

CENTRO PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE ITAQUERA  
PROFESSOR MIGUEL REALE

LEONARDO HENRIQUE REGO DA SILVA  
MAURI JUNIOR RODRIGUES DA COSTA  
ODIRLEI GUIOTTI DE ALMEIDA  
WILLIAM DE CARVALHO VARELO

**Melhorias no Sistema de uma Torre de Resfriamento Industrial**

São Paulo  
2024

CENTRO PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE ITAQUERA  
PROFESSOR MIGUEL REALE

LEONARDO HENRIQUE REGO DA SILVA  
MAURI JUNIOR RODRIGUES DA COSTA  
ODIRLEI GUIOTTI DE ALMEIDA  
WILLIAM DE CARVALHO VARELO

**Melhorias no Sistema de uma Torre de Resfriamento Industrial**

Projeto tecnológico elaborado como requisito parcial para a conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial da Faculdade de Tecnologia Itaquera (Fatec)

Orientador(a): Prof. Dra. Magda Dias Gonçalves Rios

São Paulo

2024

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

LEONARDO HENRIQUE REGO DA SILVA  
MAURI JUNIOR RODRIGUES DA COSTA  
ODIRLEI GUIOTTI DE ALMEIDA  
WILLIAM DE CARVALHO VARELO

**Melhorias no Sistema de uma Torre de Resfriamento Industrial**

Projeto tecnológico elaborado como requisito parcial para a conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial da Faculdade de Tecnologia Itaquera (Fatec)

Orientador(a): Prof. Dra. Magda Dias Gonçalves Rios

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dra. Magda Dias Gonçalves Rios

Assinatura: \_\_\_\_\_

Instituição: FATEC ITAQUERA

Data \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Prof. Dr. Manuel Venceslau Canté

Assinatura: \_\_\_\_\_

Instituição: FATEC ITAQUERA

Data \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Prof. Me. Maria A. Silva Colombo

Assinatura: \_\_\_\_\_

Instituição: FATEC ITAQUERA

Data \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus e aos nossos Familiares, cujo amor e apoio foram fundamentais em nossa jornada acadêmica.

Aos nossos Professores Orientadores, Dr. Magda Dias e Me. Thiago Paula, pela orientação precisa, incentivo e sabedoria compartilhada ao longo deste trabalho.

Ao nosso Professor Coordenador de TCC, Me. Lincoln Nascimento, pela dedicação e orientação constante durante todo o processo de elaboração deste trabalho.

Aos Professores que compõem a nossa banca examinadora, Me. Maria A. S. Colombo e Dr. Manuel Venceslau Canté, pelas valiosas sugestões e contribuições que enriqueceram este estudo.

Ao nosso Professor Coordenador do Curso de Manutenção Industrial, Dr. Jean Pierre Garcia, pela visão e liderança que inspiraram nosso crescimento acadêmico e profissional.

A todo o Corpo Docente da Fatec Itaquera, pelo conhecimento transmitido e pelo ambiente acadêmico propício ao aprendizado e desenvolvimento pessoal.

Ao grupo pelo esforço e comprometimento demonstrados ao longo deste trabalho, pois juntos alcançamos resultados que nos enchem de orgulho e satisfação.

Este trabalho é fruto do esforço coletivo de muitas pessoas, e expressamos aqui nossa mais sincera gratidão a todos que contribuíram de alguma forma para sua realização.

## EPÍGRAFE

"Agradeço todas as dificuldades que enfrentei; não fosse por elas, eu não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de caminhar. Mesmo as críticas nos auxiliam muito".

Chico Xavier

## RESUMO

Essa melhoria visa otimizar a operação de uma torre de resfriamento industrial em uma empresa automobilística de grande porte, com foco na redução de água, produtos químicos e energia. A relevância é destacada pela contribuição para a preservação dos recursos hídricos, a redução da pegada ambiental da indústria e o atendimento às demandas por eficiência energética. O objetivo é desenvolver um esquema elétrico, instalar um painel elétrico auxiliar e implementar válvulas para controle eficiente. A importância no mercado reside na promoção de práticas sustentáveis, redução de custos e fortalecimento da imagem corporativa. A metodologia inclui revisão bibliográfica, levantamento de normas, e na fase prática, a utilização de materiais para implementação. Os cálculos basearão medições de consumo de recursos, proporcionando uma base quantitativa para avaliação.

**Palavras-chave:** torres de resfriamento; eficiência operacional; responsabilidade ambiental; otimização de processos.

## ABSTRACT

This improvement aims to optimize the operation of an industrial cooling tower in a large automobile company, focusing on reducing water, chemicals and energy. The relevance is highlighted by the contribution to the preservation of water resources, the reduction of the industry's environmental footprint and meeting demands for energy efficiency. The objective is to develop an electrical scheme, install an auxiliary electrical panel and implement valves for efficient control. The importance in the market lies in promoting sustainable practices, reducing costs and strengthening the corporate image. The methodology includes bibliographic review, survey of standards, and in the practical phase, the use of materials for implementation. Calculations will base resource consumption measurements, providing a quantitative basis for assessment.

**Keywords:** cooling towers; operational efficiency; environmental responsibility; process optimization.

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

°C - Graus Celsius  
AGMA - American Gear Manufacturers Association  
B-10 - Vida Operacional de um Sistema (Conceito de Durabilidade e Confiabilidade)  
Bar - Pressão Atmosférica Padrão ao Nível do Mar  
BSP - British Standard Pipe (Rosca Padrão Britânica)  
CTI - Cooling Technology Institute  
CWR - Água de Resfriamento Quente ou de Retorno  
CWS - Água de Resfriamento Fria ou de Suprimento  
HP - Horse Power (Cavalo Vapor)  
m/s - Metros por Segundo (SI)  
m³/h - Metros Cúbicos por Hora  
Make-up - Água de Reposição  
mmca - Milímetros de Coluna de Água  
MPE - Material Polimérico Extracelular  
PRFV - Plástico Reforçado em Fibra de Vidro  
PVC - Policloreto de Vinila  
R\$ - Real Brasileiro  
RPM - Rotações por Minuto  
s/m - Strokes per Minute (Golpes por Minuto)  
TBS - Temperatura de Bulbo Seco  
TBU - Temperatura de Bulbo Úmido  
TCDO 06 - Tanque de Coleta de Descarte de Oleosos N° 06  
TO - Temperatura de Orvalho  
W - Umidade Absoluta  
WR - Umidade Relativa



## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Torre de Resfriamento Genérica .....	17
Figura 3.2 - Esquema de um Sistema de Água de Resfriamento Aberto.....	19
Figura 3.3 - Esquema de um Sistema de Água de Resfriamento Fechado .....	20
Figura 3.4 - Esquema Simplificado de uma Torre de Resfriamento .....	21
Figura 3.5 - Torre Atmosférica sem Enchimento .....	24
Figura 3.6 - Torre de Tiragem Natural .....	25
Figura 3.7 - Torre de Tiragem Mecânica Induzida de Fluxo em Contracorrente.....	25
Figura 3.8 - Enchimento Tipo Respingo .....	28
Figura 3.9 - Enchimento Tipo Filme.....	29
Figura 3.10 - Eliminador de Gotas .....	33
Figura 3.11 - Crescimento de Microrganismos em Torres de Resfriamento .....	45
Figura 3.12 - Trocador de Calor com Acúmulo de Biofilme .....	45
Figura 4.1 - Torre de Resfriamento (Planta 03).....	46
Figura 4.2 - Regulagem da Bomba de Dosagem Tekba - Seko 1 (12 s/m pulso) .....	51
Figura 4.3 - Regulagem da Bomba de Dosagem Tekba - Seko 2 (10 s/m pulso) .....	52
Figura 4.4 - Regulagem da Bomba de Dosagem Tekba - Seko 3 (08 s/m pulso) .....	53
Figura 4.5 - Especificação das Bombas de Dosagem Tekba - Seko (Vista Lateral Esquerda) .....	54
Figura 4.6 - Especificação das Bombas de Dosagem Tekba - Seko (Vista Lateral Direita).....	55
Figura 4.7 - Conjunto Montado das Bombas de Dosagens Tekba - Seko .....	55
Figura 4.8 - Especificação da Bomba Hidráulica (KSB) .....	56
Figura 4.9 - Especificação do Motor Elétrico (WEG) .....	56
Figura 4.10 - Conjunto Montado da Bomba Hidráulica (KSB) e do Motor Elétrico (WEG) .....	57
Figura 4.11 - Sistema Hidráulico Antes da Implementação da Válvula Eletropneumática (Vista Lateral).....	57
Figura 4.12 - Sistema Hidráulico Antes da Implementação da Válvula Eletropneumática (Vista Frontal) .....	58
Figura 5.1 - Implementação do Painel Elétrico Auxiliar ao Lado do Quadro Principal das Bombas Elétricas .....	62
Figura 5.2 - Implementação do Painel Elétrico Auxiliar (Porta Fechada) .....	63
Figura 5.3 - Implementação do Painel Elétrico Auxiliar (Porta Aberta) .....	64
Figura 5.4 - Implementação da Válvula Esfera de ¾" para Alimentação do Ar Comprimido....	64
Figura 5.5 - Implementação da Válvula de By-pass e da Válvula Eletropneumática (Vista Frontal).....	65
Figura 5.6 - Implementação da Válvula de By-pass e da Válvula Eletropneumática (Vista Lateral) .....	65

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Classes de Microrganismos, Nutrientes e Danos Causados .....	41
Tabela 2 - Lista de Materiais Eletroeletrônicos para Montagem de Painel Pneumático.....	60
Tabela 3 - Lista de Materiais Mecânicos para Montagem de Painel Pneumático.....	61

## SUMÁRIO

FOLHA DE APROVAÇÃO .....	3
AGRADECIMENTOS .....	4
EPÍGRAFE .....	5
RESUMO.....	6
ABSTRACT .....	7
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS.....	10
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1 JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>16</b>
<b>2 OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>16</b>
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>17</b>
3.1.1 TIPOS DE SISTEMAS DE RESFRIAMENTO DE ÁGUA.....	19
3.1.2 SISTEMAS ABERTOS SEM RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA .....	19
3.1.3 SISTEMAS FECHADOS.....	20
3.1.4 SISTEMAS ABERTOS COM RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA .....	20
3.2 EVOLUÇÃO DAS TORRES DE RESFRIAMENTO .....	21
3.2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS TIPOS DE TORRES.....	23
3.2.2 TORRE DE VENTILAÇÃO NATURAL .....	23
3.2.3 TORRE DE TIRAGEM NATURAL .....	24
3.2.4 TORRE DE TIRAGEM MECÂNICA .....	25
3.3 COMPONENTES PRINCIPAIS DE UMA TORRE DE RESFRIAMENTO .....	26
3.4 ESTRUTURA DE UMA TORRE DE RESFRIAMENTO.....	26
3.4.1 ENCHIMENTO DE UMA TORRE DE RESFRIAMENTO .....	27
3.4.2 ENCHIMENTO TIPO “RESPINGO” .....	27
3.4.3 ENCHIMENTO TIPO “FILME” .....	28

3.4.4	CILINDRO DO VENTILADOR (DIFUSOR) .....	29
3.4.5	VENEZIANAS .....	30
3.4.6	FECHAMENTO.....	31
3.4.7	ELIMINADOR DE GOTAS .....	31
3.4.8	VENTILADORES .....	33
3.4.9	REDUTORES DE VELOCIDADE.....	34
3.4.10	EIXO DE TRANSMISSÃO .....	35
3.4.11	MOTORES ELÉTRICOS.....	36
3.4.12	DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA.....	36
3.4.12.1	POR PRESSÃO .....	36
3.4.12.2	POR GRAVIDADE .....	36
3.5	CONCEITOS RELACIONADOS .....	37
3.5.1	VARIÁVEIS PSICROMÉTRICAS .....	38
3.5.2	PURGA DA TORRE DE RESFRIAMENTO.....	39
3.5.3	SISTEMA DE BÓIA COM ÁGUA DE REPOSIÇÃO .....	39
3.6	PRESENÇA DE MICRORGANISMOS EM ÁGUAS DE RESFRIAMENTO... 39	
3.6.1	DEPÓSITOS .....	39
3.6.2	ENTUPIMENTO .....	40
3.6.3	CORROSÃO.....	40
3.6.4	BIOFOULING.....	40
3.7	TIPOS DE MICRORGANISMOS ENCONTRADOS NAS ÁGUAS DE RESFRIAMENTO .....	40
3.8	FATORES QUE INFLUENCIAM O CRESCIMENTO MICROBIANO.....	42
3.8.1	NUTRIENTES.....	42
3.8.2	PH .....	42
3.8.3	TEMPERATURA .....	42
3.8.4	LUZ SOLAR.....	42
3.8.5	OXIGÊNIO DISSOLVIDO .....	43
3.8.6	BIOFILMES.....	43
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA (MATERIAIS E MÉTODOS) .....</b>	<b>45</b>

<b>4.1 PLANEJAMENTO</b> .....	<b>46</b>
<b>4.2 DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>46</b>
4.2.1 CÁLCULO DA PERDA DE ÁGUA POR TRANSBORDAMENTO NA TORRE EM FUNÇÃO DOS DADOS DE VAZÃO DA BOMBA HIDRÁULICA.....	47
4.2.2 CÁLCULO DO VALOR PARA TRATAMENTO DA ÁGUA NO TCDO N° 06 PROVENIENTE DO TRANSBORDAMENTO DA BACIA DA TORRE .....	47
4.2.2.1 CÁLCULO DOS PRODUTOS QUÍMICOS ADICIONAIS UTILIZADOS NA ÁGUA PROVENIENTE DO TRANSBORDAMENTO DA BACIA DA TORRE .....	48
4.2.3 CUSTO TOTAL ANUAL DOS DESPERDÍCIOS.....	48
• FLOGARD POT 6102:.....	48
• GENGARD GN 8115: .....	48
• SPECTRUS NX 1106: .....	48
• PERDA DE ÁGUA POR TRANSBORDAMENTO NA TORRE:.....	49
• TRATAMENTO DA ÁGUA NO TCDO N° 06:.....	49
4.2.4 CÁLCULO DA VAZÃO DAS BOMBAS DE DOSAGEM DE PRODUTOS QUÍMICOS COM BASE NA TABELA DO FABRICANTE.....	49
4.2.4.1 REGULAGEM DA DOSAGEM DE PRODUTOS QUÍMICOS DAS 03 BOMBAS CONFORME AS FIGURAS 4.2, 4.3 e 4.4.....	51
4.2.4.2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DAS 03 BOMBAS DE DOSAGEM DE PRODUTOS QUÍMICOS JUNTO AO CONJUNTO MONTADO, CONFORME AS FIGURAS 4.5, 4.6 e 4.7. ....	54
4.2.4.3 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DA BOMBA HIDRÁULICA (KSB) E DO MOTOR ELÉTRICO (WEG) JUNTO AO CONJUNTO MONTADO, CONFORME AS FIGURAS 4.8, 4.9 e 4.10. ....	56
4.2.4.4 SISTEMA HIDRÁULICO DA TORRE DE RESFRIAMENTO ANTES DA IMPLEMENTAÇÃO DA VÁLVULA ELETROPNEUMÁTICA, CONFORME AS FIGURAS 4.11 e 4.12 .....	57
4.2.4.5 NORMAS AMBIENTAIS PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTES: CONAMA 430, CONAMA 357 E LEGISLAÇÃO ESTADUAL EM SÃO PAULO (ARTIGO 18)..	58
4.2.5 FISPQ (FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS).....	59
4.2.6 PROCEDIMENTOS QUE SERÃO EXECUTADOS NESSA PROPOSTA DE MELHORIA NA TORRE DE RESFRIAMENTO DA PLANTA 03. ....	60
4.2.7 MATERIAIS QUE SERÃO UTILIZADOS NESSA PROPOSTA DE MELHORIA	60
4.2.8 ESTIMATIVA DE CUSTO TOTAL DA MELHORIA A SER IMPLEMENTADA ...	61

4.2.9 PAYBACK .....	61
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>62</b>
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>66</b>
<b>7 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS .....</b>	<b>67</b>
<b>8 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>68</b>
<b>9 ANEXO A - REGULAMENTO DE LEI N° 997, DE 31 DE MAIO DE 1976 QUE DISPÕE SOBRE A PREVENÇÃO E O CONTROLE DA POLUIÇÃO DO MEIO AMBIENTE.....</b>	<b>71</b>
<b>10 ANEXO B - FICHAS FISPQ (FLOGARD POT6102) .....</b>	<b>73</b>
<b>13 ANEXO B - FICHAS FISPQ (GENGARD GN8115).....</b>	<b>76</b>
<b>16 ANEXO B - FICHAS FISPQ (SPECTRUS NX1106) .....</b>	<b>79</b>
<b>19 APÊNDICE A - DIAGRAMA ELÉTRICO DA BOMBA 1 .....</b>	<b>82</b>
<b>20 APÊNDICE A - DIAGRAMA ELÉTRICO DA BOMBA 2.....</b>	<b>83</b>
<b>21 APÊNDICE A - DIAGRAMA ELÉTRICO DO ACIONAMENTO DA VÁLVULA ELETROPNEUMÁTICA .....</b>	<b>84</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho visa explorar e analisar a importância das torres de resfriamento, abordando aspectos que vão desde o cumprimento das normas regulatórias até os benefícios econômicos e ambientais proporcionados por sua utilização eficiente. Ao compreender a relevância dessas estruturas, é possível contribuir para práticas industriais mais sustentáveis e seguras, além de promover o avanço tecnológico nas áreas de eficiência energética e gestão de recursos hídricos. Este projeto de pesquisa se limita ao estudo sobre a implementação de melhorias em uma torre de resfriamento industrial aplicada na refrigeração de robôs de soldagem, partindo da estrutura do sistema já instalado.

As torres de resfriamento são equipamentos utilizados para a remoção de calor de água proveniente de condensadores de usinas de geração de energia, sistemas de refrigeração e trocadores de calor. A utilização destes equipamentos tem como objetivo o resfriamento de modo limpo e a reutilização da água fornecida, trazendo assim benefícios ambientais e econômicos (VIEIRA, 2011; SAMPAIO, 2013).

Uma torre de resfriamento pode ser vista como uma coluna de transferência de calor e massa, pois ela é projetada para que ocorra um resfriamento por evaporação, onde uma pequena parte da água evapora para resfriar o resto da corrente. Esses equipamentos podem fornecer temperaturas significativamente menores do que radiadores, por exemplo, visto que o limite teórico do resfriamento é a temperatura de bulbo úmido, que em geral é menor do que a temperatura do ar (OLIVEIRA, 2012).

