

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

WELLINGTON TORRES GIL

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE
ÁGUA NÃO POTÁVEL NA INDÚSTRIA MITIGANDO OS EFEITOS DA ESCASSEZ
HÍDRICA DE CURITIBA E REGIÃO METROPOLITANA

CURITIBA

2021

WELLINGTON TORRES GIL

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE
ÁGUA NÃO POTÁVEL NA INDÚSTRIA MITIGANDO OS EFEITOS DA ESCASSEZ
HÍDRICA DE CURITIBA E REGIÃO METROPOLITANA

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Engenharia Manufatura, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como resultado parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Manufatura.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Deivid Valle

Co-orientador: Prof. Dr. Alessandro Marques

CURITIBA

2021

G463d Gil, Wellington Torres

Desenvolvimento de um sistema de captação e distribuição de água não potável na indústria mitigando os efeitos da escassez hídrica de Curitiba e Região Metropolitana [recurso eletrônico] / Wellington Torres Gil - Curitiba, 2021.

Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Manufatura, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Deivid Valle
Coorientador: Prof. Dr. Alessandro Marques

1. Recursos hídricos - Desenvolvimento. 2. Águas pluviais. 3. Água - Reuso. I. Universidade Federal do Paraná. II. Valle, Pablo Deivid. III. Marques, Alessandro. VI. Título.

CDD 628.14

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA DE MANUFATURA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de WELLINGTON TORRES GIL intitulada: DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CAPTACAO E DISTRIBUICAO DE AGUA NAO POTAVEL NA INDUSTRIA MITIGANDO OS EFEITOS DA ESCASSEZ HIDRICA DE CURITIBA E REGIAO METROPOLITANA, sob orientação do Prof. Dr. PABLO DEIVID VALLE, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 10 de Dezembro de 2021.

Assinatura Eletrônica
16/12/2021 15:04:25.0
PABLO DEIVID VALLE
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica
16/12/2021 14:58:54.0
ANDRE BELLIN MARIANO
Avaliador Externo (55002519)

Assinatura Eletrônica
24/01/2022 12:23:39.0
CHRISTIAN SCAPULATEMPO STROBEL
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
25/01/2022 13:57:27.0
RODRIGO GUSTAVO GIAROLA
Avaliador Externo (55002972)

RESUMO

A base de desenvolvimento do trabalho foi a necessidade de redução do consumo de água potável devido ao cenário hídrico atual do município de Fazenda Rio Grande aliado à cultura socio ambiental da empresa. Atualmente o cenário hídrico de Curitiba e região metropolitana é classificado como “crítico quali quantitativo”, que faz com que as empresas acelerem os processos de captação de água através de fontes alternativas. Através de um denso trabalho em campo dentro da empresa realizando estudo qualitativo e quantitativo de amostras das águas, classificou-se 3 fontes de captação e 1 ponto de recalque dessa água. A validação desses pontos foi dada através dos resultados físico-químicos e volume potencial de captação, posteriormente foi realizado os cálculos de dimensionamento do reservatório com base na norma ABNT NBR 15.527 validando assim o conceito inicial de redução do consumo de água potável de até 30% mesmo no mês com menor volume de precipitação. Os resultados preliminares apontaram para um potencial de redução de 84% no consumo de água potável, muito superior ao número inicial indicado pela empresa.

Palavras-chave: Água da chuva, Captação de água, Reutilização da Água, Falta de Água, Indústria.

ABSTRACT

The basis of work development was the need to reduce the consumption of drinking water due to the current water scenario of the municipality of Fazenda Rio Grande allied to the company's socio-environmental culture. Currently the water scenario of Curitiba and the metropolitan region is classified as "quantitative qualitative critical", which causes companies to accelerate the processes of water collection through alternative sources. Through a dense field work within the company performing qualitative and quantitative study of water samples, 3 sources of capture and 1 reference point of this water were classified. The validation of these points was given through the physical-chemical results and potential volume of uptake, later the calculations of reservoir sizing were performed based on the ABNT NBR 15:527 standard, thus validating the initial concept of reducing drinking water consumption of up to 30% even in the month with lower volume of precipitation. Preliminary results pointed to a potential reduction of 84% in drinking water consumption, much higher than the initial number indicated by the company.

Keywords: Rainwater, Water Catchment, Water Reuse, Lack of Water, Industry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – O ciclo da água	22
FIGURA 2 – Pedra de MOAB.....	24
FIGURA 3 - Água retirada nas bacias hidrográficas em 2019.....	27
FIGURA 4 – Balanço hídrico quali-quantit.....	28
FIGURA 5 – Região da Fazenda Rio Grande.	29
FIGURA 6 – Componentes básicos de um sistema de captação.....	40
FIGURA 7 – Calha	41
FIGURA 8 – Filtro para calha	42
FIGURA 9 – Exemplo de filtro para folhas e similares.	42
FIGURA 10 – Vista superior da empresa	48
FIGURA 11– Projeção da canaleta de drenagem	54
FIGURA 12 – Fosso de drenagem	55
FIGURA 13 – Parte do sistema de climatização	56
FIGURA 14 – Dois dos 4 drenos do sistema de climatização.	56
FIGURA 15 – Obturador.....	57
FIGURA 16 – Pontos de coleta	61
FIGURA 17 – Plano de voo no DroneDeploy®	62
FIGURA 18 – Fluxo atual de distribuição de água	64
FIGURA 19 – Acondicionamento das amostras	65
FIGURA 20 – Referência visual da amostra.....	75
FIGURA 21 – Novo fluxo de armazenamento e distribuição.	78

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Base Scielo	13
GRÁFICO 2 - Base Web of Science.....	14
GRÁFICO 3 – Base Scopus	14
GRÁFICO 4 - Base Engineering Village	15
GRÁFICO 6 – Volume de retirada de água em m ³ /mês	52
GRÁFICO 7 – Média mensal de precipitação.....	60
GRÁFICO 8 – Percentual de redução	73
GRÁFICO 9 - Potencial de captação no menor mês de precipitação.....	74
GRAFICO 10 – Volume de first flush x turbidez.	75
GRÁFICO 11 – Payback	77

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Distribuição da água no mundo	20
TABELA 2 – Consumo no Brasil	27
TABELA 3 – Volume de água utilizado pelas indústrias.....	29
TABELA 4 – Escala de dureza da água	36
TABELA 5 – Qualidade da água fins não potáveis.....	39
TABELA 6 – Coliformes totais coliformes totais	50
TABELA 7 - Cor.....	50
TABELA 8 - Cloro.....	51
TABELA 9 – Turbidez.....	51
TABELA 10 - Flúor	51
TABELA 11 – Análise da água do obturador.....	66
TABELA 12 – Tabela de consumo por ponto de uso	67
TABELA 13 – Informações para cálculo do reservatório	68
TABELA 14 – Volume de médio de precipitação na região.....	69
TABELA 15 – Método de simulação.....	70
TABELA 16 – Retorno de Investimento.....	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
ANA	AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO
CONAMA	CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE
DBO	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO
DQO	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO
NBR	NORMA BRASILEIRA
OD	OXIGÊNIO DISSOLVIDO
ONU	ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS
PNRH	POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS
PURAE	PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO E USO RACIONAL DA ÁGUA DAS EDIFICAÇÕES

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Contextualização	11
1.2	Formulação do problema.....	11
1.3	Justificativa	12
1.3.1	A relevância do tema sobre o uso da água da chuva pelo mundo	12
1.4	Hipótese	15
1.5	Objetivo	16
1.5.1	Objetivo Geral	17
1.5.1	Objetivos Específicos	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1	Água.....	18
2.2	Importância da água.....	19
2.3	Ciclo hidrológico	21
2.4	Histórico do aproveitamento da água da chuva	23
2.5	Aproveitamento da água de chuva	24
2.5.1	No Mundo.....	24
2.5.2	No Brasil.....	25
2.6	Potabilidade da água.....	26
2.7	Consumo de água no Brasil	26
2.8	Cenário de água em Curitiba e região metropolitana.	28
2.9	Política Nacional de Recursos Hídricos.....	30
2.10	Legislação	31
2.10.1	Legislação de Curitiba	31
2.10.2	Legislação Municipal	32
2.10.3	Projeto de Lei do Senado nº 324, de 2015.....	33
2.11	Norma ABNT NBR 15.527/2007	34

2.12	Parâmetros da água potável	34
2.12.1	Cor.....	34
2.12.2	Sabor e Odor	35
2.12.3	Temperatura	35
2.12.4	Turbidez	35
2.13	Parâmetro químico	35
2.13.1	Alcalinidade	35
2.13.2	Dureza	36
2.13.3	pH.....	36
2.13.4	Cloretos	36
2.13.5	Ferro e Manganês	37
2.13.6	Nitrogênio	37
2.13.7	Fósforo	37
2.13.8	Oxigênio Dissolvido	37
2.13.9	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	37
2.13.10	Demanda Química de Oxigênio (DQO)	38
2.14	Parâmetros biológicos	38
2.14.1	Coliformes	38
2.15	Qualidade da água pluvial para usos não potáveis	38
2.16	Sistema de aproveitamento de água de chuva	39
2.17	Dispositivos para o sistema de aproveitamento de água de chuva	40
2.17.1	Área de captação	40
2.17.2	Calha	40
2.17.3	Filtro de folhas e Grade	41
2.17.4	Reservatório	43
2.18	Métodos de dimensionamento de reservatório de água pluvial.....	44
2.18.1	Método Rippl	44
2.18.2	Método de Simulação.....	44

2.18.3	Método Azevedo Neto	45
2.18.4	Método Prático Alemão	45
2.18.5	Método Prático Inglês.....	45
2.18.6	Método Prático Australiano	46
3	A EMPRESA EM ESTUDO	47
3.1	Localização da empresa.....	47
3.2	Segmento industrial.....	48
3.3	Pontos de consumo de água.....	48
3.4	Abastecimento de água na empresa	49
3.4.1	Qualidade da água atual utilizada na empresa	49
3.4.2	Volume de água utilizado	52
3.5	Pontos com potencial para coleta	52
3.5.1	Canaleta de drenagem	53
3.5.2	Água do sistema de drenagem.....	54
3.5.3	Sistema de climatização.....	55
3.5.4	Obturador	57
3.6	Reservatório	58
4	METODOLOGIA	59
4.1	Levantamento pluviométrico da região.....	59
4.2	Localização dos pontos de coleta	60
4.3	Quantificação dos volumes por ponto proposto	61
4.3.1	Canaleta de drenagem	62
4.3.2	Água do climatizador industrial.....	63
4.3.3	Água do fosso de drenagem	63
4.4	Mapeamento do fluxo atual do consumo da água na indústria.	63
4.5	Coleta e análise das amostras	64
4.5.1	A coleta da água	65
4.5.2	Resultado das análises	66

4.6	Levantamento do consumo por ponto (não potável)	67
4.7	Dimensionamento do reservatório.....	67
4.8	Aplicação teste da água coletada.....	71
4.9	Avaliação preliminar do investimento	71
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
5.1	Proposta do novo fluxo de distribuição de água	77
6	CONCLUSÕES	80
6.1	Sugestões de trabalhos futuros.....	81
	REFERÊNCIAS	82

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população traz consigo o aumento do consumo de água e a baixa qualidade das fontes contribui ainda mais para um déficit de abastecimento urbano (TEIXEIRA et al., 2019). A Organização das Nações Unidas (ONU, 2015) consideram a água doce um recurso finito e frágil que é sempre pressionado devido ao crescimento da população, atividades agrícolas e industriais sinalizam um déficit de água nos próximos anos. Se não houver uma redução drástica em 2030 podemos ter um déficit de 40%, estima-se que a demanda no abastecimento de água potável na indústria entre 2000 e 2050 vai crescer em 400% (ONU, 2015). Vale ressaltar que a falta de água impacta a população de maneira geral incluindo a atividade industrial, e a resolução ANA Nº 77, de 1º de junho de 2021, traz no inciso III do Art. 1º da Lei nº 9.433, de 1997, a definição de que em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é direcionado para o consumo humano e a dessedentação de animais, logo não sendo priorizada a atividade industrial pode ser comprometida. A falta de água é um problema conhecido em algumas regiões no Brasil e no mundo e para mitigar o alto consumo, a captação de chuva vem sendo uma das alternativas incentivadas pelo governo de alguns países (LEE et al, 2016). Algumas iniciativas pontuais e diversos estudos são feitos e publicados anualmente, porém o tema com foco na indústria ainda é algo pouco difundido (THOMÉ et al., 2019).

A captação de água através de fontes alternativas na indústria para aplicação em processos de fabricação e fins não potáveis, pode contribuir significativamente com o aumento da disponibilidade de água para consumo da população, a coleta da água da chuva por exemplo, não é algo novo, mas sim milenar e vem se aprimorando cada vez mais ao longo dos anos (CAMPISANO et al, 2017). Diante do exposto, esta pesquisa aborda a captação, armazenamento e distribuição de água da chuva e demais águas identificadas como fontes na indústria para aplicação não potável. Como uma forma de fundamentar essa pesquisa, a mesma iniciou-se através do levantamento do consumo de água potável no Brasil, posteriormente focando em Curitiba e região metropolitana, dada a regionalização do trabalho as bases da ANA e Sanepar contribuíram fortemente para este trabalho.

1.1 Contextualização

Apenas 2,5% da água do mundo é potável, esta água além de ser um recurso vital para a população, ela também é fundamental para diversos processos produtivos na indústria, sendo o terceiro maior consumidor desse recurso. A água potável é um recurso “frágil” e mesmo não sendo finito, esta é tratada em algumas literaturas desta forma, em verdade é um recurso renovável e para minimizar seu consumo em estado potável, algumas técnicas como aproveitar a água da chuva vem sendo adotada em algumas comunidades e indústrias (TOMAZ, 2011).

Segundo Tomaz (2011) a técnica de aproveitamento de água da chuva não é algo novo, ela é uma técnica milenar, mesmo sem data exata um artefato datado de 830 a.C a cisterna já era um recurso alternativo de aproveitamento de água da chuva, mas ainda não é uma técnica significativamente difundida, uma vez que em grandes centros ainda não temos esse sistema implementado em larga escala, seja este em residências, hospitais, edificações públicas ou até mesmo na indústria.

1.2 Formulação do problema

Apesar da técnica de aproveitamento de água da chuva representar uma cultura milenar, muitas empresas ainda não fazem esse tipo de aproveitamento, por fatores como o investimento inicial e longo prazo para retorno do investimento principalmente em função ao baixo o custo da água, e por muitas vezes o limitado espaço físico para instalação de bombas e cisternas. O crescimento da atividade industrial de Curitiba e região metropolitana, mais especificamente na Fazenda Rio Grande Região já reflete na disponibilidade de água da região onde a empresa em estudo está situada, e como consequência atualmente já temos na empresa cortes de abastecimento nos finais de semana.

A atividade industrial da empresa em estudo (metalúrgica multinacional), depende muito da água em seu processo produtivo, pois 85% do líquido de usinagem é composto pela água os demais 15% são aditivos, e mesmo que haja recirculação desses líquidos feita pela central de água e óleo temos a necessidade de reposição daria de água nessas centrais.

Para a captação de água vinda de fontes alternativas previamente identificadas na área da empresa, para emprego no processo produtivo da empresa, primeiramente

é necessário que a água seja analisada e posteriormente a mesma deve receber um tratamento adequado baseado nos resultados dos ensaios físico-químicos, para que desta forma a água esteja em uma condição segura mesmo que a aplicação fim seja não potável.

Neste sentido, a problemática desse tema engloba as formas de realizar a captação, armazenamento, aplicação em processos de fabricação e outras aplicações não potáveis, não somente da água da chuva que é nosso maior potencial de captação, mas também de águas como a do sistema de climatização, fosso de drenagem e calhas de drenagem da área permeável na empresa.

1.3 Justificativa

A região metropolitana de Curitiba, e em especial a Fazenda Rio Grande, vem sofrendo com a escassez de água desde meados de 2017, e a empresa em estudo já sente o impacto com a interrupção do abastecimento de água principalmente nos finais de semana. Disposto no inciso III do Art. 1º da Lei nº 9.433, de 1997, cita que em caso de escassez a prioridade do abastecimento é para fins de consumo humano e a dessedentação de animais, logo a indústria precisa se adaptar tanto para a redução de retirada de água potável quanto para a coleta de água através fontes alternativas, a atividade industrial poderá sofrer impactos ainda maiores com o agravamento da estiagem. Desde 2020 o estado do Paraná passa por um período de escassez hídrica histórica, e estamos atualmente no terceiro decreto de emergência hídrica. O mais recente decreto (decreto 8.299/2021) publicado em 05/08/2021 pelo governo do Paraná que tem validade de 90 dias e dispõe de medidas para uso, monitoramento, gestão do recurso hídrico, gestão dos rodízios entre outras tantas, como forma a mitigar os efeitos da escassez. Os rodízios sugeridos nesse decreto definem um período de 24 horas considerando da interrupção até a retomada do abastecimento, podendo ser extrapoladas em condições emergenciais e de força maior.

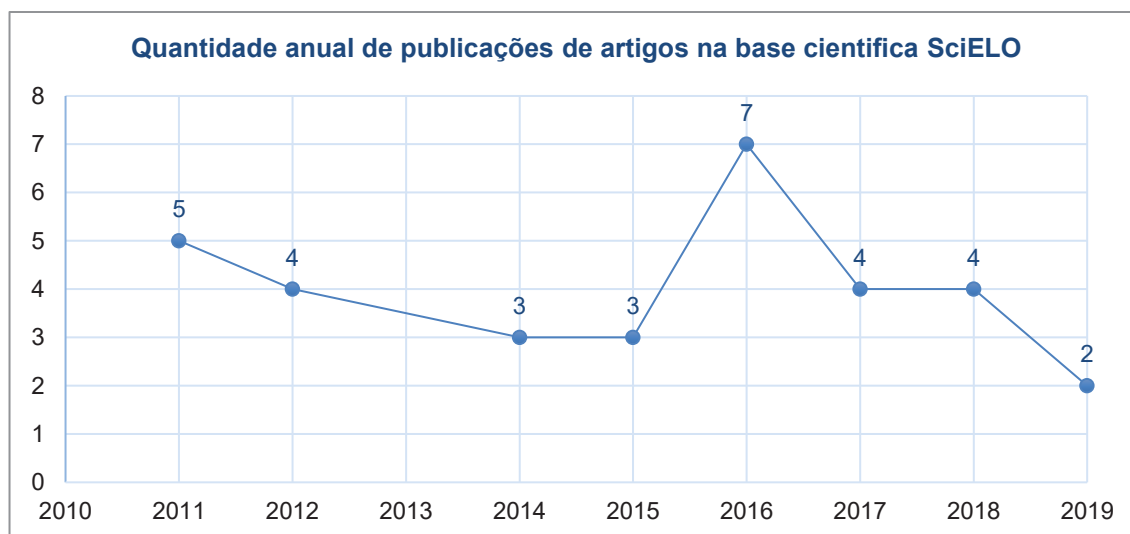
1.3.1 A relevância do tema sobre o uso da água da chuva pelo mundo

As pesquisas utilizadas nesse trabalho foram realizadas através das bases dispostas no portal da Capes, tais como; Scopus, Web of Science direct, SciE-LO,

Engineering village. A plataforma de mapas dinâmicos e relatórios de conjuntura das águas disponibilizados pela ANA (Agência Nacional de Águas) contribuiu muito para o entendimento do cenário da região de Curitiba e Fazenda Rio Grande, e dados relevantes da qualidade da água atual consumida pela empresa vieram através dos relatórios da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar).

Como primeira avaliação sobre publicações neste tema, foi realizado inicialmente uma busca na base científica SciELO, utilizando um período de 10 anos para poder melhor verificar a evolução das publicações em um maior período. A representação do número de publicação da base SciELO com os filtros de 2010 a 2020, aponta que o maior número de publicação para o tema de reuso da água veio em 2016 com 7 publicações. Nas demais bases pesquisadas utilizando as mesmas “*Keywords e strings*” as publicações apresentaram um crescimento maior reforçando a relevância do tema para a realização deste trabalho. (GIL et al., 2020), (Gráfico 1).

