

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA  
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA  
ENGENHARIA DE PROCESSOS III – DEQ 1023

**PRODUÇÃO DE CLORETO DE BENZALCÔNIO E PRODUÇÃO DE DESINFETANTE  
À BASE DESSE AMÔNIO QUATERNÁRIO  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Anderson Cardoso Fassini  
Letícia Pascotto Lima  
Lorenzo Albrecht Ribas  
Marcelo Ballejo Meirelles**

Santa Maria, RS, Brasil  
2021

**PRODUÇÃO DE CLORETO DE BENZALCÔNIO E PRODUÇÃO DE DESINFETANTE  
À BASE DESSE AMÔNIO QUATERNÁRIO**

**Anderson Cardoso Fassini**

**Letícia Pascotto Lima**

**Lorenzo Albrecht Ribas**

**Marcelo Ballejo Meirelles**

Trabalho de Conclusão de curso submetido ao Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Maria como parte da avaliação da disciplina de Engenharia de Processos III e requisito parcial para obtenção do título de **Bacharel em Engenharia Química.**

**Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Hoffmann**

Santa Maria, RS, Brasil

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

**PRODUÇÃO DE CLORETO DE BENZALCÔNIO E PRODUÇÃO DE DESINFETANTE  
À BASE DESSE AMÔNIO QUATERNÁRIO**

Elaborado por

Anderson Cardoso Fassini  
Letícia Pascotto Lima  
Lorenzo Albrecht Ribas  
Marcelo Ballejo Meirelles

Como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Bacharel em Engenharia Química**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Ronaldo Hoffmann, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Adriano Cancelier, Dr. (UFSM)**  
(Professor convidado)

---

**Sérgio Luiz Jahn, Dr. (UFSM)**  
(Professor convidado)

Santa Maria, 11 de fevereiro de 2021



## RESUMO EXECUTIVO

O cloreto de benzalcônio é uma substância do grupo químico conhecido como quaternários de amônio e possui uma excelente aplicação como agente sanitizante.

É uma substância obtida a partir da reação de uma amina terciária e cadeia carbônica com alto índice de carbonos (entre 8-24) e o cloreto de benzila, que propiciam uma reação de ampla conversão, formando uma substância com alta capacidade sanitizante.

O presente projeto tem por objetivo realizar uma análise da viabilidade técnica e econômica da produção de cloreto de benzalcônio em escala industrial, empregando duas aplicações com suas respectivas rotas tecnológicas, onde a partir da primeira será feita a comercialização de um cloreto de benzalcônio concentrado para atuação como matéria prima e a subsequente será para produção de um desinfetante próprio com destino ao consumidor final, isto é, visando o uso doméstico.

O processo produtivo proposto compreenderá três macro etapas, a reação de produção do cloreto de benzalcônio, a divisão das correntes para cada respectivo produto final e a mistura dos reagentes para formação do desinfetante de uso doméstico.

A rota tecnológica da reação de formação do cloreto de benzalcônio tem como característica principal a necessidade de apenas uma reação exotérmica para produção do cloreto de benzalcônio, enquanto a rota de produção do desinfetante tem como principais características o baixo custo da matéria prima adotada, bem como, a simplicidade de formação ser apenas pela mistura dos reagentes.

A unidade industrial idealizada foi projetada para atender à especificação da indústria brasileira, bem como, ter uma diversidade de aplicações para a matéria prima principal, visando garantir uma possível estrutura inicial rentável para que se realize tanto um processo de expansão das vendas para atender demandas de importação, bem como, aumentar seu portfólio e evoluir na captação de acordo com as demandas de mercado de agentes sanitizantes que vem crescendo, desde a pandemia global do Coronavírus em 2020.

A implantação da unidade industrial está prevista para ocorrer no distrito industrial de Joinville (SC) em função da crescente economia da região e das vantagens em relação a estrutura, vantagens geográficas (logística), baixos custos de vida e de operação e facilidade de implantação.

A unidade foi projetada para produzir 1415,85 toneladas de cloreto de benzalcônio por ano, correspondendo a um aproveitamento de 87,6% dos dias do ano para a mesma. Junto a unidade fabril, a planta possuirá setores de armazenamento e expedição, escritório, refeitório e laboratório de controle de qualidade.

Levando em consideração os custos operacionais anuais, considerando custos fixos, custos empregatícios, taxas de licença, seguros e encargos de capital, custos variáveis, referente às utilidades, matérias-primas e insumos e, levando em conta as receitas das duas vertentes da indústria, projeta-se um faturamento mensal de R\$ 164.754.487,29, sendo um lucro de R\$ 945.077,93 por mês.

Para viabilizar o projeto é necessário investimento inicial de R\$ 18.563.500,31 relativo a investimento direto, indireto, fixo, de giro, de partida, ISBL e OSBL. Assim, após 3 anos e 6 meses, obteve-se o payback do investimento realizado, período de tempo em que o projeto passa a ter saldo total positivo.

Considera-se esse um projeto de baixo risco ao analisar-se o potencial econômico e índices como VPL, TIR e Payback, onde a atuação principal se dará com capacidade intermediária da planta e do terreno industrial na comercialização de galões de 5 litros de cloreto de benzalcônio concentrado e embalagens de desinfetante de 1 litro para uso doméstico, mostrando-se esse um projeto economicamente viável.

Palavras-chave: *Cloreto de benzalcônio, desinfetante, viabilidade econômica, agente sanitizante.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Conformação da N,N-Dimetiltetradecilamina.....	18
Figura 2. Conformação da N,N-Dimetildodecilamina.....	19
Figura 3. Estrutura do EDTA.....	21
Figura 4. Reação genérica de formação do cloreto de benzalcônio.....	23
Figura 5. Destino do Cloreto de Benzalcônio mundial.....	26
Figura 6. Projeção de mercado do Cloreto de Benzalcônio por setor em Kilo Toneladas.....	27
Figura 7. Evolução do faturamento no setor de produtos de limpeza no Brasil.....	30
Figura 8. Crescimento do setor de limpeza no Brasil.....	31
Figura 9. Desempenho de desinfetantes e alvejantes no Brasil.....	32
Figura 10. Número de CNPJ's ativos de empresas de limpeza na Receita Federal brasileira.....	34
Figura 11. Número de empresas brasileiras de limpeza por porte.....	35
Figura 12. Perfil geográfico dos consumidores de produtos de limpeza em 2018.....	38
Figura 13. Desempenho geral dos produtos de limpeza pelas classes sociais brasileiras.....	39
Figura 14. Modelo Business Model Canvas.....	40
Figura 15. Modelo CANVAS da indústria projetada.....	44
Figura 16. Diagrama de Hommel para o Cloreto de Benzalcônio.....	52
Figura 17. Avaliação das cidades potenciais para a indústria.....	60
Figura 18. Localização do município de Joinville no estado de Santa Catarina.....	61
Figura 19. Localização do empreendimento na cidade de Joinville - SC.....	62
Figura 20. Descrição da Patente EP 1505058A1.....	71
Figura 21. Processo produtivo da indústria desenvolvida.....	74
Figura 22. Fluxograma do processo com correntes detalhadas.....	88
Figura 23. Malha de Controle para o reator encamisado.....	114
Figura 24. Malha de Controle para o tanque de mistura do desinfetante.....	115
Figura 25. Representação gráfica do payback.....	136
Figura 26. Diagrama do balanço de massa global do processo produtivo.....	150
Figura 27. Balanço de massa no tanque misturador de aminas terciárias.....	152
Figura 28. Balanço de massa no reator.....	153
Figura 29. Balanço de massa no misturador do desinfetante.....	156

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Propriedades físico-químicas da N-N-Dimetiltetradecilamina. ....	19
Tabela 2. Propriedades físico-químicas da N,N-Dimetildodecilamina.....	20
Tabela 3. Propriedades físico-químicas do cloreto de benzila.....	21
Tabela 4. Propriedades físico-químicas do EDTA. ....	22
Tabela 5. Propriedades das diferentes concentrações de Cloreto de Benzalcônio. ....	24
Tabela 6. Classificação do porte de empresas.....	34
Tabela 7. Pictogramas e classificação para a substância Cloreto de Benzalcônio. ....	51
Tabela 8. Frases de perigo e prevenção utilizadas. ....	52
Tabela 9. Cuidados específicos da substância em casos de incêndio. ....	54
Tabela 10. Produção de produtos de limpeza por seu respectivo tipo.....	63
Tabela 11. Relação percentual anual de diferentes produtos de limpeza.....	64
Tabela 12. Porte industrial, faturamento médio e média unitária vendida.....	65
Tabela 13. Cálculos realizados para determinação da massa de desinfetante vendida por uma empresa de grande porte. ....	66
Tabela 14. Dados de importação referentes ao cloreto de benzalcônio de 2016 a atualidade. .	66
Tabela 15. Potencial de indústrias de limpeza por porte. ....	67
Tabela 16. Dados do empreendimento desenvolvido.....	68
Tabela 17. Taxas das alíquotas. ....	70
Tabela 18. Fração mássica de saída exposta pela invenção. ....	72
Tabela 19. Formulação geral do desinfetante descrito em WO 2002 065 839-A1.....	73
Tabela 20. Preço da matéria prima da produção.....	83
Tabela 21. Preço do desinfetante a ser produzido. ....	84
Tabela 22. Quantidade de matéria prima necessária. ....	85
Tabela 23. Considerações de cálculo. ....	87
Tabela 24. Dados obtidos pelo balanço de massa global na entrada.....	87
Tabela 25. Balanço de massa para o misturador de aminas. ....	89
Tabela 26. Frações mássicas obtidas no reator batelada de Cloreto de Benzalcônio. ....	89
Tabela 27. Dados obtidos para o balanço de massa no reator de cloreto de benzalcônio. ....	90
Tabela 28. Frações mássicas obtidas no misturador de desinfetante. ....	91
Tabela 29. Dados obtidos para o balanço de massa no desinfetante.....	91
Tabela 30. Dados de dimensionamento do misturador de aminas. ....	97
Tabela 31. Dimensões do tanque do reator encamisado. ....	98
Tabela 32. Dimensões e configurações do trocador de calor. ....	99
Tabela 33. Dimensões do misturador de desinfetante.....	101
Tabela 34. Demanda de água fria.....	105
Tabela 35. Demandas de água no prédio auxiliar. ....	107
Tabela 36. Dimensionamento das bombas. ....	110
Tabela 37. Gasto com matéria-prima e reagentes. ....	117
Tabela 38. Gasto com compra de equipamentos.....	118
Tabela 39. Custo para o tratamento de efluente da empresa.....	120
Tabela 40. Gasto com a compra de vidrarias.....	120
Tabela 41. Gasto com a estrutura do laboratório. ....	121

Tabela 42. Gasto com banheiros e vestiários.....	122
Tabela 43. Gasto com a cozinha e refeitório. ....	123
Tabela 44. Gasto com recepção e escritório. ....	124
Tabela 45. Gasto com a lavanderia.....	125
Tabela 46. Gasto com tubulação. ....	125
Tabela 47. Gasto com acessórios.....	126
Tabela 48. Gasto com utilidades.....	126
Tabela 49. Gasto com licenciamento e documentação. ....	127
Tabela 50. Gasto com mão de obra. ....	128
Tabela 51. Gasto com uniforme e EPI's.....	131
Tabela 52. Gasto envolvido no investimento inicial. ....	132
Tabela 53. Custo mensal de produção por produto.....	132
Tabela 54. Preço unitário de venda calculado dos produtos. ....	133
Tabela 55. Pagamento do financiamento.....	133
Tabela 56. Fluxo de caixa da indústria.....	135
Tabela 57. Informações definidas na pesquisa de mercado para a produção de Cloreto de Benzalcônio e o desinfetante comercial. ....	149
Tabela 58. Pureza dos reagentes utilizados no processo produtivo. ....	150
Tabela 59. Composição adotada para a produção do desinfetante concentrado a base de cloreto de benzalcônio. ....	154
Tabela 60. Massa específica do Cloreto de Benzalcônio com 12 carbonos e 14 carbonos na temperatura de 25°C.....	155
Tabela 61. Frações mássicas para as correntes de saída do misturador de desinfetante. ....	156
Tabela 62. Propriedades para o cloreto de benzalcônio.....	158
Tabela 63. Dados do fluido refrigerante. ....	159
Tabela 64. Configurações do trocador de calor.....	163
Tabela 65. Dados para o cálculo da quantidade de calor necessária para o reator.....	164
Tabela 66. Dados e Volume para cada equipamento.....	165
Tabela 67. Relação do diâmetro considerado e altura calculada para cada equipamento. ....	166
Tabela 68. Diâmetro do Impelidor calculado para cada equipamento. ....	167
Tabela 69. Dados e número de Reynolds calculado para cada equipamento. ....	169
Tabela 70. Potência requerida para cada um dos sistemas. ....	169
Tabela 71. Nível de agitação de cada sistema. ....	170
Tabela 72. Dados do sistema para o cálculo da resistência.....	171
Tabela 73. Dados do fio Kanthal para o dimensionamento da camisa. ....	172
Tabela 74. Escolha da bitola para água fria do processo produtivo.....	173
Tabela 75. Escolha da bitola para água fria das utilidades do pavilhão industrial.....	174
Tabela 76. Escolha da bitola para água fria do prédio auxiliar. ....	176
Tabela 77. Relações lineares para cálculo de comprimentos equivalentes de acessórios. ....	178
Tabela 78. Perda de carga da tubulação de água fria do processo principal.....	180
Tabela 79. Perda de carga da tubulação de água fria das utilidades do pavilhão industrial. ...	181
Tabela 80. Perda de carga da tubulação de água fria do prédio auxiliar. ....	183
Tabela 81. Escolha da bitola para a tubulação de aminas. ....	184
Tabela 82. Perda de carga para a tubulação de aminas. ....	185

Tabela 83. Escolha da bitola para tubulação de cloreto de benzila. ....	186
Tabela 84. Perda de carga da tubulação de cloreto de benzila. ....	186
Tabela 85. Escolha da bitola da tubulação de Cloreto de Benzalcônio. ....	187
Tabela 86. Perda de carga da tubulação de Cloreto de Benzalcônio. ....	188
Tabela 87. Escolha da bitola da tubulação de Desinfetante concentrado. ....	189
Tabela 88. Perda de carga da tubulação de Desinfetante. ....	189
Tabela 89. Dados das tubulações. ....	191
Tabela 90. Relação dos valores de constantes com o tipo de impelidor no reator. ....	194

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	17
2.1. OBJETIVOS DO PROJETO.....	17
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	18
3.1. CARACTERIZAÇÃO DOS REAGENTES.....	18
3.1.1. Aminas Terciárias .....	18
3.1.2. Cloreto de benzila.....	20
3.1.3. EDTA (ácido etilenodiamino tetra-acético).....	21
3.2. CARACTERIZAÇÃO DA REAÇÃO .....	22
3.3. CLORETO DE BENZALCÔNIO .....	23
<b>4. ANÁLISE DE MERCADO DO CLORETO DE BENZALCÔNIO</b> .....	26
4.1. CONTEXTO DE MERCADO .....	26
4.1.1. Contexto Mundial do Cloreto de Benzalcônio.....	27
4.1.2. Contexto brasileiro do mercado de produtos de limpeza.....	29
4.1.3. Concorrência .....	32
4.1.4. Importação e exportação no Brasil.....	35
4.2. ANÁLISE DE CLIENTES.....	36
4.2.1. Perfil dos Consumidores.....	36
4.2.2. Modelo CANVAS .....	40
4.2.2.1. <i>Parcerias-Chave</i> .....	41
4.2.2.2. <i>Recursos-Chave</i> .....	41
4.2.2.3. <i>Atividades-Chave</i> .....	42
4.2.2.4. <i>Segmentos de Clientes</i> .....	42
4.2.2.5. <i>Canais</i> .....	42
4.2.2.6. <i>Relacionamento com clientes</i> .....	43
4.2.2.7. <i>Proposições de Valor</i> .....	43
4.2.2.8. <i>Fontes de receita</i> .....	43
4.2.2.9. <i>Estrutura de custos</i> .....	44
4.2.2.10. <i>Quadro CANVAS</i> .....	44
<b>5. DEFINIÇÕES DA EMPRESA</b> .....	46
5.1. EXIGÊNCIAS LEGAIS.....	46
5.1.1. Exigências legais de registro do produto.....	46

5.1.2.	Informações de segurança.....	50
5.1.3.	Prevenção e combate a incêndio .....	53
5.1.4.	Boas práticas de fabricação .....	55
5.1.5.	Uso de recursos hídricos .....	56
5.1.6.	Gerenciamento de resíduos.....	57
5.1.6.1.	<i>Política nacional de resíduos sólidos</i> .....	57
5.1.7.	Licenciamento legal .....	57
5.1.7.1.	<i>Licença Prévia</i> .....	58
5.1.7.2.	<i>Licença de Instalação</i> .....	59
5.1.7.3.	<i>Licença de Operação</i> .....	59
5.2.	LOCALIZAÇÃO.....	60
5.2.1.	Localização específica.....	61
5.3.	PRODUÇÃO DA INDÚSTRIA .....	62
5.3.1.	Enquadramento de porte do empreendimento .....	67
5.3.2.	Regime de trabalho.....	69
5.3.3.	Enquadramento de regime tributário do empreendimento.....	70
<b>6.</b>	<b>DEFINIÇÕES DO PROCESSO</b> .....	<b>71</b>
6.1.	ROTA TECNOLÓGICA.....	71
6.1.1.	Patentes utilizadas.....	71
6.1.1.1.	<i>Produção de Cloreto de Benzalcônio</i> .....	71
6.1.1.2.	<i>Produção do desinfetante concentrado a base de Cloreto de Benzalcônio</i> ...73	
6.2.	PROCESSO PRODUTIVO .....	74
6.2.1.	Produção do cloreto de benzalcônio .....	75
6.2.1.1.	<i>Recebimento da matéria prima</i> .....	75
6.2.1.2.	<i>Desmineralização de água</i> .....	75
6.2.1.3.	<i>Tanque de mistura de aminas</i> .....	76
6.2.1.4.	<i>Reator encamisado</i> .....	76
6.2.1.5.	<i>Tanque de estabilização</i> .....	77
6.2.1.6.	<i>Envase, armazenamento e distribuição</i> .....	77
6.2.2.	Produção do desinfetante concentrado.....	78
6.2.2.1.	<i>Misturador de constituintes</i> .....	78
6.2.2.2.	<i>Adequação de concentrações e estabilização</i> .....	78
6.2.2.3.	<i>Controle de qualidade</i> .....	78

6.2.2.4.	<i>Envase, armazenamento e distribuição.</i>	79
<b>7.</b>	<b>TRATAMENTO DE EFLUENTES</b>	<b>80</b>
<b>8.</b>	<b>CÁLCULO SIMPLIFICADO DA VIABILIDADE ECONÔMICA</b>	<b>82</b>
8.1.	ESTRUTURA DE CUSTOS	82
8.1.1.	Custos com matéria prima	83
8.2.	FONTES DE RECEITAS	83
8.2.1.	Cloreto de benzalcônio 50%	84
8.2.2.	Desinfetante à base de cloreto de benzalcônio	84
8.3.	Cálculo simplificado da viabilidade	85
<b>9.</b>	<b>BALANÇO DE MASSA</b>	<b>87</b>
9.1.	BALANÇO DE MASSA GLOBAL	87
9.2.	BALANÇO DE MASSA PARCIAL	88
9.2.1.	Balanço de massa no misturador de aminas	88
9.2.2.	Reator de cloreto de benzalcônio	89
9.2.3.	Balanço de massa no misturador do desinfetante	90
<b>10.</b>	<b>BALANÇO DE ENERGIA</b>	<b>93</b>
10.1.	REATOR DE CLORETO DE BENZALCÔNIO	93
10.2.	TROCADOR DE CALOR	93
<b>11.</b>	<b>PROJETO DOS EQUIPAMENTOS</b>	<b>94</b>
11.1.	TANQUES DE MATÉRIA PRIMA	94
11.1.1.	Tanque de N,N-Dimetildodecilamina	94
11.1.2.	Tanque de N,N-Dimetiltetradecilamina	94
11.1.3.	Tanque de cloreto de benzila	94
11.1.4.	Armazenamento do EDTA	95
11.2.	DESMINERALIZADOR DE ÁGUA	96
11.3.	MISTURADOR DE AMINAS	96
11.4.	REATOR ENCAMISADO	97
11.4.1.	Volume interno	97
11.4.2.	Agitação	98
11.4.3.	Camisa térmica	98
11.5.	TROCADOR DE CALOR	99
11.6.	TANQUE DE ESTABILIZAÇÃO	100
11.7.	TANQUE DE CLORETO DE BENZALCÔNIO CONCENTRADO	100

11.8.	MISTURADOR DO DESINFETANTE .....	101
11.9.	TANQUE DO DESINFETANTE .....	102
11.10.	TANQUES RESERVATÓRIOS DE ÁGUA.....	102
<b>12.</b>	<b>PROJETO DE INSTALAÇÃO INDUSTRIAL.....</b>	<b>104</b>
12.1.	PLANTA BAIXA DA INDÚSTRIA.....	104
12.2.	PROJETO DE INSTALAÇÕES DAS UTILIDADES .....	104
12.3.	INSTALAÇÕES E DIMENSIONAMENTO DAS INSTALAÇÕES.....	105
12.3.1.	Tubulação de água fria.....	105
12.3.1.1.	<i>Demanda de água fria no pavilhão industrial .....</i>	<i>105</i>
12.3.1.2.	<i>Demanda de água fria no prédio auxiliar.....</i>	<i>106</i>
12.3.2.	Tubulação de N,N-Dimetildodecilamina e N,N-Dimetiltetradecilamina.....	108
12.3.3.	Tubulação de Cloreto de Benzila.....	109
12.3.4.	Tubulação de Cloreto de Benzalcônio .....	109
12.3.5.	Tubulação de Desinfetante.....	109
12.3.6.	Dimensionamento e potências de bombas .....	110
12.3.7.	Isolamento dos equipamentos.....	112
12.3.8.	Pintura de tubulações.....	112
<b>13.</b>	<b>CONTROLE E INSTRUMENTAÇÃO.....</b>	<b>114</b>
13.1.	REATOR ENCAMISADO.....	115
13.2.	TANQUE DE MISTURA DO DESINFETANTE .....	116
13.3.	DEMAIS SISTEMAS DE CONTROLE.....	116
<b>14.</b>	<b>AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO PROJETO.....</b>	<b>117</b>
14.1.	CUSTO COM MATÉRIA-PRIMA E REAGENTES .....	117
14.1.1.	Custo com construção.....	118
14.1.2.	Custo de compra de equipamento.....	118
14.2.	CUSTO COM TRATAMENTO DE EFLUENTE.....	119
14.3.	CUSTO DE LABORATÓRIO .....	120
14.4.	CUSTO DA ÁREA ADMINISTRATIVA E SERVIÇOS.....	122
14.5.	CUSTO COM TUBULAÇÃO.....	125
14.6.	CUSTO COM ACESSÓRIOS .....	126
14.7.	CUSTO COM UTILIDADES.....	126
14.8.	CUSTO COM LICENCIAMENTO E DOCUMENTAÇÃO.....	127
14.9.	GASTO MÃO DE OBRA.....	127

14.10.	CUSTO UNIFORME.....	131
14.11.	INVESTIMENTO NECESSÁRIO .....	131
14.12.	FORMAÇÃO DO PREÇO DE VENDA.....	132
14.13.	FINANCIAMENTO.....	133
14.14.	FLUXO DE CAIXA.....	134
14.15.	PAYBACK.....	136
14.16.	TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE (TMA).....	137
14.17.	TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR).....	137
14.18.	VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL) .....	137
<b>15.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>138</b>
<b>16.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>140</b>
<b>17.</b>	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>149</b>
	APÊNDICE A – BALANÇO DE MASSA.....	149
	APÊNDICE B – BALANÇO DE ENERGIA .....	157
	APÊNDICE C – DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS .....	165
	APÊNDICE D – DIMENSIONAMENTO DAS TUBULAÇÕES DO PROCESSO .....	172
	APÊNDICE E – DIMENSIONAMENTO DAS BOMBAS DO PROCESSO .....	190
	APÊNDICE F – DIMENSIONAMENTO DO ISOLAMENTO NO REATOR DE CLORETO DE BENZALCÔNIO.....	193
	APÊNDICE G – PLANTA BAIXA DA INDÚSTRIA .....	196
<b>18.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>197</b>
	ANEXO A – VELOCIDADES RECOMENDADAS DE ESCOAMENTO .....	197
	ANEXO B – ESCOLHA DAS BITOLAS.....	198
	ANEXO C – EQUIPAMENTOS.....	199
	ANEXO D – DIMENSÕES DO TROCADOR DE CALOR .....	204
	ANEXO E – COEFICIENTES PARA O CÁLCULO DO BALANÇO DE ENERGIA .....	205
	ANEXO F – REFERÊNCIA INCROPERA.....	206

## 1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da evolução, o ser humano adquire novos desafios com a vivência em sociedade como o combate a criminalidade, desigualdade social, entre outras situações desfavoráveis. Porém, um dos desafios mais complexos a serem vencidos é a contaminação do ser humano por microrganismos patogênicos que causam doenças e são facilmente transmissíveis. Isso é comprovado, principalmente, pela pandemia do coronavírus, que começou no ano de 2020 e, de acordo com a OMS (Organização mundial da Saúde), já atingiu mais de 103 milhões de pessoas no mundo todo, até a data de publicação deste trabalho.

Com esses desafios a serem enfrentados, surge no mundo uma constante e crescente demanda de substâncias sanitizantes de superfícies materiais e humanas, como é o caso do álcool, que na sua forma de gel, teve uma alta de 67% no seu consumo, somente no Brasil, enquanto seu consumo cresceu cerca de 10 vezes em escala mundial, fazendo com que seus preços também cresçam, naturalmente e proporcionalmente. Isso comprova uma oportunidade de mercado para a indústria produtora desse tipo de substância, pois há uma expansão acontecendo no mercado, necessitando de oferta com uma boa alternativa de preço, além de se demandar substâncias alternativas que tenham maior eficácia sanitizante e que não façam mal à superfície da pele do ser humano.

Uma das substâncias que possui enorme potencial por possuir características semelhantes e que garante propriedades sanitizantes tão efetivas quanto o próprio álcool é o Cloreto de Benzalcônio. O Cloreto de Benzalcônio pertence ao grupo de compostos de quaternário de amônio e também é conhecido como cloreto de alquil dimetil benzil amônio. É uma substância que se apresenta como um pó branco ou líquido com uma viscosidade quase como de uma massa gelatinosa, de odor aromático, sabor amargo, muito solúvel em água. No caso da pandemia do coronavírus, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA, através da Nota Técnica N°22 de 2020 estabeleceu que, para a desinfecção de ambientes externos, essa substância pode ser utilizada, o que comprova e garante aumento significativo do seu consumo.

Esse amônio quaternário foi sintetizado pela primeira vez em 1935 pelo químico alemão e ganhador do prêmio Nobel, Gerhard Domagk, que reportou uma ação inibitória em uma grande gama de bactérias e leveduras, sendo comercializado na época da Segunda Guerra Mundial, com o nome de Zephiran Chloride ®. Além disso, é uma substância utilizada em uma grande variedade de aplicações, domésticas, agrícolas, industriais e clínicas, onde as suas propriedades sanitizantes a garantem como um bom aliado no combate de microrganismos patogênicos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVOS DO PROJETO**

Este projeto visa elaborar a planta de uma indústria de produção de Cloreto de Benzalcônio concentrado, um surfactante amônio quaternário, além da produção de um desinfetante com base nesse composto. A rota tecnológica foi desenvolvida a partir de estudos apresentados pelas patentes EP1505058-A1 e WO2002065839-A1, as quais forneceram informações cruciais sobre as composições de cada produto, além da obtenção de um produto com elevado nível de pureza. Além disso, espera-se que o projeto traga melhorias, tanto econômicas quanto sociais, na cidade de Joinville, local escolhido para situar a empresa, gerando na ordem de 85 empregos diretos.

A planta possui capacidade de produção de 520,833 kg de Cloreto de Benzalcônio 50%, sendo 147,926 kg/batelada utilizados para a produção de um desinfetante concentrado à base desse amônio quaternário e 372,907 kg/batelada de Cloreto destinados à venda direta. Cada batelada tem duração de 3 horas. Esse surfactante apresenta pureza mássica de 97,23%, podendo ser utilizado para constituição de outros produtos de limpeza e assepsia.

Ao longo do trabalho, fez-se uso dos conhecimentos adquiridos na graduação de Engenharia Química em diversos âmbitos. Destacam-se, principalmente, os cálculos e dimensionamento de equipamentos, bem como balanço de massa e energia, o uso de ferramentas de análise mercadológica e econômica, além do projeto de instalações industriais, com a construção da planta do presente projeto e o dimensionamento das tubulações necessárias.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, analisou-se o contexto da substância alvo (Cloreto de Benzalcônio) do projeto, bem como, o processo produtivo principal para se obter a mesma e o processo complementar para chegar a um desinfetante concentrado a base de Cloreto de Benzalcônio. A seguir, são apresentadas as características físico-químicas do Cloreto de Benzalcônio, junto de uma descrição detalhada das etapas do processo de manufatura e mistura de reagentes, que balizaram o modelo de negócios a ser implementado e as peculiaridades para o dimensionamento da indústria.

#### 3.1. CARACTERIZAÇÃO DOS REAGENTES

Para produção tanto do cloreto de benzalcônio quanto para o desinfetante concentrado, utilizou-se como base as formulações presentes nas patentes EP 1505058-A1 e WO 2002065839-A1, respectivamente. Considerando as mesmas, descreve-se a seguir os reagentes utilizados nessas formulações.

##### 3.1.1. Aminas Terciárias

Para a produção do cloreto de benzalcônio se utilizou como reagente uma mistura entre duas espécies de aminas terciárias: N,N-Dimetiltetradecilamina e N,N-Dimetildodecilamina, que são vistas nas Figuras 1 e 2.

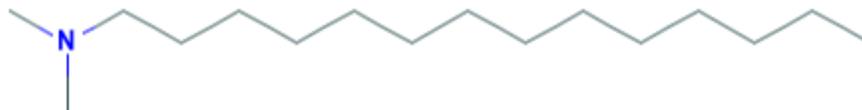


Figura 1. Conformação da N,N-Dimetiltetradecilamina

Fonte: Pubchem (2020).

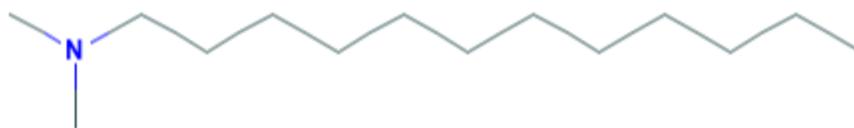


Figura 2. Conformação da N,N-Dimetildodecilamina.

Fonte: Pubchem (2020).

Segundo a empresa Sigma-Aldrich (2020), a N,N-Dimetiltetradecilamina (também encontrada na forma de óxido, conhecido como “Myristamine oxide”) é uma amina terciária com cadeia carbônica principal com 14 carbonos e dois grupos metil, ligados ao nitrogênio central, característico do agrupamento amina. Seu uso está ligado, principalmente como uma substância estabilizadora de espuma em produtos com objetivo de limpeza como condicionadores e shampoos em sua forma de óxido. Porém, sua característica principal é sua propriedade antimicrobiana contra bactérias ligeiramente comuns, como *S. aureus* e *E. coli*.

Na Tabela 1, pode-se observar as principais características físico-químicas da N,N-Dimetiltetradecilamina, segundo Pubchem (2020).

Tabela 1. Propriedades físico-químicas da N-N-Dimetiltetradecilamina.

Propriedade	Valor da propriedade
Massa específica	795 Kg/m <sup>3</sup>
Peso molecular	241,46 g/mol
Ponto de fusão	-3 °C
Ponto de inflamação	131 °C
pKa	9.78±0.28

Fonte: Pubchem (2020).

Segundo a empresa Sigma-Aldrich (2020) a N,N-Dimetildodecilamina (também encontrada na forma de óxido, como “Lauryldimethylamine oxide (LDAO)”) é uma amina terciária com cadeia carbônica principal 12 carbonos e dois grupos metil, ligados ao nitrogênio central. É uma substância geralmente utilizada como surfactante na sua forma

de óxido, sendo um bom agente antimicrobiano. Além disso, é uma substância que não se desnatura, sendo assim, utilizada para a solubilização de proteínas.

Em altas concentrações, a N,N-Dimetildodecilamina na sua conformação de óxido forma uma fase cristalina, devido a conformação curvada da sua cadeia carbônica, como na Figura 3. Além disso, é uma substância muito hidrofílica, o que pode ser explicado pelo fato de que esse composto forma ligações de hidrogênio com água.

Na Tabela 2, pode-se observar as principais características físico-químicas da N,N-Dimetildodecilamina.

Tabela 2. Propriedades físico-químicas da N,N-Dimetildodecilamina.

<b>Propriedade</b>	<b>Valor da propriedade</b>
Massa específica	787 Kg/m <sup>3</sup>
Peso molecular	213,4 g/mol
Ponto de fusão	-20 °C
Ponto de inflamação	110 °C
pKa	9.78±0.28

Fonte: Pubchem (2020).