A construção da primeira torre de resfriamento do mundo ocorreu na Alemanha em 1894 pelo engenheiro Hans Joachim Balcke. O modelo proposto por Balcke era caracterizado como uma torre de tiragem natural e possuía 12 metros de altura. Dez anos depois tal modelo já possuía mais de 1.400 unidades em funcionamento ao redor do mundo (SAMPALIO, 2013).

## **1.1 JUSTIFICATIVA**

A relevância da pesquisa sobre torres de resfriamento é amplamente justificada pelas implicações abrangentes que essas estruturas têm em vários aspectos da indústria. A conformidade com normas e leis, a busca pela eficiência energética, o aprimoramento do desempenho industrial, a economia de recursos hídricos e a garantia de segurança operacional são pilares que sustentam a importância desse estudo. À medida que a indústria busca se tornar mais sustentável e responsável, a compreensão aprofundada das torres de resfriamento se torna crucial para alcançar esses objetivos e mitigar os impactos adversos.

## **2 OBJETIVO GERAL**

Otimizar a operação da torre de resfriamento industrial de uma empresa automobilística de grande porte situada em São Caetano do Sul - SP, visando a economia de água, produtos químicos e tempo de acionamento, pois ao desligar a torre da planta 03, a água de retorno que está na tubulação se perde no transbordo da bacia, indo para o tratamento através do Tanque de Coleta de Descarte de Oleosos N° 06 (TCDO 06).

### **2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Desenvolver um esquema elétrico do sistema a ser modificado.
- Instalação de um painel elétrico auxiliar ao lado do quadro principal das bombas elétricas.
- Instalação de uma válvula eletropneumática para controle da água de retorno.
- Instalação de uma válvula manual de by-pass para eventual manutenção na válvula pneumática.

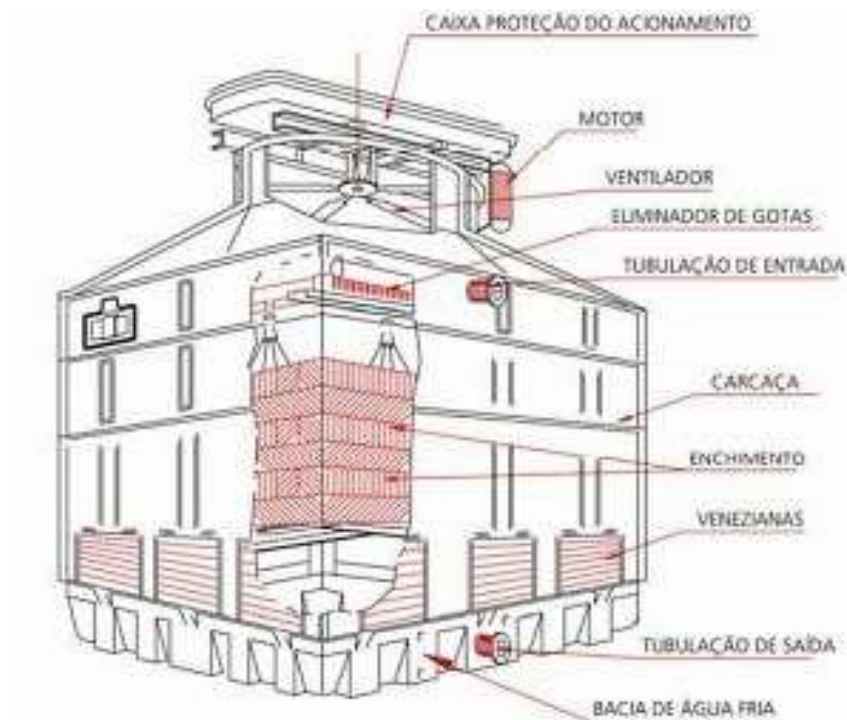


### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 SISTEMA DE RESFRIAMENTO

Os sistemas de resfriamento são usados em diversos tipos de indústrias tais como siderúrgicas, fundição, químicas, plástico, shopping center, papel e celulose entre outros. O objetivo destes sistemas é diminuir a temperatura de determinados equipamentos e processos, evitando o superaquecimento e colaborando para o crescimento de produtividade, sendo a água empregada como meio de resfriamento conforme a Figura 3.1. (MORAES, 2017).

Figura 3.1 - Torre de Resfriamento Genérica



Fonte: AGTORRES (2023)

O resfriamento evaporativo consiste na transferência simultânea de calor e massa entre os componentes, sendo a torre de resfriamento a tecnologia mais amplamente utilizada nas indústrias para esta finalidade. O processo se baseia na exposição da superfície da água que se deseja resfriar com o ar a ser saturado, onde 80% do calor trocado é latente e se deve pela vaporização da água, enquanto que os

20% restantes são decorrentes da troca de calor sensível entre a água e o ar (GREEN; SOUTHARD, 2019).

A água quente oriunda do processo é enviada para a torre de resfriamento onde uma parte da água é evaporada no ar que atravessa o equipamento, ocorrendo uma troca de calor devida ao calor latente que ocasiona aumento da umidade do ar. À medida que a água evapora, o ar absorve o calor, diminuindo a temperatura da água restante. Além disso, calor sensível também é trocado devido a diferença de temperatura entre a água e o ar.

Este processo proporciona o aumento da temperatura do ar e o resfriamento significativo da porção de água acumulada na bacia da torre, que pode ser redirecionada ao processo, permitindo, assim, que grande parte da água seja reusada como fluido de resfriamento, suprimindo a demanda do processo (FEMP, 2011).

As torres de resfriamento estão situadas na área de utilidades da indústria, uma instalação não integrante do processo e que em geral fica topograficamente afastada das unidades produtivas da fábrica, por esse motivo, muitas vezes, o sistema de resfriamento tem se tornado negligenciado pela própria indústria. Devido a este fator, são encontrados grandes números de torres em más condições e funcionamento, criando um grande potencial para estudos de melhorias (ÁVILA, 2015; OLIVEIRA, 2011).

Para uma melhor compreensão sobre o funcionamento de torres de resfriamento é necessário determinar as propriedades do sistema ar-água por meio da psicrometria. Alguns conceitos dentro da psicrometria são importantes serem entendidos, pois são frequentemente utilizados em situações como o dimensionamento ou o cálculo de desempenho desses equipamentos, como por exemplo, a temperatura de bulbo úmido, definida como sendo a temperatura atingida pela água quando uma pequena quantidade desta água é evaporada em uma corrente de ar úmido não saturado, sendo teoricamente a menor temperatura alcançada pela água resfriada (CASSETTA, 2010).

### 3.1.1 TIPOS DE SISTEMAS DE RESFRIAMENTO DE ÁGUA

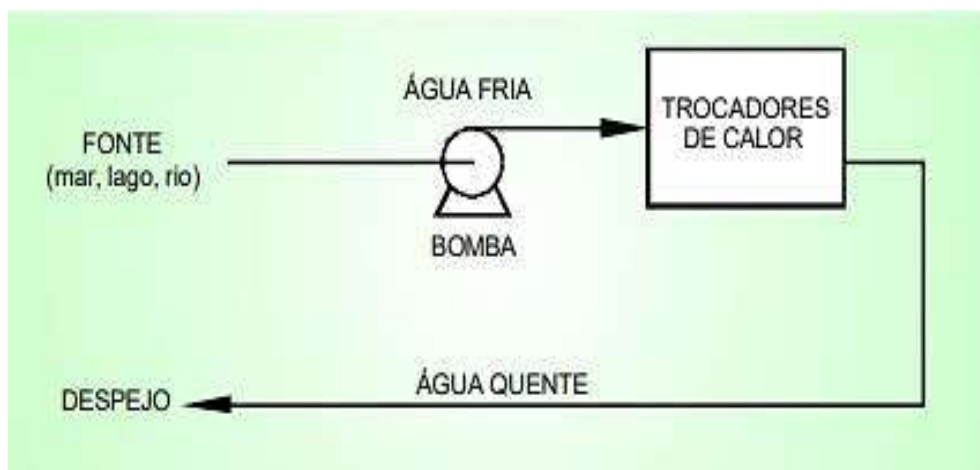
Basicamente, os sistemas de resfriamento de água são classificados em três tipos: Sistemas Abertos sem Recirculação de Água, Sistemas Fechados e Sistemas abertos com Recirculação de Água.

### 3.1.2 SISTEMAS ABERTOS SEM RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA

Também chamado de sistema de uma só passagem, é empregado quando existe grande disponibilidade de água com qualidade e temperatura satisfatórias para as necessidades do processo. Neste tipo de sistema, a água é captada de sua fonte, circula pelo processo e é imediatamente descarregada após a absorção de calor. Devido ao grande consumo de água, somente indústrias localizadas junto a grandes mananciais têm condição de usá-lo.

Neste tipo de sistema, nem sempre há como efetuar um tratamento químico conveniente da água, uma vez que grandes volumes de água estão envolvidos. Além disso, este processo causa poluição térmica, uma vez que a água é devolvida à sua fonte ainda aquecida, podendo comprometer a qualidade do curso d' água onde é despejada, conforme a Figura 3.2.

Figura 3.2 - Esquema de um Sistema de Água de Resfriamento Aberto

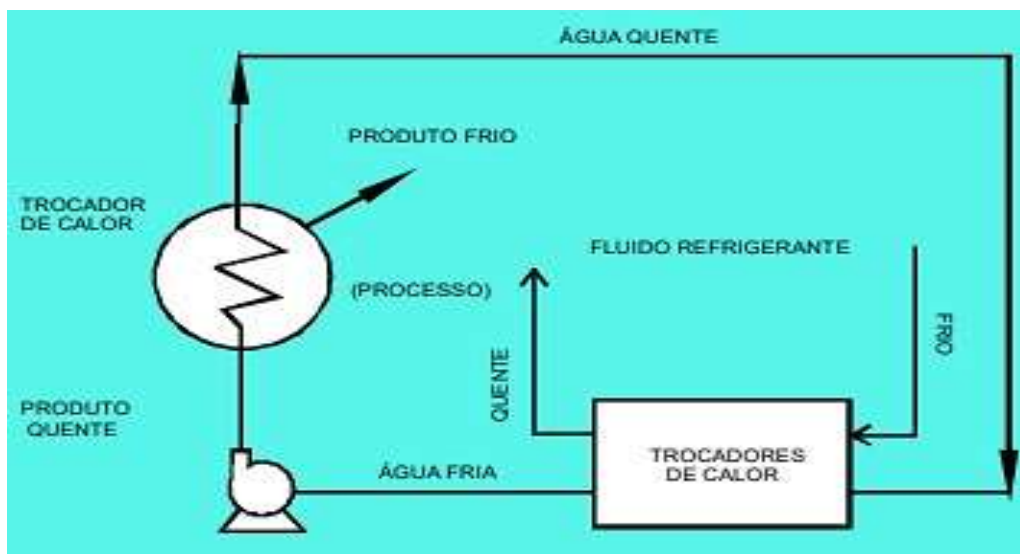


Fonte: FOFANO (1999)

### 3.1.3 SISTEMAS FECHADOS

Este sistema normalmente é empregado em processos nos quais a água deve ser mantida em temperaturas muito baixas, geralmente menores do que as obtidas pelos outros tipos de sistemas. A água (ou outro fluido) é resfriada em um trocador de calor e não entra em contato com o fluido de resfriamento, que geralmente é um gás (amônia, freon, etc.), ou outro circuito de água, não ocorrendo evaporação da água, conforme a Figura 3.3.

Figura 3.3 - Esquema de um Sistema de Água de Resfriamento Fechado



Fonte: FOFANO (1999)

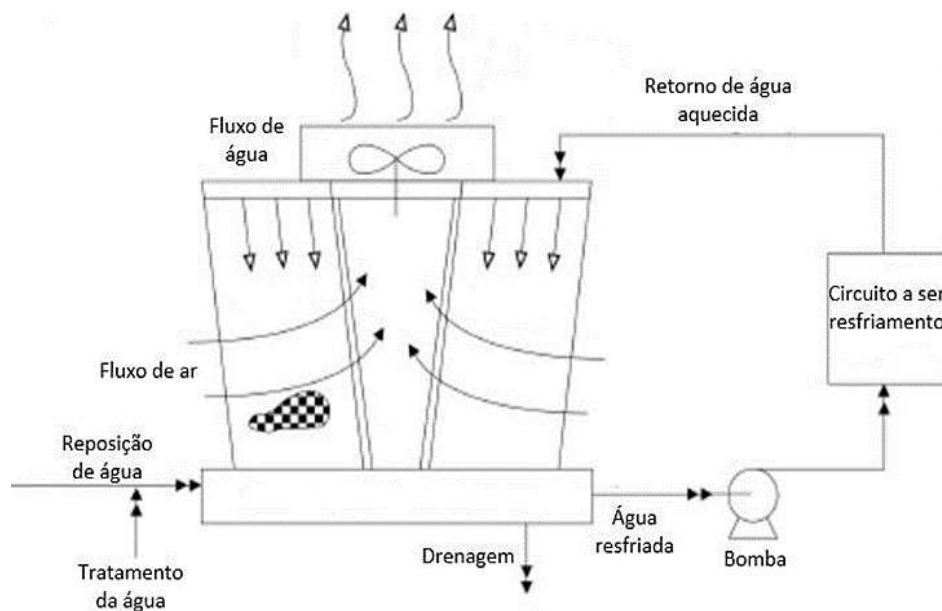
Alguns exemplos que utilizam este sistema são: instalações de ar condicionado, turbinas a gás, instalações de água gelada e alguns circuitos fechados para resfriamento de compressores.

### 3.1.4 SISTEMAS ABERTOS COM RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA

Também chamado de sistema semi-aberto, é utilizado com a finalidade de economizar água através de recirculação. A água aquecida em trocadores de calor tem seu calor dissipado em torres de resfriamento de diferentes tipos e é reaproveitada no sistema.

Na maioria dos sistemas de torre de resfriamento, a água quente é bombeada para o topo da torre onde é distribuída por tubos ou calhas sob o material de enchimento interno, chamado de colméia, como podemos observar na Figura 3.4. A colméia permite que água aquecida seja espalhada de forma uniforme por toda área da torre. O ventilador da torre puxa o ar através da água que está caindo sobre a colméia para provocar a evaporação. O ar pode ser puxado, pelo ventilador, através das venezianas em um fluxo contrário, transversal ou paralelo ao fluxo da água aquecida que está caindo na torre. Quanto maior for a mistura entre o ar e a água, mais eficiente será o resfriamento.

Figura 3.4 - Esquema Simplificado de uma Torre de Resfriamento



Fonte: Dantas (1988)

### 3.2 EVOLUÇÃO DAS TORRES DE RESFRIAMENTO

A necessidade de resfriamento de água em grande escala para os novos processos produtivos desenvolvidos iniciou-se a partir do final da Revolução Industrial, quando em 1894 o Eng. Han Joachim Balcke fundou a Balcke & Co. em Bochum, Alemanha e fabricou a primeira torre de resfriamento tipo “chaminé” com 12 metros de altura (VETTOR, 2012);

A partir de 1894, as torres de resfriamento tornaram-se fundamentais nos processos industriais, conforme se verifica na sua evolução histórica (VETTOR, 2012):

- 1894 - Eng<sup>o</sup> Han Joachim Balcke funda a Balcke & Co. em Bochum, Alemanha e fabrica a primeira torre de resfriamento tipo “chaminé”;
- 1904 - 1400 torres de resfriamento “chaminé” operantes em todo mundo;
- 1921 - A maior torre de resfriamento de água de tiragem natural é fornecida pela Balcke para a Usina Termo Elétrica com capacidade para resfriar 43.000,00 m<sup>3</sup>/h de água;
- 1924 - Mart e Smiley combinam parte dos seus nomes para formar a Marley, fabricante de torres. O primeiro “spray pond” é instalado;
- 1926 - Inicia-se o processo de aperfeiçoamento e inovações nas formas e materiais de construção das torres;
- 1930 - Primeira torre de resfriamento de água com tiragem mecânica do ar surge nos EUA;
- 1931 - Surgem as primeiras torres de tiragem natural com um novo perfil hiperbólico;
- 1936 - Primeira torre de pequeno porte com tiragem horizontal de ar no EUA;
- 1938 - São desenvolvidas e panteadas nos EUA as torres de resfriamento de fluxo horizontal duplo de ar, denominadas “Double Flow”;
- 1943 - São fornecidas sete torres pela Marley para o Projeto Manhattan no Novo México, permitindo a criação da primeira bomba atômica, conferindo um prêmio a Marley após a Segunda Guerra Mundial;
- 1950 - Fundada nos EUA o CTI (Cooling Technology Institute), uma associação técnica dedicada a melhoria na tecnologia e desempenho de sistema de transferência de calor por evaporação;
- 1951 - São produzidas as primeiras torres de resfriamento no Brasil, em madeira;

- 1955 - Carl Munters desenvolve e patenteia os primeiros enchimentos tipo filme, que viriam a revolucionar o mercado, conferindo as torres do tipo contra corrente grande eficiência e domínio no mercado na década de 60;
- 1970 - Lançadas no Brasil as primeiras torres de resfriamento em fibra de vidro, em contra corrente, com ventilação mecânica;
- 1982 - As torres de resfriamento do tipo contra corrente começam a tomar conta do mercado em detrimento das torres de fluxo horizontal;
- 2006 - A Vettor fabrica a maior e única torre do Brasil para operar com água salgada;

### **3.2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS TIPOS DE TORRES**

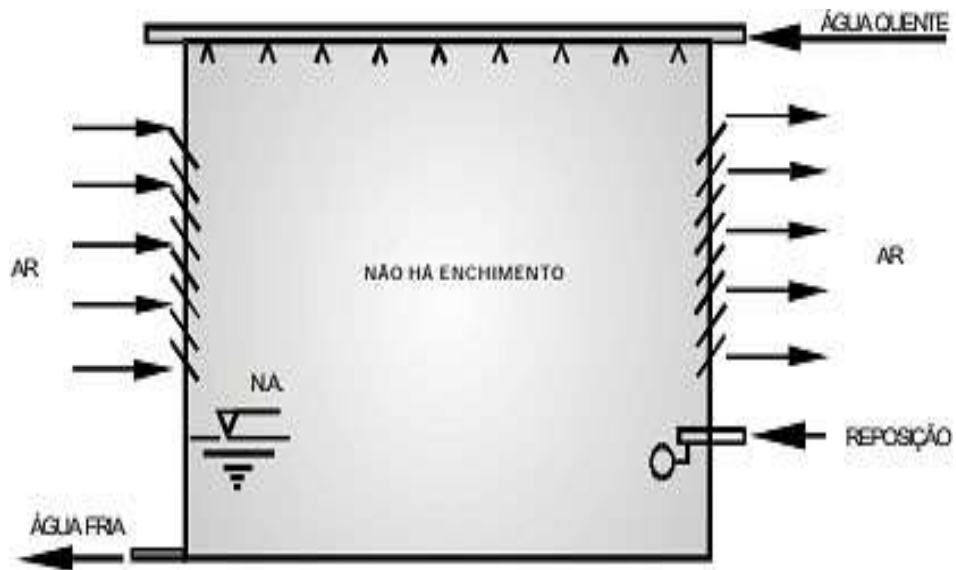
Considerando que o ar necessário para garantir essa troca pode provir da convecção por diferenças de temperatura (e conseqüentemente diferenças de densidade) ou por movimentação mecânica (com auxílio de ventiladores ou exaustores), pode-se classificar as torres nos seguintes principais tipos (ELKIND, 1998): Torres de ventilação ou atmosféricas; Torres de tiragem natural; Torres de tiragem forçada. A seleção do tipo é função de diversos fatores tais como: custo de aquisição, custo de manutenção, carga calorífica, condições climáticas.