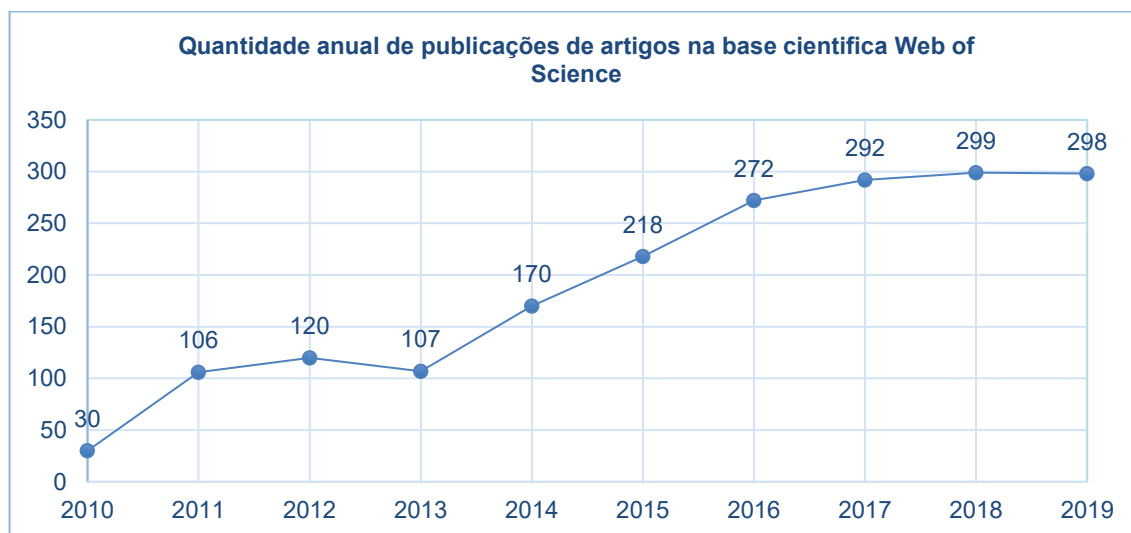
Gráfico 1 - Base Scielo



Fonte: Gil (et al., 2020).

Após avaliação do gráfico acima fica claro que a quantidade de publicações disponíveis para esse tema não resultou em uma quantidade significativa de artigos com base nisso, a busca seguiu para outras bases científicas. Na sequência a busca foi direcionada para a base da Web of Science, aplicando os mesmos filtros obtendo assim um novo resultado bastante diferente do exposto acima, onde neste, foram apresentados um total de 1,912 publicações relacionadas ao tema, demonstrado no gráfico abaixo. (Gráfico 2)

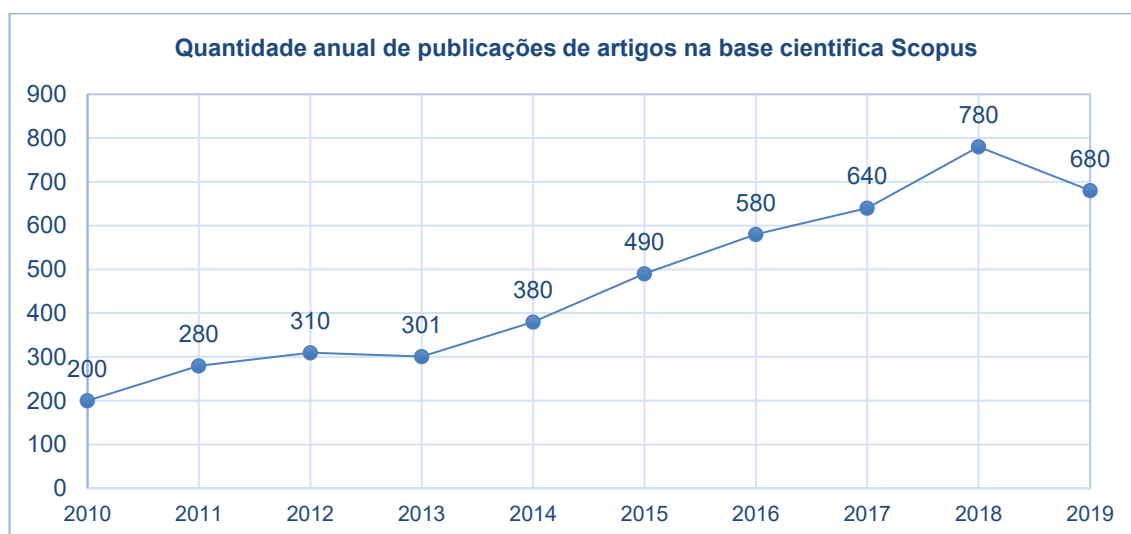
Gráfico 2 - Base Web of Science



Fonte: Gil (et al., 2020).

A evolução das publicações demonstradas no gráfico acima reforça a relevância do tema com o avanço dos anos, logo as pesquisas por captação de água através de fontes alternativas aumentam à medida que o recurso água vai se tornando mais escasso. A base Scopus representou um número ainda maior que as duas bases citadas anteriormente, e demonstra uma tendência crescente, que pode ser conferida no gráfico abaixo. (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Base Scopus

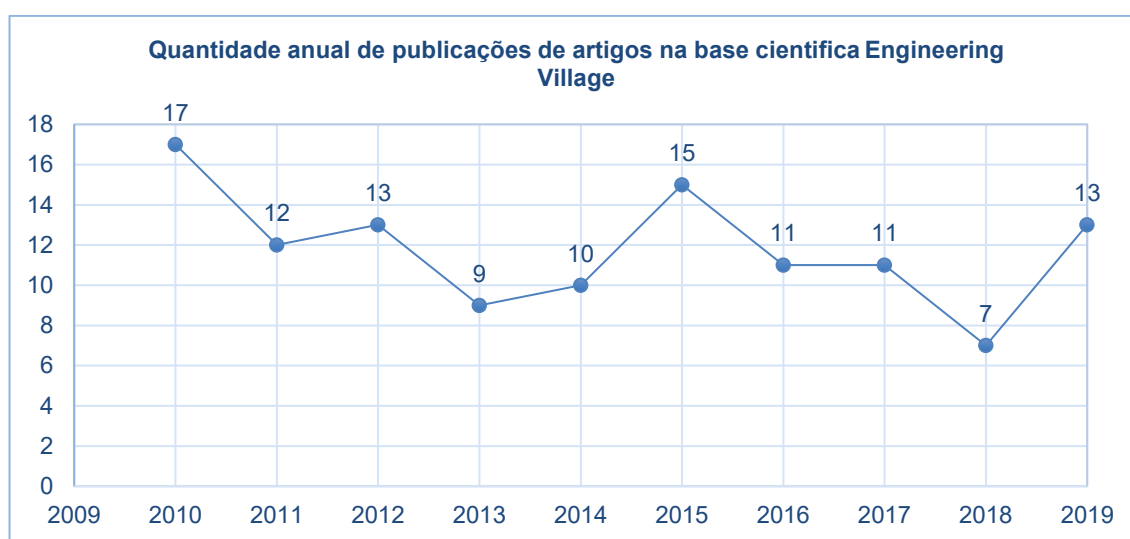


Fonte: Gil (et al., 2020).

O gráfico acima além de apontar uma tendência crescente, foi o que mais demonstrou resultados dispersos no quesito região e países, reforçando assim

relevância do tema em nível global. Mesmo após entender que o tema é relevante e as publicações virem crescendo ano após ano, a pesquisa avançou em mais uma base de dados, está voltada à engenharia, a Engineering village, com um acervo mais técnico bastante voltado a engenharia demonstrou resultados menos crescente, porém com conteúdo mais técnico voltado efetivamente para ao sistema tecnológico e recursos técnicos integrados para a armazenagem, tratamento e filtragem de água da chuva. Os números de publicações podem ser vistos no gráfico abaixo. (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Base Engineering Village



Fonte: Gil et al. (2020).

Portanto, no gráfico acima nota-se que anualmente existem publicações relacionadas ao tema mesmo não apresentando uma tendência crescente, neste caso, mas sim demonstrando uma certa estabilidade, ainda assim é possível verificar que independentemente da quantidade de publicações, o tema aparece em todas as bases pesquisadas. Desta forma é possível concluir que o tema é importante para a sociedade e empresas do setor público e privado.

1.4 Hipótese

A pesquisa realizada através da leitura de diversos artigos demonstrou que a maioria das técnicas de coleta de água da chuva está voltada para limpeza geral e descargas em vaso sanitário. Mesmo as pesquisas realizadas com foco em indústria também, direcionam a atenção para coleta, armazenamento, e aplicação final voltada

a limpeza geral e sanitários. Não foi localizado uma aplicação em processos específicos de usinagem, porém, foram evidenciadas aplicações em diversos seguimentos industriais e em distintas regiões não só no Brasil como no mundo, contribuindo assim com este trabalho. De acordo com Thomé (et al., 2019) o emprego da água da chuva aplicado diretamente no processo produtivo pode ser feito também em processo de produção, no caso estudado a água da chuva foi empregada no beneficiamento de couro animal, em um grande curtume, e mesmo para este fim, a “dureza” da água precisou ser trabalhada, logo não é somente captar, armazenar e empregar ao processo, é necessário também adequá-la a sua necessidade de uso.

No âmbito da indústria estudada, conhecer a NBR15.527/2007 é o primeiro passo para iniciar um esboço de fluxo de um sistema de captação e distribuição de água não potável. Já em campo o primeiro passo é conhecer os pontos de consumo de água não potáveis, mapear o fluxo atual, e depois quantificar esses volumes separando do volume total de água potável consumido pela empresa. Com os volumes quantificados inicia-se a busca por pontos de captação de água que no caso vai além de apenas água da chuva, o levantamento de pontos para coleta de água é uma atividade 100% em campo e requer análise físico-química de cada uma das amostras coletadas para que haja subsidio técnico para efetivar a coleta, armazenamento e tratamento desta água, antes de falar no emprego desta, seja ele em torres de refrigeração, sanitários, limpeza, processos de usinagem entre outros. Das fontes em potencial uma fonte que pode ser empregada direto na limpeza diária é a do climatizador que é considerada uma água mais “nobre” por ser resultado do processo de condensação e não ter contato com outras fontes diretas de contaminação, de qualquer forma o novo fluxo de distribuição irá contemplar também a coleta e armazenamento desta água e verificar se há a necessidade de tratamento químico antes do uso.

1.5 Objetivo

O objetivo deste trabalho é atender a necessidade da empresa na redução do consumo de água potável empregada para fins não potáveis através da captação, armazenamento, distribuição e aplicação da água vinda de fontes alternativas em processos produtivos não potáveis, aumentando assim a disponibilidade de água potável na rede pública, de forma mais direta, beneficiando os moradores locais e

indiretamente a população da cidade como um todo. Promovendo também uma redução riscos de parada na atividade industrial por falta deste recurso. O *payback* não será impeditivo para esse projeto por se tratar de uma necessidade global do grupo, e em função dos projetos de natureza sustentáveis serem comumente mais difíceis de dar um *payback* abaixo de 3 e 5 anos.

1.5.1 Objetivo Geral

Para realizar a redução do consumo de água potável empregada para fins não potáveis será necessário realizar alguns passos como os descritos abaixo;

- Identificar o consumo médio mensal de água da indústria em estudo em contraste à disponibilidade hídrica da região através dos dados da ANA e Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar);
- Compor o volume de consumo de água potável e calcular a sua redução potencial;
- Realizar o levantamento das fontes de coleta da água consumida;
- Realizar ensaios físico-químicos das águas (potencial alternativas) a fim de verificar a qualidade das mesmas e avaliar a viabilidade do uso.

1.5.1 Objetivos Específicos

Atualmente toda água da empresa vem direto da rede pública gerida pela Sanepar o volume mensal médio consumido de água na empresa é de 508m³, o volume de redução esperado pela empresa é de pelo menos 30% (152m³) que vai de acordo com a política ambiental interna do grupo.

2 REFERÊNCIAS

Nesse capítulo foi abordado todo conteúdo que permitiu a compreensão da história sobre a captação de água e ciência envolvida no ciclo das águas servindo de base para a construção do trabalho, uma passagem abordando diversos níveis, entre definições da água e sua importância, histórico de captação de água da chuva, método de cálculo para reservatórios, legislação entre outros temas relacionados.

2.1 Água

O planeta terra em sua maior parte é composto por água que é encontrada em diferentes tipos de estado sendo, líquido, sólido e gasoso. A água é um recurso fundamental para a vida na terra e por ser um recurso encontrado na natureza em abundância, sempre foi explorado sem muitas preocupações com sua escassez. Como está presente em todos seres vivos sendo indispensável para a vida em nosso planeta, logo é um recurso vital para todos seres vivos, como por exemplo o ser humano que pode ter até 60% do seu peso composto por água, nas plantas atinge até 90% do seu peso, e em determinados seres aquáticos esse número chega até 98% (BASSOI, 2014).

Se aproximadamente 75% da superfície no planeta terra é composta por água, dessa maneira é possível falarmos sobre escassez de água? Não há dúvidas, porém, não podemos falar que a água acabará em nosso planeta pois a água sendo um elemento químico possui massa e é atraída pela força da gravidade existente em nosso planeta. A água existente em nosso planeta está em constante movimento, e a quantidade é invariável a milhares de anos, isso graças ao ciclo hidrológico (BASSOI, 2014).

O programa da Companhia de Saneamento de Minas Gerais conhecido como "Chuva de Educação Sanitária e Ambiental", classifica a água como água doce e água salgada. A água doce que representa 2,5% do total de água do planeta, sendo que temos 70% desta em geleira e o restante em rios, lagos e lençóis subterrâneos e a água salgada representa 97,5% do volume de água de nosso planeta estando presente nos oceanos, que cobrem cerca de 75% da superfície da Terra. O rápido e desordenado crescimento populacional traz consigo um aumento de demanda de água potável, e com isso vem a necessidade de buscar práticas sustentáveis para

otimizar os recursos hídricos (COPASA, 2015). Logo é necessário que a população e entidades públicas e privadas passem a adotar medidas que contribuam para a preservação e manutenção desse vital recurso.

2.2 Importância da água

A água doce é um recurso imprescindível essencial para manter a vida no planeta Terra. Ela está de forma intrínseca ligada à saúde, bem estar e até à dignidade do ser humano. A água é responsável pela variação climática e manutenção dos rios, lagos e oceanos, fornecendo condições para o desenvolvimento de plantas e animais, desta forma reforçando o seu conceito de recurso essencial para vida, além disso é vital para geração de energia como por exemplo nas hidrelétricas, também essencial para agricultura e é claro na indústria possui múltiplas aplicações, seja como um elemento de um produto ou mesmo em um processo produtivo. (RIBEIRO et al., 2017).

Mesmo que a água do mundo não se acabe ela se transforma, e o intenso uso e contaminação dela está gradativamente elevando os custos para torná-la potável tornando-se assim cada vez menos acessível para a grande maioria dos habitantes da terra. Ainda hoje a água potável é um recurso de difícil acesso para algumas regiões de nosso planeta. Conforme o relatório da ONU (organização das nações unidas) (ONU, 2021), citando o objetivo 6 da agenda 2030 para o desenvolvimento, defende o acesso universal e equitativo à água potável e ao saneamento até 2030, embora esse objetivo seja claro o desafio a ONU cita que 3 a cada 10 pessoas estão sem acesso à água potável, e mais de 2 milhões vivem em países com o nível hídrico bastante crítico e cerca de 4 milhões de pessoas passam por uma grave escassez de água potável durante, pelo menos, um mês do ano. Segundo os dados levantados pela agência nacional de águas (ANA, 2017) As reservas do Brasil somam cerca de 12% de toda água doce superficial do mundo. O comparativo da reserva de água do Brasil está representado na tabela abaixo (Tabela 1).

Tabela 1 – Distribuição da água no mundo

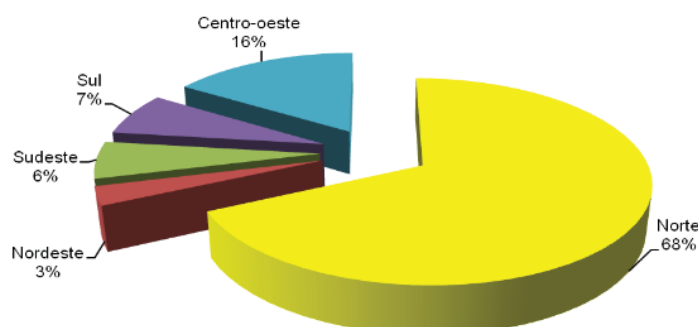
Distribuição da água doce superficial no mundo	
África	9,70%
Américas	40%
Ásia	32%
Europa	15%
Oceania	3,90%
	12% do total mundial
Brasil	18% considerando as contribuições oriundas de território estrangeiro

Distribuição da água doce superficial no continente americano	
América central	6,50%
América do norte	32,20%
América do sul	61,30%
	34,9% do total das américas
Brasil	56,9 do total da América do sul

Fonte: ANA (2017).

Ainda que o Brasil possua uma reserva aproximada de 12% de água doce do planeta a distribuição natural desse recurso não é equilibrada, conforme o relatório da ANA, (ANA 2017) a região amazônica concentra aproximadamente 68% da quantidade de água disponível e os outros 32% estão em formas desigual ao longo do país. Abaixo é possível ver essa distribuição. (Gráfico 5).

Gráfico 5 – Distribuição da água no Brasil



Fonte: ANA (2017).

Um fator de grande relevância é a poluição que impacta diretamente na qualidade da água subterrânea e superficial no Brasil, de modo geral a atividade agrícola, pecuária e industrial somada ao desmatamento vem contribuindo com a má qualidade da água. Em grandes centros aliado ao forte crescimento já é perceptível a falta de água por diversas razões como, dejetos orgânicos e químicos, desvio ilegal da água (roubo), aplicação abundante da água potável para fins não potáveis, além de vazamentos e outros problemas oriundos da poluição e rede de distribuição (TELLES, et al., 2013).

Já em áreas rurais é muito comum a contaminação da água por fatores químicos resultante do vasto emprego de agrotóxicos. O fator estiagem por exemplo também faz com que seja necessária intervenção para que o sistema de abastecimento não entre em colapso, essa intervenção é conhecida como “sistema de rodízio” e com ela é possível minimizar a falta total de água em um determinado período. De acordo com Telles (et al., 2013) as proporções de abastecimento humano são diferentes destacando o fato que entre, países industrializados a maior proporção está em higiene pessoal e descarga em vaso sanitário, e curiosamente no Brasil também com higiene pessoal e utilização em descargas de vaso sanitário, porém as proporções numéricas são muito diferentes.

2.3 Ciclo hidrológico

O ciclo da água existente em nosso planeta, também é conhecido como ciclo hidrológico, a água está em constante movimento, este é um fenômeno global de circulação fechada composto por diversos processos pelos quais a água inicia seu percurso indo de um estágio a outro, como está sempre em transição ela passa por diferentes estados, (sólido, líquido e gasoso) (MIRANDA; OLIVEIRA; SILVA, 2011).

Tanto a urbanização quanto a industrialização somada ao desmatamento contribuem fortemente para a alteração da cobertura do solo que mais tarde afeta o ciclo hidrológico. A heterogeneidade do solo somada as mudanças climáticas também impactam diretamente nas descargas de rios em nível global, vários fenômenos hidrológicos precisam ser estudados mais profundamente a fim de descobrir o impacto no presente e futuro causado por essas variações (GAYATHRI, 2015).

O ciclo da água não tem um local exato para ser considerado como ponto inicial, porém os oceanos seriam um bom ponto de partida uma vez que o sol aquece a água e ela evapora, como pode ser conferido abaixo. (Figura 1)

Figura 1 – O ciclo da água



Fonte: USGS (2020).

O U.S. Geological Survey (USGS, 2020) identificou 16 partes que compõe o ciclo da água (ciclo hidrológico):

- Água nos oceanos
- Evaporação
- Evapotranspiração
- Sublimação
- Água na atmosfera
- Condensação
- Precipitação
- Armazenamento da água como gelo e neve
- Corrente de neve derretida para rios
- Corrente superficial
- Correntes dos rios
- Armazenamento de água doce
- Infiltração
- Armazenamento do lençol freático
- Descarga do lençol freático
- Fontes
- Distribuição global da água.

