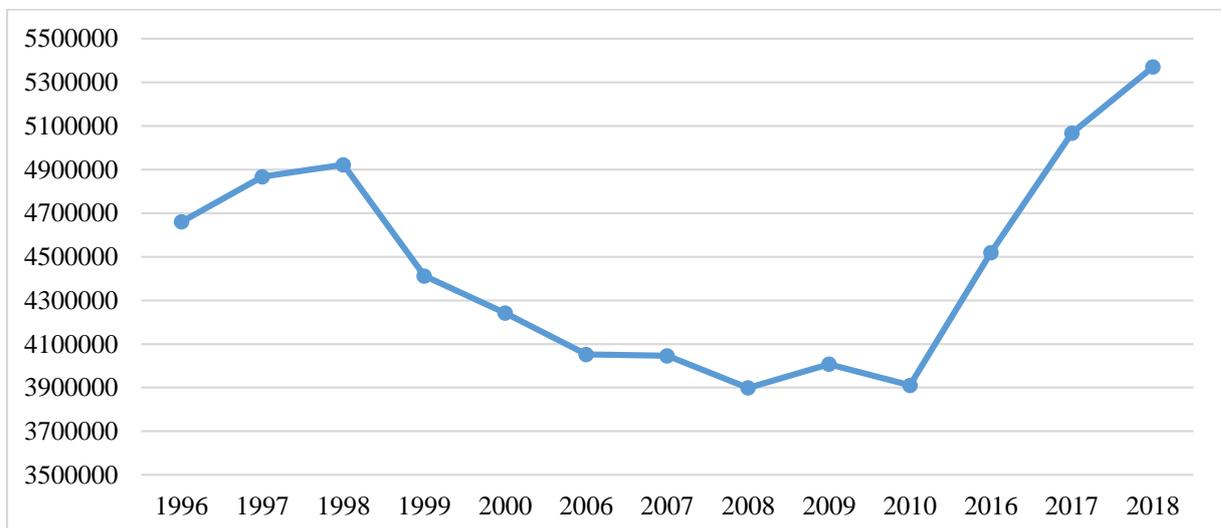
5.4 População

O gráfico 11 apresenta a quantidade de habitantes residentes em Vacaria de acordo com os anos. No qual nota-se que em alguns anos ocorreu diminuição da população.

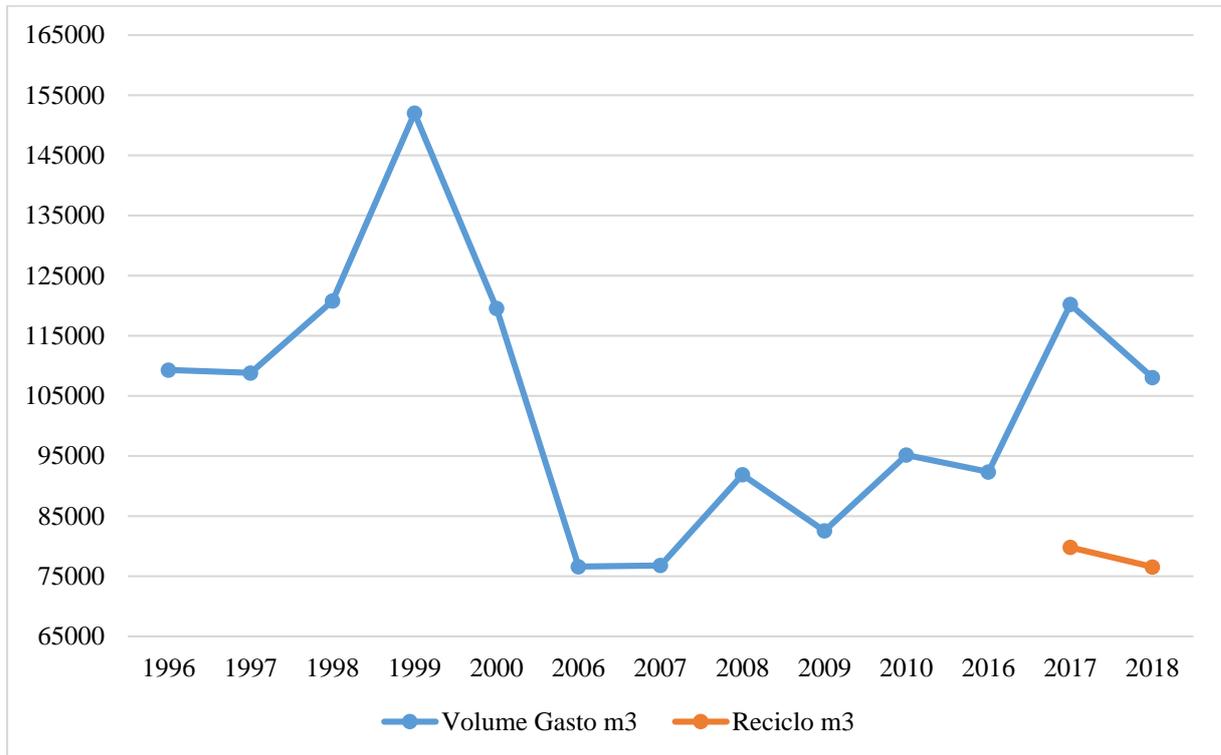
Gráfico 11: habitantes residentes em Vacaria

5.5 Índices de produção

O volume de água tratada anualmente é observado no gráfico 12.