### **3.2.2 TORRE DE VENTILAÇÃO NATURAL**

Neste tipo, a movimentação do ar é função única das condições atmosféricas. O ar passa horizontalmente pela torre enquanto a água cai verticalmente, conforme mostrado na figura 3.5.

É composta basicamente por uma canalização provida de bicos pulverizadores e um invólucro dotado de venezianas que orientam e auxiliam a passagem do ar, reduzindo a perda de água por respingos. Podem ser com ou sem enchimento.

Figura 3.5 - Torre Atmosférica sem Enchimento



Fonte: FOFANO (1999)

Seu desempenho depende do número de borrifadores, de sua capacidade de nebulização e da altura da torre. Estão sujeitas a perdas elevadas de água por respingos, a contaminantes atmosféricos e ao crescimento de algas.

São indicadas para pequenas instalações, tendo as seguintes desvantagens:

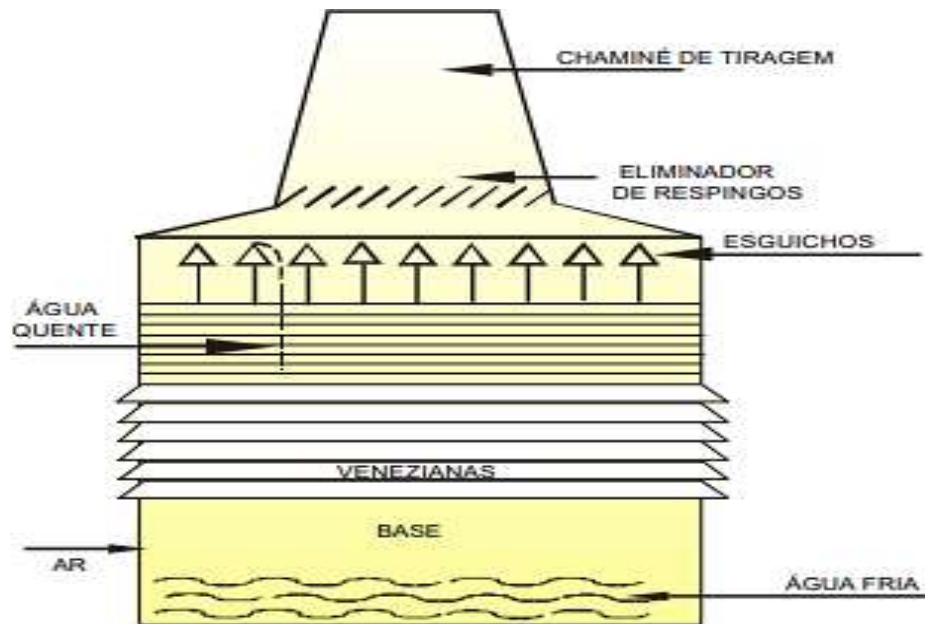
- Variação da temperatura da água fria em função da direção e velocidade do vento.
- Elevadas perdas por arraste.

### 3.2.3 TORRE DE TIRAGEM NATURAL

Esse tipo de torre é construída com uma chaminé no topo da zona de enchimento, de modo a proporcionar a tiragem. O ar quente, com densidade diminuída tende a subir, criando uma zona de baixa pressão na parte inferior da torre que induz à entrada de nova massa de ar frio. A figura 3.6 ilustra uma torre de tiragem natural. Um exemplo típico desse tipo de torre é a torre hiperbólica, usualmente encontrada em instalações termelétricas e em regiões de clima frio.



Figura 3.6 - Torre de Tiragem Natural

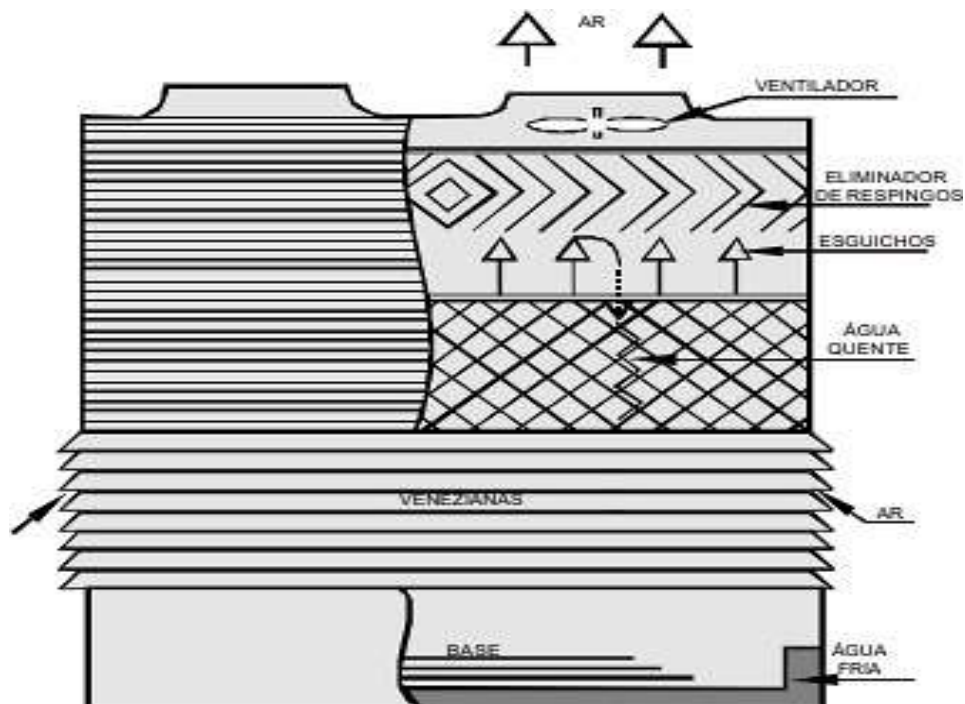


Fonte: FOFANO (1999)

### 3.2.4 TORRE DE TIRAGEM MECÂNICA

Neste tipo de torre, o fluxo de ar é aumentado por meio da ação de ventiladores, como mostrado na figura 3.7.

Figura 3.7 - Torre de Tiragem Mecânica Induzida de Fluxo em Contracorrente



Fonte: FOFANO (1999)

Suas características são:

- Fácil controle das condições operacionais, tais como velocidade e quantidade de ar e, em conseqüência, da temperatura da água fria.
- Sem restrições para localização do equipamento. - Grande consumo de energia na operação dos ventiladores.
- Maior custo de manutenção.

Podem ser de dois tipos: tiragem forçada - caso os ventiladores estejam situados na parte inferior da torre - ou induzida - se os ventiladores estiverem no topo do equipamento. Pode ainda ser de fluxo em contracorrente ou cruzado, de acordo com o fluxo de ar em relação à água.

### **3.3 COMPONENTES PRINCIPAIS DE UMA TORRE DE RESFRIAMENTO**

O projeto de Torre de Resfriamento de Água exige o conhecimento de vários princípios básicos de engenharia. Requer inclusive a aplicação prática destes princípios, utilizando os melhores materiais e técnicas existentes, a fim de obter os resultados desejados. Para isto, os componentes básicos consistindo de estrutura, enchimento, sistema de distribuição de água, venezianas, eliminadores de gotas, fechamento, plataformas e cilindro (ou difusor) do ventilador, precisam ser projetados para formarem uma unidade integral. O material estrutural, aplicado com as respectivas conexões, deve ser capaz de resistir a severas condições de operação. Na maioria dos casos, os componentes acima mencionados são pré-fabricados para simplificar os serviços de montagem. AGTORRES (2023)

### **3.4 ESTRUTURA DE UMA TORRE DE RESFRIAMENTO**

A estrutura da Torre de Resfriamento de Água deve ser capaz de suportar, não somente o peso dos componentes básicos, como equipamento mecânico, enchimento, venezianas e fechamento, como também o peso de água de circulação, cargas de vento e eventualmente cargas sísmicas. Além destas características, deverá ser projetada para longa vida útil em uma atmosfera operacional bastante severa. A configuração da torre deverá atender as necessidades do fluxo de água e de ar. É particularmente importante restringir-se ao máximo os obstáculos à corrente

de ar. O projeto também deverá ser compatível com a fabricação de peças pré-fabricadas, permitindo uma montagem simples e de baixo custo. AGTORRES (2023)

### **3.4.1 ENCHIMENTO DE UMA TORRE DE RESFRIAMENTO**

A função do enchimento de uma torre de resfriamento de água é acelerar a dissipação de calor na torre, aumentando o tempo de contato entre a água e o ar. Esta função se realiza devido o aumento da área molhada á exposição contínua da superfície da água ao ar e à formação de gotas e filmes na torre. O enchimento de uma torre deve ser de baixo custo e de fácil instalação, devendo ainda promover uma quantidade adequada de transferência de calor, apresentar baixa resistência ao fluxo do ar e manter uma distribuição uniforme da água e do ar durante a sua operação. Os enchimentos de torre são classificados em dois tipos, a saber: o tipo respingo e o tipo filme. O enchimento do tipo respingo é usado quase que exclusivamente em torre industrial. O enchimento do tipo filme é mais indicada para unidades compactas ou pequenas torres comerciais. AGTORRES (2023)

### **3.4.2 ENCHIMENTO TIPO “RESPINGO”**

O enchimento tipo respingo conforme a Figura 3.8, consiste em vários diferentes arranjos, dependendo do projeto da torre e do fabricante. No entanto, a sua finalidade em qualquer instalação é misturar a água com ar movendo-se na direção horizontal (corrente cruzada), ou vertical (contra-corrente). A máxima exposição da superfície da água ao fluxo de ar é, portanto, obtida pela repetição da interrupção da queda da água, respingando-se sobre tábuas de respingo individuais.

É muito importante que o enchimento do tipo respingo seja suportado adequadamente, pois as tábuas de respingo devem estar na posição horizontal, caso contrário à água e o ar serão canalizados através do enchimento da torre e sua capacidade diminuirá sensivelmente. Isto ocorre com mais freqüência em enchimento muito denso ou de pequeno espaçamento entre tábuas de respingo. É igualmente importante que as torres estejam bem niveladas, caso contrário, a água tenderá a escorrer para o lado mais baixo das tábuas de respingo, o que também ocasionará a canalização da água e do ar, diminuindo a capacidade da torre. Existem vários tipos

de suporte para enchimento tipo respingo, desde grades de aço galvanizado, grades de poliéster reforçados com fibra de vidro, até grades executadas em aço inoxidável, existindo inclusive simples suportes pregados com grande espaçamento.

Os primeiros asseguram o nivelamento das tábuas de respingos durante toda a duração da torre, enquanto que o emprego do último tipo, geralmente ocasiona a canalização, e conseqüentemente perda de eficiência. A madeira é o material mais empregado em enchimento do tipo respingo, pois é o mais econômico e facilmente repostado. Outros materiais usados são: plásticos, cimento, amianto, aço galvanizado, alumínio, aço inoxidável e cerâmico. No entanto, devido ao alto custo, estes materiais tem o uso limitado a aplicações especiais. AGTORRES (2023)

Figura 3.8 - Enchimento Tipo Respingo



Fonte: AGTORRES (2023)

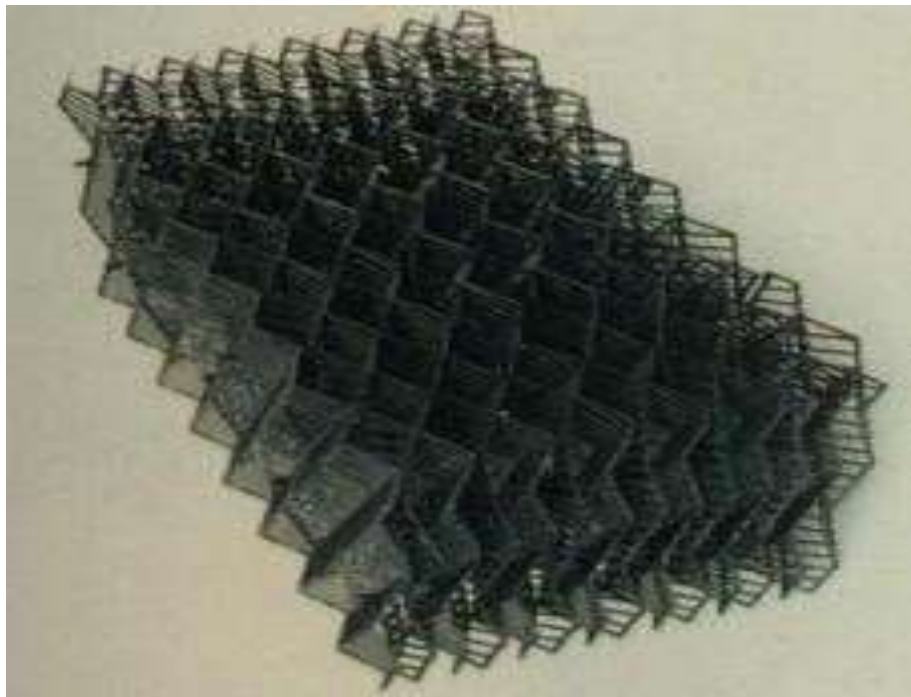
### 3.4.3 ENCHIMENTO TIPO “FILME”

Este tipo de enchimento está sendo usado à medida que novos materiais e novas configurações são desenvolvidos, permanecendo, no entanto, mais custoso que o enchimento tipo “respingo”. A eficiência deste tipo de enchimento depende de

sua habilidade de espalhar a água em um fino filme, escorregando sobre áreas grandes, ocasionando a máxima exposição da água à corrente de ar.

Como ele é mais sensível à irregularidade do fluxo de ar e da distribuição de água do que o tipo respingo, o projeto da torre deve assegurar um fluxo uniforme, tanto do ar como da água em todo o volume de enchimento também precisa ser adequadamente suportado e espaçado uniformemente conforme a Figura 3.9. AGTORRES (2023)

Figura 3.9 - Enchimento Tipo Filme



Fonte: AGTORRES (2023)

#### **3.4.4 CILINDRO DO VENTILADOR (DIFUSOR)**

A função básica do cilindro do ventilador é formar um fechamento em volta deste, o que efetivamente melhorará sua performance. O cilindro também age como proteção do ventilador, servindo inclusive para conduzir o ar de descarga para longe da torre. O cilindro deve ser construído em material apropriado para resistir à atmosfera corrosiva onde está instalado, devendo ser suficientemente robusto para resistir às vibrações induzidas pela pulsação do fluxo de ar. A performance do ventilador é muito sensível às condições do fluxo de ar entrando e do espaço livre entre o diâmetro externo das pás e do diâmetro interno do cilindro.

É função do cilindro satisfazer a estas duas exigências. O quanto mais suave for à entrada do fluxo de ar no ventilador, tanto maior será a sua eficiência. Um fluxo de ar é conseguido através de uma configuração adequada do cilindro do ventilador. Teoricamente é necessária uma configuração na entrada do cilindro, no entanto, na prática verificou-se que uma forma elíptica representa uma solução bastante satisfatória.

Deverá ser evitada a localização de obstruções estruturais perto da entrada do cilindro do ventilador, o que melhorará a performance do mesmo. O espaço livre entre o externo das pás do ventilador e o interno do cilindro é extremamente importante, pois quanto menor este espaço, tanto maior será a eficiência, e tanto mais baixo será o nível de ruído. A maioria dos cilindros está sendo construída em plástico reforçado, mas existem alternativas como madeira, concreto e aço. AGTORRES (2023)

### **3.4.5 VENEZIANAS**

As venezianas de entrada do ar são projetadas para evitar perda de água através das superfícies de entrada do ar e para uma eficiente admissão deste ar na torre. O ar deve ser uniformemente distribuído com uma perda mínima de pressão. Para prevenir perda de água, as venezianas devem ser projetadas com inclinação, largura e espaçamento apropriado. As venezianas podem também ser projetadas especialmente para eliminar os problemas de congelamento no inverno. O projeto da veneziana varia com o tipo de torre e de fabricante, mas em todos os casos deve ser suficientemente resistente à atmosfera corrosiva em que são instaladas e em alguns casos, suficientemente fortes para suportar as cargas de gelo.

A distribuição da água e sua retenção são diretamente relacionadas com a inclinação, a largura e o espaçamento das venezianas. Geralmente quanto mais livre a água, tanto maior será a eficiência da entrada do ar. A capacidade de retenção de água é maior quando a inclinação e o espaçamento das venezianas são mínimos.

Como as características das venezianas afetam a distribuição da água, e sua retenção, de maneira oposta, faz-se em geral, um compromisso no projeto, para se conseguir uma eficiência total máxima. Um projeto de veneziana, especialmente eficiente para operações no inverno e particularmente adaptável às torres tipo corrente

cruzada, prevê um suporte para as venezianas inclinadas como parte integral do projeto da torre.

