



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**  
**MILENY MARQUES JOAQUIM**

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA A UTILIZAÇÃO NO PROCESSO  
INDUSTRIAL NUMA EMPRESA DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS DO SUL DE  
SANTA CATARINA**

**Tubarão**  
**2019**



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**  
**MILENY MARQUES JOAQUIM**

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA A UTILIZAÇÃO NO PROCESSO  
INDUSTRIAL NUMA EMPRESA DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS DO SUL DE  
SANTA CATARINA**

Relatório Técnico/Científico apresentado ao Curso de Engenharia Química da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Prof. Dr. Marcos Marcelino Mazzucco (Orientador)

Prof. Esp. Rangel Pereira dos Santos (Coorientador)

Tubarão

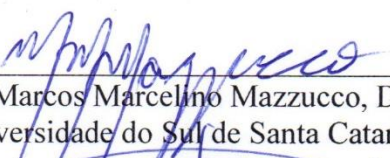
2019

**MILENY MARQUES JOAQUIM**

**ANÁLISE DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA A  
UTILIZAÇÃO NO PROCESSO INDUSTRIAL DE EMPRESA DE  
REVESTIMENTOS CERÂMICOS DO SUL DE SANTA CATARINA**

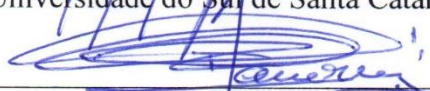
Este relatório técnico/científico foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia Química da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 19 de junho de 2019.



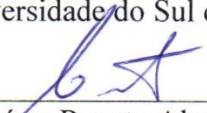
---

Professor Eng. Marcos Marcelino Mazzucco, Dr. (Orientador)  
Universidade do Sul de Santa Catarina



---

Professor Eng. Richard Faraó Amorim, MSc. (Avaliador)  
Universidade do Sul de Santa Catarina



---

Professor Eng. César Renato Alves da Rosa, MSc. (Avaliador)  
Universidade do Sul de Santa Catarina

Aos meus pais, que sem sua ajuda eu não teria  
chegado tão longe.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a Deus, por ter me dado todas as condições e forças necessárias para desenvolver e concluir esse trabalho. Por ter colocado ao meu redor pessoas maravilhosas que estiveram dispostas a me ajudar o tempo inteiro. E por não ter me deixado desistir quando o cansaço e o desamino apareceram.

Aos meus pais, que sacrificaram seus sonhos para poder realizar os meus, principalmente este que é o título de Engenheira Química. Por todo o carinho e apoio nas horas mais difíceis durante todos esses anos de vida acadêmica. Eles foram fundamentais no meu desenvolvimento humano e acadêmico, pois me ensinaram todos os valores indispensáveis à formação do meu caráter.

Ao meu professor orientador Marcos Marcelino Mazzucco, pelos conhecimentos e apoio a mim dispensados durante todo o curso. Ao meu coorientador e amigo, Rangel Pereira dos Santos, por todo o carinho, amizade, apoio e conhecimento.

Aos professores, que durante toda a minha trajetória acadêmica me ensinaram muito mais que teorias, me prepararam também para vida, todo o meu carinho e gratidão. Em especial aos professores Cesar Renato Alves da Rosa, Diogo Buss, Jonathan Bork, Gilson Rocha Reynaldo, Maria Lúcia Soares Cochlar, Suzana Cimara Batista e Wilson Alano.

Ao CENTEC e todos os colaboradores, que me apoiaram e conviveram comigo durante dois anos de estágio.

Aos meus amigos, que sempre foram uma segunda família, em especial meus companheiros nessa caminhada, Bruno Mendonça e Caio Gomes.

Gostaria de agradecer também a duas pessoas muito especiais, por todo o apoio e ajuda durante a execução desse trabalho, principalmente nos detalhes finais, Higor Stork e Joyce Marques.

A empresa concedente do estágio obrigatório, pela oportunidade para estar desenvolvendo este importante trabalho para a conclusão do curso. E por fim, ao meu supervisor de estágio, Thiago Bergesch, por toda a paciência durante o período de estágio, compartilhando seu conhecimento e tempo.

“We must have perserverence and above all confidence in ourselves. We must believe that we are gifted for something and that this thing must be attained.” (Marie Curie).

## RESUMO

A falta de água é um dos maiores problemas mundiais, interferindo principalmente na sobrevivência dos seres humanos. O desperdício desenfreado e a falta de conscientização ambiental vem sendo cada vez mais preocupante. O aproveitamento de água pluvial já é um método utilizado há muitos anos em diversos países e vem sendo uma grande solução para a conservação de água potável para as futuras gerações. Este relatório de estágio obrigatório para a conclusão do curso de Engenharia Química tem por finalidade o desenvolvimento de uma pesquisa qualitativa, bibliográfica, exploratória e estudo de caso para a captação e aproveitamento da água pluvial de uma empresa de revestimentos cerâmicos do sul de Santa Catarina para ser utilizada no processo industrial da mesma. Como a empresa possui uma área coberta com calhas suficiente para suprir a demanda da fábrica, é possível fazer a coleta e o reaproveitamento da água pluvial, tendo assim uma grande economia para a empresa, não apenas financeira, mas também ambiental, porém a empresa não possui um sistema de aproveitamento da água pluvial e terá que implantar todo o sistema de captação e armazenamento, pois a água da chuva que cai nas calhas e tubulações vai direto para as galerias de esgoto da cidade. Com os laudos das amostras de água pluvial e a água utilizada no processo é possível perceber que a água da chuva coletada é tão boa quanto a já utilizada, podendo ser aproveitada sem maiores preocupações, pois não irá interferir na qualidade dos produtos.

Palavras-chave: Água pluvial. Reaproveitamento. Cerâmica.

## ABSTRACT

The lack of water is one of the world's biggest problems, mainly affecting human safety. The rampant waste and a lack of environmental awareness are increasingly worrying. The use of rainwater is already a health problem for future generations. It is used in the industrial process of the same one. This study is the study of bibliographic research and study is a development of the state of this study is declension of the soil of encatelling of ceramic core is used in the industrial process of the same. As a company has a sufficient coverage area to meet the demand of the company, it is possible to make a process of reacquisition of rainwater, to have a great economy for a company, not only financial, but also environmental, but a company does not have a system of taking advantage of the rainwater and that implements the whole system of capture and storage, as the rainwater falls and the pipes are directed to the city's sewage galleries. Rainwater and drinking water samples can be applied if rainwater collected is as good as it has been applied and can be administered without further interaction as it will not interfere with product quality.

Keywords: Rainwater. Reuse. Ceramic.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Ciclo da água. ....                                     | 18 |
| Figura 2 - Mapa das regiões hidrográficas de Santa Catarina. ....  | 19 |
| Figura 3 - Demandas por finalidade (2007).....                     | 22 |
| Figura 4 - Fluxograma da metodologia. ....                         | 26 |
| Figura 5 - Funcionamento da captação de água pluvial. ....         | 27 |
| Figura 6 - Sistema First Flush. ....                               | 28 |
| Figura 7 - Filtro para materiais suspensos. ....                   | 29 |
| Figura 8 - Reservatório escavado e revestido com geomembrana. .... | 30 |
| Figura 9 - Área estudada para a captação de água pluvial.....      | 41 |
| Figura 10 - Corte esquemático.....                                 | 47 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Produção hídrica de superfície da América do Sul. ....             | 18 |
| Tabela 2 - Disponibilidade hídrica e populacional no Brasil por regiões. .... | 19 |
| Tabela 3 - Método de Rippl. ....                                              | 32 |
| Tabela 4 - Método de Simulação. ....                                          | 33 |
| Tabela 5 - Dados pluviométricos estação Jaguaruna. ....                       | 36 |
| Tabela 6 - Dados pluviométricos estação Urussanga dos últimos dez anos. ....  | 37 |
| Tabela 7 - Demanda total x Volume de água pluvial captada. ....               | 43 |
| Tabela 8 - Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl. ....         | 43 |
| Tabela 9 - Dimensionamento do reservatório pelo método da Simulação. ....     | 44 |
| Tabela 10 - Relatório de ensaio - água nascente ....                          | 48 |
| Tabela 11 - Relatório de ensaio - água pluvial ....                           | 49 |

## SUMÁRIO

|          |                                                      |           |
|----------|------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO.....</b>                               | <b>14</b> |
| 1.1      | JUSTIFICATIVA E PROBLEMA .....                       | 15        |
| 1.2      | OBJETIVO .....                                       | 15        |
| 1.2.1    | Objetivo geral .....                                 | 15        |
| 1.2.2    | Objetivos específicos .....                          | 15        |
| <b>2</b> | <b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>                     | <b>17</b> |
| 2.1      | RECURSOS HÍDRICOS .....                              | 17        |
| 2.1.1    | Ciclo hidrológico.....                               | 17        |
| 2.1.2    | Recursos Hídricos disponíveis no Brasil .....        | 18        |
| 2.1.3    | Recursos Hídricos disponíveis em Santa Catarina..... | 19        |
| 2.2      | CONSUMO DE ÁGUA NO BRASIL.....                       | 22        |
| 2.3      | DEMANDA INDUSTRIAL .....                             | 23        |
| 2.4      | SUSTENTABILIDADE COMO META CONTEMPORÂNEA .....       | 23        |
| <b>3</b> | <b>METODOLOGIA.....</b>                              | <b>25</b> |
| 3.1      | A EMPRESA .....                                      | 25        |
| 3.2      | MECANISMOS DE DADOS E ANÁLISES DOS RESULTADOS .....  | 26        |
| 3.3      | CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL .....                       | 26        |
| 3.4      | DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO.....                 | 31        |
| 3.4.1    | Método de Rippl .....                                | 31        |
| 3.4.2    | Método de Simulação .....                            | 33        |
| 3.4.3    | Confiança ( <i>reliability</i> ).....                | 34        |
| 3.4.4    | Confiabilidade Volumétrica .....                     | 34        |
| 3.5      | PRECIPITAÇÃO EM SANTA CATARINA.....                  | 35        |
| 3.5.1    | Dados .....                                          | 35        |
| <b>4</b> | <b>EMPRESA ANALISADA .....</b>                       | <b>41</b> |
| 4.1      | ÁREA ESTUDADA PARA A CAPTAÇÃO DA ÁGUA PLUVIAL.....   | 41        |
| 4.2      | QUANTITATIVOS DE CAPTAÇÃO PLUVIAL .....              | 42        |
| 4.3      | RESERVATÓRIO .....                                   | 43        |
| <b>5</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>                  | <b>46</b> |
| 5.1      | RESULTADO DAS ANÁLISES .....                         | 48        |
| <b>6</b> | <b>CONCLUSÃO.....</b>                                | <b>50</b> |

|                                                                    |           |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>7 SUGESTÕES.....</b>                                            | <b>51</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                           | <b>52</b> |
| <b>ANEXO A – SOLICITAÇÃO DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS - EPAGRI.....</b> | <b>55</b> |
| <b>ANEXO B – RELATÓRIO ANÁLISE ÁGUA DA NASCENTE .....</b>          | <b>56</b> |
| <b>ANEXO C – RELATÓRIO ANÁLISE ÁGUA PLUVIAL .....</b>              | <b>57</b> |
| <b>APÊNDICE .....</b>                                              | <b>58</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A preocupação em relação a preservação e conservação da água do planeta vem crescendo cada vez mais com o passar dos anos. Segundo as Nações Unidas, até 2030 teremos um déficit de 40% de água para uso. Estamos diante de uma crise hídrica, onde em várias regiões do mundo já é notável a escassez deste bem indispensável a vida.

Cerca de 2/3 da superfície do planeta Terra são dominados pelos oceanos. O volume total de água na Terra é estimado em torno de 1,35 milhões de quilômetros cúbicos, sendo que 97,5% deste volume são de água salgada, encontrada em mares e oceanos. Já 2,5% são de água doce, porém localizada em regiões de difícil acesso, como aquíferos (águas subterrâneas) e geleiras. Apenas 0,007% da água doce encontram-se em locais de fácil acesso para o consumo humano, como lagos, rios e na atmosfera (CARVALHO, 2010, p. 9 apud. UNIÁGUA, 2006).

Em alguns países Europeus já se estimulou a captação da água da chuva como uma possível solução para esse problema de escassez e também para combater as enchentes urbanas. Este estímulo fez com que a Alemanha desenvolvesse e aprimorasse seus processos de aproveitamento de água, sendo hoje muito utilizados em residências, comércios e indústrias (MACHADO & CORDEIRO, 2004).

A água da chuva pode ser reutilizada para diversas finalidades em residências como, por exemplo, torneiras de jardim, vasos sanitários, pias de banheiro, higienização de carros. O consumo na indústria é três vezes maior que o uso doméstico, podendo ser utilizado em torres de resfriamento, limpeza de equipamentos, lavagem de caminhões de transporte, descargas sanitárias ou até mesmo no próprio processo de fabricação dos produtos.

O presente trabalho propõe o estudo da viabilidade técnico-econômica para a captação e aproveitamento da água da chuva para a utilização no processo industrial de uma empresa de revestimentos cerâmicos. Foi avaliado o consumo diário de água da empresa, o índice pluviométrico mensal da região, a área do telhado fabril, o volume de água pluvial captada através do dimensionamento de um reservatório, a qualidade da mesma através de análises físico-químicas e os benefícios ambientais e financeiros que esse reaproveitamento pode trazer a empresa. Além disso, uma manta de polipropileno reciclada foi especificada para cobrir o reservatório e assim diminuir a perda por evaporação desta água.

## 1.1 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA

A água é um recurso natural de suma importância para a nossa sobrevivência. Porém, com o crescimento populacional, seu consumo vem tendo um aumento significativo. Atualmente, uma de nossas maiores preocupações tem sido a conservação e preservação de água e o desenvolvimento de novas formas de reutilização.

Diante da crise hídrica vista em todo o mundo, novas formas de reutilização da água são apresentadas diariamente. A captação e aproveitamento de água pluvial em processos industriais tem se mostrado uma prática extremamente vantajosa. Além de ser uma solução alternativa para reduzir a escassez hídrica, traz economia financeira para a empresa e contribui com a diminuição dos impactos ambientais.

Na indústria, a água é essencial para a fabricação dos produtos. Pode ser utilizada também em processos de resfriamento ou aquecimento, higienização de equipamentos e limpeza no geral.