Vale ressaltar que o ciclo hidrológico não tem um começo definido, porém para fins didático é possível de forma resumida apresentar na seguinte ordem:

- A) A água dos oceanos evapora e forma o vapor de água;
- B) Em certas condições este vapor precipita em forma de chuva, neve, granizo, etc (precipitação);
- C) A parte da precipitação que não chega ao solo evapora novamente;
- D) Outras partes da precipitação atingem os oceanos e lagos;
- E) Ao atingir a superfície terrestre uma parte da precipitação é interceptada pela vegetação tendo uma parte evaporada e outra segue para o solo;
- F) Da parte que chega ao solo uma infiltra no solo (sub superfície) e outra segue para os corpos de água como lagos e rios.;
- G) Parte infiltrada percorre atinge os aquíferos (percolação), também seguem para rios e lagos (subterrânea);
- H) Outra parte da precipitação que chega até o solo segue pela superfície retidas pelo relevo uma parte evapora e outra segue o curso para rios e lagos, oceanos e absorvida pelas vegetações;
- I) As vegetações que retêm a água às eliminam em forma de transpiração (vapor), gerado através da fotossíntese;
- J) As águas que chegam até os rios independente do meio que chegaram, seguem para lagos e oceanos direcionada pela gravidade (EPA, 1998)

O fato relevante do ciclo é que a evaporação está presente na maior parte do ciclo, e na vegetação a evaporação é chamada de evapotranspiração.

2.4 Histórico do aproveitamento da água da chuva

Atualmente o assunto de aproveitamento de água pluvial vem sendo bastante difundido, porém o aproveitamento desta água é uma técnica bastante antiga, por ser um bem essencial para a vida e desenvolvimento humano precisa sempre ser vista como prioridade na sociedade justamente por impactar diretamente no meio social, econômico e cultural. A história retrata que o homem busca aumentar a disponibilidade desse recurso fundamental para a vida desde a antiguidade (DORNELLES, 2012).

O aproveitamento de água da chuva é uma técnica desenvolvida para que as pessoas tivessem uma maior quantidade de água disponível de forma mais acessível para todos. A água abrange não somente a esfera de recurso essencial para vida e sim no âmbito social, econômico e cultural, dada sua importância. A história relata que há muitos anos o homem busca meios para que a água esteja sempre disponível em abundância, principalmente em áreas com menos disponibilidade desse recurso como em regiões áridas e semiáridas (TOMAZ, 2011).

Não se sabe ao certo quantos anos tem as primeiras iniciativas com foco em armazenamento de água da chuva, porém segundo Dornelles (2012) existem registros de estruturas desenvolvidas com o mesmo propósito datadas de 3.000 a.C. Reforçando o conceito de que essa é uma técnica antiga, Tomaz (2011) cita que em

830 a.C foi encontrado na região de Moab, próximo a Israel, uma pedra moabita onde já continha a determinação do Rei de que cada casa precisaria ter uma cisterna para armazenar a água da chuva, A pedra com a escritura é apresentada na figura abaixo (Figura 2).

Figura 2 – Pedra de MOAB



Fonte: Cline (2009).

2.5 Aproveitamento da água de chuva

2.5.1 No Mundo

A água sendo um recurso indispensável para a vida, e a coleta e armazenamento da água da chuva sendo cada vez mais estudada e difundida em meio a população, abrangendo não somente as regiões com maior escassez de água, mas também sendo empregada, mesmo ainda de forma mais tímida em grandes centros urbanos para o controle de enchentes. Os artigos publicados em base científica também ilustram aplicações com 2 propósitos no mesmo projeto, como por exemplo em algumas regiões da China, vem sendo realizando diversos projetos de captação com foco na redução da escassez de água e também para contenção de

enchentes, resolvendo duas situações críticas com o mesmo projeto (JING et al., 2018).

Em alguns países e estados o governo é o próprio incentivador para que os programas de captação e armazenamento de água da chuva sejam aplicados em grande escala. No México uma empresa conseguiu chegar a uma captação e aproveitamento de água da chuva que atende toda sua demanda (ZAVALA et al, 2018), é claro que são processos diferentes da empresa metalúrgica em estudo, porém reforça a importância do aproveitamento da água para a redução de uso de água potável para fins não potáveis. Na Austrália a técnica de aproveitamento de água de chuva já é algo popular, com a aplicação mais comum voltada para a redução da escassez da água potável (HATT et al, 2007). Ao norte de Portugal na cidade de Mirandela, foi projetado um sistema de captação para limpeza em geral (SANCHES e FERNANDEZ et al, 2015), reforçando que a coleta de água de chuva vem se tornando mais popular e necessária a cada ano, independentemente dos fatores que a motivam sejam esses relacionados a escassez, sistemas de drenagem pluvial saturados ou até mesmo motivados pelas diversas possibilidades de emprego desta água para fins não potáveis a consequência será uma maior disponibilidade de água potável para a sociedade como um todo.

2.5.2 No Brasil

O Brasil não é diferente do restante do mundo, de acordo com Melo (2007) antes do século passado já havia o emprego de cisternas no nordeste brasileiro. A cisterna utilizada na ilha de Fernando de Noronha é citada em um relato de 1943 e até hoje é utilizada para o abastecimento da população local, o exército americano foi responsável pela construção desta cisterna.

Mesmo havendo uma grande reserva de água doce no Brasil, a distribuição não é uniforme em todo seu território, as áreas rurais falando mais especificamente das regiões áridas e semiáridas, onde por muitas vezes as fontes de captação como poços, rios e nascentes dispõe de volumes de forma sazonal dependem mais fortemente das cisternas (SILVA et al., 2012). Com base nesse cenário uma ação conjunta envolvendo Governo Federal, organização não governamental (ONGS), Ministério do Meio Ambiente (MMA), da Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA), e do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS), somada também

a Agência Nacional das Águas (ANA), ao ano de 2001 deu-se início a um programa de formação e mobilização social para a convivência com o semiárido intitulado como “Um Milhão de Cisternas Rurais - P1MC”. (BRASIL, 2013).

O cenário hídrico da região do semiárido é crítico e sem o programa de cisternas toda produção agrícola e pecuária da região é afetada. Vale ressaltar que a água impacta diretamente no aspecto social pois o acesso à água é um direito humano e não é alienável. Ainda que no Brasil o programa de aproveitamento de água da chuva está bastante direcionado para áreas onde o cenário hídrico é bastante comprometido, hoje em grandes centros como São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba e região, o aproveitamento de água vem sendo inserido em novos prédios residenciais e condomínio de casas com intuito de reduzir a utilização de água potável para fins não potáveis (MOTA, 2019).

2.6 Potabilidade da água

A água para consumo humano, para que seja considerável potável precisa atender a um padrão, estes são indicados pela portaria GM/MS Nº 888, DE 4 de maio de 2021 do Ministério da saúde, que faz a disposição dos procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. A água por ser vital para a vida precisa ser constantemente monitorada pois pode se tornar um grande meio de transmissão de diversas doenças.

Para que a água seja considerada potável, esta precisa atender os critérios físico-químico, microbiológicos, radioativos descritos nesta portaria, caso a água não se enquadre nos parâmetros descritos na norma ela é considerada não potável.

2.7 Consumo de água no Brasil

O consumo médio de água no Brasil pode ser acompanhado pelos relatórios da ANA (Agência Nacional de Água). Segundo o relatório de conjuntura anual de águas 2019 publicado pela ANA, o consumo de água é dado principalmente para a irrigação. E esse volume tende a aumentar em 24% até 2030 (ANA 2019). Na tabela abaixo podemos verificar o consumo da água em território brasileiro. (Tabela 2).

Tabela 2 – Consumo no Brasil

Consumo de água no Brasil - 2019	
Retirada Total	2.083 m ³ /s
Irrigação	49,80%
Abastecimento Humano	24,30%
Indústria	9,70%
Animais	8,40%
Termoelétricas	4,50%
Suprimento rural	1,60%
Mineração	1,67%

Fonte: ANA (2019).

Com 9,7% do volume de retirada de água a indústria assume o terceiro lugar no ranking de retirada de água, tomando uma posição relevante para o desenvolvimento de trabalhos que possam reduzir essa retirada aumentando a disponibilidade desse recurso para consumo humano. Evidencia-se essa mesma distribuição de consumo de maneira ilustrada na figura abaixo. (Figura 3).

Figura 3 - Água retirada nas bacias hidrográficas em 2019



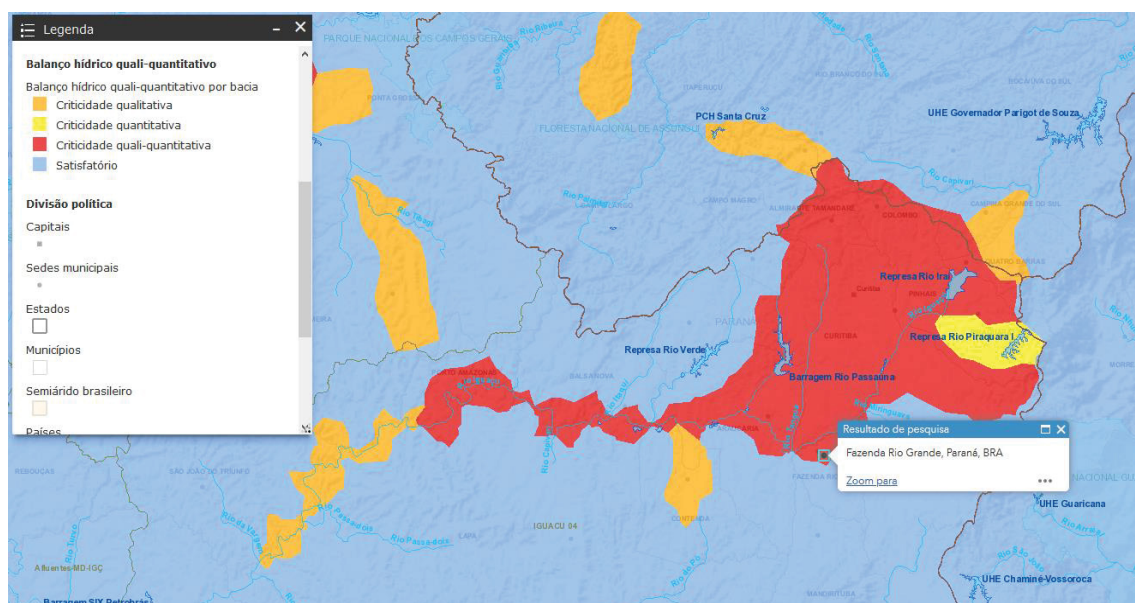
Fonte: Relatório de conjuntura Brasil (ANA 2019)

Apesar do trabalho estar focado na indústria, a figura acima aponta para a irrigação como o maior consumidor, seguido do abastecimento humano abrindo oportunidades para a realização de trabalhos futuros com foco principalmente voltado para desperdício.

2.8 Cenário de água em Curitiba e região metropolitana.

Explorando mais de perto os pontos de consumo e direcionando a pesquisa para área da região metropolitana de Curitiba, mais especificamente ao município de Fazenda Rio Grande, local onde a empresa em estudo está situada, o mapa interativo da Agência Nacional de Águas (ANA 2020) demonstra através do balanço quali-quantitativo que Curitiba e região metropolitana estão classificadas como “Críticidade quali-quantitativa”, essa qualificação é dada devido à alta demanda (retirada) e grande quantidade de carga orgânica lançada aos rios. Abaixo podemos notar a seleção do município de Fazenda Rio Grande em vermelho. (Figura 4).

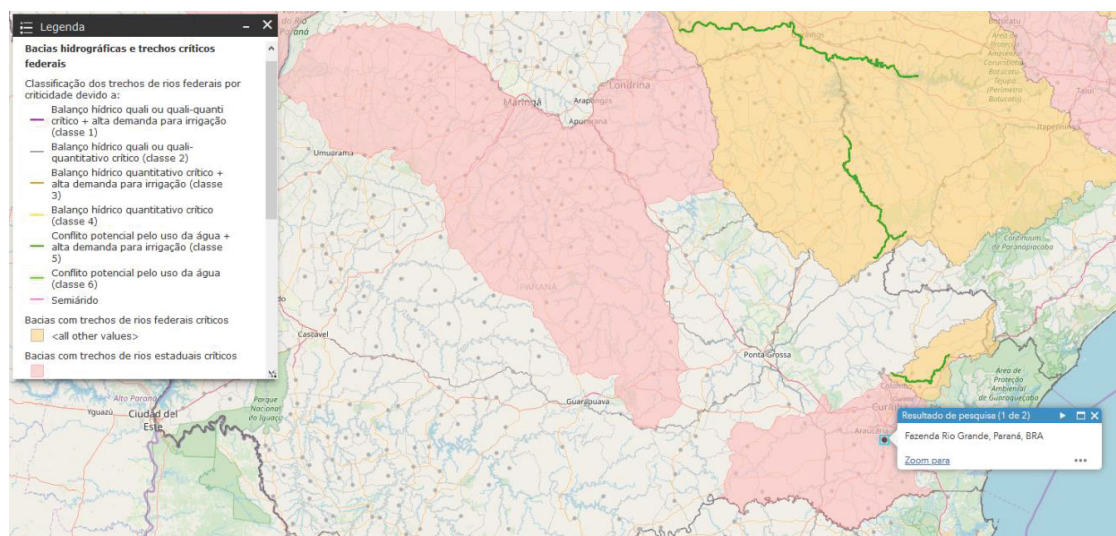
Figura 4 – Balanço hídrico quali-quantitativo.



Fonte: Mapa Interativo ANA (2020).

Desta forma pode-se perceber que o cenário da região requer alternativas para mitigar a escassez uma vez que o município continua em crescimento e logo a demanda de água também crescerá com esse desenvolvimento. Ainda avaliando esta região é possível verificar também a criticidade apontada nas bacias hidrográficas e trechos de rios críticos na região da Fazenda Rio Grande. (Figura 5).

Figura 5 – Região da Fazenda Rio Grande.



Fonte: Mapa Interativo ANA (2020).

As figuras 4 e 5 acima demonstradas, reforçam a ideia de que algo precisa ser feito, e não somente pelas empresas privadas, mas entidades públicas e a própria sociedade precisam contribuir fortemente na busca por alternativas na redução do consumo de água. Os atuais racionamentos nos finais de semana já são comuns nesta região, mesmo que ainda não impactem em nossa atividade industrial esse cenário aponta para mais racionamento de água na indústria o que em alguns anos pode se reverter em parada da produção uma vez que a água é fundamental no processo de usinagem.

A retirada de água no município de Fazenda Rio Grande pelas indústrias estão apresentadas na tabela abaixo com dados disponíveis pela ANA datado pelo ano de 2015 e divulgado no relatório de conjuntura das águas de 2017 (ANA 2017). (Tabela 3).

Tabela 3 – Volume de água utilizado pelas indústrias

Vazão a Total para uso Industrial em 2015 (l/s): Fazenda Rio Grande	
Geocódigo	4107652
Município	Fazenda Rio Grande
Vazão Retirada em 2015 (l/s)	55,45
Vazão Consumida em 2015 (l/s)	14,49
Vazão de Retorno em 2015 (l/s)	40,96

Fonte: Relatório de Conjuntura das águas ANA (2017).

O cenário de Curitiba e região metropolitana, incluindo a Fazenda Rio Grande, está em uma condição onde se faz necessária uma nova mudança no comportamento das empresas frente ao uso da água unicamente vindo da rede pública. Segundo o relatório de conjuntura de recursos hídricos da agência nacional de águas (ANA, 2019), regiões hidrográficas do atlântico sul, sudeste e do Paraná, possuem nessa ordem as maiores demandas avaliando o seguimento industrial, o principal motivo é que nessa região se concentra as cidades com maior atividade econômica do Brasil. Tomando como exemplo bacias como do Tietê e da região hidrográfica do Paraná, fica evidente que esse é o principal uso representando cerca de 45% da vazão retirada da bacia de acordo com as estimativas realizadas pela ANA. Com base nessa afirmação, a participação das indústrias na redução do uso de água potável é fundamental para aumentar a disponibilidade de água.

Vale lembrar que não é somente o consumo que impacta na disponibilidade da água, os efluentes também quando tratados adequadamente proporcionam rios mais limpos com menos complexibilidade de limpeza para ser tratado e disponibilizado para a sociedade como água potável. A água limpa contribui não somente para a população, existe todo um ecossistema atrelado a ela, por exemplo; rios mais limpos que impactam positivamente em toda vida presente nele e em sua proximidade, incluindo a própria vegetação e animais que se desenvolvem de forma mais equilibrada. Os temas sobre aproveitamento de água são essenciais para todo o mundo, não apenas para um país ou região, porém por não haver forte divulgação a população não se interessa em adotar esse sistema (MARIANA et al., 2018), muitas vezes por não conhecer os benefícios e o impacto positivo ao meio ambiente, isso reforça que o conceito apesar de estar sendo empregado em algumas regiões, ainda não é algo que está consolidado entre a população de maneira geral.

2.9 Política Nacional de Recursos Hídricos

Conforme a agência nacional de águas (ANA), a lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, ficou conhecida como “Lei das Águas”, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) estabelece diretrizes para a gestão dos recursos hídricos de domínio federal (aqueles que atravessam mais de um estado ou fazem fronteira) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). A política estabelecida está fundamentada em 6 pilares;

- I - A água é um bem de domínio público;
- II - A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- III - Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV - A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- V - A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- VI - A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Por ter uma estrutura descentralizadora, criando um sistema nacional integrando a União e os estados, também inovando através da instalação de bacias hidrográficas fazendo a união dos poderes nas três instancias na gestão dos recursos hídricos a PNRH se torna uma lei diferenciada e moderna que permitiu a criação de condições que identifica os conflitos pelo uso das águas através de planos de recurso hídricos das bacias hidrográficas arbitrando conflitos no quesito administrativo (ABES, 2017).

2.10 Legislação

Para que possa fazer a coleta, armazenamento e utilização da água da chuva é necessário consultar as normas vigentes e as legislações locais, comumente dispostas em arquivo eletrônico na internet.

2.10.1 Legislação de Curitiba

Na cidade de Curitiba a Lei 10.785 de 18 de setembro de 2003, tem foco na conservação e uso consciente da água empregada através do Programa de Conservação e Uso Racional da Água das Edificações (PURA), dentre todo conteúdo descrito nesta lei considerando informações gerais e ações, a utilização de fontes alternativas de captação é abordada pela condução e armazenamento para posterior utilização da água da chuva, o local de captação é citado no artigo 7 desta, destacando que a coleta é realizada na cobertura da edificação e é conduzida para seu armazenamento. A aplicação final é para utilização em pontos não potáveis e aplicações que não requer tratamento como irrigação, lavagem de roupas, fachadas, veículos entre outros (CURITIBA, 2003).

2.10.2 Legislação Municipal

O município de Fazenda Rio Grande possui a LEI Nº 1.365/2020 de 27 de Janeiro de 2020, que criou o Programa de Captação e Recursos de Águas Pluviais, através do sistema cisternas. No artigo 1 é retratado o objetivo de captação, armazenamento e a utilização das águas pluviais nas edificações urbanas e empresas, com as finalidades de:

- a) Despertar a consciência ecológica com intuito de conservar o recurso ambiental água;
- b) Fomentar a conservação das águas e a autossuficiência para o abastecimento;
- c) Reduzir consumo de água potável da rede pública;
- d) Evitar a utilização de água potável onde esta não é necessária;
- e) Promover economia no valor das taxas com a diminuição de consumo de água potável da rede pública;
- f) Ajudar a conter possíveis enchentes, representado parte das águas pluviais que escoam para galerias e corpos hídricos.