Como parte das venezianas ficaria localizada em baixo do enchimento, com os ventiladores em operação, a água em queda produziria um efeito de lavagem nas venezianas e a aliviaria do gelo formado. Com os ventiladores fora de operação, as venezianas são lavadas com água quente, a qual evita a formação e o acúmulo de gelo, na maioria dos casos. Torres tipos contra corrente não se prestam para este tipo particular de controle de formação de gelo por intermédio das venezianas. Os materiais mais usados para construção de venezianas são: madeira, cimento amianto e plástico reforçado com fibra de vidro. Telas de proteção para as venezianas são raramente fornecidas como acessórios standartizado, mas devem ser previstas em torres localizadas em ambientes muito sujos, onde grande pedaço de papel e materiais similar podem ser aspirados para o interior da torre. AGTORRES (2023)

#### **3.4.6 FECHAMENTO**

A principal função do fechamento é manter a água dentro dos limites da unidade e evitar que o ar passe por outros caminhos que os previstos. O fechamento contribui inclusive, enormemente, para a aparência da torre. Em geral, o fechamento não é considerado no projeto, com função estrutural em torres industriais. Ao contrário, em torres compactas, geralmente o fechamento faz parte do projeto estrutural. Como material de fechamento usa-se chapas de fibra cimento, plástico reforçado com fibra de vidro, chapas de aço galvanizado e outros. AGTORRES (2023)

#### **3.4.7 ELIMINADOR DE GOTAS**

A função do eliminador de gotas é reter a água carregada pelo ar aspirado pelo ventilador. O funcionamento do eliminador baseia-se em uma mudança da direção do fluxo de ar. A força centrífuga resultante, separa as gotículas de água do ar, depositando-as na superfície do eliminador. Esta água acumulada escorre de volta à bacia de coleta de água fria. Uma função secundária do eliminador é a uniformização do fluxo de ar através do enchimento da torre. A resistência que o eliminador produz à passagem do ar ocasiona uma pressão uniforme no espaço entre o eliminador e o

ventilador. Esta uniformização da pressão produz um fluxo de ar igualmente uniforme através do enchimento da torre. Usualmente, perdas por arraste é mais um incômodo do que um sério problema operacional.

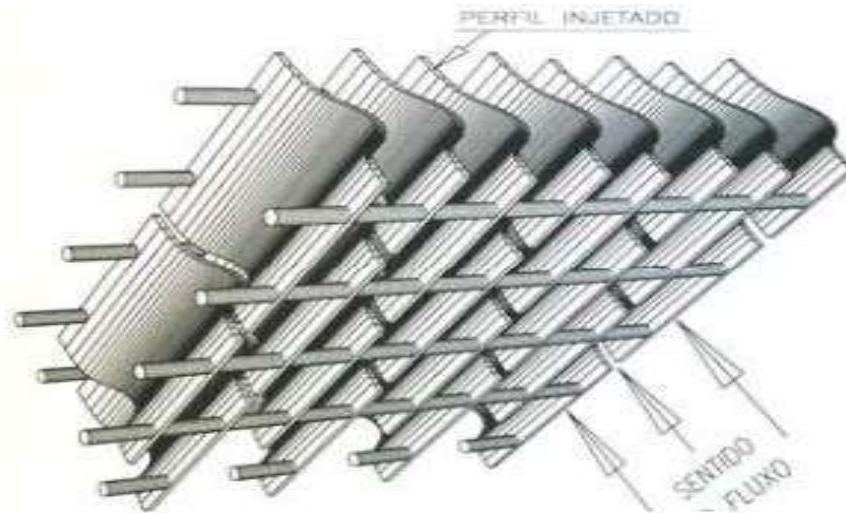
Esta perda na realidade diminui a sangria necessária pela mesma quantidade, que raramente excede a 0,2% da totalidade da água em circulação em torres de resfriamento de água de tiragem induzida. Em gotículas de água arrastadas, em raras condições, causaram sérios problemas em sistema de distribuição de eletricidade, tendo sido inclusive responsável por falhas de equipamentos. Deve ser evitada, na medida do possível, a localização de torres adjacentes, e particularmente, na direção do vento, à linha de força e subestações. Os eliminadores são normalmente classificados como de passo simples, de dois ou três passos, dependendo do número de mudanças de direção do fluxo de ar que ele ocasiona. Geralmente, quanto maior o número de passos, tanto maior será a perda de pressão, e maior sua eficiência.

Antigamente a maioria dos eliminadores consistia de tábuas colocadas em quadros com a configuração desejada, atualmente usa-se eliminador fabricado com material plástico com diversas configurações, para produzir o efeito desejado. A configuração aerodinâmica das passagens na colméia, combinado com a grande área de superfície, resulta em um eliminador com a mínima perda de pressão, e com alta eficiência. O projeto de eliminadores varia com os requisitos da instalação e de acordo com os diferentes fabricantes.

No entanto, independente do projeto e dos requisitos da aplicação, um eliminador bem projetado deve diminuir a perda por arraste a um nível aceitável, sem aumentar a perda de pressão significativamente, o que se refletiria em um aumento do consumo dos ventiladores. Inclusive, deve ter a habilidade de reter a água e retorná-la ao interior da torre sem reentróuzí-la no ar de descarga. Em torres maiores a direção de descarga dos eliminadores pode afetar o consumo do ventilador. Consideráveis estudos e testes são necessários para se conseguir uma unidade eficiente, sem criar efeitos secundários nocivos. Os eliminadores são instalados em atmosferas corrosivas e erosivas, e devem resistir a estas condições. Os materiais usados para esta aplicação incluem madeiras, aço galvanizados, alumínio, plásticos, cimento e amianto conforme a Figura 3.10.



Figura 3.10 - Eliminador de Gotas



Fonte: AGTORRES (2023)

### 3.4.8 VENTILADORES

Os ventiladores das torres de resfriamento necessitam movimentar grandes volumes de ar, de modo econômico; seu funcionamento deve ser isento de vibrações e pulsações, as quais podem danificar os demais componentes mecânicos e toda a estrutura da torre. Em torres usa-se dois tipos de ventiladores: o axial e o centrífugo. Sendo o axial o tipo de ventilador que se usa na grande maioria das torres, abaixo continuaremos a descrever somente este tipo. Os axiais possuem a propriedade de movimentar grandes volumes de ar com baixas pressões estáticas (20 mmca). Os axiais são de custo relativamente baixo, podendo ser usados em torres de qualquer tamanho, bem como, em torres onde deve ser assegurada uma baixa perda de água por arraste.

Normalmente, os ventiladores axiais operam com eficiência de 80%. Como condições de projeto, temos que para um mesmo fluxo de ar e mesma velocidade periférica, um ventilador com poucas pás requer pás mais largas do que um ventilador com maior número de pás, resultando maior peso da pá, o que produzirá uma maior pulsação com proporcional aumento de vibrações no cilindro e na torre. Isso, sem dúvida, reduz o tempo de vida útil da torre. Seis pás são normalmente consideradas, o mínimo necessário para ventiladores de tamanho médio, sendo oito pás o mínimo para os de grande diâmetro, doze pás são praticamente o máximo. Os diâmetros dos ventiladores são determinados pela vazão de ar. A velocidade do ar passando pelo

ventilador varia entre 7 a 15 m/s, considerando-se como normal 10 m/s. Para uso em indústria onde o ruído não é fator importante, as velocidades periféricas podem ir até 75 m/s.

Em ventiladores com diâmetro acima de 3 metros, podem raramente ultrapassar os 60 m/s. Para grandes diâmetros, um projeto apropriado deve proporcionar uma distribuição de velocidade uniforme do ar, desde o cubo até a ponta da pá. Ligas fundidas de alumínio dão excelentes materiais para produção deste tipo de pá. Pás de alumínio fundidas são relativamente de baixo custo e possuem alta resistência à corrosão. Pás fundidas podem ser também fabricadas em latão, aço inox, aço galvanizado. Entretanto, seu uso é limitado por causa do seu alto custo. Hoje as maiorias destas pás são confeccionadas em PRFV, por se tratar de um material com boa resistência mecânica, baixo peso e facilidade de fabricação. AGTORRES (2023)

### **3.4.9 REDUTORES DE VELOCIDADE**

O principal requisito para os redutores de velocidade das torres de resfriamento de água é sua longa duração, bem como sua mínima manutenção. Para atender a estas exigências, o redutor deverá ser solidamente construído para resistir ao serviço contínuo e severo ambiente em que deverá trabalhar. Algumas firmas construtoras de torres de resfriamento projetam e constroem redutores especificamente para tal serviço.

Podem também ser adquiridos de firmas especializadas que com algumas modificações nos seus modelos standard, poderão servir para uso nas torres. Os redutores de velocidade são usados em muitos projetos. As engrenagens podem ser de vários tipos: coroa de dentes retos, helicoidais, rosca sem fim ou coaxiais. Dependendo do tamanho e da redução requerida, um redutor pode usar um tipo simples ou dupla redução. Geralmente as unidades de dupla redução, são aconselhadas para ventiladores com mais de 6 metros de diâmetro.

Como os ventiladores trabalham em ambiente quente e úmido devem possuir um bom sistema de vedação impedindo a entrada de água e em baixo devem possuir bolsas de condensado a fim de evitar emulsão do óleo dentro do redutor. A vida útil de um redutor está diretamente ligada à durabilidade da superfície dos dentes de uma engrenagem. A AGMA (Americam Gear Manufacturers Association) através de uma

parte relativa a fabricantes de redutores de velocidade para torres de resfriamento tem estabelecido fatores de serviço para esta aplicação. Este fator é a razão entre o HP calculado e HP aplicado. Isto varia com o tipo de acionamento e o tipo de serviço - intermitente ou contínuo. O fator de serviço de 2.0 para redutores com coroa de dentes retos para serviço contínuo são bastante usados.

A vida de um redutor depende também da vida útil do mancal usado. Os mancais são geralmente selecionados para uma vida compatível com o tipo de serviço. Mancais para redutores, considerando como serviço contínuo, são selecionados pela qualidade, tendo como base 100.000 horas B-10. B-10 é definida como vida operacional em horas durante a qual 90% ou mais de um grupo de mancais estão sob condições específicas. Outro aspecto importante é a lubrificação do redutor para se conseguir longa vida de duração. Os sistemas de lubrificação mais usados são: por meio de respingos e por meio de anéis rotativos (slinger). AGTORRES (2023)

#### **3.4.10 EIXO DE TRANSMISSÃO**

A função do eixo de transmissão é transmitir força do motor para o redutor. O eixo suporta severas condições de vapor de água, portanto ele deverá ser apropriadamente contraído. É uma peça de velocidade, portanto no seu projeto deve ser previsto um balanceamento fácil. Como a torre é estruturalmente rígida, o eixo deve ter a possibilidade de operar com certo limite de desalinhamento. O eixo de transmissão pode ser descrito como eixo oscilante equipado com luvas flexíveis em ambas às extremidades. Os eixos devem ser construídos com material resistente à corrosão por causa do ambiente em que devem operar.

Usualmente, o eixo é fabricado de aço carbono com galvanização a fogo, podendo ser fabricados de aço inoxidável mais duráveis, porém bem mais caros, hoje já existe eixos confeccionados com fibra de carbono. É muito importante que o eixo seja adequadamente alinhado. O desalinhamento não somente causa vibração na Torre, como provoca aumento de carga e desgaste excessivo no equipamento acoplado no eixo (motor + redutor). A maioria dos eixos de torres de resfriamento operam com velocidades por volta de 1800 rpm, a tal velocidade é necessário que o eixo seja dinamicamente balanceado para reduzir ao mínimo as vibrações. AGTORRES (2023)

### **3.4.11 MOTORES ELÉTRICOS**

Motores elétricos são usados para movimentar o ventilador na torre de resfriamento. Eles devem operar sob condições adversas. A alta umidade produzida dentro da torre, bem como chuva, poeiras e fumaças geralmente presentes nestas áreas se combinam para produzir um ambiente rigoroso de operação. Existem dois tipos básicos de fechamento de motor: Abertos e Totalmente Fechados. Os motores abertos são classificados ainda em: A prova de respingos, a prova de gotas, encapsulados e protegidos. Esta distribuição se faz em função de proteção à entrada de água. Os motores totalmente fechados são classificados como: Sem ventilação, com ventilação, air over e a prova de explosão. AGTORRES (2023)

### **3.4.12 DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA**

Na torre em contra corrente podemos ter dois tipos de distribuição de água: Por pressão e por gravidade. Nas torres em corrente cruzada a distribuição é sempre por gravidade. AGTORRES (2023)

#### **3.4.12.1 POR PRESSÃO**

O sistema de distribuição por pressão é formado por um tubo principal e ramais fabricados em PVC, aço carbono revestido ou polipropileno, as conexões utilizam roscas padrão BSP. A conexão com a rede hidráulica pode ser por flange ou mangote de borracha. Os bicos espargidores de água podem ser de polipropileno, PVC, nylon ou outro material. A função dos espargidores é proporcionar uma perfeita distribuição da água sobre toda a superfície do enchimento, com uma pressão que pode variar de 1.5 a 7 mmca, dependendo do tipo e vazão de água. AGTORRES (2023)

#### **3.4.12.2 POR GRAVIDADE**

Este sistema é composto por uma canaleta principal e canaletas secundárias, no interior destas são fixados os bicos espargidores, que tem a mesma função da anterior, neste caso a pressão deve ficar por volta de 0.5 mmca. Este sistema é

comumente utilizado quando na água existem partículas em suspensão. Nas torres de corrente cruzada, existem tanques na parte superior, providos de bicos espargidores, por onde a água é conduzida ao interior da torre. AGTORRES (2023)

### 3.5 CONCEITOS RELACIONADOS

Segundo Bordinhão (2018), Freytag (2018) e Tebecherani (2015), existem diversos parâmetros fundamentais utilizados para o monitoramento e modelagem de torres de resfriamento:

a) **Água de resfriamento fria ou de suprimento (CWS):** É a água na saída da torre após passar pelo resfriamento;

b) **Água de resfriamento quente ou de retorno (CWR):** É a água que está entrando na torre, que ainda não sofreu remoção de calor;

c) **Temperatura de bulbo úmido:** Corresponde a menor temperatura que a água pode atingir na saída do resfriamento, sendo a principal variável, que define o tamanho da torre;

d) **Temperatura de bulbo seco:** A temperatura do ar por medição direta;

e) **Purga:** Água descartada do sistema de resfriamento com objetivo de controlar a concentração de sólidos;

f) **Água de reposição (make-up):** Água repostada para compensar as perdas por evaporação, arraste pela corrente de ar e purga;

g) **Capacidade térmica:** Quantidade de calor que a torre pode dissipar para uma dada vazão;

h) **Approach:** É a diferença de temperatura da água resfriada e a temperatura de bulbo úmido do ar na entrada da torre. O approach influencia no desempenho da torre de resfriamento, pois quanto menor o valor, mais próximo da menor temperatura a ser atingida a água estará na saída;

i) **Range:** Diferença de temperatura entre a água de entrada e saída da torre;

j) **Umidade relativa:** Razão entre a pressão parcial do vapor d'água em uma mistura água-ar e a pressão de saturação deste vapor na mistura, quando em uma mesma temperatura (GREEN & SOUTHARD, 2019);

k) **Umidade absoluta:** Quantidade de vapor d'água por unidade de ar isento de vapor;

### 3.5.1 VARIÁVEIS PSICROMÉTRICAS

Para projeção e operação de torres de resfriamento algumas variáveis são empregadas. Essas variáveis são definidas na psicrometria como:

- **Temperatura de bulbo seco (TBS)** - Temperatura do ar ambiente, medida pelo termômetro com o bulbo em contato direto com o ar (MULYANDASART, 2011);

- **Temperatura de bulbo úmido (TBU)** - Temperatura medida quando um bulbo envolto por uma mecha úmida é exposto a uma corrente de ar não saturado em condições adiabáticas (FOUST et al., 1982). Esta temperatura é obtida devido ao calor latente de vaporização retirado da água da mecha, gerando a evaporação da água e reduzindo a temperatura da mecha. A queda de temperatura provoca um fluxo de calor sensível do ar para a mecha, reduzindo a temperatura do ar que a circunda. A temperatura de bulbo úmido é então estabelecida quando se obtêm o regime permanente.

- **Temperatura de orvalho (TO)** - Temperatura medida quando uma amostra de ar se torna saturada quando resfriada à pressão e umidade constantes;

- **Temperatura de saturação adiabática** - Temperatura medida quando a mistura vapor de água e ar torna-se saturada, em um processo adiabático;

- **Umidade absoluta (W)** - Massa de vapor de água contida em uma massa de ar seco, dependendo apenas da pressão parcial do vapor na mistura quando a pressão total é fixa conforme a equação 1:

- **Equação 1:**

$$W = \frac{M_v \cdot P_a}{M_a(P - P_a)}$$

- **Umidade relativa (WR)** - Relação entre a pressão parcial do vapor de água na mistura e a pressão de vapor de água da mistura em condição de saturação, expressa em porcentagem conforme a equação 2:

- **Equação 2:**

$$W_R = \frac{P_a}{P_{v_a}}$$

### **3.5.2 PURGA DA TORRE DE RESFRIAMENTO**

Purga é um termo utilizado para identificar a água que é drenada da bacia da torre de resfriamento visando reduzir o acúmulo de poluentes na água circulante. Com a evaporação, ocorre a concentração dos contaminantes na água, como os sólidos dissolvidos. Promovendo a purga e adicionando água nova, o nível de sólidos dissolvidos na água pode ser controlado, reduzindo assim a formação de incrustação mineral e corrosão na torre e nos trocadores de calor do processo. A eficiência térmica e a vida útil do equipamento são itens diretamente relacionados com a qualidade da água circulante na torre.

### **3.5.3 SISTEMA DE BÓIA COM ÁGUA DE REPOSIÇÃO**

Água de reposição é a água adicionada na torre de resfriamento destinada a repor a água perdida por evaporação, purga e respingo. A qualidade da água de reposição adicionada afeta diretamente a eficiência da torre de resfriamento. Caso não seja submetida a um tratamento químico adequado, certamente ocorrerão problemas de corrosão, incrustações e acúmulo biológico nos materiais da torre.

## **3.6 PRESENÇA DE MICRORGANISMOS EM ÁGUAS DE RESFRIAMENTO**

O desenvolvimento microbiológico é um dos grandes problemas encontrados durante a operação de uma torre de resfriamento, causando uma série de prejuízos de ordem econômica e técnica. Segundo Trovati (2005), pode-se citar os seguintes problemas causados pelo acúmulo de microrganismos nas águas de resfriamento:

### **3.6.1 DEPÓSITOS**

Ocorrência de depósitos sobre superfícies de troca térmica (trocadores de calor, serpentinas, etc.) que podem diminuir as taxas de transferência de calor no sistema.

### **3.6.2 ENTUPIIMENTO**

Obstrução de tubos, bicos aspersores, válvulas, equipamentos, acessórios, entre outros, podem diminuir a eficiência do processo, restringindo a vazão. O crescimento exagerado no enchimento das torres diminui a eficiência de resfriamento da água e em alguns casos, pode até causar ruptura e deterioração no material interno da torre.

### **3.6.3 CORROSÃO**

Os depósitos de microrganismos sobre as superfícies metálicas aumentam a incidência de processos corrosivos, favorecendo as reações que os constituem e algumas classes de microrganismos são causadores diretos de corrosão, tais como as bactérias redutoras de sulfatos.

### **3.6.4 BIOFOULING**

Algumas substâncias orgânicas excretadas por alguns seres podem combinar-se com material inorgânico (sais, incrustações e produtos de corrosão) e formar incrustações aderentes (biofouling) em tubulações e equipamentos.