Neste sentido buscar-se-á a possibilidade de **um estudo de análise de captação e aproveitamento de água pluvial para a utilização no processo industrial de uma empresa de revestimentos cerâmicos localizada no sul de Santa Catarina no ano de 2019.**

## 1.2 OBJETIVO

### 1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a captação e a qualidade da água pluvial para a utilização no processo industrial de uma empresa de revestimentos cerâmicos, buscando tornar-se uma empresa mais sustentável e que preza pela preservação e conscientização ambiental.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- a) Avaliar a média pluviométrica mensal na região nos últimos anos;
- b) Descrever o consumo de água utilizado no processo industrial da empresa;
- c) Identificar a área do telhado onde será captado a água pluvial;
- d) Dimensionar um reservatório para a captação de água pluvial;

- e) Analisar os parâmetros físico-químicos de chumbo, cloretos, condutividade térmica, enxofre, ferro, manganês, matéria orgânica, pH, sílica e turbidez da água pluvial coletada para verificar se a mesma pode ser utilizada no processo industrial;
- f) Analisar os parâmetros físico-químicos de chumbo, cloretos, condutividade térmica, enxofre, ferro, manganês, matéria orgânica, pH, sílica e turbidez da água utilizada no processo industrial e comparar com a água pluvial tratada;

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão abordados os principais conceitos para a pesquisa e desenvolvimento do trabalho, como a preservação dos recursos hídricos, o aproveitamento de água pluvial e a demanda hídrica das indústrias.

### 2.1 RECURSOS HÍDRICOS

#### 2.1.1 Ciclo hidrológico

A Terra é formada em grande parte por água. Estima-se que 70% da superfície do planeta é composta por esse recurso natural, sendo que deste total, 3% é de água doce e 97% de água salgada. A água é existente na natureza nos três estados físicos: sólido, líquido e gasoso. E pode ser encontrado na atmosfera, na superfície terrestre, no subsolo ou nos oceanos.

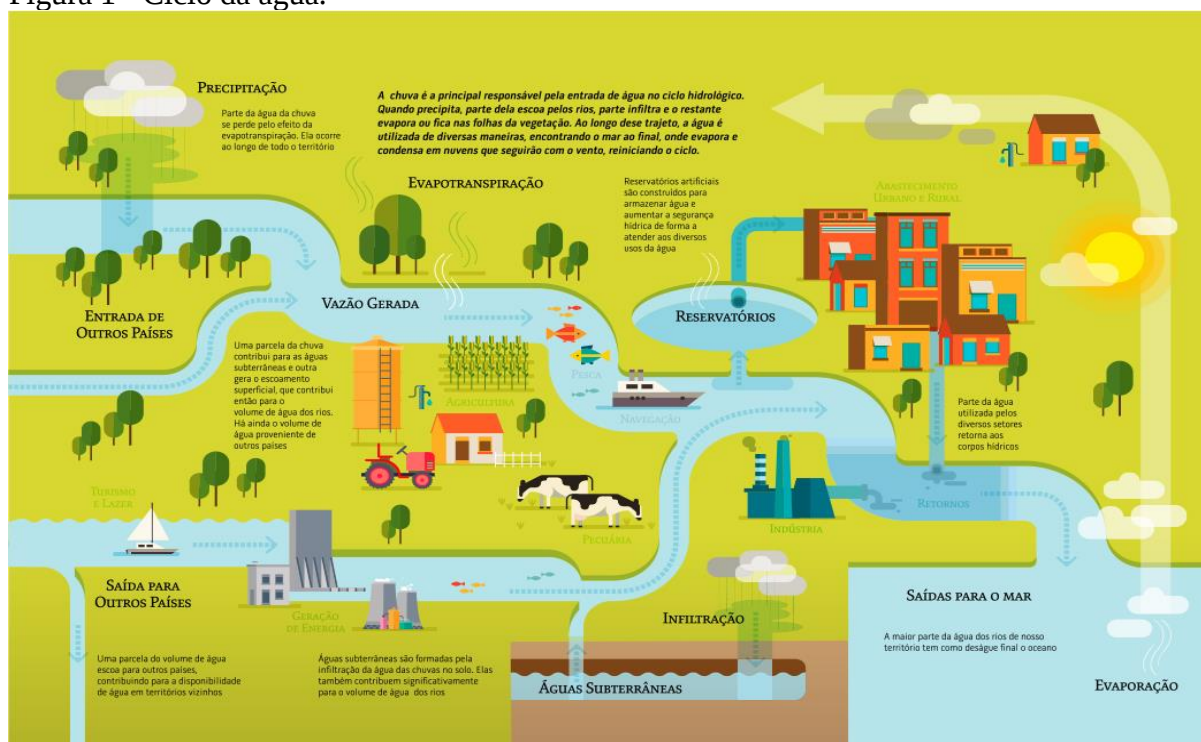
Segundo Villiers (2002), o ciclo hidrológico é um sistema químico quase estável e auto regulável, que transfere a água de um “reservatório” para outro em ciclos complexos. São exemplos de reservatórios as nuvens e chuvas, os oceanos, rios e lagos, os lençóis freáticos, os aquíferos subterrâneos, as calotas polares e o solo saturado.

O ciclo é o processo de transferência da água de um estado, ou reservatório, para outro através da gravidade ou da aplicação de energia solar, ao longo de períodos que variam de horas a milhares de anos. O sistema todo funciona somente porque mais água evapora dos oceanos do que retorna para ele diretamente na forma de chuva ou de neve. Essa diferença cai na terra sob a forma de chuva ou neve, e é essa diferença que torna nossa vida possível, pois quando a chuva cai, ela o faz em forma de água doce. Há uma renovação não só quantitativa, mas também qualitativa: o processo purifica a água de suas impurezas e a devolve potável, uma água utilizável pela biota, na qual estamos incluídos. (VILLIERS, 2002, p. 52).

O ciclo hidrológico é uma troca contínua de água que contém os oceanos, continentes e atmosfera, que é alimentado pela força gravitacional e pela evaporação das águas através da energia solar.

Na figura abaixo, é possível obter um melhor entendimento de como funciona todo o processo do ciclo hidrológico de acordo com a Agência Nacional de Águas.

Figura 1 - Ciclo da água.



Fonte: ANA, 2019.

O ciclo hídrico acontece quando a água passa da terra para a atmosfera no estado de vapor e volta em estado líquido ou sólido. A transferência de água da superfície terrestre para a atmosfera pode ser por evaporação direta; quando a água da terra vai para a atmosfera em forma de vapor por transpiração das plantas e dos animais e por sublimação; passagem direta da fase sólida para vapor.

### 2.1.2 Recursos Hídricos disponíveis no Brasil

Segundo a literatura, o Brasil possui uma disponibilidade hídrica de 35.732 m<sup>3</sup>/hab/ano, sendo considerado um país com abundância em água. Em relação ao potencial hídrico mundial, estima-se que o Brasil conta com 12% da quantidade total de água potável no mundo (TOMAZ, 2001).

Tabela 1 - Produção hídrica de superfície da América do Sul.

| AMÉRICA DO SUL | VAZÃO MÉDIA (m <sup>3</sup> /s) | PORCENTAGEM |
|----------------|---------------------------------|-------------|
| Brasil         | 177.900                         | 53          |
| Outros países  | 156.100                         | 47          |
| Total          | 334.000                         | 100%        |

Fonte: Tomaz, 2010, adaptação da autora, 2019.

Tabela 2 - Disponibilidade hídrica e populacional no Brasil por regiões.

| REGIÕES DO BRASIL | VAZÃO (km <sup>3</sup> /ano) | POPULAÇÃO (%) |
|-------------------|------------------------------|---------------|
| Norte             | 3.845,5                      | 6,8           |
| Nordeste          | 186,2                        | 28,9          |
| Sudeste           | 334,2                        | 42,7          |
| Sul               | 365,4                        | 15,1          |
| Centro-Oeste      | 878,7                        | 6,5           |
| <b>TOTAL</b>      | <b>5.610,0</b>               | <b>100 %</b>  |

Fonte: Tomaz, 2010, adaptação da autora, 2019.

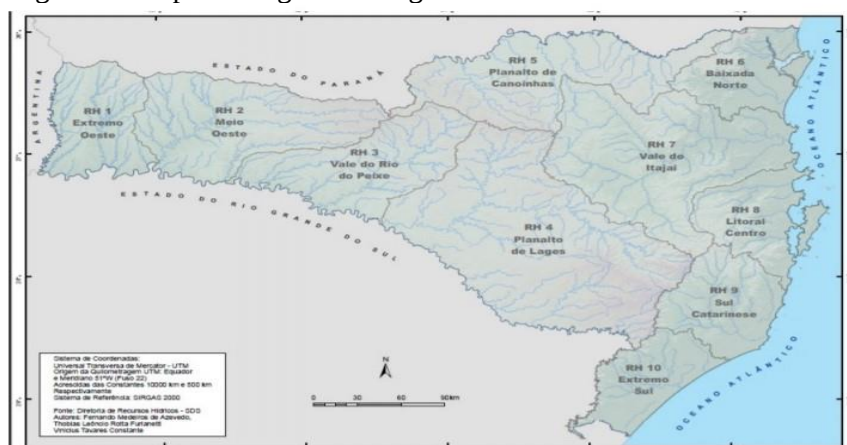
Como é possível observar nas Tabelas 1 e 2, o Brasil possui 53% da disponibilidade hídrica da América do sul, porém as regiões brasileiras sofrem de uma má distribuição hídrica e populacional, o que acarreta a contribuição para a escassez de água.

Apesar de o Brasil possuir uma das maiores bacias hídricas do mundo, há um desequilíbrio entre a distribuição demográfica, industrial e agrícola e a concentração de água, provocando assim uma grande escassez hídrica no país.

### 2.1.3 Recursos Hídricos disponíveis em Santa Catarina

Segundo o mapa das regiões hidrográficas de Santa Catarina apresentado no site SIRHESC, nosso estado é dividido em dez regiões: Extremo Oeste, Meio Oeste, Vale do Rio do Peixe, Planalto de Lages, Planalto de Canoinhas, Vale do Itajaí, Baixada Norte, Litoral Centro, Sul Catarinense e Extremo Sul. O foco de estudo deste trabalho é o recurso hídrico do Sul Catarinense.

Figura 2 - Mapa das regiões hidrográficas de Santa Catarina.



Fonte: SIRHESC, 2012.

### **RH 1 – Extremo Oeste**

O recurso hídrico do Extremo Oeste tem uma área total de 5.835 km<sup>2</sup>, abastecendo 63 mil habitantes; A área é composta pelas bacias dos afluentes da margem esquerda do rio Peperi-Guaçu (rio de domínio da União) e pela bacia do rio das Antas. Compõe também esta região hidrográfica outros contribuintes diretos do rio Uruguai contíguos à bacia do rio das Antas. (SIRHESC, 2012);

### **RH 2 – Meio Oeste**

O recurso hídrico do Meio Oeste possui uma área total de 11.289 km<sup>2</sup> e as duas principais bacias hidrográficas que o compõe são o rio Chapecó, onde vivem cerca de 138.000 habitantes e o rio Irani que reúne cerca de 109.000 habitantes. (*id ibid.*);

### **RH 3 – Vale do Rio do Peixe**

O recurso hídrico do Vale do Rio do Peixe ocupa uma área total de 7.897 km<sup>2</sup>, e suas principais bacias hidrográficas são as do rio do Peixe, com 270.000 habitantes, que drena 24 municípios, que concentram cerca de 220.000 habitantes e a do rio Jacutinga, com 40.000 habitantes, onde estão situadas as sedes de 8 municípios num total de 24.000 pessoas. (*id ibid.*);

### **RH 4 – Planalto de Lages**

O recurso hídrico do Planalto de Lages é a maior Região Hidrográfica em extensão de Santa Catarina, com 22.766 km<sup>2</sup> de extensão e 410 mil habitantes, integrando duas bacias hoje consideradas de domínio da União: do rio Canoas, que corresponde a área de 14.908 km<sup>2</sup> e do rio Pelotas com área de 7.277 km<sup>2</sup> em território catarinense. (*id ibid.*);

### **RH 5 – Planalto de Canoinhas**

O recurso hídrico do Planalto de Canoinhas possui uma área total 10.904 km<sup>2</sup> comporta três bacias hidrográficas principais: Canoinhas com 1.443 km<sup>2</sup>, Timbó com área de 2.724 km<sup>2</sup> e pelos demais afluentes da margem esquerda do rio Negro (rio de domínio da

União), compreendendo uma área de 4.273 km<sup>2</sup> e abastece aproximadamente 70 mil habitantes. (*id ibid.*);

#### **RH 6 – Baixada Norte**

O recurso hídrico da Baixada Norte é a menor região hidrográfica em extensão do Estado, possuindo uma área total de 4.936 km<sup>2</sup>, integrando duas bacias principais: a do rio Cubatão e a do rio Itapocu. Abastece aproximadamente 800 mil habitantes. (*id ibid.*);

#### **RH 7 – Vale do Itajaí**

O recurso hídrico do Vale do Itajaí tem como sua principal bacia hidrográfica o rio Itajaí-Açu, que possui 26 km de extensão e abastece aproximadamente 1 milhão e 250 mil habitantes. (*id ibid.*);

#### **RH 8 – Litoral Centro**

O recurso hídrico do Litoral Centro possui uma área total de 5.269 km<sup>2</sup> e compreende quatro bacias hidrográficas independentes que fluem em direção ao oceano: Tijucas, Cubatão do Sul, Biguaçu e da Madre sendo que as duas últimas são as menores bacias hidrográficas consideradas principais no Estado de Santa Catarina. (*id ibid.*);

#### **RH 9 – Sul Catarinense**

O recurso hídrico do Sul Catarinense possui uma área total de 5.725 km<sup>2</sup> e é composto pelo Complexo Lagunar das lagoas do Imaruí e Mirim. As duas principais bacias hidrográficas que compõe este sistema são as dos rios Tubarão e d'una e abastece aproximadamente 465 mil habitantes. (*id ibid.*);