Gráfico 12: volume de água tratada (m³)

O volume de água gasto na limpeza de filtros, ETA, análises e consumo dos funcionários está apresentado no gráfico 13, bem como o reciclo da água utilizada para lavagem de filtros, a partir de 2017.

Gráfico 13: volume de água gasto e reciclado (m³)

O volume de água gasto depende da demora na lavagem de filtros, do uso racional da água para a lavagem da ETA e consumo de funcionários, bem como a quantidade de água usada para as análises e lavagem de vidrarias.

Em 2017 foi construída uma barrela para reaproveitamento da água de lavagem dos filtros, reduzindo bastante o gasto de água.

Ao ser lavado os filtros, a água usada é direcionada para a barrela (figura 19) que retornará a água para o início do tratamento (figura 20).

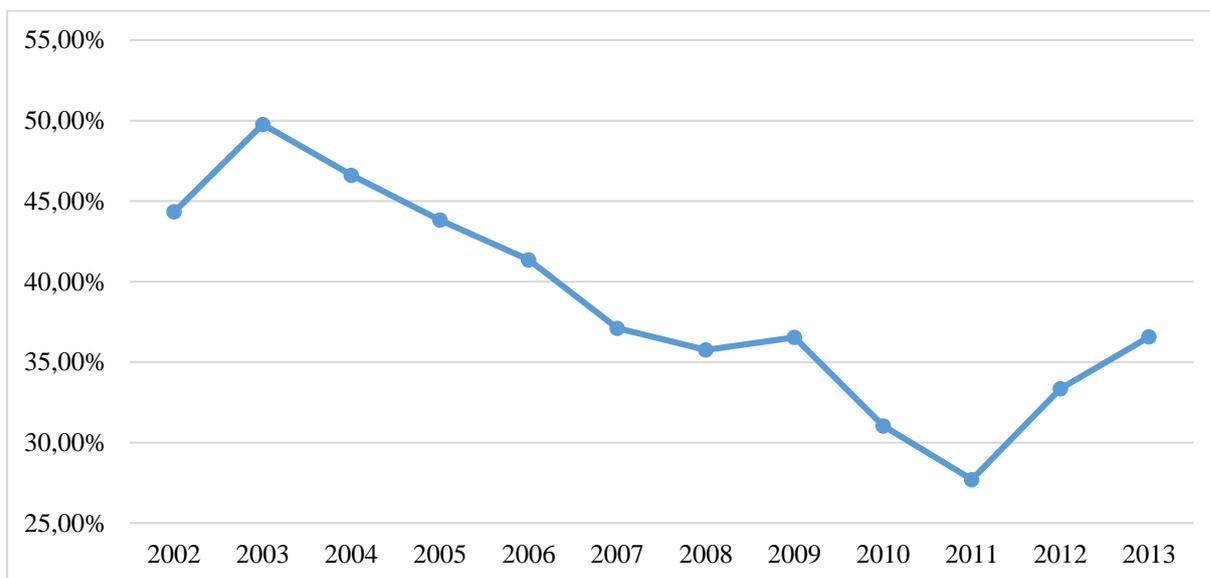
Figura 19: Barrela de reciclo de água.



Figura 20: Entrada de reciclo da água.



Segundo dados do SNIS, a perda de água em vacaria para os anos 2002 à 2013 encontram-se no gráfico 14:

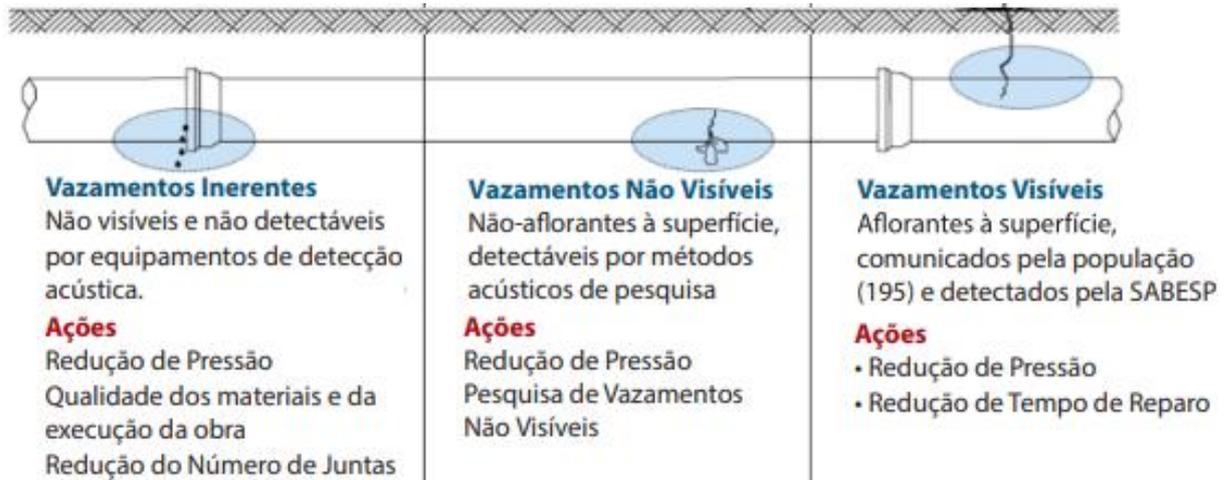
Gráfico 14: índice de perdas de água

O índice visto no gráfico refere-se a água gasta na ETA em lavagens e análises, e a perda de água na rede de distribuição.

Segundo informações da Corsan, em 2018 a perda de água era de aproximadamente 43% caindo para 41% em 2019. Contudo, esses valores são apenas aproximados da realidade, pois as marcações existentes são apenas do macromedidor de entrada de água na ETA, sendo uma medição não muito precisa devido ao bolsões de ar. Sendo que a medida deste macromedidor é considerado para o volume de água tratada, não existindo relógio medidor na saída do reservatório da ETA. O volume consumido é conhecido através de medições nos relógios de cada economia. Segundo informações dos funcionários, foram flagrados economias as quais ocorreram o corte de água, burlando o sistema, captando água da rede de distribuição sem uso do relógio. Dessa forma, percebe-se que a perda de água com índice em 41% não condiz apenas com vazamentos na rede de distribuição, tornando tarefa difícil definir a real perda de água.

Segundo Dante Ragazzi Pauli (2015), presidente nacional da ABES, dois conceitos para a perda de água. A primeira é a perda de água real, que ocorre quando o volume de água inicial na distribuição é perdido durante o processo, geralmente por vazamentos na tubulação, ou rompimentos de rede. A figura 21 apresenta os tipos de vazamentos existentes em uma rede de distribuição.

Figura 21: Tipos de vazamentos e ações para combate de perdas.

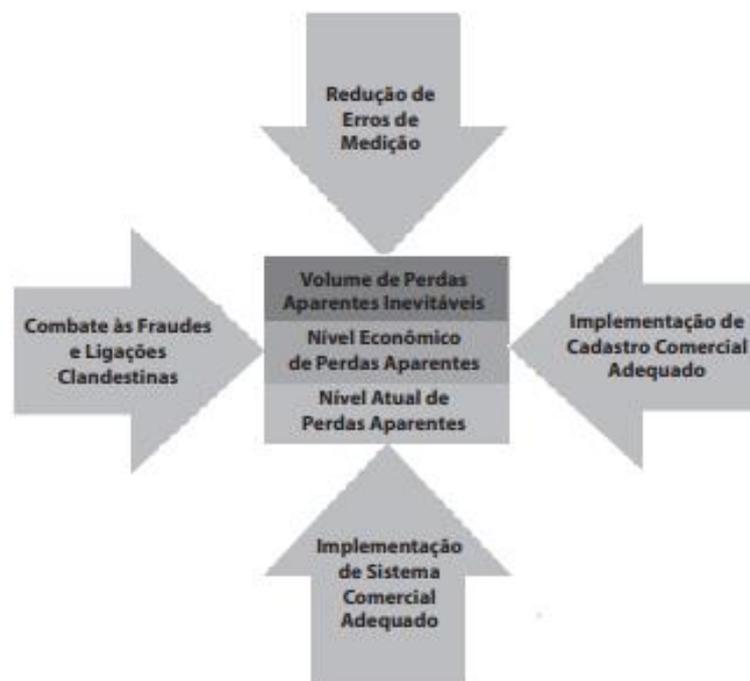


Fonte: FUNASA, 2014.

A segunda é chamada de perda de água aparente, esta ocorre quando a distribuição de água atinge o consumidor porém o valor não é cobrado adequadamente, a causa pode ser problemas técnicos na medição dos hidrômetros ou fraude do consumidor.

Para reduzir as perdas aparentes de água, foi criada a cruz de ataques às perdas de água, vista na figura 22.