## **3.7 TIPOS DE MICRORGANISMOS ENCONTRADOS NAS ÁGUAS DE RESFRIAMENTO**

Cada classe de microrganismos presente nas águas de resfriamento apresenta peculiaridades em sua morfologia e fisiologia, gerando diferentes problemas. Na Tabela 1 são mostrados os principais tipos de microrganismos e alguns detalhes sobre os mesmos.



Tabela 1 - Classes de Microrganismos, Nutrientes e Danos Causados

Organismo	Classificação	Fontes de energia e Nutrientes	Principais problemas
Bactérias aeróbias ou anaeróbias	Formadoras de Biofilme  Depositantes de ferro  Redutoras de Sulfatos  Anaeróbias corrosivas	Diversos compostos orgânicos e inorgânicos; fazem quimiossíntese.	Depósitos densos e aderentes.  Oxidação do ferro e deposição de óxidos insolúveis.  Reduzem sulfatos a sulfetos causando severa corrosão.  Secretam substâncias corrosivas.
Fungos	Leveduras e fungos filamentosos	Material orgânico	Degradação da madeira e obstrução de tubos de válvulas; degradam matéria orgânica gerando odor.
Algas	Unicelulares e superiores	Luz solar	Obstrução de tubos e válvulas; deposição sobre os recheios.

Fonte: Trovati (2005)

De acordo com a fonte de carbono utilizada em seu metabolismo, produção, energia e síntese de matéria orgânica, os microrganismos podem ser classificados em autotróficos (utilizam o dióxido de carbono como fonte de carbono) ou heterotróficos (utilizam matéria orgânica como fonte de carbono). Os primeiros podem ser quimiossintéticos (obtem energia da oxidação de compostos inorgânicos; um exemplo é a *Gallionella*, uma das bactérias oxidantes do ferro) ou fotossintéticos, obtendo energia da radiação solar; sintetizam matéria orgânica e material celular a partir do dióxido de carbono e da água, produzindo o oxigênio molecular; um exemplo são as algas que causam problemas em torres de resfriamento (Videla, 2003).

De acordo com a necessidade de oxigênio, os microrganismos podem ser divididos em aeróbios (utilizam o oxigênio dissolvido para o seu metabolismo) e anaeróbios (desenvolvimento em ambientes isentos de oxigênio). Existe ainda uma outra categoria, a dos microrganismos chamados facultativos, capazes de crescer em meios anaeróbios e aeróbios (Videla, 2003).

### **3.8 FATORES QUE INFLUENCIAM O CRESCIMENTO MICROBIANO**

Diversos fatores físicos e químicos contribuem para a formação de condições propícias para o crescimento de microrganismos de várias classes em águas de resfriamento. Os fatores mais influentes neste processo são:

#### **3.8.1 NUTRIENTES**

Inúmeros compostos orgânicos e inorgânicos, como açúcares, aminoácidos, amônia, fosfatos, nitratos, potássio, sódio, etc. podem ser utilizados no metabolismo e reprodução dos microrganismos.

#### **3.8.2 PH**

A maioria das bactérias crescem em pH neutro ou ligeiramente alcalino, enquanto as algas tendem a se desenvolver em valores de pH ligeiramente ácido. O pH em águas de resfriamento situa-se na faixa de 6,5 a 8,5, favorecendo o metabolismo destes seres.

#### **3.8.3 TEMPERATURA**

É um fator de grande influência para o desenvolvimento de qualquer ser vivo. Nos processos de resfriamento, são encontrados vários gradientes de temperatura ao longo do circuito, o que favorece o crescimento de certas espécies de modo localizado. As bactérias, de um modo geral, preferem temperaturas na faixa de 35 a 40°C.

#### **3.8.4 LUZ SOLAR**

A incidência de luz solar contribui para o desenvolvimento de seres clorofilados, como as algas. Certas áreas das torres de resfriamento, como as bacias, estão constantemente expostas à luz solar.

### 3.8.5 OXIGÊNIO DISSOLVIDO

O oxigênio dissolvido favorece a proliferação de seres aeróbios nas águas de resfriamento. Além disso, é comum a existência de áreas estagnadas no sistema, tais como áreas sob depósitos, colônias de microrganismos aeróbios ou locais com pouca circulação de água onde se criam zonas com ausência de oxigênio; estas áreas podem alojar microrganismos anaeróbios, como as bactérias redutoras de sulfatos, que causam corrosão.

### 3.8.6 BIOFILMES

Os microrganismos podem entrar nas torres de resfriamento por diferentes meios, como por exemplo: água de reposição, poeira, solo ou ar.

Como resultado da atividade microbiológica na água de resfriamento, ocorre o acúmulo de limo bacteriano (biofilme), que com o decorrer do tempo causará uma série de problemas operacionais no sistema, como já foi mencionado anteriormente.

Um biofilme é constituído por células imobilizadas sobre um substrato, incluídas em uma matriz orgânica de polímeros extracelulares produzidos pelos microrganismos, e genericamente denominada de MPE (Material Polimérico Extracelular) (Videla, 2003).

Denomina-se genericamente fouling, ou acumulação, a formação de depósitos sobre a superfície de equipamentos ou instalações industriais. Estes depósitos têm como efeito negativo uma importante diminuição da eficiência e da vida útil do equipamento. A palavra biofouling refere-se ao acúmulo indesejável de depósitos biológicos sobre uma superfície (Characklis, 1990).

De acordo com o conceito mais moderno, os biofilmes podem ser definidos como estruturas complexas constituídas de grupamentos celulares, ou seja: agregados de células microbianas inseridas numa matriz exopolissacarídica e canais intersticiais, por onde há a passagem do fluido circulante (Lewandowski et al., 1995).

Os biofilmes são ecossistemas microbianos extremamente complexos, podendo ser constituídos de bactérias, fungos, algas e protozoários. A

complexidade das populações microbianas presentes no biofilme, bem como a sua espessura, criam um gradiente de aeração através das várias camadas de sua estrutura. Deste modo, condições adequadas são estabelecidas para o desenvolvimento de microrganismos anaeróbios. Os ambientes anaeróbios são criados através do metabolismo microbiano, quer pelo consumo de oxigênio, quer pela secreção de exopolímeros, limitando a difusão do oxigênio até a base do biofilme (Gonçalves, 2002).

As bactérias em água de resfriamento podem ser classificadas como sésseis e planctônicas. Todas as bactérias sésseis são envolvidas por uma cápsula gelatinosa, basicamente formada de polissacarídeos. Este material por elas elaborado tem alta adesividade a diferentes substratos, tais como metais, madeira, plástico, concreto e vidro, formando o biofilme. As bactérias sésseis estão sempre fixas, não se movendo na água.

As bactérias planctônicas têm elevada mobilidade e permanecem sempre flutuando nas águas dos sistemas, e por não serem envolvidas por cápsulas gelatinosas, não formam biofilme.

Das bactérias presentes nos sistemas de resfriamento, aproximadamente 70% pertencem aos gêneros *Pseudomonas* e *Aerobacter*. Segundo Dantas (1988), as *Pseudomonas* obtêm sua energia para crescimento oxidando compostos orgânicos para dióxido de carbono. Elas possuem a forma de bastonetes e se movem por um flagelo polar. Desenvolvem-se preferencialmente em águas frias, com valores de pH neutro ou ligeiramente alcalino e na sua maioria, não são patogênicas. O biofilme está fortemente associado as *Pseudomonas*, não só porque elas são bactérias do tipo capsulado, mas por serem predominantes em sistemas de resfriamento.

As *Aerobacter* são bactérias na forma de bastonete reto, contendo pigmentos laranja ou amarelo. A maioria dessas espécies são capsuladas e formadoras de biofilme. A espécie *Aerobacter aerogenes* pode crescer em meio anaeróbio (Dantas, 1988).

As Figuras 3.11 e 3.12 mostram exemplos de acúmulo de biofilme na parte interna de torres de resfriamento:

Figura 3.11 - Crescimento de Microrganismos em Torre de Resfriamento.



Fonte: Trovati (2005)

Figura 3.12 - Trocador de Calor com Acúmulo de Biofilme.



Fonte: Trovati (2005)

#### **4 METODOLOGIA (MATERIAIS E MÉTODOS)**

A torre de resfriamento estudada neste trabalho conforme a Figura 4.1, faz parte da área de utilidades da planta 03 de uma empresa automobilística de grande porte situada em São Caetano do Sul - SP, que atende o setor de Funilaria. Trata-se de uma melhoria que pretende-se realizar a fim de diminuir os gastos com relação a

perda da água da torre, do produto químico para tratamento dessa água de resfriamento, bem como a diminuição do tempo de religamento da bomba de resfriamento devido ar na linha.

Figura 4.1 - Torre de Resfriamento (Planta 03)



Fonte: Elaborada pelos Autores (2024)

#### 4.1 PLANEJAMENTO

Foi observado que existe um desperdício de água na torre de resfriamento da Planta 03 após o término de seu funcionamento aos finais de semana (Sábado). Foram realizados alguns cálculos do volume de água para reposição da torre em função do transbordamento, e pelo resultado obtido, foi constatado uma perda de 20m<sup>3</sup> de água por mês conforme demonstrado no item 4.2.1.

#### 4.2 DESENVOLVIMENTO

A implementação de melhorias no sistema da torre de resfriamento da planta 03 teve seu início no dia 05 de Janeiro de 2024, período na qual ocorreu a parada da fábrica para melhorias na área produtiva (Expansão da linha de produção). Nesse período, a torre de resfriamento foi desligada por uma semana para que 04 pessoas pudessem realizar a instalação de 01 válvula eletropneumática, adequação do painel elétrico e instalação de um sistema by-pass para manutenção da válvula. **Os documentos referentes aos diagramas elétricos das bombas e do acionamento da válvula eletropneumática constam no apêndice A**

#### 4.2.1 CÁLCULO DA PERDA DE ÁGUA POR TRANSBORDAMENTO NA TORRE EM FUNÇÃO DOS DADOS DE VAZÃO DA BOMBA HIDRÁULICA

$$Q = 150\text{m}^3 \rightarrow \text{m}^3 \text{ Litros/h.}$$

$150\text{m}^3 = 150.000 \text{ Litros/h}$  para completar a linha.

A bomba é partida 3x:

- **1º Vez:** 50 segundos de bombeamento.
- **2º Vez:** 35 segundos de bombeamento.
- **3º Vez:** 35 segundos de bombeamento.

Totalizando ao todo 120 segundos.

Se a bomba bombeia  $150.000 \text{ Litros/h}$  trabalhada:

- **1h** = 60 minutos.
- **1min** = 60 segundos.
- **2min** = 120 segundos.

**Então:**  $150.000 \text{ Litros de água} / 60 \text{ minutos} = 1\text{h}$

$$2.500 \text{ Litros/min} \times 2\text{min} = 5.000 \text{ Litros de água}$$

$5.000 \text{ Litros de água de perda por semana} \times 4 \text{ semanas} = 1 \text{ mês}$

$5.000 \times 4 = 20.000 \text{ Litros de água de perda por mês devido ao transbordamento da bacia da torre} = 20\text{m}^3$ .

→ A empresa paga R\$ 2,00 a cada  $1\text{m}^3$  de água no mês =  $(20\text{m}^3 \times \text{R\$ } 2,00) = \text{R\$ } 40,00/\text{mês}$  para reposição da perda de água ocasionada pelo transbordamento da bacia da torre.

#### 4.2.2 CÁLCULO DO VALOR PARA TRATAMENTO DA ÁGUA NO TCDO N° 06 PROVENIENTE DO TRANSBORDAMENTO DA BACIA DA TORRE

Para tratar essa água no TCDO N° 06, o responsável químico gasta a cada  $10\text{m}^3$  de água →  $(\text{R\$ } 50,00 \times 2) = \text{R\$ } 100,00$ , ou seja, para descartar  $20\text{m}^3$  de água tratada na rede de esgoto do SAESA é gasto R\$ 100,00. **Observação:** O produto utilizado para o tratamento da água previamente antes do descarte é de uso confidencial da empresa.

#### 4.2.2.1 CÁLCULO DOS PRODUTOS QUÍMICOS ADICIONAIS UTILIZADOS NA ÁGUA PROVENIENTE DO TRANSBORDAMENTO DA BACIA DA TORRE

Toda Segunda-Feira é realizado um acréscimo de SPECTRUS NX 1106, FLOGARD POT 6102 e GENGARD GN 8115 na bacia da torre de resfriamento, para compensar as propriedades químicas da água utilizada no processo.

Modo de utilização: Direto na bacia da torre

- **FLOGARD POT 6102** → 04 Litros
- **GENGARD GN 8115** → 03 Litros
- **SPECTRUS NX 1106** → 05 Litros

Valores dos produtos:

- **FLOGARD POT 6102** → R\$ 25,14 o Litro x 4L = R\$ 100,56
- **GENGARD GN 8115** → R\$ 20,11 o Litro x 3L = R\$ 60,33
- **SPECTRUS NX 1106** → R\$ 10,71 o Litro x 5L = R\$ 53,55

#### 4.2.3 CUSTO TOTAL ANUAL DOS DESPERDÍCIOS

Para calcular o desperdício total anual, iremos somar os diferentes componentes de desperdícios mencionados no contexto fornecido, considerando os principais aspectos.

- **FLOGARD POT 6102:**  
→ R\$ 25,14 o Litro x 4L = R\$ 100,56 (Semanal) x 04 Semanas x 12 meses  
= R\$ 4.826,88
- **GENGARD GN 8115:**  
→ R\$ 20,11 o Litro x 3L = R\$ 60,33 (Semanal) x 04 Semanas x 12 meses  
= R\$ 2.895,84
- **SPECTRUS NX 1106:**  
→ R\$ 10,71 o Litro x 5L = R\$ 53,55 (Semanal) x 04 Semanas x 12 meses  
= R\$ 2.570,40



- **PERDA DE ÁGUA POR TRANSBORDAMENTO NA TORRE:**
  - 20.000 Litros por mês ou 20m<sup>3</sup> por mês
  - Custo associado: R\$ 40,00/mês x 12 meses = R\$ 480,00
  
- **TRATAMENTO DA ÁGUA NO TCDO N° 06:**
  - Descarte de 20m<sup>3</sup> de água tratada
  - Custo associado: R\$ 100,00 x 12 meses = R\$ 1.200,00
  
- O custo total anual dos desperdícios será dado por:
  - **Desperdício Total** = Custo Perda de Água + Custo Tratamento TCDO + Custo Produtos Químicos
  - **Desperdício Total** = R\$ 480,00 + R\$ 1200,00 + R\$ 10.293,12 = R\$ 11.973,12

#### 4.2.4 CÁLCULO DA VAZÃO DAS BOMBAS DE DOSAGEM DE PRODUTOS QUÍMICOS COM BASE NA TABELA DO FABRICANTE

- **Bomba 1** → Produto utilizado: **SPECTRUS NX 1106**
  - **Regulagem:** 12 s/m\* , 30% do potenciômetro →  $Q = V/t \rightarrow V = Qxt$
  - \* *Strokes per Minute - Golpes por Minuto*
  
- 1° Passo:** Descobrir o valor que corresponde a 30% de 0,97ml
  - $(0,97\text{ml}) \times (0,30\%) \times (12 \text{ s/m pulso}) \times (1\text{h} \times 60\text{min}) \times (1\text{dia} \times 24\text{h}) \times (6 \text{ dias} \times 1 \text{ semana}) = 30.170,88 \text{ ml}$
  
- 2° Passo:** Transformar ml para Litros
  - $30.170,88 / 1000 = 30,17 \text{ Litros por semana}$
  - R\$ Valor do litro: R\$ 10,71 x 30,17 = R\$ 323,12 por semana
- Obs:** 1 semana = 7 dias – 1 dia (**Bomba parada**)

- **Bomba 2** → Produto utilizado: **FLOGARD POT 6102**

→ **Regulagem:** 10 s/m\* pulso - 30% potenciômetro →  $Q = V/t \rightarrow V = Qxt$

\* *Strokes per Minute - Golpes por Minuto*

**1° Passo:** Descobrir o valor que corresponde a 30% de 0,97ml.

→  $(0,97\text{ml}) \times (0,30\%) \times (10 \text{ s/m pulso}) \times (1\text{h} \times 60\text{min}) \times (1\text{dia} \times 24\text{h}) \times (6 \text{ dias} \times 1 \text{ semana}) = 25.142,40 \text{ ml}$

**2° Passo:** Transformar ml para Litros

→  $25.142,40 / 1000 = 25,14 \text{ Litros por semana}$

→ R\$ Valor do litro:  $\text{R\$ } 25,14 \times 25,14 = \text{R\$ } 632,02 \text{ por semana}$

**Obs:** 1 semana = 7 dias – 1 dia (**Bomba parada**)

- **Bomba 3** → Produto utilizado: **GENGARD GN 8115**

→ **Regulagem:** 8 s/m\* pulso - 30% potenciômetro →  $Q = V/t \rightarrow V = Qxt$

\* *Strokes per Minute - Golpes por Minuto*

**1° Passo:** Descobrir o valor que corresponde a 30% de 0,97ml.

→  $(0,97\text{ml}) \times (0,30\%) \times (8 \text{ s/m pulso}) \times (1\text{h} \times 60\text{min}) \times (1\text{dia} \times 24\text{h}) \times (6 \text{ dias} \times 1 \text{ semana}) = 20.113,92 \text{ ml}$

**2° Passo:** Transformar ml para Litros

→  $20.113,92 / 1000 = 20,11 \text{ Litros por semana}$

→ R\$ Valor do litro:  $\text{R\$ } 20,11 \times 20,11 = \text{R\$ } 404,41 \text{ por semana}$

**Obs:** 1 semana = 7 dias – 1 dia (**Bomba parada**)

#### 4.2.4.1 REGULAGEM DA DOSAGEM DE PRODUTOS QUÍMICOS DAS 03 BOMBAS CONFORME AS FIGURAS 4.2, 4.3 e 4.4.

A Figura 4.2 mostra a regulagem da Bomba 1.

Figura 4.2 - Regulagem da Bomba de Dosagem Tekba - Seko 1 (12 s/m pulso)



Fonte: Elaborada pelos Autores (2024)

A Figura 4.3 mostra a regulagem da Bomba 2.

Figura 4.3 - Regulagem da Bomba de Dosagem Tekba - Seko 2 (10 s/m pulso)



Fonte: Elaborada pelos Autores (2024)

A Figura 4.4 mostra a regulagem da Bomba 3.

Figura 4.4 - Regulagem da Bomba de Dosagem Tekba - Seko 3 (08 s/m pulso)



Fonte: Elaborada pelos Autores (2024)

#### 4.2.4.2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DAS 03 BOMBAS DE DOSAGEM DE PRODUTOS QUÍMICOS JUNTO AO CONJUNTO MONTADO, CONFORME AS FIGURAS 4.5, 4.6 e 4.7.