Assim como a lei estadual e demais leis conhecidas que tratam do uso de água da chuva, na Fazenda Rio Grande não é diferente, ficando sua aplicação final direcionada para fins não potáveis, reforçado no artigo 2 que a água não potável é aquela imprópria para consumo humano, e deverá ter sua utilização destinada à:

- a) Descarga em vasos sanitários;
- b) Irrigação de jardins;
- c) Lavagem de veículos;
- d) Limpeza de paredes e pisos em geral;
- e) Limpeza e abastecimento de piscinas;
- f) Lavagem de passeios públicos;
- g) Lavagem de peças;
- h) Outras utilizações para as quais não seja necessária água potável

A lei também em seu capítulo 3 faz uma relação de dimensão x a metragem da construção, sendo essas:

- De 100 a 200m² de área construída: cisterna(s) de no mínimo 2.000 litros de água;
- De 200 a 300m² de área construída: cisterna(s) de no mínimo 3.000 litros de água;
- De 300 a 400m² de área construída: cisterna(s) de no mínimo 4.000 litros de água;
- De 400 a 500m² de área construída: cisterna(s) de no mínimo 5.000 litros de água;
- De 500 a 1.000m² de área construída: cisterna(s) de no mínimo 6.000 litros de água;
- Acima de 1000m² de área construída: cisterna(s) de no mínimo 10.000 litros de água;

A lei também cita os cuidados para uso da água bem como a acessibilidade para a manutenção e limpeza da cisterna, também reforça que o excesso da água preferencialmente deveria seguir para uma área permeável e não sendo possível, essa pode ser descartada na rede pública de drenagem.

2.10.3 Projeto de Lei do Senado nº 324, de 2015

Mesmo que alguns municípios já possuam leis complementares que determinam que as novas edificações contemplem em seu projeto a cisterna para coleta de água da chuva e posterior aplicação em fins não potáveis, esta ótima iniciativa ainda fica muito direcionada à determinados municípios. Diante disso e fundamentado no cenário de estresse hídrico, foi elaborado o projeto de Lei nº324 de 2015, que segue em tramitação no senado onde institui a obrigatoriedade da inclusão em seu projeto técnico o uso de cisterna, esse projeto abrange todo tipo de construção seja ele público ou privado (Brasil 2015). Esse projeto de Lei possui 3 artigos descritos abaixo;

- Art.1º Fica instituído para as novas edificações, residenciais, comerciais, industriais, públicas ou privadas, a inclusão no projeto técnico da obra de item referente a captação e aproveitamento de águas pluviais e o seu reuso para fins não consuntivos e áreas em comuns. Parágrafo Único As construções já existentes, quando possível, deverão ser adequadas à nova lei de acordo com a viabilidade técnica e financeira.
- Art. 2º A emissão de cartas de habite-se para edificações construídos a partir da entrada em vigor desta lei, fica condicionada ao atendimento do disposto no Artigo Primeiro.
- Art. 3º Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação

Ao término da leitura sobre as leis que tratam do uso de cisterna para fins não potáveis, fica claro que existe uma preocupação dos governos relacionada ao cenário hídrico. Quando se fala em Leis de nível nacional, relacionada à redução do consumo de água potável através do reuso de água da chuva (não potável), imediatamente é dado um grande passo no quesito sustentabilidade, iniciativas e leis como essas poderão reduzir drasticamente o impacto da escassez de água nos próximos anos como descrito na justificativa do projeto de Lei nº 324 de 2015. Além do grande passo na sustentabilidade esse tipo de projeto em nível nacional impulsionará a popularização do uso de cisternas em construções públicas e privadas.

2.11 Norma ABNT NBR 15.527/2007

A NBR 15.527/2007 é uma norma publicada em pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), intitulada como, “Água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos”. Esta norma faz a disposição de 6 métodos distintos para o dimensionamento de reservatórios para água da chuva. São esses os métodos; Método prático Alemão, Método de Rippl, Método da simulação, método Azevedo Neto, Método prático Inglês e Método prático Australiano. Dentre os métodos apresentados a norma não especifica um método a ser empregado, essa decisão fica a cargo do projetista que leva em consideração desde a área da implantação, critérios ambientais e valores de investimento.

A NBR 15.527/2007 faz também a disposição das informações sobre as instalações prediais incluindo também calhas e condutores além da sugestão de tratamento e qualidade da água. Falando especificamente dos reservatórios estes devem atender a ABNT 12217 – “Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público”, o conteúdo desta traz informações sobre o dispositivo de extravasão do volume excedente, de esgotamento de cobertura, ventilação e dispositivos de segurança. No que diz respeito ao padrão de qualidade da água, este deve ser definido pelo projetista com base em sua aplicação.

2.12 Parâmetros da água potável

Os parâmetros da qualidade da água são dispostos e definidos pela Resolução Conama Nº 357, de 17 de março de 2005, esta classifica os corpos de água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, também estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. A portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde que “Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade”. Os principais parâmetros a serem analisados são apresentados na sequência.

2.12.1 Cor

A coloração da água pode vir a sofrer alterações em função da decomposição de matéria orgânica, e/ou de origem antropogênica por resíduos sejam estes de

esgoto doméstico ou resíduos industriais, a portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde estabelece um valor máximo permitido de intensidade (VMP) de 15Uh descrito no anexo X desta portaria específico para consumo humano.

2.12.2 Sabor e Odor

A potabilidade da água está associada a características como sem “cheiro” (inodora) e sem sabor. O valor máximo citado na portaria no anexo X classifica como 6 o valor máximo permitido de intensidade VMP. Os principais fatores que influenciam nessas características são fungos, bactérias, gases dissolvidos e material em decomposição além é claro do resíduo de esgoto doméstico e indústria.

2.12.3 Temperatura

O parâmetro de temperatura pode influenciar na propriedade da água, por exemplo, o oxigênio dissolvido e a viscosidade. A fonte térmica pode ser a solar e outras de origem industrial bastante usadas em resfriamento de máquinas e equipamentos. Mais recentemente a indústria de mineração de criptomoedas vem contribuindo significativamente com o descarte de água quente no meio ambiente.

2.12.4 Turbidez

A turbidez é representada pela passagem de luz através das partículas em suspensão. O valor máximo normalizado é de 5Ut.

2.13 Parâmetro químico

2.13.1 Alcalinidade

A alcalinidade da água, em altas concentrações podem torná-la amarga, a alcalinidade basicamente é a medida total de substâncias encontradas na água, esta por si, é capaz de neutralizar os ácidos presentes.

2.13.2 Dureza

A relação de dureza da água está relacionada a presença de íons vindo de alguns minerais dissolvidos na água. Para o consumo humano o efeito vai desde alteração no sabor e efeito laxativo. Um efeito bastante comum principalmente em tubulações de água quente é a incrustação nas paredes dos tubos e em grande escala faz com que seja necessário a troca da tubulação, o valor máximo permitido da água é de 500mg/l, a escala de dureza é apresentada na tabela abaixo (Tabela 4).

Tabela 4 – Escala de dureza da água

Classificação	Concentração de Carbonato de Calcio		
	mg/L	ppm	Grau Alemão
Muito mole	0 - 70 mg/l CaCO ₃	0 a 70 ppm	0-4 dGH
Mole (branda)	70 - 135 mg/L CaCO ₃	70 - 135 ppm	4-8 dGH
Média dureza	135 - 200 mg/L CaCO ₃	135 - 200 ppm	8-12 dGH
Dura	200 - 350 mg/l CaCO ₃	200 - 350 ppm	12-20 dGH
Muito dura	+350 mg/l CaCO ₃	mais de 350 ppm	mais de 20 dGH

Fonte: Águas de Alenquer (2021).

2.13.3 pH

O pH - potencial hidrogênio indica se a água é neutra, alcalina ou ácida. O pH da água entre 6 e 9 promove a manutenção da vida aquática, o pH neutro é considerado como 7, superior a 7 (pH alto) promove incrustações em tubulações, e inferior a 7 (pH baixo) que tende a contribuir com corrosão.

2.13.4 Cloretos

O cloreto decorrente da dissolução de minerais e esgotos tanto industrial como domésticos impacta no sabor da água para salgada e pós consumo tem efeito laxativo. A água potável pode conter no máximo 250 mg/L.

2.13.5 Ferro e Manganês

Assim como os cloretos estão presentes em águas subterrâneas decorrente da dissolução de despejo industrial alterando o sabor da água, a cor e o odor, para consumo humano o valor máximo seria de ferro 0,3 mg/l e manganês 0,1 mg/l.

2.13.6 Nitrogênio

As formas que o nitrogênio pode ser encontrado varia entre nitrato, nitrogênio orgânico e amônia. Efluentes industriais, residenciais e fertilizantes compõe a principal fonte. O valor máximo para água potável permitido para nitrato (N) é 10mg/L, de amônia NH_3 1,5mg/l, e nitrito como N 1mg/L.

2.13.7 Fósforo

O fósforo é um nutriente essencial para plantas e animais, porém sua presença em excesso causa um crescimento das algas podendo até esgotar o oxigênio da água. Isso ocorre devido ao esgoto doméstico, resíduo industrial fertilizante entre outros.

2.13.8 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) é vital para a preservação da vida aquática, os dejetos residenciais e industriais reduzem drasticamente essa quantidade de oxigênio colocando a vida aquática em risco iminente. A redução de oxigênio é agravada principalmente pela decomposição de matéria orgânica.

2.13.9 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO é a quantidade de oxigênio necessária para ocorra a oxidação da matéria orgânica por um agente químico, com isso é possível calcular por exemplo a necessidade de aeração para degradar a matéria orgânica. Os laboratórios realizam o ensaio das amostras a 20°C durante 5 dias.

2.13.10 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A DQO é indispensável para a caracterização dos esgotos sanitários e efluentes industriais, por avaliar a quantidade de oxigênio dissolvido em meio ácido que degrada a matéria orgânica. Quando se fala em determinar o nível de poluição de água esta análise é a mais expressiva, e pode se tornar ainda mais relevante quando realizada juntamente com a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), a duração do teste gira em torno de 2 a 3 horas.

2.14 Parâmetros biológicos

2.14.1 Coliformes

Coliforme fecal é uma bactéria gram-negativa de forma alongada que é encontrada no intestino do homem e de outros animais. A ingestão em grandes proporções pode causar doenças como colite hemorrágica, diarreia sanguínea, cólicas abdominais graves, doenças renais, entre outras.

2.15 Qualidade da água pluvial para usos não potáveis

A norma NBR 15.527/07 (ABNT, 2007) descreve que para fins não potáveis o projetista avalia conforme sua aplicação. Em aplicações de uso mais restrito a NBR 15.527/07 recomenda os valores parametrizados na abaixo (Tabela 5).

Tabela 5 – Qualidade da água fins não potáveis

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes Totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre	Mensal	0,5 a 3,0mg/l
Turbidez	Mensal	<2,0 uT, para uso menos restritivos <5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante antes de sua aplicação)	Mensal	<15 uH
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado.

Fonte ABNT (2007).

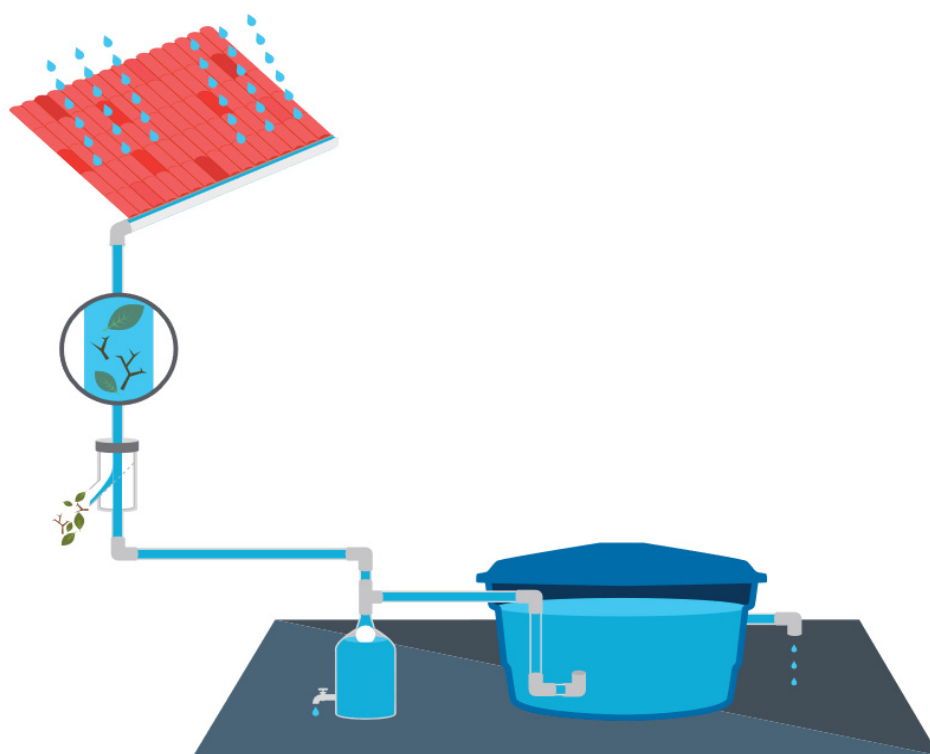
O processo de desinfecção pode ser realizado utilizando raios ultravioleta, cloro ou ozônio, no caso se for optado pelo cloro; b uT é a unidade de turbidez; c uH é a unidade Hazen.

A norma NBR 15.527/2007 descreve que a água da chuva recebendo os devidos tratamentos pode ser empregada para descarga sanitária, limpeza em geral, espelhos d'água e uso industrial.

2.16 Sistema de aproveitamento de água de chuva

O sistema de aproveitamento de água da chuva de maneira bem resumida é composto pela área de captação, condutores de água, sistema de descarte da primeira água, filtros e reservatório (REZENDE et al 2017). A composição básica do sistema de captação de água da chuva ocorre conforme figura abaixo. (Figura 6).

Figura 6 – Componentes básicos de um sistema de captação



Fonte: IPT (2021)

2.17 Dispositivos para o sistema de aproveitamento de água de chuva

Um sistema de captação de água da chuva requer além dos elementos essenciais que são área de coleta, condutores, sistema de filtragem, sistema de descarte e reservatório, precisa contemplar a desinfecção da água. A norma NBR-15.527/2007 dispõe de 3 tipos de tratamento para água coletada, podendo ser cloro, aplicação de raio UV e ozônio, fica a critério do projetista essa escolha.

2.17.1 Área de captação

A área de captação nada mais é que a superfície não permeável onde a água cai e na sequência é conduzida através de calhas e demais condutores.

2.17.2 Calha

As calhas são os condutores que vão direcionar a água para sistemas de filtragem, tratamento e reservatórios. O objetivo da calha é conduzir a água para o

local planejado durante o projeto. A construção pode ser feita de diversos materiais, como chapa de aço inoxidável, chapa galvanizada, pvc, fibra de vidro, concreto e alvenaria, entre outros citados na NBR 10.844/1989. Para o emprego de calhas é necessário consultar a ABNT NBR 15.527/2007 que cita as NBR 10.844/1989 Instalações prediais de águas pluviais e para projeto de captação de água de superfície para abastecimento público a NBR 12.213/1992. Na figura abaixo pode ser visto um exemplo de calha. (Figura 7).

Figura 7 – Calha



Fonte: <https://www.astra-sa.com/pics/downloads/folheto-calhas.pdf>

2.17.3 Filtro de folhas e Grade

As calhas podem ser complementadas por um ou mais acessórios que em conjunto vão reter folhas, galhos e detritos que possam entupir a tubulação ou até mesmo podem chegar no reservatório. Portanto, é necessário o filtro de folhas, conforme a foto ilustra na figura abaixo (Figura 8).

Figura 8 – Filtro para calha



Fonte: <https://www.astra-sa.com/pics/downloads/folheto-calhas.pdf>

Por outro lado, o filtro de folhas com condutores se mostra um acessório complementar bastante útil, conforme ilustrado abaixo (Figura 9).

Figura 9 – Exemplo de filtro para folhas e similares.



Fonte: <https://www.fortlev.com.br/produtos/meio-ambiente/separador-de-folhas/>

Os filtros contribuem muito para que os materiais sólidos como folhas e galhos, não obstruam as tubulações e que não cheguem ao reservatório, contribuindo para um reservatório com menos sólidos aumentando o intervalo entre a limpeza do mesmo.

2.17.4 Reservatório

O reservatório é o local onde a água pode ser armazenada, aqui entra o ponto crucial na análise da necessidade de captação, do índice pluviométrico e até do local onde será instalado. Por ser uma etapa com um custo mais elevado quando comparado aos demais itens a serem utilizados. A NBR 15.527/2007 faz recomendação sobre o uso de extravasor (sistema que permite o fluxo excedente de água a passar livremente), dispositivo de esgotamento, cobertura, acesso para inspeção e ventilação. O coeficiente de escoamento e do descarte do primeiro fluxo (first flush) resultará em uma redução do volume total a ser captado pelo sistema.

$$V = P \times A \times C \times \eta \text{ fator de captação} \quad (1)$$

Onde;

V = Volume anual, mensal ou diário de água de chuva (aproveitável);

P = Precipitação média anual, mensal ou diária;

A = Área de coleta;

C = Coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

η fator de captação = eficiência do sistema de captação, considerando o dispositivo de descarte de sólidos e desvio do escoamento inicial (caso este desvio seja utilizado).

Segundo a NBR 5.626/98 instalação predial de água fria, a limpeza e desinfecção devem ser feitas no mínimo uma vez ao ano com uma solução de hipoclorito de sódio, a norma não estabelece uma quantidade média a ser realizada no ano.

2.18 Métodos de dimensionamento de reservatório de água pluvial

Para o dimensionamento do reservatório a norma NBR 15.527/2007 recomenda 6 tipos de cálculos, como eles possuem metodologias e fatores distintos os resultados não convergem entre si. O projetista pode escolher o método com base nos índices pluviométricos, necessidades e demandas e no local de implantação, levantando detalhadamente os custos.

2.18.1 Método Rippl

A origem do método Rippl tem origem no século XIX e era utilizada para fins de estudo sobre hidrologia, também adaptado para aproveitamento de água pluvial. O método de dimensionamento Rippl considera que o volume do reservatório é a soma acumulada dos valores maior que 0 (zero) e consecutivo da diferença entre a demanda de água da chuva e o volume aproveitável de água (ABNT 2007) A Equação abaixo representa esse método:

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad Q(t) = C \times P \times A$$

$$V = \sum S(t) \text{ somente para valores } S(t) > 0 \quad (2)$$

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

2.18.2 Método de Simulação

O método de simulação utiliza uma capacidade suposta, ou seja, fica a cargo do projetista simular cenários alterar a capacidade do reservatório. Conforme norma 15.527/07 não há necessidade de levar em consideração a evaporação da água. Em um determinado mês a equação de continuidade é aplicada à um reservatório finito (ABNT 2007).

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t) \quad (3)$$

Onde, $Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação}$. Sendo que: $0 \leq S(t) \leq V$; $S(t)$ é o volume de água no reservatório no tempo t ; $S(t-1)$ é o volume de água no reservatório no tempo $t - 1$; $Q(t)$ é o volume de chuva no tempo t ; $D(t)$ é o consumo ou demanda no tempo t ; V é o volume do reservatório fixado; C é o coeficiente de escoamento superficial (ABNT 2007).

2.18.3 Método Azevedo Neto

Aos anos de 1991 o método Azevedo neto surgiu focado no abastecimento pequenas comunidades com população inferior a 5.000 habitantes. O volume do reservatório de água da chuva é formado pela equação que faz a relação de volume de precipitação anual pelo número de meses de seca ou pouca chuva (ABNT 2007), vale a pena ressaltar que a norma não especifica como considerar os meses de pouca chuva, ficando a cargo de cada projetista definir uma metodologia.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (4)$$

Onde P é a precipitação média anual (mm); T - número de meses de pouca chuva ou seca; A - área de coleta (m^2); V - volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (L).

2.18.4 Método Prático Alemão

Este método é definido como empírico, tomando o menor entre os seguintes valores para o volume do reservatório: 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável (ABNT 2007).

O V adotado = mínimo entre (V e D) $\times 0,06$ (6%)

Onde, V = volume anual de precipitação aproveitável (L); D = demanda anual de água não potável (L).

2.18.5 Método Prático Inglês

Baseado na precipitação média atual em milímetro (mm) o volume do reservatório é obtido através da seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (5)$$

Onde: P é a precipitação média anual, em milímetros; A é a área de coleta, em metros quadrados; V - volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, em litros.