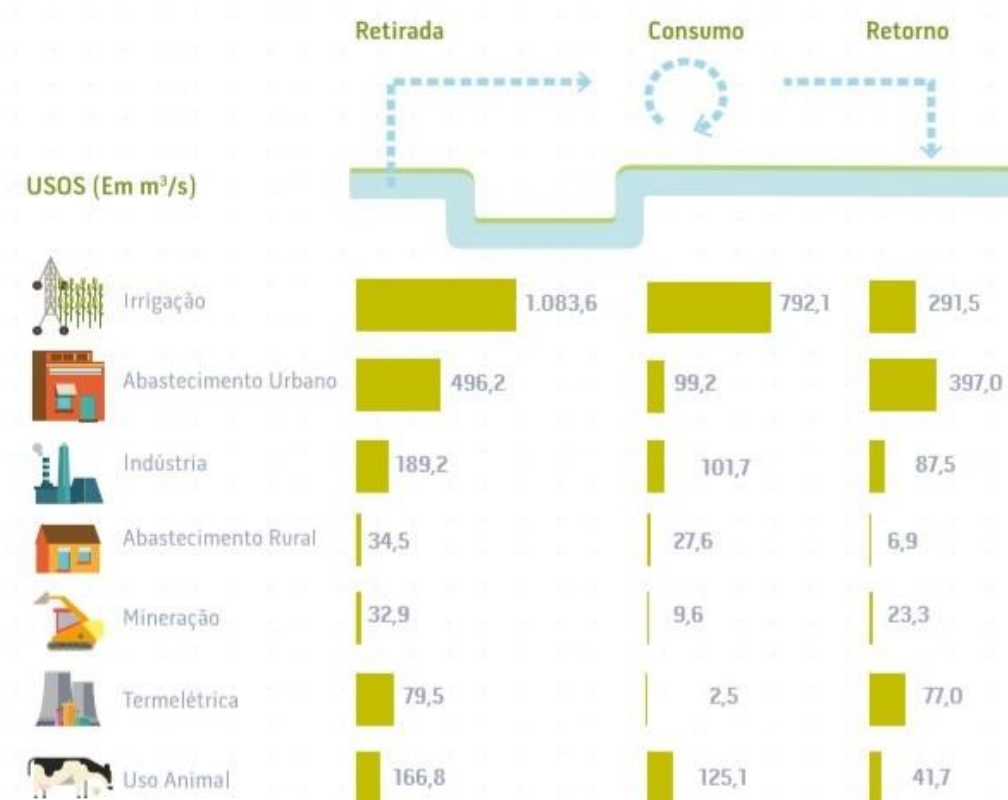
#### **RH 10 – Extremo Sul Catarinense**

O recurso hídrico do Extremo Sul Catarinense possui uma área total em território catarinense de 4.908 km<sup>2</sup>. É formado pelas bacias dos rios Urussanga, Araranguá e afluentes da margem esquerda do rio Mampituba. Abastece aproximadamente 470 mil habitantes. (*id ibid.*);

## 2.2 CONSUMO DE ÁGUA NO BRASIL

Segunda a Agência Nacional de Águas do Brasil, a retirada total de água estimada em 2017 foi de 2.083 m<sup>3</sup>/s. O principal uso dela, em termos de quantidade utilizada, foi 52% em irrigação, 23,8% em abastecimento humano e 9,1% na indústria. Juntos, representaram cerca de 85% da retirada total. Outras utilizações consideradas foram o 8,0% em atendimento aos animais, 3,8% para as termelétricas, 1,7% para o suprimento rural e 1,6% para a mineração (figura 3). O histórico da evolução dos usos da água está diretamente relacionado ao desenvolvimento econômico e ao processo de urbanização do País.

Figura 3 - Demandas por finalidade (2007).



Fonte: ANA, 2019.

Não há necessidade de a água utilizada em descargas sanitárias, lavagem de fachadas e ruas, irrigação de jardins e processos industriais serem de melhor qualidade. Para satisfazer a demanda de água a ausência de um tratamento químico não interfere em nada no processo, diferente do uso para fins de abastecimento humano.

## 2.3 DEMANDA INDUSTRIAL

A indústria possui uma demanda altíssima de água, utilizando cerca de 20% de toda água doce consumida no planeta, representando uma média de quase 130 m<sup>3</sup>/pessoa anualmente, porém mais da metade é empregada em usina hidrelétrica, de onde a maior parte volta inalterada para a sua fonte. As indústrias químicas e petrolíferas, de metal, madeira, papel e celulose, processamento de alimentos e as máquinas também são outros grandes consumidores industriais de água.

A água pode ser utilizada para diversas finalidades, como na irrigação, utilização doméstica, mineração (lavagem e purificação e minérios), produção de hidroeletricidade, abastecimento público, turismo e recreação, etc.

Há uma ampla gama de usos não restritivos, em maior ou menor grau, com viabilidade de serem supridos por esgoto tratado. Destacam-se:

- Torres de resfriamento
- Caldeiras;
- Construção civil;
- Lavagem de minérios;
- Lavagem de peças e pisos;
- Frota de carros e caminhões;
- Irrigação de jardins;
- Descarga sanitária;
- Torneiras de banheiro e refeitórios;
- Processos industriais;
- Matéria-prima;

## 2.4 SUSTENTABILIDADE COMO META CONTEMPORÂNEA

A conscientização da população diante da escassez de água vem sendo um desafio cada vez maior enfrentado no mundo todo. O desperdício e o crescimento da demanda são fatores que contribuem para intensificar a escassez de água potável no planeta. Dar a devida importância para a economia de água é um dos primeiros passos para atenuar o problema e,

juntamente com o incentivo do governo, levar as mudanças de hábitos da população para o uso racional da água.

O grande desafio do século XXI será evitar a crise da água, insaturada pela má gestão do seu uso, e criar mecanismos eficientes que combatam todos os problemas advindos dessa crise, como escassez, má qualidade, distribuição ineficiente, desperdício, conflitos de fronteiras, entre outros. (*op cit.*, p. 98).

Uma opção interessante para evitar o desperdício de água é a captação de água pluvial. Segundo o coordenador do GPAC Amazônia, Ronaldo Mendes, esta prática não é algo recente pois já é realizada desde a antiguidade pelas civilizações Maias, Incas e Astecas, que possuíam métodos de captação. Além de proporcionar economia de água potável, o aproveitamento de água de chuva para consumo não potável contribui para prevenção de enchentes em grandes cidades.

A captação pode ser feita pelos telhados da residência ou indústria, os quais já estão prontos. Às vezes serão necessárias a colocação de calhas, condutores verticais e coletores horizontais, a construção do reservatório de autolimpeza e do reservatório de acumulação da água de chuva, que poderá ser apoiado sobre o solo ou enterrado.

### 3 METODOLOGIA

Para a execução desse relatório técnico/científico, diversas pesquisas secundárias foram realizadas através de livros, artigos científicos e informações adquiridas com o supervisor de estágio e químico responsável da empresa onde o estágio foi realizado.

Sobre a pesquisa científica, Demo (2012, p. 35) nos diz que a “pesquisa se apresenta como instrumentação teórico-metodológica para construir conhecimento. Como princípio educativo, pesquisa perfaz um dos esteios essenciais de educação emancipatória, que é o questionamento sistemático, crítico e criativo.”

A pesquisa realizada nesse trabalho foi de abordagem qualitativa, pois os resultados obtidos serão tratados em forma de conceito e ideias, tratando assim uma melhor definição para os dados analisados. (ALVAREGA, 1998.)

O Método do Estudo de Caso enquadra-se como uma abordagem qualitativa e é frequentemente utilizado para coleta de dados na área de estudos organizacionais, apesar das críticas que ao mesmo se faz, considerando-se que não tenha objetividade e rigor suficientes para se configurar enquanto um método de investigação científica. (CESAR, 2005. p.3).

Pode-se inferir que o estudo de caso, como estratégia de pesquisa, é um método que reflete todo o tratamento da lógica do planejamento, das técnicas de coleta de dados e das abordagens específicas à análise dos mesmos. (YIN, 2005).

Pode-se concluir que esse é por sua vez um projeto de melhoria para a empresa concedente do estágio obrigatório, pois se trata de um problema que merece um pouco mais de atenção, que é o consumo e conservação de água no meio ambiente. Esse trabalho tem por sua vez, mostrar uma possível solução para esse problema de maneira que não afete o meio ambiente.

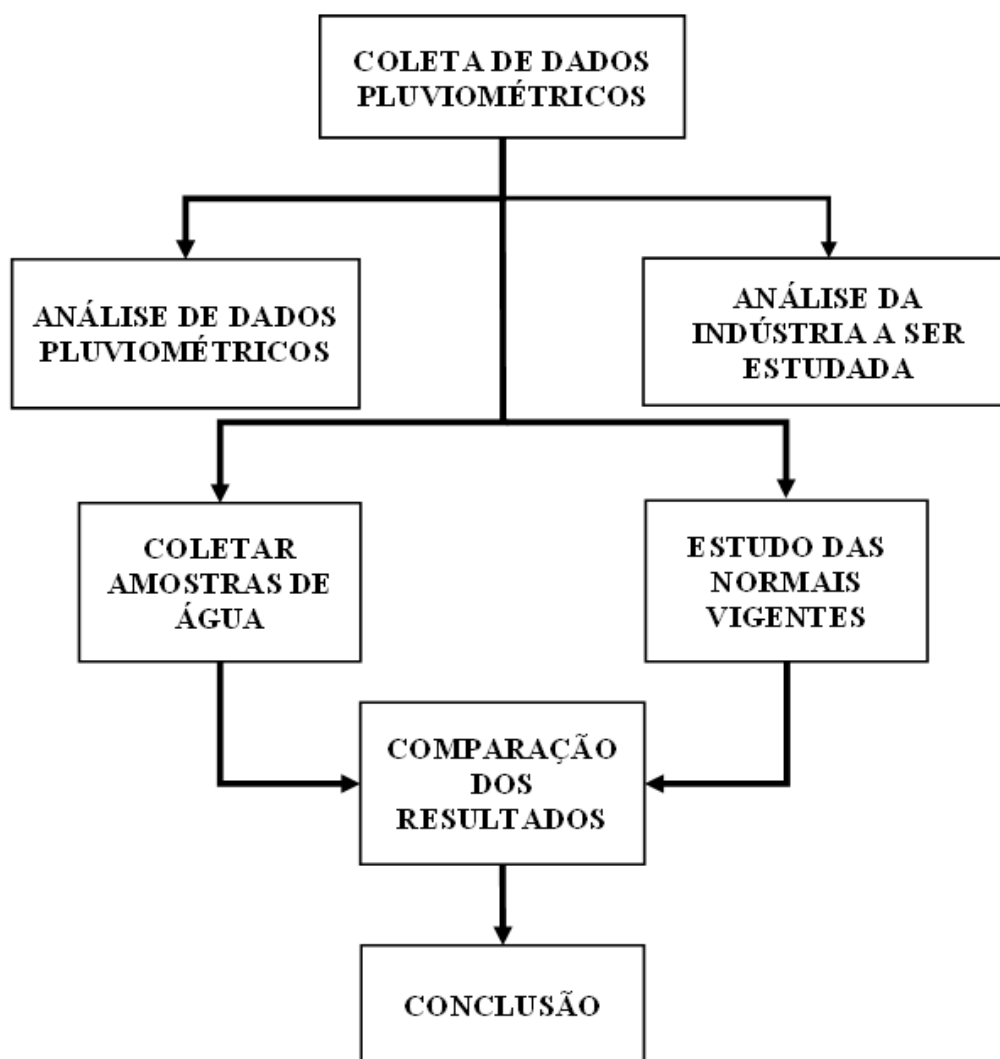
#### 3.1 A EMPRESA

O estágio supervisionado foi realizado em uma indústria de revestimentos cerâmicos localizada no Sul de Santa Catarina. Suas atividades são realizadas em período integral, divididos em três turnos, trabalhando com a produção revestimentos cerâmicos.

### 3.2 MECANISMOS DE DADOS E ANÁLISES DOS RESULTADOS

O fluxograma abaixo representa a metodologia utilizada para a elaboração dos dados e resultados da pesquisa realizada.

Figura 4 - Fluxograma da metodologia.



Fonte: da autora, 2019.

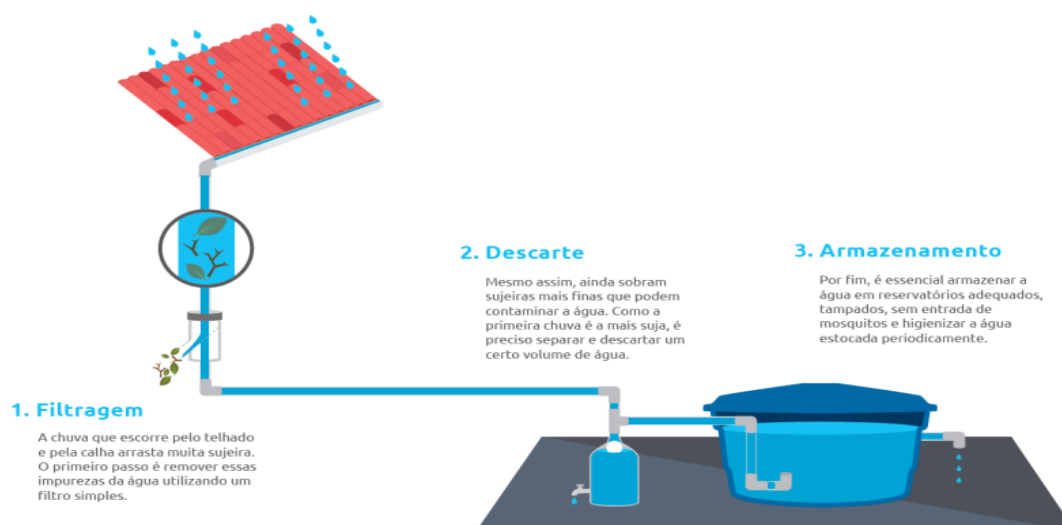
### 3.3 CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL

Existem vários elementos positivos para captação da água da chuva, por possibilitar a redução do consumo de água potável e fazer também uma economia financeira para quem está utilizando essa água pluvial, além de diminuir os riscos de inundações e preservação do meio ambiente fazendo uma redução do uso de recursos hídricos (MAY, 2004.).

A captação da água pluvial passa por cinco processos básicos (figura 5), que são:

- 1) Captação
- 2) Filtragem
- 3) Descarte da primeira água
- 4) Armazenamento
- 5) Distribuição

Figura 5 - Funcionamento da captação de água pluvial.



Fonte: Engenharia Livre, 2016.

## 1. Área de captação

Geralmente são os telhados das casas ou indústrias que servem como área de captação da água da chuva. Podem ser utilizadas diversos tipos de telhas, como por exemplo: telhas de cerâmicas, de fibrocimento, concreto armado e telhas metálicas no geral.

Para os telhados, alguns materiais são mais ou menos recomendados, pois os mesmos devem ser construídos de maneira que não liberem toxinas para a água pluvial. Também devem ser lisos, limpos e impermeáveis, para assim contribuírem para a quantidade e qualidade da água a ser coletada.

