

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
ENGENHARIA QUÍMICA**

MARIANA DA ROSA BORGES

**ESTUDO DO EFLUENTE DE LAVAGENS AUTOMOTIVAS E DE SUA
VIABILIDADE ECONÔMICA PARA REÚSO**

**Bagé
2021**

MARIANA DA ROSA BORGES

**ESTUDO DO EFLUENTE DE LAVAGENS AUTOMOTIVAS E DE SUA
VIABILIDADE ECONÔMICA PARA REÚSO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Química da Universidade Federal do
Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia Química.

Orientadora: Maria Alejandra Liendo

**Bagé
2021**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

B728e Borges, Mariana da Rosa

Estudo do efluente de lavagens automotivas e de sua viabilidade econômica para reúso / Mariana da Rosa Borges.

51 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade Federal do Pampa, ENGENHARIA QUÍMICA, 2021.

"Orientação: Maria Alejandra Liendo".

1. Estiagem. 2. Reúso. 3. Lavagem automotiva. 4. Análise econômica. I. Título.

**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal do Pampa**

MARIANA DA ROSA BORGES

**ESTUDO DO EFLUENTE DE LAVAGENS AUTOMOTIVAS E DE SUA
VIABILIDADE ECONÔMICA PARA REÚSO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Química da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Química.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 30 de abril de 2021.

Banca examinadora:

Prof^a. Dr^a. Maria Alejandra Liendo
Orientadora
UNIPAMPA

Prof^a. Dr^a. Luciana Machado Rodrigues
UNIPAMPA

Prof^a. Dr^a. Tânia Regina de Souza
UNIPAMPA

Assinado eletronicamente por **TANIA REGINA DE SOUZA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 30/04/2021, às 10:39, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

Assinado eletronicamente por **LUCIANA MACHADO RODRIGUES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 30/04/2021, às 10:39, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

Assinado eletronicamente por **MARIA ALEJANDRA LIENDO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 13/05/2021, às 16:53, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orga_o_acesso_externo=0, informando o código verificador **0511405** e o código CRC **A6F58668**.

RESUMO

O consumo consciente da água vem sendo tema de diversas campanhas conduzidas por ambientalistas e também sendo alvo de políticas públicas. Além disso, diversas regiões do Brasil sofrem com longos períodos de estiagem. O município de Bagé, localizado na região da Campanha do Rio Grande do Sul, periodicamente se faz necessário a implantação de racionamento de água aos consumidores, chegando a um período de 15 horas diárias no início do ano de 2020, a fim de suprir a demanda do recurso e devido à falta de chuvas ocasionadas pela presença do fenômeno *La Niña*. Dessa forma, a busca por alternativas de reduzir o consumo do recurso natural está em crescente desenvolvimento. Entre as alternativas disponíveis tem-se o reúso de água, o qual se torna um importante aliado à redução do consumo e desperdício da água. A água de reúso pode ser utilizada para diversas atividades, principalmente em empreendimentos que possuem uma grande demanda de água, como as lavagens automotivas. Esse tipo de estabelecimento é encontrado com facilidade nos municípios, pois além de ser considerado de relativa simplicidade a demanda pelo serviço é alta. Entre os tipos de lavagens automotivas, o sistema lava a jato é o que consome mais água, ocorrendo uma grande geração de efluentes. Dessa maneira, a implantação de um sistema de tratamento de efluentes em empreendimentos como o citado acima, contribuiria de forma eficaz para uma gestão sustentável da água. Porém, o reúso de água ainda não é uma cultura estabelecida na região descrita, dessa forma, a busca por um atrativo econômico aos empreendedores de lavagem automotiva seria um fator importante para que sejam implantados sistemas de tratamento do efluente gerado. Assim, através do estudo de caso em uma lavagem automotiva situada no município de Bagé, foi feita a caracterização do efluente gerado pela mesma através de pesquisa bibliográfica, considerando os parâmetros importantes para o reúso. Também foi proposto um sistema de tratamento piloto para o efluente de estudo, baseado na caracterização do mesmo e em uma instalação prévia presente no local. Por fim, foi realizada uma análise econômica do investimento a ser feito pelo empreendedor, através do *payback*, valor presente líquido e taxa interna de retorno, sendo o empreendimento considerado viável do ponto de vista econômico.

Palavras-chave: Estiagem. Reúso. Lavagem automotiva. Análise econômica.

ABSTRACT

Conscious water consumption has been the subject of several campaigns conducted by environmentalists and is also the target of public policies. In addition, several regions of Brazil suffer from long periods of drought. The municipality of Bagé, located in the region of the Rio Grande do Sul Campaign, periodically it is necessary to implement water rationing for consumers, reaching a period of 15 hours daily at the beginning of the year 2020, in order to supply the demand of the resource and due to the lack of rain caused by the presence of the La Niña phenomenon. Thus, the search for alternatives to reduce the consumption of the natural resource is growing. Among the available alternatives is the reuse of water, which becomes an important ally to the reduction of water consumption and waste. The reused water can be used for several activities, mainly in enterprises that have a great demand for water, such as car washes. This type of establishment is easily found in the municipalities, because in addition to being considered of relative simplicity, the demand for the service is high. Among the types of car washes, the jet wash system is the one that consumes the most water, occurring a large generation of effluents. Thus, the implementation of an effluent treatment system in projects like the one mentioned above, would contribute effectively to sustainable water management. However, the reuse of water is not yet an established culture in the region described, thus, the search for an economic attraction for car wash entrepreneurs would be an important factor for the implantation of treatment systems for the generated effluent. Thus, through the case study in an automotive wash located in the municipality of Bagé, the characterization of the effluent generated by the same was made through bibliographic research, considering the important parameters for reuse. A pilot treatment system for the study effluent was also proposed, based on its characterization and on a previous installation present at the site. Finally, an economic analysis of the investment to be made by the entrepreneur was carried out, through payback, net present value and internal rate of return, the enterprise being considered economically viable.

Keywords: Drought. Reuse. Car wash. Economic analysis.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Precipitação pluvial média total em meses | 19 |
| Figura 2 – Precipitação pluvial total no verão..... | 19 |
| Figura 3 – Dados de precipitações de chuva em Bagé em 2020..... | 20 |
| Figura 4 – Representação do método TIR..... | 30 |
| Figura 5 – Representação do método do <i>payback</i> | 31 |
| Figura 6 – Etapas correspondentes à metodologia de estudo..... | 32 |
| Figura 7 – Local de lavagem de veículos..... | 33 |
| Figura 8 – Reservatório de adução da água..... | 36 |
| Figura 9 – Separadora de água e óleo..... | 36 |
| Figura 10 – Esquema de funcionamento da lavagem de veículos..... | 37 |
| Figura 11 – Representação do local de estudo..... | 38 |
| Figura 12 – Diagrama de blocos do sistema de tratamento de efluente..... | 39 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 – Índice hídrico em regiões do Rio Grande do Sul..... | 18 |
| Quadro 2 – Classificação das águas de reúso não potáveis..... | 27 |
| Quadro 3 – Relação de custos e consumo de água em Bagé-RS..... | 29 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Classificação da escassez de água..... | 16 |
| Tabela 2 – Panorama do município de Bagé em relação a água..... | 21 |
| Tabela 3 – Limites de lançamento parâmetros estabelecidos no RS..... | 25 |
| Tabela 4 – Parâmetros de qualidade da água de reúso..... | 27 |
| Tabela 5 – Caracterização físico-química do efluente..... | 34 |
| Tabela 6 – Caracterização do efluente de estudo..... | 34 |
| Tabela 7 – Orçamento de implementação do sistema de reúso..... | 40 |
| Tabela 8 – Análise financeira do projeto..... | 41 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AHP – Analytic Hierarchy Process

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DAEB – Departamento de Água, Arroios e Esgoto de Bagé

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

ENOS – *El Niño* Oscilação Sul

ETE – Estação de Tratamento de Efluente

IH – Índice Hídrico Sazonal

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

NMP – Número mais provável

PNRH – Plano Nacional de Recursos Hídricos

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SSMA – Secretaria de Saúde e Meio Ambiente

TIR – Taxa Interna de Retorno

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

VPL – Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 12 |
| 2 OBJETIVOS..... | 14 |
| 2.1 Objetivo geral..... | 14 |
| 2.2 Objetivos específicos..... | 14 |
| 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 15 |
| 3.1 Distribuição de água no mundo..... | 15 |
| 3.2 Problemática da estiagem e distribuição de água e consumo de Bagé.. | 17 |
| 3.3 Uso e reuso da água..... | 21 |
| 3.4 Lavagens automotivas..... | 23 |
| 3.5 Legislação e parâmetros..... | 24 |
| 3.6 Tratamento do efluente..... | 28 |
| 3.7 Viabilidade econômica de sistemas de reúso de água..... | 29 |
| 3.7.1 Taxa interna de retorno..... | 30 |
| 3.7.2 <i>Payback</i> | 31 |
| 4 MATERIAIS E MÉTODOS..... | 32 |
| 4.1 Caracterização mediante bibliografia do efluente de estudo..... | 32 |
| 4.2 Descrição do local de lavagem de veículos..... | 32 |
| 4.3 Tratamento do efluente..... | 33 |
| 4.4 Análise econômica..... | 33 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 34 |
| 5.1 Caracterização do efluente de estudo..... | 34 |
| 5.2 Descrição do local de estudo..... | 35 |
| 5.3 Projeto piloto da ETE..... | 39 |
| 5.4 Análise econômica do sistema de reúso de água..... | 40 |
| 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 43 |
| REFERÊNCIAS..... | 44 |

1 INTRODUÇÃO

O consumo de água potável de forma consciente é constantemente alvo de discussões no âmbito mundial. Pois apesar da grande quantidade do recurso hídrico disponível, pouco se pode utilizar para consumo humano. Outros fatores que estão relacionados ao grande consumo de água são o desenvolvimento urbano e expansão industrial. Além disso, segundo Braga *et al.* (2003), a forma heterogênea com que a água está distribuída ocasiona períodos de seca e estiagem em algumas regiões.

A região da campanha no estado do Rio Grande do Sul, historicamente passa por períodos de estiagem (RIBEIRO, 2012). Especificamente na cidade de Bagé, é necessário quase que anualmente a implantação de racionamento na distribuição de água, pois devido à pouca quantidade de chuvas os reservatórios da cidade precisam operar em níveis muito abaixo da sua capacidade.

Com base em setores de prestação de serviços, as lavagens de veículos estão entre as que mais demandam água e ainda estão relacionadas ao consumo excessivo da mesma. Esse tipo de atividade consome em média de 150 a 250 litros de água por carro lavado (RABELO, 2012). Estabelecimentos desse ramo estão em constante crescimento, devido a diversos fatores, como o aumento da frota de veículos e inovação de produtos relacionados à limpeza dos mesmos.

De acordo com Rabelo (2012), grandes empresas relacionadas a postos de gasolina e estacionamentos, através de estudos mostraram que mais de 88% dos proprietários de automóveis com menos de 10 anos de uso utilizam do serviço de lavagem de carros quinzenalmente, enquanto que 53% lavam seus carros semanalmente. Entre os fatores associados aos números expostos, estão o desejo de cuidar do patrimônio pessoal, falta de tempo e o aumento das restrições ao uso da água para lavagem de veículos em condomínios.