2.18.6 Método Prático Australiano

Este método realiza o cálculo através de tentativas até que seja utilizado valores otimizados, e precipitação mensal. A perda considerada na ABNT 15.527/2007 é de 2mm (vapor e superfície). (ABNT, 2007) Ainda de acordo com 15.527/2007 a obtenção do volume de chuva virá através da seguinte equação:

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad (6)$$

Onde, C é o coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80; P - precipitação média mensal, em milímetros; I - interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2mm; A - área de coleta, em metros quadrados; Q - volume mensal produzido pela chuva, em metros cúbicos. O cálculo de volume é realizado através de tentativas, até que se obtenha valores de confiança.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (7)$$

Onde, Q_t é o volume mensal produzido pela chuva no mês t; V_t é o volume de água que está no tanque no fim do mês t, em metros cúbicos; V_{t-1} é o volume de água que está no tanque no início do mês t, em metros cúbicos; D_t é a demanda mensal, em metros cúbicos; Nota: para o primeiro mês consideramos o reservatório vazio. Quando $(V_{t-1} + Q_t - D) < 0$, então o $V_t = 0$ (zero), o volume do tanque escolhido será em metros cúbicos.

Conforme visto nos tópicos abordados acima, foi possível entender mais sobre a importância da água para todos seres vivos pois é um recurso essencial para a vida. Também foi possível conhecer mais sobre o histórico de aproveitamento de água da chuva e as técnicas utilizadas no passado, bem como as normas e legislações que permitem a coleta, armazenagem e utilização desta água para fins não potáveis.

3 A EMPRESA EM ESTUDO

Este capítulo trata da apresentação da empresa e mais detalhadamente sobre o campo de trabalho envolvido para a realização deste trabalho, em destaque toda a identificação do fluxo atual de distribuição de água e o levantamento dos pontos em potencial para coleta de água bem como a proposta fluxo de distribuição de água, contemplando a captação de água da chuva, água do climatizador, fosso e calhas de drenagem.

A empresa está listada entre as 3 líderes mundiais e conta com 100 anos de experiência, sua presença está voltada para 3 mercados sendo esses, industrial, automotivo e aeroespacial. É um grande player no seguimento de fabricação de equipamentos de alta precisão que faz negócios por todo o mundo e aplica em seus processos a consciência ecológica que reduz o consumo de energia através da redução de atrito entre partes moveis de conjuntos mecânicos. São mais de 25.000 funcionários ao redor de todo o mundo distribuído em 70 fábricas, 7 centros de P&D e mais de 100 escritórios comerciais no mundo. Toda equipe trabalha focada em inovar em seus processos voltado a eficiência energética para desenvolvimento de seus produtos também oferece prestação de serviços, além de peças para o mercado de reposição.

3.1 Localização da empresa

A empresa estudada fica situada na região metropolitana de Curitiba, mais especificamente na região industrial de Fazenda Rio Grande. Ela possui uma área de terreno de aproximadamente 50.000 m² e é dentro desse perímetro que será identificado oportunidades de pontos de coleta de água. (Figura 10).

Figura 10 – Vista superior da empresa



Fonte: <https://goo.gl/maps/8dP2Ptn4tVNwTv5B7>

De maneira geral é possível identificar a área permeável e não permeável da empresa, e conhecer melhor a área onde o trabalho será desenvolvido.

3.2 Segmento industrial

A planta do Brasil atua especificamente na fabricação de rolamentos automotivos atendendo as maiores montadoras de veículos automotores. Atuando na área metalúrgica a empresa conta com um processo bastante exclusivo de tratamento térmico e usinagem de anéis para montagem dos rolamentos. Também conta com um galpão bastante equipado, para atender tanto as montadoras quanto o segmento industrial com rolamentos importados de vindo de outras plantas do grupo, totalmente voltado para aplicação industrial que vai desde aplicação em máquinas até esteiras transportadoras e turbinas eólicas.

3.3 Pontos de consumo de água

Atualmente a empresa possui uma extensa área fabril, onde é possível localizar diversos pontos de consumo de água, conforme orientação da NBR 15527/2007 é necessário identificar com placas de advertência os pontos de água não potável.

Atualmente é possível, e tecnicamente favorável em função do layout da planta, distinguir os pontos de consumo e classificá-los como ponto potável e ponto não potável. Neste momento a empresa não possui esta distinção e identificação nos pontos, pois atualmente em toda rede possui água potável. Em uma verificação rápida foi possível identificar alguns pontos de consumo que não requer água potável, são esses; central de líquido, torre de resfriamento, sanitários, limpeza do piso, irrigação.

3.4 Abastecimento de água na empresa

Atualmente a empresa capta água diretamente da rede de abastecimento pública vinda da SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná) e armazena em um único reservatório com capacidade de 600 m³. Não existe na planta outra fonte de captação, seja ela, água da chuva, ou mesmo de poço artesiano. Diante do cenário hídrico da região, e tendo como fonte exclusiva de abastecimento de água a rede pública administrada pela Sanepar, e com base no cenário hídrico atual da região é possível afirmar que essa dependência pode se tornar um grande problema no futuro.

3.4.1 Qualidade da água atual utilizada na empresa

O grande desafio é definir uma qualidade da água que atenda o processo de usinagem sem inviabilizar esta aplicação em função do tipo de tratamento a ser empregado devido a complexibilidade de tratamento. Para uso em limpeza e torres de resfriamento a pureza da água não precisa ser a mesma do processo de usinagem, uma vez que a utilização final não faz parte de um processo produtivo.

Um estudo comparando a qualidade da água pelo tipo de telhado demonstra que telhado metálicos são comumente recomendados para aplicação de captação de água devido às características da água apresentarem uma menor concentração de bactérias como coliforme fecal (MENDEZ et al., 2011). As características da água influenciam diretamente no processo de usinagem, a dureza da água, os contaminantes presentes podem resultar em queima durante a usinagem ou baixa detergência do líquido de usinagem, a proliferação de fungos também é um ponto sensível pois em uma única contaminação podemos perder mais de 14.000 litros de líquido de usinagem, sem contar o tempo de parada de linha e custo de descarte e tratamento deste líquido.

O processo de usinagem por si só é bastante crítico, e ainda existe a questão sobre saúde e segurança dos colaboradores, pois em caso de contaminação da água, somado ao longo período de exposição os colaboradores podem facilmente desenvolver algum tipo de dermatite entre outros distúrbios na pele.

O segundo ponto crítico no processo de usinagem, está relacionado as propriedades físicas relacionada à “queima” que pode se dar durante o processo de usinagem mudando as características do metal e gerando fissuras vistas apenas em ataques ácidos, metalografia e magnetoscopia, dependendo da situação e da frequência da queima toda produção pode ser descartada gerando um custo astronômico para empresa.

A qualidade da água atual fornecida pela rede Sanepar é demonstrada nas tabelas 6, 7, 8, 9 e 10 conforme relatório de domínio público de 01/01/2018 a 31/12/2018 emitido pela Sanepar. Abaixo, são trazidos os coliformes totais encontrado nas amostras realizada ao longo do ano. (Tabela 6).

Tabela 6 – Coliformes totais coliformes totais

	Mínimo exigido pelo anexo XX da portaria de consolidação n 5/17 MS 111											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Amostras realizadas	106	118	116	112	112	113	111	113	111	111	111	111
Amostras Atendidas	106	118	116	112	112	113	111	113	111	111	111	111
Percentual de Ausência	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: Sanepar (2018)

Na sequência, a informação sobre a cor da água segundo a Sanepar (2018). (Tabela 7)

Tabela 7 - Cor

	COR											
	Mínimo exigido pelo anexo xx da portaria de consolidação nº5/17 Ms 33											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Amostras realizadas	104	111	112	112	112	113	111	111	111	111	98	111
Amostras atendidas	104	111	112	112	112	113	111	111	111	111	98	111
Média mensal	2,6	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,8	2,5	2,5	2,6	2,5	2,6

Fonte: Sanepar (2018)

Abaixo, são trazidas as informações sobre o cloro da qualidade da água. (Tabela 8).

Tabela 8 - Cloro

CLORO												
MÍNIMO EXIGIDO PELO ANEXO XX DA PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO												
nº5/17 MS: 111												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Amostras realizadas	107	118	116	112	112	113	111	114	111	111	111	111
Amostras atendidas	107	118	116	112	112	113	111	114	111	111	111	111
Média mensal	1,1	1,4	1,4	1,3	1,4	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,3	1,1

Fonte: Sanepar (2018)

As informações sobre turbidez da água segundo a Sanepar (2018) estão dispostas abaixo. (Tabela 9).

Tabela 9 – Turbidez

TURBIDEZ												
MÍNIMO EXIGIDO PELO ANEXO XX DA PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO												
nº5/17 MS: 111												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Amostras realizadas	104	111	112	112	112	113	111	111	111	111	98	111
Amostras atendidas	104	111	112	112	112	113	103	111	111	111	98	111
Média mensal	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	1,1	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4

Fonte: Sanepar (2018).

Complementando as informações sobre a qualidade da água, abaixo são trazidas as informações do flúor (Tabela 10).

Tabela 10 - Flúor

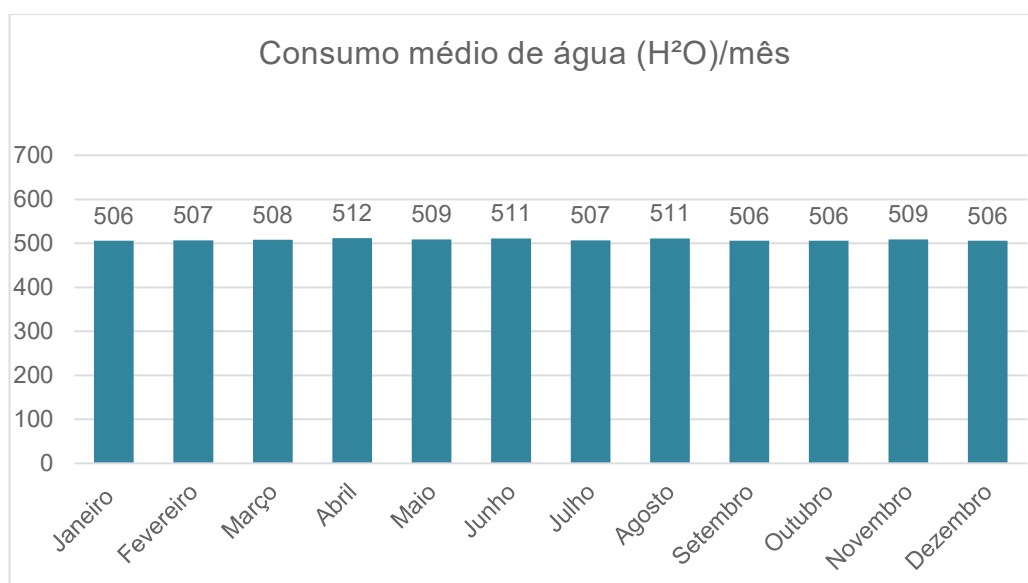
FLÚOR												
MÍNIMO EXIGIDO PELO ANEXO XX DA PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO												
nº5/17 MS: -												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Amostras realizadas	25	17	20	19	20	20	19	19	19	19	16	23
Amostras atendidas	25	17	20	19	20	20	19	19	19	19	16	23
Média mensal	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

Fonte: Sanepar (2018)

3.4.2 Volume de água utilizado

A empresa atualmente faz toda retirada de água da rede de abastecimento pública, e não possui poço artesiano e nem aproveita a água da chuva. Todo o efluente é enviado para empresa certificada que trata os líquidos dentro das normas vigentes de tratamentos de efluentes atuais. Atualmente o consumo varia entre 506 e 512m³/mês números estes mantidos nos últimos 4 anos (2017 a 2020) e é demonstrado abaixo. (Gráfico 6).

Gráfico 6 – Volume de retirada de água em m³ /mês



Fonte: o Autor (2021).

Mesmo no período de férias o volume não tem grande oscilação pois as equipes revezam entre jornadas específicas, e é um período favorável para manutenção e limpeza da fábrica.

3.5 Pontos com potencial para coleta

Com objetivo de coletar o maior volume de água possível, através de uma verificação em campo buscando oportunidades, ficaram definidos 4 pontos de coleta sendo esses listados abaixo;

- 1 – Canaleta de drenagem
- 2 – Água fosso de drenagem

3 – Água do sistema de climatização.

4 – Obturador

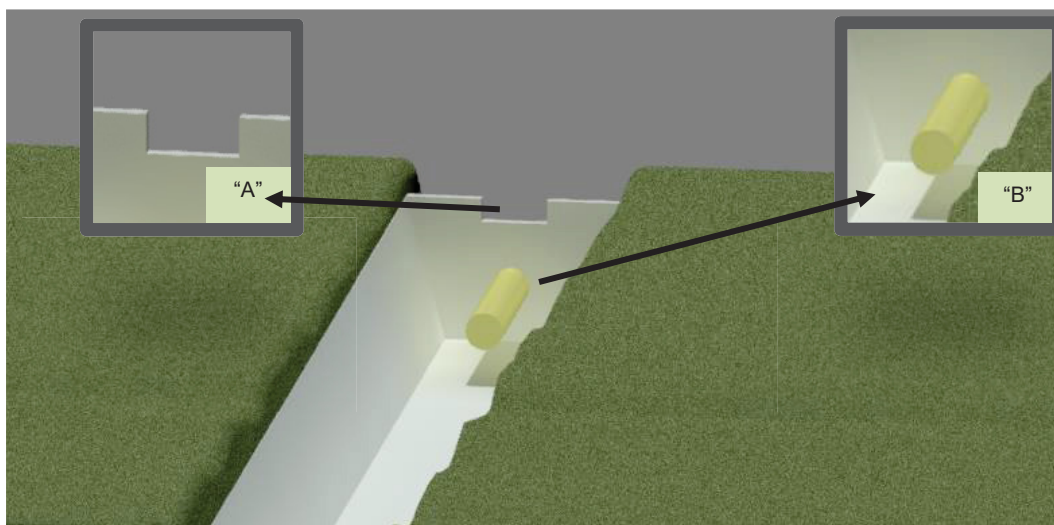
Cada ponto deste tem sua importância pois 3 desses são fontes potenciais para coleta, e o obturador se torna peça chave pois toda a água do climatizador, da chuva e do fosso de drenagem converge para ele.

3.5.1 Canaleta de drenagem

As canaletas de drenagem atuais têm como objetivo reter parte do volume de água e direcionar para área natural do parque que faz fundo com a empresa, a execução dessas duas canaletas contribuiu fortemente para que não houvesse mais alagamentos na empresa vizinha como ocorria no passado. A topografia do terreno favorece muito o direcionamento dessa água através de canaletas de drenagem e vai ajudar a compor o volume em nosso sistema de reaproveitamento de águas. Como se trata de uma recuperação parcial em função de ser uma coleta em solo permeável onde as condições do solo e vegetação tem forte influência no volume potencial a ser captado, este ponto de coleta fica classificado como ponto auxiliar na coleta e não ponto principal. A construção é de baixa complexibilidade, no mercado existem diversos fornecedores de lonas específicas para este fim, além disso tem como alternativa calhas de drenagem pré-fabricadas em concreto, com o auxílio de um trator e um bom planejamento essa etapa pode ser executada em poucos dias.

Não há registro histórico do volume que passa pelas canaletas atuais, e para se tornar um ponto de coleta, ao final da canaleta precisaremos criar uma barreira de contenção e está contará com um extravasor (A) em seu topo, desta forma, ao atingir um volume maior que nossa capacidade de bombeamento e/ou armazenamento, a água excedente passará para área natural do parque. O conceito da calha está visualmente representado abaixo (Figura 11).

Figura 11– Projeção da canaleta de drenagem



Fonte: o Autor (2021).

A projeção da canaleta possui também em detalhe (B), uma volumetria do sistema de pré-filtragem, este se faz necessário para que retenha os materiais particulados que possa vir a entupir a tubulação ou depositar muitos sedimentos no segundo filtro desviando para o parque grande parte da água que deveria seguir para a cisterna.

3.5.2 Água do sistema de drenagem

O fosso de drenagem é fruto do resultado da escavação durante a construção da área onde fica a central de líquido da empresa, é um ponto 7 metros abaixo do nível da área fabril. Durante a escavação e construção da fundação desta área foi necessário direcionar a água para um ponto onde ela pudesse ser drenada posteriormente para não inundar as galerias subterrâneas de manutenção. Atualmente como é uma água sem contaminantes químicos ela é bombeada diretamente para a rede pluvial do parque fabril. O fosso de drenagem é ilustrado abaixo. (Figura 12)

Figura 12 – Fosso de drenagem



Fonte: o Autor (2021).

O esgotamento é realizado através de uma bomba que leva essa água até a galeria pluvial e o volume extraído não é aferido com precisão, mas estima-se que seja algo em torno de 2,5 a 3,5 m³ dia.

3.5.3 Sistema de climatização

O sistema de climatização, gera um grande volume de água através do processo de condensação, evidente que as variações são grandes devido a influência da temperatura, umidade e condições de funcionamento do climatizador, a atividade fabril também interfere nesse volume. Atualmente temos 4 drenos de deságue dessa água para a galeria de água pluvial através do telhado e calhas atuais existentes no local. Abaixo é possível ver os drenos conectados à unidade de condensação. (Figura 13).

Figura 13 – Parte do sistema de climatização



Fonte: o Autor (2021).

Mesmo que o sistema de drenagem das 4 unidades esteja interligado, ocorre grande condensação nas paredes externas do equipamento e essas são represadas em uma bacia de contenção e é direcionada para área externa do galpão, na sequência é possível ver a passagem dos drenos para fora do galpão. (Figura 14).

Figura 14 – Dois dos 4 drenos do sistema de climatização.



Fonte: o Autor (2021).

A água do dreno, escoar pelo telhado e condutores e desagua para a rede pluvial interna da empresa, segundo direto para o obturador que é a última etapa antes da água chegar à rede pluvial pública.

3.5.4 Obturador

O obturador existente tem o propósito em servir de barreira para qualquer situação que haja o risco de um incidente ambiental evitando assim um acidente ambiental e consequentemente a contaminação das águas da região. O volume de água da chuva que cai em toda área não permeável da empresa passa por esse obturador. Por esse motivo, esse é um local de grande potencial de coleta. O mesmo possui um volume cúbico de 100m^3 onde a água será bombeada para o sistema de armazenamento, o mesmo pode ser visto abaixo. (Figura 15).

Figura 15 – Obturador



Fonte: o Autor (2021)

O obturador é o ponto de convergência das águas e se torna um ponto estratégico para o recalque da água para as cisternas. O obturador possui uma comporta onde podemos utilizá-la como um sistema para extravasar o volume que não puder ser recalcado devido às chuvas intensas e/ou pela saturação da cisterna.

3.6 Reservatório

A aplicação final para esta água não é consumo humano e sim uso em processo de usinagem, banheiros, limpeza geral e torres de resfriamento. O armazenamento é uma forma de amenizar o déficit de água para o abastecimento humano. A coleta e armazenagem da água da chuva contribui bastante com a redução do fluxo de água nas galerias de águas pluviais, onde em algumas situações estas não comportam a totalidade do volume de água, tendo como consequência as enchentes (BURNS et al, 2015), atualmente na empresa em estudo temos calhas de drenagens que direcionam a água para área permeável atrás da empresa, essas calhas tem o propósito de direcionar a água evitando alagamento da empresa vizinha.

O dimensionamento do reservatório de água é o fator chave pois em países como por exemplo Grécia, onde o estudo realizado por (LONDRA PA et al, 2015) demonstrou que houve uma redução de retirada de água que variou de 30, 40 e 50% das demandas em residências unifamiliares de 3 a 5 membros, independentemente da aplicação residencial ou industrial o dimensionamento do tanque será o ponto que vai impactar diretamente na viabilidade do projeto devido a necessidade de espaço para escavação e inserção do tanque, além dos sistemas adicionais de tratamento e tubulações necessários tanto para coleta quanto para levar até os pontos de consumo.