### 3.1.2. Cloreto de benzila

Segundo o IFA (*Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance*), o cloreto de benzila é um composto orgânico, em forma de líquido incolor. Além disso, é um composto organoclorado reativo que é uma substância largamente usada como um "bloco de construção" em síntese orgânica, ou seja, é a base para diversas substâncias orgânicas que necessitam de um grupo benzil na sua conformação, como é o cloreto de benzalcônio.

Na Tabela 3, pode-se observar as principais características físico-químicas do cloreto de benzila.

Tabela 3. Propriedades físico-químicas do cloreto de benzila.

Propriedade	Valor da propriedade
Massa específica	1100 Kg/m <sup>3</sup>
Peso molecular	126,58 g/mol
Ponto de fusão	-41,2 °C
Ponto de inflamação	74 °C

Fonte: Pubchem (2020).

### 3.1.3. EDTA (ácido etilenodiamino tetra-acético)

EDTA ou ácido etilenodiamino tetra-acético é um composto orgânico que age principalmente como agente quelante, formando complexos muito estáveis com diversos íons metálicos. É um ácido que atua como ligante hexadentado, ou seja, pode complexar o íon metálico através de seis posições de coordenação, como na estrutura vista na Figura 3.

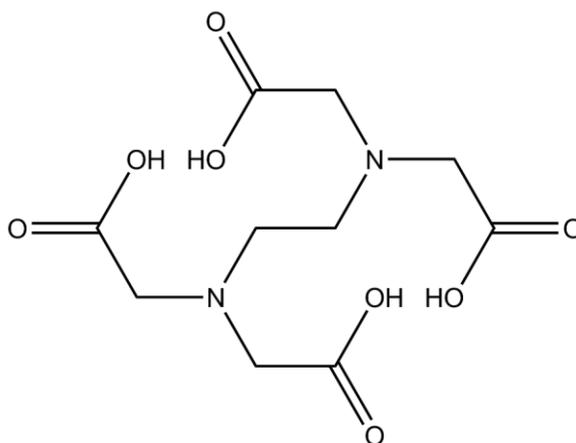


Figura 3. Estrutura do EDTA.

Fonte: PhytoTechnology Laboratories (2020).

O EDTA é um composto com muitos usos. Segundo o departamento de química da Purdue University e o colégio de ciência da University of Canterbury, essa substância é utilizada em grande escala como descolorante para cabelos, na fabricação de desodorantes e de pães e derivados na indústria alimentícia. Também é usado durante

tratamento endodôntico por ter uma função quelante e retirar íons cálcio. Essa afinidade com o cálcio, faz com que seja também utilizado como anticoagulante e para análise de dureza da água, bem como, na agricultura como estabilizante de micronutrientes e em Microscopia Eletrônica para contrastar o DNA e descontrastar o RNA.

Na Tabela 4 observa-se as principais características físico-químicas do EDTA.

Tabela 4. Propriedades físico-químicas do EDTA.

<b>Propriedade</b>	<b>Valor da propriedade</b>
Massa específica	860 Kg/m <sup>3</sup>
Peso molecular	292,2 g/mol
Ponto de fusão	252 °C

Fonte: Pubchem (2020).

### 3.2. CARACTERIZAÇÃO DA REAÇÃO

Considerando o processo descrito na patente EP 1505058-A1, para a produção do cloreto de benzalcônio em um reator encamisado, levou-se em conta a reação entre o cloreto de benzila e uma mistura (nesse estudo definido numa proporção como 50%/50% em massa) das aminas terciárias, pois considera-se essa mistura uma solução mais acessível economicamente e capaz de manter as propriedades desinfetantes do produto final. Além disso, essa mistura pode ocorrer devido ao fato de que as reatividades das duas aminas são similares.

Segundo a patente, para se formar o cloreto de benzalcônio desejado deve-se ter uma cadeia carbônica de, no mínimo, 8 carbonos e no máximo 25 carbonos, assim não apresentará diferença em propriedades microbianas pela quantidade de carbonos em sua cadeia carbônica principal. Ademais, a patente também faz uso de cloreto de benzila com alto grau de pureza, a fim de obter um cloreto de benzalcônio com elevada pureza e evitar reações periféricas (sub-reações).

A reação que ocorre entre a amina e o cloreto de benzila depende do par de elétrons livres da amina terciária, e esta reatividade pode mudar dependendo do

tamanho da cadeia. Esse efeito é denominado estabilização de carga por efeito de hiperconjugação, ou seja, quanto maior for a cadeia carbônica presente no reagente (neste caso a amina) mais a molécula estará estabilizada por este excesso de elétrons, fazendo naturalmente com que a amina seja menos reativa. Logo, devido as aminas possuírem um número similar de carbonos (12 e 14), tem-se uma reatividade similar. Ressalta-se que, se o número de carbonos for maior que 14 nessas cadeias carbônicas, o produto final pode ter uma toxicidade maior, devido a reações paralelas que formam cloretos de amônia.

Além disso, deve-se atentar ao efeito estérico da reação, devido as aminas utilizadas possuírem um tamanho grande de cadeia, podendo interagir entre si, se "enrolando", numa linguagem mais prática, atrapalhando o ataque do par de elétrons do nitrogênio no cloreto de benzila. Isso pode ser medido ao se analisar o rendimento da reação de forma experimental.

A reação genérica para formação do cloreto de benzalcônio pode ser observada na figura 4.

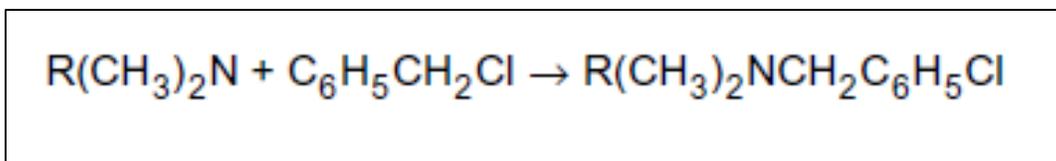


Figura 4. Reação genérica de formação do cloreto de benzalcônio.

Fonte: EP 1 505 058 A1 (2005).

### 3.3. CLORETO DE BENZALCÔNIO

Segundo Chemax (2019), o Cloreto de Benzalcônio é um sal, do grupo "amônio quaternário". É facilmente solúvel em água, álcool e acetona. Ele é utilizado, geralmente, como antisséptico, espermicida, descongestionante nasal e, historicamente, seu maior uso é como bactericida, como no caso dos antissépticos para pele, mucosa, feridas e no uso de desinfetantes com função sanitizante em escalas industriais e domésticas.

Seu uso varia desde desinfecção de pele e limpeza de membranas mucosas até como matéria prima para produtos que visam esterilização de instrumentos e cultivo de frutas. Isso é possível porque esse composto tem poderes esterilizantes e conservantes. Além disso, é aprovado para o uso em indústrias alimentícias em concentrações específicas.

O Cloreto de Benzalcônio é comercializado em, basicamente, duas concentrações: 50% - para utilidades de alto nível de sanitização como no caso da indústria alimentícia e 80% - para consumo em medicamentos e sanitização humana em produtos de higiene (pele, mucosa e feridas) e produtos que demandam um grau extremamente alto de limpeza. Essa substância oferece a vantagem em destruir a superfície de patógenos, formando ligações eletrostáticas com carga negativa de íons, graças à presença de um grupo catiônico hidrofílico.

As características dessas duas concentrações podem ser observadas na Tabela 5.

Tabela 5. Propriedades das diferentes concentrações de Cloreto de Benzalcônio.

<b>Propriedade</b>	<b>Cloreto de Benzalcônio 50%</b>	<b>Cloreto de Benzalcônio 80%</b>
<b>Aspecto a 25°C</b>	Líquido incolor e amarelado	Líquido incolor e amarelado
<b>Aparência</b>	Translúcida	Translúcida
<b>Odor</b>	Característico	Característico
<b>Peso molecular (g/mol)</b>	358	358
<b>Biodegradabilidade</b>	-	Acima de 78% em 28 dias
<b>Massa específica (g/cm<sup>3</sup>)</b>	0,9-1,00	0,9-1,00
<b>pH (10% em solução aquosa a 25°C)</b>	5,00 a 8,00	5,00 a 8,50

<b>Amina Livre (em percentagem)</b>	Max: 2,00	Max: 2,00
<b>Matéria ativa (em porcentagem)</b>	49,00 - 52,00	Min: 78,00
<b>Incompatibilidade</b>	Tensoativos aniônicos	Tensoativos aniônicos

Fonte: (Chemax, acesso em 27/04/2020).

## 4. ANÁLISE DE MERCADO DO CLORETO DE BENZALCÔNIO

Neste capítulo analisou-se o contexto da produção de Cloreto de Benzalcônio, princípio ativo com ação bactericida empregado em formulações de produtos de limpeza. A seguir são apresentados dados relacionados ao mercado consumidor desse produto, informação necessária para definir a capacidade de produção da unidade industrial que será projetada, bem como, definir o modelo de negócios a ser empregado no empreendimento.

### 4.1. CONTEXTO DE MERCADO

Em pesquisa de mercado realizada pela *Global Market Insight's* em 2018, foi possível destacar os principais segmentos, aplicações, indústrias-destino e países produtores do cloreto de benzalcônio no mundo, conforme mostra a Figura 5. Essas aplicações comprovam que a substância possui um amplo espectro e ampla usabilidade, pois está presente em grandes setores que proporcionam muitos avanços da humanidade como a indústria cosmética e farmacêutica que impactam diretamente na qualidade e expectativa de vida das pessoas e em setores e indústrias fundamentais na vida moderna como alimentos, polímeros e em controle de pragas.

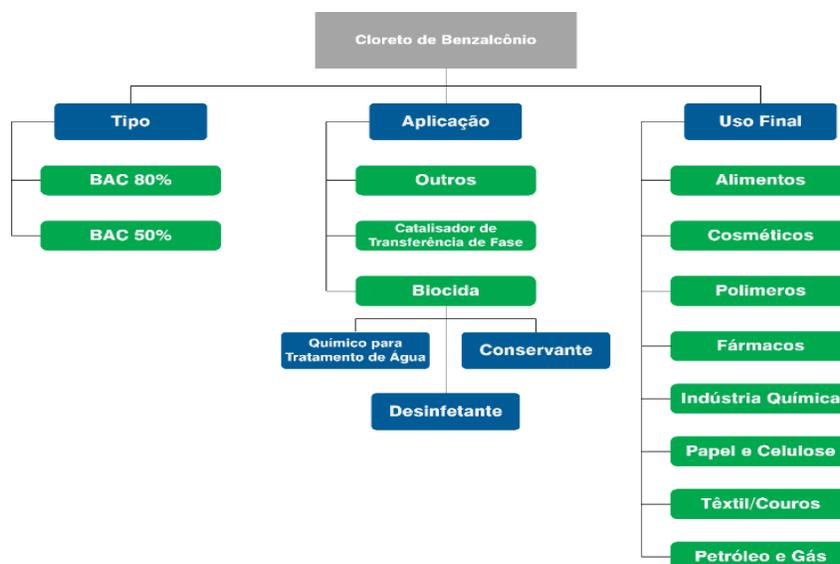


Figura 5. Destino do Cloreto de Benzalcônio mundial.

Fonte: Global Market Insight's (2018).

Nessa mesma pesquisa, foi apontado que o Cloreto de Benzalcônio tem como principais destinos a indústria química (cerca de 80 milhões de toneladas anuais, incluindo a indústria de produtos de limpeza), indústria farmacêutica (cerca de 45 milhões de toneladas anuais) e indústria de cosméticos (cerca de 40 milhões de toneladas anuais), comprovando o poder de investimento presente na substância, como comprovado pela Figura 6, que justifica a prerrogativa de que a substância tem, mesmo que de forma subjetiva, um grande impacto no dia a dia da humanidade.

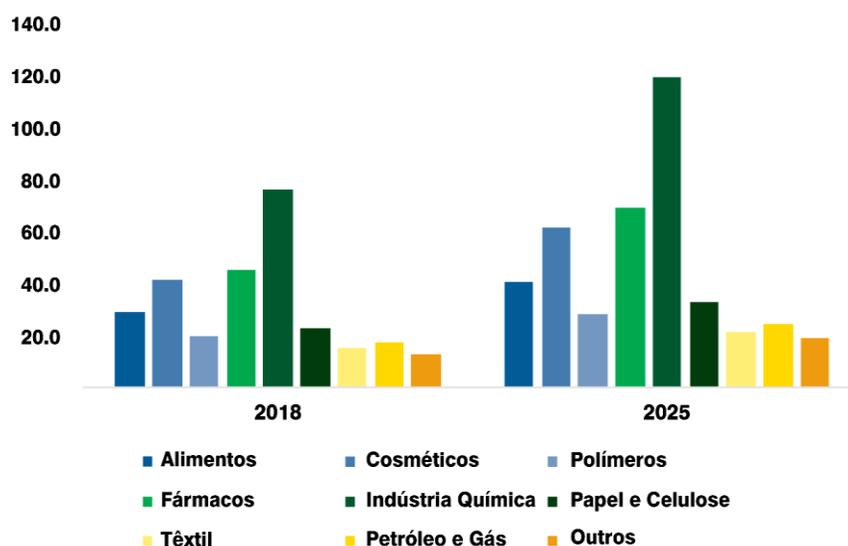


Figura 6. Projeção de mercado do Cloreto de Benzalcônio por setor em Kilo Toneladas.

Fonte: Global Market Insight's (2018).

#### 4.1.1. Contexto Mundial do Cloreto de Benzalcônio

Segundo a *Global Market Insight's* (2018), somente o mercado do Cloreto de Benzalcônio no mundo superou os 609 milhões de dólares em faturamento em 2018. A indústria produtora dessa substância espera aumentar o crescimento do seu consumo da substância em mais de 8,7% ao ano até 2025.

Isso se deve principalmente ao amplo crescimento de outras indústrias, que são público alvo desse mercado, principalmente por buscarem cada vez mais substâncias antissépticas que não afetem negativamente a saúde humana, onde o Cloreto de Benzalcônio possui ampla eficiência em controle de patógenos e não agride a pele,

mucosa e demais partes do corpo humano em concentrações variadas, sendo uma substância viável e eficiente. Essa demanda pode ser comprovada pois, o mercado global de substâncias antissépticas foi orçado, em 2018, em cerca de 220 bilhões de dólares, o que indica grande potencial econômico em modelos de negócios com *corebusiness* voltados a esse viés, como no empreendimento descrito neste estudo.

Esse papel de controle de patógenos do Cloreto de Benzalcônio é crucial em produtos cosméticos e em produtos de limpeza em geral. Somado a isso, em indústrias como microeletrônicas, de petróleo e gás e de mineração essa substância tem esse papel no desenvolvimento de processos viáveis de tratamento de água, o que também faz com que a demanda se eleve.

Ainda, o constante crescimento populacional e o avanço de doenças transmitidas por vírus nos últimos anos, como visto na pandemia de 2020 do coronavírus, faz com que se aumente a procura de substâncias de limpeza que controlam a proliferação dos agentes de transmissão, como em superfícies de móveis e objetos pessoais, locais de amplo fluxo de pessoas e até a superfície da pele humana, consolidando um crescimento ainda mais rápido da demanda desse tipo de substância.

Porém, conforme Rinen (2019), a exposição a Cloreto de Benzalcônio pode ter efeitos colaterais como irritação da pele, coriza e dermatites, se aplicados em grande concentração ou quantidade. Isto causa um impedimento na aplicação em maior concentração da substância, o que limita, em certo ponto, um maior crescimento a curto prazo do mercado, porém, mostra-se um agente extremamente eficiente quando dosado de forma controlada.

O Cloreto de Benzalcônio, vendido como matéria prima, é comercializado, na sua maioria, em concentrações de 50% e 80%. O mercado para o Cloreto de Benzalcônio 50% irá crescer aproximadamente 5% até 2025, enquanto o mercado para o Cloreto de Benzalcônio 80% corresponde a 450 milhões de dólares do mercado global (cerca de 609 milhões de dólares no total) em 2018, segundo a *Global Market Insight's* (2018).

Em 2018, a maior parte do crescimento do mercado foi observada para fim de aplicações em desinfetantes com destino para vermicida, uso doméstico, hospitalar,

industrial, e usos do gênero, registrando um crescimento de 6% ao ano na sua demanda. Essa propriedade de sanitização possui alta demanda, principalmente no processamento de comida, seja na indústria ou em restaurantes, que é uma indústria que possui demanda constante no mundo afora por ser uma necessidade primária da população. Essa demanda, somente na indústria alimentícia, irá ultrapassar os 100 milhões de dólares até 2025, principalmente em sanitizadores para comida e estoque, segundo a *Global Market Insight's*.

Segundo a pesquisa, a demanda norte-americana deverá superar os 270 milhões até 2025, na Europa, já superou os 125 milhões em 2018, enquanto na Ásia (principalmente Índia, Japão e China) o mercado tende a crescer em 6% até 2025, devido a amplos motivos, mas primordialmente, às demandas nas indústrias de papel, farmacêutica e de pesticidas.

#### 4.1.2. Contexto brasileiro do mercado de produtos de limpeza

No Brasil, o setor de limpeza possui organizações ativas como a ABIPLA – Associação Brasileira das Indústrias de Produtos de Higiene, Limpeza e Saneantes de Uso Doméstico e de Uso Profissional – e o SIPLA – Sindicato das Indústrias Produtos de Limpeza – que possuem o propósito de representar o setor perante agentes públicos, promovendo discussões sobre pautas como competitividade, inovação, saúde pública e consumo sustentável. Essas entidades são referência nacional em assuntos regulatórios e tributários, combate à contrafação (clandestinidade) e adequação às normas de proteção ao meio ambiente.

O setor de limpeza se divide em 3 grandes áreas de atuação: sabões e detergentes sintéticos, desinfetantes domissanitários e produtos de limpeza e polimento. O Cloreto de Benzalcônio, atuando como desinfetante, é uma substância que está inclusa no setor de desinfetantes domissanitários, que podem ser utilizados tanto em uso doméstico quanto profissional, dependendo da concentração de seus agentes sanitizantes.

O setor está inserido atualmente em um contexto de amplo crescimento no Brasil e no mundo, principalmente a partir de 2020, devido à crise do coronavírus, crescendo cerca de 58% no primeiro semestre do respectivo ano, segundo o SEBRAE (2020).

Pode-se observar que o crescimento no setor de limpeza no Brasil é consistente, como pode ser observado, por valores coletados do Wordpanel, ABIPLA, Nielsen e Kantar pelo Valor Econômico (2012) na Figura 7, que mostra um crescimento no faturamento do setor em cerca de 11% ao ano entre os anos de 2008 e 2012.



Figura 7. Evolução do faturamento no setor de produtos de limpeza no Brasil.  
Fonte: (Valor Econômico, acesso em 17/04/2020).

Analisando o desempenho do setor de limpeza no Brasil, a partir de 2014, tomando como base a pesquisa da ABIPLA (2019), podemos observar que o setor manteve o histórico de crescimento visto até 2012, tendo um decréscimo apenas em 2016, como observado na Figura 8.

O decaimento em 2016 pode estar relacionado a acontecimentos importantes no contexto econômico brasileiro como o Impeachment e esquemas de corrupção da empresa JBS, da Construtora Odebrecht e na estatal Petrobras, os quais contribuíram para um aumento nas taxas de inflação acumuladas até então – cerca de 6,29%, segundo IPCA (2017). Isso impactou diretamente a geração de empregos e renda no país, diminuindo drasticamente o poder econômico da população e, naturalmente, o

poder aquisitivo da população, principalmente por seus principais consumidores estarem presentes na classe C. Isso mostra que o ano teve um comportamento com bastante disparidade dos demais, justificando o decréscimo no setor.

## Desempenho do setor de limpeza

desempenho das indústrias de todos os CNAEs do setor  
(2052, 2061 e 2062)

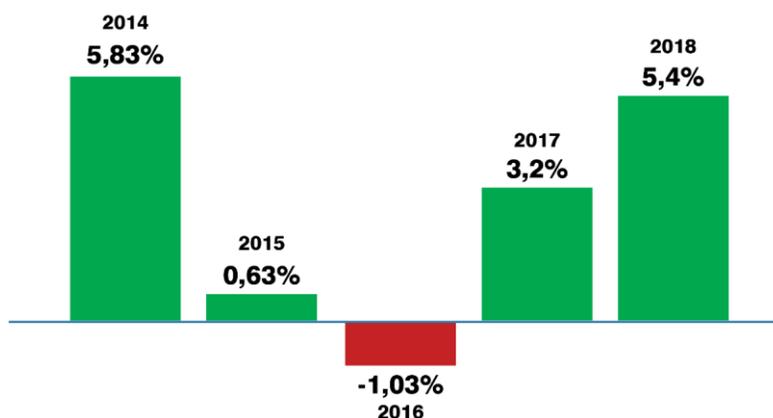


Figura 8. Crescimento do setor de limpeza no Brasil.

Fonte: ABIPLA (2019).

Segundo a ABIPLA, a indústria de produtos de limpeza homecare (doméstica) mundial representa um faturamento de cerca de 155,9 bilhões de dólares, sendo uma das indústrias mais constantes em crescimento. O faturamento brasileiro representa cerca de 3,8% desse faturamento mundial (cerca de 5,9 bilhões de dólares), mostrando que há amplo espaço para o país elevar sua representatividade no setor.

Com a retomada do crescimento em 2017, pode-se observar que o setor ainda irá garantir um amplo crescimento, que já registra crescimento de 58% no mercado brasileiro no primeiro semestre de 2020 segundo o SEBRAE (2020). Esse crescimento tende a ser exponencial, devido à neste ano o mundo ter enfrentado a pandemia do coronavírus, fazendo com que a demanda por produtos antissépticos como alvejantes e desinfetantes tenha um salto no consumo. Porém, à medida que os processos de desenvolvimento de curas, vacinas e controles para a pandemia sejam melhorados, deve-se observar uma maior estabilização no crescimento do setor, como já se observa no crescimento na categoria de desinfetantes domissanitários (categoria segmentada em

desinfetantes, água sanitária e alvejantes) de 2014 até 2018 (cerca de 29,35%) pela Figura 9.



Figura 9. Desempenho de desinfetantes e alvejantes no Brasil.

Fonte: ABIPLA (2019).

#### 4.1.3. Concorrência

Segundo a pesquisa de mercado da Global Market Insight's de 2018, o mercado manufatureiro de Cloreto de Benzalcônio tem seu *market share* controlado em quase 100% a âmbito mundial por 5 empresas que estão em constante aquisição de indústrias menores que trabalham com a substância para aumentar seu espectro de atuação e melhorar seu produto e capacidade produtiva. Segundo a pesquisa, essas empresas vêm essa estratégia como a forma mais assertiva de conseguirem ter maior vantagem competitiva e consolidarem um maior crescimento no mercado de cloreto de benzalcônio.

- **FeF Chemicals (Novo Nordisk):** empresa dinamarquesa e principal fornecedora mundial de produtos como insulina recombinante para meios de crescimento celular e compostos de amônio quaternário para uso no setor farmacêutico e de healthcare.

- **Dishman India:** é uma multinacional especializada em manufatura farmacêutica. Possui mais de 1000 empregados e tem um faturamento anual de US\$ 200,00 anual. Sua matriz é localizada em Ahmedabad, na Índia e está presente com seu capital na Bolsa de Bombay (BSE).

- **Merck Millipore:** é uma marca utilizada pela área global de ciência do grupo Merck. Isso ocorreu quando a Merck comprou a Millipore Corporation em 2010, que era uma fornecedora de matéria prima para a indústria farmacêutica.

- **Manus Aktteva Biopharma:** com base na Índia, a Manus Aktteva Biopharma LLP atende clientes privados, institucionais e corporativos na área de produtos farmacêuticos e nutracêuticos em mais de 50 países.

- **Jinshan Jingwei Chemical:** a Shanghai Jinshan Jingwei Chemical Co.,Ltd. é uma empresa chinesa que fabrica produtos químicos finos para as mais diversas finalidades, como triacetato de glicerol, ftalato de dimetil, ftalato de dietil, surfactante catiônico e anfotérico, alquil dimetil amina, agente de branqueamento óptico.

Analisando o contexto brasileiro, mais especificamente na indústria de produtos de limpeza, observa-se um número expressivo, porém, com valores que representam uma boa oportunidade de exploração do mercado. Segundo a ABIPLA (2019), o número de CNPJ's ativos no ramo de produtos de limpeza no Brasil não passa de 2500 empresas. Essas empresas são distribuídas nas 3 categorias de produtos de limpeza, como mostra a Figura 10.

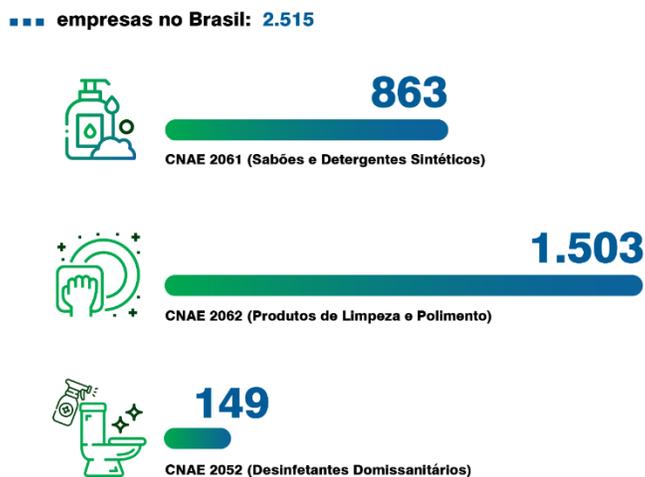


Figura 10. Número de CNPJ's ativos de empresas de limpeza na Receita Federal brasileira.

Fonte: ABIPLA (2019).

Essas empresas estão divididas em 4 grupos de acordo com o seu porte, considerado pelo IBGE (2020) pelo número de funcionários regulares na empresa de acordo com a categorias presentes na Tabela 6.

Tabela 6. Classificação do porte de empresas.

<b>Classificação</b>	<b>Setor Secundário</b>	<b>Setor terciário</b>
Micro empresa	Até 19 funcionários	Até 9 funcionários
Pequena empresa	De 20 a 99 funcionários	De 10 a 49 funcionários
Média empresa	De 100 a 499 funcionários	De 50 a 99 funcionários
Grande empresa	Mais de 500 funcionários	Mais de 100 funcionários

Fonte: (IBGE, acesso em 18/06/2020)

Segundo a Figura 11, com dados levantados pela ABIPLA (2019), observa-se uma maior concentração no número de microempresas no setor de limpeza, enquanto no ramo de médias e grandes empresas (ramo industrial) ainda há uma baixa concentração de empresas do setor, gerando, em 2018, 49.419 empregos regulares.

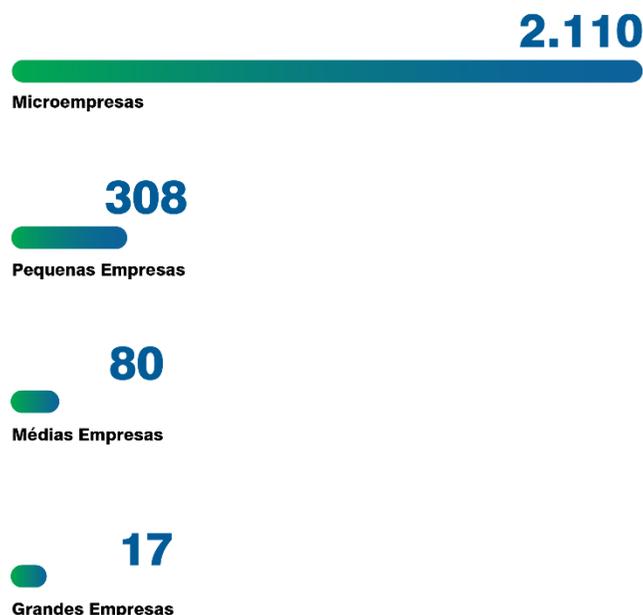


Figura 11. Número de empresas brasileiras de limpeza por porte.  
Fonte: ABIPLA (2019).

Para o estudo realizado essas empresas se apresentam de duas formas: como concorrentes no viés de oferta de produtos desinfetantes domésticos para o mercado e como possíveis clientes para consumo do Cloreto de Benzalcônio produzido com concentração de 50%.

Isso mostra amplo potencial para o empreendimento, visto que, pode-se administrar um maior controle do processo como concorrente e fornecedores, adotando-se uma estratégia de bom relacionamento com o mercado e participando de dois pontos da cadeia de produção do setor de limpeza: como fornecedor de matéria prima para empresas e como fornecedor de produto para consumidores.

#### 4.1.4. Importação e exportação no Brasil

O mercado brasileiro se mostra bastante presente no ramo de importação e exportação, sendo um agente econômico mundial bastante ativo.

Segundo a ABIPLA (2018), o país ainda consome produtos de limpeza em maior quantidade do que oferece para outros países. Isso é comprovado ao se observar o volume (em toneladas) desse balanço: o Brasil, em 2018, exportou cerca de 58,543 mil

toneladas de produtos de limpeza (representando cerca de 77,02 mil dólares em questões monetárias) principalmente para Paraguai, Argentina, Uruguai, Bélgica e Alemanha em respectiva ordem de representação, enquanto importou cerca de 2.667.814 toneladas de produtos de limpeza (representando cerca de 778,872 mil dólares em questões monetárias), principalmente de EUA, Espanha, Polônia, China e Tunísia.

Isso mostra que a exportação do setor no país ainda é subdesenvolvida e está concentrada na América do Sul, principalmente. Além disso, ainda há espaço para um investimento que consiga equilibrar o balanço e impactar positivamente a economia brasileira, através da venda de produtos competitivos no mercado europeu (onde o Brasil já está parcialmente inserido) e norte-americano, principais economias consumidoras de produtos de limpeza. Assim é possível construir uma boa oportunidade de mercado para ser explorada no futuro, após consolidar a fidelização de clientes e um produto de qualidade, para otimizar ainda mais o lucro da empresa.

## 4.2. ANÁLISE DE CLIENTES

A análise de clientes é vital para o crescimento de qualquer negócio. Ela deve ser baseada em dados, que são cruciais para esse processo.

Essa etapa visou caracterizar o mercado consumidor de desinfetantes no Brasil e no mundo, com o objetivo de trazer conclusões que direcionaram uma boa construção do público-alvo, modelo de negócios e escala adotadas neste estudo com profundidade e assertividade.

### 4.2.1. Perfil dos Consumidores

O mercado consumidor de produtos desinfetantes tem um amplo espectro de consumidores, principalmente no Brasil. O Cloreto de Benzalcônio tem sua aplicação extremamente ligada à produção de substâncias de limpeza, logo, buscou-se analisar,

como acontece o consumo desses produtos no país e quais as características presentes no seu público.

Segundo a ABIPLA (2019), como visto na Figura 12, o consumo de produtos desinfetantes se concentra principalmente em públicos da classe C (renda de até R\$ 8.640,00 por família, segundo FGV (2019)), que representa quase 50% (48%) do público que mais consome esse tipo de produto, sendo a maioria absoluta dos consumidores dessa linha de produtos. Se analisarmos o consumo nas classes AB (renda a partir de R\$ 8.641,00 por família, segundo FGV (2019)) temos um consumo alto, porém reduzido em relação à classe C, de 32%, enquanto nas classes CD (renda de até R\$ 2.004,00 por família, segundo FGV (2019)) fica em torno de 20% do consumo.

Isso comprova que o poder aquisitivo da população possui alta influência na sua forma de consumir produtos de limpeza, pois a classe que possui menos poder de compra é a que menos os consome. Além disso, percebeu-se que a classe C, mesmo possuindo menor renda que AB, possui maior demanda por produtos de limpeza pois, levando em conta a proporção da população brasileira, tem-se mais pessoas residentes na classe C brasileira (49% da população brasileira é de classe C, segundo a ABIPLA (2019)).

Além disso, ao observar-se a distribuição da população consumidora de produtos de limpeza pelo Brasil, percebeu-se que o público consumidor desse tipo de produtos se concentra, principalmente, nas regiões sul e sudeste do Brasil, que concentra, segundo IBGE (2019), 56,36% da população total brasileira.

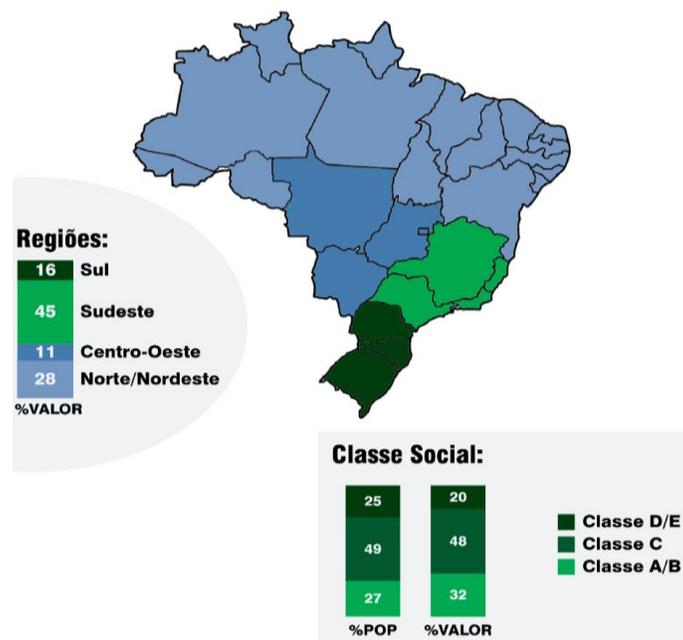


Figura 12. Perfil geográfico dos consumidores de produtos de limpeza em 2018.  
Fonte: ABIPLA (2019).