Atualmente os três tipos mais conhecidos de lavagens automotivas são o túnel, *rollover* e lava a jato, sendo a última a mais utilizada devido a sua simplicidade de execução e operação (BOHN, 2014). A lavagem de veículos do tipo lava a jato é a que mais consome água, e por ser a mais utilizada necessita de alternativas para a diminuição do desperdício.

Considera-se que o efluente desse tipo de estabelecimento se enquadra na definição de água cinza, podendo ser reutilizada de acordo com a normativa NBR 13969/1997 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997). Para a

reutilização da água cinza é necessário seguir os critérios estabelecidos pela normativa citada, a qual limita parâmetros de turbidez, coliformes fecais, sólidos dissolvidos totais, pH, cloro residual e oxigênio dissolvido.

O fato de haver escassez de água em algumas regiões leva à busca para a redução do desperdício e novas formas de reaproveitamento. Uma das mais atuais formas de melhorar o gerenciamento de recursos hídricos é a implantação de sistemas de reúso, os quais muitas vezes se tornam uma alternativa viável economicamente e eficaz para a redução do consumo de água.

Além da motivação relacionada à escassez de água, muitas vezes é necessário um atrativo econômico para que empreendedores apoiem e viabilizem a ideia de reutilização da água. Com isso, se faz necessária uma criteriosa análise econômica envolvendo custos de implementação e manutenção do sistema de tratamento do efluente, além de estabelecer um prazo para retorno do investimento, ou até mesmo voltada para a lucratividade do empreendedor.

A partir do exposto, o presente estudo justifica-se pela necessidade do desenvolvimento de formas de reaproveitamento de água na cidade de Bagé, devido a seu histórico de períodos de estiagem, buscando minimizar o desperdício e avaliar o potencial econômico da implementação de sistemas de reúso. Da mesma forma, a demanda de água por estabelecimentos de lavagem automotiva enfatiza a necessidade ambiental de reduzir o consumo de água potável, bem como os fatores citados.

Devido ao exposto serão objetivos do presente trabalho realizar uma pesquisa bibliográfica a fim de caracterizar o efluente de estudo, sendo proposto um sistema de tratamento piloto para o mesmo e realizando uma análise econômica relacionada à implantação e manutenção do tratamento do efluente.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo do presente trabalho é caracterizar o efluente oriundo de um local de lavagem automotiva através de pesquisa bibliográfica, propor um sistema piloto de tratamento de efluente, bem como avaliar a viabilidade econômica de implantação e manutenção do mesmo.

2.2 Objetivos específicos

- I. Realizar a caracterização mediante bibliografia do efluente de estudo através de parâmetros pré-estabelecidos;
- II. Descrever o local da lavagem automotiva estudada;
- III. Propor um sistema piloto de tratamento de efluentes realizando uma pesquisa aprofundada a respeito da necessidade de implementação ou não das etapas correspondentes ao mesmo;
- IV. Realizar a análise econômica através do método de taxa interna de retorno da implantação e manutenção de um sistema de tratamento de efluentes para a lavagem automotiva;
- V. Realizar a análise econômica através do método *payback* da implantação e manutenção de um sistema de tratamento de efluentes para a lavagem automotiva;
- VI. Indicar a viabilidade ou não da implementação do sistema de tratamento de efluentes para a lavagem automotiva.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O reúso da água pode ser um aliado ao consumo e utilização do recurso hídrico de forma consciente e responsável, principalmente em locais onde há escassez do mesmo. Essa temática será detalhada a seguir considerando também os conceitos: lavagens automotivas, efluentes gerados pelas lavagens automotivas, legislação e parâmetros de lançamento e reúso, e a viabilidade econômica de reúso da água nos estabelecimentos mencionados.

3.1 Distribuição de água no mundo

A água é o constituinte mais característico do Planeta Terra. Sendo fundamental à vida e, considerada o recurso mais importante que a humanidade dispõe (GOMES, 2009). A superfície do planeta Terra é constituída por cerca de 70% de água, porém, apesar de sua abundância, grande parte não é aproveitada pelo homem. Do total disponível do recurso apenas 0,5% representa a água doce explorável do ponto de vista tecnológico e econômico. Além disso, a distribuição da água doce ocorre de maneira heterogênea no espaço e no tempo (BRAGA *et al.*, 2003).

De acordo com Gomes (2009), da quantidade de água doce disponível, a grande maioria corresponde à parcela de água subterrânea. Como por exemplo, no estado do Rio Grande do Sul onde estão situados dois grandes sistemas aquíferos, o Guarani e Serra Geral (MATOS, 2020). Já a heterogeneidade da distribuição da água, ocorre devido ao fato de os fluxos estarem concentrados em regiões intertropicais, detendo de 50% do escoamento das águas. As zonas temperadas possuem 48% e as zonas áridas e semiáridas detêm a parcela de 2% do total (GOMES, 2009).

O Brasil possui grande reserva hídrica, detendo cerca de 12% do recurso do planeta. Além disso, dispõe dos maiores recursos naturais superficiais e subterrâneos do mundo. O potencial hídrico do país é acentuado por chuvas abundantes em quase todo o território e, está aliado à geologia favorável à formação de grandes reservas subterrâneas, as quais possibilitaram a instalação de extensas redes de drenagem, gerando cursos de água de volume expressivos (GOMES, 2009).

Apesar do Brasil possuir um grande potencial hídrico, o mesmo está distribuído de forma heterogênea, pois a distribuição da água ocorre de forma inversamente

proporcional à população local. De acordo com Cruz (2019), 68% da água doce do país está concentrada na Amazônia, região que possui 7% da população, enquanto no Sudeste há 6% do total de água disponível para 73% da população. Já a região Sul concentra 7% do recurso para 14% da população, a qual enfrenta um cenário de escassez hídrica nos meses de verão.

O Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente demonstra a escassez de água sofrida por algumas regiões hidrográficas brasileiras (BRASIL, 2006), as quais segundo a ONU (Organização das Nações Unidas) abrangem os principais centros urbanos do país. As regiões hidrográficas podem ser classificadas e enquadradas conforme o seu nível de escassez de água, e podem ser vistas na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação da escassez de água

| Divisão hidrográfica nacional | Principais cidades | Relação demanda/ Disponibilidade | Classe |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---|---------------|
| Atlântico leste | Salvador, Aracaju | 22,3% | Crítica |
| Atlântico nordeste oriental | Recife, Fortaleza, João Pessoa | 186,81% | Muito crítica |
| Atlântico sudeste | Rio de Janeiro, Vitória | 15,16% | Preocupante |
| Atlântico sul | Porto Alegre, Florianópolis, Pelotas | 35,77% | Crítica |
| Uruguai | Chapecó, São Borja, Bagé | 25,84% | Crítica |

Fonte: Adaptado de Brasil (2006)

Relacionada à região hidrográfica Uruguai o PNRH, aponta desafios a serem superados a curto e médio prazos a fim de melhor gerenciamento dos recursos hídricos da região. Esses desafios englobam estratégias de convivência com secas e inundações, melhoria da eficiência no consumo da água, compatibilidade entre abastecimento doméstico e irrigação, tratamento dos efluentes domésticos e industriais incluindo agroindústria e criação de animais (BRASIL, 2006).

3.2 Problemática da estiagem e distribuição de água e consumo em Bagé

A estiagem se caracteriza por uma redução das precipitações pluviométricas, ocorrendo a diminuição ou ausência de chuvas previstas para um determinado período. Quando a estiagem é comparada com a seca, há uma diferença conceitual a qual é abordada por Colville (1987), relacionando a seca com o índice de precipitação em uma região, quando for inferior a 60% da normal, por dois anos consecutivos. Já a estiagem está relacionada com uma precipitação inferior a 40% da normal e com duração de um ano, não afetando seriamente ecossistemas e sistemas econômicos.

Ou seja, o fenômeno da estiagem ocorre em um determinado intervalo de tempo, não sendo permanente e menos severa que a seca, em relação ao ressecamento da atmosfera e do solo (BRONDANI; WOLLMANN; RIBEIRO, 2013). Além do exposto, Kobiyama, Michel e Goerl (2012), consideram a estiagem como perigo natural, quando ocorre em locais onde há presença humana, pois o fenômeno pode provocar danos naturais e humanos.

A escassez da água caracteriza-se em função da sua disponibilidade e seu uso pretendido. Essa distinção é notória quando se é comparado o consumo rural e urbano. No consumo rural a água é perdida pela evaporação e poluição enquanto que no consumo urbano a água não é perdida, mas fortemente poluída (MANCUSO; SANTOS, 2003).

O estado do Rio Grande do Sul, historicamente tem sofrido com sucessivos períodos de estiagem, e a frequência de ocorrência desse fenômeno é alta (RIBEIRO, 2012). A região é a única do país a estar localizada na zona extratropical, com isso apresenta características climáticas diferentes das demais regiões brasileiras (GROSS; REIS; SAUSEN, 2014).

Além disso, a região sul é marcada por apresentar forte influência do fenômeno *El Niño* Oscilação Sul (ENOS), relacionado à precipitação pluvial, conferindo períodos de seca com o fenômeno *La Niña* e altos índices de precipitação com o *El Niño*. (BERLATO; FARENZENA; FONTANA, 2005). O fenômeno também causa uma elevada variabilidade interanual e espacial, o que contribui para acentuar a estiagem em determinadas regiões (BRONDANI; WOLLMANN; RIBEIRO, 2013).

Cordeiro, Berlato e Alves (2018), analisaram a tendência do índice hídrico sazonal (IH) no Rio Grande do Sul entre os anos de 1971-2009. O IH varia em uma escala de 0 a 1 e, representa a razão entre a evapotranspiração real e a

evapotranspiração de referência, as quais são variáveis determinantes para a disponibilidade hídrica do solo para as plantas cultivadas, utilizadas em modelos agrometeorológicos de estimativa de rendimento e previsão de safras. Quando relacionado ao fenômeno ENOS o IH é elevado para ocorrências de *El Niño* e baixo em ocorrências de *La Niña*.

A partir disso, entre os anos analisados houve alta frequência de ocorrências de $IH \leq 0,6$ no estado, principalmente na região de Bagé, por dois ou mais meses consecutivos, acentuado em dezembro e janeiro, o que caracteriza limitações hídricas nessa região (CORDEIRO; BERLATO; ALVES, 2018).

A partir do Quadro 1 é possível observar que o município de Bagé possui IH inferior a outras regiões do estado. Também é notório que no mês de janeiro entre os anos de 1989-1990 o município de Bagé sofreu uma grande estiagem, a qual volta a se repetir entre os anos de 2007-2008.