Figura 22: Cruz de ataques às perdas aparentes.



Fonte: FUNASA, 2014.

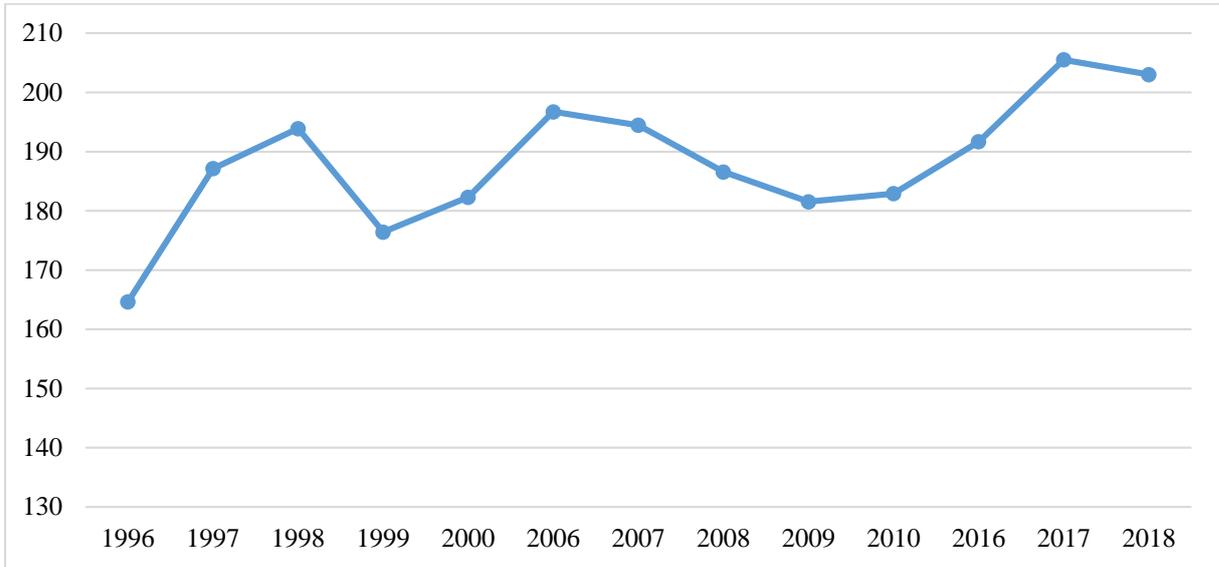
Essas medidas são realizadas pela empresa de tratamento de água, porém ainda não há medidores de pressão instalados na rede de distribuição para identificar os vazamentos não visíveis.

Para medir a vazão e o volume de água tratada na ETA de Vacaria, é usado macromedidor, como visto na figura 23. No macromedidor é possível ver a vazão de entrada de água em l/s e o volume captado em m^3 .

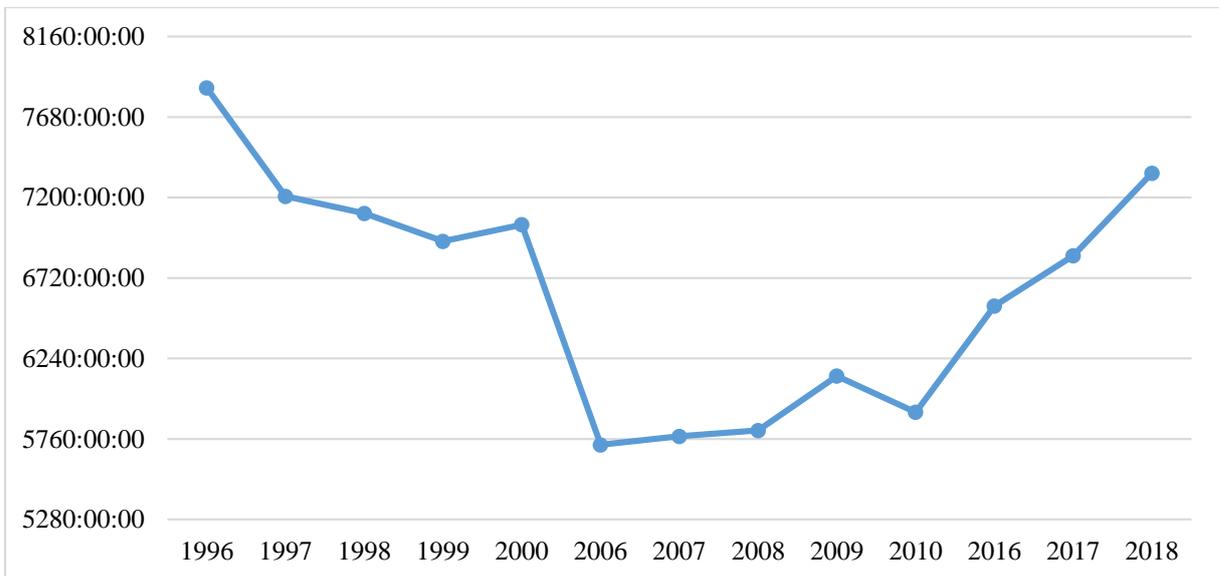
Figura 23: Macromedidor de vazão de entrada.