Portanto, pode-se concluir que os públicos predominantes em produtos de limpeza se concentram nas classes C e AB brasileiras, chegando a 68% do consumo no setor. Também, pode-se comprovar o consumo abrangente e de grande parte da população, pois seu consumo se concentra nas regiões que, combinadas, possuem a maior população do Brasil (Sul e Sudeste), bem como, na classe predominante do país (classe C).

Levando em conta o gasto por habitante, pode-se dizer que os produtos de limpeza se mostram acessíveis para o mercado consumidor, pois se adaptam à renda da população. Isso pode ser comprovado por pesquisa realizada pela ABIPLA (2019), que mostrou o gasto anual e ticket médio com produtos de limpeza de cada uma das 5 classes sociais presentes no país, como mostrado na Figura 13.

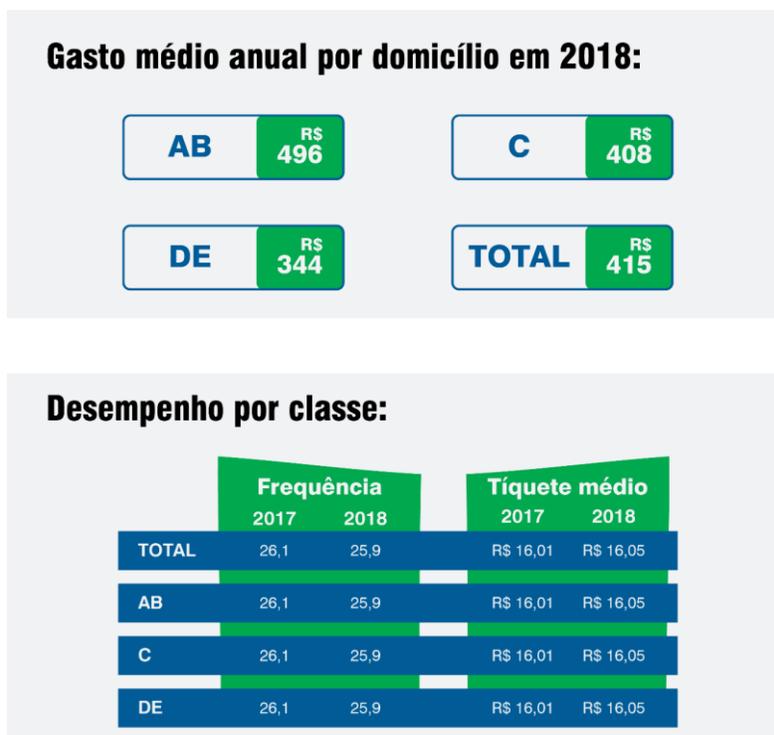


Figura 13. Desempenho geral dos produtos de limpeza pelas classes sociais brasileiras.

Fonte: ABIPLA (2019).

Pode-se observar que há uma variação de ticket-médio proporcional entre as classes. 18% de aumento da classe DE para C e 21% de aumento de C para AB, enquanto a frequência de compra permanece constante em todas as classes com quase nenhuma variação. Isso gerou uma análise de que os valores dos produtos se adaptam conforme a classe social alvo. Ou seja, conforme a classe social, existem os produtos que se adaptam para que se torne acessível para o seu público alvo. Além disso, isso comprova que existe um amplo processo de concorrência e vários aspectos que se podem explorar no mercado, como variações em volume e concentrações de substâncias nos produtos ofertados.

Além disso, destaca-se também o consumo do produto por instalações médico-sanitárias, em que o uso de desinfetantes e saneantes são necessários a fim de higienizar equipamentos e materiais, por exemplo. Dessa forma, esse mercado se mostra estável, tendo em vista a necessidade de hospitais e clínicas serem contínuas e constantes em situações normais. Entretanto, no cenário de pandemia de 2020, em que o uso de produtos antissépticos aumentou exponencialmente, a fim do combate do

coronavírus, observou-se a necessidade de produtos que pudessem suprir esse aumento da demanda. Assim, o desinfetante e o produto matéria prima do mesmo, o Cloreto de Benzalcônio, tornam-se alternativas viáveis e essenciais, para que essas instalações possam enfrentar a nova realidade.

#### 4.2.2. Modelo CANVAS

Um modelo de negócio de uma empresa pode ser elaborado a partir de diversas ferramentas. Uma delas, construída como base de um planejamento estratégico, é Business Model Canvas (popularmente, Canvas), a qual é usada para idealizar e ilustrar as atribuições do negócio visando construir como a empresa irá gerar renda e obter lucro. Esse modelo se subdivide em 4 grandes áreas como na Figura 14.



Figura 14. Modelo Business Model Canvas.

Fonte: (Treasy, acesso em 18/06/2020)

- **Como (em azul):** é a etapa inicial do modelo que está dividida em três etapas. Os principais parceiros, as práticas da empresa e os principais recursos necessários para implantação da empresa;
- **Para quem (em verde):** este momento conta também com três etapas. A primeira ilustra o relacionamento entre a empresa e os clientes. A próxima etapa

descreve os canais de comunicação utilizados pela empresa. A terceira descreve os tipos de clientes, que irão usufruir dos benefícios da implantação da empresa.

- **O que (em vermelho):** descreve-se os valores da empresa, ou seja, o porquê dela existir, o que entrega para os seus stakeholders.
- **Quanto (em amarelo):** este último momento, que é fragmentado em três etapas descreve a estrutura de gastos e fontes de receita.

Com isso, é possível construir o Canvas preenchendo cada etapa.

#### 4.2.2.1. *Parcerias-Chave*

Em um projeto avaliado, é necessário relacionar os principais parceiros e fornecedores que poderão ajudar a combinar conhecimento e especialização. Para a empresa em questão, as parcerias chave foram: fornecedores, tanto de matéria prima, quanto de maquinários, a prefeitura de Joinville e demais órgãos governamentais, empresas locais, universidades e centros de pesquisa, organizações médico-sanitárias e associações do setor de limpeza.

#### 4.2.2.2. *Recursos-Chave*

São os recursos que serão necessários para tirar o projeto do papel. Eles podem ser categorizados como recursos físicos, intelectuais, financeiros ou humanos:

- Recursos físicos incluem ativos como máquinas e equipamentos;
- Recursos intelectuais incluem conhecimento, marcas e patentes;
- Recursos financeiros estão relacionados ao fluxo de caixa e às fontes de renda;
- Recursos humanos compreendem a mão de obra.

Os recursos chaves para a produção do Cloreto de Benzalcônio e do desinfetante concentrado foram: patentes, as quais foram utilizadas como rota tecnológica e também

fonte de pesquisa, mão de obra operária e qualificada, maquinários e equipamentos necessários e matéria prima e insumos.

#### 4.2.2.3. *Atividades-Chave*

São as atividades que serão necessárias para a entrega da proposta de valor, ou seja, de que forma o negócio da empresa irá impactar o meio que está inserida. Compra de matéria prima, gestão de pessoas, controle de qualidade, controle e manutenção dos processos produtivos, logística, vendas e marketing foram as atividades chave desta empresa.

#### 4.2.2.4. *Segmentos de Clientes*

É onde divide-se clientes por segmento de atuação com o objetivo de ter públicos específicos para direcionar o produto estipulado. Assim, fica mais claro saber como a empresa atuará para satisfazer a necessidade de cada segmento. Através desta análise de mercado foi possível obter os segmentos de clientes da empresa foco deste trabalho: classes BC, instalações médico-hospitalares e demais organizações de saúde, estabelecimentos com especialidade em limpeza, indústrias químicas, setor alimentício e a população como um todo das regiões sul e sudeste que buscam soluções na área de limpeza.

#### 4.2.2.5. *Canais*

São os canais de comunicação, distribuição e venda que a empresa irá utilizar para atingir seus clientes. Essa comunicação se deu através do site oficial da empresa, centros de distribuição, central de atendimento, mídias sociais e propagandas.

#### 4.2.2.6. *Relacionamento com clientes*

Com base no projeto e nas análises do público consumidor deve-se definir como a empresa se relaciona com os segmentos de clientes que serão atingidos. Dessa forma, participações em licitações, prospecção ativa de empresas na região Sul e Sudeste, além de orçamento personalizado proporcional a venda e enfoque na capacidade antisséptica do produto foram estratégias adotadas de relacionamento.

#### 4.2.2.7. *Proposições de Valor*

Dizem respeito ao motivo da empresa existir e mostra como ela atende a uma ou mais necessidades dos clientes. Deve-se responder a duas perguntas:

- Qual o valor principal que o projeto, produto ou serviço entregará ao cliente?
- Quais necessidades do seu cliente a empresa atenderá?

A proposta de valor da presente empresa foi fornecer uma solução de limpeza de utensílios e superfícies de forma prática e acessível para os clientes, eliminando microrganismos patogênicos de forma eficiente e segura.

#### 4.2.2.8. *Fontes de receita*

A fim de preencher essa etapa, responde-se a seguinte pergunta:

- Com base na proposta de valor, quanto os clientes estão dispostos a pagar pelo novo produto ou serviço?

Portanto, as fontes de receita utilizadas foram basicamente contratos de fornecimento e licitações.

#### 4.2.2.9. Estrutura de custos

São todos os custos necessários para fazer o projeto sair do papel. Os principais gastos da empresa foram em relação a matéria prima e insumos, estrutura física da empresa, gastos operacionais, maquinários e, também, sua regulamentação.

#### 4.2.2.10. Quadro CANVAS

A Figura 15 apresenta o preenchimento do modelo CANVAS com as informações descritas anteriormente, para a empresa alvo deste trabalho.

Parceiros-Chave	Atividades-Chave	Proposta de Valor	Relacionamento	Segmentos de Clientes
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fornecedores de matérias primas;;</li> <li>- Fornecedores de equipamentos;</li> <li>- Prefeitura de Joinville e órgãos governamentais;</li> <li>- Redes de mercados;</li> <li>- Empresas locais;</li> <li>- Organizações médico-sanitárias;</li> <li>- Associações do setor de limpeza.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compra de matéria prima;</li> <li>- Gestão de pessoas;</li> <li>- Controle de qualidade;</li> <li>- Controle e manutenção;</li> <li>- Logística;</li> <li>- Vendas e marketing.</li> </ul>	<p>Fornecer uma solução de limpeza de utensílios e superfícies de forma pratica, acessível para nossos clientes, eliminando microrganismos patogênicos de forma eficiente e segura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Participação em licitações;</li> <li>- Prospecção ativa;</li> <li>- Orçamentário personalizado;</li> <li>- Dar enfoque à capacidade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Classes BC;</li> <li>- Instalações médico-hospitalares e indústrias químicas;</li> <li>- Setor alimentício;</li> <li>- Região Sul e Sudeste do Brasil;</li> <li>- Instalações médico-sanitárias.</li> </ul>
	<p><b>Recursos-Chave</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Patentes;</li> <li>- Mão de obra operaria;</li> <li>- Mão de obra qualificada;</li> <li>- Maquinário;</li> <li>- Matéria prima;</li> <li>- Insumos.</li> </ul>		<p><b>Canais de Comunicação</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Site oficial;</li> <li>- Contrato de distribuição;</li> <li>- Central de atendimento;</li> <li>- Mídias sociais;</li> <li>- Propaganda em vídeo.</li> </ul>	
<p><b>Estrutura de Custo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Matéria prima e insumos;</li> <li>- Estrutura física da indústria;</li> <li>- Gastos operacionais;</li> </ul>		<p><b>Fontes de Receita</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Maquinário;</li> <li>- Regulamentação da empresa.</li> <li>- Contratos de fornecimento;</li> <li>- Licitações.</li> </ul>		

Figura 15. Modelo CANVAS da indústria projetada.

Fonte: Autores (2020).

No modelo de negócio adotado, buscou-se estruturar uma indústria com duas frentes de atuação na comercialização do Cloreto de Benzalcônio. A primeira frente visou uma comercialização da substância produzida com uma concentração de 50% e elevada pureza, visando a venda para outras indústrias utilizarem-na como matéria prima de qualidade para produção de produtos à base de Cloreto de Benzalcônio em substâncias antissépticas. Já a segunda frente, visou realizar a produção de um produto desinfetante

concentrado, com formulação própria, destinado a instalações médico-hospitalares. O desinfetante também pode ser utilizado pelas classes B e C, mas é necessário atentar-se que o mesmo é concentrado, dessa forma, para usos domésticos é necessário a diluição do mesmo (informação contida na rotulagem do produto).

O modelo de negócio levou em consideração duas comercializações e traçou medidas que impactam diretamente o processo produtivo da indústria. Esse modelo ficou voltado a atender demandas de forma B2B (*business to business*) de duas formas. A primeira visando a venda do produto Cloreto de Benzalcônio 50% para indústrias médicas, farmacêuticas, frigoríficos e indústrias alimentares que desejam utilizá-lo como reagente ou para formulações de saneantes próprias e a segunda forma com a venda do desinfetante concentrado para essas empresas, as quais necessitam de elevadas quantidades do produto. Outro modelo de negócios adotado foi de forma B2C (*business to client*) em que o objetivo é atingir instituições de varejo como agropecuárias, lojas de limpeza, hiper e supermercados com a venda do desinfetante concentrado a base de Cloreto de Benzalcônio.

Com o tipo de produto e público a ser atendido, buscou-se estruturar os demais pilares do modelo de negócios onde se trouxe um maior foco no relacionamento com clientes por meio de marketing digital e realizando a manutenção efetiva de parceiros locais, a fim de se obter vantagens competitivas ao se oferecer diferenciais para cidade e oferecendo uma solução de qualidade.

## **5. DEFINIÇÕES DA EMPRESA**

### **5.1. EXIGÊNCIAS LEGAIS**

Nesse tópico serão abordadas as exigências legais de registo do produto, regime tributário adotado pela empresa, além do licenciamento legal e ambiental previstos pelo CONAMA.

#### **5.1.1. Exigências legais de registro do produto**

A Resolução-RDC Nº 34, de 16 de agosto de 2010 da ANVISA (Agência Nacional de Segurança Sanitária) regulamenta produtos saneantes desinfetantes estabelecendo as definições, características gerais, substâncias ativas e coadjuvantes de formulação permitidos, forma de apresentação, advertências e cuidados a serem mencionados na rotulagem de produtos saneantes desinfetantes, além de regulamentar o registro de novos produtos.

Dessa forma, o registro de novos produtos deve atender ao anexo desta resolução, a qual está simplificada nos tópicos abaixo:

D.3) Somente serão permitidos saneantes desinfetantes para venda livre ao consumidor produtos formulados cuja toxicidade oral aguda (dose letal 50 - DL50), determinada através de metodologia experimental aceita e reconhecida internacionalmente, seja superior a 2000 mg/kg de peso corpóreo para produtos sob a forma líquida, ou a 500 mg/kg de peso corpóreo para produtos sob a forma sólida, incluídos na classe III ou seguintes da Classificação de Pesticidas segundo o grau de perigo, recomendada pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

D.3.1) Somente serão permitidos saneantes desinfetantes para venda restrita a instituições ou empresas especializadas, produtos formulados cuja diluição final de uso apresente toxicidade oral aguda (DL50) determinada através de metodologia experimental aceita e reconhecida internacionalmente, seja superior a 2000 mg/kg de peso corpóreo para produtos sob a forma líquida, ou a 500 mg/kg de peso corpóreo para

produtos sob a forma sólida, incluídos na classe III ou seguintes da Classificação de Pesticidas segundo o seu grau de perigo, recomendada pela OMS.

D.6) Na fabricação de produtos saneantes desinfestantes somente podem ser usadas substâncias ativas permitidas pela Autoridade Sanitária Competente.

D.9) Por ocasião da solicitação do registro de produtos saneantes desinfestantes devem ser apresentados os testes de eficácia contra as pragas indicadas no painel principal do rótulo. Para comprovação da ação sobre outras pragas indicadas no painel secundário, devem ser apresentados testes de eficácia ou literatura sobre a ação dos ativos nas concentrações propostas. Os relatórios referentes aos testes de eficácia devem incluir dados sobre a aplicação dos produtos, simulando as condições de uso com a utilização das pragas contra as quais se destinam, utilizando preferencialmente protocolos de Organizações Internacionais.

D.9.1) Os testes de eficácia podem ser realizados em laboratórios nacionais ou internacionais, oficiais ou privados, desde que sigam as práticas de laboratório adequadas e utilizem metodologias internacionalmente reconhecidas.

Tendo em vista o item D.6) da resolução citada anteriormente, destaca-se a resolução Nº 35, de 3 de junho de 2008 da ANVISA, a qual estabelece as substâncias ativas permitidas e concentração máxima para formulação de produtos saneantes. Através desta resolução, têm-se que para Cloreto de Alquil Dimetil Benzil Amônio (Cloreto de Benzalcônio, produzido por esta empresa) uma concentração máxima de 0,10 % p/p (relação peso/peso). Assim, o produto produzido respeita essa resolução, pois é necessária a diluição do mesmo para uso do segmento de clientes atingidos, a fim de que a concentração da solução esteja dentro da estabelecida pela legislação vigente.

Dessa forma, o uso de concentração de Cloreto de Benzalcônio utilizado neste trabalho respeita os critérios da ANVISA, além de ser produzido por uma metodologia internacional aceita (patenteado). Quanto a testes de eficácia contra pragas, ao final da produção do desinfetante, objetivou-se a realização do teste de coeficiente de fenol, o qual mede a atividade bactericida do componente químico em questão em relação ao grupo orgânico fenol. Além disso, averiguou-se através de outros trabalhos reconhecidos

internacionalmente, testes de eficácia do componente Cloreto de Benzalcônio frente a outros micro organismos, inclusive ao combate SARS-Cov-2, que embora não seja foco do presente trabalho, pode ser utilizado a concentração de 0.05% para desinfecção de objetos, de acordo com a ANVISA.

A presente resolução também estabelece critérios de quantidade de produtos nas embalagens para o consumidor final, sendo de 1000 mL para líquidos para pronto uso e produtos que necessitem conteúdos menores, os mesmos podem estar contidos numa embalagem secundária. Além disso, é proibido o uso de embalagens de vidro.

Para o comércio da solução de cloreto de benzalcônio, recomenda-se que o mesmo seja embalado e transportado em tambores e bombonas plásticas, contêineres de HDPE e aço inox, não sendo adequado o seu transporte em tambores metálicos.

Os itens citados abaixo, dizem respeito exclusivamente aos dados necessários para o relatório técnico do produto, o qual foi utilizado para o registro do produto em questão neste trabalho:

1. Nome e marca do produto;
2. Categoria (inseticida, rodenticida, repelente);
3. Destino/Aplicação (venda livre /instituição ou empresa especializada);
4. Composição qualitativa e quantitativa do produto, expressa em concentração percentual (peso/peso ou peso/volume);
5. Nome químico e comum, fórmula estrutural, fórmula bruta dos ingredientes ativos e número Chemical Abstract Service (CAS), quando disponível. Nome químico ou comum, com o número CAS, quando disponível, para os demais componentes da formulação;
6. Descrição da embalagem primária e secundária;
7. Descrição do sistema de identificação do lote ou partida;
8. Metodologia de análise do(s) ingrediente(s) ativo(s) e sua(s) determinação(ões) no produto formulado;

9. Grau de pureza e procedência do(s) ingrediente(s) ativo(s) e demais componentes da formulação;
10. Identidade, concentração e toxicidade, quando aplicável, das impurezas presentes no(s) ingrediente(s) ativo(s);
11. Classe segundo a atividade contra a praga alvo, grupo químico e modo de ação;
12. Modo e restrições de uso;
13. Forma de apresentação, características físicas e químicas da formulação;
  - 13.1. Incompatibilidade físico-química com outras substâncias, se houver;
14. Indicação das pragas contra as quais é recomendado;
15. Especificações do fornecedor das válvulas, com respeito à porcentagem de partículas com um diâmetro inferior a 15 micra, segundo o tipo de formulação;
16. Determinação experimental da DL50 oral para produtos de venda livre ao consumidor exceto para rodenticidas e aqueles produtos abrangidos pelo item D.4;
17. Dados toxicológicos, para produtos inseticidas de venda restrita a instituições ou empresas especializadas, envolvendo aspectos de toxicidade aguda: DL50 dérmica, DL50 oral, irritabilidade dérmica, ocular e sensibilidade cutânea;
18. Avaliação de Risco de acordo com o Apêndice 5;
19. Provas de eficácia do produto na diluição final de uso, em relação às pragas principais contra as quais é indicado, com os dados da experimentação;
20. Os informes/laudos dos testes realizados com o produto formulado devem ser acompanhados dos resultados das análises químicas quantitativa e qualitativa do laboratório responsável pelos mesmos;
21. Resultados de estudos que comprovem a estabilidade do produto pelo prazo de validade pretendido;

22. Para produtos de venda restrita a instituições ou empresas especializadas, métodos de desativação e descarte do produto e da embalagem, de modo a impedir que os resíduos remanescentes provoquem riscos à saúde humana e ao meio ambiente;

23. Resumo das informações toxicológicas relativas aos cuidados com a saúde humana, com destaque para os primeiros socorros, tratamento médico de emergência e antídoto para cada formulação.

#### 5.1.2. Informações de segurança

A fim de caracterizar a substância Cloreto de Benzalcônio em relação a segurança, deve-se identificar os perigos que a mesma pode apresentar, comprometendo tanto a sua produção, caso não seja levado em conta suas boas práticas de fabricação, quanto o seu modo de uso. Dessa forma, foram utilizados diferentes sistemas de identificação e sinalização da substância em questão, os quais estão citados abaixo:

a) REGULAMENTO (CE) N.º 1272/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho: baseia-se no uso de símbolos standardizados sob a forma de pictogramas que identificam os riscos da utilização da substância, a colocação no mercado e a utilização de certas substâncias químicas.

b) Diagrama de Hommel (NFPA 704): também conhecido como diamante do risco, ou diamante do perigo, é representado através de um losango tipos de risco em graus que variam de 0 a 4, cada qual especificado por uma cor (branco, azul, amarelo e vermelho), que representam, respectivamente, riscos específicos, risco à saúde, reatividade e inflamabilidade.

c) Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS): uma abordagem técnica desenvolvida para definir os perigos específicos de cada produto químico, criando critérios de classificação utilizando dados disponíveis sobre os produtos químicos e seus perigos já definidos. Assim é possível organizar e facilitar a comunicação da informação de perigo em rótulos e FISPQ's (Fichas de Informação de Segurança para Produtos Químicos).

Os pictogramas da Tabela 7 abaixo são utilizados para representar a substância Cloreto de Benzalcônio e indicar seus perigos, tanto em âmbito nacional como internacional. Na Figura 16 tem-se a representação do composto pelo Diagrama de Hommel (NFPA 704). Além disso, na tabela 8 é possível identificar as frases de perigo e prevenção utilizadas, além de ditar a maneira correta de armazenamento e disposição dos produtos. É importante ressaltar, que todas as informações descritas devem ser apresentadas na rotulagem do produto.

Tabela 7. Pictogramas e classificação para a substância Cloreto de Benzalcônio.

Pictograma	Classificação	Frases de perigo
	GHS05: Corrosão	H314: Provoca queimaduras na pele e lesões oculares graves.
	GHS09: Risco e periculosidade ao ambiente	H400: Muito tóxico para os organismos aquáticos.
	GHS07: Nocivo	H302: Nocivo por ingestão. H312: Nocivo em contacto com a pele.

Fonte: Autores (2020).

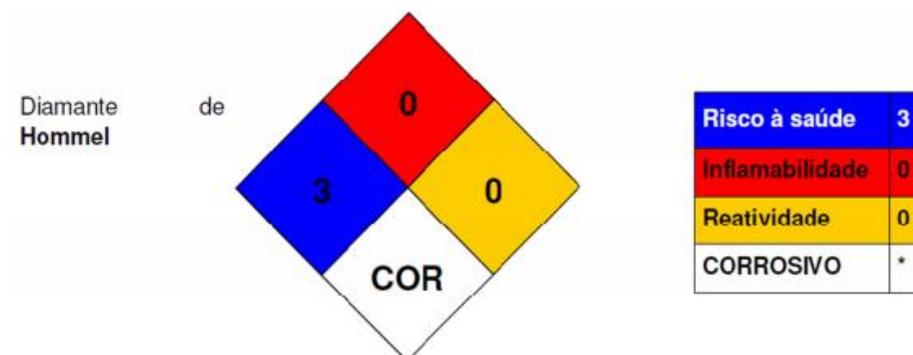


Figura 16. Diagrama de Hommel para o Cloreto de Benzalcônio.

Fonte: NSA Química (2006).

Tabela 8. Frases de perigo e prevenção utilizadas.

Palavra-sinal	Perigo, Corrosivo
Frases de perigo	H301: Tóxico se ingerido H312: Nocivo em contato com a pele H314: Provoca queimaduras na pele e lesões oculares graves H400: Muito tóxico para os organismos aquáticos
Frases de precaução	P260: Não respirar as poeiras/fumos/gases/névoas/vapores/aerossóis. P280: Usar luvas de proteção/vestuário de proteção/proteção ocular/proteção facial. P273: Evitar liberação para o meio ambiente
Armazenamento	P403+P233: Armazenar em local

	bem ventilado. Manter o recipiente hermeticamente fechado
Disposição	P501: Eliminar o conteúdo/recipiente de acordo com legislação local e nacional

Fonte: NSA Química (2006).

Dessa forma, constatou-se que o maior perigo apresentado pela substância em questão se deve à corrosão e sua toxicidade no meio ambiente. Entretanto, também é necessário deixar o produto longe de faíscas ou fogo, visando medidas de combate a incêndio, as quais serão abordadas mais adiante neste trabalho.

Além disso, informações em caso de acidente devem estar igualmente dispostas no rótulo, para que haja fácil e rápida identificação do consumidor. Importante ressaltar que essas informações não substituem a procura de um médico em caso de persistência dos sintomas, ou qualquer lesão mais grave que possa ocorrer.

### 5.1.3. Prevenção e combate a incêndio

A NR 23 é a norma que regulamenta a proteção e combate a incêndio em locais de trabalho. À vista disso, os locais de trabalho deverão dispor de saídas, em número suficiente e dispostas de modo que aqueles que se encontrem nesses locais possam abandoná-los com rapidez e segurança, em caso de emergência. Todas as escadas, plataformas e patamares deverão ser feitos com materiais incombustíveis e resistentes ao fogo. Exemplifica também, passos que devem ser seguidos para que o combate do mesmo possa ocorrer:

- a) Acionar o sistema de alarme;
- b) Chamar imediatamente o Corpo de Bombeiros;
- c) Desligar máquinas e aparelhos elétricos, quando a operação do desligamento não envolver riscos adicionais;
- d) Atacá-lo, o mais rapidamente possível, pelos meios adequados.

A norma também estabelece classes de fogo, e sua identificação auxilia para que o mesmo possa ser combatido. São elas:

Classe A: são materiais de fácil combustão com a propriedade de queimarem em sua superfície e profundidade, e que deixam resíduos, como: tecidos, madeira, papel, fibra, etc.;

Classe B: são considerados inflamáveis os produtos que queimem somente em sua superfície, não deixando resíduos, como óleo, graxas, vernizes, tintas, gasolina, etc.

Classe C: quando ocorrem em equipamentos elétricos energizados como motores, transformadores, quadros de distribuição, fios, etc.

Classe D: elementos pirofóricos como magnésio, zircônio, titânio.

O Cloreto de Benzalcônio, substância do trabalho em questão, apresentou pelo Diagrama de Hommel abordado anteriormente, inflamabilidade e reatividade 0, quando o produto é armazenado, aplicado e processado corretamente. Entretanto, é avaliado com alta corrosividade. Dessa forma, por se tratar de uma substância química corrosiva, a qual será produzida em grande quantidade, cuidados específicos devem ser adotados em caso de emergência. Os mesmos podem ser visualizados na Tabela 9 abaixo.

Tabela 9. Cuidados específicos da substância em casos de incêndio.

<b>Meio de extinção de fogo apropriadas</b>	CO <sub>2</sub> , pó químico, água pulverizada ou espuma.
<b>Perigos específicos</b>	Em casos de incêndio, combustão pode gerar gases tóxicos de óxido de nitrogênio (NOx), e carbono e HCl
<b>Proteção dos bombeiros</b>	Usar roupas especiais com proteção contra fogo e aparatos de respiração. Retire o material do local se possível, e mantenha o material resfriado com água
<b>Demais cuidados</b>	Usar equipamento de proteção individual adequado - Máscara de ar fresco, luvas, óculos e avental de P.V.C.

Fonte: Autores (2020).

Com o objetivo de garantir a segurança dos colaboradores e do processo produtivo, fez-se a compra de extintores apropriados para os devidos locais de instalação. Dessa forma, o pavilhão industrial, onde está localizado o processo produtivo, conta com 5 extintores, localizados em pontos diferentes e estratégicos, além de mais 1 extintor na sala de recepção da matéria prima. O prédio auxiliar também conta com 1 extintor, sendo este com objetivo de proteção aos colaboradores que trabalham em setores administrativos ou na cozinha.

#### 5.1.4. Boas práticas de fabricação

As boas práticas de fabricação para produtos saneantes são descritas pela Resolução da diretoria colegiada – RDC Nº 47, de 25 de outubro de 2013 da ANVISA, a qual objetiva a segurança do produto e da produção. Dessa forma, as boas práticas refletem os requisitos mínimos indispensáveis a serem cumpridos pelas indústrias na fabricação, embalagem, armazenamento e controle de qualidade dos referidos produtos para garantir a qualidade e segurança dos mesmos.

Faz-se necessário que os processos sejam claramente definidos, as áreas de fabricação com infraestrutura necessária para a segurança e qualidade da produção, além da capacitação do colaborador a fim de que desempenhe corretamente os procedimentos. Além disso, conta-se com registros referentes a fabricação, armazenamento adequado para os produtos internos e implementação de qualquer procedimento necessário caso haja recolhimento do lote.

Na empresa deste trabalho, auditorias internas trimestrais são planejadas, objetivando avaliar o cumprimento das boas práticas e avaliar a fabricação. Com isso, se necessário, aplica-se também medidas corretivas, a fim de que qualquer procedimento possa ser corrigido e adequado conforme o plano de ação estabelecido pela medida corretiva. Também são aplicadas medidas preventivas ao longo dos processos, objetivando prevenir qualquer ação que possa comprometer a segurança do processo, do colaborador ou do produto final.

Os procedimentos operacionais padrão também foram elaborados, a fim de registrar atividades como: recebimento de matéria prima e sua posterior identificação, ensaios de controle de qualidade do produto, descrevendo os métodos e os equipamentos a serem utilizados, aprovação ou reprovação de materiais e produtos e definição da pessoa ou setor responsável, atividades de limpeza e sanitização de materiais, utensílios, equipamentos e áreas, incluindo as frequências, os métodos e os materiais de limpeza a serem utilizados, calibragem e manutenção dos equipamentos e medidas emergenciais em caso de derrames de substâncias tóxicas, corrosivas e outras de perigo potencial.

#### 5.1.5. Uso de recursos hídricos

A Lei nº 9.433/97 determina que o uso da água deva ser autorizado pelo poder público e que deve ser considerado sujeito às penalidades previstas nesta Lei todos aqueles usuários que não possuírem a outorga de direito de uso. Sendo uma indústria, faz-se necessário o uso de água, tanto para a formulação do produto em questão, como para a manutenção das atividades diárias.

Dessa forma, realizou-se um cadastro através do Cadastro Estadual de Usuários de Recursos Hídricos – CEURH, criado pela secretaria de estado do desenvolvimento sustentável - SDS, órgão gestor de recursos hídricos do Estado de Santa Catarina. Esse cadastramento é um dos documentos necessários para que o empreendedor solicite o requerimento da outorga de direito de uso de recursos hídricos, destinada à utilização em sua atividade produtiva, atendendo aos requisitos de autorização de captação de água, lançamento de efluentes nos corpos hídricos, financiamentos em bancos de fomento oficiais e licenciamentos ambientais.

Portanto, através da solicitação de outorga de direito de uso de água, a empresa em questão pôde fazer uso dos recursos hídricos providos pela Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão, localizada ao norte de Joinville, através da rede de distribuição de água da cidade, Águas de Joinville. Dessa forma, tem-se uma caixa d'água que fornece água para 2 reservatórios da empresa, sendo que, 1 reservatório distribui água para o pavilhão industrial e o outro, para o prédio auxiliar.

### 5.1.6. Gerenciamento de resíduos

#### 5.1.6.1. *Política nacional de resíduos sólidos*

A presente empresa é amparada pela Lei Nº - 12305, de 2 de agosto de 2010, que institui uma política nacional de gestão integrada e gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. Desta forma, um dos principais objetivos da lei diz respeito a redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos. Além disso, pelo Art. 24 desta mesma lei, têm-se que o plano de gerenciamento de resíduos sólidos é parte integrante do processo de licenciamento ambiental do empreendimento ou atividade pelo órgão competente do Sisnama.