Quadro 1 – Índice hídrico em regiões do Rio Grande do Sul

| Anos | Região | Meses | |
|-----------|--------------|----------|---------|
| | | Dezembro | Janeiro |
| 1989-1990 | Bagé | 0,4 | 0,2 |
| | Porto Alegre | 0,4 | 0,4 |
| | Uruguaiana | 0,5 | 0,4 |
| 2007-2008 | Bagé | 0,5 | 0,3 |
| | Porto Alegre | - | 0,6 |
| | Uruguaiana | 0,2 | 0,6 |

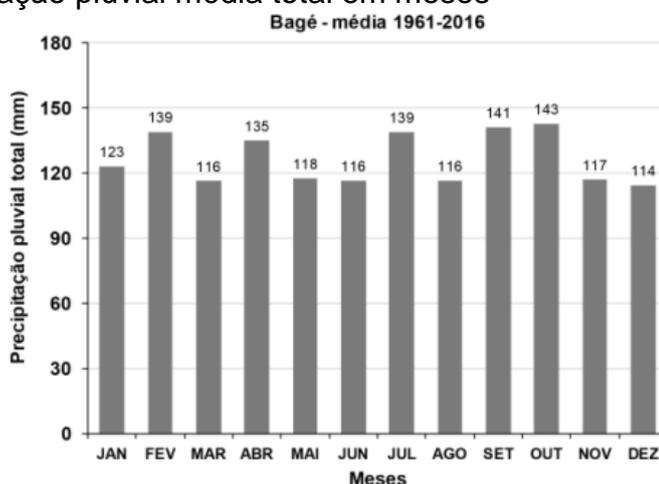
Fonte: Adaptado de Cordeiro; Berlato; Alves (2018)

Fazendo referência à percepção climática da ocorrência de estiagens na cidade de Bagé-RS, a pesquisa realizada por Brondani, Wollman e Ribeiro (2013), mostra que o município tem sofrido com sucessivas estiagens, principalmente, nas últimas cinco décadas. Esses períodos de estiagem causam grande impacto no desenvolvimento da região e no abastecimento público de água potável da população, acarretando em sucessivos racionamentos e estados de emergência (GOMES, 2009).

O estudo realizado por Cordeiro, Alves e Rocha (2019), identificou através do IH, a precipitação pluvial média total entre os anos de 1967-2016 e na estação de verão, no município de Bagé, sendo representados pela Figura 1 e Figura 2. É possível

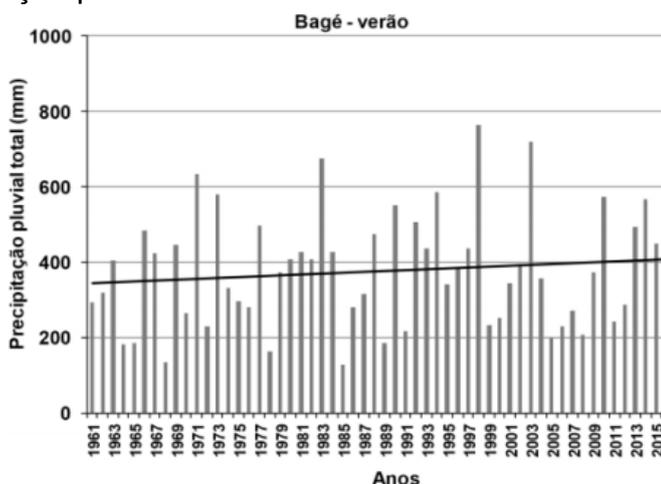
observar que dezembro é o mês com menor precipitação e, também os meses de verão apresentam menor quantidade de chuvas.

Figura 1 – Precipitação pluvial média total em meses



Fonte: Cordeiro, Alves, Rocha (2019, p. 296)

Figura 2 – Precipitação pluvial total no verão



Fonte: Cordeiro, Alves, Rocha (2019, p. 296)

Segundo o Departamento de Água, Arroios e Esgoto de Bagé (DAEB), a estrutura de abastecimento de água de Bagé é composta pelos reservatórios do Piraí, Sanga Rasa e Emergencial, cuja maior reserva é a barragem da Sanga Rasa. Porém, devido à ausência de vertentes, apresenta dificuldades de recuperação do nível de água (DIENSTMANN, 2020). A barragem do Piraí apresenta menor capacidade, mas possui maior estabilidade e boas vertentes. Já a barragem Emergencial, derivada do Arroio Piraysinho, possui captação relativa à vazão do Arroio (BRONDANI; WOLLMANN; RIBEIRO, 2013).

O DAEB apresentou um estudo relacionado a batimetria das barragens Sanga Rasa e Piraí, assim, conforme a pesquisa a Sanga Rasa possui um volume total de 2,6 milhões de metros cúbicos e, a Piraí cerca de 1,5 milhões de metros cúbicos. O estudo mostrou que em maio de 2020 o volume útil disponível das barragens Sanga Rasa e Piraí eram 202,8 mil metros cúbicos e 667,4 mil metros cúbicos, respectivamente. Com isso, as barragens encontram-se juntas com 79% de sua capacidade perdida (DIENSTMANN, 2020).

Os números alarmantes se devem ao baixo índice de precipitações no primeiro semestre de 2020, como mostra a Figura 3, onde em comparação com a Figura 1 e Figura 2 é possível observar que a estiagem histórica da cidade repete-se atualmente.

Figura 3 – Dados de precipitações de chuva em Bagé em 2020



De acordo com o DAEB, os meses de fevereiro e março de 2020 apresentaram precipitações de 32,7 e 11,4 milímetros, respectivamente. Isto acarretou na diminuição significativa das barragens que atendem o município e levou à implantação do racionamento de água na cidade, chegando a atingir um período de 15 horas diárias (DIENSTMANN, 2020).

Como consequência dos baixos níveis dos reservatórios, a cidade vem enfrentando dificuldades em manter o abastecimento de água a sua população e, com isso, foram decretados sucessivos racionamentos, com objetivo de evitar o colapso completo do sistema como cita Soares (2020).

A fim de evidenciar o panorama entre o recurso natural e o município de Bagé, a Tabela 2, demonstra dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, SNIS, entre os anos de 2014 e 2018 (BRASIL, 2020).

Tabela 2 – Panorama do município de Bagé em relação a água

| Ano | Volume água captada (1000 m ³ /ano) | Volume de água tratada (100 m ³ /ano) | Volume de água consumido (1000 m ³ /ano) | População urbana atendida com abastecimento de água |
|------|--|--|---|---|
| 2018 | 10.843,00 | 10.777,00 | 7.975,14 | 101.238 |
| 2017 | 12.231,00 | 12.181,00 | 3.267,45 | 102.111 |
| 2016 | 12.150,00 | 12.094,00 | 7.075,94 | 102.111 |
| 2015 | 11.652,00 | 11.600,00 | 8.778,40 | 101.607 |
| 2014 | 11.496,00 | 11.402,00 | 5.809,08 | 101.482 |

Fonte: Adaptado de Brasil (2020)

O volume expressivo de consumo demonstra a necessidade de haver água potável e de boa qualidade.

3.3 Uso e reúso da água

A obtenção de água de boa qualidade está cada vez mais escassa, pois o crescente desenvolvimento urbano, expansão industrial e aumento na demanda por energia hidrelétrica, impulsionam a poluição de águas superficiais e subterrâneas (GOMES, 2009).

A água utilizada por atividades humanas traz consequências muito variadas ao corpo d'água. Essa utilização pode ser provida de diferentes formas como, por exemplo, consumo urbano, industrial e agricultura. O recurso também pode ser utilizado sem a derivação de águas, no caso da pesca, geração hidrelétrica e navegação fluvial, por exemplo. O uso consuntivo ou não do recurso hídrico está ligado às perdas de água, podendo resultar em elevada, média ou reduzida, dependendo da atividade. Ainda, a perda pode ser configurada como a diferença entre o volume de água retirado do corpo d'água para ser utilizado e o volume devolvido, ao final do uso, ao mesmo corpo d'água (BORSOI; TORRES, 1997).

Em geral, os problemas de abastecimento urbanos estão relacionados a três fatores: crescimento da demanda, desperdício e urbanização descontrolada. Associado a isso, as empresas de abastecimento enfrentam perdas na rede de distribuição por vazamentos e roubos, podendo chegar a 60%. O saneamento básico também é um fator contribuinte, pois o mesmo não é implementado de forma adequada, sendo 90% dos esgotos domésticos e 70% dos efluentes industriais

descartados sem nenhum tratamento a rios, açudes e águas litorâneas, causando uma grande degradação (GOMES, 2009).

Considerando o impacto ambiental causado pela poluição e os efeitos devastadores da estiagem, é necessário que a população tenha mais cuidado com o uso do recurso e que sejam aplicadas políticas públicas relacionadas ao saneamento e abastecimento. Uma alternativa seria a utilização de água de reúso, pois 90% das atividades modernas podem ser realizadas a partir da mesma. Além disso, reduz a pressão sobre a demanda, e diminui significativamente o custo dessa água, em pelo menos 50%, pois não passa por tratamento (GOMES, 2009).

O reúso de água é subentendido por uma tecnologia desenvolvida em diferentes graus, dependendo da forma que a água foi utilizada e os fins a qual será destinada. Ou seja, a partir desses fatores é possível determinar o grau de tratamento para que seja possível a reutilização do recurso. A sua ocorrência é dada de forma direta ou indireta, por meio de ações planejadas ou não (MANCUSO; SANTOS, 2003).

Apesar da água de reúso não ser adequada para o consumo humano, ela pode ser usada nas indústrias, descargas sanitárias de condomínios, lavagens de áreas públicas, podendo também ser incorporada a novas construções, com sistemas de aproveitamento da água da chuva, por exemplo (GOMES, 2009).

Os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados, bem como os custos de capital, operação e manutenção dependerão da qualidade da água e o objeto específico do reúso, cujas formas potenciais de reúso dependem de características, condições e fatores locais (MANCUSO; SANTOS, 2003).

Souza (2017), considera que a prática do reúso faz parte do processo abrangente de uso racional da água, no qual também deve ser incluído o controle das perdas, a redução no consumo e na geração de efluentes. O reúso consciente e planejado de água de baixa qualidade é um atual e eficaz instrumento para garantir a sustentabilidade da gestão dos recursos hídricos (MANCUSO; SANTOS, 2003).

3.4 Lavagens automotivas

Um dos empreendimentos que possuem uma grande demanda de água são as lavagens de veículos, as quais além de um consumo excessivo do recurso, muitas vezes com a utilização de água potável, geram impactos ambientais como a geração de efluentes com grande percentual de produtos de limpeza, e a destinação incorreta dos mesmos e de resíduos sólidos (GONÇALVES *et al.*, 2018).

O serviço de lavagem de veículos está em constante crescimento, segundo Rabelo (2012), esse crescimento está relacionado com o aumento da frota de veículos no país, aumento da capacidade financeira da população e a melhor distribuição de renda. Ainda assim, trata-se de um serviço que requer baixo investimento inicial e não necessita de grandes habilidades de execução.

A busca constante dos empresários por inovação e produtos diferenciados para atratividade do consumidor por seus serviços desperta interesse das indústrias. Com isso, há o desenvolvimento tecnológico de novos produtos e sistemas de lavagens de veículos (SOUZA, 2017). Esses sistemas incluem diferentes tipos e operações, com necessidades e características próprias. Além disso, podem variar quanto ao volume de água utilizada, carga de contaminantes e substâncias químicas nos processos de lavagens. Em geral, os processos de lavagens são divididos em três categorias: túnel, *rollover* e lavagem a jato manual (BOHN, 2014).

O processo de lavagem tipo túnel é o que possui maior capacidade, porém é o que mais consome água. Esse sistema consiste em um equipamento no formato de um túnel, onde o veículo passa, por áreas de lavagem, enxágue, enceramento e secagem, sequencialmente. A lavagem ocorre de forma mecânica, com a utilização de água, detergente diluído, escovas e/ou jatos de alta pressão (BOHN, 2014).