- **Fabricante:** TEKBA - SEKO
- **Modelo:** EML600MNHPO7BR
- **Pressão de trabalho:** 8 Bar
- **Vazão L/h:** 3
- **Volume por injeção (ml):** 0,97ml (100%)
- **Frequência máxima (Stroke/min):** 120

Figura 4.5 - Especificação das Bombas de Dosagem Tekba - Seko (Vista Lateral Esquerda)



Fonte: Elaborada pelos Autores (2024)

Figura 4.6 - Especificação das Bombas de Dosagem Tekba - Seko (Vista Lateral Direita)



Fonte: Elaborada pelos Autores (2024)

Figura 4.7 - Conjunto Montado das Bombas de Dosagens Tekba - Seko



Fonte: Elaborada pelos Autores (2024)

**4.2.4.3 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DA BOMBA HIDRÁULICA (KSB) E DO MOTOR ELÉTRICO (WEG) JUNTO AO CONJUNTO MONTADO, CONFORME AS FIGURAS 4.8, 4.9 e 4.10.**

Figura 4.8 - Especificação da Bomba Hidráulica (KSB)



Fonte: Elaborada pelos Autores (2024)

Figura 4.9 - Especificação do Motor Elétrico (WEG)



Fonte: Elaborada pelos Autores (2024)



Figura 4.10 - Conjunto Montado da Bomba Hidráulica (KSB) e do Motor Elétrico (WEG)



Fonte: Elaborada pelos Autores (2024)

#### 4.2.4.4 SISTEMA HIDRÁULICO DA TORRE DE RESFRIAMENTO ANTES DA IMPLEMENTAÇÃO DA VÁLVULA ELETROPNEUMÁTICA, CONFORME AS FIGURAS 4.11 e 4.12

Figura 4.11 - Sistema Hidráulico Antes da Implementação da Válvula Eletropneumática (Vista Lateral)



Fonte: Elaborada pelos Autores (2024)

Figura 4.12 - Sistema Hidráulico Antes da Implementação da Válvula Eletropneumática (Vista Frontal)



Fonte: Elaborada pelos Autores (2024)

#### **4.2.4.5 NORMAS AMBIENTAIS PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTES: CONAMA 430, CONAMA 357 E LEGISLAÇÃO ESTADUAL EM SÃO PAULO (ARTIGO 18).**

O CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) estabelece diretrizes fundamentais para o controle e a gestão ambiental no Brasil através de suas resoluções. Duas delas são especialmente relevantes para a proteção dos recursos hídricos: o CONAMA 430 e o CONAMA 357.

O CONAMA 430 define critérios e diretrizes gerais para o gerenciamento do lançamento de efluentes líquidos provenientes de diversas atividades, como industriais, comerciais, agrícolas e de serviços. Estabelece os padrões de qualidade que os efluentes devem atender antes de serem lançados no meio ambiente.

Por sua vez, o CONAMA 357 estabelece padrões de qualidade da água para diversos usos, como abastecimento humano, irrigação, recreação, entre outros. Define limites máximos permitidos de substâncias poluentes na água, garantindo sua adequação aos diferentes usos.

Além das normas federais do CONAMA, há regulamentações estaduais que complementam e adaptam essas normas às realidades locais. Um exemplo é o artigo 18 do Decreto Estadual Lei nº 997/1976 de São Paulo, que detalha como esses padrões devem ser implementados e fiscalizados no estado.

Essas regulamentações estaduais ajudam a assegurar a proteção e o uso sustentável dos recursos hídricos, ajustando as diretrizes federais às necessidades específicas de cada região.

Ao utilizar o Artigo 18 como base para suas práticas de lançamento de efluentes, a empresa está se adequando às regulamentações estaduais específicas que podem ser mais detalhadas ou adaptadas às condições locais de São Paulo, além de respeitar as diretrizes gerais estabelecidas pelo CONAMA para a proteção do meio ambiente e da qualidade da água. **Os documentos referentes às normas e legislações constam no anexo A.**

Disponível em: <<https://conama.mma.gov.br/o-que-e-o-conama>>. Acesso em Maio.2024

#### **4.2.5 FISPQ (FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS)**

A FISPQ (Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos) é um documento essencial para proteger os trabalhadores que lidam com substâncias químicas. Regulamentada pela NR-26, ela fornece informações sobre os perigos dos produtos, primeiros socorros, medidas de combate a incêndios, controle de vazamentos, entre outros. Sua elaboração segue a ABNT NBR 14725-4 e é obrigatória para a comercialização de produtos químicos. A FISPQ é vital para a segurança dos trabalhadores e também serve de base para laudos importantes, portanto, deve ser completa e precisa. **Os documentos referentes aos produtos químicos GENGARD GN8115, FLOGARD POT6102 e SPECTRUS NX1106 constam no anexo B.**

Disponível em: <<https://saudeesegurancaotrabalho.com/fispq/como-consultar-a-fispq-de-um-produto.htm>>. Acesso em Maio.2024

#### 4.2.6 PROCEDIMENTOS QUE SERÃO EXECUTADOS NESSA PROPOSTA DE MELHORIA NA TORRE DE RESFRIAMENTO DA PLANTA 03.

Será instalado 01 painel elétrico auxiliar e 01 válvula eletropneumática para controle da água de retorno. Ao desligar a bomba que está em operação, a válvula eletropneumática que será instalada na linha de retorno deverá se fechar, evitando assim que a água retorne e fique transbordando na bacia da torre. Ao religar o equipamento, a válvula eletropneumática deverá abrir permitindo o fluxo normal da água.

Prevendo uma eventual manutenção na válvula pneumática, será instalado também uma válvula manual de by-pass na tubulação de retorno de água da torre.

#### 4.2.7 MATERIAIS QUE SERÃO UTILIZADOS NESSA PROPOSTA DE MELHORIA

Para implementação dessa melhoria será necessário a utilização dos materiais conforme o levantamento exemplificado nas tabelas 2 (Lista de Materiais Eletroeletrônicos para Montagem do Painel Pneumático e 3 (Lista de Materiais Mecânicos para Montagem do Painel Pneumático).

Tabela 2 - Lista de Materiais Eletroeletrônicos para Montagem do Painel Pneumático

MATERIAL	QTDE	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
CX DE MONTAGEM (QUADRO DE COMANDO) 40X30X15MM	1	R\$ 138,00	R\$ 138,00
TRILHO DIN (BARRA) TS35/7.5 35mm X 7,5mm X 1000MM	2	R\$ 20,92	R\$ 41,84
FONTE DE ALIMENTAÇÃO 100-240VCA 1,5A ENTRADA 24VCC - CONEXEL POWER	1	R\$ 1 245,00	R\$ 1 245,00
DISJUNTOR UNIPOLAR 2A CURVA C SIEMENS 5SL/1102-7MB 127/220V	3	R\$ 20,99	R\$ 62,97
CONTATOR AUXILIAR TESYS K 2NA+2NF 110V F7 SCHNEIDER	6	R\$ 132,00	R\$ 792,00
VÁLVULA DIRECIONAL SOLENÓIDE RETORNO POR MOLA 5/2 VIAS 24V	1	R\$ 1 369,00	R\$ 1 369,00
CONECTOR BORNE SAK 2,5MM2	20	R\$ 3,44	R\$ 68,80
MANGUEIRA PNEUMÁTICA TUBO PU 6MM 20 METROS - CORES	20	R\$ 27,25	R\$ 545,00
CABO FLEXÍVEL 750V 1,0MM2 ROLO 25 METROS - CORES	25	R\$ 1,30	R\$ 32,50
KIT ANILHA MARCADOR CABOS FIOS EC-0 0,5 A 1,5MM 0 A 9 - 1000 UN	1	R\$ 55,75	R\$ 55,75
ABRACADEIRA DE NYLON ENFORÇA GATO C/ 03 TAMANHOS 100 UM	100	R\$ 0,90	R\$ 90,00
SINALEIROS A LED AMARELO DIÂMETRO 22MM 24V	1	R\$ 30,50	R\$ 30,50
SINALEIROS A LED VERMELHO DIÂMETRO 22MM 24V	1	R\$ 30,50	R\$ 30,50
SINALEIROS A LED VERDE DIÂMETRO 22MM 24V	1	R\$ 30,50	R\$ 30,50
CHAVE MIOLO PACRI C/ 02 POSIÇÕES LIGA/DESLIGA E MANUAL/AUTOMÁTICO	1	R\$ 22,90	R\$ 22,90
<b>Total</b>			<b>R\$ 4 555,26</b>

Fonte: Elaborada pelos Autores (2024)

Tabela 3 - Lista de Materiais Mecânicos para Montagem do Painel Pneumático

MATERIAL	QTDE	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
VÁLVULA ELETROPNEUMÁTICA 5/2 VIAS DE 8" 12 FUROS 150 LITROS	1	R\$ 13 000,00	R\$ 13 000,00
TEFLON 3/4"	2	R\$ 5,00	R\$ 10,00
COTOVELO GALVANIZADO 3/4" DE 90°	5	R\$ 4,00	R\$ 20,00
NIPLE GALVANIZADO 3/4"	4	R\$ 2,50	R\$ 10,00
TUBO GALVANIZADO 3/4"	2	R\$ 220,00	R\$ 440,00
GRAMPOS 3/4" x 1/8"	5	R\$ 2,00	R\$ 10,00
PORCAS GALVANIZADAS DE 1/8"	10	R\$ 0,50	R\$ 5,00
ARRUELA LISA DE 1/8"	10	R\$ 0,15	R\$ 1,50
PARAFUSOS SEXTAVADO DE 5/8" x 3"	12	R\$ 5,00	R\$ 60,00
PORCAS GALVANIZADAS DE 5/8"	24	R\$ 0,60	R\$ 14,40
ARRUELA LISA DE 5/8"	24	R\$ 0,20	R\$ 4,80
<b>Total</b>			<b>R\$ 13 575,70</b>

Fonte: Elaborada pelos Autores (2024)

#### 4.2.8 ESTIMATIVA DE CUSTO TOTAL DA MELHORIA A SER IMPLEMENTADA

Conforme a lista de materiais gerada através do levantamento realizado para executar a proposta de melhoria na torre de resfriamento da planta 03, a nossa estimativa de custo é dada por:

→ **Estimativa de Custo Total** = Custo Materiais Eletroeletrônicos + Custo Materiais Mecânicos

→ **Estimativa de Custo Total** = R\$ 4.555,26 + R\$ 13.575,70 = R\$ 18.130,96

#### 4.2.9 PAYBACK

Para entender o prazo de retorno do investimento realizado com a implementação da melhoria na torre de resfriamento da planta 03, iremos calcular inicialmente o valor da mão de obra gasta, que é dado por:

→ **Mão de Obra** = 4 pessoas x R\$ 20/h x 8h/dia = R\$ 640,00 x 5 dias de trabalho = R\$ 3.200,00

→ **Payback de Investimento** = Custo Mão de Obra + Estimativa de Custo Total da Melhoria a ser Implementada

→ **Payback de Investimento** = R\$ 3.200,00 + R\$ 18.130,96 = R\$ 21.330,96

→ **Payback de Retorno** = Payback de Investimento / Desperdício Total Anual

→ **Payback de Retorno** = R\$ 21.330,96 / 11.973,12 = Cerca de 2 anos

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a implementação das melhorias na torre de resfriamento da Planta 03, observou-se uma redução significativa no desperdício de água devido ao transbordamento da bacia, além de uma considerável diminuição nos custos associados ao tratamento da água descartada. Esses resultados foram atribuídos à eficácia das melhorias implementadas no sistema da torre de resfriamento. A instalação da válvula eletropneumática, os ajustes no painel elétrico e a implementação do sistema by-pass possibilitaram um controle mais preciso do fluxo de água de retorno, prevenindo o transbordamento da bacia. Essa medida resultou em uma redução significativa no desperdício de água, enquanto a redução nos custos associados ao tratamento da água descartada foi alcançada pela diminuição da quantidade de água descartada devido ao transbordamento.

As Figuras 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5 e 5.6 mostram as respectivas melhorias implementadas na Torre de Resfriamento da Planta 03.

Figura 5.1 - Implementação do Painel Elétrico Auxiliar ao Lado do Quadro Principal das Bombas Elétricas.



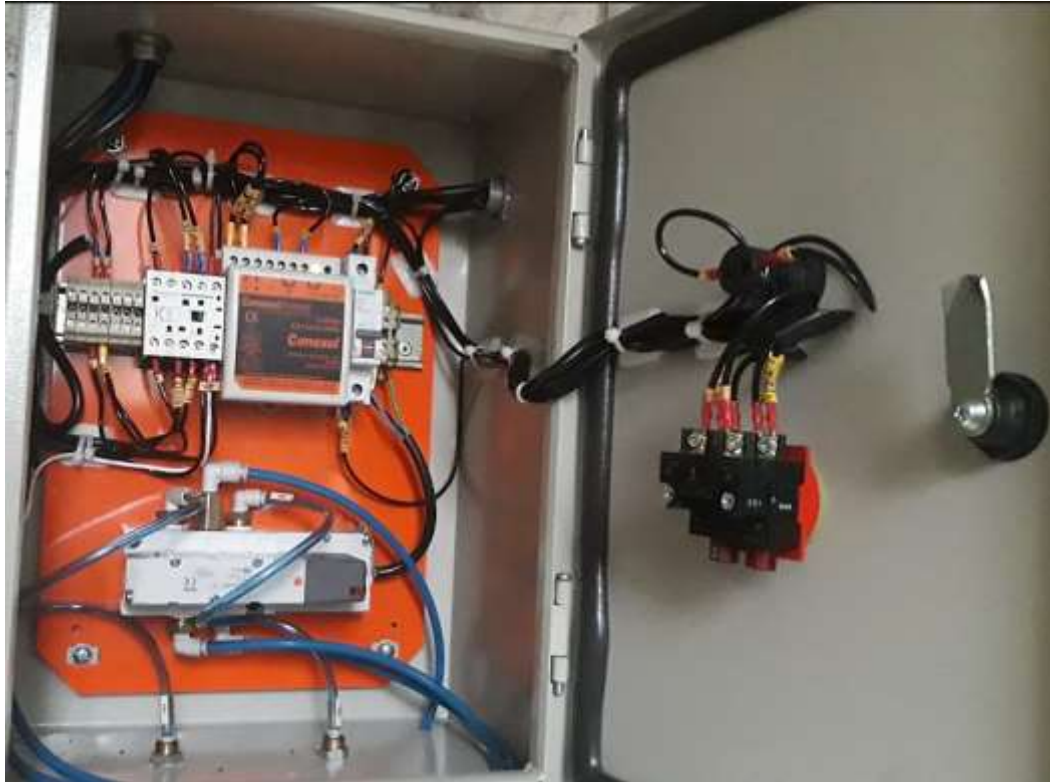
Fonte: Elaborada pelos Autores (2024)

Figura 5.2 - Implementação do Painel Elétrico Auxiliar (Porta Fechada)



Fonte: Elaborada pelos Autores (2024)

Figura 5.3 - Implementação do Painel Elétrico Auxiliar (Porta Aberta)



Fonte: Elaborada pelos Autores (2024)

Figura 5.4 - Implementação da Válvula Esfera de 3/4" para Alimentação do Ar Comprimido



Fonte: Elaborada pelos Autores (2024)



Figura 5.5 - Implementação da Válvula de By-pass e da Válvula Eletropneumática (Vista Frontal)



Fonte: Elaborada pelos Autores (2024)

Figura 5.6 - Implementação da Válvula de By-pass e da Válvula Eletropneumática (Vista Lateral)



Fonte: Elaborada pelos Autores (2024)

## 6 CONCLUSÃO

As melhorias implementadas na torre de resfriamento da Planta 03 resultaram em resultados positivos e concretos. Houve uma redução significativa no desperdício de água e nos custos associados ao tratamento da água descartada. Isso foi possível graças à instalação da válvula eletropneumática, aos ajustes no painel elétrico e à implementação do sistema by-pass, que proporcionaram um controle mais preciso do fluxo de água de retorno, prevenindo o transbordamento da bacia.

Essas medidas não apenas otimizaram a gestão dos recursos hídricos, mas também evidenciaram o compromisso da empresa com a sustentabilidade e a eficiência operacional. O êxito dessas melhorias destaca a importância da inovação e da busca contínua por práticas industriais mais sustentáveis e responsáveis.

## **7 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS**

Para continuidade e melhoria futura deste trabalho, sugere-se:

- A instalação de um programador horário (Timer) para realização do revezamento automático das bombas centrífugas da Torre de Resfriamento a cada 100h de operação.
- Revisão de operação individual das bombas.

## 8 REFERÊNCIAS

ÁVILA FILHO, S.; NÓBREGA, B. S. Oportunidades para melhorar o desempenho térmico em torres de resfriamento. In: XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, Campinas, 2015.

BORDINHÃO, C. Avaliação operacional da troca de recheio de uma torre de resfriamento. 2018. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2018.

CHARACKLIS, W.G., MARSHALL, K.C., 'Biofilms: A Bases for an Interdisciplinary Approach', em: Biofilms, W.G. Characklis, K.C. Marshall (eds.), p.3, John Wiley & Sons, New York, (1990)

ELKIND, Raul. Tratamento de água de resfriamento. PETROBRAS, Rio de Janeiro: 1996).

Disponível em: <<https://saudeesegurancaotrabalho.com/fispq/como-consultar-a-fispq-de-um-produto.htm>>. Acessado em: 10 Maio.2024

FEMP - FEDERAL ENERGY MANAGEMENT PROGRAM. Cooling towers: understanding key components of cooling towers and how to improve water efficiency.

Energy Efficiency & Renewable Energy. 2011. Disponível em: <https://www.petroleoenergia.com.br/artigo-tecnico-reforma-de-torres-de-resfriamentoexige-capacidade-tecnologica/>. Acesso em: 19 Jun. 2020.

FREYTAG, C. Avaliação do desempenho de uma torre de resfriamento industrial. 2018. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2018.

FOFANO, S. Avaliação de técnicas eletroquímicas na monitoração de corrosão por sulfetos em sistemas de água de resfriamento industrial. Curitiba – 1999. Disponível em:<<http://www.gea.ufpr.br/Dissertacao/Socrates/Capaindice-Fofano.pdf>>. Acessado em: 04 Jun. 2018.

FOUST, A. Princípios das operações unitárias. Editora LTC. 2ª Edição. 1982.

GREEN, D. W.; SOUTHARD, M. Z. Perry's Chemical Engineers' Handbook. 9. ed. 2019.