Tendo em vista a corrosividade do produto produzido por esta empresa, o plano de gerenciamento de resíduos sólidos deve apresentar tópicos como a descrição do empreendimento, o diagnóstico dos resíduos quanto a origem e volume, definição de procedimentos operacionais, medidas preventivas e corretivas, além de periodicidade de revisão.

#### 5.1.7. Licenciamento legal

Tendo em vista que a presente indústria faz parte das atividades listadas pela Resolução CONAMA 237, de 19 de dezembro de 1997, fez-se necessário o licenciamento ambiental. O licenciamento ambiental é o procedimento administrativo em que, o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, as quais são consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.

Dessa forma, de acordo com a Lei Federal 6.938/81, o Licenciamento Ambiental tornou-se obrigatório em todo o território nacional e o empreendimento citado só pode funcionar com o licenciamento em dia e atualizado. Sabendo-se que o licenciamento

ambiental é concedido pelos órgãos estaduais e que a presente indústria está localizada em Joinville - Santa Catarina, realizou-se o pedido de licenciamento ao IMA (Instituto do meio ambiente de Santa Catarina).

O processo de licenciamento ambiental é constituído principalmente de três tipos de licenças. Cada uma é exigida em uma etapa específica do licenciamento. Tem-se então: Licença Prévia (LP) Licença de Instalação (LI) Licença de Operação (LO). A Resolução CONSEMA Nº 98 de 05/07/2017, em vigor desde então, é a responsável por orientar as diretrizes da Política Estadual do Meio Ambiente no estado de Santa Catarina, estabelecendo os critérios de licenciamento e os empreendimentos sujeitos a licenciamento no estado.

#### *5.1.7.1. Licença Prévia*

É avaliado a localização do empreendimento atestando sua viabilidade ambiental, com o estabelecimento dos requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação. Dessa forma, essa documentação aprova ou não a concepção da empresa no local requerido.

A fim da obtenção da Licença Ambiental Prévia (LAP), e tendo em vista a atividade da empresa química proposta, é necessário a apresentação do Relatório Ambiental Prévio (RAP), o qual apresenta elementos para a análise da viabilidade ambiental de empreendimentos ou atividades consideradas potencial ou efetivamente causadoras de degradação do meio ambiente. Esse relatório apresenta a caracterização da área, com base na elaboração de um diagnóstico simplificado da área de intervenção do empreendimento ou atividade e de seu entorno, contém a descrição sucinta dos impactos resultantes da implantação do empreendimento e a definição das medidas mitigadoras de controle e compensatórias.

Além disso, para empresas de porte grande dentro do tipo de atividade sujeitas ao licenciamento ambiental (Fabricação de sabão, detergentes, desinfetantes, glicerina, preparados para limpeza e velas), como o caso da empresa descrita, torna-se necessário também o preenchimento do Estudo Ambiental Simplificado (EAS), o qual tem como

objetivo abordar a interação entre elementos dos meios físico, biológico e socioeconômico, buscando a elaboração de um diagnóstico integrado da área de influência do empreendimento ou atividade. Também utilizado para avaliação do impacto ambiental e controle de medidas mitigadoras, contém estudo geotécnico para fins de ocupação, uso do solo e urbanização para no caso de áreas com possibilidade de subsidência, risco de deslizamento, de erosão, de inundação ou de qualquer suscetibilidade geotécnica.

#### *5.1.7.2. Licença de Instalação*

Esta documentação, por seguinte, autoriza a instalação do empreendimento, de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes.

#### *5.1.7.3. Licença de Operação*

Por fim, tem-se ainda, o documento de autorização da operação da atividade, licenciado após a verificação do efetivo cumprimento das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação. Para fins de emissão da LAO deverá o órgão ambiental exigir um Estudo de Conformidade compatível com o Porte e o Potencial poluidor do empreendimento. Dessa forma, esse documento deverá conter, no mínimo:

- a) Diagnóstico atualizado do ambiente;
- b) Avaliação dos impactos gerados pela implantação e operação do empreendimento ou atividade, incluindo os riscos;
- c) Medidas de controle, mitigação, compensação e de readequação, se couber.

## 5.2. LOCALIZAÇÃO

Com base nos quesitos discutidos até então na abordagem, foi possível construir uma análise para a escolha da localização do empreendimento. Levaram-se em conta os fatores expostos na figura 1, onde foram atribuídos pesos de 1 a 5 de acordo com os principais parâmetros que podem afetar a localização, no qual 1 influencia pouco e 5 influencia muito. Foram consideradas três cidades para localização da empresa: Caxias do Sul (Rio Grande do Sul), Joinville (Santa Catarina) e Maringá (Paraná).

Item	Quesito Avaliado	Caxias do Sul					Joinville					Maringá				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	Proximidade dos maiores consumidores			x						x						x
2	Disponibilidade/facilidade de obtenção de matéria-prima				x					x					x	
3	Disponibilidade de mão de obra				x					x						x
4	Disponibilidade de recursos energéticos				x					x					x	
5	Disponibilidade de área para instalação					x				x						x
6	Impacto ambiental				x				x							x
7	Proximidade da concorrência				x				x					x		
8	Condições climáticas				x					x						x
9	Políticas e legislação local				x					x				x		
10	Apoio ao desenvolvimento e inovação			x						x						x
11	Capacidade de expansão em linhas				x				x							x
12	Relevância econômica da cidade (PIB)			x						x						x
13	Disponibilidade de água				x				x							x
<b>Total</b>		<b>49</b>					<b>55</b>					<b>54</b>				

Figura 17. Ficha de avaliação das cidades potenciais para a indústria.

Fonte: Autores (2020).

Segundo a análise dos dados apresentados verificou-se que, entre os municípios considerados para implantação do empreendimento, o município de Joinville no estado de Santa Catarina apresentou vantagem com relação a Caxias do Sul e Maringá. Optou-se pela implantação do empreendimento nesse município, pois dentro dos aspectos políticos, econômicos, climáticos e logísticos, houve um maior desempenho, como visto na Figura 17.

O município de Joinville está localizado na região norte do estado de Santa Catarina, como mostra a Figura 18. Com 590.466 habitantes, conforme estimativa IBGE

de 2019, é a maior cidade do estado, à frente da capital Florianópolis, e é a terceira cidade mais populosa da Região Sul do Brasil, atrás apenas de Porto Alegre e Curitiba. A cidade possui um elevado índice de desenvolvimento humano (0,809) entre os municípios brasileiros, ocupando a 21ª posição nacional. Um estudo do veículo Estadão, apontou Joinville como a segunda melhor cidade para se viver no Brasil.

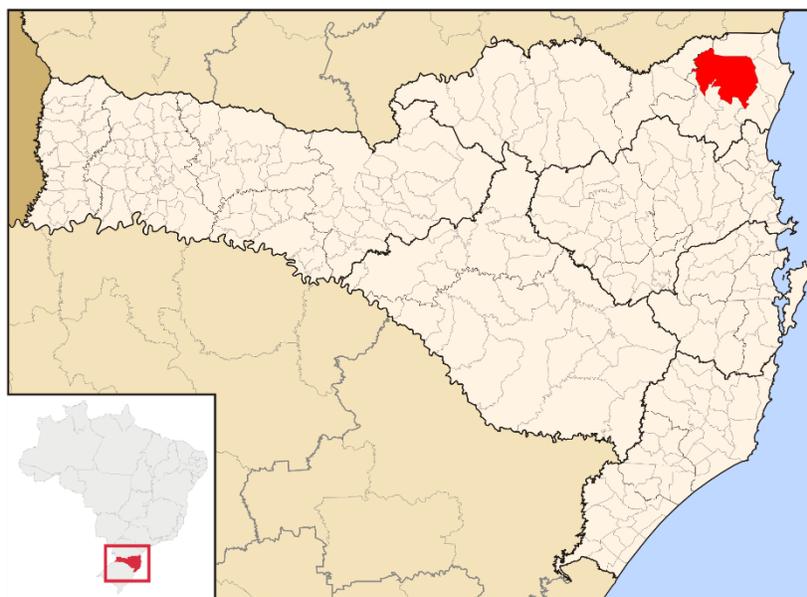


Figura 18. Localização do município de Joinville no estado de Santa Catarina.  
Fonte: Wikipédia (acesso em 02/07/2020).

#### 5.2.1. Localização específica

A presente empresa foi instalada no bairro Zona Industrial Norte, a 800 metros da BR 101, como mostra a seguinte Figura 19. A área foi escolhida estrategicamente, visto a localização de portos e cidades principais. Tendo em vista que a matéria prima utilizada na produção da substância final, é praticamente importada, fez-se necessário situar-se de maneira logística. Dessa forma, o empreendimento está localizado a 60 km do Porto de São Francisco do Sul, 94 km do Porto de Itajaí e 119 km do Porto de Paranaguá. Além disso, encontra-se a 120 km de Curitiba e 180 km de Florianópolis.

O projeto está situado em um terreno industrial da companhia Grünville Parque Empresarial, com uma área total de 42012,60 m<sup>2</sup>, permitindo a construção de 60%, ou seja, 25507 m<sup>2</sup>. O mesmo também já está urbanizado, amparado com licenças

ambientais e urbanas, como a Licença Ambiental Prévia – LAP e a Licença Ambiental de Instalação – LAI. As duas foram emitidas pela Fundação Estadual - FATMA, atual IMA, com anuência do órgão municipal, além de contar também com o Alvará de Terraplenagem e Drenagem, emitido pela Secretaria de Meio Ambiente - SEMA, da Prefeitura. Dessa forma, fez-se apenas necessário o pedido de Licença de Operação da empresa.

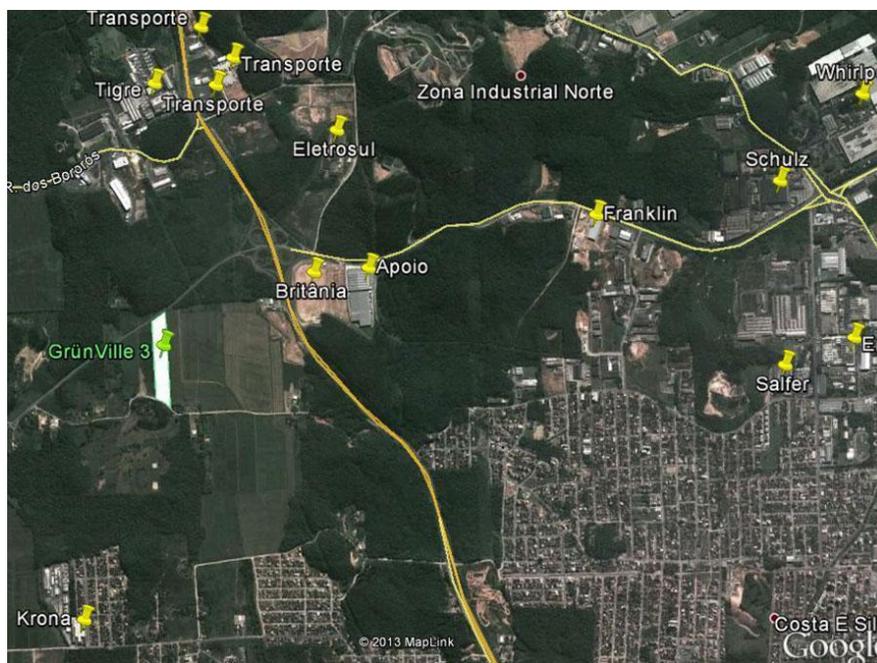


Figura 19. Localização do empreendimento na cidade de Joinville - SC.

Fonte: Grunville (2020). Acesso em: <http://www.grunville.com.br/area-empresarial/>.

### 5.3. PRODUÇÃO DA INDÚSTRIA

Com o propósito de definir qual seria o porte industrial e a escala de fabricação de Cloreto de Benzalcônio e de desinfetante a base de Cloreto de Benzalcônio, realizou-se uma busca por dados mercadológicos do setor, principalmente, em relação a produção média de produtos de limpeza e através das informações disponíveis pela Associação Brasileira das Indústrias de Produtos de Higiene, Limpeza e Saneantes de Uso Doméstico e de Uso Profissional (ABIPLA). Após, os dados foram refinados, para produtos de limpeza com usos similares aos desinfetantes, objetivo da pesquisa, e são

mostrados na tabela 10, em que se usou como base as produções anuais de 2014 aos dados mais atuais, 2018.

Tabela 10. Produção de produtos de limpeza por seu respectivo tipo.

Produto	Ano				
	2014 (Ton)	2015 (Ton)	2016 (Ton)	2017(Ton)	2018(Ton)
Detergente para Lavar Louça	461.179	484.902	475.829	479.366	484.304
Água Sanitária e Alvejante	617.759	659.294	622.572	670.770	679.179
Desinfetante	253.540	272.683	253.252	273.758	241.377
Limpadores para Banheiro	13.053	13.361	13.537	13.576	13.347
Multiusos	185.254	189.842	176.814	189.974	193.765
Sabão em Barra	178.569	183.506	169.198	158.186	145.864
Amaciantes	536.534	562	525	503	504
Detergente para Lavar Roupa	963.987	1.037.665	1.012.601	971.731	993.379
<b>Total/Ano</b>	<b>2.215.173,7</b>	<b>2.359.412,7</b>	<b>2.250.990,5</b>	<b>2.280.994,3</b>	<b>2.269.917,2</b>

Fonte: Autores (2020).

A partir dos dados de produção anual levantados, foi possível calcular a relação percentual entre cada produto e a produção total. Dessa forma, obteve-se uma margem de, aproximadamente, 11% da produção anual total, destinada à produção de desinfetantes. Os percentuais obtidos podem ser visualizados na Tabela 11.

Tabela 11. Relação percentual anual de diferentes produtos de limpeza.

Produto	Ano				
	2014 (Ton)	2015 (Ton)	2016 (Ton)	2017 (Ton)	2018 (Ton)
Detergente para Lavar Louça	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
Água Sanitária e Alvejante	27,89%	27,94%	27,66%	29,41%	29,92%
Desinfetante	11,45%	11,56%	11,25%	12,00%	10,63%
Limpadores para Banheiro	0,59%	0,57%	0,60%	0,60%	0,59%
Multiusos	8,36%	8,05%	7,85%	8,33%	8,54%
Sabão em Barra	8,06%	7,78%	7,52%	6,93%	6,43%
Amaciantes	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
Detergente para Lavar Roupa	43,52%	43,98%	44,98%	42,60%	43,76%

Fonte: Autores (2020).

Com esses percentuais de produção de desinfetante, procedeu-se uma busca que visava encontrar o número de indústrias, faturamento e tamanho das empresas já existentes no setor. O número de indústrias e o seu porte está à disposição no sítio eletrônico da ABIPLA.

Para obter o faturamento por porte, considerou-se uma pesquisa realizada pelo veículo Supervarejo (2019), que aponta que o faturamento das indústrias médias (entre 100 e 499 funcionários) do setor de limpeza representam cerca de 8% do faturamento desse setor. Esses 8% representaram cerca de R\$ 1.760.000,00 no ano de 2017. Logo, levando em conta o número de médias indústrias no setor de limpeza de 80 empresas, levantado pela ABIPLA (2019), pode-se dizer que o faturamento médio para cada uma dessas empresas girou em torno de R\$ 22.000.000,00.

Esse faturamento do porte foi estimado através da equação 1, fazendo uma divisão do faturamento total do porte pelo número de empresas desse porte.

$$\text{Faturamento por empresa} = \frac{\text{Faturamento total por porte}}{\text{Número de empresas do porte}} \quad (1)$$

Além disso, considerando-se um ticket-médio de R\$ 9,00 e um volume médio por produto de 500 mL, foi possível estimar-se o volume de desinfetantes vendidos nesse faturamento, com base na equação 2, em uma divisão do faturamento do porte pelo ticket médio e multiplicando-se pela média de volume vendido por unidade.

$$\text{Volume produzido por empresa} = \frac{\text{Faturamento por empresa}}{\text{Ticket Médio}} * \text{Volume médio} \quad (2)$$

As informações coletadas estão presentes na tabela 12.

Tabela 12. Porte industrial, faturamento médio e média unitária vendida.

	<b>Número de Empresas</b>	<b>Faturamento do Porte (R\$)</b>	<b>Faturamento por Empresa (R\$)</b>	<b>Média de Unidades Vendidas</b>	<b>Volume vendido (mL)</b>
<b>Micro Empresas</b>	2110	4.400.000,000	2.085.308,1	231.701	115.850,45
<b>Pequenas Empresas</b>	308	3.960.000,000	12.857.142,9	1.428.571	714.285,71
<b>Empresas Médias</b>	80	1.760.000,000	22.000.000,0	2.444.444	1.222.222,2
<b>Empresas Grandes</b>	17	5.060.000,000	297.647.058,8	33.071.895	16.535.94,7

Fonte: (Super Varejo, acesso em 13/08/2020).

Com o valor obtido de 16.535.94,7 mL de produtos de limpeza para uma empresa grande esse número foi transformado para kg de Cloreto de Benzalcônio considerando a densidade do composto, e posteriormente, para toneladas.

A informação obtida na Tabela 11 foi essencial para a determinação do percentual utilizado anualmente para desinfetantes, e essa média de valor foi utilizada para o cálculo da produção de toneladas/ano de uma indústria de grande porte que produz desinfetantes. O valor obtido serviu como base para a produção de uma indústria descrita neste trabalho.

Os dados obtidos pelos cálculos anteriores estão representados na Tabela 13.

Tabela 13. Cálculos realizados para determinação da massa de desinfetante vendida por uma empresa de grande porte.

<b>Volume vendido (m<sup>3</sup>/ano)</b>	16.535,948
<b><math>\rho</math> Cloreto de benzalcônio (kg/m<sup>3</sup>)</b>	980
<b>Massa de produtos vendido (kg/ano)</b>	16.205.228,76
<b>Massa de produtos vendido (ton/ano)</b>	16.205,23
<b>Massa de desinfetante vendido (ton/ano)</b>	1.415,85

Fonte: Autores (2020).

Dessa forma, o dado obtido de massa de desinfetante vendido de 1.415,85 ton/ano foi utilizado para os fins de produção de desinfetante da indústria deste trabalho. Com o valor de massa de desinfetante, buscou-se então, quantidades de Cloreto de Benzalcônio que suprissem essa produção, além de quantidade suficiente de um Cloreto de Benzalcônio com elevado teor de pureza de 50% solução para a venda às indústrias.

Buscou-se então, nos dados estatísticos de comércio exterior do Brasil, Comex Stat, valores e informações de importação de Cloreto de Benzalcônio nos últimos anos. Os dados obtidos de 2016 a 2020 estão expostos na Tabela 14.

Tabela 14. Dados de importação referentes ao cloreto de benzalcônio de 2016 a atualidade.

	2020 estimado	2020	2019	2018	2017	2016
<b>Cloreto de Benzalcônio (kg líquido)</b>	5.869.84	2.768.79	5.574.50	4.703.30	664.014	459.440

Fonte: Comex Stat (2020).

Foi possível, assim, estimar uma produção de Cloreto de Benzalcônio com o propósito de suprir parte da quantidade desse composto importada. Tendo em vista que até então, em 2020, importou-se cerca de 2000 toneladas líquido de Cloreto de

Benzalcônio, determinou-se que a indústria em questão seria responsável pela produção de metade dessa quantidade, ou seja, 1000 ton líquido/ano de Cloreto de Benzalcônio.

Com as quantidades de Cloreto de Benzalcônio de 1.000 ton/ano e de desinfetante a base desse composto de 1.415,85 ton/ano, foi possível partir para os cálculos de balanço de massa, para a determinação das correntes de entrada e saída dessa produção.

### 5.3.1. Enquadramento de porte do empreendimento

Na mesma resolução proposta pelo CONSEMA, os potenciais poluidores, além do porte de empreendimento e documentação necessária são descritos para cada tipo de atividade. Para a atividade de indústria química de desinfetante, proposta neste trabalho, obteve-se então, as seguintes informações descritas na Tabela 15 abaixo.

Tabela 15. Potencial de indústrias de limpeza por porte.

<b>20.81.00 - Fabricação de sabão, detergentes, desinfetantes, glicerina, preparados para limpeza e velas.</b>	
Potencial poluidor/Degradador:	Ar: M; Água: M; Solo: P; Geral: M
Porte pequeno	$0,1 \leq AU(3) \leq 0,2$ (RAP)
Porte médio	$0,2 < AU(3) < 1$ (RAP)
Porte grande	$AU(3) \geq 1$ (EAS)

Fonte: Res. CONSEMA Nº 98 (05/07/2017).

Dessa forma, observa-se que indústrias químicas de fabricação de sabão, detergentes e principalmente, desinfetantes (produto alvo desta empresa) possuem potencial poluidor médio para ar, água e pequeno potencial poluidor para o solo. Além

disso, para portes pequeno e médio têm-se a necessidade de apresentação do relatório ambiental prévio (RAP) para obtenção da licença ambiental prévia.

O tamanho da área útil geral é representado por AU(3), que abrange as áreas utilizadas pelo empreendimento para a realização da atividade licenciada incluídas, as áreas dos setores de apoio, às áreas destinadas à estocagem, à circulação, às manobras e ao estacionamento de veículos pesados, além das áreas efetivamente utilizadas ou reservadas para disposição ou tratamento de efluentes e resíduos. Essa área útil é medida em hectares e tem seu valor variando entre 0,1 e 0,2 para empresas de porte pequeno e 0,2 e 1 para empresas de porte médio.

Já para empresas de grande porte, tem-se a necessidade da apresentação do estudo ambiental simplificado (EAS), além de área útil geral maior ou igual a 1 hectare.

Assim, para a empresa deste trabalho em questão, tendo em vista as informações demonstradas na Tabela 15 acima, a produção anual de 1.415,85 ton/ano, calculada e a área total, área ocupada pelo pavilhão industrial, prédios auxiliares, localização, número de funcionários pode-se chegar aos dados dispostos na Tabela 16 abaixo.

Tabela 16. Dados do empreendimento desenvolvido.

<b>Dados da empresa</b>	
Localização	Distrito Industrial - Joinville-SC
Cidade	Joinville - Santa Catarina
Área do terreno	25.207 m <sup>2</sup>
Área do pavilhão industrial	110,84 m <sup>2</sup> (matéria prima) + 233,70 m <sup>2</sup> (escritório)
Área dos prédios auxiliares	28,065m x 39,365m = 1104,78 m <sup>2</sup>
Área total (considerando circulação)	2391,34 m <sup>2</sup>
Número de funcionários	85
Classificação da empresa	Empresa de grande porte

Fonte: Autores (2021).

Apesar da área da empresa ser inferior a 1 hectare, o que a classifica como empresa de médio porte de acordo com a Resolução CONSEMA N°98, a empresa foi classificada como de grande porte devido ao seu faturamento. Dessa forma, de acordo com a ANVISA e pela Política Nacional do Meio Ambiente, Lei 6938, por possuir faturamento anual superior a 50 milhões de reais, a presente empresa deste trabalho pôde ser enquadrada como Empresa de Grande porte - Grupo I.

### 5.3.2. Regime de trabalho

Para que a meta produtiva anual fosse atingida, optou-se pelo funcionamento de 18 horas diárias da empresa, distribuídas em 3 turnos de 6 horas, sendo que alguns cargos, como cargos de chefia no prédio auxiliar, são 2 turnos de 8 horas. Dessa forma, para os funcionários em geral os turnos são distribuídos pelos seguintes horários: funcionamento matinal (4h-10h), funcionamento vespertino (11h-17h) e funcionamento noturno (18h-00h). Quanto aos dias de operação, determinou-se que seriam 320 dias de funcionamento da indústria e 45 dias de paradas programadas. Essas paradas possuem objetivo de manutenção de equipamento, limpezas mais 'profundas' após determinado número de lotes produzidos e paradas preventivas e corretivas.

Logo, considerando o volume de produção, além da quantidade de turnos da empresa, chegou-se na estimativa de que seriam necessários 85 colaboradores para o funcionamento da indústria. São precisos, aproximadamente, 21 colaboradores no pavilhão industrial por turno e 13 colaboradores no prédio auxiliar (sendo 2 engenheiros químicos, 1 farmacêutico, 1 administrador e 9 auxiliares de cozinha). Além disso, considerou-se também a necessidade de 3 vigilantes por turno.

Os colaboradores que trabalham no pavilhão industrial foram distribuídos entre os processos e equipamentos utilizados na produção, além de considerar a necessidade de colaboradores que devem trabalhar no laboratório de qualidade, verificando amostras e concentrações das soluções obtidas.

### 5.3.3. Enquadramento de regime tributário do empreendimento

Tendo em vista o faturamento anual de R\$ 1.977.053.847,48 da empresa, a adesão ao Lucro Real torna-se obrigatória para empresas que possuem faturamento superior a 78 milhões de reais no período de apuração. Os impostos recolhidos por esse regime tributário são: IRPJ (Imposto de renda pessoa jurídica), CSLL (Contribuição social sobre lucro líquido), PIS (Programa de Integração Social) e Cofins (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social). O IRPJ e o CSLL são aplicados sobre o lucro líquido, sendo a alíquota de IRPJ de 15% sobre seu lucro. Para empresas que excedem o valor de R\$ 20 mil de lucro por mês, deve ser pago uma alíquota de 10%, sobre o total do valor excedente. Já o PIS e o Cofins são tributos recolhidos mensalmente, incidindo sobre a receita bruta (o faturamento da empresa). A Tabela 17 abaixo apresenta as alíquotas utilizadas para os impostos anteriores. Além disso, se faz necessário considerar o ICMS, Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços, do estado de Santa Catarina, onde se localiza a empresa.

Tabela 17. Taxas das alíquotas.

<b>Alíquotas</b>	<b>Taxa</b>
IRPJ	15%
	Adicional: 10% valor excedente
CSLL	9%
PIS	1,65%
Cofins	9%
ICMS	12%

Fonte: Autores (2021).

## 6. DEFINIÇÕES DO PROCESSO

### 6.1. ROTA TECNOLÓGICA

#### 6.1.1. Patentes utilizadas

##### 6.1.1.1. *Produção de Cloreto de Benzalcônio*

A patente EP 1505058-A1 foi adotada como a tecnologia base para o processo de produção do Cloreto de Benzalcônio, pois traz as tecnologias necessárias sobre a reação, bem como, as considerações e equipamentos a serem utilizados para melhor processamento. A descrição geral da patente pode ser vista na Figura 20.

(57) The invention is meant for chemical industry and is applicable in production of household sanitizers and detergents. A mixture of commercial tertiary amines or a mixture of straight-run tertiary amines is rectified and fed into the reactor for synthesis of a quaternary ammonium compound by a reaction of said mixture with benzyl chloride under stirring and at an elevated temperature. The mass ratio of the tertiary amines-benzyl chloride mixture is between 1.57 and 1.81. It is preferred that the use is made of benzyl chloride refined by distillation at the atmospheric pressure and a temperature of

177-178° C. The derived quaternary ammonium compound consists essentially of dimethyl dodecyl benzyl ammonium chloride and tetradecyl dimethylbenzyl ammonium chloride, the mass ratio of which is controllable. The product can be obtained in the form of gel. Where water or an organic solvent is added to the reaction mixture, a dissolved product is obtained. The product is free from alkyl radicals with the number of carbon atoms over 14, is low-toxic, and its purity is at least 95 mass %. The proposed invention renders it possible to use inexpensive and procurable raw materials, to lower energy intensity and process time, 1 claim, 1 fig., 3 tabl., 5 emb.

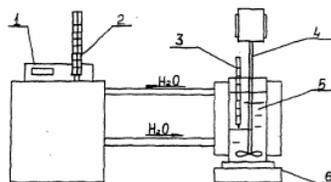


Figura 20. Descrição da Patente EP 1505058A1.

Fonte: (EP 1505058-A1, acesso em 14/09/2020).

Em suma, a patente apresenta a experimentação visando a produção de um cloreto de benzalcônio com pureza melhorada em relação a processos mais antigos, reduzir a toxicidade do produto final, bem como, simplificar o processo do mesmo objetivando a economia de energia e, como consequência, reduzir os custos de operação, enquanto preserva a eficiência máxima do produto final.

Assim, a patente baseia-se na reação entre o cloreto de benzila e uma mistura equimássica de duas aminas terciárias: a N,N-dimetiltetradecilamina e a N,N-dimetildodecilamina. Esta mistura de aminas foi justificada como uma forma de reduzir o custo de produção sem tornar o produto tóxico. Ainda, a patente apresenta 5 formulações diferentes para o processo, exibindo os dados de eficiência de cada uma e, visando uma melhor eficiência com um produto de interesse comercial, a formulação escolhida é

formada por uma equivalência mássica entre a mistura de aminas e o cloreto de benzila de 1:1,81 em base mássica. A formulação ainda conta com a adição de água de forma a produzir um cloreto de benzalcônio com concentração 50%.

Além da formulação usada para a reação, a patente ainda expõe as condições de operação e o tipo de equipamento utilizado. Assim, primeiramente ocorre um aquecimento das aminas e, após a mistura chegar a 40°C, o cloreto de benzila entra no sistema, assim como a água. O sistema continua aquecendo, sempre sob uma agitação de 200 rpm, fica por cerca de 2,5 horas a uma temperatura de 80°C e, após este período é transferido para um tanque de estabilização, onde o cloreto de benzalcônio é resfriado até a temperatura ambiente.

A patente ainda informa que cloreto de benzalcônio formado a partir destas condições possui a seguinte composição, exposta na tabela 18.

Tabela 18. Fração mássica de saída exposta pela invenção.

<b>Componente</b>	<b>% mássica</b>
Cloreto de Benzalcônio	97,23
Cloreto de Benzila	0,2
Clorododecano	0,01
Dimetil Dodecanamina	2,54
Clorotetradecano	0,01
Metilbenzil Dodecanamina	0,01

Fonte: EP1505058-A1 (2005).

### 6.1.1.2. *Produção do desinfetante concentrado a base de Cloreto de Benzalcônio*

Visando aplicar a um produto o princípio desinfetante concentrado do cloreto de benzalcônio, uma parcela da produção do mesmo visou a produção de um desinfetante a base de cloreto de benzalcônio, com base na patente WO 2002 065 839-A1. Essa patente descreve uma formulação de desinfetante para diversos usos, como tratamento de água, esterilização, conservação de equipamentos médicos, sanitização e desinfecção, além de outras aplicações, bastando apenas variar a concentração de cloreto de benzalcônio na formulação (indo de 0,0003% a 40%).

Para o desinfetante desenvolvido, visou-se principalmente, o uso em ambientes médico-hospitalares, ou seja, a utilização como sanitizante de objetos, superfícies, equipamentos que demandam uma maior desinfecção e maior propriedade antisséptica. Esse produto também pode ser utilizado como aplicação doméstica, mas sua diluição (tendo em vista a maior concentração de Cloreto de Benzalcônio, na fórmula) se faz necessária. O desinfetante a base de Cloreto de Benzalcônio possui ampla vantagem em relação à produtos desinfetantes clássicos, pois além da sua eficácia (equivalente à outros produtos sanitizantes) contra grande parte de microorganismos patógenos e contaminantes como vírus, os quais são formados por uma cápsula ou envoltórios proteicos, e bactérias, possui melhor biocompatibilidade com seres vivos eucarióticos, ou seja, não é um desinfetante agressivo a seres vivos superiores, como os seres humanos e animais.

O produto é basicamente uma dissolução aquosa do cloreto de benzalcônio com a adição de um agente quelante, que nesse caso, adotou-se o EDTA. Na Tabela 19, pode-se observar a formulação recomendada descrita na patente.

Tabela 19. Formulação geral do desinfetante descrito em WO 2002 065 839-A1.

<b>Substância</b>	<b>Concentração</b>
Cloreto de benzalcônio	0,0003-40% p/v

EDTA (agente quelante)	0,0003-2% p/v
Água desmineralizada	Completa-se o volume até se chegar a 1 litro de água

Fonte: WO 2002 065 839-A1 (2002).

Para o desinfetante espera-se desenvolver uma formulação com concentração de cloreto de benzalcônio de 10%, sendo adicionada uma formulação proporcional a essa concentração dos demais componentes. Essa concentração, que necessita de diluição antes do uso, visa uma alta eficiência para o produto desinfetante desenvolvido.

Para a produção desse desinfetante basta realizar a dissolução dos componentes principais (cloreto de benzalcônio e EDTA) em água desmineralizada de acordo com as proporções definidas no quadro 2. A dissolução ocorre de forma fácil, pois ambos os componentes são solúveis em água, mesmo em temperatura ambiente (não necessitando controle de temperatura para sua produção).

## 6.2. PROCESSO PRODUTIVO

O diagrama de blocos que apresenta o processo produtivo desenvolvido neste projeto é apresentado na Figura 21.