O sistema *rollover* é automatizado, onde o veículo é posicionado em determinada posição e os equipamentos executam a lavagem através de trilhos sobre o veículo, sendo aplicado o sabão e, logo após o enxágue. Esse sistema é o mais utilizado em postos de gasolina, pois além da automatização, possui uma ampla capacidade e um consumo médio de água por veículo. Já o sistema de lavagem a jato manual é o processo de lavagem mais comum no Brasil. O processo caracteriza-se pela simplicidade, onde é utilizado uma mangueira com jatos de alta pressão de ar e água. A lavagem ocorre alternando o sabão, água e ar (BOHN, 2014).

Apesar da facilidade do processo, o sistema de lavagem a jato manual utiliza elevados volumes de água e, também, ocorre a geração de efluentes. O efluente gerado se caracteriza por apresentar elevada turbidez, demanda química de oxigênio (DQO), cor, presença de surfactantes e óleos e graxas, conferindo ao mesmo alto potencial poluidor (PAULA, 2014). Associado a essas características, os poluentes nas superfícies dos veículos, produtos químicos utilizados, quantidade de água utilizada, tipo de veículo (carro, ônibus, caminhão), parte do veículo (lataria, motor, rodas) lavada e, efeitos sazonais climáticos, são fatores relevantes relacionados a poluição gerada (ETCHEPARE, 2012).

3.5 Legislação e parâmetros

Devido ao potencial poluidor da atividade de lava a jato, sua instalação e funcionamento requer o licenciamento ambiental. Segundo Rosa *et al.* (2011), para a obtenção da licença ambiental para esse tipo de serviço, conforme a Resolução CONAMA n. 273/2000 é de competência do órgão responsável exigir que haja o tratamento prévio da água utilizada antes de ser liberada ao meio ambiente, com a instalação de caixa de areia e caixa separadora de água e óleo, como forma de reduzir os poluentes presentes no efluente gerado (BRASIL, 2000).

Relacionado à qualidade dos recursos hídricos e ao lançamento dos efluentes no meio ambiente, é necessário cumprir as determinações da Resolução CONAMA n. 357/2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento (BRASIL, 2005), e a Resolução CONAMA n. 430/2011 que estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes (BRASIL, 2011).

A Resolução CONAMA n. 357/2005 também considera que estados e municípios devem possuir parâmetros próprios, os quais podem atuar de maneira complementar dentro de cada jurisdição. Inclusive, os estados e municípios podem considerar diferentes metodologias e parâmetros de análise, que por ventura considerem importantes em suas realidades (BRASIL, 2005).

Assim, conforme a Secretária de Saúde e Meio Ambiente (SSMA) do estado do Rio Grande do Sul, a Portaria n. 05/89 aprova a Norma Técnica SSMA n. 01/89 a qual dispõe sobre critérios e padrões de efluentes líquidos a serem observados por todas as fontes poluidoras que lancem seus efluentes nos corpos d'águas interiores do

estado (RIO GRANDE DO SUL, 1989). Alguns dos parâmetros estabelecidos estão representados na Tabela 3.

Tabela 3 – Limites de lançamento parâmetros estabelecidos no RS

| Parâmetros | Limite de lançamento |
|----------------------|--|
| Temperatura | <40°C |
| Cor | Não deve conferir mudança de coloração acentuada ao corpo receptor, no local de lançamento |
| Dureza | ≤ 200 mg/L CaCO ₃ |
| pH | 6 a 8 |
| Óleos e graxas | 20 mg/L (óleo mineral), 30 mg/L (óleo vegetal, animal) |
| Surfactantes | 2mg/L com ausência de espumas |
| DBO | ≤ 120 mg/L |
| DQO | ≤ 360 mg/L |
| Sólidos em suspensão | ≤ 120 mg/L |

Fonte: Adaptado de Rio Grande do Sul (1989)

A coloração da água é determinada pela presença de substâncias metálicas como ferro e manganês, matérias húmicas, algas, plantas aquáticas, protozoários e resíduos orgânicos ou inorgânicos de despejos industriais. Em relação ao pH, é preciso que a água tenha um caráter neutro ou alcalino, pois caso contrário, apresentará maior potencial de corrosividade, podendo levar à deterioração das tubulações e peças por onde essa água passa (PAULA, 2014).

Entre os parâmetros químicos também há a dureza, a qual é uma característica conferida à água devido à presença de sais de metais alcalino-terrosos e alguns metais. O parâmetro é caracterizado pela ausência da espuma formada pelo sabão, dificultando a higienização de objetos, além disso uma água dura pode causar incrustações (BRAGA *et al.*, 2003).

Outro parâmetro relevante são os óleos e graxas, que se caracterizam pela presença de hidrocarbonetos derivados do petróleo. Quando os efluentes são depositados no corpo receptor sem tratamento prévio, são responsáveis pela contaminação deste com benzeno, tolueno, xileno e etilbenzeno. Substâncias que são consideradas cancerígenas e/ou tóxicas, capazes de causar diminuição da

concentração de oxigênio dissolvido, podendo resultar na mortandade da biota aquática e/ou terrestre (PAULA, 2014).

De acordo com Braga *et al.* (2003), os surfactantes quando incorporados à água, provocam sabor desagradável, formação de espuma em águas agitadas, acarretando problemas em estações de tratamento de água e esgoto em virtude da espuma e da toxicidade, quando em teores mais elevados.

Já em relação ao lançamento de efluentes com cargas orgânicas e sólidos suspensos, a Portaria SSMA n. 05/89 estabelece critérios de acordo com o tempo de implementação da fonte poluidora, ou seja, para fontes poluidoras já existentes e a serem implementadas, e de acordo com a vazão utilizada (RIO GRANDE DO SUL, 1989).

Para uma vazão maior que 200 m³ ao dia, os limites de lançamento de DBO, DQO e sólidos em suspensão para atividades já existentes estão expostos na Tabela 3. Porém, a Portaria SSMA n. 05/89, determina ainda que os limites de lançamento desses parâmetros sejam mais rigorosos para atividades a serem implementadas, sendo seus valores reduzidos em cerca de 30%, para ambos os parâmetros.

A matéria orgânica presente na água e seu potencial poluidor podem ser quantificados por métodos indiretos como DBO e DQO. A DBO determina o teor de matéria orgânica nos corpos d'água, sendo uma indicação do potencial de consumo do oxigênio dissolvido. E a DQO indica a quantidade de oxigênio que é consumida por meio de reações químicas de oxidação de diversos compostos orgânicos presentes no efluente (VON SPERLING, 2005).

A Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) identifica as possibilidades de utilização da água de reúso, as quais se enquadram a classificação de reúso potável e não potável (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2015). Ambas as classificações possuem destinação específica.

Relacionada ao reúso de água não potável a Resolução n. 54, de 24 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) estabelece diretrizes, critérios e modalidades para a prática desse tipo de reúso. Com isso, entre as modalidades abrangidas para fins urbanos se encontram a construção civil, edificações e a lavagem de logradouros públicos e veículos (BRASIL, 2005a).

Já a normativa NBR 13969/1997 da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, classifica as águas de reúso de acordo com seus usos preponderantes

(Quadro 2), estabelecendo ainda critérios de qualidade da água (Tabela 4) em função da sua utilização (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997).

Quadro 2 – Classificação das águas de reúso não potáveis

| | |
|-------------------|--|
| Classe I | Lavagem de veículos; outros usos que requerem contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossol pelo operador, incluindo chafarizes |
| Classe II | Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins; manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos |
| Classe III | Descargas de vasos sanitários |
| Classe IV | Pomares, cereais, pastagens para gado e outros usos cultivos através de escoamento superficial ou sistema de irrigação pontual |

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas (1997)

Tabela 4 – Parâmetros de qualidade da água de reúso

| Parâmetros | Classe I | Classe II | Classe III | Classe IV |
|-----------------------------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|
| Turbidez (UT) | <5 | <5 | <10 | - |
| Coliformes fecais (NMP/100mL) | <200 | <500 | <500 | <5000 |
| Sólidos dissolvidos totais (mg/L) | <200 | - | - | - |
| pH | 6-8 | - | - | - |
| Cloro residual (mg/L) | 0,5-1,5 | >0,5 | - | - |
| Oxigênio dissolvido (mg/L) | - | - | - | 200 |

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas (1997)

A interferência da passagem da luz através da água pode conferir uma aparência turva à mesma, sendo esse fenômeno representado pela turbidez. Esse parâmetro é constituído pela presença de materiais em suspensão, não sendo diretamente prejudicial à saúde, mas esteticamente desagradável (JORDÃO; PESSÔA, 2011).

Com relação às características microbiológicas, em águas cinzas os coliformes fecais aparecem com menor frequência, em comparação com o esgoto doméstico convencional (VALENTINA, 2009). A incidência desses microrganismos pode ser provida da lavagem de objetos, alimentos e mãos contaminadas (HASTENREITER, 2013).

A principal forma de desinfecção da água é baseada na cloração. Com a demanda satisfeita, caso haja uma concentração de cloro remanescente após um período, a mesma é configurada como cloro residual, podendo ser encontrado na forma combinada ou livre. O cloro residual combinado é proveniente da combinação química com amônia ou compostos orgânicos nitrogenados. Já o cloro residual livre existe sob a forma de ácido hipocloroso e íon hipoclorito (REZENDE, 2016).

3.6 Tratamento do efluente

O gradeamento das canaletas é a primeira etapa do sistema de tratamento, sendo um tratamento preliminar. A etapa é responsável pela retenção de materiais sólidos grosseiros com dimensões maiores do que o espaçamento entre as barras, e condiciona o efluente para a próxima etapa do tratamento (DEZZOTI, 2008).

Além disso, a quantidade de matéria orgânica presente no efluente não é considerável, apresentando apenas uma mistura de água e óleo. Com isso, é feita a separação por diferença entre as massas específicas. O óleo possui menor massa específica que a água, permanecendo na superfície e sendo desviado para outra caixa, para que possa ser recolhido e tenha sua destinação final de forma correta. (ALTHAUS; ROSA, 2013).

Segundo Vaz *et al.* (2010), o processo de coagulação objetiva a remoção de substâncias coloidais e é considerado um pré-tratamento para o efluente. Existem diversos tipos de coagulantes químicos no mercado, porém os principais utilizados são o sulfato de alumínio, cloreto férrico, hidroxícloreto de alumínio e sulfato férrico.

Para a determinação e escolha do coagulante ideal para o processo, uma alternativa seria a utilização do método multicritério *Analytic Hierarchy Process* (AHP) realizado por Andrade e Reis (2018). O método utiliza a hierarquia para priorizar os critérios referentes ao objetivo, bem como as alternativas que envolvem a decisão (ANDRADE; REIS, 2018).

Segundo Aluiz (2019), adicionar agentes químicos coagulantes ao efluente é eficiente na remoção de partículas sólidas pequenas e, sua ação é baseada na produção de flocos que interagem com as partículas sólidas podendo ser absorvidas.

Em relação à etapa de sedimentação, o processo promove a separação do sólido com o líquido através da ação da gravidade sobre as partículas sólidas. Este tipo de separação quando associado a processos de coagulação e floculação, possui

baixo custo e elevada eficiência na remoção de poluentes (KUNZ; STEINMETZ; BORTOLI, 2010).

Após as etapas de tratamento, o efluente é direcionado a uma caixa de retenção de lodo, onde ocorre a separação do mesmo com o lodo, que é transferido para um local até sua destinação final correta e o efluente já pode ser reutilizado para a lavagem de veículos.