A vazão média de entrada de água bruta na ETA é vista no gráfico 15.

Gráfico 15: média de vazão de entrada (L/s)

As horas trabalhadas durante o ano estão apresentadas no gráfico 16.

Gráfico 16: horas trabalhadas durante o ano.

5.6 Consumo de água per capita

Para a realização de cálculo de consumo per capita é necessário conhecer o volume de água tratada que sai da ETA, o volume de índice de perdas e o volume consumido registrado pelo relógios das economias. Entretanto essas informações não foram informadas de modo oficial pela Corsan. Sendo assim, para estimar os valores de consumo futuros, foram utilizados

dados de média nacional per capita, o qual estima cerca de 200l/hab/dia, e perdas de água foram usados valores médios de 37% (SNIS, 2017).

5.7 Estimativas para os anos de 2020 à 2028

5.7.1 População estimada

Dados do IBGE:

$P_2 = 66.218$ habitantes

$P_1 = 65.846$ habitantes

$t_2 = 2019$

$t_1 = 2018$

Seguindo a equação:

$$k_a = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \quad (5)$$

Temos:

$$k_a = \frac{66.218 - 65.846}{2019 - 2018} \quad (5)$$

$$k_a = 372$$

Obtendo a taxa de crescimento k_a e possuindo outros dados necessários é possível calcular o crescimento populacional através da equação, para os anos a seguir:

$$P = P_2 + k_a(t - t_2) \quad (6)$$

$$P = 66.218 + 372(2020 - 2019)$$

$$P_{2020} = 66.590 \text{ habitantes}$$

$$P_{2021} = 66.962 \text{ habitantes}$$

$$P_{2022} = 67.334 \text{ habitantes}$$

$$P_{2023} = 67.706 \text{ habitantes}$$

$$P_{2024} = 68.078 \text{ habitantes}$$

$$P_{2025} = 68.450 \text{ habitantes}$$

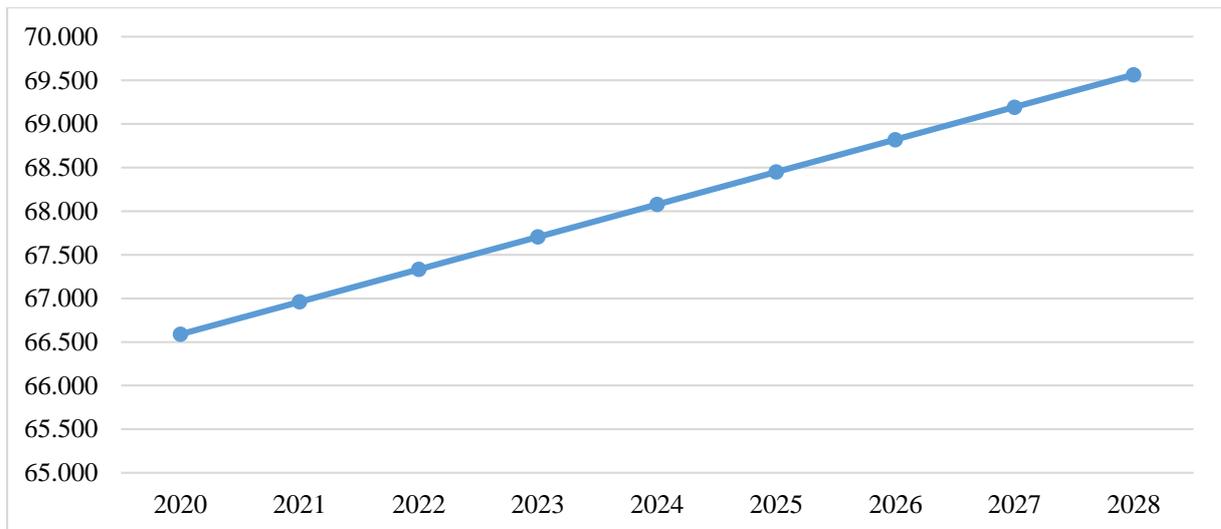
$$P_{2026} = 68.822 \text{ habitantes}$$

$$P_{2027} = 69.194 \text{ habitantes}$$

$$P_{2028} = 69.566 \text{ habitantes}$$

A previsão de habitantes encontrada através das equações, são apresentadas no gráfico 17.