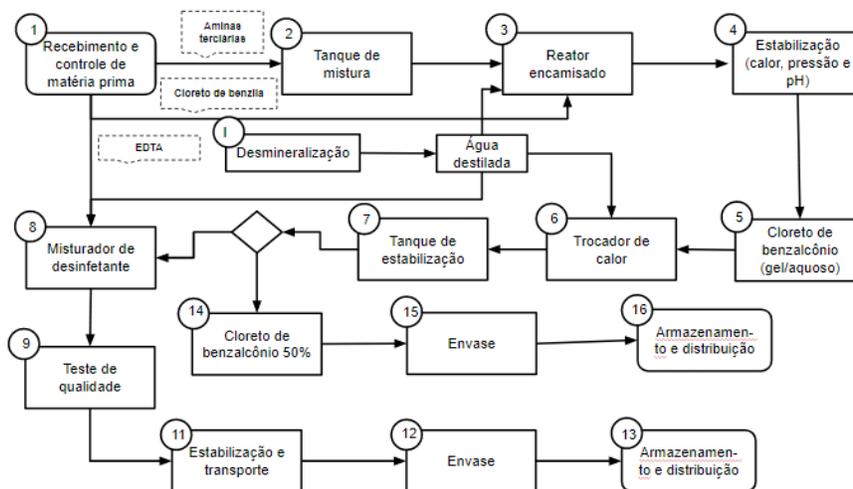


Figura 21. Processo produtivo da indústria desenvolvida.

Fonte: (Autores, 2020)

Como visto na Figura 21, a produção do Cloreto de Benzalcônio se dará por meio dos seguintes procedimentos: o recebimento da matéria prima, a mistura das aminas terciárias, a reação em um reator encamisado e a estabilização do produto para obter a substância alvo. Ao final dessa produção, este produto se dividirá em duas etapas concomitantes: a venda do Cloreto de Benzalcônio aquoso 50% para indústrias e o uso dessa substância para a produção de um desinfetante concentrado a base de Cloreto de Benzalcônio.

### 6.2.1. Produção do cloreto de benzalcônio

#### 6.2.1.1. *Recebimento da matéria prima*

O processo produtivo começa com o recebimento das matérias-primas necessárias para produção tanto da substância principal, quanto do produto final: as aminas terciárias, N,N-Dimetiltetradecilamina e N,N-Dimetildodecilamina, o cloreto de benzila e o EDTA – ácido etilenodiamino tetra-acético. As matérias primas são recebidas e armazenadas para devido controle, enquanto a água ficará disponível num tanque de armazenamento próprio (a temperatura, pressão e com manuseio adequado para cada substância), sendo utilizada conforme a necessidade do processo. É importante ressaltar que os reagentes são líquidos, com exceção do EDTA, que é vendido sólido. Dessa forma, o mesmo é armazenado em pellets, em local adequado, mas na mesma sala de recepção que as demais matérias.

#### 6.2.1.2. *Desmineralização de água*

Concomitantemente com o recebimento da matéria prima, inicia-se o processo de tratamento da água, a fim de obter-se água com qualidade superior. Água desmineralizada é necessária para formulação dos produtos finais, o desinfetante concentrado à base de Cloreto de Benzalcônio e o próprio Cloreto de Benzalcônio em uma solução 50%. Dessa forma, optou-se pela utilização de resinas trocadoras catiônicas, que removem íons como o Cálcio, Magnésios e resinas aniônicas,

responsáveis por eliminar íons Cloreto, Sulfato e Nitrato. Esse processo é denominado desmineralização e, em suma, elimina sais minerais presentes na água, obtendo-se água desmineralizada.

#### 6.2.1.3. *Tanque de mistura de aminas*

A mistura das aminas terciárias é realizada por uma questão econômica, a fim de diminuir o custo produtivo e maximizar o rendimento do Cloreto de Benzalcônio processado, de acordo com a invenção EP1505058-A1 utilizada como base para essa produção. Devido a isso, utiliza-se uma concentração de 50% para a N,N-Dimetiltetradecilamina e 50% para a N,N-Dimetildodecilamina, em proporções de massa, as quais reagem com cloreto de benzila. Pela proporção mássica entre os reagentes é possível definir a pureza final do Cloreto de Benzalcônio. No presente trabalho, utilizou-se uma proporção mássica da mistura de aminas em relação ao cloreto de benzila de 1,81:1, também embasado em experimento realizado pela patente, sendo o cloreto de benzila o reagente limitante da reação.

#### 6.2.1.4. *Reator encamisado*

A reação ocorre em um reator termostaticado de 800 L com camisa de aquecimento por energia elétrica, o qual é alimentado com a mistura de aminas e aquecido até 40°C sob agitação contínua de 200 rpm. Após, adiciona-se o cloreto de benzila com alto grau de pureza ao reator em pequenas porções, além da água desmineralizada que compõe a solução de cloreto de benzalcônio 50%, enquanto o calor aumenta até atingir a temperatura de 80°C. A reação ocorre por 2,5 horas e a fim de estimar o tempo de batelada, considerou-se 0,5h de tempo morto (tempo para enchimento e descarga do reator, assim como para aquecimento da camisa térmica). Ao final da reação, espera-se uma pureza de 97,23% (desconsiderando a água) do produto alvo.

#### 6.2.1.5. *Tanque de estabilização*

Após as etapas 2, 3 e 4 da Figura 21, se direciona o produto da reação exotérmica para um tanque de estabilização, onde o objetivo é controlar sua temperatura e pressão, que se elevam após a reação, até o armazenamento da substância nas condições devidas. Ao atingir os requisitos necessários, o Cloreto de Benzalcônio está apto para ser utilizado.

Em seguida à estabilização do produto da reação, o mesmo é direcionado para os dois objetivos da indústria. Uma parte é direcionada para o envase e posterior venda direta da solução de Cloreto de Benzalcônio 50% para outras indústrias químicas que o utilizam como matéria prima, enquanto a outra parte é destinada à produção do desinfetante concentrado a base de Cloreto de Benzalcônio. Tendo em vista a produção anual do desinfetante, já descrita em 1.5 PRODUÇÃO E PORTE DA INDÚSTRIA, de 1415,85 ton/ano e a formulação adotada para o desinfetante que será produzido, descrito pela patente WO 2002065839-A1, cerca de 10% do Cloreto de Benzalcônio produzido será designado para a produção do desinfetante e o restante será comercializado de forma direta.

#### 6.2.1.6. *Envase, armazenamento e distribuição*

Para o cloreto de benzalcônio 50%, que será comercializado para outras indústrias, o envase se dará em bombonas plásticas de 5L feitas de polietileno de alta densidade (HDPE).

A distribuição, conforme a demanda dos clientes, será realizada via transporte rodoviário e aéreo (em caso de longas distâncias) através de uma transportadora terceirizada.

### 6.2.2. Produção do desinfetante concentrado

A partir do Cloreto de Benzalcônio (provindo da etapa 5, vista na Figura 21), realizam-se as etapas necessárias para a formulação de um desinfetante à base do Cloreto de Benzalcônio produzido.

A patente WO 2002065839-A1 foi adotada como base para a produção do desinfetante final. Ela contém a formulação do produto desejado, a adaptação necessária para se garantir as características antissépticas do produto, bem como, a condução do processo de mistura e condições de manutenção.

#### 6.2.2.1. *Misturador de constituintes*

Ocorre então, a mistura dos componentes necessários para a formulação do desinfetante. São esses: água desmineralizada, EDTA e cloreto de benzalcônio. Essa mistura é feita através de um tanque de mistura com agitação constante e temperatura ambiente.

#### 6.2.2.2. *Adequação de concentrações e estabilização*

A partir da mistura dos componentes do desinfetante, observa-se nos controles as características esperadas e realiza-se, caso necessário, a adequação de concentrações do processo e a estabilização dos reagentes de acordo com a rota tecnológica adotada (WO 2002065839-A1). Com isso tem-se o produto desinfetante doméstico desejado.

#### 6.2.2.3. *Controle de qualidade*

Para comprovar a capacidade antisséptica do produto, realizam-se testes como o do coeficiente de fenol para comprovar a real efetividade do produto, aprovando ou não o lote produzido do desinfetante.

#### 6.2.2.4. *Envase, armazenamento e distribuição.*

A partir da conclusão do teste de qualidade, realiza-se o transporte do produto para envase a vácuo. Para o desinfetante concentrado à base de cloreto de benzalcônio, conforme legislação apresentada no item 3.1, seu envase se dará em embalagens de plástico com volume de 1L.

Cada embalagem será armazenada em caixas com 12 unidades mantidas na área de armazenamento até a distribuição, que, assim como no caso do cloreto de benzalcônio 50%, será feita via transporte rodoviário e aéreo por uma transportadora terceirizada, conforme demanda dos clientes.

## 7. TRATAMENTO DE EFLUENTES

O tratamento de efluentes de uma empresa é responsável por lidar com os subprodutos líquidos ou gasosos gerados por uma determinada operação. Tem como principal objetivo o tratamento correto de qualquer substância nociva, tanto para o ser humano quanto para o meio ambiente, para que seu descarte ou reaproveitamento possa ser realizado de maneira segura.

Tendo em vista que esta empresa não possui produtos ou reagentes gasosos, não se fez necessário pensar em rotas ou estratégias para o tratamento desses resíduos. Dessa forma, identificou-se que todos os efluentes da empresa seriam líquidos.

Como a empresa trabalha com a elaboração de um produto químico, que possui formulação exata, além de misturadores, que apenas interagem as soluções, considerou-se que o reator não gera subprodutos ou não gera subprodutos em que são necessárias etapas de tratamento posterior. Entretanto, tendo em vista a corrosividade do Cloreto de Benzalcônio, produto em questão, identificou-se que o fluido utilizado na limpeza do reator, quando a mesma se faz necessária, poderia ser considerado como efluente e seu tratamento seria necessário. Para fins de cálculo, considerou-se que todo Cloreto de Benzalcônio deixa o reator, entretanto, pode acontecer de alguma quantidade pequena de solução permanecer. Além disso, aponta-se também que as resinas de troca iônica e o filtro de carvão ativado do deionizador de água, responsáveis pela extração e captação dos sais na água da distribuidora, também precisam ser limpos a fim de evitar incrustações e mau funcionamento do equipamento.

Outros efluentes identificados foram os produtos saneantes produzidos que não estiverem em conformidade com o esperado. Durante o processo, algumas correções podem ser necessárias e realizadas pelos operadores e engenheiros, entretanto, existem situações em que o produto da batelada não atende aos requisitos e padrões de qualidade impostos pela Resolução-RDC Nº 34, de 16 de agosto de 2010 da ANVISA, gerando um efluente líquido. Dessa forma, esse efluente também deve ser tratado e descartado. A fim de evitar qualquer desperdício de matéria, que pode resultar em descarte químico, a empresa realiza os procedimentos operacionais padrão das boas

práticas de fabricação, descritas pela Resolução da diretoria colegiada – RDC Nº 47, de 25 de outubro de 2013 da ANVISA.

O tratamento dos efluentes acima citados se dá por meio da terceirização do serviço a uma companhia de Joinville de tratamento de efluentes industriais. Os mesmos são coletados e armazenados de maneira segura em local adequado, para que possa ocorrer a coleta pela outra empresa. As coletas ocorrem conforme a demanda de efluente armazenado, sendo principalmente, de forma semanal ou quinzenal.

## 8. CÁLCULO SIMPLIFICADO DA VIABILIDADE ECONÔMICA

Este capítulo visou analisar, inicialmente, uma possível viabilidade econômica para a indústria descrita. Para análise econômica da empresa vista neste capítulo, utilizou-se uma estrutura básica de receitas e custos, conforme a descrição do mesmo no modelo de negócios desenvolvido no capítulo de análise de mercado.

Nessa estrutura de custos da empresa, tem-se uma série de custos fixos para a elaboração dos produtos comercializados (desinfetante para consumidores finais e cloreto de benzalcônio com 50% de pureza para indústrias). Dentre estes custos, os principais são: a aquisição e manutenção de equipamentos, manutenção da estrutura da empresa, bem como salário dos associados e aquisição de recursos e pagamento dos serviços terceirizados.

Nos custos variáveis estão incluídos os custos associados às ações de marketing e promoção da empresa e custos de estocagem de matéria-prima e produtos finalizados.

### 8.1. ESTRUTURA DE CUSTOS

A estrutura de custos da empresa se divide basicamente, entre dois tipos: os custos fixos e os custos variáveis.

Os custos fixos são aqueles que não sofrem alteração de valor em caso de aumento ou diminuição da produção. Independem, portanto, do nível de atividade. Entre os custos desse tipo, os principais estão relacionados à compra e manutenção de equipamentos, manutenção e regulamentação da estrutura da empresa, salário dos colaboradores, aquisição de recursos e também o pagamento dos serviços terceirizados.

Já os custos variáveis são aqueles que variam proporcionalmente de acordo com o nível de produção ou atividades. Seus valores dependem diretamente do volume produzido ou volume de vendas efetivado em um determinado período. Os custos desse tipo, incluídos nessa análise, são os custos associados às ações de marketing e promoção da empresa, bem como, com estocagem de matéria-prima e produtos finalizados.

### 8.1.1. Custos com matéria prima

Para se realizar a análise de viabilidade econômica simplificada, levou-se em conta apenas os custos variáveis correspondentes à compra de matéria prima. Para a construção da indústria projetada, têm-se a necessidade de 4 reagentes.

Através da patente EP 1505058-A1, adotada como rota tecnológica do estudo, definiu-se 3 produtos principais para produção do cloreto de benzalcônio: cloreto de benzila e uma mistura de duas aminas (N,N-Dimetildodecilamina e a N,N-Dimetiltetradecilamina). Já na produção do desinfetante comercial concentrado, através da patente WO 2002065839-A1, são necessários mais 2 reagentes: água destilada e o EDTA.

Para cada um desses reagentes necessários na planta industrial, utilizou-se das informações disponíveis da plataforma alibaba e analisou-se o preço de mercado para os mesmos. É importante ressaltar que para a conversão de dólar para real, considerou-se o valor de U\$ 1,00 - R\$ 5,00, além disso, o custo do frete com a internalização do produto foi adicionado ao custo de aquisição de cada produto.

Tabela 20. Preço da matéria prima da produção.

<b>Componente</b>	<b>Valor (R\$/ton)</b>
Cloreto de benzila	7.000
N,N-Dimetildode-cilamina	82.500
N,N-Dimetiltetra-decilamina	82.500
EDTA	24.750

Fonte: Autores (2020).

### 8.2. FONTES DE RECEITAS

No projeto descrito, se utilizou uma fonte de receitas de duas frentes: o cloreto de benzalcônio com pureza de 50% com público-alvo para indústrias de todos os portes e um desinfetante com formulação de cloreto de benzalcônio, água e EDTA com foco no

consumidor final. Para cada um desses produtos finais definiu-se um preço de venda específico, correspondente ao seu mercado alvo.

#### 8.2.1. Cloreto de benzalcônio 50%

Com base nos dados de mercado, conforme pesquisa do veículo *Global Market Insight's* (2018) e nos custos para produção e distribuição do cloreto de benzalcônio com formulação de 50% de pureza, levou-se em conta um preço de aproximadamente R\$ 257,40 para o galão de 5 litros dessa formulação.

#### 8.2.2. Desinfetante à base de cloreto de benzalcônio

Para o desinfetante à base de cloreto de benzalcônio com concentração de 10% do mesmo, considerou-se uma breve pesquisa via *Google Shopping* (2020) para levantamento de no mínimo 3 fornecedores a fim de se ter uma média do preço de mercado, sendo essa média, o preço adotado para o desinfetante de uso doméstico à base de cloreto de benzalcônio, conforme a tabela 21.

Tabela 21. Preço do desinfetante a ser produzido.

<b>Fornecedor</b>	<b>Valor (em reais)</b>	<b>Unidade de venda</b>
Empresa 1	40,50	1L
Empresa 2	79,90	1L
Empresa 3	41,31	1L
Empresa 4	44,90	1L
<b>Média</b>	<b>51,65</b>	<b>Por unidade</b>

Fonte: Autores (2020).

### 8.3. Cálculo simplificado da viabilidade

Para a implantação da unidade industrial, faz-se necessário a realização do cálculo da viabilidade do empreendimento de forma simplificada, somente considerando os lucros com a venda nas duas frentes de atuação e os gastos com matéria prima.

Dessa forma, considerou-se uma demanda específica para os dois produtos da indústria projetada. Estimou-se uma produção anual de 900 toneladas (900.000 kg) de cloreto de benzalcônio a ser vendido na concentração de 50%, enquanto estimou-se uma produção de 1.415,85 toneladas ao ano (1.415.850 kg) de desinfetante a base de cloreto de benzalcônio para uso doméstico, sendo que sua formulação envolve 10% p/v de cloreto de benzalcônio. Isso reflete uma produção de 75.000 kg ao mês com destino à comercialização de cloreto de benzalcônio 50% e para a produção de desinfetante estima-se a utilização de 8.333,33 kg ao mês de cloreto de benzalcônio. Totalizando uma produção mensal de 83.333,33 kg de cloreto de benzalcônio.

Assumindo que toda essa quantidade produzida seja vendida mensalmente, a receita bruta mensal seria de R\$ 9.986.191,47, com faturamento anual de R\$ 119.834.297,66. A quantidade de matéria prima necessária para a produção está presente na Tabela 22. Com as necessidades mensais se fez a multiplicação com os valores por quilo para se estimar o custo mensal com a matéria prima.

Tabela 22. Quantidade de matéria prima necessária.

<b>Matéria prima</b>	<b>Valor por kg (em R\$)</b>	<b>Quantidade necessária (ao mês em kg)</b>	<b>Valor total mensal (em R\$)</b>
Cloreto de Benzila	7,00	17.499,87	122.499,09
N,N-Dimetildodecilamina	82,50	15.837,37	1.306.583,03
N,N-Dimetiltetradecilamina	82,50	15.837,37	1.306.583,03
Água	0,00839	148.836,24	1.248,74

EDTA	24,75	67,04	1.659,18
Total		198.007,89	2.738.573,07

Fonte: Autores (2020).

O cálculo do valor para a aquisição de matéria-prima é feito considerando-se que sejam adquiridos os 198.007,89 kg de matéria prima, porém, espera-se obter parcerias, firmadas, dentro do possível, antes do começo do funcionamento da empresa visando abatimento desse custo.

Por fim, com todas as considerações feitas, realizou-se a subtração do faturamento bruto com os custos totais, chegando-se a um lucro bruto de R\$ 4.780.183,23 mensais correspondente a R\$ 57.362.198,79 anuais. Lembrando que todas as considerações feitas são apenas para iniciar, pois cálculos mais precisos e completos serão efetuados na seção 14 de viabilidade econômica do projeto.

Tais valores foram utilizados somente para direcionar quanto à viabilidade do projeto, que nesse primeiro momento, se mostra viável. Ademais, os itens como: maquinário, despesa com funcionários, serviços terceirizados, entre outros serão englobados em cálculos mais precisos na Análise da Viabilidade Econômica da seção 14.

## 9. BALANÇO DE MASSA

### 9.1. BALANÇO DE MASSA GLOBAL

O balanço de massa global para a produção de cloreto de benzalcônio e para o desinfetante concentrado à base de cloreto de benzalcônio foi realizado. Considerou-se todas as entradas do processo e todas as suas saídas, inclusive de demanda de água necessária para a produção. Dessa forma, têm-se que entrada é igual a saída.

Algumas considerações adotadas para o balanço de massa global estão apresentadas na Tabela 23 abaixo e seus respectivos cálculos estão presentes no 'APÊNDICE A - Balanço de Massa'. Os dados obtidos para o balanço global podem ser visualizados na Tabela 24.

Tabela 23. Considerações de cálculo.

Item	Valor
Produção anual de Cloreto de Benzalcônio (ton/ano)	1000
Produção anual de desinfetante (ton/ano)	1415,85
Tempo de operação da indústria (h/dia)	18
Número de bateladas tanto para desinfetante quanto para o Cloreto	6
Tempo da batelada (h) [tempo de operação + tempo morto]	3
Dias de operação da indústria	320
Produção por batelada de Cloreto de Benzalcônio (kg/bat)	520,833
Produção por batelada de desinfetante (kg/bat)	737,421

Fonte: Autores (2020).

Tabela 24. Dados obtidos pelo balanço de massa global na entrada.

Item	Valor (kg/bat)
------	----------------

Massa de aminas utilizada	172,52
Massa de cloreto de benzila utilizados	95,32
Consumo de água desmineralizada	1099,99
Massa de inertes	15,251
Massa de EDTA utilizado	0,372
<b>Total</b>	<b>1383,453</b>

Fonte: Autores (2020).

Além disso, para mais fácil visualização dos balanços, construiu-se o fluxograma do processo, levando em conta todas as entradas e saídas dos equipamentos, como exposto na Figura 22 abaixo.

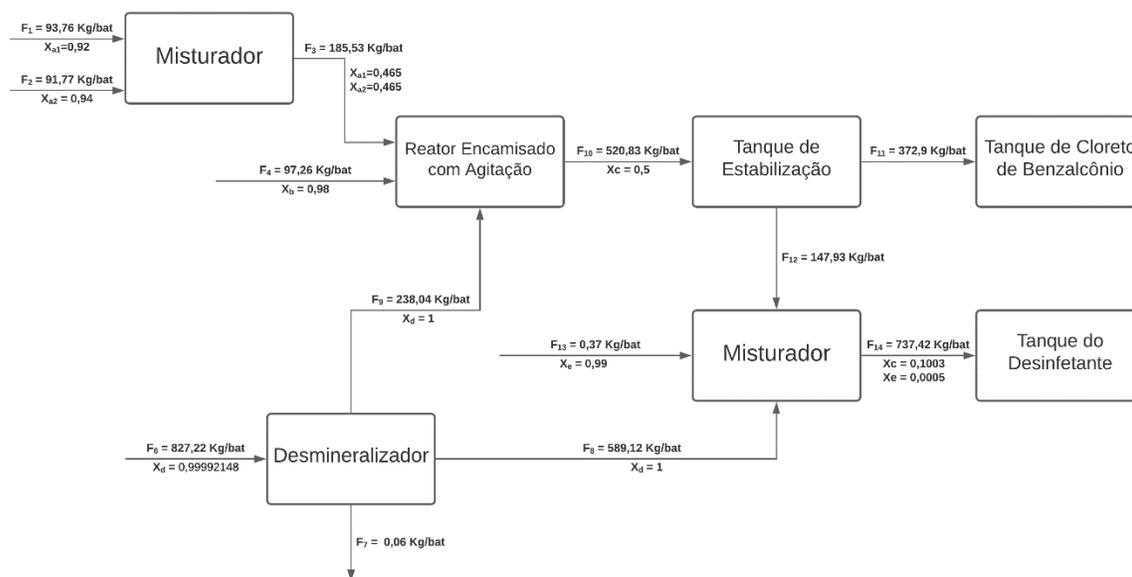


Figura 22. Fluxograma do processo com correntes detalhadas.

Fonte: Autores (2020).

## 9.2. BALANÇO DE MASSA PARCIAL

### 9.2.1. Balanço de massa no misturador de aminas

Antes de irem para o reator, as duas aminas terciárias utilizadas, N,N-Dimetiltetradecilamina e N,N-Dimetildodecilamina, passaram por um misturador, de

forma a garantir a mistura equimássica. Para os cálculos do balanço, considerou-se a massa das duas aminas e a pureza de cada uma delas.

O resultado deste balanço pode ser observado na Tabela 25.

Tabela 25. Balanço de massa para o misturador de aminas.

<b>Item</b>	<b>Massa (kg/bat)</b>
Massa de N,N-Dimetiltetradecilamina	86,26
Massa de N,N-Dimetildodecilamina	86,26
Massa de Inertes	13,01
<b>Massa total</b>	<b>185,53</b>

Fonte: Autores (2020).

### 9.2.2. Reator de cloreto de benzalcônio

Para os cálculos no balanço de massa no reator fez-se as considerações de produção já expostas na anteriormente, além da consideração de uma composição 50% e pureza de 97,23% ao final do processo para a substância em questão. Além disso, fez-se uso da informação fornecida pela patente base EP1505058-A1 de que a proporção mássica entre as aminas terciárias e o cloreto de benzila é de 1,81:1, respectivamente.

Os valores obtidos estão expostos na Tabela 26 e 27 abaixo.

Tabela 26. Frações mássicas obtidas no reator batelada de Cloreto de Benzalcônio.

<b>Fração Mássica</b>	<b>Balanço de Massa da Batelada no Reator</b>			
	<b>Corrente Entrada 1</b>	<b>Corrente Entrada 2</b>	<b>Corrente Entrada Água</b>	<b>Corrente de Saída</b>
Amina tetradecil	0,4649	0	-	-
Amina dodecil	0,4649	0	-	-
Cloreto de benzila	-	0,98	-	0,001028
Cloreto de	-	-	-	0,5

benzalcônio				
Resíduos	-	-	-	0,01321
Inertes	0,0701	0,02	-	0,02928
Água desmineralizada	-	-	1	0,45647

Fonte: Autores (2020).

Tabela 27. Dados obtidos para o balanço de massa no reator de cloreto de benzalcônio.

<b>Massa (kg/bat)</b>	<b>Corrente Entrada 1</b>	<b>Corrente Entrada 2</b>	<b>Corrente Entrada de Água</b>	<b>Corrente Saída</b>
Amina tetradecil	86,26	-	-	-
Amina dodecil	86,26	-	-	-
Cloreto de benzila	-	95,32	-	0,54
Cloreto de benzalcônio	-	-	-	260,42
Resíduos	-	-	-	6,88
Inertes	13,01	1,94	-	14,95
Água desmineralizada	-	-	238,04	238,04
<b>Total (kg/bat)</b>	<b>185,53</b>	<b>97,26</b>	<b>238,04</b>	<b>520,83</b>

Fonte: Autores (2020).

### 9.2.3. Balanço de massa no misturador do desinfetante

O cálculo do balanço de massa desta etapa envolveu parte do cloreto de benzalcônio produzido no reator (sendo mantidas as frações mássicas de composição),

EDTA e a água destilada, que apenas foram misturados. Na saída do tanque de mistura, tem-se apenas uma corrente, a do desinfetante.

Nas tabelas 28 e 29 abaixo, observam-se os resultados destes cálculos.

Tabela 28. Frações mássicas obtidas no misturador de desinfetante.

Fração Mássica	Balanço de Massa da Batelada no Misturador de Desinfetante			
	Corrente Entrada 1	Corrente Entrada 2	Corrente Entrada Água	Corrente Saída
Cloreto de benzalcônio	0,5	-	-	0,1003
EDTA	-	0,99	-	0,0005
Inertes	0,04352	0,01	-	0,008736
Água desmineralizada	0,45647	-	1	0,89046

Fonte: Autores (2020).

Tabela 29. Dados obtidos para o balanço de massa no desinfetante.

Massa (kg/bat)	Corrente Entrada 1	Corrente Entrada 2	Corrente Entrada de Água	Corrente Saída
Cloreto de benzalcônio	73,9632	-	-	73,9632
EDTA	-	0,36871	-	0,36871
Inertes	6,4387	0,003724	-	6,44248
Água desmineralizada	67,5245	-	589,1215	656,6460
<b>Total (kg/bat)</b>	<b>147,9265</b>	<b>0,37243</b>	<b>589,1215</b>	<b>737,4205</b>

Fonte: Autores (2020).



## 10. BALANÇO DE ENERGIA

### 10.1. REATOR DE CLORETO DE BENZALCÔNIO

O reator utilizado para a produção de cloreto de benzalcônio necessita de agitação de 200 rpm, além de ser aquecido, através da camisa térmica, até uma temperatura de 80°C, demandada para a reação ocorrer. Desta forma, realizou-se o cálculo da potência requerida pelo agitador, chegando-se a um valor de 232,09 W. Ainda, a partir dos dados do sistema, também previu-se a quantidade de energia requerida para o aquecimento do reator, que foi de 24.921,88 KJ/batelada.

Todas as informações referentes às considerações adotadas e aos cálculos realizados para o balanço de energia do reator podem ser conferidas no APÊNDICE B.

### 10.2. TROCADOR DE CALOR

O trocador de calor possui o papel fundamental de resfriar a solução de cloreto de benzalcônio de 80°C para 40°C. Nesta operação, é utilizada como fluido refrigerante água destilada em temperatura de 25°C até atingir 30°C. A troca de calor envolvida neste processo é de 18.010,445 KJ, desta forma, através do método DTML, obteve-se um  $\Delta T = 29,07^\circ\text{C}$ , fator de correção  $f = 0,96$ , e ainda, aferiu-se o coeficiente global de transferência de calor ( $U = 166,84 \frac{W}{m^2.K}$ ) para realização do dimensionamento do equipamento.

## 11. PROJETO DOS EQUIPAMENTOS

### 11.1. TANQUES DE MATÉRIA PRIMA

#### 11.1.1. Tanque de N,N-Dimetildodecilamina

Sabe-se que por batelada são utilizados 86,26 kg de amina e que são realizadas 6 bateladas por dia, totalizando 517,56 kg por dia. Calculou-se o volume para o composto, considerando que a densidade da N,N-Dimetildodecilamina a 20°C é 787 kg/m<sup>3</sup>. Dessa forma, obteve-se que o volume ocupado pela solução de aminas é 0,6576 m<sup>3</sup> por dia. Tendo em vista que o carregamento do mesmo será quinzenal, optou-se então pela compra de um tanque de 10000L de fibra de vidro, resistente a produtos químicos que podem ser corrosivos. O comprimento do tanque é de 8 metros. Além disso, o tanque escolhido possui peso leve, alta resistência, impermeabilidade, além de isolamento térmico. O equipamento escolhido pode ser encontrado no ANEXO C.

#### 11.1.2. Tanque de N,N-Dimetiltetradecilamina

Da mesma forma como realizado com a amina anterior, transformou-se a massa da N,N-Dimetiltetradecilamina de 86,26 kg/batelada para volume, considerando a densidade de 795 kg/m<sup>3</sup>. Dessa forma, obtêm-se um volume total diário de 0,651 m<sup>3</sup>. Concomitantemente, fez-se compra de um mesmo tanque de 10000L para os 15 dias de operação. O equipamento escolhido por ser encontrado no ANEXO C.

#### 11.1.3. Tanque de cloreto de benzila

Para cada batelada adotada na produção, sabe-se pelo balanço de massa que são necessários 97,26 kg de cloreto de benzila, onde, ao se realizar 6 bateladas diárias, há uma necessidade de 583,56 kg por dia da substância. Com base na densidade do cloreto de benzila de 1100 kg/m<sup>3</sup>, é possível converter essa massa em uma volume, obtendo-se uma necessidade em volume dessa substância de 0,5305 m<sup>3</sup> por dia (equivalente a 530,4 L diários). Com base na logística de recebimento de matéria prima que se dará de forma quinzenal e, levando em conta a necessidade de um tanque de

armazenamento com material específico de formação, optou-se pela compra de um tanque de 10 m<sup>3</sup> (ou 10000 L).

As dimensões desse tanque são de 5,940 m, 1,620 m, 2,040 m, onde essas dimensões representam comprimento, largura e altura, respectivamente. Esse tanque adotado é formado de ao Q345R que possui características como antioxidação, peso leve e alta resistência.

O equipamento escolhido por ser encontrado no ANEXO C.

#### 11.1.4. Armazenamento do EDTA

Já no caso do EDTA utilizado como agente quelante na produção do desinfetante, sabe-se que para cada batelada adotada na produção são necessários 0,3724 kg da substância. O EDTA adotado para compra é recebido na sua forma natural, sólido, havendo necessidade de se estocar no formato de pallets. A solubilidade do EDTA é de 0,001 mol/L em água, segundo Gustavo Andere de Deus (2005). Sendo assim, com a massa molar do EDTA de 292,24 g/mol, a demanda de EDTA diário se equivale à 1,14697 mol da substância, sendo então necessários 1146,97 litros de água para a dissolução do EDTA.

Entretanto, devido a quantidade de água demandada pelo misturador de desinfetante ser mais de 1000 vezes superior a quantidade exigida de EDTA, optou-se por não diluir o reagente previamente, pois a diluição ocorre já no misturador de desinfetante. É importante ressaltar que isso foi apenas possível devido à baixa demanda deste reagente em relação ao seu solvente, que já faz parte da composição do produto final. Além disso, deve-se atentar a conservação do produto, com boa vedação, a temperatura ambiente e ao abrigo da luz.

Dessa forma, o mesmo será estocado em pellets e armazenado de maneira própria, na mesma sala que os demais reagentes. Tendo em vista a baixa quantidade desse reagente na produção do desinfetante, a fim de facilitar e diminuir custos com maquinários, o mesmo será adicionado manualmente, por um operador responsável pelo

misturador de desinfetante. Assim, utilizando EPI's adequados, que garantam a segurança do operador e do processo, optou-se por essa rota.

### 11.2. DESMINERALIZADOR DE ÁGUA

Tendo em vista a grande necessidade de água no processo, fez-se necessário a compra de um equipamento desmineralizador de água que pudesse fornecer a quantidade exigida pelo processo e que fornecesse essa matéria prima com maior pureza possível e permitida para a formulação de produtos saneantes. Dessa forma, realizou-se a compra de um deionizador pressurizado que trabalha conjuntamente com um sistema de osmose reversa. O deionizador utiliza resina de troca iônica catiônica e aniônica, dispostas em mesma coluna como leito-misto e o instrumento de osmose reversa possui um pré-filtro de Polipropileno 5 micra e um pré-filtro de Carvão Ativado.