## 2. Calha e condutores

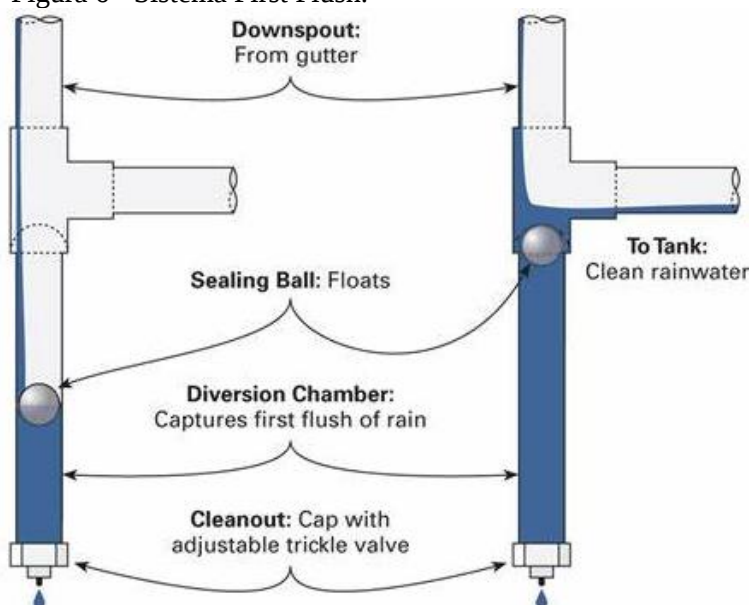
Para a captação da água pluvial são necessárias calhas e coletores de água que podem ser de materiais metálicos ou PVC. Estes coletores serão o complemento das calhas de

ação já dispostas no local, que serão responsáveis pelo direcionamento do fluxo da água da chuva até o reservatório e assim sendo armazenada e reaproveitada.

### 3. First-Flush

A primeira água da chuva é acompanhada de muita sujeira que contém no telhado, porém é possível removê-la manualmente com o uso de tubulações, as quais podem ser desviadas do reservatório, ou também podem ser utilizados dispositivos de autolimpeza (figura 6) em que o processo é feito automaticamente sem a necessidade de nenhuma operação manual.

Figura 6 - Sistema First Flush.



Fonte: Home Power Magazine, 2017.

Por se tratar de uma etapa fundamental em um sistema de captação de água pluvial, o descarte das primeiras águas segue a NBR15.527:2007, que informa que a opção de instalação de um dispositivo para o descarte das primeiras águas pluviais deve ser feita de forma automática.

O sistema *First Flush* é muito aceito em todos os países que já aderiram à captação de água pluvial. É um sistema que serve para descartar as primeiras águas pluviais que caem sobre o telhado e que levam principalmente as menores impurezas para fora do sistema de armazenamento, ou seja, a sujeira acumulada em um período seco de até três dias, geralmente é descartada nos primeiros 30 minutos de chuva. (TOMAZ, 2010)

Não havendo cobertura total da demanda necessária pelas chuvas regionais, o sistema pode ser substituído por um decantador, pois não desperdiçará água.

#### 4. Peneiras e filtros

A filtragem da água captada é fundamental para o sistema de coleta, portanto é indispensável o uso de peneiras nas calhas. Segundo a American Rainwater Association (2009), é necessário utilizar-se peneiras de 6mm a 13mm para remover materiais indesejados presentes na água pluvial.

Após a água da chuva ser captada através dos telhados e canalizada para as calhas, ela passa para os tubos de queda e depois pelos primeiros filtros. Esses filtros são como peneiras (figura 7) que tendem a separar os materiais em suspensão, como folhas, galhos e etc. Por possuir muitas impurezas, o primeiro volume de água pluvial é descartado após passar pelo filtro grosso. O próximo volume passará por um filtro mais fino, que a seguir passará por uma desinfecção através de cloro, ozônio ou ultravioleta. Após esses processos a água estará apta para ser usada para fins não potáveis.

Figura 7 - Filtro para materiais suspensos.



Fonte: Alquienvas.com 2016.

Existem diversos modelos de filtros no mercado, mas basicamente a tendência é utilizar o mesmo sistema de separação. O modelo de filtro da figura 7 é um dos mais utilizados internacionalmente, porém ainda é um modelo escasso no Brasil.

Porém, existem modelos de filtros muito utilizados que são mais simples e com as mesmas funcionalidades. Com dois tubos acoplados um ao outro com uma tela entre eles, inclinada em aproximadamente 45 graus e uma abertura lateral para o descarte do que foi retido, o modelo da figura 8 é comercializados em três tamanhos: 50 mm para telhados com área até 15m<sup>2</sup>, 75mm para telhados com área de 15m<sup>2</sup> a 50m<sup>2</sup> e 100mm para acima de 50m.

Esse modelo de filtro retém sujeiras maiores, tais como pequenos insetos, folhas secas, penas de pássaros e outros.

## 5. Reservatório

Os reservatórios para a água pluvial podem ser feitos de diversos tipos de materiais, como: escavados, concreto armado, alvenaria de tijolos comuns, alvenaria de bloco armado, plásticos, poliéster, etc.

Para armazenar a água pluvial que será captada do telhado da fábrica analisada, considerando a quantidade média de 100m<sup>3</sup>/dia de água que é utilizada no processo industrial, a disponibilidade de espaço e o custo-benefício, optou-se pela implantação de um reservatório escavado e revestido com geomembrana (material específico para água).

Na figura 8 é possível observar um modelo de reservatório revestido com geomembrana.

Figura 8 - Reservatório escavado e revestido com geomembrana.



Fonte: Geomembrana geossintéticos, 2019.

Além de apresentar uma excelente durabilidade, a geomembrana possui resistência aos raios UV devido ao negro de fumo presente na composição do produto.

Segundo Tomaz (2003), o reservatório deverá ser construindo em uma camada de no mínimo 100mm de areia e deve estar distante de 10m a 15m de qualquer fonte de contaminação como, por exemplo, uma fossa asséptica.

A água será coletada através dos telhados dos galpões da fábrica, canalizada via galerias até um filtro que retém matérias suspensos, como areia, folhas e galhos, além de decantar a água antes de chegar ao reservatório. Após isso, por meio de bombeamento, a água será levada para um reservatório mais elevado que pode ser considerado como uma caixa d'água.

O lago será coberto por uma manta de polipropileno para evitar a perda de água por evaporação devido a exposição solar. Sua utilização será importante também para impedir o acúmulo de materiais suspensos como folhas de árvore, areia e até mesmo a entrada de pequenos animais.

## **6. Extravasor (ladrão)**

O extravasor é uma tubulação utilizada para escoar água em excesso e deverá possuir dispositivo para impedir a entrada de pequenos animais no reservatório.

### **3.4 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO**

O reservatório para a captação de água pluvial pode ser dimensionado através de diversos procedimentos. Os métodos optados para o estudo desse relatório foram: Diagrama de Rippl, análise de simulação, confiança (*reliability*) e confiabilidade volumétrica.

#### **3.4.1 Método de Rippl**

Devido a sua fácil aplicação, o método de Rippl é um dos métodos mais utilizado para cálculo de reservatório de água pluvial.

O método mais comumente usado em aproveitamento de água de chuva é o de Rippl devido a sua simplicidade e facilidade de aplicação. Geralmente apresenta o valor extremo do volume do reservatório em lugares onde há grande variação nas precipitações médias mensais e é importante obtê-lo sempre para termos uma referência máxima. (TOMAZ, 2010, p. 162).

O método de Rippl pode ser usado de duas maneiras para demanda constante. Uma é o método analítico e a outra é o método gráfico.

Tabela 3 - Método de Rippl.

| 1     | 2                                | 3                                   | 4                              | 5                               | 6                                                      | 7                                                                         | 8                   |
|-------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| MESES | CHUVA<br>MÉDIA<br>MENSAL<br>(mm) | DEMANDA<br>CONST.<br>MENSAL<br>(m³) | ÁREA<br>DA<br>CAPTAÇÃO<br>(m²) | VOL.<br>CHUVA<br>MENSAL<br>(m³) | DIFERENÇA<br>ENTRE<br>OS VOLUMES<br>DA DEMANDA<br>(m³) | DIFERENÇA<br>ACUMULADA<br>DA COLUNA 6<br>DOS VALORES<br>POSITIVOS<br>(m³) | OBS.<br>E<br>D<br>S |

Fonte: da autora, adaptado de Tomaz, 2011.

A tabela é preenchida assim:

**Coluna 1:** Período que vai de janeiro a dezembro;

**Coluna 2:** Chuvas médias mensais em milímetro;

**Coluna 3:** Demanda mensal que foi imposta de acordo com as necessidades. Deve ser menor ou igual a coluna 5 e fornecida em metros cúbico;

**Coluna 4:** Área de captação da água pluvial em metros quadrado;

**Coluna 5:** Volumes mensais disponíveis da água de chuva em metros cúbicos. Obtém-se multiplicando-se a coluna 2 pela coluna 4 e pelo coeficiente de Runoff de 0,80 e dividindo-se por 1000, para que o resultado do volume seja em metros cúbicos;

**Coluna 6:** Diferenças entre os volumes da demanda e os volumes de chuva mensais. Obtém-se subtraindo a coluna 3 pela coluna 5. O sinal negativo indica o excesso de água e o positivo indica que o volume de demanda, nos meses correspondentes, supera o volume de água disponível;

**Coluna 7:** Diferenças acumuladas da coluna 6, considerando somente os valores positivos. Considerando-se a hipótese inicial de o reservatório estar cheio;

**Coluna 8:** O preenchimento da coluna é feito usando as letras E, D e S, sendo que:

**E** = Água escoando pelo extravasor;

**D** = Nível de água baixando;

**S** = Nível de água subindo.

### 3.4.2 Método de Simulação

Outra maneira de se calcular o volume de um reservatório é utilizando o método de simulação, onde se observa o comportamento da água que irá exceder (*overflow*) e a água que irá faltar no reservatório.

Tabela 4 - Método de Simulação.

| 1     | 2                      | 3                                                | 4                                        | 5                                                   | 6                                              | 7                                                 | 8                                               | 9                             | 10                                                    |
|-------|------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------|
| MESES | CHUVA<br>MÉDIA<br>(mm) | DEMANDA<br>MENSAL<br>CONST.<br>(m <sup>3</sup> ) | ÁREA DE<br>CAPTAÇÃO<br>(m <sup>2</sup> ) | VOL.<br>DE<br>CHUVA<br>C = 0,8<br>(m <sup>3</sup> ) | VOL.<br>RESERV.<br>FIXADO<br>(m <sup>3</sup> ) | VOL.<br>RESERV.<br>TEMPO t-1<br>(m <sup>3</sup> ) | VOL.<br>RESERV.<br>TEMPO t<br>(m <sup>3</sup> ) | OVERFLOW<br>(m <sup>3</sup> ) | SUPRIMENTO<br>DE ÁGUA<br>EXTERNO<br>(m <sup>3</sup> ) |
|       | P                      | Dt                                               | A                                        | Qt                                                  | V                                              | St-1                                              | St                                              | Ov                            | S                                                     |

Fonte: da autora, adaptado de Tomaz, 2011.

Onde:

**Coluna 1:** Período que vai de janeiro a dezembro;

**Coluna 2:** Chuvas médias mensais em milímetro;

**Coluna 3:** Demanda mensal constate em metros cúbicos da fábrica;

**Coluna 4:** Área de captação da água pluvial em metros quadrado;

**Coluna 5:** Volumes mensais disponíveis da água de chuva em metros cúbicos. Obtém-se multiplicando-se a coluna 2 pela coluna 4 e pelo coeficiente de Runoff de 0,80 e dividindo-se por 1000, para que o resultado do volume seja em metros cúbicos;

**Coluna 6:** Volume do reservatório que é fixado, O volume para este tipo de problema deve ser arbitrado e depois verificado o *overflow* e a reposição de água, até escolher o volume mais adequado;

**Coluna 7:** Volume do reservatório no início da contagem do tempo; na primeira linha da coluna 7 o reservatório estará vazio, portanto será igual a 0. Os demais valores são obtidos através da função SE do MS Excel:

SE (coluna 8 < 0; 0 coluna 8)

**Coluna 8:** Volume do reservatório no final do mês;

*Coluna 8 = SE (coluna5 + coluna7 – coluna3 > coluna6; coluna7; coluna 5 + coluna7 – coluna3)*

**Coluna 9:** É relativa ao *overflow*, ou seja, quando a água fica sobrando e é jogada fora.

*Coluna 9 = SE (coluna5 + coluna7 – coluna3) > coluna6; coluna7; coluna 5 + coluna7 – coluna3 – coluna6; 0)*

**Coluna 10:** Referente a reposição da água;

*Coluna 10 = SE (coluna7 +coluna5 – coluna3 < 0; - (ccoluna7 + coluna 5 – coluna3); 0)*

Observação: Para a coluna 8, o reservatório está cheio em janeiro.

### 3.4.3 Confiança (*reliability*)

Confiança (*reliability*) e eficiência do sistema são duas variáveis muito usadas para calcular o aproveitamento de água de chuva

Segundo Tomaz (2002), a melhor definição de falha (Pr) é a associação entre o número de meses que o reservatório não atendeu a demanda (nr) e o número total de meses (n) que no caso n=12 meses.

$$Pr = nr/n$$

A confiança (Rr) representa a proporção do tempo em que o reservatório atende à demanda.

É o complemento da falha (Pr).

$$Confiança = Rr = (1 - Pr)$$

### 3.4.4 Confiabilidade Volumétrica

Para calcular a confiabilidade volumétrica é utilizada a seguinte fórmula:

$$Rv = 100 \times Vs / Vd$$

Onde, Vs é o volume de água pluvial e Vd é o volume da demanda.

### 3.5 PRECIPITAÇÃO EM SANTA CATARINA

O aproveitamento da água da chuva já é uma prática bem comum em diversos países e possui diversos benefícios. Diante disso, a comunidade científica vem buscando cada vez mais se esforçar para desenvolver projetos sobre esse tema e vem medindo essas quantidades de chuva, sejam elas volumétricas ou suas ocorrências em todos os locais do planeta.

Segundo Dourado Neto *et al.* (2005), o estudo temporal das distribuições de variáveis climáticas é de suma importância para compreender os fenômenos meteorológicos, e através das análises de seus padrões de ocorrência determinar com alguma precisão o comportamento climático de uma região específica, tornando-se extremamente útil para o planejamento de inúmeras atividades, desde agropecuárias, humanas e planejamentos urbanos.