Gráfico 17: Previsão de habitantes



5.7.2 Estimativa de consumo per capita

Para o ano de 2020:

$$vol. consumo_{2020} = q_e \cdot população prevista_{2020} \quad (9)$$

$$vol. consumo_{2020} = 200,0 * 66590$$

$$vol. consumo_{2020} = 13318000 \text{ litros/dia}$$

$$vol. produção_{2020} = vol. consumo_{2020} + IP(\%)$$

$$vol. produção_{2020} = 13318000 + 37\%$$

$$vol. produção_{2020} = 18245660 \text{ litros/dia}$$

Dessa forma estima-se o vazão média necessária com 24 horas de trabalho diário.

$$vazão_{média} = \frac{18245660 \text{ litros}}{24 \text{ horas}} \quad (11)$$

$$vazão_{média} = 760235,83 \text{ litros/h}$$

$$vazão_{média} = 211,17l/s$$

Para o ano de 2024:

$$vol. consumo_{2020} = q_e \cdot população\ prevista_{2024} \quad (9)$$

$$vol. consumo_{2024} = 200,0 * 68078$$

$$vol. consumo_{2024} = 13615600\ litros/dia$$

$$vol. produção_{2024} = vol. consumo_{2020} + IP(\%)$$

$$vol. produção_{2024} = 13615600 + 37\%$$

$$vol. produção_{2024} = 18653372\ litros/dia$$

Dessa forma estima-se o vazão média necessária com 24 horas de trabalho diário.

$$vazão_{média} = \frac{18653372\ litros}{24\ horas} \quad (11)$$

$$vazão_{média} = 777223,83\ litros/h$$

$$vazão_{média} = 215,9l/s$$

Para o ano de 2028:

$$vol. consumo_{2028} = q_e \cdot população\ prevista_{2028} \quad (9)$$

$$vol. consumo_{2028} = 200,0 * 69566$$

$$vol. consumo_{2028} = 13.913.200\ litros/dia$$

$$vol. produção_{2028} = vol. consumo_{2028} + IP(\%)$$

$$vol. produção_{2028} = 13913200 + 37\%$$

$$vol. produção_{2028} = 19061084\ litros/dia$$

Dessa forma estima-se o vazão média necessária com 24 horas de trabalho diário.

$$vazão_{média} = \frac{19061084\ litros}{24\ horas} \quad (11)$$

$$vazão_{média} = 794211,83\ litros/h$$

$$vazão_{média} = 220,6l/s$$

Conforme os dados estipulados através dos cálculos anteriores, o consumo da cidade em 2028 será de aproximadamente 13.913.200l/dia, considerando o índice de perda de água médio de 37%, calculou-se o volume mínimo de volume de água tratada por dia de 19.061.084l/d.

5.8 Discussões

5.8.1 Qualidade da água

Como observado nas médias dos parâmetros físico-químicos da água tratada pela ETA de Vacaria-RS, nota-se que geralmente os parâmetros estão dentro do padrão. Contudo, há algumas médias muito próximas do limite máximo permitido pela portaria 2914 de 2011, indicando que algumas vezes os parâmetros ficaram fora do padrão de qualidade.

Porém ao analisar os dados da água bruta, observa-se que a mesma possui pouca alteração durante os anos, mas a vazão e a dosagem de reagentes teve um grande aumento. Um dos motivos pode ser a vazão de entrada alta comparada a capacidade da ETA, pois a mesma está trabalhando 83% acima do projeto inicial, isto faz com que o tempo de floculação seja menor, em sequência o tempo de decantação será menor. Assim o processo de tratamento não possui tempo suficiente para a formação e decantação dos flocos, o que causa quantidade alta de flocos sobrenadantes, leves, sem condições de decantar gerando turbidez maior que o esperado na água do último decantador. Com esse processo acelerado, a água leva muitos flocos para os filtros, os quais acabam por serem sobrecarregados, necessitando de lavagens com maior frequência.

5.8.2 Produção

Atualmente a ETA trabalha com vazão média de 215 l/s, porém essa vazão não se mantém constante. Segundo relatos dos funcionários lotados na ETA e observação própria, para a vazão ficar em torno de 215l/s é realizado uma operação reversa na bomba de recalque 1 para eliminar possíveis sujeiras. Entretanto, em torno de uma semana, essa vazão declina chegando a 180l/s, o que não é suficiente para abastecer a cidade no horário de funcionamento de ETA, que é 19 horas diárias. Nos dias de baixa vazão é necessário trabalho de 24 horas.

5.8.3 Estimativas para 2028

Conforme os resultados calculados, em 2028 a vazão mínima de entrada de água na ETA necessitará ser de 220,6l/s. Esse valor exige 14 horas de trabalho diário e apenas equilibra

a produção com o consumo, considerando que a perda de água não aumente nos próximos 9 anos.