O processo demanda 238,04 kg/batelada de água para ser utilizada no reator e 861,95 kg/batelada para ser utilizada no trocador de calor e resfriar a solução de Cloreto que sai do reator. Após a saída do trocador de calor, 589,1215 kg/batelada de água são reaproveitados no misturador do desinfetante. Dessa forma, são necessários 1099,99 kg/batelada de água. Considerando a densidade da água para a mesma temperatura ambiente adotada para as aminas, de 20°C, tem-se 1103,3 L/bat. O equipamento de desmineralização utilizado também está disposto no ANEXO C.

### 11.3. MISTURADOR DE AMINAS

A fim de obter elevado rendimento na reação do Cloreto de Benzalcônio e visando a economia de custos com matéria prima, fez-se a mistura das duas aminas 50% de N,N-Dimetiltetradecilamina com 50% de N,N-Dimetildodecilamina. Foi necessário a compra de um misturador, sendo esse um tanque com agitação. Utilizou-se um impelidor do tipo turbinas de pás inclinadas de 45° de fluxo axial. Os dados obtidos de dimensionamento do misturador estão expostos na tabela 30 abaixo e os cálculos realizados no APÊNDICE C.

Com esses valores também foi possível a seleção do equipamento necessário e o mesmo está disposto no ANEXO C.

Tabela 30. Dados de dimensionamento do misturador de aminas.

<b>Dimensões</b>	<b>Valores</b>
Volume do tanque (m <sup>3</sup> )	0,5
Volume de líquido (m <sup>3</sup> )	0,2345
Altura do tanque (m)	0,995
Diâmetro do tanque (m)	0,8
Diâmetro do impelidor (m)	0,333
Número de rotações (rps)	1
NP0	1,5
Potência requerida (W)	22,4996
Nível de agitação	Suave - 0,1287 HP

Fonte: Autores (2020).

#### 11.4. REATOR ENCAMISADO

Para o dimensionamento do reator encamisado, é necessário levar em conta três fatores principais: volume interno, agitação e troca térmica.

##### 11.4.1. Volume interno

O volume interno do reator foi definido com base no balanço de massa. Tendo em vista que em uma batelada, são gerados 520,83 kg de cloreto de benzalcônio 50%, utilizou-se a massa específica do cloreto de benzalcônio de 992,85 kg/m<sup>3</sup> para chegar a um valor de volume ocupado pelo cloreto de benzalcônio de 524,58 L. Como o conteúdo do reator está sob agitação e a uma temperatura de 80°C, adicionou-se um volume de segurança, chegando a um volume interno do reator de 800 L ou 0,8 m<sup>3</sup>.

#### 11.4.2. Agitação

O processo de formação do cloreto de benzalcônio ocorre sob uma agitação de 200 rpm. Desta forma, precisou-se calcular as dimensões do agitador. Os dados encontrados estão dispostos na tabela 31 e os cálculos realizados podem ser observados no APÊNDICE C.

Tabela 31. Dimensões do tanque do reator encamisado.

<b>Dimensões</b>	<b>Valores</b>
Volume do tanque (m <sup>3</sup> )	0,8
Volume de líquido (m <sup>3</sup> )	0,5246
Altura do tanque (m)	1,592
Diâmetro do tanque (m)	1
Diâmetro do impelidor (m)	0,333
Número de rotações (rps)	3,333
NP0	1,5
Potência requerida (W)	232,09
Nível de agitação	Forte - 0,6 HP

Fonte: Autores (2020).

#### 11.4.3. Camisa térmica

A camisa térmica do reator é necessária para que a temperatura da mistura seja elevada e mantida em 80°C. Para isto, utilizou-se uma resistência do tipo fio Kanthal<sup>®</sup> de 4mm posicionada no exterior do reator. Assim, calculou-se o comprimento do fio, de 37,87 m, a partir do calor necessário para o aquecimento da mistura, que é de 24.921,88 kJ/batelada ou 2769,09 W. O cálculo do calor necessário para o aquecimento e o dimensionamento do fio podem ser conferidos no APÊNDICE F.

### 11.5. TROCADOR DE CALOR

O dimensionamento do trocador de calor é influenciado por muitas variáveis, como: massa do fluido quente e frio que passa pelo trocador, temperatura de entrada e saída das correntes, tipo de geometria do equipamento, sentido do fluxo, etc. A partir das informações obtidas no balanço de energia, calculou-se a área de troca térmica necessária ( $A = 12,89 \text{ m}^2$ ) e buscou-se um equipamento que cumpra o objetivo do processo. As dimensões e configurações do dispositivo estão disponíveis na tabela 32. Além disso, é possível obter mais informações e detalhamento dos cálculos no APÊNDICE C.

Tabela 32. Dimensões e configurações do trocador de calor.

Variável	Valor
Massa do cloreto de benzalcônio	520,83 kg/bat
Massa da água destilada	861,95 kg/bat
Temperatura de entrada do cloreto de benzalcônio	80 °C
Temperatura de saída do cloreto de benzalcônio	40 °C
Temperatura de entrada da água destilada	25 °C
Temperatura de saída da água destilada	30 °C
Troca térmica do processo	18.010,45 kJ
Diferença média logarítmica de temperatura	29,07 °C
Coeficiente global de transferência de calor	166,84 W/m <sup>2</sup> K
Área do trocador de calor	14,72 m <sup>2</sup>
Número de tubos do trocador de calor	40
Comprimento dos tubos do trocador de calor	2 m
Comprimento do trocador de calor	2,12 m

Diâmetro dos tubos do trocador de calor	0,014 m
Diâmetro do casco do trocador de calor	0,26 m
Número de passes	2

Fonte: Autores (2021)

### 11.6. TANQUE DE ESTABILIZAÇÃO

Após sair do trocador de calor, a mistura de cloreto de benzalcônio vai ser resfriada no tanque de estabilização até atingir temperatura ambiente e estabilização da solução. Tendo em vista a massa que sai do reator é de 520,833 kg/batelada e a densidade do cloreto de benzalcônio de  $980 \text{ kg/m}^3$  obtém-se um volume de  $0,5315 \text{ m}^3$ /batelada. Ou seja, considerando-se uma margem de tamanho de 6 bateladas, o tanque escolhido precisaria ter disponibilidade de volume de pelo menos  $3,189 \text{ m}^3$ . Porém, com levantamento de mercado de equipamentos e levando em conta a disponibilidade do mercado o tanque adotado para estabilização está de acordo com a descrição presente no APÊNDICE C, com uma capacidade máxima de  $15 \text{ m}^3$  (15000 litros) e dimensões de 2,40 m de comprimento, 2,40 m de largura e 7,552 m de altura.

### 11.7. TANQUE DE CLORETO DE BENZALCÔNIO CONCENTRADO

Após a reação para produção do cloreto de benzalcônio, sabe-se que parte da produção será destinada para produção do desinfetante de forma caseira e parte direcionada para comercialização da substância. Sendo assim, a parte da produção destinada a ser comercializada como matéria prima necessita de um armazenamento efetivo, logo, necessita-se o dimensionamento de um tanque de armazenamento de cloreto de benzalcônio.

Há uma necessidade de 3,125 toneladas (3125 kg) de cloreto de benzalcônio produzido diariamente, levando em conta todas as 6 bateladas. Logo, considerando a massa específica do cloreto de benzalcônio de  $980 \text{ kg/m}^3$ , é possível converter essa

massa diária em volume, obtendo-se uma necessidade em volume dessa substância de 3,1888 m<sup>3</sup> por dia (equivalente a 3188,8 L diários).

Sendo assim, levando em conta que haja uma previsão na logística de se despachar pelo menos metade dessa quantidade para estoque ou para venda diariamente, leva-se em conta uma margem de erro de 50% para dimensionamento do tanque. Sendo assim, é necessário um tanque de armazenamento que comporte, 4783,2 L, dimensionando-se um tanque de 5000 L para armazenamento do cloreto de benzalcônio comercializado como matéria prima com foco no uso industrial.

Logo, conforme a disponibilidade de mercado e para garantia de estoque, caso a capacidade de produção ultrapasse o esperado, o tanque de armazenamento de cloreto de benzalcônio utilizado será o presente no APÊNDICE C, com uma capacidade máxima de 15 m<sup>3</sup> (15000 litros) e dimensões de 2,40 m de comprimento, 2,40 m de largura e 7,552 m de altura.

#### 11.8. MISTURADOR DO DESINFETANTE

Para a realização da mistura da formulação de desinfetante de uso doméstico, considerou-se necessária a compra de um tanque misturador. Utilizou-se um impelidor do tipo turbinas de pás inclinadas de 45° de fluxo axial. Os dados obtidos de dimensionamento do misturador estão expostos na tabela 33 abaixo e os cálculos realizados no APÊNDICE C.

Com esses valores também foi possível a seleção do equipamento necessário e o mesmo está disposto no ANEXO C.

Tabela 33. Dimensões do misturador de desinfetante.

<b>Dimensões</b>	<b>Valores</b>
Volume do tanque (m <sup>3</sup> )	1
Volume de líquido (m <sup>3</sup> )	0,6724
Altura do tanque (m)	1,273

Diâmetro do tanque (m)	1
Diâmetro do impelidor (m)	0,333
Número de rotações (rps)	1
NPO	1,5
Potência requerida (W)	36,8
Nível de agitação	Suave - 0,07 HP

---

Fonte: Autores (2021).

### 11.9. TANQUE DO DESINFETANTE

Após a mistura realizada no misturador do desinfetante, a solução pronta é colocada no tanque do desinfetante, esperando para ser envasada e expedida. Dessa forma, considerou-se a massa de entrada no tanque de desinfetante igual a massa de saída do misturador. Calculou-se o volume para o composto, considerando que a massa de desinfetante obtida é de 737,4206 kg/batelada e que a densidade do composto é de 996,978 kg/m<sup>3</sup>. Obteve-se que o volume ocupado pela solução de desinfetante é 0,7396 m<sup>3</sup> por batelada. Sabendo-se que é necessário deixar um volume de segurança, optou-se pela compra de um tanque que pudesse armazenar no mínimo o valor de volume de desinfetante correspondente a seis bateladas do processo (número de produção do dia), ou seja, 4,4379 m<sup>3</sup>. Realizou-se a compra do mesmo equipamento que o utilizado para o tanque de cloreto de benzila, um tanque de 10 m<sup>3</sup>

O equipamento escolhido pode ser encontrado no ANEXO C.

### 11.10. TANQUES RESERVATÓRIOS DE ÁGUA

Com o intuito de maior eficiência na utilização da água provinda da concessionária de água na região industrial, adaptou-se a planta para se ter uma extração prévia da água e armazená-la para utilizá-la conforme a demanda diária da planta industrial. Logo, previu-se a instalação de três tanques reservatórios de água. Um dos tanques tem o objetivo de abastecer o pavilhão industrial e outro para abastecer o prédio auxiliar

(administrativo), como pode-se observar no APÊNDICE G. Ainda, se possui um terceiro tanque com o objetivo de armazenar água destilada, que é utilizada no processo produtivo.

O primeiro tanque tem como objetivo abastecer o pavilhão industrial, contando com uma demanda de 14452 L referente aos banheiros, bebedouros, lavatórios e laboratório de controle de qualidade. O segundo tanque armazenará a água destilada necessária no processo, sabendo-se que tem uma demanda de 826,8681 kg/batelada de água destilada, sendo 237,7465 kg/batelada de água para ser utilizada no reator e 589,1216 kg/batelada para produção do desinfetante de uso doméstico. Logo, levando em conta uma densidade de 1 kg/L da água, tem-se um volume necessário de 826,868 L/dia.

Já para o prédio auxiliar, há uma demanda diária de 6450,5 L/dia, melhor especificada no tópico 12.3.1.2. *Demanda de água fria no prédio auxiliar.*

Considerando a mesma margem de erro que para os equipamentos anteriores, concluiu-se a necessidade de compra de um tanque de 16000L para o pavilhão industrial, de 8000L para o prédio auxiliar e um tanque de armazenamento de água destilada de 1000L.

## 12. PROJETO DE INSTALAÇÃO INDUSTRIAL

A partir do conhecimento de todo o processo produtivo da indústria, foi possível projetar as instalações industriais necessárias. Tendo em vista a matéria prima e a saída de produto, o layout de produção pôde ser definido de acordo com o porte da empresa e a melhor distribuição de cada equipamento.

Dessa forma, através do estudo do consumo e demanda de cada equipamento e também instalações industriais, foi possível realizar o dimensionamento da tubulação, tanto da utilidade principal, como a água, como de matérias primas e produtos.

### 12.1. PLANTA BAIXA DA INDÚSTRIA

A planta baixa da indústria foi projetada utilizando o software Visio, como presente no APÊNDICE G. O projeto consiste em organizar o processo produtivo e dependências. A planta deste trabalho contém, principalmente, os equipamentos do processo, as correntes e tubulações que serão dimensionadas no próximo item, além de dependências, como a cozinha e lavatórios e visão geral do prédio auxiliar situado ao lado do pavilhão industrial.

### 12.2. PROJETO DE INSTALAÇÕES DAS UTILIDADES

A utilidade de água fria, tanto no pavilhão industrial quanto no prédio auxiliar pôde, então, ser dimensionada. Calculou-se a potência das bombas necessárias, além da perda de carga dos acessórios e da tubulação.

Além disso, dimensionou-se também as instalações de reagentes e produtos utilizados no processo produtivo. Tendo em vista que são todos líquidos, com exceção do EDTA o qual é sólido e inserido manualmente no misturador de desinfetante, pôde-se também calcular e distribuir as bombas no processo e determinar a perda de carga.

### 12.3. INSTALAÇÕES E DIMENSIONAMENTO DAS INSTALAÇÕES

#### 12.3.1. Tubulação de água fria

##### 12.3.1.1. *Demanda de água fria no pavilhão industrial*

O processo produtivo em questão demanda de água fria tanto para os equipamentos utilizados quanto para fornecimento tanto em lavatórios e bebedouro. É necessário ressaltar que toda a água fria utilizada no processo produtivo, ou seja, que é utilizada como matéria prima para o produto final, é tratada antes pelo desmineralizador de água. Além disso, como apresentado pelo item '7.5. TROCADOR DE CALOR', são necessários 861,95 kg/batelada de água destilada para resfriar a solução de cloreto de benzalcônio após sua saída do reator. Depois do resfriamento da solução, parte da água de saída é encaminhada para o misturador de desinfetante, que necessita de 589,1215 kg/batelada de água destilada. Assim, ocorre a bifurcação da tubulação de saída do trocador, em que essa vazão é destinada ao misturador e o restante é encaminhado ao reservatório de água do pavilhão auxiliar, como demonstrado na planta baixa anexada a esse trabalho.

Dessa forma, a Tabela 34 abaixo representa a demanda de água fria das instalações no pavilhão industrial.

Tabela 34. Demanda de água fria.

Equipamento/ Dependência	Demanda total	
	m <sup>3</sup> /batelada	L/dia
Reator encamisado	0,2384	1430,77
Trocador de calor	0,8645	5202,87
Lavatórios (Chuveiros, torneiras e sanitários)	-	7128
Bebedouro	-	144
Laboratório de controle de	-	50

qualidade		
<b>Total</b>	<b>1,1029</b>	<b>13955,64</b>

Fonte: Autores (2020).

De acordo com Macintyre são necessários 3 sanitários para cada 25 a 49 pessoas. Como no pavilhão industrial tem-se 72 funcionários distribuídos em 3 turnos, optou-se pela instalação de 4 sanitários, 2 masculinos e 2 femininos. Considerando que uma descarga é equivalente a 7 L de água, que a duração da mesma é de 30 segundos e que um operário utiliza o sanitário até 4 vezes ao dia, estima-se um consumo diário de 1008 L/dia de água fria. Tendo em vista o cálculo dos sanitários, realizou-se o mesmo para o cálculo das torneiras e dos chuveiros. Foram instalados 4 chuveiros, 2 femininos e 2 masculinos, com vazão de 12 L/min e estimou-se o uso de apenas uma vez ao dia por 5 minutos para cada trabalhador. As torneiras também foram instaladas, com vazão de 10 L/min e uso de 5 vezes ao dia. Os resultados obtidos estão descritos na Tabela 34 acima.

É necessária a instalação de um bebedouro a cada 75 funcionários. Dessa forma, dois bebedouros foram instalados no pavilhão industrial sendo estimado o consumo de água fria por funcionário como sendo 2 L/dia. Além disso, é necessária a disposição de água fria para torneiras no laboratório de controle de qualidade para a limpeza de material, sanitização e uso na dependência.

#### 12.3.1.2. *Demanda de água fria no prédio auxiliar*

O prédio auxiliar da empresa situa 3 escritórios, 1 cozinha e 1 refeitório, 1 sala de reunião, 1 sala de estar, 1 lavanderia e 2 banheiros (1 feminino e 1 masculino). Essas dependências também fazem uso da água provida pela concessionária de água municipal e esse prédio possui um reservatório de água próprio. É importante ressaltar que parte da água destilada utilizada no trocador de calor do pavilhão industrial, é reaproveitada para ser utilizada no prédio auxiliar, sendo armazenada no reservatório de água 1. Tendo em vista que essa água não possui temperatura de saída muito elevada, de 30°C, não se fez necessário adicionar uma etapa de resfriamento posterior ao trocador e antes de entrar no reservatório. As demandas de água no prédio auxiliar são

descritas pela tabela 35 e, após a primeira batelada de produção de cloreto de benzalcônio no pavilhão industrial faz-se uso de um medidor de nível no reservatório do prédio auxiliar, para demonstrar a diferença de vazão necessária que a bomba deve puxar da caixa d'água ao reservatório para suprir a demanda diária.

Tabela 35. Demandas de água no prédio auxiliar.

<b>Dependência</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Demanda total (L/dia)</b>
Cozinha Refeitório	Alimentos e uso geral	2125
	Máquina de lavar louça	204
	Caldeirão industrial	80
Lavatórios	Sanitários e torneiras	3315
Lavanderia	Máquina de lavar roupas	262,5
	Torneira	150
Sala de estar	Bebedouro	170
<b>Total</b>		<b>5951,3</b>

Fonte: Autores (2020).

Para os cálculos de demanda total necessária nos lavatórios utilizou-se um cálculo semelhante ao do pavilhão industrial, considerando a mesma vazão e duração, entretanto, levando em consideração os funcionários em cargos de chefia e que trabalham nos escritórios (4) e os colaboradores na cozinha (9) juntamente com os funcionários no pavilhão industrial.

Na cozinha, estimou-se um consumo de 25 L/dia por refeição por pessoa para a cocção de alimentos e uso geral. Para a preparação do alimento, tem-se também o uso de dois caldeirões industriais elétricos de 100 L, em que considerou-se que 40L são

demandados de água fria e que o restante do volume é utilizado pelo alimento. Além disso, considerou-se o consumo da máquina de lavar louça (ver se tem que colocar o tipo), que gasta em média 2,4 L de água por pessoa. A sala de estar também possui um bebedouro, que assim como no pavilhão industrial, foram estimados os consumos de água fria por funcionário como sendo 2 L/dia.

No prédio auxiliar tem-se também uma lavanderia com uma máquina de lavar roupa de 50kg. Considerou-se que cada funcionário necessita de lavagem de 1 kg de roupa uma vez ao dia e que a cada ciclo a máquina utiliza 175 L de água para lavar 50 kg, foi possível estimar o consumo de lavagem.

Dessa forma, obtém-se que a demanda total de água fria no pavilhão industrial é de 13955,64 L por dia e no pavilhão auxiliar de 6306,5 L por dia.

A partir da demanda levantada e do desenho industrial da planta baixa, dimensionou-se a tubulação de água fria, considerando a perda de carga dos acessórios e bombas. Os resultados são apresentados no APÊNDICE D.

### 12.3.2. Tubulação de N,N-Dimetildodecilamina e N,N-Dimetiltetradecilamina

Sabe-se que são necessárias 95,6363 kg/batelada de cada amina para que o produto, Cloreto de Benzalcônio, seja formado. Considerando a massa específica da dodecilamina igual à  $787 \text{ kg/m}^3$  e da tetradecilamina à  $795 \text{ kg/m}^3$  foi possível determinar a vazão volumétrica de cada corrente tanto antes da entrada no misturador, como após. Tal como no dimensionamento do misturador de aminas, considerou-se que a densidade da solução na tubulação que deixa o misturador igual à média das densidades individuais de entrada das aminas.

O dimensionamento da tubulação pôde ser realizado, assim como a determinação da velocidade de escoamento e a bitola selecionada. Os resultados estão no APÊNDICE D.

### 12.3.3. Tubulação de Cloreto de Benzila

Assim como as aminas, o cloreto de benzila também é um dos reagentes utilizados na formulação do Cloreto de Benzalcônio. Dessa forma, são utilizados 99,2056 kg/bateladas, que com o conhecimento da massa específica sendo de  $1100 \text{ kg/m}^3$  determinou-se a vazão volumétrica.

Os resultados de dimensionamento e perda de carga estão no anexo H.

### 12.3.4. Tubulação de Cloreto de Benzalcônio

A tubulação de Cloreto de Benzalcônio tem início na saída do reator, com uma massa de 520,8330 kg/bateladas. Após, ocorre a entrada de toda massa no trocador de calor a fim de que a solução possa ser resfriada e, posteriormente, repousada no tanque de estabilização. A tubulação de Cloreto é então separada por um separador de fluido, em que os 147,92 kg/bateladas necessários para a produção de desinfetante possam ser encaminhados ao misturador e o restante, à venda direta.

O dimensionamento de toda a tubulação e perda de carga também estão no APÊNDICE D.

### 12.3.5. Tubulação de Desinfetante

O dimensionamento da tubulação de desinfetante deu-se a partir do conhecimento da sua massa específica, sendo esta de  $996,978 \text{ kg/m}^3$ . Com o valor de massa por batelada determinado pelo balanço de massa, determinou-se a vazão volumétrica, a qual manteve-se constante ao longo de toda tubulação, desde a saída do misturador até o envase.

No APÊNDICE D encontram-se os resultados obtidos para escolha de bitola e perda de carga da tubulação em questão.

### 12.3.6. Dimensionamento e potências de bombas

Para o dimensionamento das bombas, levou-se em conta as instalações de água principalmente, que possuem a maior estrutura dentro da indústria projetada. Os dimensionamentos das bombas foram baseados nos resultados das perdas de cargas e altura manométrica das tubulações.

Os cálculos das potências das bombas, junto com as equações e detalhes podem ser verificados no APÊNDICE E, enquanto na tabela 36, pode-se verificar as bombas dimensionadas.

Tabela 36. Dimensionamento das bombas.

<b>Bomba</b>	<b>Trecho Localizado</b>	<b>Substância</b>	<b>Eficiência</b>	<b>Potência (HP)</b>
101	1-2	Água	0,9	0.00008243
102	4-5	Água	0,9	0.0000355
103	F-G	Água	0,9	0.00003345
104	7-8	Água	0,9	0.00003434
105	3-13	Água	0,9	0.000002242
106	3-13	Água	0,9	0.000001264
107	12-B	Água	0,9	0.00001127
108	48-49	Água	0,9	0.0000001254
109	50-51	Água	0,9	0.000004238

201	6-7	Aminas	0,9	0.000006798
202	1-2	Aminas	0,9	0.000006485
203	10-11	Aminas	0,9	0.00001247
301	1-2	Cloreto de Benzila	0,9	0.000003628
401	1-2	Cloreto de Benzalcônio	0,9	0.01502
402	3-4	Cloreto de Benzalcônio	0,9	0.01486
403	5-6	Cloreto de Benzalcônio	0,9	0.01503
404	9-10	Cloreto de Benzalcônio	0,9	0.004343
405	12-13	Cloreto de Benzalcônio	0,9	0.01062
406	16-17	Cloreto de Benzalcônio	0,9	0.01082
407	19-20	Cloreto de Benzalcônio	0,9	0.01089
501	1-2	Desinfetante	0,9	0.00003166
502	3-4	Desinfetante	0,9	0.00002935
503	5-6	Desinfetante	0,9	0.00003066

### 12.3.7. Isolamento dos equipamentos

Em processos industriais que acontecem reações químicas é comum a utilização de equipamentos que necessitam de calor ou que produzem calor. Para os casos em que esse calor é fornecido ao sistema e deve ser mantido, faz-se uso de isolantes térmicos, que evitam o desperdício de energia. Os isolantes térmicos mais utilizados na indústria são a lã de vidro ou rocha, a cerâmica, além do inox e alumínio.

No processo produtivo desta empresa, o reator de produção de Cloreto de Benzalcônio necessita de fornecimento de calor, pois a reação acontece a 80°C. Dessa forma, em cálculos anteriores, realizou-se o dimensionamento da camisa térmica do reator. Entretanto, é necessário que esse calor possa ser mantido, otimizando o funcionamento da camisa, além de evitar seu desgaste por superaquecimento. Realizou-se então, a escolha de isolar o reator com um isolante térmico de manta de fibra cerâmica.

Utilizando os valores de condutividade térmica, tanto da parede do reator, do fio de Kanthal da camisa térmica e da manta de fibra cerâmica, foi possível determinar que o calor perdido para o meio foi de 11,03 W.

Com o conhecimento do calor perdido para o meio e o calor necessário para elevar a temperatura do reator a 80°C (já determinado pelo balanço de energia do reator) de 24.921,88 kJ/batelada, ou 2769,09 W. Calculou-se o calor total como sendo a soma destas duas variáveis. Obteve-se um calor total de 2780,12 W.

Os cálculos realizados estão dispostos no APÊNDICE F.

### 12.3.8. Pintura de tubulações

As cores das tubulações determinam que tipo de fluido passa internamente. Dessa forma, para que a empresa esteja em conformidade quanto a pintura, através da ABNT NBR 6493 2019, foi possível determinar qual seria a cor mais apropriada para cada tubulação. É importante ressaltar que a superfície a ser pintada esteja limpa e em bom

funcionamento, além de que a pintura consiste em três demãos de tinta de fundo seguida de acabamentos.

Assim, para as tubulações da empresa são usadas as seguintes cores.

- Água: Verde-emblema.
- Água destinada a combate a incêndio: Vermelho.
- Produtos químicos não gasosos: Laranja.

### 13. CONTROLE E INSTRUMENTAÇÃO

De forma a manter o sistema operando com as condições pré-definidas, buscando a eficiência máxima e padronização do processo, tanto de produção do Cloreto de Benzalcônio 50%, quanto para a produção do desinfetante, necessita-se de um controle e instrumentação em determinadas etapas do processo.

Assim, selecionou-se duas etapas das essenciais para o processo e construiu-se uma malha de controle para cada uma delas, seguindo a simbologia estabelecida pela norma ANSI/ISA S5.1-1984, conforme a Figura 23 e a Figura 24. As etapas selecionadas são o reator encamisado e o tanque de mistura do desinfetante. Ainda, vale ressaltar que todas as válvulas de controle possuem acionamento elétrico, os indicadores e transmissores são de montagem local e os controladores são montados em painel.

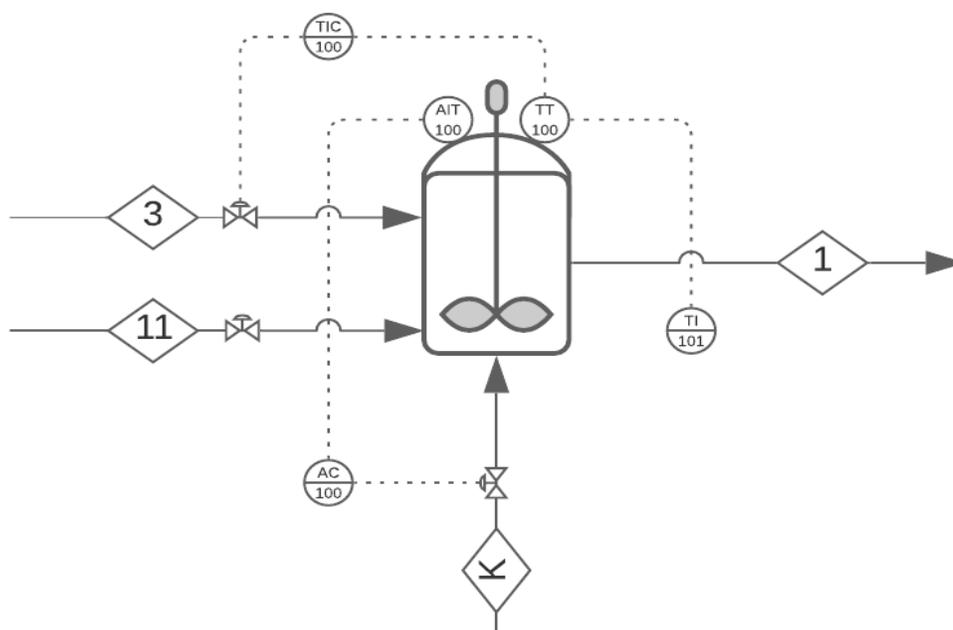


Figura 23. Malha de Controle para o reator encamisado.

Fonte: Autores (2021).

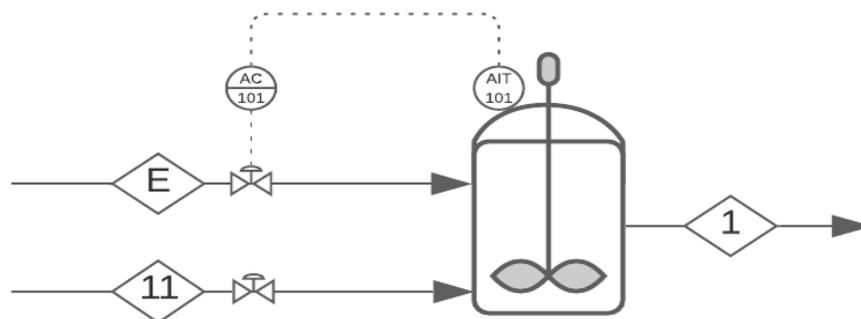


Figura 24. Malha de Controle para o tanque de mistura do desinfetante.

Fonte: Autores (2021).

### 13.1. REATOR ENCAMISADO

Dentro do reator encamisado, ocorre a reação de formação do cloreto de benzalcônio, bem como a sua diluição a 50% de composição. Esta reação exige diversos níveis de controle. Primeiramente, quando a amina é inserida no sistema, ocorre o seu aquecimento a 40°C, em seguida é adicionado o Cloreto de Benzila e a mistura é aquecida e mantida em 80°C. O sistema de aquecimento é realizado através da camisa térmica, que utiliza energia elétrica para fornecer calor ao sistema.

Dessa forma, há um transmissor de temperatura (TT 100) que envia um sinal elétrico ao controlador indicador de temperatura (TIC 101), que atua na regulagem da válvula de alimentação do Cloreto de Benzila (11), e a um indicador de temperatura (TI 100) que será consultado pelo colaborador responsável pelo reator de forma que ele possa ligar e desligar o resistor da camisa térmica de forma a manter a temperatura em 80°C.

Além do controle de temperatura, é necessário haver o controle da diluição do cloreto de benzalcônio, que deve estar em 50%. Assim, o reator conta com um transmissor indicador de concentração (AIT 100) que envia um sinal elétrico para o analisador de concentração (AC 100) que é responsável pela regulagem da válvula de alimentação da água (K). Assim, a partir do momento que inicia a reação, a água é

adicionada ao sistema de forma a manter a concentração do cloreto de benzalcônio sempre em 50%.

### 13.2. TANQUE DE MISTURA DO DESINFETANTE

Dentro do misturador de desinfetante, cloreto de benzalcônio 50%, EDTA e água são misturados no tanque de agitação formando o desinfetante. Nesta etapa, o importante é manter as concentrações pré-definidas da composição do desinfetante, ou seja, manter a concentração do cloreto de benzalcônio em 10% e a do EDTA em 0,5%. Como o EDTA será colocado manualmente e o volume de cloreto de benzalcônio na corrente será delimitado em uma etapa anterior, o volume a ser controlado neste tanque será o de água.

Assim, o tanque de mistura do desinfetante possui um transmissor indicador de concentração (AIT 101) que envia um sinal elétrico para o analisador de concentração (AC 101) que é responsável pela regulação da válvula de alimentação da água (E). Então, a água é adicionada ao sistema até que a concentração do cloreto de benzalcônio chegue em 10%.

### 13.3. DEMAIS SISTEMAS DE CONTROLE

Além dos sistemas citados nos tópicos anteriores, outras etapas do processo precisam de um sistema de controle, como é o caso do misturador de aminas, que necessita de um controle de concentração, de forma a manter a concentração mássica das duas aminas em 50%.

Por fim, no tanque de estabilização do cloreto de benzalcônio é necessário um controle de temperatura, de forma a liberar o cloreto de benzalcônio presente no tanque assim que o mesmo atinge a temperatura ambiente.

## 14. AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO PROJETO

Esta seção tem como objetivo apresentar a avaliação econômica do projeto, uma vez que é influenciada por cada custo do processo (os equipamentos, matéria-prima, utilidades, instrumentação, acessórios, entre outros).