3.7 Viabilidade econômica de sistemas de reúso de água

Hastenreiter (2013), define que a análise de viabilidade econômica identifica se os benefícios gerados compensam os gastos realizados. Os sistemas de reúso de água podem ser financeiramente econômicos no que diz respeito ao consumo de água potável e geração de esgoto, porém os custos para sua implementação bem como funcionamento e manutenção devem ser minuciosamente avaliados, a fim de apurar se a proposta é economicamente viável ou não (HASTENREITER, 2013).

De acordo com a Lei Municipal n. 5626/2016 de Bagé, os custos com água estão representados no Quadro 3, os quais são cobrados em caso de consumo acima do valor do serviço básico fixado (BAGÉ, 2016). Já o valor mensal do esgoto corresponde a 50% do consumo de água, além disso o serviço básico corresponde a R\$ 26,93 para água e R\$ 5,39 para esgoto, nas categorias Comercial I e Comercial II.

Quadro 3 – Relação de custos e consumo de água por m³ em Bagé-RS

| | Faixas de consumo | | | | | |
|-------------------------------|--------------------------|----------|----------|----------|----------|-------------|
| Categoria | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Volume (m³) | 0-15 | 16-25 | 26-35 | 36-45 | 46-55 | Acima de 55 |
| Comercial I | R\$ 3,7 7 | R\$ 3,99 | R\$ 4,20 | R\$ 4,42 | R\$ 4,63 | R\$ 5,49 |
| Comercial II | R\$ 4,7 4 | R\$ 4,95 | R\$ 5,17 | R\$ 5,39 | R\$ 5,60 | R\$ 5,82 |

Fonte: Adaptado de Dienstmann (2020)

De acordo com Mancuso e Santos (2003), a viabilidade econômica de um sistema de reúso pode ser avaliada a partir de fatores como custos de capital envolvidos, custos de operação e manutenção, taxa de retorno e a relação

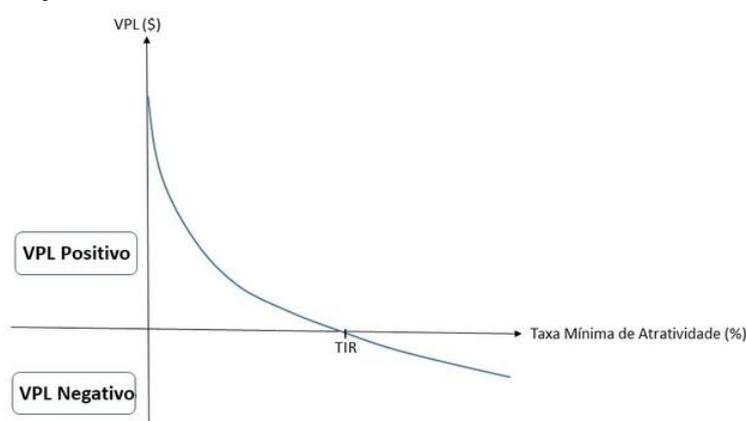
custo/benefício. A existência da viabilidade está baseada nos benefícios resultantes serem superiores aos custos empregados (HIRSCHFELD, 2007). Assim, a análise financeira pode ser feita por diferentes métodos, entre eles, o método da taxa interna de retorno (TIR) e *payback*, as quais serão brevemente explicadas a seguir.

3.7.1 Taxa interna de Retorno

O ato de investir, empreender ou realizar uma aplicação financeira, é movido pelo desejo de receber, em devolução, uma quantia de dinheiro que, em relação à quantia investida corresponda, no mínimo, à taxa de atratividade, também chamada de expectativa ou equivalência, cuja devolução, comparada com à quantia investida, constitui uma parcela percentual chamada de taxa de retorno (HIRSCHFELD, 2007).

A taxa interna de retorno (TIR) é a taxa em que o somatório das receitas é igual ao somatório dos custos (HIRSCHFELD, 2007). Logo, corresponde ao valor presente líquido (VPL) igual a 0 (Figura 4), considerando que o valor presente das entradas de caixa e o investimento inicial, se tornam iguais (FERREIRA, 2017).

Figura 4 – Representação do método TIR



Fonte: Frazão *et al.* (2020)

A partir disso, há um critério de viabilidade de projetos com base no método da TIR. O projeto deve ser aceito em caso de a TIR for maior que a taxa mínima de atratividade (TMA), inviável quando a situação for oposta, TIR menor que a TMA, e indiferente quando ambas as taxas forem iguais.

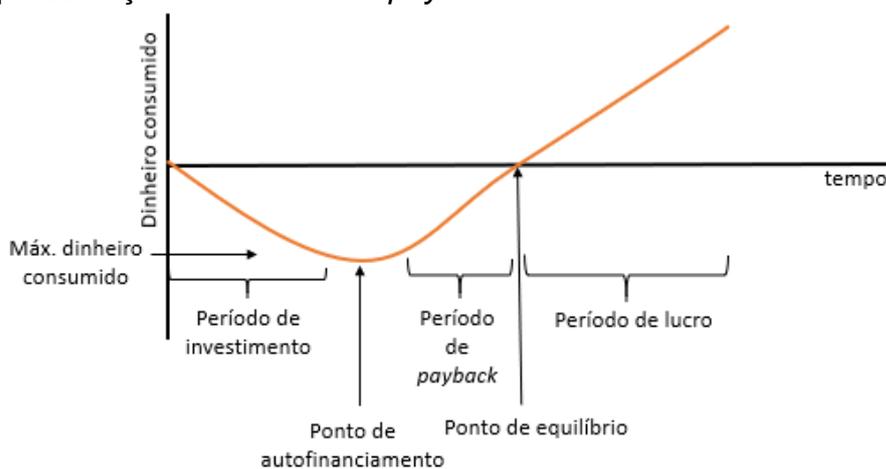
3.7.2 Payback

O método do prazo de retorno ou prazo de recuperação de investimento, também chamado de *payback*, é bastante utilizado devido à sua objetividade. Além disso, o método se torna preferível aos investidores quando os mesmos não optam pela alternativa de maior lucro, mas sim a de menor prazo de recuperação do investimento, gerando menor risco e possibilitando que o dinheiro retornado seja empregado em outros investimentos (HIRSCHFELD, 2007).

De acordo com Hirschfeld (2007), o *payback* fornece um número de períodos do fluxo de caixa referente ao cenário analisado, nos quais o somatório dos benefícios se iguala ao somatório dos custos. Ou seja, demonstrado em unidades de tempo, o *payback* indica qual o tempo necessário para que o lucro acumulado se iguale ao investimento inicial (BORGES, 2013).

A Figura 5 exemplifica o funcionamento do método, o qual inicialmente passa por um período de investimento, até chegar a um ponto onde ocorre o autofinanciamento, em sequência ocorre o período de *payback*, chegando a um ponto de equilíbrio e posteriormente ao chamado período de lucro.

Figura 5 – Representação do método do *payback*



Fonte: Adaptado de Borges (2013)

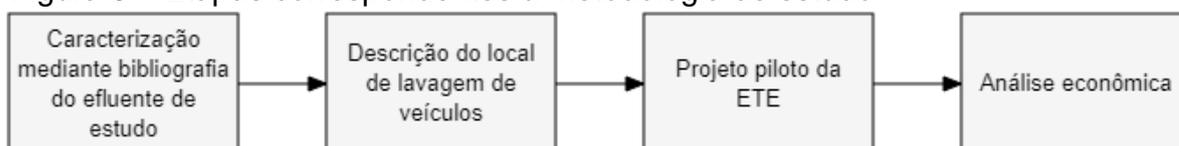
Hastenreiter (2013), considera que o *payback* pode equivaler ao somatório da razão entre cada um dos valores envolvidos no fluxo de caixa (F_n) e a taxa mínima de atratividade (i) de acordo com o número de períodos analisados (n'), Equação 1:

$$VPL = \sum_0^n \frac{F_n}{(1+i)^{n'}} = 0 \quad (1)$$

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso foi realizado um levantamento de dados teóricos e informações em geral sobre os locais de lavagem de veículos, o tipo de efluente gerado nele e suas formas de tratamento. Também foram estudadas e aplicadas metodologias para a avaliação econômica de uma estação de tratamento de efluentes (ETE), proposta. Por esse motivo, o presente estudo de caso é constituído por quatro partes principais, compreendendo em primeiro lugar a caracterização teórica do efluente de um local de lavagem de veículos, a qual foi realizada mediante pesquisa bibliográfica, em um estágio posterior foi descrito o local de lavagem de veículos e características de consumo de água do mesmo. Em um terceiro momento, foi elaborada a proposta de um sistema piloto de tratamento de efluentes para o local de estudo, considerando tanto os equipamentos, tubulação e acessórios quanto à escolha do coagulante/floculante mais adequado ao processo de tratamento e tipo de efluente. Além disso, todas as etapas foram avaliadas economicamente a fim de identificar a viabilidade de tratamento e reúso da água cinza presente na lavagem de veículos. Estas quatro etapas estão detalhadas na Figura 6.

Figura 6 – Etapas correspondentes à metodologia de estudo



Fonte: Autora (2020)

4.1 Caracterização mediante bibliografia do efluente de estudo

Uma pesquisa bibliográfica foi realizada correspondente ao mesmo tipo de efluente, e os parâmetros a serem analisados teoricamente foram tomados como base para o presente estudo.

4.2 Descrição do local de lavagem de veículos

Foi realizada a descrição detalhada do local objeto do presente estudo de caso mediante levantamento físico e entrevistas realizadas ao dono do estabelecimento.

4.3 Tratamento do efluente

Buscando uma alternativa que seja eficaz e com considerável simplicidade e facilidade de ser implementada, será proposto de forma teórica uma estação de tratamento de efluente para o estabelecimento de lavagem de veículos, situado na cidade de Bagé, mencionado no item 4.2. Além disso, para a definição das etapas correspondentes ao sistema de tratamento de efluente será realizada uma pesquisa aprofundada a fim de avaliar às necessidades da lavagem automotiva estudada.

4.4 Análise econômica

Foi realizada uma avaliação a partir da coleta de informações obtidas correspondentes ao item 3.2, despesas mensais relacionadas à lavagem automotiva por um período de 12 meses. Foi incluída na avaliação econômica os custos com água (volume consumido) e produtos utilizados para a lavagem.

Com relação aos custos com água e esgoto, os mesmos foram calculados com base na tabela tarifária estabelecida pela Lei Municipal n. 5626/2016 de Bagé (BAGÉ, 2016).

Também foram estimados os investimentos necessários para a implantação e manutenção do sistema de reúso de água cinza, conforme definição apresentada no item 3.3. A estimativa foi baseada em valores comerciais dos materiais essenciais.

Por fim, através das despesas estimadas na lavagem automotiva, custos com implementação e manutenção do sistema de reúso, e custos com coagulante será realizada a análise econômica de viabilidade de reúso da água cinza. A análise foi preparada com o auxílio do método TIR, o qual através de projeções econômicas, auxiliou na determinação da viabilidade do investimento de instalação de um sistema de tratamento de efluentes na lavagem automotiva do presente estudo, levando em consideração a taxa mínima de atratividade. O método do *payback* foi empregado para realizar uma projeção temporal do retorno do valor investido.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização do efluente de estudo

Para a lavagem dos veículos no estabelecimento de estudo, além da água são utilizados produtos químicos, como um detergente de alta performance de pH neutro, desengraxante à base de ácido cítrico, silicone líquido, revitalizador de peça plástica e preteador de pneu.