4 METODOLOGIA

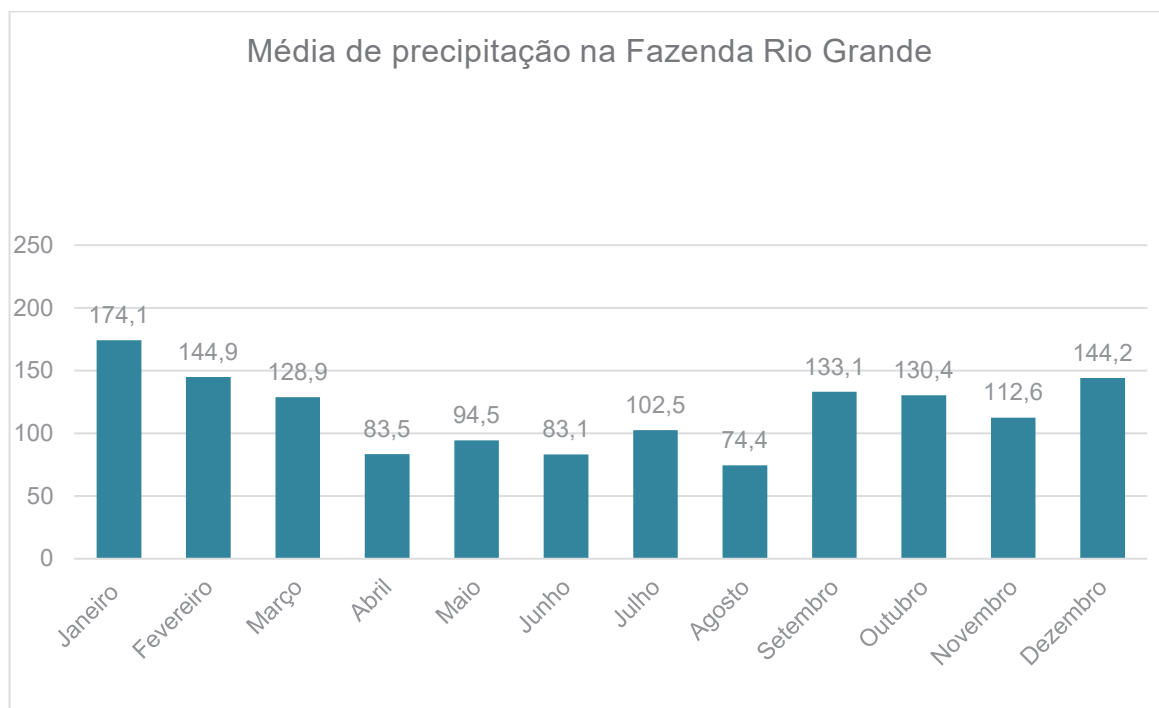
A pesquisa realizada neste trabalho abrangeu dois tipos de análises, a análise quantitativa e qualitativa. A análise quantitativa foi realizada nos pontos de consumo atuais dentro da empresa e na sequência também foi realizada nos pontos de coleta de águas alternativas levantadas durante o trabalho de campo. A análise qualitativa das amostras também foi realizada nos mesmos pontos, até por ser um requisito de segurança toda água precisa ser testada pois ela sempre estará em contato com algum colaborador em determinadas etapas do processo. A pesquisa aplicada teve como foco principal a redução da retirada de água potável para emprego em fins não potáveis. Portanto, num primeiro momento foi realizada uma busca em literaturas sobre a importância da água para vida, ciclo hidrológico e assuntos relacionados à coleta de água da chuva, armazenamento, tipos de tratamento, legislação e emprego da água em processos para fins não potáveis.

Através de diversas buscas em campo na indústria em estudo, a fim de levantar fontes em potencial para captação de água, avaliando também os sistemas de armazenagem comumente usados para posterior uso desta água nos processos, foram realizados esboços definindo um novo fluxo de distribuição de água e através das simulações, foi possível dimensionar os reservatórios com base nos pontos de coleta e consumo.

4.1 Levantamento pluviométrico da região

O volume pluviométrico da região de Fazenda Rio Grande é de 1406,2mm por ano, média calculada no período de 1977 a 2006 os dados têm origem da estação pluviométrica Mandirituba (Código ANA 02549062). Conforme representado abaixo (Gráfico 7).

Gráfico 7 – Média mensal de precipitação



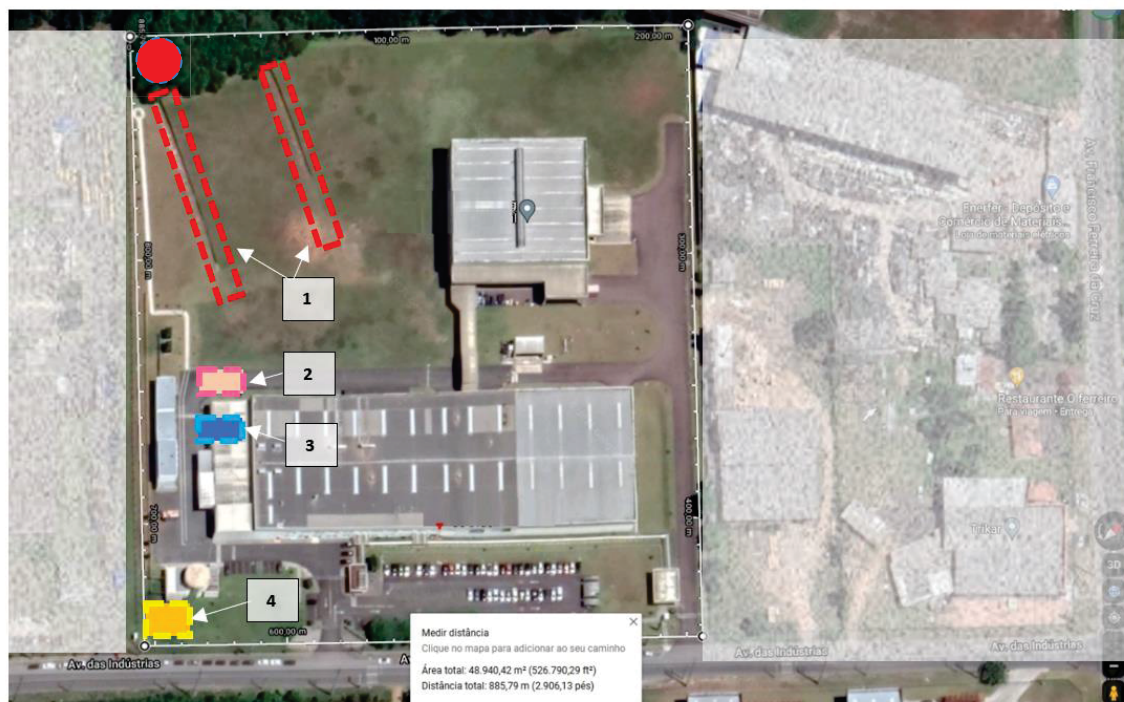
Fonte: Pinto et al, (2011).

Os dados pluviométricos da região são de grande relevância pois somente com essas informações conseguimos calcular o volume da cisterna, e nos permite compreender melhor o cenário da região onde a empresa está localizada.

4.2 Localização dos pontos de coleta

Para um melhor entendimento dos pontos e organização do trabalho e pesquisa de campo, foi localizado sobre a foto da empresa, os pontos inicialmente identificados como fonte em potencial, estes estão identificados com numeral de 1 a 4 apresentados abaixo. (Figura 16).

Figura 16 – Pontos de coleta



Fonte: Autor (2021).

Os 4 pontos de coletas identificados previamente no capítulo 3 foram; (1) canaletas de drenagem, (2) água do fosso, (3) água do climatizador, (4) obturador (ponto de convergência de toda água pluvial). Estes pontos foram verificados pela equipe do departamento ambiental onde houve um consenso para a validação dos mesmos como fontes potenciais de captação.

4.3 Quantificação dos volumes por ponto proposto

Através do consenso sobre os pontos de coleta entre os envolvidos no projeto, iniciou-se as definições sobre o método e período de acompanhamento de cada fonte em potencial identificada. Nesta etapa foi necessário efetivamente evidenciar os volumes em potencial de água, e por se tratar naquele momento de um levantamento com base em estimativas passou a ter seu volume quantificado utilizando diversas técnicas e equipamentos tais como; simulações de dimensionamento de reservatório conforme ABNT NBR 15.527, instalações de caixas d'água com graduação, e/ou instalações de hidrômetros.

4.3.1 Canaleta de drenagem

A calha de drenagem desde sua concepção tinha o propósito único de direcionar a água para o parque atrás da empresa evitando alagamento da empresa vizinha em caso de chuvas torrenciais, passou a ser um ponto de captação de água da chuva. Para a validação deste ponto foi utilizado um drone modelo DJI Air 2S, juntamente o aplicativo DroneDeploy® para se obter um plano de voo manual específico para realização de topografia, pois por ser um modelo novo de drone o software não tem suporte para voo totalmente autônomo. A topografia revelou que o posicionamento da canaleta atual favorece a captação de água e ainda nos permite aplicar um reservatório de 100m³ para armazenamento da água que será direcionada por gravidade sem a necessidade de instalação de bombas para recalque da água da canaleta para a cisterna. Em detalhe o ponto em verde na figura abaixo mostra a localização deste reservatório. (Figura 17)

Figura 17 – Plano de voo no DroneDeploy®



Fonte: Autor (2021)

4.3.2 Água do climatizador industrial

Para a água do climatizador o primeiro passo foi o direcionamento desta água para um reservatório, e na saída deste foi instalado um hidrômetro. O período de acompanhamento foi de 06/2020 a 06 /2021 e o volume médio diário foi de $1,5\text{m}^3$. O reservatório utilizado foi de 3m^3 . O extravasor direciona o excesso de água para rede pluvial interna, podendo ser represada no obturador. O acompanhamento durante esse período não apresentou um volume diário maior que $1,75\text{m}^3$ logo, o reservatório de 3m^3 está bem dimensionado e a água para fins de testes foi utilizada diariamente na limpeza do piso.

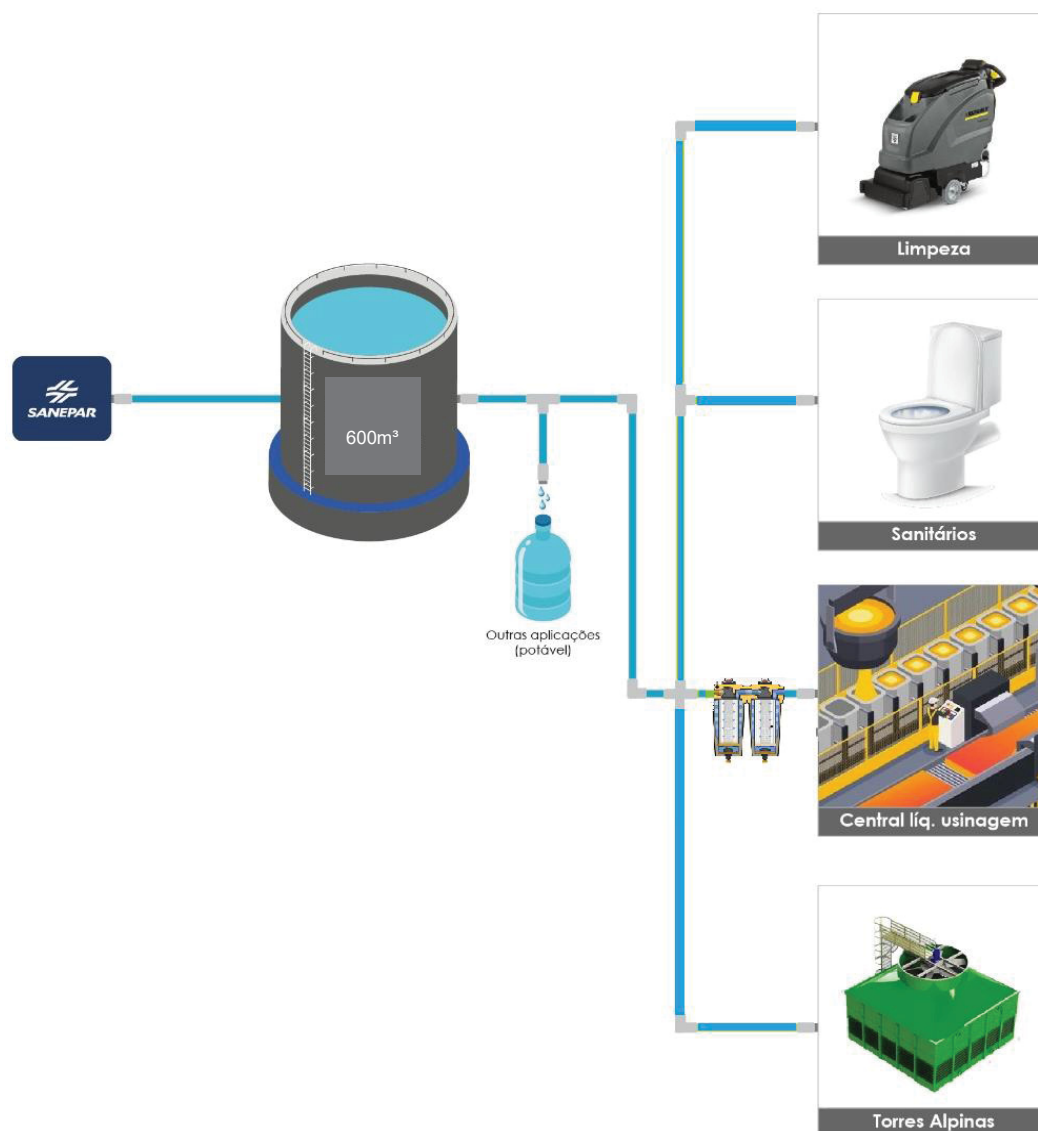
4.3.3 Água do fosso de drenagem

O fosso de drenagem por ser o ponto de convergência de todo sistema de drenagem que se encontra abaixo de toda a edificação da empresa, se torna uma boa fonte de captação. Para este ponto foi instalado uma bomba periférica juntamente com um hidrômetro. O acompanhamento do volume médio diário gerado por este ponto chegou a $3,1\text{m}^3$ quantificado durante o período 10/2020 a 06/2021 o volume é bombeado para a rede pluvial interna e segue para o obturador onde pode ser represada para posterior uso.

4.4 Mapeamento do fluxo atual do consumo da água na indústria.

A análise do fluxo atual de distribuição de água demonstrou que a rede de água potável pode ser facilmente isolada para o emprego da água da chuva para fins não potáveis com baixo custo uma vez que os ramais de água estão distribuídos por setores e estão devidamente identificados. O fluxo atual pode ser visto abaixo. (Figura 18).

Figura 18 – Fluxo atual de distribuição de água



Fonte: Autor (2021).

Como pode ser visto, a água potável está empregada em todos os processos da empresa, incluindo os 4 principais pontos de consumo que não necessitam do emprego de água potável.

4.5 Coleta e análise das amostras

A coleta e análise das águas são os pontos principais do trabalho uma vez que a qualidade desta que vai viabilizar o emprego da mesma não somente em banheiros e limpezas, mas também no processo produtivo. O tratamento da água também é

bastante relevante pois mesmo aparamentados os colaboradores tem um longo período de exposição durante a jornada de trabalho.

4.5.1 A coleta da água

A coleta da água foi realizada utilizando 2 frascos conforme orientação do laboratório. Foram coletados 1 litro mais, mais 100ml em um frasco estéril. A recomendação do laboratório é que as amostras fossem colhidas e mantidas resfriadas durante o transporte, e a análise deveria ser feita em até 24 horas após a coleta. Abaixo é possível ver as amostras acondicionadas em uma bolsa térmica, e em seu entorno placas de gelo em gel. (Figura 19).

Figura 19 – Acondicionamento das amostras



Fonte: Autor (2021).

As amostras foram levadas poucas horas após a coleta e tão logo entrou na sequência para a análise. O tempo para retorno do resultado gira em torno de 7 dias pois o teste de DBO já demanda de 5 dias, resumidamente a DBO corresponde a quantidade necessária de oxigênio para que em condições aeróbicas haja a oxidação da matéria orgânica biodegradável.

4.5.2 Resultado das análises

A água da chuva, fosso de captação e climatizador convergidas ao obturador, permitiu a retirada das amostras onde o resultado da análise apontou para uma água de boa qualidade, os resultados da amostra pós descarte de 100m³ após início da chuva, pode ser visto na tabela abaixo. (Tabela 10).

Tabela 11 – Análise da água do obturador

Parâmetros	Resultado Analítico	Limite Quantificado	Limite Detecção	Metodologia
Coliformes Totais	Presente em 100 ml	-	-	9223B
Escherichia Coli	Presente em 100 ml	-	-	9223B
pH	8,01	0,1	0,01	4500-H B
Turbidez	7 uT	1	0,5	2130 B
Condutividade Elétrica	25,94 µS/cm	0,1	0,01	2510 B
Sólidos Totais Dissolvidos	17 mg/L	1	0,1	2540
Sólidos Suspensos Totais	ND	5	1	2540
Sólidos Totais	17 mg/L	1	0,1	2540
Dureza Total	8,1 mg/L	0,1	0,01	2340 C
DQO	ND	10	3	5220 D
DBQ	ND	10	5	5210 B

Fonte: Labq (2021)

Observações:

1 Os resultados apresentados neste relatório são limitados à amostra recebida pelo LabQi - Laboratório de Análises Ambientais.

2 Os métodos utilizados no ensaio se baseiam na metodologia apresentada pelo APHA - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22th edition, 2012.

3 ND = Não Detectado

O resultado acima validou o volume de descarte (first flush) após início da precipitação de 100m³, também validou o sistema de filtragem de partículas simples (similar ao de poço artesiano) e dosador de passagem com pastilhas de cloro para conservação desta água.

4.6 Levantamento do consumo por ponto (não potável)

Através dos levantamentos realizados ao longo do período de 2019 a 2021 com acompanhamento mensal foi possível determinar os volumes de consumo de água para fins não potáveis, este volume pode ser visto na tabela abaixo (Tabela 11).

Tabela 12 – Tabela de consumo por ponto de uso

	Consumo (litros)	Unidade	Frequência	Demanda dia (m³)
Banheiros	12	160 Colaboradores	3 x dia	5,76
Limpeza do piso	0,7	9.900 m²	1 x dia	6,93
Torre de resfriamento	330	2 Torres	1 x dia	0,66
Central de líquido	1.500	3 Centrais	1 x dia	4,5
		Total m³/dia		17,85
		Total m³/Mês (24d)		428,4

Fonte: o Autor (2020).

Com os dados da tabela acima fica evidente que 84% do volume consumido de água mensal é empregado para fins não potáveis, nesta etapa o maior desafio foi a instalação de hidrômetros e é claro o acompanhamento mensal que demanda um tempo razoável dado a distância entre os pontos de medição.

4.7 Dimensionamento do reservatório

Para a realização do dimensionamento do reservatório foi utilizado a NBR 15527/2007, esta norma trata os requisitos do aproveitamento de águas de coberturas urbanas para fins não potáveis, também apresenta seis métodos de dimensionamento de reservatórios de água.

Ao avaliar os resultados dos métodos testados foi optado pelo método Azevedo Neto (EQ 01) por ter retornado um resultado mais próximo da realidade da empresa. O método de simulação também foi utilizado e validou os resultados uma vez que o potencial de coleta se mostrou maior que a demanda da empresa, infelizmente os métodos apresentados na NBR 15527/2007, não são equivalentes os resultados não convergem entre si. Como não tem uma fórmula clara para calcular o período de poucas chuvas considerou-se os meses de chuva abaixo de 100mm, no caso 4 meses (abril, maio, junho e agosto), logo esses meses ficam considerados como mês de

“seca” e/ou pouca chuva. Sendo assim o volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (8)$$

P – Corresponde ao valor numérico da precipitação média anual (mm);

A - Corresponde ao valor numérico da área de coleta em projeção (m²);

T - Corresponde ao valor do número de meses de pouca chuva ou seca (mês ou meses);

V - Corresponde ao valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (L).

Os dados para aplicação do método Azevedo neto e Método de simulação estão listados na tabela abaixo, os dados sobre precipitação são os dados fornecidos pelo Atlas Pluviométrico do Brasil (PINTO et al., 2011), os demais dados levantados na pesquisa de campo na empresa em estudo. (Tabela 12).

Tabela 13 – Informações para cálculo do reservatório

Dados para cálculo	
Área de coleta (não permeável)	20.327m ²
*área de telhado e asfalto.	
Índice Pluviométrico (anual)	1.406,2 mm
Demanda diária	16,93m ³
Demanda mês	508m ³
Água para fim não potável	428,4m ³

Fonte: Autor (2021).