Souza *et al.* (2006) e Martin *et al.* (2008) lembram da importância de se estudar essa variável meteorológica com o objetivo de prever possíveis transtornos causados pela chuva e para servir como uma base para atividades que podem ser fortemente influenciadas pela precipitação pluvial.

Para que não ocorra nenhum equívoco nos cálculos de previsão de precipitação, diversos métodos estão disponíveis para serem utilizados para modelar a precipitação correta em períodos chuvosos. Um método muito utilizado é o de distribuição gama (THOM, 1958), que felizmente mostra-se muito eficaz para o cálculo de estimativas em curtos períodos de precipitação.

O objetivo dessa etapa é determinar as épocas de determinados eventos pluviométricos na região sul de Santa Catarina.

#### 3.5.1 Dados

Os principais determinantes no clima da região sul do Brasil são: a geografia e os fenômenos atmosféricos como continentalidade e a maritimidade.

Segundo Köppen (HERRMANN, 1997), Santa Catarina é classificada como um estado de clima mesotérmico úmido, que não possui secas - CF, incluindo nele ainda 2 subtipos climáticos, o CFa e CFb. A precipitação é bem distribuída durante todo o ano no estado devido as massas de ar Polar Atlântica e Tropical Atlântica, somadas da geografia do estado catarinense. (ÁGUAS SC, 2016).

Tabela 5 - Dados pluviométricos estação Jaguaruna.

| Região Climática        | Litoral Sul                                | Litoral Sul                                |
|-------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Estação                 | 1061-Jaguaruna - Campo Experimental/EPAGRI | 1061-Jaguaruna - Campo Experimental/EPAGRI |
| Latitude (Graus, Dec.)  | -28,66                                     | -28,66                                     |
| Longitude (Graus, Dec.) | -49,02                                     | -49,02                                     |
| Variável                | Precipitação 1 hora (mm)                   | Precipitação 1 hora (mm)                   |
| Mês Ano                 | Soma Mensal                                | Dias Com Chuva ( $\geq 0.2$ mm)            |
| NOV 2014                | 57,40                                      | 1                                          |
| DEZ 2014                | 91,60                                      | 10                                         |
| JAN 2015                | 219,00                                     | 15                                         |
| FEV 2015                | 138,40                                     | 15                                         |
| MAR 2015                | 173,20                                     | 20                                         |
| ABR 2015                | 92,80                                      | 14                                         |
| MAI 2015                | 127,40                                     | 13                                         |
| JUN 2015                | 99,00                                      | 13                                         |
| JUL 2015                | 194,60                                     | 8                                          |
| AGO 2015                | 45,20                                      | 15                                         |
| SET 2015                | 209,80                                     | 9                                          |
| OUT 2015                | 185,20                                     | 18                                         |
| NOV 2015                | 123,80                                     | 20                                         |
| DEZ 2015                | 89,20                                      | 17                                         |
| JAN 2016                | 109,60                                     | 20                                         |
| FEV 2016                | 133,60                                     | 13                                         |
| MAR 2016                | 168,20                                     | 16                                         |
| ABR 2016                | 154,80                                     | 13                                         |
| MAI 2016                | 29,80                                      | 12                                         |
| JUN 2016                | 18,20                                      | 14                                         |
| JUL 2016                | 127,20                                     | 9                                          |
| AGO 2016                | 92,80                                      | 9                                          |
| SET 2016                | 102,20                                     | 7                                          |
| OUT 2016                | 119,00                                     | 7                                          |
| NOV 2016                | 60,20                                      | 13                                         |
| DEZ 2016                | 157,20                                     | 6                                          |
| JAN 2017                | 141,60                                     | 11                                         |
| FEV 2017                | 25,60                                      | 14                                         |
| MAR 2017                | 143,00                                     | 9                                          |
| ABR 2017                | 84,00                                      | 18                                         |
| MAI 2017                | 209,00                                     | 13                                         |
| JUN 2017                | 106,00                                     | 20                                         |
| JUL 2017                | 7,80                                       | 8                                          |
| AGO 2017                | 68,00                                      | 1                                          |
| SET 2017                | 46,40                                      | 9                                          |
| OUT 2017                | 79,20                                      | 9                                          |
| NOV 2017                | 106,20                                     | 10                                         |
| DEZ 2017                | 136,20                                     | 10                                         |
| JAN 2018                | 170,60                                     | 17                                         |
| FEV 2018                | 42,40                                      | 21                                         |
| MAR 2018                | 93,60                                      | 11                                         |
| ABR 2018                | 64,60                                      | 14                                         |
| MAI 2018                | 42,20                                      | 10                                         |

|          |        |    |
|----------|--------|----|
| JUN 2018 | 108,60 | 6  |
| JUL 2018 | 148,40 | 12 |
| AGO 2018 | 60,00  | 16 |
| SET 2018 | 106,80 | 10 |
| OUT 2018 | 140,40 | 14 |
| NOV 2018 | 58,00  | 12 |
| DEZ 2018 | 137,20 | 12 |
| JAN 2019 | 118,40 | 11 |
| FEV 2019 | 132,20 | 19 |
| MAR 2019 | 108,80 | 17 |
| ABR 2019 | 102,80 | 14 |
| MAI 2019 | 287,80 | 16 |

Fonte: EPAGRI, 2019.

Segundo os dados da EPAGRI (tabela 5), a estação de Jaguaruna monitorou uma precipitação média de 100 a 120mm por mês. É possível observar que em 2017 julho foi o mês mais seco com 7,8mm de chuva e maio de 2019 foi o mês com maior precipitação, apresentando uma média de 287,80mm.

Tabela 6 - Dados pluviométricos estação Urussanga dos últimos dez anos.

| Região Climática        | Litoral Sul              | Litoral Sul              |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Estação                 | 1513-Urussanga - INMET   | 1513-Urussanga - INMET   |
| Latitude (Graus, Dec.)  | -28,54                   | -28,54                   |
| Longitude (Graus, Dec.) | -49,32                   | -49,32                   |
| Variável                | Precipitação 1 hora (mm) | Precipitação 1 hora (mm) |
| Mês Ano                 | Soma Mensal              | Dias Com Chuva (>=0.2mm) |
| JUN 2008                | 79,60                    | 18                       |
| JUL 2008                | 14,40                    | 15                       |
| SET 2008                | 159,20                   | 19                       |
| OUT 2008                | 252,40                   | 21                       |
| NOV 2008                | 232,40                   | 18                       |
| DEZ 2008                | 107,00                   | 18                       |
| JAN 2009                | 378,20                   | 24                       |
| FEV 2009                | 238,00                   | 17                       |
| MAR 2009                | 271,00                   | 19                       |
| ABR 2009                | 62,00                    | 16                       |
| MAI 2009                | 54,60                    | 23                       |
| JUN 2009                | 39,40                    | 20                       |
| JUL 2009                | 87,20                    | 23                       |
| AGO 2009                | 177,00                   | 23                       |
| SET 2009                | 359,60                   | 22                       |
| OUT 2009                | 87,00                    | 17                       |
| NOV 2009                | 167,60                   | 18                       |
| DEZ 2009                | 148,60                   | 17                       |
| JAN 2010                | 299,80                   | 24                       |
| FEV 2010                | 133,20                   | 19                       |
| MAR 2010                | 196,60                   | 23                       |
| ABR 2010                | 158,60                   | 17                       |
| MAI 2010                | 359,00                   | 22                       |

|          |        |    |
|----------|--------|----|
| JUN 2010 | 71,60  | 19 |
| JUL 2010 | 133,20 | 25 |
| AGO 2010 | 47,60  | 13 |
| SET 2010 | 95,20  | 17 |
| OUT 2010 | 86,20  | 20 |
| NOV 2010 | 208,80 | 18 |
| DEZ 2010 | 82,00  | 19 |
| JAN 2011 | 422,20 | 22 |
| FEV 2011 | 89,00  | 8  |
| MAR 2011 | 152,00 | 20 |
| ABR 2011 | 50,00  | 15 |
| MAI 2011 | 100,20 | 20 |
| JUN 2011 | 103,40 | 19 |
| JUL 2011 | 73,80  | 5  |
| AGO 2011 | 254,00 | 18 |
| SET 2011 | 127,80 | 18 |
| OUT 2011 | 75,20  | 15 |
| NOV 2011 | 35,60  | 13 |
| DEZ 2011 | 209,60 | 21 |
| JAN 2012 | 228,60 | 19 |
| FEV 2012 | 177,40 | 15 |
| MAR 2012 | 74,80  | 16 |
| ABR 2012 | 30,40  | 17 |
| MAI 2012 | 45,20  | 22 |
| JUN 2012 | 106,80 | 22 |
| JUL 2012 | 109,80 | 20 |
| AGO 2012 | 32,80  | 13 |
| SET 2012 | 169,00 | 18 |
| OUT 2012 | 167,40 | 14 |
| NOV 2012 | 60,40  | 9  |
| DEZ 2012 | 97,20  | 20 |
| JAN 2013 | 124,40 | 14 |
| FEV 2013 | 353,00 | 22 |
| MAR 2013 | 154,20 | 19 |
| ABR 2013 | 46,40  | 20 |
| MAI 2013 | 36,20  | 20 |
| JUN 2013 | 100,40 | 22 |
| JUL 2013 | 68,00  | 22 |
| AGO 2013 | 372,40 | 16 |
| SET 2013 | 133,60 | 14 |
| OUT 2013 | 70,20  | 17 |
| NOV 2013 | 86,60  | 13 |
| DEZ 2013 | 177,60 | 13 |
| JAN 2014 | 267,80 | 19 |
| FEV 2014 | 205,80 | 19 |
| MAR 2014 | 203,40 | 25 |
| ABR 2014 | 197,80 | 22 |
| MAI 2014 | 99,40  | 24 |
| JUN 2014 | 271,80 | 27 |
| JUL 2014 | 67,20  | 20 |
| AGO 2014 | 94,00  | 16 |
| SET 2014 | 144,20 | 24 |

|          |        |    |
|----------|--------|----|
| OUT 2014 | 140,80 | 15 |
| NOV 2014 | 59,40  | 16 |
| DEZ 2014 | 195,60 | 18 |
| JAN 2015 | 252,20 | 22 |
| FEV 2015 | 242,80 | 26 |
| MAR 2015 | 234,40 | 17 |
| ABR 2015 | 131,60 | 23 |
| MAI 2015 | 126,80 | 16 |
| JUN 2015 | 108,80 | 10 |
| JUL 2015 | 98,80  | 11 |
| AGO 2015 | 40,20  | 7  |
| SET 2015 | 277,60 | 21 |
| OUT 2015 | 165,20 | 20 |
| NOV 2015 | 148,60 | 21 |
| DEZ 2015 | 213,20 | 22 |
| JAN 2016 | 99,60  | 16 |
| FEV 2016 | 192,20 | 19 |
| MAR 2016 | 252,00 | 18 |
| ABR 2016 | 136,00 | 15 |
| MAI 2016 | 52,60  | 24 |
| JUN 2016 | 18,00  | 13 |
| JUL 2016 | 140,20 | 12 |
| AGO 2016 | 103,40 | 12 |
| SET 2016 | 74,00  | 9  |
| OUT 2016 | 153,40 | 13 |
| NOV 2016 | 52,40  | 14 |
| DEZ 2016 | 257,80 | 20 |
| JAN 2017 | 293,60 | 15 |
| FEV 2017 | 221,20 | 14 |
| MAR 2017 | 142,80 | 23 |
| ABR 2017 | 81,60  | 16 |
| MAI 2017 | 252,40 | 19 |
| JUN 2017 | 118,80 | 19 |
| JUL 2017 | 1,20   | 5  |
| OUT 2017 | 0,20   | 1  |
| NOV 2017 | 125,20 | 16 |
| DEZ 2017 | 262,00 | 20 |
| JAN 2018 | 252,00 | 25 |
| FEV 2018 | 82,20  | 17 |
| MAR 2018 | 151,40 | 19 |
| ABR 2018 | 33,00  | 13 |
| MAI 2018 | 85,60  | 16 |
| JUN 2018 | 98,20  | 16 |
| JUL 2018 | 143,80 | 19 |
| AGO 2018 | 67,00  | 15 |
| SET 2018 | 163,80 | 20 |
| OUT 2018 | 176,80 | 18 |
| NOV 2018 | 101,00 | 13 |
| DEZ 2018 | 199,00 | 17 |
| JAN 2019 | 261,00 | 18 |
| MAI 2019 | 165,60 | 9  |

Fonte: EPAGRI, 2019.

Segundo os dados da EPAGRI (tabela 6), a estação de Urussanga monitorou uma precipitação média 154mm por mês nos últimos dez anos. É possível observar que o mês mais seco registrado foi outubro de 2017 com 0,2mm de chuva e janeiro de 2011 foi o mês com maior precipitação, apresentando uma média de 422,20mm.

## 4 EMPRESA ANALISADA

Para a execução e conclusão do estudo, foram avaliadas as principais características da área estudada, os dados pluviométricos da região, os locais onde é possível captar a água da chuva, a demanda de água da indústria e onde será utilizada. Além do cálculo de dimensionamento do reservatório e o local onde o mesmo poderá ser implantado.

### 4.1 ÁREA ESTUDADA PARA A CAPTAÇÃO DA ÁGUA PLUVIAL

A empresa está localizada em uma área de 202.000m<sup>2</sup> e possui 46104m<sup>2</sup> de área total coberta com telhas de alumínio, onde será feita a captação da água pluvial. A mesma dispõe de todo o sistema de calhas e possui espaço suficiente para implementação do reservatório.

Figura 9 - Área estudada para a captação de água pluvial.



Fonte: Google Earth, 2019.

## 4.2 QUANTITATIVOS DE CAPTAÇÃO PLUVIAL

Analisando a demanda de água e a quantidade de água pluvial captada, com base no método de Rippl, foi verificada a quantidade exata de captação e se a demanda captada supriria em 100% a demanda estimada para ser utilizada no processo industrial.

Adotando:

$$S(t) = D(t) - Q(t)$$

$$Q(t) = C \times P \times A$$

$$V = \sum S(t) \text{ somente para valores } S(t) > 0$$

$$\text{Sendo que: } \sum D(t) < \sum Q(t)$$

Onde:  $S(t)$  = volume de água no reservatório no tempo  $t$ ;

$D(t)$  = demanda ou consumo no tempo  $t$ ;

$Q(t)$  = volume de chuva aproveitável no tempo  $t$ ;

$C$  = coeficiente de escoamento superficial;

$P$  = Precipitação da chuva;

$A$  = Área de captação

O Método de Rippl ou Método do Diagrama de Massas fundamenta-se no conceito da regularização da vazão, ou seja, refere-se ao estudo hidrológico que permite armazenar o excesso de água no período chuvoso objetivando compensar as deficiências do período seco. Em geral utiliza-se uma série histórica de precipitações mensais a mais longa possível e obtém-se a média mensal da pluviosidade da região estudada (AMORIM; PEREIRA, 2008).