Com isso, nota-se que a estrutura atual da ETA não conseguirá atender a demanda da população, primeiramente pelo motivo da bomba de recalque 1 estar trabalhando no seu máximo e ainda assim não atingir 220,6l/s e não conseguir se manter vazão alta. Outro ponto é a vazão requerida ser muito alta para a estrutura física da ETA.

O terceiro motivo é referente a bomba de recalque 2, pois esta é a responsável por enviar a água tratada para a cidade. Na tabela 07, observa-se o nível dos reservatórios no dia 19 de novembro de 2019, as 8h e 30min. Sendo que o R1 e R2, são os reservatório da ETA, e os demais são na cidade.

Tabela 07: nível dos reservatórios dia 19/11/2019 as 8:39h

Reservatório	Nível
R1	99,1%
R2	100,0%
R3	71,6%
R4	89,4%
R5	80,0%
R6	93,9%
R7	99,1%

Percebe-se que o reservatório da ETA está 99,1% de água, porém a bomba de recalque 2 não está enviando água suficiente para encher o reservatório 3, o que pressupõe-se que a vazão de água entrando no reservatório 1 é maior do que a vazão que está saindo para a cidade. Entretanto, conforme informações recebidas dos funcionários responsáveis pela rede de distribuição, não é viável trocar a bomba de recalque 2 por uma de potência maior, pois a rede de distribuição é antiga, e com o aumento da pressão é possível que ocorra vários rompimentos de rede.

Para, em 2028, a ETA trabalhar em média de 19 horas diárias seguindo a escala atual de trabalho, a vazão mínima precisará ser de 278,7l/s. com esta vazão em dias de maior consumo, problemas na rede de distribuição ou outros imprevistos, teria 5 horas extras de trabalho para suprir a demanda da cidade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os parâmetros físico-químicos da água tratada atendem as especificações da portaria 2914 de 2011 na maioria dos anos analisados, mostrando que o tratamento da água está sendo eficaz nos aspectos higiênicos, estéticos e econômicos, confirmando o comprometimento dos funcionários com a população.

A lavagem de filtros ocorre periodicamente suprimindo a necessidade e estando de acordo com as normas. Contudo a lavagem de decantadores necessita de maior atenção, pois o cronograma de lavagem atende as exigências da norma, entretanto a realidade não condiz com o cronograma. Segundo as informações da Corsan, até o ano de 2017 o lodo era decantado com esgoto, o que identifica como contaminação ambiental. No ano de 2018 foi construído dois leitos de secagem para o lodo, o qual seria removido por uma empresa tercerizada assim que estiver em condições de ser retirado. Entretanto, Vacaria é uma cidade com clima subtropical úmido. Devido às chuvas, o lodo atrasa seu processo de secagem, atrasando sua data de retirada e em consequência impossibilitando nova lavagem de decantadores. Ao estudar o caso, foi percebido que a remoção do lodo sem secagem adequada não é possível, devido ao maquinário não conseguir realizar tal remoção. Entretanto não é aconselhado a adiagem da lavagem de decantadores por mais de alguns dias, sendo que o lodo presente nos decantadores pode ser levantado devido ao movimento da água, além de necessitar dosagem maior de cloro na pré-cloração para conter a matéria orgânica que se desprende do lodo pela agitação da água. Para este problema sugere-se que seja construído mais leitos de secagem para os decantadores, afim de possibilitar uma lavagem a mais em cada decantador antes da retirada do lodo da primeira lavagem, possibilitando um tempo maior para a secagem do mesmo. Também pode ser considerado a construção de cobertura dos leitos de secagem, o que diminuiria a quantidade de chuva depositada nos leitos e possibilitando uma secagem mais rápida do lodo.

Em contra ponto tem-se a ETA de Vacaria-RS trabalhando com uma vazão média 82,7% maior do que a vazão inicial planejada, aproximando-se da vazão planejada para a etapa de duplicação da mesma. Entretanto o projeto de duplicação ainda não está em andamento, tornando-se preocupante, pois quanto maior a vazão em um estrutura pequena, menor o tempo de floculação e decantação, ocasionando em aumento de cor e turbidez, e sobrecarregando os filtros. Todavia, se a duplicação fosse realizada, ambas as partes da ETA poderiam trabalhar com vazão de entrada 130 l/s, fornecendo tempo suficiente para uma floculação de aspecto ótimo, decantação boa e sem carregamento de muitas partículas em suspensão para o filtros.

Sabendo que os motores de recalque 1 e 2, que trabalham respectivamente, mandando água da barragem até a ETA e da ETA para a população e reservatórios, estão trabalhando em sua potência máxima, e considerando como verdadeiras as informações recebidas pelos funcionários técnicos que trabalham na rede de distribuição, não é possível trocar as bombas de recalque 1 e 2 sem trocar toda a rede da cidade, pois esta possui muitas partes ainda de tubulações de cimento o que ocasionaria em rompimentos por toda cidade devido ao aumento de pressão.