Para cálculo de dimensionamento do reservatório foram utilizados os dados pluviométricos do período de 1977 a 2006. Abaixo a tabela lista o volume médio por mês dentro desse período e o volume é apresentado em mm. (Tabela 13).

Tabela 14 – Volume de médio de precipitação na região

Mês	Período de aquisição 1977 a 2006
	Volume médio em mm
Janeiro	174,1
Fevereiro	144,9
Março	128,9
Abril	83,5
Maio	94,5
Junho	83,1
Julho	102,5
Agosto	74,4
Setembro	133,1
Outubro	130,4
Novembro	112,6
Dezembro	144,2

Fonte - Repositório Institucional de Geociências (2015)

Logo aplicando a equação com os dados da tabela 12 temos;

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

$$V = 0,042 \times 117,18 \times 20.327 \times 4$$

$$V = 400.162,20 \text{ L ou } 400,16\text{m}^3.$$

Para realizar o método de simulação foi utilizado os dados das tabelas 12 e 13, na sequência é possível ver abaixo os resultados obtidos. (Tabela 14).

Tabela 15 – Método de simulação

SIMULAÇÃO DO RESERVATÓRIO									
Coeficiente de runoff (CR) =		0,8							
Volume do reservatório (m³) =		600							
Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Volume do reservatório fixado	Volume do reservatório no tempo (t-1)	Volume do reservatório no tempo (t)	Overflow	Suprimento de água externo
	(mm)	(m³)	(m²)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	174,1	428	20327	2831	600	0	600	1803	0
Fevereiro	144,9	428	20327	2356	600	600	600	1928	0
Março	128,9	428	20327	2096	600	600	600	1668	0
Abril	83,5	428	20327	1358	600	600	600	930	0
Mai	94,5	428	20327	1537	600	600	600	1109	0
Junho	83,1	428	20327	1351	600	600	600	923	0
Julho	102,5	428	20327	1667	600	600	600	1239	0
Agosto	74,4	428	20327	1210	600	600	600	782	0
Setembro	133,1	428	20327	2164	600	600	600	1736	0
Outubro	130,4	428	20327	2121	600	600	600	1693	0
Novembro	112,6	428	20327	1831	600	600	600	1403	0
Dezembro	144,2	428	20327	2345	600	600	600	1917	0
Total	1406,2	5136		22867				17131	0

Fonte: o Autor (2021)

Na tabela acima, foi utilizado o coeficiente de escoamento (runoff) de 0,80 devido a área não permeável ser composta de asfalto e telhados sem fuga, conforme ABNT NBR 15527/2007 o coeficiente de 0,8 é o mais comum a ser utilizado, nesta situação (ABNT 2007). Ao avaliar os números apresentados nesse método fica possível identificar que não há necessidade de suprimento de água da rede pública de abastecimento, mesmo no mês de menor precipitação, no caso agosto, o mesmo atende à demanda da empresa de água não potável. O reservatório estará ligado ao reservatório de água potável suprido pela rede pública, pois em caso de alguma contaminação ou período atípico de estiagem este precisará receber água da rede pública pois a tubulação dos banheiros, torneiras externas para limpeza e torre alpina estarão ligadas diretamente a esse reservatório, não mais à caixa de água potável.

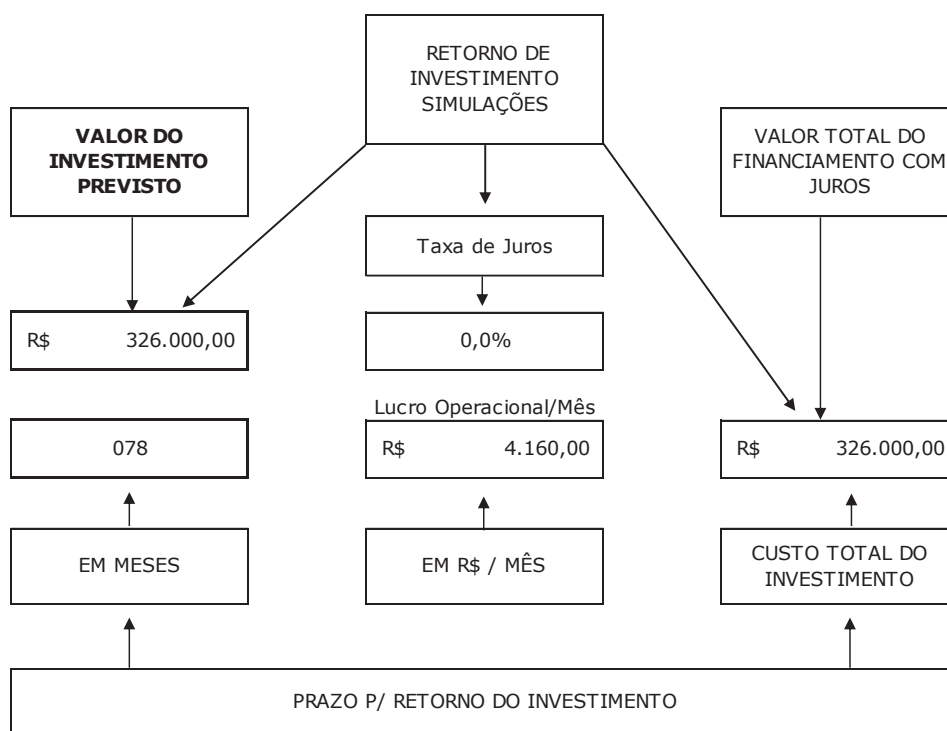
4.8 Aplicação teste da água coletada

Nesta etapa do trabalho foi planejado o represamento de 100m³ onde diariamente era bombeado 3m³ para uso em descarga (alimentando manual), limpeza de piso indústria, e empregado na torre alpina, a equipe foi informada nas reuniões de troca de turno sobre a aplicação, uma vez que a água tem odor e aparência diferente da água atual. O período de teste foi de 3 semanas e envolveu diretamente uma equipe de 4 colaboradores.

4.9 Avaliação preliminar do investimento

A proposta de captação não está atrelada ao retorno de investimento, assim como no grupo já existem outros projetos no âmbito ambiental, e nenhum desses se enquadra na política interna do grupo no quesito retorno sobre o investimento que para ser viável deve estar entre 3 e 5 anos, dependendo é claro da área do projeto. Para fins didático, sem uma proposta oficial dos fornecedores, o departamento de compras atualizou o valor do projeto para o ano de 2021, conforme esboço proposto, e mesmo não sendo uma cotação oficial, foi possível realizar uma prévia de retorno de investimento, utilizando uma tabela bem simples, que pode ser vista abaixo. (Tabela 15).

Tabela 16 – Retorno de Investimento



Fonte: Autor (2021).

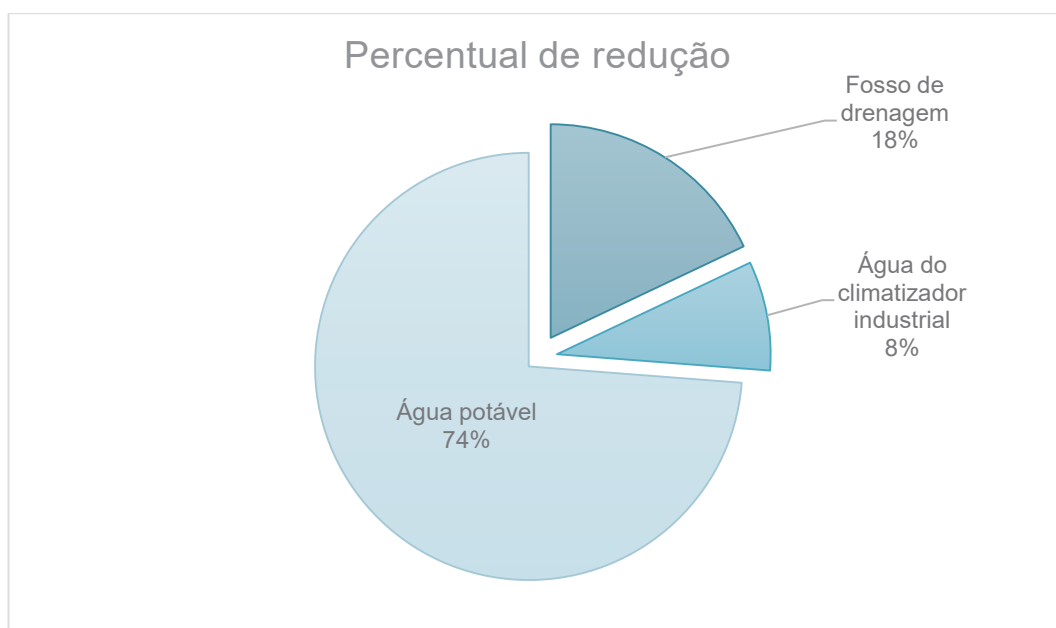
Ao avaliar os números, o valor do investimento e a redução de custo de água, sem considerar o aumento do m³ ao longo dos anos, precisamos de 78 meses para pagar esse investimento com a redução do consumo de água potável. Para esta simulação foi utilizado um modelo simples de planilha comumente encontradas na internet. Cada empresa utiliza uma metodologia e/ou planilha específica, para tal foi utilizado esse modelo simples pois a validação dos dados é feita pelo departamento financeiro após aprovação preliminar do projeto.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trabalho abordou uma série de artigos que envolvem o tema de captação e uso da água da chuva para fins não potáveis, com base nessas pesquisas evidenciou-se uma preocupação global na redução do consumo de água da chuva, principalmente empregada em fins não potáveis apresentados mais evidentemente na base Scopus e Web of Science, chegando na casa de 780 artigos publicados em apenas um ano.

No trabalho de campo realizado na empresa em estudo na busca por fontes alternativas de captação, tendo em mente os longos períodos de estiagem no ano de 2020 e 2021, as fontes bastante promissoras foram às águas do climatizador e a água do fosso de drenagem, que mesmo no período de maior estiagem mantiveram a média de geração no mês bastante estável, as duas fontes somadas atendem uma substituição de 133,2m³ equivalente a 26% do consumo mensal. Essa representação fica expressada através do gráfico abaixo. (Gráfico 8)

Gráfico 8 – Percentual de redução

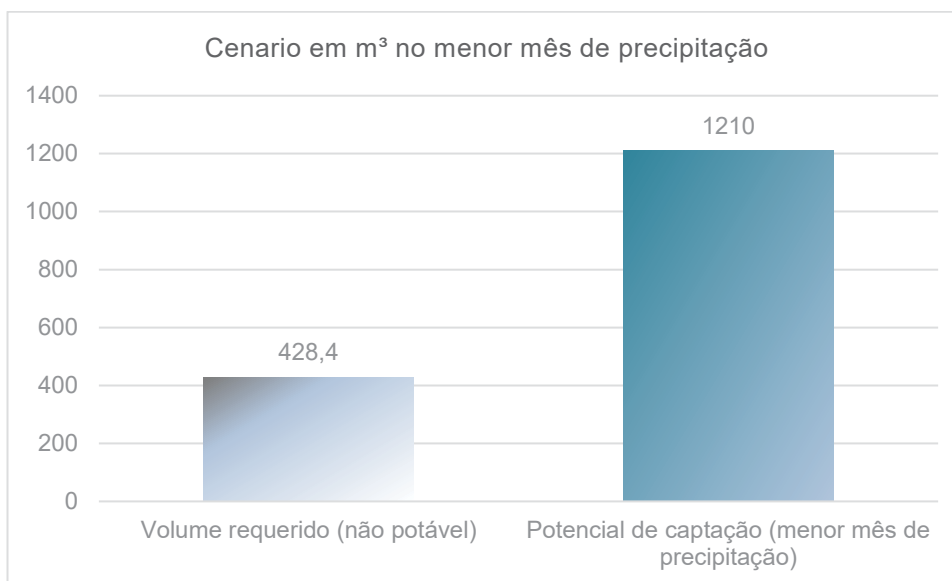


Fonte: Autor (2021).

Ressaltando que o volume de substituição de água potável proposto pelo grupo é de 30%, olhando apenas para essas duas fontes já estamos muito próximo ao objetivo proposto pela empresa e ainda temos todo o volume de água da chuva que não está contabilizado nesse número apresentado acima.

A coleta da água da chuva oferece o maior volume de água para o sistema de água não potável, e mesmo no menor mês de precipitação, sem considerar as fontes do climatizador e fosso de drenagem, esta por si só já oferece uma quantidade maior que o dobro do volume total de água atualmente utilizado na empresa para fins não potáveis, isso já considerando o mês de menor precipitação considerando a média de 29 anos (1977 a 2006). (Gráfico 9).

Gráfico 9 - Potencial de captação no menor mês de precipitação.



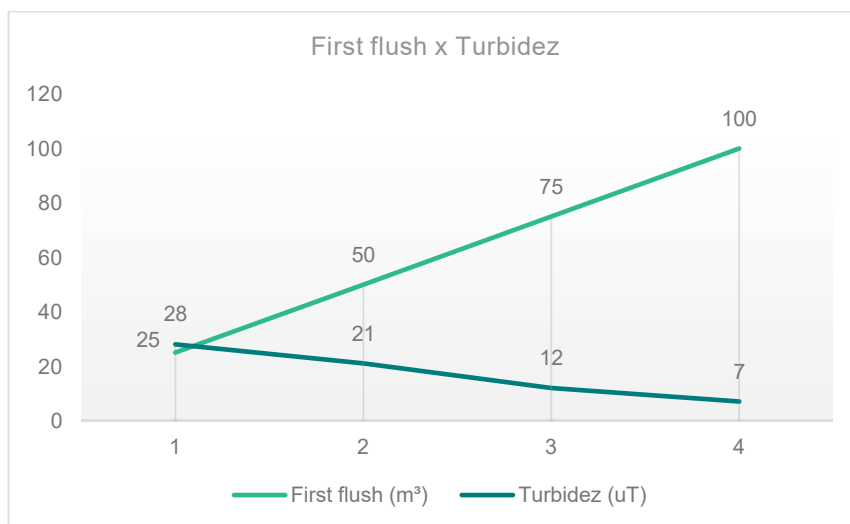
Fonte: Autor (2021).

Em todas as simulações realizadas, mesmo reduzindo em 50% o volume de captação, ainda assim conseguimos atender a demanda total da fábrica de água aplicada para fins não potáveis, ainda assim temos o suprimento auxiliar de água do climatizador, água do fosso e ainda um backup de 100m³ reservado em uma cisterna ao termino das canaletas de drenagem na área permeável da fábrica.

O obturador por ser um ponto de convergência das águas, ficou definido como ponto de coleta, as amostras para a realização dos ensaios físicos químicos foram coletadas a partir desse ponto. Para chegar no volume de 100m³ de descarga do primeiro fluxo (first flush) foram realizados 4 ensaios, nos quais ficou perceptível menos interferência na turbidez após esse volume de água desprezado (aspecto mais limpo). O impacto maior dessa amostra foi no aspecto visual que poderia se tornar uma barreira negativa aos olhos do usuário do vaso sanitário por exemplo. Claro que existem até corantes para mitigar esse aspecto de água “suja”, mas também não se

ignorar a quantidade de sedimento na água que pode impactar em troca de filtros com maior frequência e até danos a rede de distribuição, ou mesmo nas válvulas de descarga. Abaixo os resultados de turbidez correlacionada ao aumento de volume de descarte (first flush) em m^3 . (gráfico 10).

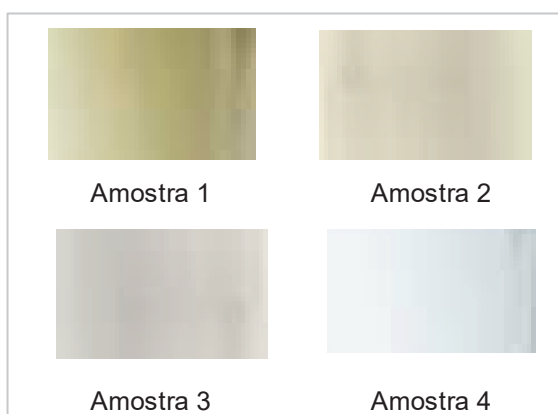
Grafico 10 – Volume de first flush x turbidez.



Fonte: Autor (2021).

Avaliando o gráfico com os dados recebidos da análise laboratorial ficou evidente que quanto maior o descarte, mais clara a água fica, com mais aspecto de água limpa cristalina. As amostras foram fotografadas e passam um bom referencial sobre o aspecto da água, abaixo um referencial do aspecto visual de cada amostra. (Figura 20).

Figura 20 – Referência visual da amostra.



Fonte: Autor (2021).

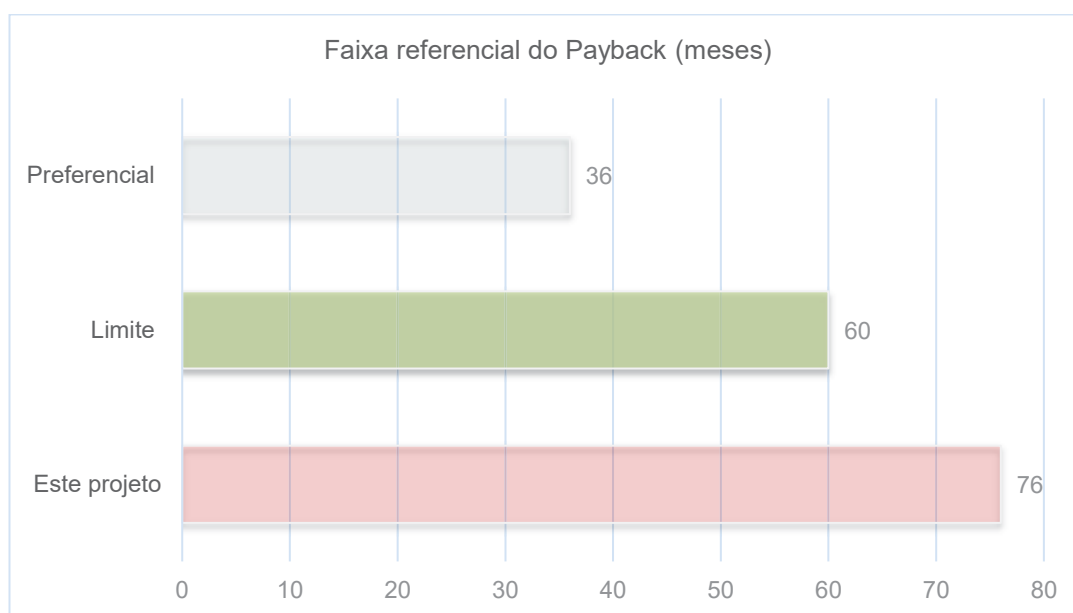
Além do aspecto visual os sedimentos também foram reduzindo o que demonstra que o volume de descarte de 100m^3 além de contribuir com o aspecto visual, vai reduzir a necessidade do emprego de sistemas mais complexos de filtragem e até algum agente químico para minimizar o impacto da colocar ação da água.

A armazenagem da água da chuva que poderia se tornar um problema no quesito financeiro, uma vez que o custo do reservatório é a parte mais cara do projeto, ao discutir em meio a equipe do departamento ambiental e infraestrutura, chegamos ao denominador comum que para que o projeto ficasse economicamente mais viável, e devido ao grande potencial de captação de água, seria viável investir em um reservatório de 200m^3 para água potável e transformar o reservatório atual de água potável em um reservatório de água não potável, apenas desmembrando a rede hidráulica nos pontos de derivação que requer água potável. O novo fluxo de distribuição já contempla essa transformação do reservatório.

O aspecto cultural é impactado, primeiramente pela quebra de paradigmas em função principalmente do odor e coloração da água, houveram relatos durante os testes com a água no sanitário e na limpeza de piso como “cheirinho de limpeza” e “cheirinho de piscina”, também na cultura de redução do consumo de água potável para fins não potáveis transcendendo os portões da empresa e levando isso para a vida do colaborador, porem por hora não foi possível mensurar os números em decorrência do sistema estar em fase experimental com apenas a água do fosso e do climatizador.