LEWANDOWSKI, Z., STOODLEY, P., ROE, F., "Internal mass transport in heterogeneous biofilms. Recent advances", Corrosion/95, paper N° 222, NACE international, Houston, TX, (1995).

MANSUR, W. Curso teórico: Torres de resfriamento de água. 2010.

MULYANDASART, V.; KOLMETZ, K. Cooling tower selection and sizing – Engineering design guideline. KLM Technology Group. 2011.

OLIVEIRA, J. D. Auditoria em torres de resfriamento em indústrias químicas. 43 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial, Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia – UFBA, Salvador, BA, 2011.

OLIVEIRA, A. C. C. T. Estudo de materiais alternativos para o enchimento de torres de resfriamento. 2012. 128 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

SAMPAIO, F. S. Torre de resfriamento modelagem, simulação e testes experimentais para apoio ao ensino de engenharia mecânica. 2013. 171 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

TEBECHERANI, R. Estudo de catalisadores eletroquímicos para o tratamento de água de uma torre de resfriamento em uma indústria química no vale do Paraíba. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) – Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, Lorena, 2015.

TROVATI, J. Tratamento de água de resfriamento. Corona: Araraquara-SP – set. 2004. Disponível em: <[http://www.snatural.com.br/PDF\\_arquivos/Torre-Caldeira-TratamentoAgua.pdf](http://www.snatural.com.br/PDF_arquivos/Torre-Caldeira-TratamentoAgua.pdf)>. Acessado em: 04 Jun. 2018.

VIDELA, H.A., Biocorrosão, Biofouling e Biodeterioração de Materiais, 1a ed. São Paulo: Edgar Blücher Ltda., pp. 148, 2003.

VIEIRA, F. C. Viabilidade Técnica e Econômica do Reaproveitamento de Efluentes de Torres de Resfriamento. 2011. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

Universidade Pontifícia Católica do Rio de Janeiro. (s.d.). [Documento sem título]. Disponível em: <[http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/8889/8889\\_3.PDF](http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/8889/8889_3.PDF)>. Acessado em: 22 Set. 2023.

Vettor. Disponível em: <<https://www.vettor.com.br/pt>>. Acessado em: 14 Out. 2023.

Djennifer Neckel. Eficiência Energética: Estudo de caso em uma Torre de Resfriamento Industrial. [TCC, UFRGS, Porto Alegre, 2023]. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/262174/001171792.pdf?sequence=1&is>>. Acessado em: 09 Set. 2023.

Torres, A. G. (2022). Apostila Torre de Resfriamento. Disponível em: <[https://agtorres.com.br/wpcontent/uploads/2022/03/Apostila\\_Torre\\_de\\_Resfriamento\\_1.pdf](https://agtorres.com.br/wpcontent/uploads/2022/03/Apostila_Torre_de_Resfriamento_1.pdf)>. Acessado em: 10 Nov. 2023.

Disponível em: <<https://conama.mma.gov.br/o-que-e-o-conama>>. Acessado em: 22 Maio.2024

Disponível em: <<https://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/documentos/Dec8468.pdf>>. Acessado em: 22 Maio.2024

**9 ANEXO A - REGULAMENTO DE LEI Nº 997, DE 31 DE MAIO DE 1976 QUE DISPÕE SOBRE A PREVENÇÃO E O CONTROLE DA POLUIÇÃO DO MEIO AMBIENTE**

**Decreto nº 8.468 – De 08 de setembro de 1976**

Art. 18 - Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nas coleções de água, desde que obedecem às seguintes condições:

I - pH entre 5,0 (cinco inteiros), e 9,0 (nove inteiros);

II - temperatura inferior a 40°C (quarenta graus Celsius);

III - materiais sedimentáveis até 1,0 ml/l (um mililitro por litro) em teste de uma hora em "cone imhoff";

IV - substâncias solúveis em hexana até 100 mg/l (cem miligramas por litro);

V - DBO 5 dias, 20°C no máximo de 60 mg/l (sessenta miligramas por litro).

Este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento de águas residuárias que reduza a carga poluidora em termos de DBO 5 dias, 20°C do despejo em no mínimo 80% (oitenta por cento);

VI - concentrações máximas dos seguintes parâmetros:

a) Arsênico - 0,2 mg/l (dois décimos de miligrama por litro);

b) Bário - 5,0 mg/l (cinco miligramas por litro);

c) Boro - 5,0 mg/l (cinco miligramas por litro);

d) Cádmio - 0,2 mg/l (dois décimos de miligrama por litro);

e) Chumbo - 0,5 mg/l (cinco décimos de miligrama por litro);

f) Cianeto - 0,2 mg/l; (dois décimos de miligrama por litro);

g) Cobre - 1,0 mg/l (um miligrama por litro);

h) Cromo hexavalente - 0,1 mg/l (um décimo de miligrama por litro);

i) Cromo total - 5,0 mg/l (cinco miligramas por litro);

j) Estanho - 4,0 mg/l (quatro miligramas por litro);

k) Fenol - 0,5 mg/l (cinco décimos de miligrama por litro);

l) Ferro Solúvel - (Fe<sup>2+</sup>) - 15,0 mg/l (quinze miligramas por litro)

m) Fluoretos - 10,0 mg/l (dez miligramas por litro);

n) Manganês solúvel - (Mn<sup>2+</sup>) - 1,0 mg/l (um miligrama por litro);

- o) Mercúrio - (0,01 mg/l (um centésimo de miligrama por litro);
- p) Níquel - 2,0 mg/ (dois miligramas por litro);
- q) Prata - 0,02 mg/l (dois centésimos de miligrama por litro);
- r) Selênio - 0,02 mg/l (dois centésimos de miligrama por litro);
- s) Zinco - 5,0 mg/l (cinco miligramas por litro).

VII - outras substâncias, potencialmente prejudiciais, em concentrações máximas a serem fixadas, para cada caso, a critério da CETESB;

VIII - regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 (um vírgula cinco) vezes a vazão média diária.

§ 1º - Além de obedecerem aos limites deste artigo, os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características em desacordo com o enquadramento do mesmo, na Classificação das Águas.



§ 2º - Na hipótese de fonte de poluição geradora de diferentes despejos ou emissões individualizados, os limites constantes desta regulamentação aplicar-se-ão a cada um destes, ou ao conjunto após a mistura, a critério da CETESB.

§ 3º - Em caso de efluente com mais de uma substância potencialmente prejudicial, a CETESB poderá reduzir os respectivos limites individuais, na proporção do número de substâncias presentes.


§ 4º - Resguardados os padrões de qualidade do corpo receptor, a CETESB poderá autorizar o lançamento com base em estudos de impacto ambiental, realizada pela entidade responsável pela emissão, fixando o tipo de tratamento e as condições desse lançamento".




## 10 ANEXO B - FICHAS FISPQ (FLOGARD POT6102)

 General Motors GM Brazil - São Caetano do Sul Complex (H11057) WFG - Util Op Manut Casas Força	<b>Instruções Específicas          de Segurança (IES)          Flogard POT6102</b>	ID de produto da GM: <input type="text" value="40015338"/>			
<b>IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL</b>					
Flogard POT6102 					
CAS:	Número do local:				
Brasil (Nº Nome IES) <input type="text" value="0 USO GERAL"/>					
<b>LOCAL DE USO / ARMAZENAMENTO</b>					
ID da área química <input type="text" value="21268249"/>					
Sinônimos da área química <input type="text" value="WFG - UTILID..."/>					
<b>DADOS DO MATERIAL</b>					
Uso recomendado - recomendado pelo fabricante					
<b>Sinônimos</b>					
Nome	Região de língua				
<b>Transporte</b>					
Agência	Nome da Transportadora	Número UN	Classe/Código da Etiqueta	Grupo de Embalagem	Poluente Marinho
DOT	Não estão regulamentados como produtos perigosos				
IATA/ICAO	Não estão regulamentados como produtos perigosos				
IMO/IMDG	Não estão regulamentados como produtos perigosos				
<b>INFORMAÇÕES SOBRE OS PERIGOS PARA A SAÚDE</b>					
4/6/2019				Página: 1 de 3	



## 11 ANEXO B - FICHAS FISPQ (FLOGARD POT6102)

 <p>General Motors GM Brazil - Sao Caetano do Sul Complex (HH1057) WFG - Util Op Manut Casas Força</p>	<h2>Instruções Especificas de Segurança (IES) Flogard POT6102</h2>	<p>ID de produto da GM <input type="text" value="40015338"/></p>
<p>Referência a perigos - área química</p>		
<p><b>ATENDIMENTO À EMERGÊNCIAS</b></p>		
<p>Primeiros socorros em emergências - telefone local de emergência <input type="text" value="Emergências - Ramal: 4 7222."/></p>		
<p><b>ROTAS DE EXPOSIÇÃO E PERIGOS PARA A SAÚDE</b></p>		
<p>Efeitos da exposição excessiva - Contato com a Pele</p>	<p><input type="text" value="Pode causar irritação."/></p>	
<p>Efeitos da exposição excessiva - Contato com os Olhos</p>	<p><input type="text" value="Pode causar irritação."/></p>	
<p>Efeitos da exposição excessiva - Inalação</p>	<p><input type="text"/></p>	
<p>Efeitos da exposição excessiva - Ingestão</p>	<p><input type="text"/></p>	
<p><b>MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS</b></p>		
<p>Primeiros socorros em emergência - contato com a pele</p>	<p><input type="text" value="Lave com sabonete e água corrente."/></p>	
<p>Primeiros socorros em emergência - contato com os Olhos</p>	<p><input type="text" value="Lava com água corrente. Contate o médico."/></p>	
<p>Primeiros socorros em emergência - Inalação</p>	<p><input type="text"/></p>	
<p>Primeiros socorros em emergência - Ingestão</p>	<p><input type="text"/></p>	
<p><b>MEDIDAS DE PROTEÇÃO E REGRAS DE SEGURANÇA</b></p>		
<p>Instruções Gerais de Segurança</p>	<p><input type="text" value="Pratique a boa higiene pessoal. Evite o contato inadequado com a pele e olhos. Siga as orientações do rótulo do produto. Não utilize intencionalmente o produto de forma imprópria. Esteja alerta para os riscos físicos. Não utilize em áreas confinadas sem antes consultar o procedimento de entrada em espaços confinados."/></p>	
<p>Instruções de uso - área química Instruções sobre EPIs</p>	<p><input type="text"/></p>	
<p>(EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL) EPI - material</p>	<p><input type="text" value="Use óculos de segurança com proteção lateral, Luva de neoprene, Use roupas resistentes a produtos químicos apropriadas, , Em caso de ventilação inadequada ou de exposição significativa provável, usar respirador com filtros para poeiras / névoas (tipo P2 NIOSH). Deve-se usar roupas de proteção térmica adequadas quando necessário."/></p>	
<p>EPP recomendado - área química</p>	<p><input type="text"/></p>	
<p>4/6/2019</p>		<p>Página: 2 de 3</p>


## 12 ANEXO B - FICHAS FISPQ (FLOGARD POT6102)

 <p>General Motors GM Brazil - Sao Caetano do Sul Complex [HH1057] WFG - Util Op Manut Casas Força</p>	<h2 style="text-align: center;">Instruções Específicas de Segurança (IES) Flogard POT6102</h2>	<p>ID de produto da GM <input type="text" value="40015338"/></p>
<p><b>Informações sobre reatividade / compatibilidade</b> Este material é estável.</p>		
<p><b>Instruções para o armazenamento</b></p>		
<p style="text-align: center;"><b>INSTRUÇÕES EM CASO DE EMERGÊNCIAS</b></p>		
<p><b>Instruções para o combate a Incêndios</b></p>	<p>Agente extintor de incêndio: Classe A.</p>	
<p><b>Método de extinção apropriado</b></p>		
<p><b>Instruções para contenção de derrames/vazamentos</b></p>	<p>Remova o produto derramado com material absorvente (serragem) e coloque em recipiente identificado.</p>	
<p><b>Instruções em caso de derramamento e vazamento - em toda a fábrica</b></p>	<p>Para produtos químicos Ácidos, absorver o líquido derramado com mantas absorventes. Para os outros produtos químicos absorver com serragem. Recolha os resíduos para um recipiente identificado e após feche-os.</p>	
<p><b>Instruções adicionais</b></p>	<p>Se estiver embalado em aerossol, mantenha longe do calor, faíscas, chamas abertas e luz solar direta. Se o conteúdo estiver sob pressão, não perfure as latas. Em condições de calor intenso, as latas de aerossol podem exploder.</p>	
<p><b>Outros perigos - área química</b></p>		
<p style="text-align: center;"><b>INSTRUÇÕES PARA DISPOSIÇÃO</b></p>		
<p><b>Instruções de descarte - em toda a fábrica</b></p>	<p>Informações para disposição de Resíduos: Para acondicionamento, codificação e descarte dos resíduos deste produto, seguir as instruções contidas na Instrução Ambiental IA-C-201, e para descarte de embalagens contaminadas seguir a IAC218. Em caso de pequenos vazamentos/derrames, seguir a IA-C702. Em caso de acidentes, contatar a Emergência/Bombeiros no ramal 4 7222. Em caso de dúvidas contate a área de Serviços Ambientais em SC-Sul (ramal 4 5486).</p>	
<p>4/6/2019</p>		<p>Página: 3 de 3</p>


## 13 ANEXO B - FICHAS FISPQ (GENGARD GN8115)

 <p>General Motors GM Brazil - Sao Caetano do Sul Complex (HH1057) WFG - Util Op Manut Casas Força</p>	<h2>Instruções Especificas de Segurança (IES) Gengard GN8115</h2>	<p>ID de produto da GM <input type="text" value="40014904"/></p>			
<b>IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL</b>					
<p><b>Gengard GN8115</b> </p> <p>CAS: <input type="text"/> Número do local: <input type="text"/></p>					
<p>Brasil (Nº)Nome IES) <input type="text" value="J CORROSIVOS - BASES CONCENTRAD AS- pH &gt; 10"/></p>					
<b>LOCAL DE USO / ARMAZENAMENTO</b>					
<p>ID da área química <input type="text" value="21268249"/></p> <p>Sinônimos da área química <input type="text" value="WFG - UTILID."/></p>					
<b>DADOS DO MATERIAL</b>					
<p>Uso recomendado - recomendado pelo fabricante</p>					
<b>Sinônimos</b>					
<p>Nome <input type="text"/> Região de língua <input type="text"/></p>					
<b>Transporte</b>					
<b>Agencia</b>	<b>Nome da Transportadora</b>	<b>Número UN</b>	<b>Classe/Código da Etiqueta</b>	<b>Grupo de Embalagem</b>	<b>Poluente Marinho</b>
ADR/RID	Líquido Corrosivo, Básico, Orgânico, N.E. (Sal de Sódio de Clorotriazol)	ONU3267	8	III	
IATA/ICAO	Corrosive Liquid, n.o.s. (Diethylenetriamine Pentamethylene Phosphonic	ONU3267	8	III	Não
IMO/IMDG	Corrosive Liquid, N.O.S. (Diethylenetriamine Pentamethylene Phosphonic	ONU3267	8	III	Não
<b>INFORMAÇÕES SOBRE OS PERIGOS PARA A SAÚDE</b>					
4/6/2019				Página: 1 de 3	



## 14 ANEXO B - FICHAS FISPQ (GENGARD GN8115)

 <p>General Motors GM Brazil - Sao Caetano do Sul Complex (HH1057) WFG - UH Op Manut Casas Força</p>	<h2>Instruções Especificas de Segurança (IES) Gengard GN8115</h2>	<p>ID de produto da GM <input type="text" value="40014904"/></p>
<p>Referência a perigos - área química</p>		
<p><b>ATENDIMENTO À EMERGÊNCIAS</b></p>		
<p>Primeiros socorros em emergências - telefone local de emergência</p>	<p>Emergências - Ramal: 4 7222.</p>	
<p><b>ROTAS DE EXPOSIÇÃO E PERIGOS PARA A SAÚDE</b></p>		
<p>Efeitos da exposição excessiva - Contato com a Pele</p>	<p>Corrosivo, queimadura, tecido destruição.</p>	
<p>Efeitos da exposição excessiva - Contato com os Olhos</p>	<p>Corrosivo, queimadura, tecido destruição.</p>	
<p>Efeitos da exposição excessiva - Inalação</p>	<p>Pode causar irritação no trato respiratório e danos nos pulmões.</p>	
<p>Efeitos da exposição excessiva - Ingestão</p>	<p>Queimadura. Destruição dos tecidos.</p>	
<p><b>MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS</b></p>		
<p>Primeiros socorros em emergência - contato com a pele</p>	<p>Lave imediatamente com água no chuveiro de emergência. Remova as roupas contaminadas. Comunique o médico.</p>	
<p>Primeiros socorros em emergência - contato com os Olhos</p>	<p>Lave os olhos com água corrente por 15 minutos mantendo as pálpebras abertas e movendo o globo ocular. Procure o médico.</p>	
<p>Primeiros socorros em emergência - Inalação</p>	<p>Remova a vítima para local ventilado e comunique o médico.</p>	
<p>Primeiros socorros em emergência - Ingestão</p>	<p>Não provoque vômito. Procure o médico.</p>	
<p><b>MEDIDAS DE PROTEÇÃO E REGRAS DE SEGURANÇA</b></p>		
<p>Instruções Gerais de Segurança</p>	<p>Respirar a fumaça e mistura deste produto pode ser perigoso. Ventilação pode ser requerida, onde for possível, para manter a concentração abaixo do limite de tolerância. Evite contato com a pele e os olhos. Evite respingos. Adicione o produto lentamente à água, nunca faça o contrário. Lave as mãos após o uso e antes de comer, beber, fumar e aplicar cosméticos. Roupas contaminadas devem ser removidas e lavadas separadamente antes de serem usadas novamente.</p>	
<p>Instruções de uso - área química</p>	<p>• Óculos de segurança contra respingo de produtos químicos ou protetor facial • Creme protetivo para a pele e luvas impermeáveis de cano longo • Avental impermeável. • Máscara respiratória com filtros para gases ácidos - (quando recomendado). Consulte a seção de Seg. e Higiene do Trabalho. Consulte a FISPQ.</p>	
<p>(EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO)</p>		
<p>4/6/2019</p>		<p>Página: 2 de 3</p>