Após este estudo, como solução a curto prazo, sugere-se que a duplicação da ETA seja iniciada com brevidade. Para a distribuição de água eficaz sem necessidade de troca da rede existente na cidade, sugere-se a colocação de uma segunda bomba de recalque 1, com nova rede para enviar a água para o novo complexo de tanques da ETA, juntamente com uma bomba nova de recalque 2 retirando a água do reservatório enterrado da ETA e, através de nova rede de distribuição, direcionando a água diretamente até os reservatórios, principalmente aos reservatórios apoiado lomba chata (R3), maua (R6) e keneddy (Booster), pois neles, atualmente, chega somente a água que restou do uso de outros bairros, já que são localizados no lado oposto da cidade em comparação com a localização da ETA.

Como complementação a este trabalho, um estudo pode ser realizado com intuito de localizar um novo ponto de captação de água bruta, pois o único ponto de captação atual é localizado na travessia da rodovia BR 116 e da ferrovia, as quais têm alto tráfego de cargas tóxicas facilitando a contaminação da água de captação em caso de vazamentos ou acidentes, impossibilitando a distribuição de água tratada até a realização de análises mais complexas sobre o estado da água bruta a fim de identificar se o tratamento tradicional é capaz de garantir água potável para a população, o que, devido a demora de algumas análises e a disponibilidade de laboratório capacitado para a realização de tais análises, pode gerar um problema grave de distribuição de água por período indeterminado.

7 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **Divisões hidrográficas do Brasil**. ASCOM, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **Situação da água no mundo**. ASCOM, 2018.

BARRELLA, W.; PETRERE JR., M.; SMITH, W. S. & MONTAG, L. F. DE. A. **As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes**. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) *Matas ciliares: conservação e recuperação*. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BRASIL. Portaria nº2.914, de 12 de dezembro de 2011. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Diário Oficial da União, Seção 1, do dia 26 seguinte, página 266.

BRASIL. Portaria nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000. **Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências**. Republicada no Diário Oficial da União nº 38-E de 22 de fevereiro de 2001, Seção 1, pág. 39.

CAESB. **Como a água é tratada**. Distrito Federal, 2019.

CAVINATTO, V. M. **Saneamento básico: fonte de saúde e bem estar**. São Paulo: Ed. Moderna, 1992.

CORSAN. **Projeto da casa de química**. DIPA-I/DEPAGUA, Porto Alegre, 1987.

CORSAN, Procedimento para operação das unidades de tratamento de lodos. DEON/SURPLA, Passo fundo, 2019.

FILHO, Hayrton Rodrigues do Prado. **Os produtos químicos utilizados para o tratamento de água nos sistemas ou soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano podem introduzir à água características indesejáveis e/ou prejudiciais à saúde humana**. Portal tratamento da água, 2018.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Avaliação técnica do controle da qualidade da água para consumo humano em serviços públicos municipais de saneamento**. VOLUME 4, 2005.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Redução de perdas em sistemas de abastecimento de água**. Brasília, 2ª edição, 2014.

GOMES, Sérgio Luiz. **Engenharia Ambiental e Saúde Coletiva**. Salvador: Edufba, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativas da população 1992-2019**.

MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES. **Recursos hídricos**. Brasília, 2018.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília, DF, 2006.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – **Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)**. Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003. Diário oficial da união, 2003.

PAULI, Dante Ragazzi. **Perdas de água**. ABES, São Paulo, 2015.

PINSKI, J. As primeiras civilizações. São Paulo: Atual, 1987.

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO (PMSB). **Plano municipal de saneamento básico – município de Vacaria-RS**. Vacaria, 2013.

RICHTER, Carlos A.. **Água – Técnicas e metodologias de tratamento**. Ed. Blucher, 2009.

RICHTER, C. A. & NETTO, J. M. A. **Tratamento de Água**. São Paulo, 2003.

RIO GRANDE DO SUL. Portaria nº 10, de 16 de agosto de 1999. **Define teores de concentração do íon fluoreto nas águas para consumo humano fornecidas por Sistemas Públicos de Abastecimento**. Porto Alegre, 1999.

RODRIGUES, Ricardo. **Métodos de tratamento de água para consumo humano**. Engiobra, 2013.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA (SEMA). **Bacia hidrográfica dos rios Apuaê-Inhandava**. Bacias hidrográficas, 2019.

SILVA, Luiz Jacintho. **O controle das endemias no Brasil e sua história**. São Paulo: Ciências e Cultura vol.55 no.1 Jan./Mar 2003.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). Série histórica 2013-2017.