Projetos de natureza ambiental, principalmente relacionado a água, comumente não tem um retorno de investimento dentro do limite estabelecido pela empresa. O resultado prévio deste payback ficou em 78 meses, mesmo havendo árduas negociações com os fornecedores esse projeto com o valor de m^3 atualmente pago para a companhia de saneamento não deve se enquadrar dentro dos 60 meses. Na sequência é possível visualizar a posição desse projeto na escala de retorno de investimento (payback). (Gráfico 11).

Gráfico 11 – Payback



Fonte: O autor

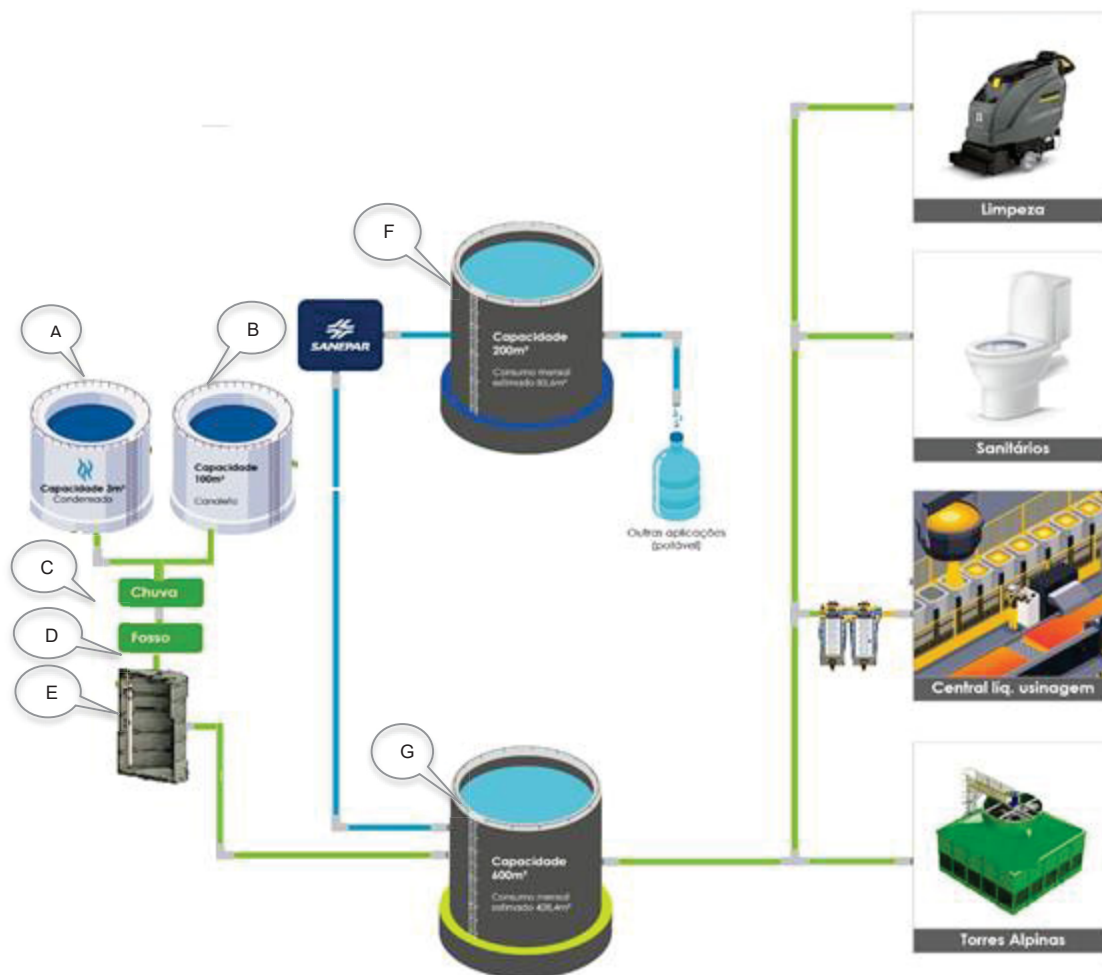
É perceptível ao visualizar o gráfico acima que este projeto não se enquadra na escala preferencial de retorno de investimento. Os projetos ambientais precisam de uma tratativa diferenciada, ainda não temos no grupo estabelecido um tempo específico para esses projetos, comumente são implementados sem a restrição do tempo de retorno e de forma gradual, assim as etapas implementadas vão sendo pagas gradualmente e algumas vezes integradas a outros projetos. O fato é que nesse meio tempo dos 76 meses, podemos ter um aumento expressivo no custo do m³ que pode acelerar o projeto e consequentemente ajudando a reduzir o tempo de payback. Outros três pontos que pode impulsionar o investimento mesmo não estando na faixa de tempo preferencial é a escassez hídrica com risco de ruptura na produção, a aprovação de leis locais ou mesmo nacional exigindo o uso de cisternas e por fim esta demanda pode se tornar um requisito de cliente que hoje já abrange muitos outros projetos ligados a sustentabilidade, e a tendência é que o tema água e energia elétrica entre no requisito ainda nos próximos anos.

5.1 Proposta do novo fluxo de distribuição de água

Para definir o novo fluxo de distribuição de água foi necessário primeiramente avaliar os volumes de captação em potencial e analisar a característica físico químico

das amostras coletadas. Com os resultados em mãos e após a avaliação das NBR's, e Leis municipais e estaduais ficou definido o novo fluxo conforme demonstrado abaixo. (Figura 21).

Figura 21 – Novo fluxo de armazenamento e distribuição.



Fonte: Autor (2021).

O fluxo ilustrado acima representa o seguinte funcionamento; as águas do climatizador (A), da calha de drenagem (B), chuva (C), fosso (D), convergem para o obturador (E) e é bombeada para o reservatório (G) de água não potável com capacidade de 600m³ (antigo reservatório de água potável). Do reservatório (G) ela é distribuída para os processos de limpeza, sanitários, central de líquido de usinagem e torres alpinas de resfriamento. O Reservatório de água potável (F) fornece água potável para consumo (bebedouros), lavatório, chuveiro, refeitório e outros que requerem água potável, também está ligado ao reservatório (G) para o caso de um período longo de estiagem, desta forma os demais processos não potáveis não serão

comprometidos uma vez que toda a ligação hidráulica está ligada a este reservatório (G) não potável.

As pesquisas nas plataformas da Sanepar, e da agência nacional de águas ANA, demonstraram claramente que Curitiba e região metropolitana já estão classificadas como “críticidade quali-quantitativa”, ou seja, os atuais cortes no abastecimento em alta demanda que já acontece em alguns finais de semana tendem a aumentar com a estiagem e o crescimento populacional, até o momento que a operação das indústrias será prejudicada uma vez que a portaria da CONAMA Resolução No. 357/2005 prioriza o abastecimento urbano.

6 CONCLUSÕES

O principal objetivo do trabalho foi atingido devido o resultado das análises realizadas durante o trabalho terem viabilizado a concepção de um novo fluxo de captação e distribuição de água não potável, podendo reduzir assim o consumo de água potável em até 84%, volume este bastante superior ao proposto pelo grupo que é de 30%, mesmo havendo um potencial de substituição de 100% da demanda de água, os 16% são destinados ao consumo humano onde requer um amplo estudo normativo e um tratamento específico para potabilização, logo esse trabalho não aborda esse volume destinado ao consumo humano ficando como recomendação para trabalho futuro. Atualmente de forma ainda bastante manual já estamos empregando a água do fosso e do climatizador para a limpeza geral, e somente essas duas fontes já fornecem cerca de 133m³, equivalente a 26% do volume atual consumido pela empresa, e apenas 4% abaixo do volume requerido de redução proposto pelo grupo, porém, por ser um abastecimento manual e com uma distribuição adaptada não é possível fazer um aproveitamento integral e sistêmico desse volume.

Através dos mapas interativos da agência nacional de águas (ANA) foi possível concluir que a condição de Curitiba e região metropolitana requer novas fontes de captação de água para evitar maiores racionamentos que hoje acontece em alguns finais de semana ao longo do ano. As condições das bacias hidrográficas atuais não acompanham esse crescimento da região, tanto residencial quanto industrial, portanto, com base nessas evidencias o trabalho passou de apenas uma visão do grupo no quesito ambiental para uma necessidade vital para a operação da empresa em meio a esse cenário de escassez hídrica.

Mesmo sabendo que existem alguns desafios para essas captações, inclusive na parte técnica, pois não temos domínio sobre o clima, podemos ter um grande volume de precipitação em um pequeno espaço de tempo onde o acúmulo de 100m³ proporcionado pelo obturador, pode não ser todo aproveitado em função da capacidade de bombeamento, para minimizar essa perda de volume a água represada no reservatório das canaletas de drenagem, somada a água do fosso e climatizador, vão contribuir para composição do volume não potável.

A revisão bibliográfica reforçou que o tema aproveitamento de água da chuva, é relevante e discutido frequentemente no mundo todo, e vem sendo bastante empregados em diversos países como, Austrália, Grécia, Brasil, Malásia, Alaska,

EUA, China, Portugal, México, Indonésia, algo que também chama a atenção é que alguns estudos vêm sendo realizados com foco em filtragem e potabilização desta água. A aplicação de água de fontes alternativas em processos de produção como o de usinagem não está largamente difundido. As leis locais não serão impeditivas para essa implantação, a questão do investimento, esta, vai ser distribuída aos longos dos anos iniciando já pelas etapas mais simples que são as coletas da água do fosso e climatizador. Como previsto anteriormente este investimento que não se enquadra dentro do padrão de *payback*, porem dado a criticidade do cenário com risco de ruptura na operação o investimento acaba sendo priorizado, a ideia de transformar o reservatório atual de água potável em água não potável reduziu drasticamente o valor do investimento que poderia chegar facilmente à mais de 100 meses.

A convergência dos fatos e dados estudados, aliado às visões ambientais de grandes grupos empresariais valida a preocupação global de entidades públicas e privadas relacionadas a conservação, preservação e uso consciente deste recurso vital para a sobrevivência humana na Terra.

6.1 Sugestões de trabalhos futuros

Os estudos na área de uso de água da chuva são bastante extensos e derivam para diversos temas, a sugestão para próximos trabalhos fica direcionada para;

- Impactos da aplicação de água de chuva em processo de usinagem de precisão.
- Potabilização da água da chuva na indústria.
- Sistema de filtragem de água da chuva para aplicação industrial.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 15527:2007**. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?Q=UIBWK2kzQjgyVFprTGw0WE0xY1M4OFTZFIpbStmelVZNnZraGtON2hJYz0=>> Acesso em: 12 de dez. 2018

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 12213:1992**. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?Q=VHZtY3pOMFIkZ3VnaFRSdE1NV1B2STJNbXRQOEF6ajJmdXISVGdOR1INVT0=>> Acesso em: 12 de dez. 2018

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 10844:1989**. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?Q=UXJwYWh3b2dsK2RiS2tUR0VPU2F2aDZOU09GMlhJdFdzcTBtZFIMV0grbz0=>> Acesso em: 12 de dez. 2018

ANA. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura 2017**. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/relatorio-conjuntura-2017.pdf/view>>. Acesso em: 22 de set. 2020

ANA. Agência Nacional de Águas. **Água na Indústria 2019**. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf>> Acesso em: 22 de set. 2020

ANA. Agência Nacional de Águas. **Mapa interativo ANA**. Disponível em: <<http://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=724ace05a4bf41be8c2edf1e76f66a38>> Acesso em: 22 de set. 2020

ANA. Agência Nacional de Águas. **Declaração da situação crítica de escassez quantitativa dos recursos hídricos na Região Hidrográfica do Paraná**. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-ana-n-77-de-1-de-junho-de-2021-323553340>>. Acesso em: 22 de set. 2020

ASTRA. **Tipos de calhas: saiba qual a diferença e como escolher**. Disponível em: <<https://www.astra-sa.com/destaques/qual-a-diferenca-entre-calha-de-pvc-aluminio-e-aco-galvanico/>> Acesso em 18 fev. 2021

ÁGUAS DE ALENQUER. **Dureza da água - escala**. Disponível em: <<https://www.aguasdealenquer.pt/pages/27-dureza-da-agua?locale=pt>>. Acesso em: 16 de mar. 2021

BRASIL. **Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf> Acesso em: 22 de set. 2020

BRASIL. **PORTARIA Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011** Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 16 de mar. 2021

BRASIL. **PROJETO DE LEI Nº324 de 2015.** Disponível em <<https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=4464580&ts=1630428825644&disposition=inline>>. Acesso em: 11 de dez. 2021

BASSOI, L.; MENEGON JÚNIOR, N. **Controle ambiental da água.** In: PHILIPPI JÚNIOR, A. (Coord.). Curso de gestão ambiental. 2 ed. atual. e ampl. Barueri, SP: Manole, 2014

BURNS, M. J., Fletcher, T. D., Duncan, H. P., Hatt, B. E., Ladson, A. R., & Walsh, C. J. **The performance of rainwater tanks for stormwater retention and water supply at the household scale: an empirical study. Hydrological processes**, 29(1), 2015, 152–160. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/hyp.10142>> Acesso em: 22 de set. 2021

CAMPISANO, A., BUTLER, D., WARD, S., BURNS, M. J., FRIEDLER, E., DEBUSK, K., HAN, M. **Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives.** Water Research, 115, 2017, 195–209. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.02.056>> Acesso em: 22 de set. 2021.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 357 de 17 de março de 2005.** Brasília. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>> Acesso em: 12 de outubro de 2020.

COPASA. **Programa Chuá 2015.** Disponível em: <<https://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/a-copasa/responsabilidade-social/programa-chua>> Acesso em: 12 de outubro de 2020.

CLINE, E. H. **Biblical archaeology: a very short introduction.** 1ª edição. Oxford University Press, 2009.

CURITIBA, **Lei Municipal n.º 10.785, de 18 de setembro de 2003.** Disponível em: <<https://mid.curitiba.pr.gov.br/2020/00303815.pdf>> Acesso em: 6 de jan. 2021

DORNELLES, F. **Aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial.** Tese doutorado. UFRS. Porto Alegre 2012. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/55968>> Acesso em: 5 de jan. 2021

FORTLEV. **Separador de Folhas.** Acesso em: <<https://www.fortlev.com.br/produtos/meio-ambiente/separador-de-folhas/>> Acesso em: 22 de set. 2021.

GAYATHRI, K. D.; GANASRI, B. P.; DWARAKISH, G. S. **A Review on Hydrological Models**. Aquatic Procedia, 4, p. 1001 - 1007, 2015.

GIL, T. W. et al. **A análise da disponibilidade de recursos hídricos na região metropolitana de Curitiba e a importância das indústrias em buscar fontes alternativas de captação de água** Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 3, p.13741-13756 mar. 2020.

HATT, B. E., DELETIC, A., & FLETCHER, T. D. **Stormwater reuse: designing biofiltration systems for reliable treatment**. Water Science and Technology, 55(4), 2017, 201–209. Disponível em: <<https://doi.org/10.2166/wst.2007.110>> Acesso em: 22 de set. 2021

PARANÁ. **Decreto 8299**. Disponível em <<https://www.aen.pr.gov.br/arquivos/0508decreto.pdf>>. Acesso em: 22 de set. 2021

PINTO. **Atlas pluviométrico do Brasil 2011**. Disponível em: <<https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/15009/1/CS-FazendaRioGrande.pdf>> Acesso em: 14 jan. 2021

IPT. Instituto De Pesquisas Tecnológicas. **Manual de captação de água da chuva**. Disponível em: <http://www.ipt.br/download.php?filename=1200-Manual_para_captacao_emergencial_e_uso_domestico_de_AGUA_DA_CHUVA.pdf> Acesso em: 22 set. 2021

JING, X., ZHANG, S., ZHANG, J., WANG, Y., WANG, Y., & YUE, T. **Analysis and Modelling of Stormwater Volume Control Performance of Rainwater Harvesting Systems in Four Climatic Zones of China**. Water Resources Management, 32(8), 2018, 2649–2664. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11269-018-1950-4>> Acesso em: 22 de set. 2021

LEE, K. E., MOKHTAR, M., MOHD HANAFIAH, M., ABDUL HALIM, A., & BADUSAH, J.. **Rainwater harvesting as an alternative water resource in Malaysia: potential, policies and development**. Journal of Cleaner Production, 126, 2016, 218–222. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2016.03.060>> Acesso em: 22 de set. 2021

LONDRA, P. A., THEOCHARIS, A. T., BALTAS, E., & TSIHRINTZIS, V. A. **Optimal Sizing of Rainwater Harvesting Tanks for Domestic Use in Greece**. Water Resources Management, 29(12), 2015, 4357–4377. <https://doi.org/10.1007/s11269-015-1064-1>

MARIANA, Y., & SURYAWINATA, B. A.. **Sustainable water management: Roof as a rainwater catchment area**. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018, 195(1). Disponível em: <<https://doi.org/10.1088/1755-1315/195/1/012094>> Acesso em: 22 de set. 2021

MELO, L. R. da. C. **Variação da qualidade da água de chuva no início da precipitação**. 2007, 103 p. Dissertação (mestrado). Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: < <http://ftp.ufrn.br/pub/biblioteca/ext/bdtd/LucianoRCM.pdf>>. Acesso em: 6 jun. 2020

MOTA, D. A., **DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA EM POÇOS NAS ÁREAS RURAIS DE CAÇAPAVA DO SUL – RS**. Disponível em: < <https://repositorio.unipampa.edu.br/jspui/bitstream/riu/6070/1/Daniela%20Almeida%20Mota%20-%202019.pdf>>. Acesso em: 06 de dez. 2020.

MENDEZ, C. B., KLENZENDORF, J. B., AFSHAR, B. R., SIMMONS, M. T., BARRETT, M. E., KINNEY, K. A., & KIRISITS, M. J. **The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater**. *Water Research*, 45(5), 2011, 2049–2059. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.12.015>> Acesso em: 22 de set. 2021

ONU. **Planeta Pode Enfrentar Deficit de Água**, 2015 Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/ate-2030-planeta-pode-enfrentar-deficit-de-água-de-ate-40-alerta-relatorio-da-onu>> Acesso em: 22 de set. 2021

ONU. **Água potável e saneamento**, 2020 Disponível em: < <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/6>> Acesso em: 04 de fev. 2021

ONU. **ÁGUA PARA UM MUNDO SUSTENTÁVEL** Disponível em: < https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000232272_por> Acesso em: 22 de set. 2021

SANCHES, F. L. F., TERÊNCIO, D. P. S., & PACHECO, F. A. L. **Rainwater harvesting systems for low demanding applications**. *Science of the Total Environment*, 529, 2015, 91–100. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.06>> Acesso em: 22 de set. 2021

SANEPAR. **Relatório de Qualidade de Água**. Disponível em: <<https://relatorioqualidadeagua.sanepar.com.br/ancora.html>> Acesso em: 22 de set. 2021

SILVA, C.V.; HELLER, L.; CARNEIRO, M. **Cisternas para armazenamento de água de chuva e efeito na diarreia infantil: um estudo na área rural do semiárido de Minas Gerais**. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.12, n.4, p.393-400, 2012

TELLES, D. D. (Org.). **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. São Paulo: Blucher, 2013.

TEIXEIRA, C. A., ZATTONI, G. T., NAGALLI, A., FREIRA, F. B., TEIXEIRA, S. H. C., **Análise de viabilidade técnica e econômica do uso de água de chuva em uma indústria metalmecânica na região metropolitana de Curitiba PR**. *Gestão & Produção*, 23(3), 2016, 638–648. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0104-530x1655-14>> Acesso em: 22 de set. 2021

THOMÉ, A. C. B., SANTOS, P. G., & FISCH, A. G. **Using rainwater in cooling towers:** Design and performance analysis for a petrochemical company. *Journal of Cleaner Production*, 224, 2019, 275–283. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.03.249>> Acesso em: 22 de set. 2021

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água da Chuva: Para áreas urbanas e fins não potáveis.** 6º Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva, 2011.

ZAVALA, M. Á. L., PRIETO, M. J. C., & ROJAS, C. A. R. **Rainwater harvesting as an alternative for water supply in regions with high water stress.** *Water Science and Technology: Water Supply*, 18(6), 2018, ws2018018. Disponível em: <<https://doi.org/10.2166/ws.2018.018>> Acesso em: 22 de set. 2021