## 15 ANEXO B - FICHAS FISPQ (GENGARD GN8115)

 <p>General Motors GM Brazil - Sao Caetano do Sul Complex [HH1057] WFG - Util Op Manut Casas Força</p>	<h2>Instruções Específicas de Segurança (IES)</h2> <h3>Gengard GN8115</h3>	<p>ID de produto da GM</p> <p>40014904</p>
<p>INDIVIDUAL) EPI -material</p>		
<p>EPP recomendado - área química</p>		
<p>Informações sobre reatividade / compatibilidade</p>	<p>Contato com ácidos fortes pode causar liberação de calor e respingos violentos. Quando aquecido pode emanar fumaças tóxicas.</p>	
<p>Instruções para o armazenamento</p>	<p>Armazene longe de ácidos e agentes de oxidação forte. Não armazene próximo de materiais inflamáveis e combustíveis. Mantenha o produto armazenado em local seco e fresco. Mantenha os recipientes bem fechados quando não estiverem em uso.</p>	
<p><b>INSTRUÇÕES EM CASO DE EMERGÊNCIAS</b></p>		
<p>Instruções para o combate a Incêndios</p>	<p>Use água para manter frio o recipiente que contém o produto. Chame os Bombeiros.</p>	
<p>Método de extinção apropriado</p>	<p>Pulverizador de água.</p>	
<p>Instruções para contenção de derrames/vazamentos</p>	<p>PEQUENO: CONTENHA O DERRAMAMENTO E IMPEÇA A ENTRADA NO ENCANAMENTO. PROTEJA A DRENAGEM FAZENDO UM DIQUE. ENTRE EM CONTATO COM O SUPERVISOR. GRANDE: NOTIFIQUE A SEGURANÇA OU SIGA O PROCEDIMENTO DE RESPOSTA DE EMERGÊNCIA LOCAL.</p>	
<p>Instruções em caso de derramamento e vazamento - em toda a fábrica</p>	<p>Para produtos químicos Ácidos, absorver o líquido derramado com mantas absorventes. Para os outros produtos químicos absorver com serragem. Recolha os resíduos para um recipiente identificado e após feche-os.</p>	
<p>Instruções adicionais</p>	<p>Familiarize-se com a localização dos lava-olhos e chuveiros de emergências. Tenha precaução quando manusear recipientes vazios. Se a embalagem for em aerosol, mantenha longe de calor, fagulhas, chamas e luz solar. Se o conteúdo estiver sob pressão, não perfure a lata. Em condições de calor intenso, a lata pode expelir o conteúdo, romper ou explodir.</p>	
<p>Outros perigos - área química</p>		
<p><b>INSTRUÇÕES PARA DISPOSIÇÃO</b></p>		
<p>Instruções de descarte - em toda a fábrica</p>	<p>Informações para disposição de Resíduos: Para acondicionamento, codificação e descarte dos resíduos deste produto, seguir as instruções contidas na Instrução Ambiental IA-C201, e para descarte de embalagens contaminadas seguir a IAC218. Em caso de pequenos vazamentos/derrames, seguir a IA-C702. Em caso de acidentes, contatar a Emergência/Bombeiros no ramal 4 7222.. Em caso de dúvidas contate a área de Serviços Ambientais em SC Sul (ramal 4 5486).</p>	
<p>4/6/2019</p>		<p>Página: 3 de 3</p>

## 16 ANEXO B - FICHAS FISPQ (SPECTRUS NX1106)


 General Motors GM Brazil - São Caetano do Sul Complex (1111057) WFG - Util Op Manut Casas Força	<b>Instruções Específicas          de Segurança (IES)          Spectrus NX1106</b>	ID de produto da GM: <input type="text" value="40013680"/>			
<b>IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL</b>					
Spectrus NX1106 					
CAS:	Número do local:				
Brasil (Nº Nome IES)   J CORROSIVOS – BASES CONCENTRADAS – pH > 10					
<b>LOCAL DE USO / ARMAZENAMENTO</b>					
ID da área química 21268249					
Sinônimos da área química WFG - UTILID.					
<b>DADOS DO MATERIAL</b>					
Uso recomendado - recomendado pelo fabricante					
Sinônimos					
Nome <span style="float: right;">Região de língua</span>					
<b>Transporte</b>					
Agência	Nome da Transportadora	Número UN	Classe/Código da Etiqueta	Grupo de Embalagem	Poluente Marinho
ADR/RID	Líquido Corrosivo, Ácido, Orgânico, N.E. (Mistura de: 5-Cloro-2-metil-4-isotiazolin-3-ona e 2-metil-4-isotiazolin-3-ona (3:1))	UN3265	8	II	Sim
IATA/ICAO	Corrosive Liquid, Acidic, Organic, N.O.S. (Mixture of: 5-Chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-one [EC no. 247-500-7] and 2-methyl-4-isothiazolin-3-one [EC no. 220-239-6] (3:1))	UN3265	8	II	Sim
IMO/IMDG	Corrosive Liquid, Acidic, Organic, N.O.S. (Mixture of: 5-Chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-one [EC no. 247-500-7] and 2-methyl-4-isothiazolin-3-one [EC no. 220-239-6] (3:1))	UN3265	8	II	Sim
4/6/2019				Página: 1 de 3	

## 17 ANEXO B - FICHAS FISPQ (SPECTRUS NX1106)

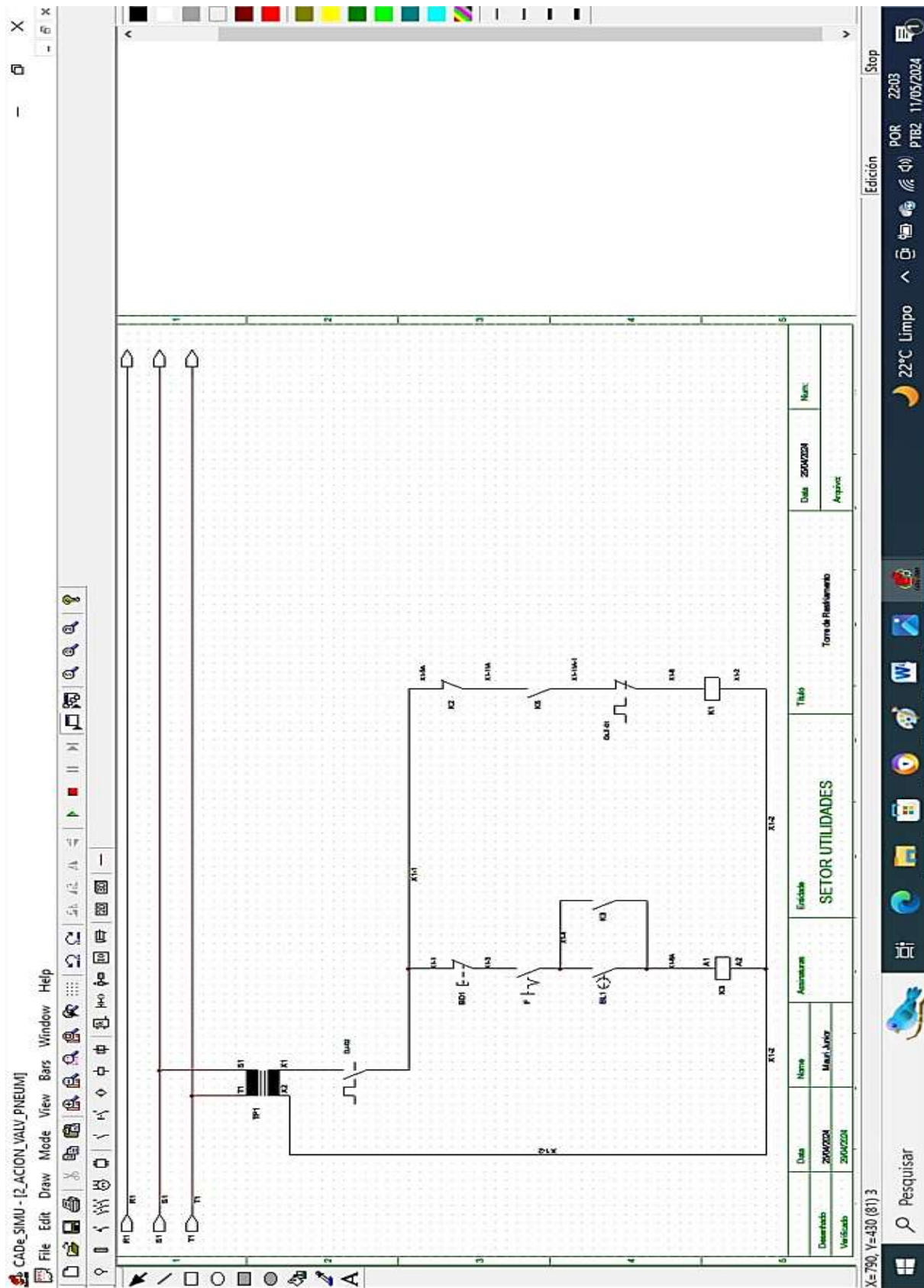
 General Motors GM Brazil - Sao Caetano do Sul Complex (HH1057) WFG - Util Op Manut Casas Força	<h2>Instruções Específicas de Segurança (IES) Spectrus NX1106</h2>	ID de produto da GM: <input type="text" value="40013680"/>
<b>INFORMAÇÕES SOBRE OS PERIGOS PARA A SAÚDE</b>		
Referência a perigos - área química		
<b>ATENDIMENTO À EMERGÊNCIAS</b>		
Primeiros socorros em emergências - telefone local de emergência: Emergências - Ramal: 4 7222.		
<b>ROTAS DE EXPOSIÇÃO E PERIGOS PARA A SAÚDE</b>		
Efeitos da exposição excessiva - Contato com a Pele	Corrosivo, queimadura, tecido destruição.	
Efeitos da exposição excessiva - Contato com os Olhos	Corrosivo, queimadura, tecido destruição.	
Efeitos da exposição excessiva - Inalação	Pode causar irritação no trato respiratório e danos nos pulmões.	
Efeitos da exposição excessiva - Ingestão	Queimadura. Destruição dos tecidos.	
<b>MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS</b>		
Primeiros socorros em emergência - contato com a pele	Lave imediatamente com água no chuveiro de emergência. Remova as roupas contaminadas. Comunique o médico.	
Primeiros socorros em emergência - contato com os Olhos	Lave os olhos com água corrente por 15 minutos mantendo as pálpebras abertas e movendo o globo ocular. Procure o médico.	
Primeiros socorros em emergência - Inalação	Remova a vítima para local ventilado e comunique o médico.	
Primeiros socorros em emergência - Ingestão	Não provoque vômito. Procure o médico.	
<b>MEDIDAS DE PROTEÇÃO E REGRAS DE SEGURANÇA</b>		
Instruções Gerais de Segurança	Respirar a fumaça e mistura deste produto pode ser perigoso. Ventilação pode ser requerida, onde for possível, para manter a concentração abaixo do limite de tolerância. Evite contato com a pele e os olhos. Evite respingos. Adicione o produto lentamente à água, nunca faça o contrário. Lave as mãos após o uso e antes de comer, beber, fumar e aplicar cosméticos. Roupas contaminadas devem ser removidas e lavadas separadamente antes de serem usadas novamente.	
Instruções de uso - área química	• Óculos de segurança contra respingo de produtos químicos ou protetor facial • Creme protetivo	
4/6/2019		Página: 2 de 3



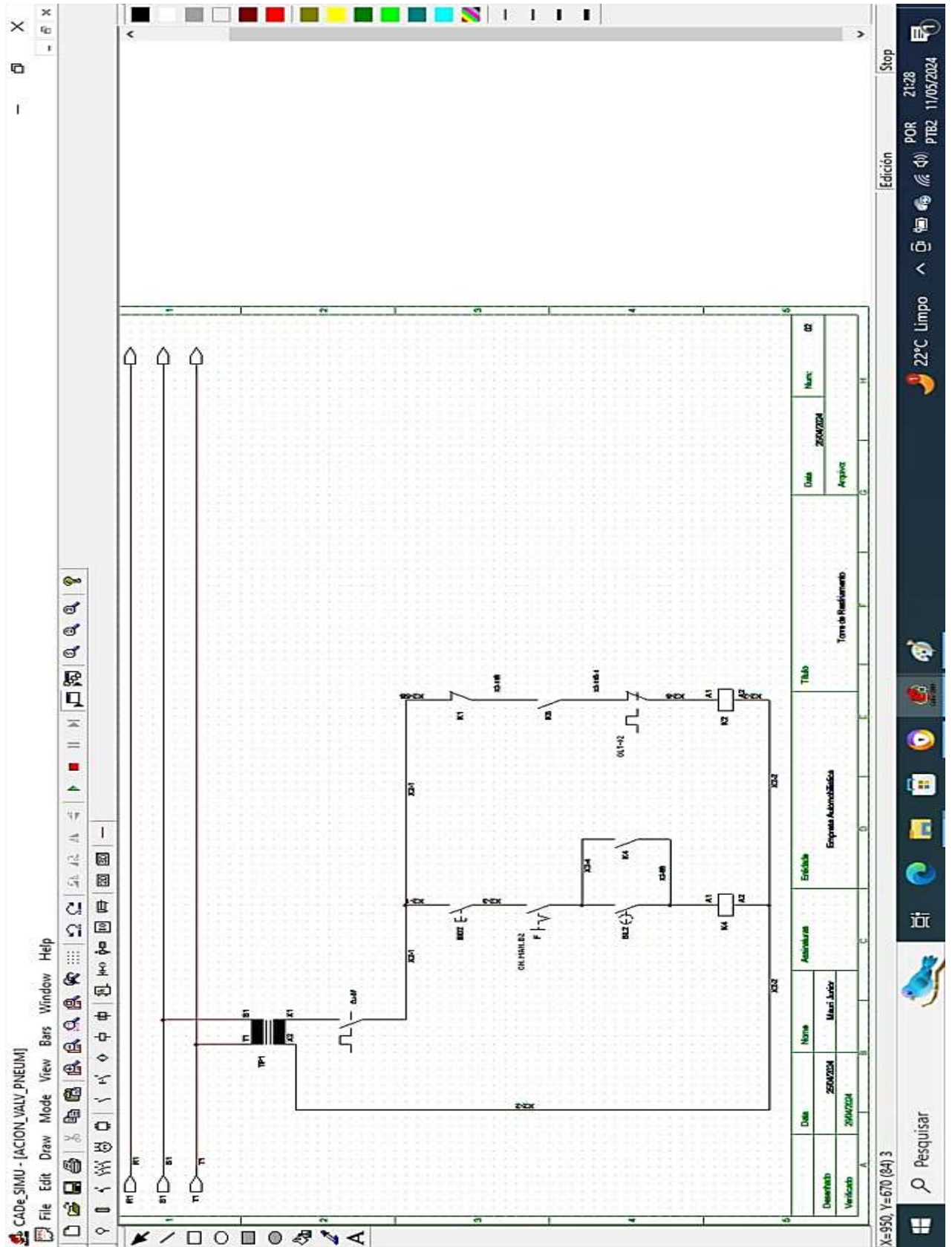
## 18 ANEXO B - FICHAS FISPQ (SPECTRUS NX1106)

 <p>General Motors GM Brazil - Sao Caetano do Sul Complex (HH1057) WFG-UK Op Manut Casas Força</p>	<h2 style="text-align: center;">Instruções Específicas de Segurança (IES) Spectrus NX1106</h2>	<p>ID de produto da GM</p> <p>40013680</p>
<p><b>Instruções sobre EPIs</b></p>	<p>para a pele e luvas impermeáveis de cano longo • Avental impermeável. • Máscara respiratória com filtros para gases ácidos - (quando recomendado). Consulte a seção de Seg. e Higiene do Trabalho. Consulte a FISPQ.</p>	
<p><b>(EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL) EPI -material</b></p>	<p>Luva contra agente químico; Óculos anti respingo; Creme protetivo para as mão; Vestimenta impermeável; Mascara contra vapores orgânicos.</p>	
<p><b>EPP recomendado - área química</b></p>		
<p><b>Informações sobre reatividade / compatibilidade</b></p>	<p>Contato com ácidos fortes pode causar liberação de calor e respingos violentos Quando aquecido pode emanar fumaças tóxicas.</p>	
<p><b>Instruções para o armazenamento</b></p>	<p>Armazene longe de ácidos e agentes de oxidação forte. Não armazene próximo de materiais inflamáveis e combustíveis. Mantenha o produto armazenado em local seco e fresco. Mantenha os recipientes bem fechados quando não estiverem em uso.</p>	
<b>INSTRUÇÕES EM CASO DE EMERGÊNCIAS</b>		
<p><b>Instruções para o combate a Incêndios</b></p>	<p>Use água para manter frio o recipiente que contém o produto. Chame os Bombeiros.</p>	
<p><b>Método de extinção apropriado</b></p>	<p>Pulverizador de água.</p>	
<p><b>Instruções para contenção de derrames/vazamentos</b></p>	<p>PEQUENO: CONTENHA O DERRAMAMENTO E IMPEÇA A ENTRADA NO ENCANAMENTO. PROTEJA A DRENAGEM FAZENDO UM DIQUE. ENTRE EM CONTATO COM O SUPERVISOR. GRANDE: NOTIFIQUE A SEGURANÇA OU SIGA O PROCEDIMENTO DE RESPOSTA DE EMERGÊNCIA LOCAL.</p>	
<p><b>Instruções em caso de derramamento e vazamento - em toda a fábrica</b></p>	<p>Para produtos químicos Ácidos, absorver o líquido derramado com mantas absorventes. Para os outros produtos químicos absorver com serragem. Recolha os resíduos para um recipiente identificado e após feche-os.</p>	
<p><b>Instruções adicionais</b></p>	<p>Familiarize-se com a localização dos lave-olhos e chuveiros de emergências. Tenha precaução quando manusear recipientes vazios. Se a embalagem for em aerosol, mantenha longe de calor, fagulhas, chamas e luz solar. Se o conteúdo estiver sob pressão, não perfure a lata. Em condições de calor intenso, a lata pode expelir o conteúdo, romper ou explodir.</p>	
<p><b>Outros perigos - área química</b></p>		
<b>INSTRUÇÕES PARA DISPOSIÇÃO</b>		
<p><b>Instruções de descarte - em toda a fábrica</b></p>	<p>Informações para disposição de Resíduos: Para acondicionamento, codificação e descarte dos resíduos deste produto, seguir as instruções contidas na Instrução Ambiental IA-C201, e para descarte de embalagens contaminadas seguir a IAC218. Em caso de pequenos vazamentos/derrames, seguir a IA-C702. Em caso de acidentes, contatar a Emergência/Bombeiros no ramal 4 7222. Em caso de dúvidas contate a área de Serviços Ambientais em SC Sul (ramal 4 5486).</p>	
4/6/2019		Página: 3 de 3

# 19 APÊNDICE A - DIAGRAMA ELÉTRICO DA BOMBA 1



### 20 APÊNDICE A - DIAGRAMA ELÉTRICO DA BOMBA 2



# 21 APÊNDICE A - DIAGRAMA ELÉTRICO DO ACIONAMENTO DA VÁLVULA ELETROPNEUMÁTICA