Adotou-se:

a) Valores da demanda mensal aproximadamente = 3000 m<sup>3</sup>/mês.

b) Dados pluviométricos mensais do último ano da região estudada;

c) Área de Captação = 46104 m<sup>2</sup>;

d) Coeficiente de escoamento superficial,  $C = 0,8$  para coberturas de telhados metálicos;

Obteve-se então:

Tabela 7 - Demanda total x Volume de água pluvial captada.

| 1            | 2                       | 3                   | 4                     | 5                               | 6                                        |
|--------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------|------------------------------------------|
| MÊS          | CHUVA MÉDIA MENSAL (mm) | DEMANDA MENSAL (m³) | ÁREA DE CAPTAÇÃO (m²) | VOLUME CAPTADO MENSAL (m³)      | DIFERENÇA ENTRE DEMANDA E VOLUME CAPTADO |
| JAN          | 170,6                   | 3000                | 46104                 | 6292,28                         | -3292,28                                 |
| FEV          | 42,4                    | 3000                | 46104                 | 1563,84                         | 1436,16                                  |
| MAR          | 93,6                    | 3000                | 46104                 | 3452,26                         | -452,26                                  |
| ABR          | 64,6                    | 3000                | 46104                 | 2382,65                         | 617,35                                   |
| MAI          | 42,2                    | 3000                | 46104                 | 1556,47                         | 1443,53                                  |
| JUN          | 108,6                   | 3000                | 46104                 | 4005,50                         | -1005,50                                 |
| JUL          | 148,4                   | 3000                | 46104                 | 5473,47                         | -2473,47                                 |
| AGO          | 60                      | 3000                | 46104                 | 2213,00                         | 787,00                                   |
| SET          | 106,8                   | 3000                | 46104                 | 3939,12                         | -939,12                                  |
| OUT          | 140,4                   | 3000                | 46104                 | 5178,40                         | -2178,40                                 |
| NOV          | 58                      | 3000                | 46104                 | 2139,22                         | 860,78                                   |
| DEZ          | 137,2                   | 3000                | 46104                 | 5060,37                         | -2060,37                                 |
| <b>TOTAL</b> | <b>1172,80</b>          | <b>36000</b>        |                       | <b>Excesso (m³) -7256,58 m³</b> |                                          |

Fonte: da autora, 2019.

É possível observar na tabela anterior que a demanda de água será suprida com excesso de 7256,58 m³/ano. Nos meses de fevereiro, abril, maio, agosto e novembro a demanda não foi suprida, porém como nos demais meses há um maior nível pluviométrico na região, sempre haverá um excesso de volume no reservatório para suprir essa falta.

#### 4.3 RESERVATÓRIO

Utilizando o método de Rippl, o reservatório será dimensionado considerando a demanda mensal que a empresa necessita para o processo industrial de 3000 m³ de água não potável, trazendo exatamente a mesma tabela apresentada no item anterior.

Tabela 8 - Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl.

| 1            | 2                       | 3                   | 4                     | 5                          | 6                                        | 7                                                       | 8     |
|--------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------|
| MÊS          | CHUVA MÉDIA MENSAL (mm) | DEMANDA MENSAL (m³) | ÁREA DE CAPTAÇÃO (m²) | VOLUME CAPTADO MENSAL (m³) | DIFERENÇA ENTRE DEMANDA E VOLUME CAPTADO | DIFERENÇA ACUMULADA COLUNA 6 DOS VALORES POSITIVOS (m³) | O B S |
| JAN          | 170,6                   | 3000                | 46104                 | 6292,28                    | -3292,28                                 |                                                         | E     |
| FEV          | 42,4                    | 3000                | 46104                 | 1563,84                    | 1436,16                                  | 1436,16                                                 | D     |
| MAR          | 93,6                    | 3000                | 46104                 | 3452,26                    | -452,26                                  |                                                         | E     |
| ABR          | 64,6                    | 3000                | 46104                 | 2382,65                    | 617,35                                   | 617,35                                                  | D     |
| MAI          | 42,2                    | 3000                | 46104                 | 1556,47                    | 1443,53                                  | 1443,53                                                 | D     |
| JUN          | 108,6                   | 3000                | 46104                 | 4005,50                    | -1005,50                                 |                                                         | E     |
| JUL          | 148,4                   | 3000                | 46104                 | 5473,47                    | -2473,47                                 |                                                         | E     |
| AGO          | 60                      | 3000                | 46104                 | 2213,00                    | 787,00                                   | 787,00                                                  | D     |
| SET          | 106,8                   | 3000                | 46104                 | 3939,12                    | -939,12                                  |                                                         | E     |
| OUT          | 140,4                   | 3000                | 46104                 | 5178,40                    | -2178,40                                 |                                                         | E     |
| NOV          | 58                      | 3000                | 46104                 | 2139,22                    | 860,78                                   | 860,78                                                  | D     |
| DEZ          | 137,2                   | 3000                | 46104                 | 5060,37                    | -2060,37                                 |                                                         | E     |
| <b>TOTAL</b> | <b>1172,80</b>          | <b>36000</b>        |                       |                            |                                          | <b>5144,82 m³</b>                                       |       |

Fonte: da autora, 2019.

Analisando os dados da diferença entre o volume captado e a demanda da empresa, é possível observar que a tabela 6 traz alguns valores negativos, ou seja, excedentes. A diferença acumulada foi de 5144,82 m<sup>3</sup>, que será a quantidade de água que faltará nos meses de fevereiro, abril, maio, agosto e novembro. A coluna 8 mostra a observação “E” e “D”, onde “E” é a água que transborda e passa pelo extravasor e “D” é quando o nível de água está baixando.

O cálculo de volume do reservatório através do método da Simulação também foi utilizado para um maior refinamento no resultado.

Tabela 9 - Dimensionamento do reservatório pelo método da Simulação.

| 1            | 2                       | 3                                | 4                                  | 5                                       | 6                                     | 7                                          | 8                                        | 9                            | 10                         |
|--------------|-------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| MÊS          | CHUVA MÉDIA MENSAL (mm) | DEMANDA MENSAL (m <sup>3</sup> ) | ÁREA DE CAPTAÇÃO (m <sup>2</sup> ) | VOLUME DE CHUVA C=0.8 (m <sup>3</sup> ) | VOLUME RESERV. FIXO (m <sup>3</sup> ) | VOLUME RESERV. TEMPO t-1 (m <sup>3</sup> ) | VOLUME RESERV. TEMPO t (m <sup>3</sup> ) | “OVERFLOW” (m <sup>3</sup> ) | ÁGUA EXT (m <sup>3</sup> ) |
| JAN          | 170,6                   | 3000                             | 46104                              | 6292,28                                 | 3300                                  | 0,0                                        | 3292,27                                  | 0,00                         | 0,00                       |
| FEV          | 42,4                    | 3000                             | 46104                              | 1563,84                                 | 3300                                  | 3292,3                                     | 1856,12                                  | 0,00                         | 0,00                       |
| MAR          | 93,6                    | 3000                             | 46104                              | 3452,26                                 | 3300                                  | 1856,10                                    | 2308,39                                  | 0,00                         | 0,00                       |
| ABR          | 64,6                    | 3000                             | 46104                              | 2382,65                                 | 3300                                  | 2308,4                                     | 1691,04                                  | 0,00                         | 0,00                       |
| MAI          | 42,2                    | 3000                             | 46104                              | 1556,47                                 | 3300                                  | 1691,0                                     | 247,51                                   | 0,00                         | 0,00                       |
| JUN          | 108,6                   | 3000                             | 46104                              | 4005,50                                 | 3300                                  | 247,5                                      | 1253,03                                  | 0,00                         | 0,00                       |
| JUL          | 148,4                   | 3000                             | 46104                              | 5473,47                                 | 3300                                  | 1253,0                                     | 1253,03                                  | 426,49                       | 0,00                       |
| AGO          | 60                      | 3000                             | 46104                              | 2213,00                                 | 3300                                  | 1253,0                                     | 466,02                                   | 0,00                         | 0,00                       |
| SET          | 106,8                   | 3000                             | 46104                              | 3939,12                                 | 3300                                  | 466,0                                      | 1405,14                                  | 0,00                         | 0,00                       |
| OUT          | 140,4                   | 3000                             | 46104                              | 5178,40                                 | 3300                                  | 1405,1                                     | 1405,14                                  | 283,55                       | 0,00                       |
| NOV          | 58                      | 3000                             | 46104                              | 2139,22                                 | 3300                                  | 1405,1                                     | 544,37                                   | 0,00                         | 0,00                       |
| DEZ          | 137,2                   | 3000                             | 46104                              | 5060,37                                 | 3300                                  | 544,4                                      | 2604,74                                  | 0,00                         | 0,00                       |
| <b>TOTAL</b> | <b>1172,80</b>          | <b>36000</b>                     |                                    |                                         |                                       |                                            |                                          | <b>710,04</b>                | <b>0,00</b>                |

Fonte: da autora, 2019.

A presente tabela 8 demonstra que um reservatório de 3300m<sup>3</sup>, atenderá a demanda do suprimento de água não potável para a empresa. As medidas propostas para o reservatório são: 25x33 de largura e comprimento com 4m de profundidade. Adotou-se 4m de profundidade para que o lago tivesse uma coluna d’água maior, assim não perdendo tanta água por evaporação.

Observou-se também, que o suprimento de água externo foi zero em todos os meses, ou seja, a empresa não precisará de abastecimento externo para atender a demanda de água após a implementação do sistema.

O sistema foi calculado utilizando um amplo banco de dados, dentre históricos e atuais, trazendo assim uma alta confiabilidade, que através da função de confiabilidade designada por R(t) - *Reliability* - retorna a probabilidade de um sistema, equipamento ou componente sobreviver sem falha no decorrer de um intervalo de tempo  $t \geq 0$ , ou seja:

$$R(t) = \Pr (T \leq t) \quad t \geq 0 \quad (1)$$

Onde:  $R(t)$  = é a probabilidade de que um evento  $T$  ocorra no intervalo de tempo  $[0; t]$ .

A função confiabilidade será sempre decrescente com o tempo, pois as probabilidades de sobrevivência de um componente sempre diminuem de acordo com a taxa de utilização e em razão dos mecanismos de desgaste e de fadiga.

Considerando que não haja falhas durante o ano:

$$\text{Falha} = \Pr = nr / n \rightarrow 0 / 12 = 0$$

Portanto, a falha é igual a 0 ou seja 0%

$$\text{Confiança} = Rr = (1 - \Pr) = 1 - 0 = 100\%$$

Finalizando a análise, conclui-se o estudo de caso sem margem de erro significativa.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente fez-se necessário obter o conhecimento sobre o funcionamento de um sistema de captação de água pluvial. Foram observados a rotina de trabalho, bem como a quantidade de água utilizada no processo, a área disponível para a implantação do reservatório e o estudo dos dados pluviométricos da região.

Atualmente, a água pluvial coletada no telhado da fábrica não possui nenhuma utilização e a empresa usa em seu processo uma fonte própria localizada em terreno próprio para suprir a demanda que sua produção necessita. Como não há nenhum estudo sobre o que pode ser feito com essa água, fez-se necessário a realização deste trabalho.

Optou-se por iniciar o estudo pela quantificação da água já utilizada no processo e da água pluvial a ser coletada pelo sistema de captação. Foram então feitas as análises físico-química e o estudo comparativo dos laudos.

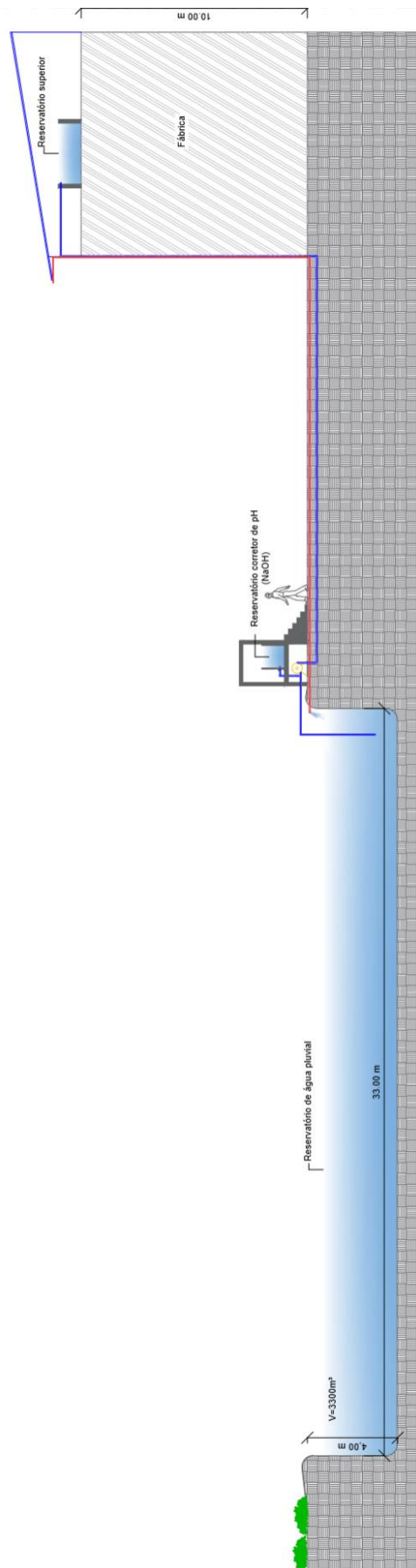
Através dos métodos de Rippl e Simulação, foi dimensionado um lago de 33m de comprimento, 25m de largura e 4m de profundidade para suprir a capacidade de 3300m<sup>3</sup> de água pluvial que serão coletadas através do sistema.

De acordo com os cálculos apresentados no apêndice deste trabalho é possível observar que foi especificado uma bomba centrífuga de 1 cv de potência com pressão manométrica de 26 m de coluna d'água responsável pelo transporte da água até o reservatório de 30.000L localizado a 10m de altura da bomba. Optou-se pelo modelo Bomba Schneider BCR-2010 1,0CV - 220V.

O sistema também possui um reservatório com capacidade para 2000L contendo uma solução de 0,3 mols/L de hidróxido de sódio, responsável pela correção do pH da água, conectado através de tubulação na bomba.