A partir das informações coletadas no estabelecimento e de uma pesquisa bibliográfica foi possível realizar uma caracterização teórica do efluente de estudo, representadas na Tabela 6 e Tabela 7, os estudos apresentados possuem efluentes de mesma origem que o efluente deste trabalho, somente os estudos feitos por Menegotto (2019) e Subtil (2016), são de efluentes gerados a partir de mecânica automotiva e lavagem de caminhões, respectivamente. Para a caracterização, foi tomado como base os parâmetros de qualidade da água de reúso estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015).

Tabela 5 – Caracterização físico-química do efluente

| Estudo | Cloro residual (mg/L) | pH | Turbidez (Ut) |
|-----------------------------------|----------------------------------|-----------|----------------------|
| Bohn (2014) | sd | 10,28 | - |
| Carvalho; Duarte; Manca (2020) | 0,33 | 6,38 | 258 |
| Cruvinel <i>et al.</i> (2015) | sd | 7,12 | 667 |
| Ferreira (2017) | sd | 6,84 | 349 |
| Oliveira; Luz; Silva (2012) | 0,57 | 6,02 | 109 |
| Menegotto (2019) | sd | 10,7 | 898,2 |
| Subtil (2016) | sd | 6,1 | 156 |

Fonte: Adaptada de Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015)
sd: sem dados

Tabela 6 – Caracterização do efluente de estudo

| Estudo | Sólidos dissolvidos (mg/L) | Óleos e graxas (mg/L) | DBO | DQO |
|--------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------|------------|
| Bohn (2014) | 34 | 19,44 | sd | 353,81 |
| Carvalho; Duarte; Manca (2020) | 356 | 115 | 17 | 64 |
| Cruvinel <i>et al.</i> (2015) | 1771 | sd | 47 | 173,38 |
| Ferreira (2017) | 244,9 | sd | sd | sd |
| Oliveira; Luz; Silva (2012) | 75 | 18,82 | 49,08 | sd |
| Menegotto (2019) | 262 | sd | sd | 77000 |
| Subtil (2016) | 284 | sd | 169 | 626 |

Fonte: Adaptada de Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015)
sd: sem dados

5.2 Descrição do local de estudo

O estabelecimento de lavagem automotiva se encontra localizado no município de Bagé, estado do Rio Grande do Sul. O empreendimento utiliza o sistema lava a jato manual, com água potável proveniente do sistema de abastecimento do município. Além disso, funciona 5 dias por semana em horário comercial e possui capacidade de um veículo por vez, sendo em média 22 veículos por semana.

A Figura 7 representa o local de estudo, onde durante a instalação do mesmo foi idealizado um sistema básico de reutilização da água. Ainda é possível observar que o sistema engloba dois reservatórios de água de 1000 litros e 2000 litros, responsáveis por filtrar e armazenar a água de reúso, respectivamente.

Figura 7 – Local de lavagem de veículos



Fonte: Autora (2021)

O sistema de reutilização da água compreende um reservatório de 30 centímetros de profundidade, a fim de realizar a adução da água proveniente do processo de lavagem através da gravidade, o reservatório também possibilita que a água tenha uma vazão mais constante na tubulação subsequente e pode ser observado na Figura 8. Em sequência, o efluente é transportado para uma separadora de água e óleo de aproximadamente 50 litros, representada na Figura 9, que realiza a separação por meio do processo de coalescência.

Após a separação, a água é transportada para um reservatório de 1000 litros, o qual era responsável por realizar a filtração do efluente através de um *kit* comercial de filtro de piscina, compreendendo sulfato de alumínio utilizado como coagulante, a barrilha para correção de pH e clarificante.

Figura 8 – Reservatório de adução da água



Fonte: Autora (2021)

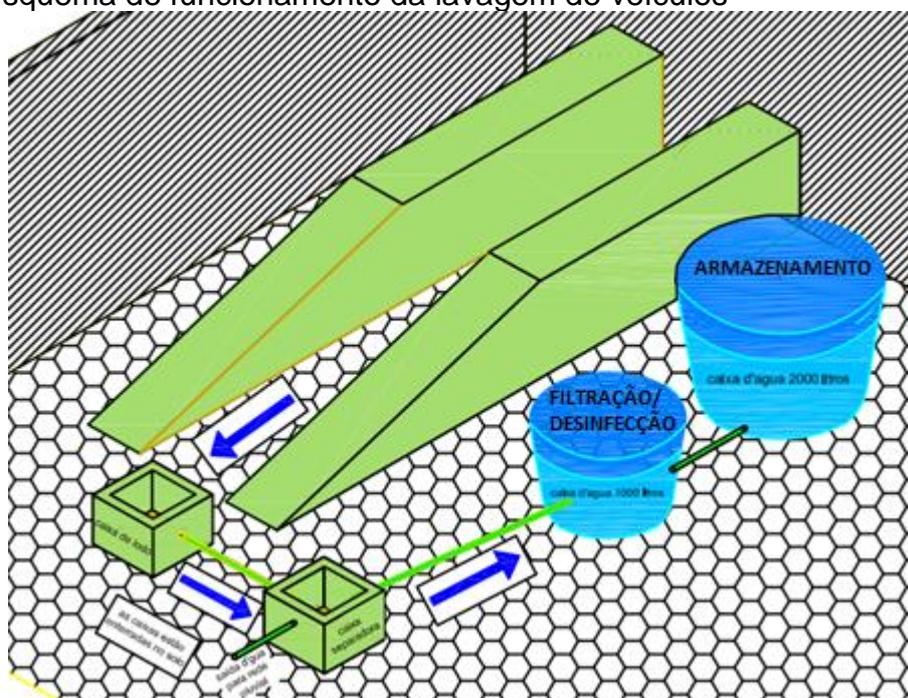
Figura 9 – Separadora de água e óleo



Fonte: Autora (2021)

A Figura 10 representa o esquema do estabelecimento de lavagem estudado, bem como o fluxo do efluente. Nela é possível observar que a construção do local foi projetada para abrigar um sistema simplificado de tratamento de água, porém o mesmo está em desuso devido ao fator econômico não ser atrativo perante aos custos referentes à utilização da água proveniente do abastecimento do município.

Figura 10 – Esquema de funcionamento da lavagem de veículos

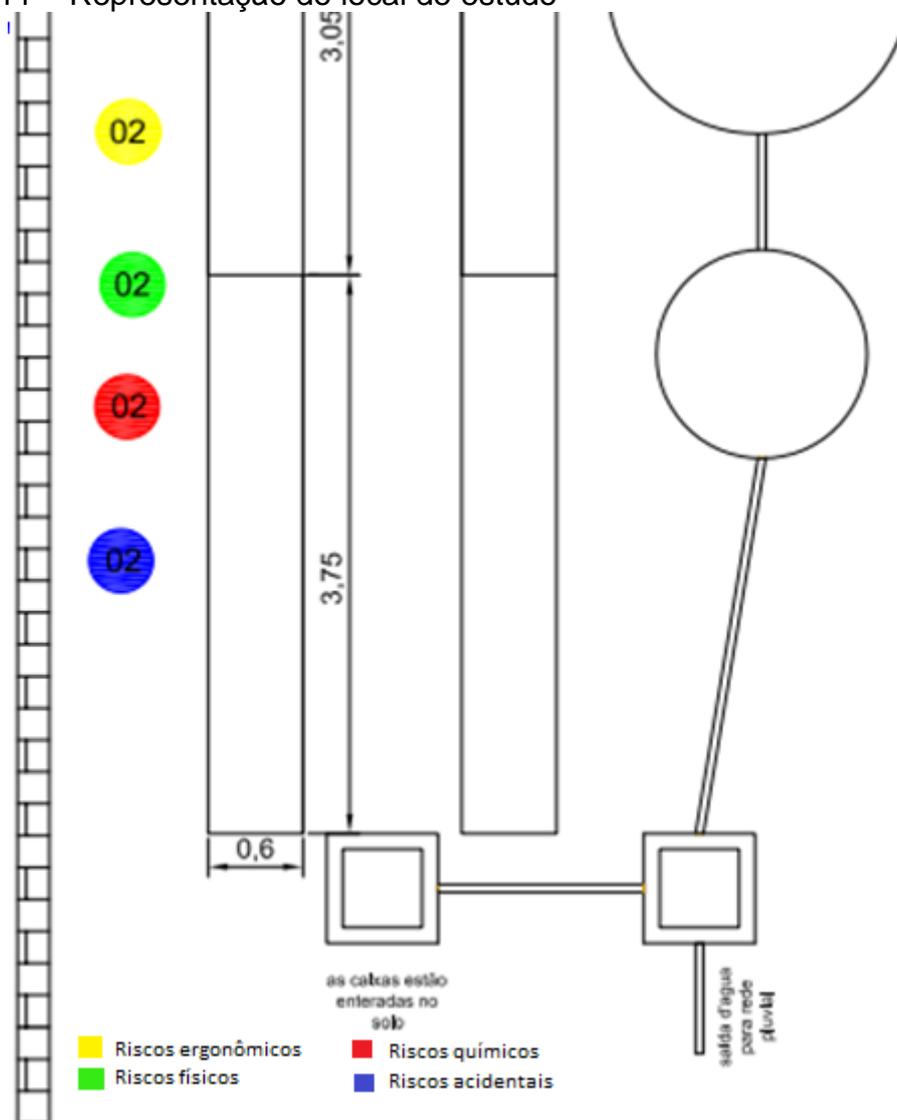


Fonte: Autora (2021)

Já a Figura 11, representa a planta baixa do local estudado, englobando também a disposição do sistema de tratamento de água e os riscos apresentados no

local. Para este estudo de caso, são expostas à atividade de lavagem, duas pessoas, onde foram identificados riscos físicos, químicos, ergonômicos e acidentais.

Figura 11 – Representação do local de estudo



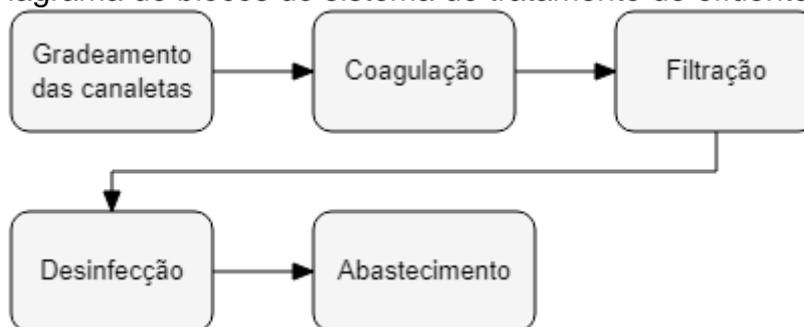
Fonte: Autora (2021)

Os riscos ergonômicos identificados estão relacionados a postura inadequada e a imposição de uma rotina intensa. Já os riscos físicos aos que os trabalhadores estão expostos relacionam-se com calor, frio e umidade. A exposição aos riscos químicos está atrelada aos produtos químicos utilizados pelos trabalhadores para lavar os veículos e, os riscos acidentais estão associados as condições do ambiente, por apresentar um espaço e circulação limitados.

5.3 Projeto piloto da ETE

A partir da análise realizada no estabelecimento de lavagem automotiva citado, e idealizando um investimento simples e eficiente, a Figura 12 representa o sistema de tratamento proposto para o estudo de caso.