### 14.1. CUSTO COM MATÉRIA-PRIMA E REAGENTES

Os gastos relacionados à matéria-prima e reagentes utilizados no processo produtivo são referentes ao EDTA, Cloreto de benzila, N,N-Dimetildodecilamina e N,N-Dimetiltetradecilamina, e estão apresentados na tabela 37.

Tabela 37. Gasto com matéria-prima e reagentes.

<b>Componente</b>	<b>Preço de compra (R\$/kg)</b>	<b>Utilização (Ton/ano)</b>	<b>Custo Anual (R\$)</b>
Cloreto de Benzila	7,00	194,804	1.363.628,00
EDTA	24,75	0,726	17.968,50
N,N-Dimetildodecilamina	82,50	185,797	15.328.252,50
N,N-Dimetiltetradecilamina	82,50	185,797	15.328.252,50
Água	0,00839	4.456,87	37.393,17
<b>TOTAL</b>			<b>32.075.494,67</b>

Fonte: Autores (2021).

#### 14.1.1. Custo com construção

A unidade industrial será instalada em Joinville - SC e para estimar o gasto de construção foi utilizado o indicador monetário CUB (Custo Unitário Brasileiro de Construção) calculado conforme a Lei Fed. nº 4.591, de 16/12/64 e com Norma Técnica NBR 12.721:2006 da ABNT.

Por intermédio do SIDUSCON de Santa Catarina para o projeto da unidade fabril e o prédio auxiliar, o valor do m<sup>2</sup>, consultado em Janeiro de 2021 era de R\$1.065,23. Como a área do nosso projeto é de 2.391,34 m<sup>2</sup>, o custo total será de R\$ 2.547.327,11.

#### 14.1.2. Custo de compra de equipamento

Os gastos relacionados à equipamentos são com tanques de armazenamento, reator batelada, trocador de calor casco e tubo, membrana de filtração, tanques agitados, bombas, compressores, entre outros, e estão apresentados na Tabela 38.

Tabela 38. Gasto com compra de equipamentos.

<b>Equipamento</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor de Compra (R\$)</b>
Tanque de N,N-Dimetildodecilamina	1	375.853,65
Tanque de N,N-Dimetiltetradecilamina	1	398.189,87
Tanque de Cloreto de Benzila	1	689.578,32
Osiose Reversa	1	248.256,36
Deionizador Leito Misto	1	58.685,32
Misturador de Amina	1	452.369,35
Reator	1	1.875.256,25
Trocador de Calor	1	178.457,32

Tanque de Estabilização	1	345.850
Tanque de Cloreto de Benzalcônio	1	420.142
Misturador do Desinfetante	1	820.235,44
Tanque do Desinfetante	1	400.547,63
Tanque para Água 16.000L	1	7.579,50
Tanque para Água 8.000L	1	3.890
Tanque para Água 1.000L	1	15.787,97
Sistema de controle dos equipamentos		676.053,32
Montagem		1.325.106,63
<b>TOTAL EQUIPAMENTOS</b>		<b>6.288.868,05</b>
<b>TOTAL EQUIPAMENTOS COM ENCARGOS DE IMPORTAÇÃO</b>		<b>13.521.066,31</b>
<b>TOTAL FINAL</b>		<b>15.549.226,25</b>

Fonte: Autores (2021).

#### 14.2. CUSTO COM TRATAMENTO DE EFLUENTE

De acordo com o item '7. TRATAMENTO DE EFLUENTES' a empresa optou pela terceirização do serviço. Assim, a fim de determinar um custo, estipulou-se um valor aproximado de que 100 toneladas dos produtos produzidos (tanto o Cloreto de Benzalcônio 50% quanto o desinfetante concentrado) seriam destinados à empresa contratada. Os custos do serviço estão dispostos na Tabela 39 abaixo.

Tabela 39. Custo para o tratamento de efluente da empresa.

<b>Resíduo</b>	<b>Quantidade (kg)</b>	<b>Custo (por kg)</b>	<b>Custo total</b>
Produtos químicos	100.000	R\$ 1,88	R\$ 188.000,00

Fonte: Autores (2021).

### 14.3. CUSTO DE LABORATÓRIO

Os custos referentes aos utensílios do laboratório foram considerados para o único presente na planta industrial. Nele é realizado todo o controle de qualidade do produto e matéria-prima. A tabela 40 apresenta os custos referentes às vidrarias necessárias para os laboratórios.

Tabela 40. Gasto com a compra de vidrarias.

<b>Utensílio</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Unitário (R\$)</b>	<b>Valor de Compra Total (R\$)</b>
Béquer 150 mL	3	15,8	47,4
Béquer 250 mL	3	16,35	49,05
Béquer 500 mL	3	26	78
Proveta 25 mL	3	20,90	62,70
Proveta 50 mL	3	14,50	43,50
Proveta 100 mL	3	14,95	44,85
Proveta 250 mL	3	58,90	176,7
Pipeta Volumétrica 1 mL	3	19,29	57,87
Pipeta Volumétrica 5 mL	3	25,74	77,22
Pipeta Volumétrica 10 mL	3	25,50	76,5
Pipeta Volumétrica 15 mL	3	22,88	68,64

Bureta 25 mL	3	64	192
Bureta 50 mL	3	75	225
Tubo de Ensaio	20	9,75	195
Pisseta	10	14	140
Barra Magnética	5	22,10	110,50
Pipetador automático	2	3.021,07	6.042,14
Balão Volumétrico 25 mL	3	35,88	107,64
Balão Volumétrico 50 mL	3	26,53	79,59
Balão Volumétrico 100 mL	3	27	81
Balão Volumétrico 250 mL	3	49,4	148,2
Erlenmeyer 50 mL	4	12,90	51,6
Erlenmeyer 250 mL	4	31,85	127,4
<b>TOTAL</b>	<b>96</b>		<b>8.282,48</b>

---

Fonte: Autores (2021).

A Tabela 41 apresenta os gastos referentes à estrutura necessária ao laboratório.

Tabela 41. Gasto com a estrutura do laboratório.

<b>Utensílio</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Unitário (R\$)</b>	<b>Valor de Compra Total (R\$)</b>
Armário	2	1.041,20	2.082,40
Notebook	1	4.844,05	4.844,05
Bancada	2	1.999	3.998

Pia	1	545	545
Ar condicionado	1	1.429,16	1.429,16
Chuveiro de emergência com lava olhos	1	1.850	1.850
Cadeira	3	39,99	119,97
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>		<b>14.868,58</b>

Fonte: Autores (2021).

#### 14.4. CUSTO DA ÁREA ADMINISTRATIVA E SERVIÇOS

Neste segmento considerou-se os gastos para a área administrativa e de serviços que engloba os móveis, lavabos e utensílios gerais. A Tabela 42 está apresentando os gastos referentes a itens de banheiro e vestiário.

Tabela 42. Gasto com banheiros e vestiários.

Item	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor de Compra Total (R\$)
Chuveiro	4	480	1.920
Lavatório	8	109,90	879,20
Armário	10	1.055,30	10.553
Banco	4	220	880
Espelho	2	109,90	219,8
Vaso Sanitário	12	164,90	1.978,8
Assento	12	16,21	194,52
Lixeira	20	29,99	599,80

Porta Papel Toalha	6	32	192
Porta Papel Higiênico	12	26,90	322,80
Bebedouro	2	1.889,05	3.778,10
Torneira	8	47,90	383,20
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>		<b>21.901,22</b>

Fonte: Autores (2021).

Já em relação aos custos dos itens relacionados à cozinha, encontra-se na Tabela 43.

Tabela 43. Gasto com a cozinha e refeitório.

Item	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor de Compra Total (R\$)
Mesa	7	388,54	2.719,78
Pratos (6 peças)	5	27,25	136,25
Copos	30	4,15	124,50
Talheres (12 peças)	4	32,97	131,88
Buffet	1	2.405,28	2.405,28
Colher de café (6 peças)	5	29,90	149,5
Lixeira	4	29,99	119,96
Máquina de lavar louça	1	25.500	25.500
Cadeira	24	89,98	2.159,46
Porta papel toalha	3	32	96

Xícara	30	5,67	170,10
Geladeira	2	4.818,56	9.637,12
Prateleira de inox	4	1.592,10	6.368,40
<b>TOTAL</b>	<b>96</b>		<b>49.718,23</b>

Fonte: Autores (2021).

Os objetos necessários para a recepção e o escritório da indústria estão apresentados na Tabela 44.

Tabela 44. Gasto com recepção e escritório.

<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Unitário (R\$)</b>	<b>Valor de Compra Total (R\$)</b>
Mesa	6	292,52	1.755,12
Cadeira	13	199,90	2.598,70
Sofá	2	501,21	1.002,42
Poltrona	3	289,90	869,70
Telefone	2	119,90	239,80
Armário	1	229,90	229,90
Impressora	3	1.329,05	3.987,15
Lixeira	4	29,90	119,60
Computador	3	3.134,05	9.402,15
Ar condicionado	6	1.429,16	8.574,96
Projektor	1	2.298,95	2.298,95
Bebedouro	1	619,22	619,22
Tela de projeção	1	263,89	263,89

Vaso decoração	4	85,35	341,40
Extintor ABC	7	249,80	1.748,60
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>		<b>34.051,56</b>

Fonte: Autores (2021).

Já para a lavanderia considerou-se somente o gasto com a máquina de lavar roupa. Seu custo está na Tabela 45.

Tabela 45. Gasto com a lavanderia.

Item	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor de Compra Total (R\$)
Máquina de lavar roupa	1	52.000	52.000
Tanque de Mármore	1	537,90	537,90
Varal	5	90	450
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>		<b>52.987,90</b>

Fonte: Autores (2021).

#### 14.5. CUSTO COM TUBULAÇÃO

A canalização de cada unidade industrial será de aço carbono e ao todo serão necessários 622,21 metros de tubulação. A Tabela 46 apresenta a especificação do tipo de tubulação e o valor total gasto na aquisição.

Tabela 46. Gasto com tubulação.

Material	Tipo	Valor de Compra Total (R\$)
Aço Carbono	Self®	161.774,60
<b>TOTAL</b>		<b>161.774,60</b>

Fonte: Autores (2021).

#### 14.6. CUSTO COM ACESSÓRIOS

Os acessórios da tubulação (curva, válvula, tê, cotovelo, etc.) foram contabilizados e feito o levantamento do custo, conforme a Tabela 47.

Tabela 47. Gasto com acessórios.

<b>Acessório</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Unitário (R\$)</b>	<b>Valor de Compra Total (R\$)</b>
Acessórios	101	537,19	54.256,36
Bombas	24	179,90	4.317,60
<b>TOTAL</b>			<b>58.573,96</b>

Fonte: Autores (2021).

#### 14.7. CUSTO COM UTILIDADES

No processo produtivo a utilidade necessária é a energia elétrica, pois é necessária para o funcionamento do reator, iluminação dos pavilhões, equipamentos eletrônicos, etc. A tabela 48 apresenta a quantidade utilizada, bem como, o valor gasto com esse item.

Tabela 48. Gasto com utilidades.

<b>Utilidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço (R\$ por kWh)</b>	<b>Valor Total por mês (R\$)</b>	<b>Valor Total Anual (R\$)</b>
Energia Elétrica (kWh)	8.506,27	0,512	130.656,31	1.567.875,69
Energia Elétrica do Reator (kWh)	1.246,09	0,512	19.140,00	229.680,00
<b>TOTAL</b>				<b>1.797.555,69</b>

Fonte: Autores (2021).

#### 14.8. CUSTO COM LICENCIAMENTO E DOCUMENTAÇÃO

Para abrir uma indústria são necessárias algumas licenças obrigatórias, como: alvará de construção, taxas exigidas pelo Corpo de Bombeiros, plano de segurança contra incêndio e pânico (PSCIP), entre outros. A Tabela 49 demonstra os gastos envolvidos com o licenciamento da unidade industrial.

Tabela 49. Gasto com licenciamento e documentação.

<b>Tipo</b>	<b>Valor Total (R\$)</b>
Licenciamento Ambiental	-
Alvará de Construção	-
Alvará de Bombeiros	7.825,60
Taxa de Incêndio	1.560,80
Pedido CNPJ	450,00
Alvará de Funcionamento	782,60
Registro na Junta Comercial	613,20
Declaração Cadastral	150,00
Cadastro no Sistema Tributário Estadual	178,87
<b>TOTAL</b>	<b>11.561,07</b>

Fonte: Autores (2021).

#### 14.9. GASTO MÃO DE OBRA

A indústria contará com 85 colaboradores ao todo, sendo 62 membros do pavilhão industrial e 23 fazem parte da área administrativa. Os respectivos cargos estão dispostos na Tabela 50, bem como, o salário mensal e o custo anual de cada segmento.

Para o cálculo dos custos, considerou-se os encargos sociais para empresa do regime de Lucro real, sendo eles: Férias (11,11%), 13º salário (8,33%), INSS (20%),

Seguro acidente de trabalho (3%), Salário educação (2,5%), FGTS (8%), FGTS/Provisão de multa para rescisão (4%) e Previdenciário sobre 13°/Férias/DSR (7,93%). Tendo em vista o porte da empresa classificado como grande, foi necessário também considerar a alíquota de terceiros (Incra, SENAI, SESI), totalizando um percentual de encargo social de 68,18%.

Tabela 50. Gasto com mão de obra.

<b>Cargo</b>	<b>N° Colaborador</b>	<b>Salário (R\$/mês)</b>	<b>Auxílio Transporte (R\$/mês)</b>	<b>Valor Total (R\$/ano)</b>
Recepcionista de Insumos	6	1.850,50	150	144.036
Supervisor do Tanque de Aminas	3	2.125,60	150	81.921,60
Operador do Tanque de Aminas	3	1.532,30	150	60.562,80
Supervisor do Reator	3	2.125,60	150	81.921,60
Operador do Reator	3	1.532,30	150	60.562,80
Supervisor do Trocador de Calor	3	2.125,60	150	81.921,60
Supervisor do Tanque de Estabilização	3	2.125,60	150	81.921,60

Operador do Tanque de Estabilização	3	1.532,30	150	60.562,80
Supervisor do Tanque de Cloreto de Benzalcônio	3	2.125,60	150	81.921,60
Operador do Tanque de Cloreto de Benzalcônio	3	1.532,30	150	60.562,80
Supervisor do Misturador do Desinfetante	3	2.125,60	150	81.921,60
Operador do Misturador do Desinfetante	3	1.532,30	150	60.562,80
Supervisor do Tanque do Desinfetante	3	2.125,60	150	81.921,60
Operador do Tanque do Desinfetante	3	1.532,30	150	60.562,80
Operador de Envase	3	1.532,30	150	60.562,80

Distribuição e Logística	6	1.725,60	150	135.043,20
Técnico de Laboratório	2	2.475,35	150	63.008,40
Vigilante	9	2.100,50	150	243.054
Diretor	2	10.245,50	150	249.492
Gerente Industrial	2	7.026,80	150	172.243,20
Analista de RH	1	1.835,90	150	23.830,80
Assistente Administrativo	2	1.204,75	150	32.514
Comercial	4	1.975,30	150	102.014,40
Gerente Comercial	1	2.440,25	150	31.083
Segurança do Trabalho	1	1.752,50	150	22.830
Técnico em TI	1	1.825,60	150	23.707,20
Cozinheiro	3	1.320,30	150	52.930,80
Auxiliar de Cozinha	4	1.100,00	150	60.000
Encargos Sociais	-	133.346,74	-	1.600.160,90
<b>TOTAL</b>	<b>85</b>			<b>3.953.338,70</b>

Fonte: Autores (2021).

#### 14.10. CUSTO UNIFORME

Esta seção é designada ao gasto com EPI's e uniforme, como consta na Tabela 51. A maioria dos itens adquiridos foram acima da quantidade necessária para cada colaborador, pois poderão ser utilizados para eventuais emergências ou danificações.

Tabela 51. Gasto com uniforme e EPI's.

<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Unitário (R\$)</b>	<b>Valor de Compra Total (R\$)</b>
Uniforme	115	73	8.395
Jaleco	10	36,39	363,90
Máscara	1.000	7,50	7.500
Botina de Segurança	115	47,90	5.508,50
Óculos de Segurança	115	19,90	2.288,50
Capacete	115	33,82	3.889,30
Luva Vinil	500	41,50	20.750
Protetor Auricular	115	39,41	4.532,15
<b>TOTAL</b>	<b>2.085</b>		<b>53.227,35</b>

Fonte: Autores (2021).

#### 14.11. INVESTIMENTO NECESSÁRIO

Analisando todos os gastos descritos nas seções acima, o investimento inicial necessário para abertura do projeto industrial será de R\$ 18.563.500,31, conforme mostra a tabela 52.

Tabela 52. Gasto envolvido no investimento inicial.

<b>Gasto</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Equipamentos	15.549.226,25
Laboratório	23.151,06
Área Administrativa e Serviços	158.658,91
Tubulação	161.774,60
Acessórios	58.573,96
Construção	2.547.327,11
Tratamento de efluente	188.000
Licenciamento e Documentação	11.561,07
Uniforme	53.227,35
<b>TOTAL</b>	<b>18.563.500,31</b>

Fonte: Autores (2021).

#### 14.12. FORMAÇÃO DO PREÇO DE VENDA

A partir do investimento total necessário, foi possível realizar o cálculo do preço de venda dos dois produtos: Cloreto de Benzalcônio 50% e Desinfetante Concentrado.

Para isto, levou-se em consideração o custo de comercialização, que é formado pela soma da alíquota do imposto sobre a circulação de mercadorias e serviços (ICMS) com a da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS), de 21%, e também, o gasto referente a produção dos compostos e suas respectivas embalagens. De modo a tornar os custos adequados para a formação do preço de venda de cada um dos produtos, fez-se a seguinte consideração de custo mensal de produção para cada produto, observado na Tabela 53.

Tabela 53. Custo mensal de produção por produto.

<b>Cloreto de Benzalcônio 50%</b>	<b>Desinfetante Concentrado</b>
R\$ 2.490.997,00	R\$ 123.003,16

Fonte: Autores (2021).

Com este valor, foi possível encontrar o custo por unidade de cada um dos produtos, sendo de R\$ 164,74 para o cloreto de benzalcônio 50% e de R\$ 1,04 para o desinfetante concentrado.

Assim, utilizando-se a equação 3 (onde X é o custo unitário de produção, CC é o Custo de Comercialização e MDL é a margem de lucro), encontrou-se o preço de venda para cada um dos produtos, disposto na tabela 54.

$$PV = \frac{X}{1 - (CC + MDL)/100} \quad (3)$$

Tabela 54. Preço unitário de venda calculado dos produtos.

<b>Cloreto de Benzalcônio 50%</b>	<b>Desinfetante Concentrado</b>
R\$ 257,40	R\$ 51,65

Fonte: Autores (2021).

#### 14.13. FINANCIAMENTO

O valor do investimento inicial será obtido pelo Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES), usando uma taxa de juros equivalente a 15,70 % ao ano. A forma de pagamento está descrita na tabela 55 e terá duração de 1 ano e 3 meses.

Esta tabela é fornecida pelo simulador de financiamento disponível no próprio site da instituição financeira, seguindo o Sistema de Amortização SAC.

Tabela 55. Pagamento do financiamento.

<b>Nº</b>	<b>Prestação (R\$)</b>	<b>Juros (R\$)</b>	<b>Valor (R\$)</b>	<b>Amortização (R\$)</b>	<b>Saldo Devedor (R\$)</b>
0	0	0	0	0	18.563.500,31
1	1.464.550,16	226.983,47	18.563.500,3 1	1.237.566,69	17.325.933,62
2	1.449.417,93	211.851,24	17.325.933,6 2	1.237.566,69	16.088.366,94

3	1.434.285,70	196.719,01	16.088.366,9 4	1.237.566,69	14.850.800,25
4	1.419.153,47	181.586,78	14.850.800,2 5	1.237.566,69	13.613.233,56
5	1.404.021,24	166.454,55	13.613.233,5 6	1.237.566,69	12.375.666,87
6	1.388.889,00	151.322,32	12.375.666,8 7	1.237.566,69	11.138.100,19
7	1.373.756,77	136.190,08	11.138.100,1 9	1.237.566,69	9.900.533,50
8	1.358.624,54	121.057,85	9.900.533,50	1.237.566,69	8.662.966,81
9	1.343.492,31	105.925,62	8.662.966,81	1.237.566,69	7.425.400,12
10	1.328.360,08	90.793,39	7.425.400,12	1.237.566,69	6.187.833,44
11	1.313.227,85	75.661,16	6.187.833,44	1.237.566,69	4.950.266,75
12	1.298.095,61	60.528,93	4.950.266,75	1.237.566,69	3.712.700,06
13	1.282.963,38	45.396,69	3.712.700,06	1.237.566,69	2.475.133,37
14	1.267.831,15	30.264,46	2.475.133,37	1.237.566,69	1.237.566,69
15	1.252.698,92	15.132,23	1.237.566,69	1.237.566,69	0
<b>TOTAL</b>	<b>20.379.368,11</b>	<b>1.815.867,80</b>		<b>18.563.500,31</b>	<b>0,00</b>

Fonte: BNDS (2021).

#### 14.14. FLUXO DE CAIXA

Para determinar o montante de dinheiro recolhido e gasto pela indústria, utilizou-se do lucro da venda do cloreto de benzalcônio 50% e do desinfetante concentrado. Dessa forma, desconsiderando, inicialmente, o valor dos tributos, obtém-se um faturamento mensal de R\$ 9.986.191,47 e faturamento anual de R\$ 119.834.297,66.

Na tabela 56 é possível observar o fluxo de caixa considerando 15 meses de operação industrial. Em relação à coluna custo, considerou-se os seguintes gastos: utilidades, matéria-prima, embalagens, mão de obra, tratamento de efluentes e alíquota de 21% prevista para o regime tributário de Lucro Real. Dessa forma, como descrito em '5.3.3. Enquadramento do regime tributário do empreendimento', os impostos de IRPJ e CSLL incidem sobre o valor de lucro líquido mensal e ICMS, PIS e Cofins sobre o faturamento mensal.

O investimento foi realizado com duração de 1 ano e 3 meses, entretanto, a partir de 6 meses o fluxo de caixa da empresa já se torna positivo.

Tabela 56. Fluxo de caixa da indústria.

Mês	Faturamento (R\$)	Financiamento (R\$)	Custo (R\$)	Lucro (R\$)	Saldo (R\$)
1	9.986.191,47	1.464.550,16	5.206.008,24	3.315.633,07	-15.247.867,24
2	9.986.191,47	1.449.417,93	5.206.008,24	3.330.765,30	-11.917.101,94
3	9.986.191,47	1.434.285,70	5.206.008,24	3.345.897,53	-8.571.204,40
4	9.986.191,47	1.419.153,47	5.206.008,24	3.361.029,76	-5.210.174,64
5	9.986.191,47	1.404.021,24	5.206.008,24	3.376.161,99	-1.834.012,65
6	9.986.191,47	1.388.889,00	5.206.008,24	3.391.294,23	1.557.281,58
7	9.986.191,47	1.373.756,77	5.206.008,24	3.406.426,46	4.963.708,05
8	9.986.191,47	1.358.624,54	5.206.008,24	3.421.558,69	8.385.266,74
9	9.986.191,47	1.343.492,31	5.206.008,24	3.436.690,92	11.821.957,66
10	9.986.191,47	1.328.360,08	5.206.008,24	3.451.823,15	15.273.780,81
11	9.986.191,47	1.313.227,85	5.206.008,24	3.466.955,38	18.740.736,19
12	9.986.191,47	1.298.095,61	5.206.008,24	3.482.087,62	22.222.823,82

13	9.986.191,47	1.282.963,38	5.206.008,24	3.497.219,85	25.720.043,67
14	9.986.191,47	1.267.831,15	5.206.008,24	3.512.352,08	29.232.395,75
15	9.986.191,47	1.252.698,92	5.206.008,24	3.527.484,31	32.759.880,06

Fonte: Autores (2021).

#### 14.15. PAYBACK

O payback diz respeito ao tempo necessário para que se tenha o retorno sobre o investimento realizado. A partir desse momento em que o payback torna-se positivo, o projeto passa a ser vantajoso do ponto de vista financeiro. Conforme mostra a Figura 25, o tempo para o caixa ficar com saldo positivo é de 6 meses.

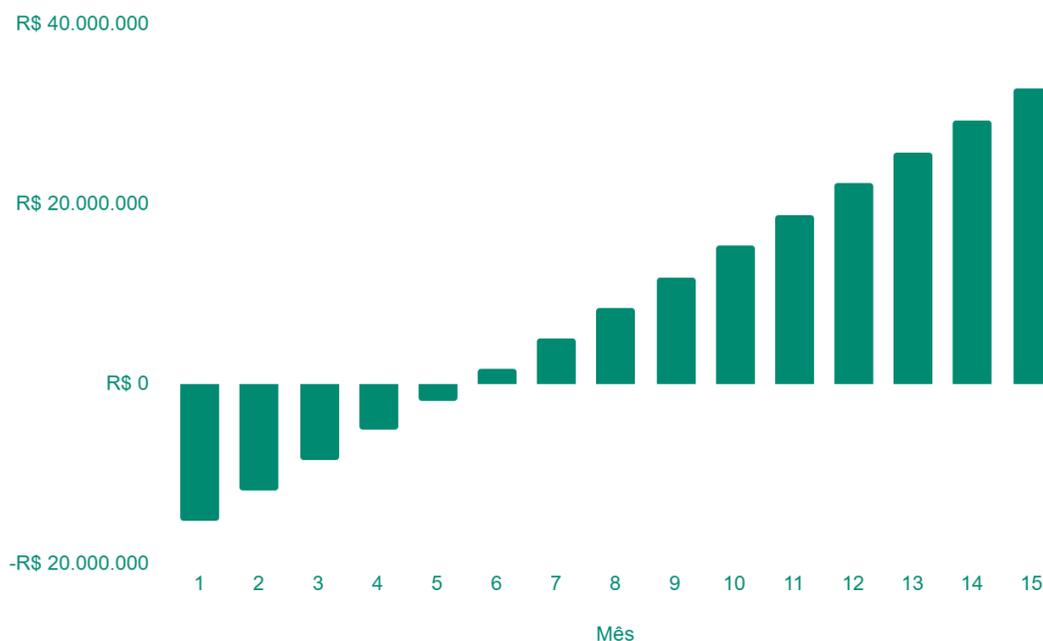


Figura 25. Representação gráfica do payback.

Fonte: Autores (2021).

Como 6 meses é considerado um tempo baixo para uma indústria obter retorno em cima do investimento, considera-se que o investimento é de baixo risco em termos financeiros.

#### 14.16. TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE (TMA)

A TMA é uma taxa de juros que representa o mínimo que uma empresa se propõe a ganhar quando faz um investimento. Neste projeto considerou-se uma TMA de 4 % ao mês, pois o investimento possui risco baixo.

#### 14.17. TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)

A TIR é uma taxa representativa da rentabilidade do projeto e calcula a taxa de desconto que um fluxo de caixa deve ter para que seu Valor Presente Líquido (VPL) seja igual a zero. Para calcular seu valor utilizou-se do *software* Excel<sup>®</sup>. Dessa forma, obteve-se um valor de TIR de 54%. Quando o valor da TIR é maior que o valor da TMA adotado, considera-se que o projeto é viável.

#### 14.18. VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)

O VPL é outra maneira de determinar se um projeto é viável ou não, pois ele é obtido pela soma de todos os valores do fluxo de caixa na data presente. Assim, utilizando do *software* Excel<sup>®</sup>, chegou-se a um VPL de R\$ 92.466.845,44, o qual é maior do que zero, indicando que o mesmo é capaz de trazer retorno positivo ao investimento. Dessa forma, o projeto é viável.

## 15. CONCLUSÃO

Em meio a uma crescente demanda por substâncias capazes de eliminar microrganismos patogênicos destaca-se entre elas, o cloreto de benzalcônio, substância muito utilizada em produtos sanitizantes, tanto para uso doméstico quanto para uso industrial. Assim, neste projeto, objetivou-se avaliar a implementação de uma indústria produtora de Cloreto de Benzalcônio em uma solução de 50%, além de um desinfetante concentrado à base de cloreto de benzalcônio, baseando suas respectivas rotas produtivas em duas tecnologias científicas.

A empresa, com produção estimada a partir de uma pesquisa de mercado em 1.000 toneladas ao ano para o Cloreto de Benzalcônio e 1.415,85 toneladas ao ano para o desinfetante, se localiza na cidade de Joinville, devido a sua proximidade com vias de escoamento de produção estratégicas, além de possuir um bom incentivo à instalação de novas indústrias em seu território.

Quanto à produção, ela foi composta pela reação entre o cloreto de benzila e a mistura de duas aminas terciária, a N,N-Dimetiltetradecilamina e a N,N-Dimetildodecilamina, que ocorre em um reator encamisado e sob agitação e tem como produto o cloreto de benzalcônio 50%, e pela mistura de parte deste cloreto de benzalcônio com água e EDTA para a produção do desinfetante. Ainda, devido à necessidade de uma água com qualidade superior, inseriu-se no sistema uma etapa de desmineralização da água.

Realizaram-se cálculos referentes ao balanço de massa, energia, escolha e dimensionamento dos equipamentos utilizados, além do projeto das instalações industriais da presente empresa. Durante todo o trabalho, procurou-se obter valores próximos e condizentes com a realidade, no entanto, devido à necessidade de se adotar algumas considerações para realização de alguns cálculos e aproximações, recomenda-se o desempenho de testes em escala piloto, de forma a otimizar e identificar possíveis gargalos no processo.

Por fim, o processo mostrou-se viável economicamente, com uma taxa interna de retorno de 54%, maior que a taxa mínima de atratividade adotada. Além disso, o projeto

apresentou um *payback* de 6 meses, ou seja, após esse período de funcionamento, a empresa passa a ter um saldo positivo.

## 16. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. SANEANTES: Cloreto de Benzalcônio. **Rinen**, 2017. Disponível em: <<http://rinen.com.br/materia/cloreto-de-benzalconio/>>. Acesso em: abril de 2020.
- [2]. TERRA, Tiago. Consumo de álcool em gel sobe 67% no Brasil em doze dias. **Mundo Marketing**, 2020. Disponível em: <<https://www.mundodomarketing.com.br/ultimas-noticias/38603/consumo-de-alcool-em-gel-sobe-67-por-cento-no-brasil-em-doze-dias.html>>. Acesso em: abril de 2020.
- [3]. UTILIZAÇÃO cloreto de benzalcônio na indústria cosmética. **Chemax**, 2017. Disponível em: <<https://www.chemax.com.br/cloreto-benzalconio>>. Acesso em: abril de 2020.
- [4]. REVISTA da associação brasileira de produtos de limpeza. **ABIPLA**, 2018. Disponível em: <[http://abipla.org.br/wp-content/uploads/2020/03/8265-Anu%C3%A1rio-ABIPLA-2019\\_08-10-19\\_V-0021.pdf](http://abipla.org.br/wp-content/uploads/2020/03/8265-Anu%C3%A1rio-ABIPLA-2019_08-10-19_V-0021.pdf)>. Acesso em: abril de 2020.
- [5]. BENZALKONIUM chloride market. **Global Market Insights**, 2018. Disponível em: <<https://www.gminsights.com/industry-analysis/benzalkonium-chloride-market>>. Acesso em: maio de 2020.
- [6]. SALOMÃO, Karin. A corrida do álcool em gel: como o produto foi da escassez ao excesso. **Revista Exame**, 2020. Disponível em: <<https://exame.com/negocios/depois-de-corrida-por-alcool-em-gel-estoque-estabilizou-e-ha-ate-sobra/>>. Acesso em: maio de 2021.
- [7]. MEYGE, Adriana. Cresce gasto com produtos de limpeza. **Valor Econômico**, 2019. Disponível em: <<https://valor.globo.com/empresas/noticia/2013/06/18/cresce-gasto-com-produtos-de-limpeza.ghtml>>. Acesso em: junho de 2020.
- [8]. CUNHA, Kaio. Como definir o porte da empresa e no que isso pode impactar o negócio. **Conube**, 2016. Disponível em: <<https://conube.com.br/blog/como-definir-o-porte-da-empresa/>>. Acesso em: junho de 2020.

[9]. MERCADO brasileiro de produtos de limpeza. **SEBRAE**, 2017. Disponível em: <<https://respostas.sebrae.com.br/o-mercado-brasileiro-de-produtos-de-limpeza/>>. Acesso em: junho de 2020.

[10]. DE CAMARGO, Renata Freitas. Quadro de Modelo de Negócio: como o Canvas auxilia nas gestões operacional e estratégica. **Treasy**, 2016. Disponível em: <<https://www.treasy.com.br/blog/modelo-de-negocio/>>. Acesso em: junho de 2020.

[11]. IMAGEM do município de Joinville. **Wikipédia**, 2010. Disponível em: <[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons-/thumb/7/71/SantaCatarina\\_Municip\\_Joinville.svg/2000px-SantaCatarina\\_Municip\\_Joinville.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons-/thumb/7/71/SantaCatarina_Municip_Joinville.svg/2000px-SantaCatarina_Municip_Joinville.svg.png)>. Acesso em: julho de 2020.