Na figura 10 é possível observar o esquema detalhadamente:

Figura 10 - Corte esquemático



Fonte: da autora, 2019.

## 5.1 RESULTADO DAS ANÁLISES

Para realizar o estudo comparativo, foi necessário analisar os parâmetros físico-químicos das águas coletadas. Assim, com os resultados dos ensaios finalizados, foi possível verificar se a água pluvial estaria dentro dos parâmetros necessários para utilizá-la no processo industrial da empresa estudada.

Foram utilizados dois frascos de 5L para a coleta das amostras. No primeiro coletou-se a água já utilizada no processo da indústria, que é proveniente de uma nascente e no segundo frasco a água pluvial coletada pelo sistema de calhas já implantado na empresa.

Os seguintes parâmetros foram avaliados nas duas amostras de água: Chumbo, Cloretos, Condutividade térmica, Enxofre, Ferro, Manganês, Matéria Orgânica total, pH, Sílica e Turbidez.

Os ensaios foram realizados no laboratório de Análises Físico-químicas do CENTEC/UNISUL. Após isso, com os resultados prontos, obteve-se o relatório do ensaio assinado pelo Engenheiro Químico responsável do laboratório.

Os relatórios originais dos ensaios estão anexados no final deste trabalho. Nas tabelas abaixo é possível observar os resultados obtidos nas análises.

Tabela 10 - Relatório de ensaio - água nascente

| ENSAIO           | RESULTADO        | METODOLOGIA                             | LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO |
|------------------|------------------|-----------------------------------------|-------------------------|
| Enxofre          | Não detectado    | SMWW*, Método 4500-S2-F                 | 0,2 mg/L                |
| Chumbo           | 0,0534 mg/L      | SMWW*, Método 3113                      | 0,0003 mg/L             |
| Cloretos         | 17,3 mg/L        | SMWW*, Método 4500-CI B                 | 2,5 mg/L                |
| Condutividade    | 253,2 $\mu$ S/cm | SMWW*, Método 2510 B                    | 0,01 $\mu$ S/cm         |
| DBO <sub>5</sub> | < 4 mg/L         | SMWW*, Método 5210D                     | 4 mg/L                  |
| DQO              | 135 mg/L         | SMWW*, Método 5220D                     | 25 mg/L                 |
| Ferro            | 1,00 mg/L        | SMWW*, Método 3111                      | 0,006 mg/L              |
| Manganês         | 0,329 mg/L       | SMWW*, Método 3111                      | 0,006 mg/L              |
| pH               | 5,47             | SMWW*, Método 4500H B                   | 1 a 13                  |
| Sílica           | 15,7 mg/L        | SMWW*, Método 4500-SiO <sub>2</sub> D+E | 0,21 mg/L               |
| Turbidez         | 84 mg/L          | SMWW*, Método 2130B                     | 1 mg/L                  |

\*Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater.

Fonte: LAQ/CENTEC – UNISUL, 2019.

Tabela 11 - Relatório de ensaio - água pluvial

| ENSAIO           | RESULTADO       | METODOLOGIA                             | LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO |
|------------------|-----------------|-----------------------------------------|-------------------------|
| Enxofre          | Não detectado   | SMWW*, Método 4500-S2-F                 | 0,2 mg/L                |
| Chumbo           | 0,0008 mg/L     | SMWW*, Método 3113                      | 0,0003 mg/L             |
| Cloretos         | 3,9 mg/L        | SMWW*, Método 4500-CI B                 | 2,5 mg/L                |
| Condutividade    | 13,2 $\mu$ S/cm | SMWW*, Método 2510 B                    | 0,01 $\mu$ S/cm         |
| DBO <sub>5</sub> | < 4 mg/L        | SMWW*, Método 5210D                     | 4 mg/L                  |
| DQO              | 46 mg/L         | SMWW*, Método 5220D                     | 25 mg/L                 |
| Ferro            | 0,072 mg/L      | SMWW*, Método 3111                      | 0,006 mg/L              |
| Manganês         | 0,051 mg/L      | SMWW*, Método 3111                      | 0,006 mg/L              |
| pH               | 4,08            | SMWW*, Método 4500H B                   | 1 a 13                  |
| Sílica           | 0,27 mg/L       | SMWW*, Método 4500-SiO <sub>2</sub> D+E | 0,21 mg/L               |
| Turbidez         | 3 mg/L          | SMWW*, Método 2130B                     | 1 mg/L                  |

\*Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater.

Fonte: LAQ/CENTEC – UNISUL, 2019.

A partir dos resultados das análises realizadas, foi possível perceber que a água pluvial se encontra dentro dos parâmetros permitidos para a utilização no processo e em condições melhores do que a própria água que já vem sendo utilizada. O único tratamento químico necessário será a correção do pH 4,08 para 7,0 adicionando-se Hidróxido de sódio, para assim garantir maior qualidade da água.

## 6 CONCLUSÃO

O estágio foi realizado no estudo da captação para aproveitamento de águas pluviais em uma empresa de revestimentos cerâmicos do sul de Santa Catarina, no qual foi observado a possibilidade de implantação de um sistema de coleta de água pluvial. Como a empresa possui uma grande área de possível captação e espaço disponível para o reservatório de água captada, juntamente com o supervisor de estágio, optou-se por esse estudo e possível projeto. Observou-se que após a implantação do sistema, a demanda de água que a empresa necessita no processo é totalmente suprida.

De acordo com os dados coletados na empresa, o consumo total de água utilizado no processo é de 3000m<sup>3</sup> mensais, assim, a implementação do sistema tornaria a empresa sustentável, em termos de água, e traria uma economia vantajosa, caso a empresa precisasse utilizar água de concessionária local em seu processo industrial.

Com o auxílio do Engenheiro responsável do projeto da empresa, verificou-se que a mesma contém uma área coberta de 46104m<sup>2</sup>, além de já possuir todo o sistema de calha necessário, tornando a implantação do sistema extremamente interessante.

Após a verificação e levantamento dos dados pluviométricos da região estudada, tendo resultados satisfatórios para a demanda em questão, foi dimensionado um reservatório com o tamanho ideal de 3600 m<sup>3</sup> para receber a água captada pelo sistema. Os cálculos demonstram ainda, que o reservatório escolhido, não ficará vazio em época alguma do ano e atenderá a demanda de água não potável da indústria em 100%.

Por fim, após obter-se os relatórios de ensaio das amostras coletadas de água, foi possível concluir que a água pluvial está totalmente adequada para ser utilizada no processo. O único tratamento químico que deverá ser feito é a correção de pH para garantir a qualidade da água e consequentemente do produto.

## 7 SUGESTÕES

A empresa onde foi realizado o estágio supervisionado possui área de captação e implantação suficiente para o sistema apresentado nesse relatório, porém para que se realize esse projeto na prática é preciso desenvolver alguns outros trabalhos a partir deste. Seguem como sugestões para a continuação deste estudo:

a) Análise da viabilidade econômica, através dos cálculos de dimensionamento do sistema completo de captação e o tempo de retorno do investimento.

b) Desenvolvimento da manta de polipropileno reciclado para cobrir o reservatório, para evitar a perda de água por evaporação.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR15527: 2007: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ATLAS BRASIL: Abastecimento urbano de água - panorama nacional. Brasília: ANA; Engecorps/Cobrape, 2010.

ALQUIENVAS – FILTRO ECO - 2016 Disponível em: <[http://www.alquienvas.com/productos/16-filtro\\_eco\\_50-804-101.html](http://www.alquienvas.com/productos/16-filtro_eco_50-804-101.html) >. Acesso em: 10 de maio de 2019.

CARVALHO, Raquel Saravy de. POTENCIAL ECONÔMICO DO APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA PARA A REGIÃO URBANA DE LONDRINA. 2010. Monografia. UFPR, 2010

CESAR, A. M. R. V. C.; ANTUNES, M. T. P.; VIDAL, P. G. A utilização do método do estudo de caso em pesquisa das áreas de operações, recursos humanos e contabilidade. In: EnANPAD, 32., 2008, Rio de Janeiro. Anais do XXXII EnANPAD, 2008

CLARKE, Robin; KING, Jannet. O atlas da água: o mapeamento completo do recurso mais precioso do planeta. São Paulo, 2005.

DEMO, Pedro. Pesquisa e construção de conhecimento: metodologia científica no caminho de Habermas. 7. ed. Rio de Janeiro: Tempo brasileiro, 2012.

DOURADO, Neto D.D; PALHARES, M.; VIEIRA, P.A.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P.; ROMANO, M.R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.13, p.259, 2013. Disponível em: < <http://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/viewFile/33704/22593> >. Acesso em: 27 de maio de 2019.

EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - 2019. Disponível em: <[http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=141&Itemid=363](http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=141&Itemid=363) > Acesso em 6 de abril de 2019.

FERREIRA, Helder. Sistema reutiliza água da chuva – História. 2013. Disponível em: < <http://www.jornalbeiradorio.ufpa.br/novo/index.php/leia-tambem/1454sistema-> > Acesso em 02 de maio de 2019.

FAZFACIL – FILTROS UTILIZADOS ÁGUA DA CHUVA - 2016 Disponível em: < <http://www.fazfacil.com.br/reforma-construcao/filtros-utilizar-agua-dachuva/> > Acesso em 10 de maio de 2019.

FELICIDADE, Norma; MARTINS, Rodrigo Constante; LEME, Alessandro André. Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil: velhos e novos desafios para a cidadania. São Carlos, 2003.

GROUP RAINDROPS. Aproveitamento da Água de Chuva. Editora Organic Trading, 1ª Edição, p.94. Curitiba, 2002.

HOME POWER MAGAZINE – SISTEMA FIRST FLUSH – 2017. Disponível em: <[https://www.homepower.com/sites/default/files/articles/ajax/docs/6\\_HP125\\_pg38\\_Kinkade3.jpg](https://www.homepower.com/sites/default/files/articles/ajax/docs/6_HP125_pg38_Kinkade3.jpg)>. Acesso em: 15 de maio de 2019.

MESSIAS, Arminda Saconi; COSTA, Marcos Roberto Nunes. Água: fonte de vida. Recife. 2005.

PINTO, Nelson Luiz de Sousa; HOLTZ, Antonio Carlos Titit; MARTINS, José Augusto. Hidrologia básica. São Paulo, 1998.

REIS, Lineu Belico dos; FADIGAS, Eliane A. Amaral; CARVALHO, Cláudio Elias. Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável. 1ª ed. Barueri. 2005.

SIRHESC – Sistema de Informações de Recurso Hídrico de Santa Catarina – Águas SC, p13 a p.20. Disponível em: <[http://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib\\_top/DHRI/bacias\\_hidrograficas/bacias\\_hidrograficas\\_s.docxv](http://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DHRI/bacias_hidrograficas/bacias_hidrograficas_s.docxv)>. Acesso em: 15 de abril de 2019.

SOUZA, Luís. Gasto de Água na Indústria e na Agropecuária, Nova Escola.Org Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/3057/gasto-de-agua-na-industria-e-na-agropecuaria>>. Acesso em: 18 de abril de 2019.

SPIRO, Thomas G. Química ambiental. 2ª ed. São Paulo. 2009.

TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de água de chuva: para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo. 2003.

TUNDISI, J. G. Água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos. 2003.

VILLIERS, Marq. Água, como o uso deste precioso recurso natural poderá acarretar a mais séria crise do século XXI. Rio de Janeiro, 2002.

YIN, Robert K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. Tradução: Daniel Grassi. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.



**ANEXO A – SOLICITAÇÃO DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS - EPAGRI****SOLICITAÇÃO DE DADOS**

Ofício nº 01/2019

Tubarão, 15 de maio de 2019

Epagri/Ciram

R. São José, 45 - Centro, Tubarão – SC

Prezados senhores:

Estou realizando uma pesquisa acadêmica referente a média pluviométrica nos últimos anos na região. Dentre as variáveis determinantes, os dados meteorológicos são de suma importância em função de sua influência na utilização no processo industrial. Solicito, portanto e dentro de suas possibilidades, as informações abaixo relacionadas referentes a 1940 e 2019, de dados mensais na cidade de Jaguaruna – SC.

- Precipitação pluviométrica e número de dias de chuva.

Informo que os dados solicitados serão utilizados para análise de um trabalho de conclusão de curso, ficando o comprometimento do uso dos mesmos, apenas, para este fim. Certos de sua atenção e presteza, agradeço.

Atenciosamente,

Mileny Marques,

UNISUL - Universidade do Sul de Santa Catarina  
Congregação do Curso de Engenharia Química

*Professor Marcos Mazzucco*  
Professor Marcos Mazzucco  
Coordenador por delegação do Reitor, através da  
Portaria 2163/2016 - G.R., de 15/10/2016.