Figura 12 – Diagrama de blocos do sistema de tratamento de efluente



Fonte: Autora (2021)

A proposta de iniciar o tratamento do efluente através do gradeamento das canaletas, refere-se a uma simples e eficaz alternativa para reter sólidos grosseiros. Dessa forma, as dimensões das grades deverão ser de 2 mm, de acordo com a avaliação das dimensões que mais se adequam ao estudo de caso.

O efluente gerado pela lavagem de veículos é depositado em um reservatório de adução, onde será adicionado o coagulante sulfato de alumínio com o objetivo de desestabilizar partículas coloidais. A escolha do coagulante se deu ao fato de possuir um baixo custo e alta eficiência. Em sequência o efluente é transportado para uma separadora de água e óleo, ocorrendo a separação da água e o efluente oleoso, proveniente de resíduos de graxa, lubrificante e óleo, de forma a permitir que o efluente seja separado da água devido a ação da gravidade.

Após a separação, o efluente passa pela etapa de filtração, a qual está compreendida em um reservatório de 1000 litros. O filtro sugerido é composto por brita número 1, areia quartzo e carvão ativado, além de duas telas de 120 e 150 *mesh*.

Por fim, através de uma tubulação a água filtrada será transportada para um reservatório de 2000 litros, onde será adicionado pastilhas de cloro a fim de realizar a desinfecção da água. A partir disso, o efluente deverá permanecer estático por um período de 30 minutos. Passado o período citado, a água estará pronta para reúso,

sendo necessário o auxílio de uma bomba centrífuga e uma mangueira para que a água seja utilizada de fato.

5.4 Análise econômica do sistema de reúso de água

Para a realização da análise econômica da proposta de implementação do sistema de reúso de água foram identificados os gastos com água do empreendimento, além dos custos com implementação e manutenção do sistema.

Os custos com a água variam entre R\$ 200,00 e R\$ 230,00 mensalmente, sendo os meses de outono e inverno de maior gasto, devido ao fator de maior demanda ao serviço nos meses citados. Essa variação é justificada devido aos meses de primavera e verão alguns donos de veículos optarem por realizar a lavagem em casa, pois o contato com a água em dias de temperatura alta não se torna desagradável.

Já os custos de implementação foram reduzidos, pois a maior parte do sistema de reúso implementada pelo dono do estabelecimento será reaproveitada, sendo necessário apenas alguns ajustes para a funcionalidade do sistema. Dessa forma, a Tabela 7, representa o orçamento relacionado ao investimento.

Tabela 7 – Orçamento de implementação do sistema de reúso

| Material | Valor (R\$) |
|----------------------------------|--------------------|
| Tubulações/registros | 45,00 |
| Bomba centrífuga | 156,66 |
| Grades | 100,00 |
| Cimento | 27,90 |
| Telas | 31,05 |
| Mão de obra | 200,00 |
| Brita nº 1 (200 kg) | 34,90 |
| Carvão ativado granulado (25 kg) | 449,75 |
| Areia quartzo (25 kg) | 230,00 |
| Sulfato de alumínio (2 kg) | 25,00 |
| Pastilhas de cloro (900 g) | 30,82 |

Fonte: Autora (2021)

A definição de valores dos materiais necessários para a implementação do sistema de reúso de água foi baseada em valores do comércio e mão de obra local, e as quantidades dos materiais vão ao encontro do definido por Caldeira (2018), devido a semelhança com o estudo em questão.

Além do valor estabelecido de investimento, também devem ser considerados os custos fixos com manutenção, os quais englobam sobretudo o filtro instalado e a desinfecção da água. Sendo necessário realizar a troca e/ou reposição de carvão ativado, sulfato de alumínio e as pastilhas de cloro, totalizando um valor de R\$ 505,57. A manutenção do sistema não necessita de mão de obra terceirizada, podendo ser feita pelo responsável pelo empreendimento, e deve ser feita em períodos de 6 meses, devido à durabilidade dos materiais.

Com a definição do investimento em implementação e manutenção, foram determinados o VPL e a TIR, em uma projeção futura de quatro anos, considerando uma taxa mínima de atratividade de 10% ao ano. A TMA para esse projeto foi determinada com base em rendimentos de aplicações financeiras de baixo risco. A partir disso, também foram estabelecidos o tempo de *payback* simples e o *payback* descontado. A análise econômica pode ser observada na Tabela 8.

Tabela 8 – Análise econômica do projeto

| Indicador | Valor |
|---------------------------|--------------------------|
| VPL | 1188,52 |
| TIR | 46,89% |
| <i>Payback</i> simples | 1 ano 5 meses e 2 dias |
| <i>Payback</i> descontado | 1 ano 11 meses e 27 dias |

Fonte: Autora (2021)

O VPL e a TIR representam de forma concomitante que o projeto é viável, considerando o valor positivo do VPL e uma expressiva TIR, a qual demonstrou que no período de quatro anos o investimento no projeto é 36,89% mais rentável quando comparado a aplicações financeiras com TMA de 10% ao ano.

A partir do cenário traçado, o projeto terá um retorno financeiro em um período de médio prazo, com o seu saldo de fluxo de caixa positivo a partir do primeiro ano. Para esse projeto, foram determinados o *payback* simples e o *payback* descontado, os quais diferenciam-se pelo primeiro ser amplamente utilizado no dia a dia quando

se faz necessário uma análise rápida e, o segundo leva em consideração o valor do dinheiro no tempo, utilizando também a TMA (PRATES, 2016).

O VPL, TMA, *payback* simples e *payback* descontado, são instrumentos para análise em projetos de investimento, considerados quantificações de retorno, viabilidade e rentabilidade, auxiliando a alinhar a administração do empreendimento e resultados financeiros (TORRES; DINIZ, 2013).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para o presente trabalho optou-se pela escolha do município de Bagé, o qual possui grandes problemas relacionados ao consumo de água e estiagem. Dessa forma, avaliando o cenário local, foi possível notar a grande procura pelo serviço de lavagem automotiva que demanda uma quantidade de água nas mesmas proporções. A partir disso, se faz necessário buscar alternativas para mitigar os problemas relacionados à falta de água e o seu consumo na cidade, os quais estão atrelados à falta de políticas públicas voltadas ao consumo consciente e à cultura da região em não reutilizar a água.

Dessa forma, a partir de um empreendimento de lavagem automotiva foi identificada uma forma de reutilizar a água utilizada para a lavagem de veículos através de uma estação de tratamento de efluentes piloto, levando em conta uma instalação prévia feita pelo dono do estabelecimento, e a simplicidade de implementação e manutenção. Além disso, buscou-se fazer uma análise econômica do projeto a fim de identificar a viabilidade ou não do mesmo.

Os fatores simplicidade e análise econômica são de grande relevância, pois além do município não possuir incentivos aos empreendedores, os mesmos necessitam conscientizar-se em relação ao consumo da água na cidade, que enfrenta frequentemente problemas de abastecimento local. Porém, aliado à conscientização é importante que haja um retorno financeiro ao reutilizar a água, a fim de que se inicie uma cultura de reúso em estabelecimentos que possuem uma grande demanda do bem de consumo.

Para trabalhos futuros, sugere-se uma avaliação mais detalhada do efluente de estudo, com análises laboratoriais, a fim de identificar melhorias no sistema de tratamento de efluentes proposto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTHAUS, M.; ROSA, G. S. Caracterização e tratamento do efluente oriundo de lavagens automotivas do município de Bagé-RS. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA INICIAÇÃO CIENTÍFICA*, 10., 2013, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Blucher, 2013. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/11034>. Acesso em: 10 out. 2020.

ALUIZ, V. **Tratamento da água residuária de lavagem de veículos por coluna de sedimentação combinado com processo oxidativo avançado**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Estadual de Ponta Grossa. Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Ponta Grossa, 2019. Disponível em: <https://tede2.uepg.br/jspui/bitstream/prefix/2937/1/Valdirene%20Aluiz.pdf>. Acesso em: 12 out. 2020.

ANDRADE, P. V.; REIS, A. G. Tratamento terciário de um efluente sanitário por coagulação, floculação e sedimentação. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v. 15, n. 2, p. 68-88, 2018. Disponível em: <http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=1543&layout=abstract>. Acesso em: 14 nov. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Reúso de água nas crises hídricas e oportunidades no Brasil**. São Paulo: ABES, 2015. Disponível em: http://abes-es.org.br/wp-content/uploads/2016/02/Reuso_nas_Crises.pdf. Acesso em: 9 out. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

BAGÉ. Prefeitura Municipal. **Lei n. 5626/2016**. Dispõe sobre a implantação da Tarifa dos serviços públicos de abastecimento de água potável e de esgotamento sanitário, no âmbito do município de Bagé. Bagé, RS: Prefeitura Municipal, 2016. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/rs/b/bage/lei-ordinaria/2016/562/5626/lei-ordinaria-n-5626-2016-dispoe-sobre-a-implantacao-da-tarifa-dos-servicos-publicos-de-abastecimento-de-agua-potavel-e-de-egotamento-sanitario-no-mbito-do-municipio-de-bage>. Acesso em: 10 out. 2020.

BERLATO, M. A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D. C. Associação entre El Niño oscilação sul e a produtividade do milho no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 5, p. 423-432, 2005. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2005000500001&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 09 out. 2020.

BOHN, F. P. **Tratamento do efluente gerado na lavagem de veículos**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, 2014. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/2289/TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 28 mar. 2021.

BORGES, L. **O que é e como interpretar o payback**. 2013. Disponível em: <https://blog.luz.vc/o-que-e/payback/>. Acesso em: 14 out. 2020.

BORSOI, Z. M. F.; TORRES, S. D. A. A política de recursos hídricos no Brasil. **Revista do Banco Nacional de Desenvolvimento**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 8, p. 143-166, 1997. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/11774/2/RB%2008%20A%20pol%c3%adtica%20de%20recursos%20h%c3%adricos%20no%20Brasil_P_BD.pdf. Acesso em: 08 out. 2020.

BRAGA, B. *et al.* **Introdução a Engenharia Ambiental**. São Paulo: Pearson, 2003.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 273, de 29 de novembro de 2000. Estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental de postos de combustíveis e serviços e dispõe sobre a prevenção e controle da poluição. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 5, p. 20-23, 8 jan. 2001. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=271>. Acesso em: 11 out. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 11 out. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 92, p. 89, 16 maio 2011. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 11 out. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução n. 54, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 1, p. 31-36, 28 nov. 2005a. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2054.pdf>. Acesso em: 11 out. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Recursos Hídricos. **Programas Nacionais e Metas**. Brasília, DF: MMA, 2006. Disponível em: <https://cnrh.mdr.gov.br/inserir-documentos-nos-artigos/pnrh/linha-do-tempo/2351-caderno-pnrh-vol4/file>. Acesso em: 12 out. 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Série histórica**. 2020. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 14 nov. 2020.

BRONDANI, A. R. P.; WOLLMANN, C. A. W.; RIBEIRO, A. A. A percepção climática da ocorrência de estiagens e os problemas de abastecimento de água na área urbana do município de Bagé-RS. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 26, p. 214-232, 2013. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/75197/78745>. Acesso em: 14 out. 2020.

CALDEIRA, F. **Projeto de tratamento e reutilização do efluente gerado na lavagem de veículos na cidade de campinas-SP**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para a Gestão Municipal de Recursos Hídricos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Ceará, 2018. Disponível em: <https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2348/1/PHILIPPE%20BATISTA%20CALDEIRA.pdf>. Acesso em: 15 out. 2020.