## ANEXO B – RELATÓRIO ANÁLISE ÁGUA DA NASCENTE


**LABORATÓRIO DE ANÁLISES QUÍMICAS  
LAQ/CENTEC - UNISUL**


|                                                                                                                                                                              |                  |                                                    |                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------|
| <b>RELATÓRIO DE ENSAIO Nº:</b>                                                                                                                                               |                  | <b>2019.05.0221</b>                                |                                  |
| <b>INTERESSADO:</b>                                                                                                                                                          |                  | <b>MILENY MARQUES JOAQUIM</b>                      |                                  |
| <b>Solicitação:</b>                                                                                                                                                          |                  | <b>ANÁLISE DE ÁGUA</b>                             |                                  |
| <b>Identificação da Amostra:</b>                                                                                                                                             |                  | <b>ÁGUA - NASCENTE</b>                             |                                  |
| <b>Município de Coleta:</b>                                                                                                                                                  | Tubarão - SC.    | <b>Endereço:</b>                                   | Rua Vigário José Poggel, n° 588. |
| <b>Local da Coleta:</b>                                                                                                                                                      | Nascente.        | <b>Data da Coleta:</b>                             | 16/05/2019.                      |
| <b>Condições Climáticas:</b>                                                                                                                                                 | Sem chuva.       | <b>Temperatura da Amostra:</b>                     | Não informado.                   |
| <b>Amostrador:</b>                                                                                                                                                           | Interessado.     | <b>Tipo de Amostra:</b>                            | Efluente.                        |
| <b>Data de entrada no Laboratório:</b>                                                                                                                                       | 16/05/2019.      | <b>Data de início dos ensaios:</b>                 | 16/05/2019.                      |
| <b>ENSAIO</b>                                                                                                                                                                | <b>RESULTADO</b> | <b>METODOLOGIA</b>                                 | <b>LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO</b>   |
| Ácido Sulfídrico (Sulfetos)<br>Enxofre (H <sub>2</sub> S) (S) (S-2)                                                                                                          | Não detectado    | SMWW, 22ª Edição, Método 4500-S <sub>2</sub> - F   | 0,2 mg/L                         |
| Chumbo Total                                                                                                                                                                 | 0,0534 mg/L      | SMWW, 22ª Edição, Método 3113                      | 0,0003 mg/L                      |
| Cloretos                                                                                                                                                                     | 17,3 mg/L        | SMWW, 22ª Edição, Método 4500-Cl B                 | 2,5 mg/L                         |
| Condutividade                                                                                                                                                                | 253,2 µS/cm      | SMWW, 22ª Edição, Método 2510 B                    | 0,01 µS/cm                       |
| DBO <sub>5</sub>                                                                                                                                                             | < 4 mg/L         | SMWW, 22ª Edição, Método 5210D                     | 4 mg/L                           |
| DQO                                                                                                                                                                          | 135 mg/L         | SMWW, 22ª Edição, Método 5220D                     | 25 mg/L                          |
| Ferro Total                                                                                                                                                                  | 1,00 mg/L        | SMWW, 22ª Edição, Método 3111                      | 0,006 mg/L                       |
| Manganês Total                                                                                                                                                               | 0,329 mg/L       | SMWW, 22ª Edição, Método 3111                      | 0,006 mg/L                       |
| pH                                                                                                                                                                           | 5,47             | SMWW, 22ª Edição, Método 4500H B                   | 1 a 13                           |
| Silica                                                                                                                                                                       | 15,7 mg/L        | SMWW, 22ª Edição, Método 4500-SiO <sub>2</sub> D+E | 0,21 mg/L                        |
| Turbidez                                                                                                                                                                     | 84 mg/L          | SMWW, 22ª Edição, Método 2130B                     | 1 mg/L                           |
| <b>OBSERVAÇÕES:</b>                                                                                                                                                          |                  |                                                    |                                  |
| 1 - Os ensaios foram realizados pela Química Cintia Souza da Silva CRQ – 13200923.                                                                                           |                  |                                                    |                                  |
| 2 - Os ensaios são realizados segundo American Public Health Association: Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater. Washington: 22 st Edition, 2012. |                  |                                                    |                                  |
| 3 - Os resultados apresentados neste relatório se referem somente aos itens ensaiados.                                                                                       |                  |                                                    |                                  |
| 4 - Este relatório somente poderá ser reproduzido integralmente.                                                                                                             |                  |                                                    |                                  |
| 5 - Coleta da amostra realizada pelo cliente. O Laboratório se isenta das responsabilidades inerentes aos procedimentos e as informações relativas à coleta.                 |                  |                                                    |                                  |
| Data de emissão do Relatório de Ensaio: Tubarão (SC), 04 de junho de 2019.                                                                                                   |                  |                                                    |                                  |

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA - UNISUL  
Centro Tecnológico Ameal Beethoven Villar Ferrin  
Laboratório de Análises Químicas - LAQ

*Elias Rodrigues Pedrosa*

Prof. Me. Elias Rodrigues Pedrosa  
Engenheiro Químico – CRQ 13ª R. 13302486  
Responsável Técnico

## ANEXO C – RELATÓRIO ANÁLISE ÁGUA PLUVIAL



LABORATÓRIO DE ANÁLISES QUÍMICAS  
LAQ/CENTEC - UNISUL

**CENTEC**  
Centro Tecnológico Unisul

|                                                                                                                                                                              |                  |                                                    |                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------|
| <b>RELATÓRIO DE ENSAIO Nº:</b>                                                                                                                                               |                  | <b>2019.05.0220</b>                                |                                  |
| <b>INTERESSADO:</b>                                                                                                                                                          |                  | <b>MILENY MARQUES JOAQUIM</b>                      |                                  |
| <b>Solicitação:</b>                                                                                                                                                          |                  | <b>ANÁLISE DE ÁGUA</b>                             |                                  |
| <b>Identificação da Amostra:</b>                                                                                                                                             |                  | <b>ÁGUA - CALHA</b>                                |                                  |
| Município de Coleta:                                                                                                                                                         | Tubarão - SC.    | Endereço:                                          | Rua Vigário José Poggel, nº 588. |
| Local da Coleta:                                                                                                                                                             | Calha.           | Data da Coleta:                                    | 16/05/2019.                      |
| Condições Climáticas:                                                                                                                                                        | Sem chuva.       | Temperatura da Amostra:                            | Não informado.                   |
| Amostrador:                                                                                                                                                                  | Interessado.     | Tipo de Amostra:                                   | Efluente.                        |
| Data de entrada no Laboratório:                                                                                                                                              |                  | 16/05/2019.                                        |                                  |
| Data de início dos ensaios:                                                                                                                                                  |                  | 16/05/2019.                                        |                                  |
| <b>ENSAIO</b>                                                                                                                                                                | <b>RESULTADO</b> | <b>METODOLOGIA</b>                                 | <b>LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO</b>   |
| Ácido Sulfídrico (Sulfetos)<br>Enxofre (H <sub>2</sub> S) (S) (S-2)                                                                                                          | Não detectado    | SMWW, 22ª Edição, Método 4500-S <sub>2</sub> - F   | 0,2 mg/L                         |
| Chumbo Total                                                                                                                                                                 | 0,0008 mg/L      | SMWW, 22ª Edição, Método 3113                      | 0,0003 mg/L                      |
| Cloretos                                                                                                                                                                     | 3,9 mg/L         | SMWW, 22ª Edição, Método 4500-Cl B                 | 2,5 mg/L                         |
| Condutividade                                                                                                                                                                | 13,2 µS/cm       | SMWW, 22ª Edição, Método 2510 B                    | 0,01 µS/cm                       |
| DBO <sub>5</sub>                                                                                                                                                             | < 4 mg/L         | SMWW, 22ª Edição, Método 5210D                     | 4 mg/L                           |
| DQO                                                                                                                                                                          | 46 mg/L          | SMWW, 22ª Edição, Método 5220D                     | 25 mg/L                          |
| Ferro Total                                                                                                                                                                  | 0,072 mg/L       | SMWW, 22ª Edição, Método 3111                      | 0,006 mg/L                       |
| Manganês Total                                                                                                                                                               | 0,051 mg/L       | SMWW, 22ª Edição, Método 3111                      | 0,006 mg/L                       |
| pH                                                                                                                                                                           | 4,08             | SMWW, 22ª Edição, Método 4500H B                   | 1 a 13                           |
| Sílica                                                                                                                                                                       | 0,27 mg/L        | SMWW, 22ª Edição, Método 4500-SiO <sub>2</sub> D+E | 0,21 mg/L                        |
| Turbidez                                                                                                                                                                     | 3 mg/L           | SMWW, 22ª Edição, Método 2130B                     | 1 mg/L                           |
| <b>OBSERVAÇÕES:</b>                                                                                                                                                          |                  |                                                    |                                  |
| 1 - Os ensaios foram realizados pela Química Cintia Souza da Silva CRQ – 13200923.                                                                                           |                  |                                                    |                                  |
| 2 - Os ensaios são realizados segundo American Public Health Association: Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater. Washington: 22 st Edition, 2012. |                  |                                                    |                                  |
| 3 - Os resultados apresentados neste relatório se referem somente aos itens ensaiados.                                                                                       |                  |                                                    |                                  |
| 4 - Este relatório somente poderá ser reproduzido integralmente.                                                                                                             |                  |                                                    |                                  |
| 5- Coleta da amostra realizada pelo cliente. O Laboratório se isenta das responsabilidades inerentes aos procedimentos e as informações relativas à coleta.                  |                  |                                                    |                                  |
| Data de emissão do Relatório de Ensaio: Tubarão (SC), 04 de junho de 2019.                                                                                                   |                  |                                                    |                                  |

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA - UNISUL  
Centro Tecnológico Amarel Beethoven Villar Ferrin  
Laboratório de Análises Químicas - LAQ

*Eliás Rodrigues Pedrosa*

Prof. Me. Eliás Rodrigues Pedrosa  
Engenheiro Químico – CRQ 13ª R. 13302486  
Responsável Técnico

## APÊNDICE

### DIMENSIONAMENTO DA BOMBA CENTRÍFUGA

$$Q = 100 \frac{m^3}{dia} \times \frac{1dia}{24h} \times \frac{1h}{3600s} = 0,00115 \frac{m^3}{s}$$

#### 1. DIÂMETRO TUBULAÇÃO

- **Diâmetro recalque**

*Velocidade econômica de recalque (Segundo Remi, Telles, tabela em anexo)*

$$v = \frac{\left(\frac{2,0m}{s} + \frac{3,0m}{s}\right)}{2} = 2,5 \text{ m/s}$$

*Diâmetro tubulação*

$$Q = v \times A$$

$$\frac{0,00115m^3}{s} = \frac{2,5m}{s} \times \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$D = 0,024m \times \frac{1m}{0,0254in} = 0,94"$$

*Especificando → DN = 1''; D.in = 0,02664m (26,64 mm)*

- **Diâmetro sucção**

*1 bitola comercial acima do diâmetro de recalque = 1<sup>1/4</sup>"*

*D.in = 0,03505m (35,05mm)*

$$Q = v \times a$$

$$\frac{0,00115m^3}{s} = v \times \pi \times \frac{(0,03505)^2}{4}$$

$$v = \frac{1,19m}{s}$$

#### 2. PERDA DE CARGA

- **Recalque**

*Dr = 0,02664m (26,64 mm)*

*L = 35m*

*Q = 0,00115m<sup>3</sup>/s*

$$Vr = 2,0 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{Dr \times vr}{\gamma} = \frac{0,02664m \times \frac{2,0m}{s}}{0,919 \times 10^{-6}} = 5,79 \times 10^4$$

$$\frac{e}{D} = \frac{0,0015mm \text{ (PVC)}}{26,64mm} = 0,000056$$

$$Nf = 0,25 \left[ \log \times \left( \frac{1}{3,7} \times 0,000056 + 5,74 \times 5,79 \times 10^4 \right)^{-0,9} \right]^{-2} = \mathbf{0,0203} = fD$$

*Comprimento equivalente*

$$Leq = L_{\text{acessórios}} + L_{\text{tubulação}}$$

$$Leq = 34,92m + 35m = \mathbf{69,92 \text{ m}}$$

$$1 \text{ válvula retenção: } 100 = L/0,02664m = \mathbf{26,64 \text{ m}}$$

$$1 \text{ válvula gaveta } \frac{1}{2} \text{ aberta: } 200 = L/0,02664m = \mathbf{5,328 \text{ m}}$$

$$1 \text{ entrada de borda: } 35 = L/0,02664m = \mathbf{0,9324 \text{ m}}$$

$$1 \text{ canalização: } 32 = L/0,02664m = \mathbf{0,85248 \text{ m}}$$

$$1 \text{ cotovelo: } 22 = L/0,02664m = 2 \times 58608 \text{ m} = \mathbf{1,17 \text{ m}}$$

$$L_{\text{acessórios}} = \mathbf{34,92 \text{ m}}$$

$$hl = fD \times \left( \frac{Leq}{D} \right) \times \frac{v^2}{2} = 0,0203 \times \left( \frac{69,92m}{0,02664m} \right) \times \frac{\left( \frac{2,0m}{s} \right)^2}{2} = \frac{106,55 \frac{m^2}{s^2}}{9,81 \frac{m^2}{s}}$$

$$hl = \mathbf{10,86 \text{ m. c. a}}$$

- **Sucção**

$$Ds = 0,03505m \text{ (35,05 mm)}$$

$$L = 4,5 \text{ m}$$

$$Q = 0,00115m^3/s$$

$$Vr = 1,19 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{Ds \times vs}{\gamma} = \frac{0,03505m \times \frac{1,19m}{s}}{0,919 \times 10^{-6}} = 4,53 \times 10^4$$

$$\frac{e}{D} = \frac{0,0015mm \text{ (PVC)}}{35,05mm} = 0,000042$$

$$Nf = 0,25 \left[ \log \times \left( \frac{1}{3,7} \times 0,000042 + 5,74 \times 4,53 \times 10^4 \right)^{-0,9} \right]^{-2} = \mathbf{0,0213} = fD$$

*Comprimento equivalente*

$$Leq = L_{\text{acessórios}} + L_{\text{tubulação}}$$

$$Leq = 9,67m + 4,5m = \mathbf{14,17 m}$$

$$1 \text{ crivo: } 250 = L/0,03505m = \mathbf{8,76 m}$$

$$1 \text{ cotovelo: (ábaco) } 3ft \times (0,3048m/1f) = \mathbf{0,9144m}$$

$$L_{\text{acessórios}} = \mathbf{9,67 m}$$

$$hl = fD \times \left( \frac{Leq}{D} \right) \times \frac{v^2}{2} = 0,0213 \times \left( \frac{14,17m}{0,03505m} \right) \times \frac{\left( \frac{1,19m}{s} \right)^2}{2} = \frac{6,09 \frac{m^2}{s^2}}{9,81 \frac{m^2}{s}}$$

$$hl = \mathbf{0,62 \text{ m.c.a}}$$

### PERDE DA CARGA TOTAL

$$hl_{\text{total}} = h_s + h_r = 0,62 \text{ m.c.a} + 10,86 \text{ m.c.a} = 11,48 \text{ m.c.a}$$

$$hl = 11,48 \text{ m.c.a} \times 9,81 \frac{m^2}{s} = \mathbf{112,62 m^2/s^2}$$

### 3. ALTURA MANOMÉTRICA

$$H = 9,81 \frac{m^2}{s} \times (14,5 m) + \left( 112,62 \frac{m^2}{s^2} \right) = 254,86 m^2/s^2$$

$$H = \frac{254,86 \frac{m^2}{s^2}}{9,81 \frac{m^2}{s}} = \mathbf{25,98 \text{ m. c. a}}$$

#### 4. POTÊNCIA DA BOMBA

$$|Pot| = \left[ 9,81 \frac{m^2}{s} \times 14,5 \text{ m} + 112,62 \frac{m^2}{s^2} \right] \times \frac{997kg}{m^3} \times \frac{0,00115m^3}{s} = 292,21 \text{ w}$$

$$|Pot| = 292,21w \times \frac{1hp}{746w} = 0,4 \text{ hp} + 15\% \cong \mathbf{0,5 \text{ Cv}}$$

$$\mathbf{Pot = \frac{0,50 \text{ Cv}}{0,71} = 0,70 \times 100 = 70\% \text{ de rendimento}}$$

Para a vazão de 4,16m³/h, optou-se pela bomba Schneider BCR-2010 1,0CV - 220V.