CARVALHO, R.; DUARTE, P.; MANCA, R. S. Tratamento da água para reuso na lavagem automotiva. **Prospectus: Gestão e Tecnologia**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 244-271, 2020. Disponível em: <https://prospectus.fatecitapira.edu.br/index.php/pgt/article/view/58>. Acesso em: 15 out. 2020.

COLVILLE, P. G. **Condicionantes climáticos à desertificação**. Talca: Facultad de Ciências Agrarias/Universidad de Talca, Chile, 1987.

CORDEIRO, A. P. A.; BERLATO, M. A.; ALVES, R. C. M. Tendência do índice hídrico sazonal do Rio Grande do Sul e sua relação com El Niño e La Niña. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 41, p. 216-226, 2018. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/13056>. Acesso em: 09 out. 2020.

CORDEIRO, A. P. A.; ALVES, R. C. M.; ROCHA, M. B. Caracterização agroclimática de Bagé, RS. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 27, n. 2, p. 293-309, 2019. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/agrometeoros/article/view/26470>. Acesso em: 14 out. 2020.

CRUVINEL, K. *et al.* Caracterização do efluente gerado em lavagem de veículos para projeto de reúso da água. *In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2015, Rio de Janeiro. **Anais** [...], Rio de Janeiro: ABES, 2015. Disponível em: <http://abes.locaweb.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento29/TrabalhosCompletoPDF/II-487.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2021.

CRUZ, G. **Dia mundial da água: o mito da abundância desse recurso e a necessidade de um novo olhar sobre sua gestão.** Porto Alegre: UERGS, 2019. Disponível em: <https://www.uergs.edu.br/dia-mundial-da-agua-o-mito-da-abundancia-desse-recurso-e-a-necessidade-de-novo-olhar-sobre-sua-gestao#:~:text=A%20regi%C3%A3o%20Centro%2DOeste%2C%20com,possui%207%25%20da%20%C3%A1gua%20dispon%C3%ADvel>. Acesso em: 05 set. 2020.

DEZZOTI, M. **Processos e técnicas para o controle ambiental de efluentes líquidos.** Rio de Janeiro: *e-papers*, 2008.

DIENSTMANN, J. Barragens de Bagé perderam 79% da capacidade com a seca. **Jornal Cidades**, Farroupilha, 14 maio 2020. Disponível em: https://www.jornaldocomercio.com/_conteudo/jornal_cidades/2020/05/738687-barragens-de-bage-perderam-79-da-capacidade-com-a-seca.html. Acesso em: 08 out. 2020.

ETCHEPARE, R. G. **Integração de processos no tratamento de efluentes de lavagem de veículos para reciclagem de água.** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/60673>. Acesso em: 16 out. 2020.

FERREIRA, T. C. C. **Estudo da viabilidade de implantação de um lava a jato com tratamento de reúso de água na cidade de Pains/MG.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Centro Universitário de Formiga, Formiga, 2017. Disponível em: https://repositorioinstitucional.uniformg.edu.br:21074/xmlui/bitstream/handle/123456789/535/TCC_TayaneCristinaCoutoFerreira.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 02 fev. 2021.

FRAZÃO, A. *et al.* **O que é VPL e como calcular.** 2020. Disponível em: <https://www.dicionariofinanceiro.com/valor-presente-liquido/>. Acesso em: 14 out. 2020.

GOMES, M. A. F. A água nossa de cada dia. **Página Rural**, Porto Alegre, n. 1892, 21 maio 2009. Disponível em: <https://www.paginarural.com.br/artigo/1892/a-agua-nossa-de-cada-dia>. Acesso em: 05 set. 2020.

GONÇALVES, F. *et al.* Caracterização dos efluentes gerados e lançados na rede de esgoto, pela operação de lava a jatos: estudo de caso no município de Belém-PA. *In: SIMPÓSIO ITALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, 14., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: ABES, 2018. Disponível em: http://abes-dn.org.br/?page_id=1560. Acesso em: 10 nov. 2020.

GROSS, J. A.; REIS, J. T.; SAUSEN, T. M. Caracterização das condições socioeconômicas dos municípios do Rio Grande do Sul afetados pelas estiagens. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 18, n. 1, p. 23-38, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/7437>. Acesso em: 05 set. 2020.

HASTENREITER, T. A. **Estudo de viabilidade técnica e econômica de implantação de um sistema de reúso de água cinza para fim não potável em edificação empresarial**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013. Disponível em: https://ambiental.ufes.br/sites/ambiental.ufes.br/files/field/anexo/estudo_de_viabilidade_tecnica_e_economica_de_implantacao_de_um_sistema_de_reuso_de_agua_cinza_para_fim_nao_potavel_em_tai.pdf. Acesso em: 01 fev. 2021.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**. São Paulo: Atlas, 2007.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6. ed., Rio de Janeiro: ABES, 2011.

KOBIYAMA, M.; MICHEL, G. P.; GOERL, R. F. Relação entre desastres naturais e florestas. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 1, n. 6, p. 17-48, 2012. Disponível em: <http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/Kobiyama%20et%20al%202012%20GeoNorte%20Relacao%20entre%20desastres%20naturais%20e%20floresta.pdf>. Acesso em: 06 set. 2020.

KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; BORTOLI, M. Separação sólido-líquido em efluentes da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 11, p. 1220-1225, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n11/v14n11a12.pdf>. Acesso em: 20 out. 2020.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. Barueri: Manole, 2003.

MATOS, A. B. **Compartimentação estrutural e interações hidrogeológicas entre o sistema aquífero Guarani e Serra Geral na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul**. 2020. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre, 2020. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/212328/001111505.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 25 set. 2020.

MELO, M. *et al.* **Dados meteorológicos**. Brasília, DF: INMET, 2020. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 15 out. 2020.

MENEGOTTO, B. **Caracterização e proposta de tratamento de efluentes gerados por mecânicas automotivas**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2019. Disponível em: <http://dspace.unipampa.edu.br:8080/jspui/bitstream/rii/4609/1/TCC%20Bruna%20Vaz%20Menegotto%202019.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2021.

OLIVEIRA, F; LUZ, W; SILVA, R. **Aplicação da reutilização da água em um lava a jato no município de Contagem.** Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50129229/tcc_04-12_final_-_Copia.pdf?1478377663=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAPLICACAO_DA_REUTILIZACAO_DA_AGUA_EM_UM.pdf&Expires=1619106305&Signature=MN789Kbf1uLGQ4wOgL-bjPVb93b4ejhNnr-VbjyJ8slj5A80ApIISmsq8QXHNrxyFgWqulVRwm~i9n4sKNIQB5oVOgzK4PwDZRvN5MK~1bgkcteBrwJSSOdR~Qpd66RDNBtGWAliviqBi4~RqbAKot-oWRWRB0~bm14CXquW09omdbYV-2Rg19NvEugK4oLxTZVYBCJJINX48KPRv2EsHiF-h-9XwrweuMqYPUlgLdpSBu0qjg~mjPa3Ui~PmNHvsYbOxh7XlbncthzUuv3XO6jVSPJ6Zb580FvfvB0ePnKXscafWCHsglCtOoB~~belj44xTpZs8Vddtt7gCzeMg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 07 mar. 2021.

PAULA, L. O. **Tratamento de água residuária na atividade automotiva por ozonização convencional e catalítica.** 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Uberlândia, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14207/1/TratamentoAguaResiduaria.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2020.

PRATES, W. **Qual a diferença entre payback simples e descontado?** [S. l.]: Ciência&Negócios.com, 2016. Disponível em: <https://cienciaenegocios.com/qual-e-a-diferenca-entre-payback-simples-e-descontado/#:~:text=Quando%20o%20payback%20%C3%A9%20calculado,de%20per%20%C3%ADodo%20de%20payback%20descontado>. Acesso em: 15 abr. 2001.

RABELO, D. **Ideias de negócios sustentáveis: Lava Jato.** Brasília, DF: SEBRAE, 2012. Disponível em: <http://extranet2.pr.sebrae.com.br/portal/sustentabilidade/Lava%20jato.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2021.

REZENDE, A. T. **Reúso urbano de água para fins não potáveis no Brasil.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016. Disponível em: <https://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/TFC-AMANDA-REZENDE-FINAL.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2021.

RIBEIRO, A. A. **Eventos pluviais extremos e estiagens na região das Missões, RS: a percepção dos moradores do município de Santo Antônio das Missões.** 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2012. Disponível em: http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/brc/33004137004P0/2012/ribeiro_a_a_me_rcla.pdf. Acesso em: 01 fev. 2021.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Saúde e Meio Ambiente. **Portaria n. 05**, de 29 de março de 1989. Dispõe sobre critérios e padrões de efluentes líquidos a serem observados por todas as fontes poluidoras que lancem seus efluentes nos corpos d'água interiores do estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://acguasana.com.br/legislacao/portaria-estadual-0589.pdf>. Acesso em: 05 out. 2020.

ROSA, L. G. *et al.* Caracterização de águas residuárias oriundas de empresas de lavagem de veículos e impactos ambientais. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 6, n. 3, p. 179-199, 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92821301012>. Acesso em: 17 nov. 2020.

SANTOS, T. P. *et al.* Proposta de um sistema de reúso de água residuária em um lava-jato no município de Marabá-Pará: Estudo de caso do lava-jato GL. *In*: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL; FEIRA NACIONAL DE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE, 2017, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: ABES, 2017. Disponível em: <http://abes.locaweb.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento36/TrabalhosCompletoPDF/II-145.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2020.

SOARES, F. **Estiagem afeta sete de cada 10 municípios gaúchos**. Porto Alegre: Zero Hora, 2020. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2020/05/estiagem-afeta-sete-de-cada-10-municipios-gauchos-ck9okx58j00fk015n22ymdivw.html>. Acesso em: 17 nov. 2020.

SOUZA FILHO, D. P. **Reutilização de água residual no processo de gestão de lava a jato**: um estudo multicaso. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Amazonas. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Manaus, 2017. Disponível em: https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/6382/5/Disserta%c3%a7%c3%a3o_Delfino%20P.%20Souza%20Filho.pdf. Acesso em: 05 fev. 2021.

SUBTIL, E. *et al.* Potencial de reúso de água na lavagem de caminhões utilizando Contator Biológico Rotativo. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 11, n. 4, 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-993X2016000400851&script=sci_arttext. Acesso em: 16 abr. 2021.

TORRES, I.; DINIZ JÚNIOR, O. As contribuições do valor presente líquido, da taxa interna de retorno, do payback e do fluxo de caixa descontado para avaliação e análise de um projeto de investimento em cenário hipotético. **Universitas Gestão e TI**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 85-95, 2013. Disponível em: <https://www.publicacoes.uniceub.br/gti/article/view/2277/2037>. Acesso em: 15 abr. 2021.

VALENTINA, R. S. D. **Gerenciamento da qualidade e da quantidade de água cinza em uma edificação residencial de alto padrão com vistas ao seu reúso não-potável**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Vitória, 2009. Disponível em: https://repositorio.ufes.br/jspui/bitstream/10/3907/1/tese_3159_Disserta%c3%a7%c3%a3o%20Renata_Vers%c3%a3o%20Final.pdf. Acesso em: 02 fev. 2021.

VAZ, L. G. L. *et al.* Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. **Eclética Química**, São Paulo, v. 35, n. 4, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/eq/v35n4/06.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2021.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed., Belo Horizonte: UFMG, 2005.