[12]. PRODUTOS de limpeza no Brasil. **Super Varejo**, 2018. Disponível em: <<https://supervarejo.com.br/os-produtos-de-limpeza-no-brasil/>>. Acesso em: agosto de 2020.

[13]. O QUE É IPCA e inflação acumulada. **Tororadar**, 2019. Disponível em: <<https://www.tororadar.com.br/investimento-/bovespa/o-que-e-ipca-e-inflacao-acumulada>>. Acesso em: agosto de 2020.

[14]. FAIXAS de renda familiar das classes sociais. **CPS**, 2015. Disponível em: <<https://cps.fgv.br/qual-faixa-de-renda-familiar-das-classes>>. Acesso em: agosto de 2020.

[15]. POPULAÇÃO do Brasil, Estados e Regiões Brasileiras - Dados do IBGE. **Luis Blog**, 2018. Disponível em: <<https://www.luis.blog.br/populacao-do-brasil-estados-e-regioes-dados-do-ibge.html>>. Acesso em: agosto de 2020.

[16]. DIFERENÇAS entre custo fixo e variável. **Portal de Contabilidade**, 2014. Disponível em: <<http://www.portaldecontabilidade.com.br/tematicas/custo-fixo-variavel.htm>>. Acesso em: setembro de 2020.

[17]. CONCENTRATE salt proprieties. **King Scientific**, 2018. Disponível em: <<https://www.kingscientific.co.uk/lab-equipment/ethylenediaminetetraacetic-acid->

disodium-salt-concentrate-for-1l-standard-solution%2C-0.1--m-edta-na2%2C-for-complexometry>. Acesso em: setembro de 2020.

[18]. EDTA. **Fisher Scientific**, 2019. Disponível em: <<https://www.fishersci.com/shop/products/ethylenediamine-tetraacetic-acid-certified-ac-fisher-chemical-2/E4781>>. Acesso em: setembro de 2020.

[19]. EDTA. **Sigma Aldrich**, 2017. Disponível em: <[https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sial/03609?lang=pt&region=BR&utm\\_medium=referral&utm\\_source=pubchem&utm\\_campaign=pubchem\\_2017](https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sial/03609?lang=pt&region=BR&utm_medium=referral&utm_source=pubchem&utm_campaign=pubchem_2017)>. Acesso em: outubro de 2020.

[20]. BENZALKONIUM Chloride. **ABCR**, 2019. Disponível em: <<https://www.abcr.de/shop/en/catalog/product/view/sku/AB116519>>. Acesso em: 29 de setembro de 2020.

[21]. N,N-DIMETHYLTETRADECYLAMINE. **AK Scientific**, 2017. Disponível em: <[https://aksci.com/item\\_detail.php?cat=O527](https://aksci.com/item_detail.php?cat=O527)>. Acesso em: outubro de 2020.

[22]. N,N-DIMETHYLDODECYLAMINE. **TCI Chemicals**, 2018. Disponível em: <<https://www.tcichemicals.com/US/en/p/D1844>>. Acesso em: outubro de 2020.

[23]. N,N-DIMETHYLTETRADECYLAMINE. **Molport**, 2017. Disponível em: <<https://www.molport.com/shop/molecule-link/MolPort-003-932-243>>. Acesso em: outubro de 2020.

[24]. N,N-DIMETHYLDODECYLAMINE. **AK Scientific**, 2017. Disponível em: <[https://aksci.com/item\\_detail.php?cat=X0089](https://aksci.com/item_detail.php?cat=X0089)>. Acesso em: novembro de 2020.

[25]. N,N-DIMETHYLDODECYLAMINE. **Alfa Aesar**, 2017. Disponível em: <<https://www.alfa.com/en/catalog/B24145/>>. Acesso em: novembro de 2020.

[26]. AMINAS terciárias. **Vlada Chem**, 2017. Disponível em: <<https://www.vladachem.com/product.php?products=112-18-5>>. Acesso em: novembro de 2020.

[27]. BENZYL chloride. **Sigma Aldrich**, 2017. Disponível em: <[https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/185558?lang=pt&region=BR&cm\\_sp=Insite\\_-\\_caContent\\_prodMerch\\_gruModel\\_-\\_prodMerch10-3](https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/185558?lang=pt&region=BR&cm_sp=Insite_-_caContent_prodMerch_gruModel_-_prodMerch10-3)>. Acesso em: novembro de 2020.

[28]. BENZYL chloride. **Alfa Aesar**, 2019. Disponível em: <<https://www.alfa.com/pt/catalog/A12481/>>. Acesso em: novembro de 2020.

[29]. BENZYL chloride. **Fisher Scientific**, 2019. Disponível em: <<https://www.fishersci.com/shop/products/benzyl-chloride-99-stab-5/AAA124810E#?keyword=Benzyl+chlorides>>. Acesso em: novembro de 2020.

[30]. BENZYL chloride. **King Scientific**, 2018. Disponível em: <<https://www.kingscientific.co.uk/showdetails.asp?id=1094>>. Acesso em: novembro de 2020.

[31]. BENZYL chloride. **Oakwood Chemical**, 2019. Disponível em: <<http://www.oakwoodchemical.com/ProductsList.aspx?CategoryID=-2&txtSearch=80138&ExtHyperLink=1>>. Acesso em: novembro de 2020.

[32]. Disponível em: <<https://www.tcichemicals.com/US/en/p/B0412>>. Acesso em: novembro de 2020.

[33]. BENZYL alcohol. **King Scientific**, 2018. Disponível em: <<https://www.kingscientific.co.uk/showdetails.asp?id=1094>>. Acesso em: novembro de 2020.

[34]. BENZALKONIUM chloride market in Americas. **Global Market Insights**, 2018. Disponível em: <<https://www.gminsights.com/industry-analysis/benzalkonium-chloride-market>>. Acesso em: novembro de 2020.

[35]. QUARTENÁRIO de amônio de quinta geração. **Mercado Livre**, 2020. Disponível em: <[https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1591220517-quaternario-de-amnia-5-geraco-5lt-concentrado-desinfecco-\\_JM?matt\\_tool=69265266&matt\\_word=&gclid=CjwKCAjw\\_NX7BRA1EiwA2dpg0oTkql3](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1591220517-quaternario-de-amnia-5-geraco-5lt-concentrado-desinfecco-_JM?matt_tool=69265266&matt_word=&gclid=CjwKCAjw_NX7BRA1EiwA2dpg0oTkql3)>

ARNMzI35q-BpWdJAgsOe0h9DNAhccO9lhfMDw4ZYqMYz-IRoCqg8QAvD\_BwE>.

Acesso em: novembro de 2020.

[36]. DESINFETANTE à base de quartenário de amônio. **Lojas Americanas**, 2020. Disponível em: <[https://www.americanas.com.br/produto/2112385603/desinfetante-natural-bactericida-5-lts-base-quaternario-de-amonio?WT.srch=1&acc=e789ea56094489dff798f86ff51c7a9&epar=bp\\_pl\\_00\\_go\\_pla\\_ud\\_geral\\_gmv&gclid=CjwKCAjw\\_NX7BRA1EiwA2dpg0i7Xr4heff-9x\\_RqRPTyD1HkOvRxPmMEs1QUtLJchWBQKv-do66KkhoCZN8QAvD\\_BwE&i=5f6ebff449f937f6250eedf8&o=5f6f6e8af8e95eac3d3fc086&opn=YSMESP&sellerId=22831353000176&tamanho=Gal%C3%A3o%205%20Litros](https://www.americanas.com.br/produto/2112385603/desinfetante-natural-bactericida-5-lts-base-quaternario-de-amonio?WT.srch=1&acc=e789ea56094489dff798f86ff51c7a9&epar=bp_pl_00_go_pla_ud_geral_gmv&gclid=CjwKCAjw_NX7BRA1EiwA2dpg0i7Xr4heff-9x_RqRPTyD1HkOvRxPmMEs1QUtLJchWBQKv-do66KkhoCZN8QAvD_BwE&i=5f6ebff449f937f6250eedf8&o=5f6f6e8af8e95eac3d3fc086&opn=YSMESP&sellerId=22831353000176&tamanho=Gal%C3%A3o%205%20Litros)>. Acesso em: dezembro de 2020.

[37]. DESINFETANTE à base de quartenário de amônio. **Google Shop**, 2020. Disponível em: <[https://www.google.com/shopping/product/10133163303422845218?q=desinfetante+a+base+de+quatern%C3%A1rio+de+am%C3%B4nia&sxsrf=ALeKk00tdVcZAggWrWgp46\\_6\\_UAdlGeW8w:1601564920560&biw=1366&bih=625&prds=epd:5028858666232912517,paur:CkAsKraX2PbkAziHoE\\_\\_bTisF2ya2gsZlhMZWy9ljMjlbiXLUI-Te6jPfO9R7BcmIH4XLBEXhvBcBYm6x6N4b\\_tELnT0e7ycmQFAobg0Arn7g88OI9SeyM7JBIZAFPVH72iW-pcUCGo-dMsEQEk9IR7pfVqrw,prmr:1&sa=X&ved=0ahUKEwjavfal1pPsAhWIlbkGHbeTCecQ8wlIvwM](https://www.google.com/shopping/product/10133163303422845218?q=desinfetante+a+base+de+quatern%C3%A1rio+de+am%C3%B4nia&sxsrf=ALeKk00tdVcZAggWrWgp46_6_UAdlGeW8w:1601564920560&biw=1366&bih=625&prds=epd:5028858666232912517,paur:CkAsKraX2PbkAziHoE__bTisF2ya2gsZlhMZWy9ljMjlbiXLUI-Te6jPfO9R7BcmIH4XLBEXhvBcBYm6x6N4b_tELnT0e7ycmQFAobg0Arn7g88OI9SeyM7JBIZAFPVH72iW-pcUCGo-dMsEQEk9IR7pfVqrw,prmr:1&sa=X&ved=0ahUKEwjavfal1pPsAhWIlbkGHbeTCecQ8wlIvwM)>. Acesso em: dezembro de 2020.

[38]. DESINFETANTE à base de quartenário de amônio. **Mercado Livre**, 2020. Disponível em: <[https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1498843159-desinfetante-a-base-de-quaternario-de-amnio-5l-faz-100l-\\_JM?matt\\_tool=26177295&matt\\_word=&gclid=CjwKCAjw\\_NX7BRA1EiwA2dpg0n7eDt7h2KY\\_HQWECumyNux4G6T3FetMX3voGtSrEGpQSOqLJHm-MRoCYxwQAvD\\_BwE](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1498843159-desinfetante-a-base-de-quaternario-de-amnio-5l-faz-100l-_JM?matt_tool=26177295&matt_word=&gclid=CjwKCAjw_NX7BRA1EiwA2dpg0n7eDt7h2KY_HQWECumyNux4G6T3FetMX3voGtSrEGpQSOqLJHm-MRoCYxwQAvD_BwE)>. Acesso em: dezembro de 2020.

[39]. INDUSTRIAL sotarage tanks for water. **Alibaba**, 2020. Disponível em: <<https://portuguese.alibaba.com/product-detail/30000l-ss-horizontal-water-storage-tank->

with-top-mahole-

60648626145.html?spm=a2700.8699010.normalList.19.7a5b7ce01seDHI>. Acesso em: dezembro de 2020.

[40]. INDUSTRIAL sotarage tanks for liquid ammonium. **Alibaba**, 2020. Disponível em: <[https://portuguese.alibaba.com/product-detail/15000l-easily-operated-liquid-ammonia-oxygen-gas-storage-tank-60409565920.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_image.3fa94a49pADHa](https://portuguese.alibaba.com/product-detail/15000l-easily-operated-liquid-ammonia-oxygen-gas-storage-tank-60409565920.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.3fa94a49pADHa)> . Acesso em: dezembro de 2020.

[41]. INDUSTRIAL sotarage tanks for ammonium. **Alibaba**, 2020. Disponível em: <<https://portuguese.alibaba.com/product-detail/50m3-liquid-ammonia-storage-tank-liquid-ammonia-cryogenic-tank-liquid-ammonia-transport-tank-1845382195.html>>. Acesso em: dezembro de 2020.

[42]. INDUSTRIAL sotarage tanks for ammonium quaternary. **Alibaba**, 2020. Disponível em: <<https://portuguese.alibaba.com/product-detail/frp-grp-fiberglass-alkali-liquid-storage-tank-or-vessel-frp-horizontal-storage-tank-for-hcl-and-chemicals-60691678311.html>>. Acesso em: dezembro de 2020.

[43]. INDUSTRIAL storage tanks. **Alibaba**, 2020. Disponível em: <<https://portuguese.alibaba.com/product-detail/edta-507982962.html>>. Acesso em: dezembro de 2020.

[44]. INDUSTRIAL mixer tanks. **Alibaba**, 2020. Disponível em: <[https://portuguese.alibaba.com/product-detail/200-5000l-chemical-mixing-tank-industrial-tank-mixer-60660268370.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_image.6e5e77ccSVFcG](https://portuguese.alibaba.com/product-detail/200-5000l-chemical-mixing-tank-industrial-tank-mixer-60660268370.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.6e5e77ccSVFcG)> . Acesso em: dezembro de 2020.

[45]. Disponível em: < <https://www.bomax.com.br/produtos/item/agitadores-misturadores-agimax>>. Acesso em: dezembro de 2020.

[46]. SANTANA, Aline. Sanitização e desinfecção: diferenças, benefícios, cuidados e os princípios químicos. **Food Safety Brazil**, 2016. Disponível em: <<https://foodsafetybrazil.org/sanitizacao-e-desinfeccao-diferencas-beneficios-cuidados-e-os-principais-quimicos/>>. Acesso em: abril de 2020.

[47]. ARFELLI, Silvio Luiz. Projeto mecânico e análise térmica de tanques cilíndricos verticais com agitação e superfície de troca de calor. 2009. 74 f. **Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista**, Bauru, 2009.

[48]. PARLATO, Terezinha Costa Carvalho, VITAL Larceny Moreira (1972). «Aplicação do cloreto de benzalcônio em centro cirúrgico: algumas experiências em laboratório». Brasília. **Revista brasileira de enfermagem**. 25 (1-2): 52-69. ISSN 1984-0446.

[49]. PEREIRA, Beatriz Merchel Piovesan, **Ilias Tagkopoulos** (julho de 2019). «Benzalkonium chlorides: uses, regulatory status, and microbial resistance». American Society for Microbiology. *Applied and Environmental Microbiology* (em inglês). 85 (13): 1-13. doi:10.1128/AEM.00377-19.

[50]. MONTORO, Sérgio. Perda de carga em acidentes de tubulação. 31 slides. **USP**, 2019. Disponível em: <<http://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5022779/LOM3212/AULA%209%20-%20FT%20-%20A%20-%20PERDAS%20DE%20CARGA%20EM%20ACIDENTES%20DE%20TUBULACA0%20-%20CONTEUD0%20EXTRA.pdf>>. Acesso em: janeiro de 2021.

[51]. BARRAL, Manuel. Perda de carga. 30 slides. **USP**, 2020. Disponível em: <[http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Fernando/leb472/Aula\\_7/Perda\\_de\\_carga\\_Manuel%20Barral.pdf](http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Fernando/leb472/Aula_7/Perda_de_carga_Manuel%20Barral.pdf)>. Acesso em: janeiro 2021.

[52]. NR 23 - Proteção contra incêndios. **PNCQ**, 2013. Disponível em: <<http://www.pncq.org.br/uploads/2012/09/NR-23.pdf>>. Acesso em: Janeiro de 2021.

[53]. FICHA de segurança do cloreto de benzalcônio. **Fagron**, 2019. Disponível em: <[https://fagron.com/sites/default/files/document/msds\\_coa/8001-54-5\\_\(PT\).pdf](https://fagron.com/sites/default/files/document/msds_coa/8001-54-5_(PT).pdf)>. Acesso em: janeiro de 2021.

[54]. COMPOSTOS do grupo benzalcônio. **Tebras**, 2019. Disponível em: <[http://www.tebras.com.br/imagens/download/ficha\\_emergencia\\_benzalconio.pdf](http://www.tebras.com.br/imagens/download/ficha_emergencia_benzalconio.pdf)>. Acesso em: janeiro de 2021.

[55]. CLORETO de benzalcônio. **MULTICHEMIE**, 2014. Disponível em: <<https://multichemie.com.br/images/pdf/374ed5e0df5b8ed1e5a23d60f572b2d1.pdf>>.

Acesso em: janeiro de 2021.

[56]. CLORETO de benzalcônio. **FISPQ**, 2015. Disponível em: <<http://www.nsaquimica.com.br/PDF/FISPQ%20-%20Cloreto%20Benzalconio.pdf>>.

Acesso em: janeiro de 2021.

[57]. N-DIMETHYLTETRADECYLAMINE. **Sigma Aldrich**, 2020. Disponível em: <[https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/41653?lang=pt&region=BR&clid=CjwKCAjw5p\\_8BRBUEiwAPpJO66rxATc2WLxj5rxWXj-](https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/41653?lang=pt&region=BR&clid=CjwKCAjw5p_8BRBUEiwAPpJO66rxATc2WLxj5rxWXj-WUvTo_1hQL9BCKFNyrdjymil_KNh0KPvPNhoCp_MQAvD_BwE)

[WUvTo\\_1hQL9BCKFNyrdjymil\\_KNh0KPvPNhoCp\\_MQAvD\\_BwE](https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/41653?lang=pt&region=BR&clid=CjwKCAjw5p_8BRBUEiwAPpJO66rxATc2WLxj5rxWXj-WUvTo_1hQL9BCKFNyrdjymil_KNh0KPvPNhoCp_MQAvD_BwE)>. Acesso em: janeiro de 2021.

[58]. N,N-DIMETHYLDODECYLAMINE. **Sigma Aldrich**, 2020. Disponível em: <<https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/284386?lang=pt&region=BR>>.

Acesso em: janeiro de 2021.

[59]. N,N-DIMETHYLTETRADECYLAMINE. **Pubchem**, 2020. Disponível em: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/8211>>. Acesso em: janeiro de 2021.

[60]. N,N-DIMETHYLDODECYLAMINE. **Pubchem**, 2020. Disponível em: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/8168#section=2D-Structure>>. Acesso em: janeiro de 2021.

[61]. DETERMINATION of Total Calcium and Magnesium Ion Concentration. **Canterbury**, 2018. Disponível em: <[https://www.canterbury.ac.nz/media/documents/science-outreach/magnesium\\_calcium.pdf](https://www.canterbury.ac.nz/media/documents/science-outreach/magnesium_calcium.pdf)>. Acesso em: janeiro de 2021.

[62]. Coordination compounds. **Chem Purdue Edu**, 2018. Disponível em: <<https://www.chem.purdue.edu/gchelp/cchem/polys2.html>>. Acesso em: janeiro de 2021.

[63]. EDTA. **Phytotechlab**, 2019. Disponível em: <<https://phytotechlab.com/pub/media/catalog/product/cache/f43b1ec52dc5db202979c9d889ef32f4/E/3/E316.png>>. Acesso em: janeiro de 2021.

[64]. EDEDIC acid. **Pubchem**, 2018. Disponível em: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6049>>. Acesso em: janeiro de 2021.

[65]. GETIS substance database. **Gestis**, 2018. Disponível em: <[http://gestis-en.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis\\_en/023070.xml?f=templates\\$fn=default.htm\\$3.0](http://gestis-en.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_en/023070.xml?f=templates$fn=default.htm$3.0)>.

Acesso em: janeiro de 2021.

[66]. VIANNA, Gustavo A. C. de Deus. Microscopia de força atômica in situ e microdureza de dentina submetida à substâncias quelantes. **Pubchem**, 2017. Disponível em: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/7503>>. Acesso em: janeiro de 2021.

Disponível em: <<https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=6143@1&msg=28>>. Acesso em: 02 de janeiro de 2021. Disponível em: <<https://pt.stepan.com/>>. Acesso em: 02 de janeiro de 2021.

[67]. ÓXIDO de miristamina. **Enaspol**, 2017. Disponível em: <<https://www.enaspol.eu/eshop-flavol-aom.html>>. Acesso em: 02 de janeiro de 2021. Disponível em: <[https://pt.stepan.com/content/stepan-dot-com/pt\\_br/products-markets/product/AMMONYXMO.html](https://pt.stepan.com/content/stepan-dot-com/pt_br/products-markets/product/AMMONYXMO.html)>. Acesso em: janeiro de 2021.

[68]. FIO de resistência de aquecimento e fio de resistência. **Kanthal**, 2017. Disponível em: <<https://www.kanthal.com/pt-br/produtos-e-servi%C3%A7os/folhas-dedados-do-material/fio/fio-de-resist%C3%A7%C3%A3o-de-aquecimento-e-fio-da-resist%C3%A7%C3%A3o/kanthal-a-1/>>. Acesso em: janeiro de 2021.

[69]. ZHAO, Z.; Xiangfeng Guo, Lihua Jia, Yanyan Liu (2014) “Synthesis and properties of quaternary ammonium surfactants containing a methoxy benzyl substitute”. **The Royal Society of Chemistry**. p. 56918–56925, v.4.

[70]. AMERICAN NATIONAL STANDARD. Instrumentation Symbols and Identification. ANSI/ISA – S5.1-1984 (R1992).

[71]. PRAZOS e periodicidade de pagamentos de empréstimos no Brasil. **BNDES**, 2020. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/guia/prazos-periodicidade-pagamento>>. Acesso em: janeiro de 2021.

[72]. TABELAS CUB. **Sinduscon-SC**, 2020. Disponível em: <<https://sindusconfpolis.org.br/tabelas-cub/>>. Acesso em: janeiro de 2021.

## 17. APÊNDICES

### APÊNDICE A – BALANÇO DE MASSA

Com o objetivo de realizar o balanço de massa para o processo produtivo, é fundamental conhecer as considerações adotadas e as informações base do projeto referente às patentes WO 2002065839-A1 e EP 1505058-A1. A tabela 57 retoma as informações definidas na pesquisa de mercado para a produção anual de Cloreto de Benzalcônio e o desinfetante comercial.

Tabela 57. Informações definidas na pesquisa de mercado para a produção de Cloreto de Benzalcônio e o desinfetante comercial.

Item	Valor
Cloreto de Benzalcônio produção anual	1.000 ton/ano
Desinfetante comercial produção anual	1.415,85 ton/ano

Fonte: Autores (2020)

Sendo assim, destas 1.000 toneladas de Cloreto de Benzalcônio produzidas anualmente, 10% é destinado para a produção do desinfetante e o restante é comercializado na venda direta. Além disso, determinou-se que o tempo de funcionamento da indústria durante o ano é de 320 dias contínuos ao decorrer dos 3 turnos (manhã, tarde e noite) contendo 45 paradas programadas para manutenções necessárias e preventivas.

As principais considerações adotadas e informações utilizadas das patentes base, encontram-se a seguir:

- Serão realizadas 6 bateladas/dia no reator;
- Utilizou-se uma mistura de 50% de N,N-Dimetiltetradecilamina com 50% de N,N-Dimetildodecilamina na corrente das aminas terciárias;
- Na reação de produção do Cloreto de Benzalcônio a proporção mássica de amina terciária para o cloreto de benzila é de 1,81 : 1;
- A pureza dos reagentes utilizados é demonstrada na Tabela 58 abaixo.

Tabela 58. Pureza dos reagentes utilizados no processo produtivo.

Substância	Pureza (% mássica)
Cloreto de Benzila	98
N,N-Dimetiltetradecilamina	92
N,N-Dimetildodecilamina	94
EDTA	99

Fonte: EP1505058-A1 (2005).

- A porcentagem mássica da corrente de saída do reator (desconsiderando a água que é utilizada para a diluição) é predefinida pela invenção, presente no tópico relacionado à produção de Cloreto de Benzalcônio.
- O cloreto de benzalcônio produzido possui concentração de solução de 50%.

#### I. BALANÇO DE MASSA GLOBAL

O balanço de massa global é realizado para determinar as quantidades de matérias-primas e insumos necessários para a produção do cloreto de benzalcônio e o desinfetante comercial. Todos os cálculos e o diagrama geral deste balanço material são apresentados conforme a equação 4 e pela Figura 26.

$$\Sigma \dot{m}_{entrada} = \Sigma \dot{m}_{saída} \quad (4)$$



Figura 26. Diagrama do balanço de massa global do processo produtivo.

Fonte: Autores (2020).

Os cálculos do balanço de massa foram referidos no software *Excel*. Além disso, constata-se que o acúmulo de massa em cada equipamento é zero, o que está em concordância com o esperado pela Lei da Conservação de Massa, conforme a equação 4.

## II. BALANÇO DE MASSA POR UNIDADE DO PROCESSO

O Balanço de massa por unidade do processo é realizado individualmente, pois visa definir os valores das correntes de entrada e saída de cada equipamento.

### a. BALANÇO DE MASSA NO TANQUE MISTURADOR DE AMINAS

A primeira unidade do processo tem o papel de garantir a mistura das aminas terciárias (N,N-Dimetiltetradecilamina e N,N-Dimetildodecilamina) de modo a obter um composto 50% N,N-Dimetiltetradecilamina e 50% N,N-Dimetildodecilamina. Para obter a pureza de cada matéria-prima alimentada ao sistema, utilizou-se as Equações 2 e 3 para determinar a quantidade mássica de cada corrente. Todas essas informações são possíveis de observar de forma condensada na Figura 27.

$$F_{A1} + F_{A2} = F_{AM} \quad (2)$$

$$F_{A1} \cdot x_{A1} + F_{A2} \cdot x_{A2} = F_{AM} \cdot x_{A1} + F_{AM} \cdot x_{A2} \quad (3)$$

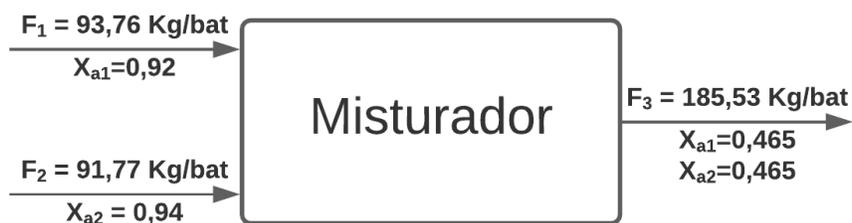


Figura 27. Balanço de massa no tanque misturador de aminas terciárias.  
Fonte: Autores (2020).

#### b. BALANÇO DE MASSA NO REATOR

Com base nas considerações iniciais de produção do cloreto de benzalcônio, determinou-se a massa de Cloreto de Benzalcônio 50% a ser produzida por batelada.

$$\frac{1000 \text{ ton/ano}}{320 \text{ dias/ano} * 6 \text{ bat/dia}} = 0,520833 \text{ ton/bat} \quad (4)$$

Este valor, convertido para quilogramas, é de 520,833 Kg/bat, que será o valor utilizado nos demais cálculos.

Observando-se a composição da corrente de saída, percebe-se que ela não considera a adição de água. Desta forma, para encontrar o valor da fração mássica de cloreto de benzalcônio que sai do reator, multiplicou-se o valor da massa de saída por 0,5 (uma vez que o cloreto de benzalcônio produzido é 50%). O valor encontrado corresponde aos 97,23% de massa de cloreto de benzalcônio que foi utilizado para encontrar o valor da massa do restante das substâncias na corrente de saída, utilizando-se a seguinte equação 6.

$$F_x^S = F'^S * x'_x \quad (6)$$

Com o valor da massa de cada substância na saída, subtraiu-se o valor da massa de cada substância da massa da batelada (520,833 Kg/bat), através da equação 7, para encontrar a massa de água na corrente de saída.

$$\Sigma \dot{m}_{saída} = F_b + F_c + F_d + F_i + F_r \quad (7)$$

O valor da fração mássica dos componentes foi recalculado, desta vez, considerando a água adicionada, através da equação 8, abaixo.

$$F_x^S = F^S * x_x^S \quad (8)$$

Após isso, descobriu a massa dos componentes na corrente de entrada, utilizando a proporção mássica preestabelecida, através das seguintes equações.

$$F_a^e = 1,81 * F_b^e \quad (9)$$

$$F_a^e + F_b^e = F^S \quad (10)$$

Juntando a equação 9 com a equação 10, foi possível encontrar o valor das massas de entrada das aminas ( $F_a^e$ ) e do cloreto de benzila ( $F_b^e$ ). Como foi considerado uma mistura equimássica das aminas, o valor encontrado foi dividido por 2 para descobrir a massa de cada uma das aminas na corrente de entrada. Na figura 28 é possível observar, de forma resumida, as correntes do balanço

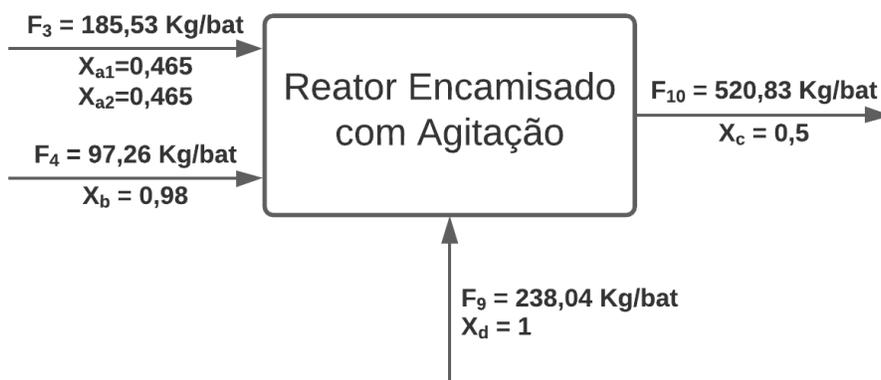


Figura 28. Balanço de massa no reator.  
Fonte: Autores (2020).

### c. BALANÇO DE MASSA NO MISTURADOR DO DESINFETANTE

Posteriormente, após a bifurcação do Cloreto de Benzalcônio produzido, iniciou-se os cálculos para o balanço de massa no tanque misturador, equipamento utilizado para a produção do desinfetante concentrado. A legislação brasileira permite produtos sanitizantes com no máximo 0,1% p/p de cloreto de benzalcônio na sua formulação. Dessa forma, como mostra a tabela 59, o desinfetante concentrado será necessário diluir para sua utilização, pois adotou-se os valores de 10% p/v de cloreto de benzalcônio e 0,05% p/v de EDTA como composição do concentrado de interesse, bem como, ser base de cálculo, juntamente da produção preestabelecida (1415,85 ton/ano) para o balanço de massa a seguir.

Tabela 59. Composição adotada para a produção do desinfetante concentrado a base de cloreto de benzalcônio.

<b>Componente</b>	<b>Composição adotada</b>
Cloreto de Benzalcônio	10% p/v
EDTA	0,05% p/v
Água Destilada	Até completar 1L de solução

Fonte: Autores (2020).

Em seguida, buscou-se na literatura a massa específica do produto de interesse, todavia, não se obteve nenhuma informação pertinente. Desse modo, procurou-se referências da correlação entre o Cloreto de Benzalcônio e a água, tendo em vista ser os componentes em maior proporção mássica na mistura e por intermédio do artigo científico (A. Gonzalez-Perez et al./J. Chem. Thermodynamics 35, 2003), extraiu-se o valor de massa específica para a mistura na temperatura de 25°C, conforme a Tabela 60, abaixo.

Tabela 60. Massa específica do Cloreto de Benzalcônio com 12 carbonos e 14 carbonos na temperatura de 25°C.

Solução	Massa Específica (Kg/m <sup>3</sup> )
Solução com 12 Carbonos	997,020
Solução com 14 Carbonos	996,935

Fonte: Autores (2020).

Fundamentado nesses dados e levando em conta de que o processo produtivo é alimentado por uma mistura de 50% N,N-Dimetiltetradecilamina (14 Carbonos) e 50% N,N-Dimetildodecilamina (12 Carbonos), realizou-se a média dos valores e considerou-se como a massa específica do desinfetante concentrado.

$$\dot{x} = \frac{997,020 + 996,935}{2}$$

$$\rho = 996,978 \text{ Kg/m}^3$$

A partir do conhecimento da massa específica (equação 11) é possível determinar o volume de solução que será produzido diariamente, conforme a equação abaixo.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (11)$$

$$\frac{4.424,523344 \text{ Kg/dia}}{996,978 \text{ Kg/m}^3} = V$$

Dessa forma, obteve-se um volume de desinfetante de 4,4379 m<sup>3</sup>/dia. Sabendo que a composição base do desinfetante é 10% p/v de cloreto de benzalcônio, 0,05% p/v EDTA e água destilada até completar um litro de mistura, através do volume total diário produzido, é plausível aferir a quantidade mássica de cada corrente de alimentação no misturador, tendo em vista a corrente de saída já ser preestabelecida.

Por fim, definiu-se a fração mássica de cada componente na corrente de saída, dispostos na tabela 61, abaixo, e, com isso, obteve-se a relação de correntes envolvidas nesta etapa, como mostra figura 29. Além disso, assumiu-se que não ocorrem reações secundárias dentro do misturador e subprodutos e inertes da mistura apresentam frações mássicas muito baixas para apresentarem risco à saúde ou comprometer a mistura.

Tabela 61. Frações mássicas para as correntes de saída do misturador de desinfetante.

Correntes	Frações mássicas
Cloreto de Benzalcônio	0,10030
EDTA	0,0005
Água Destilada	0,89920

Fonte: Autores (2020).

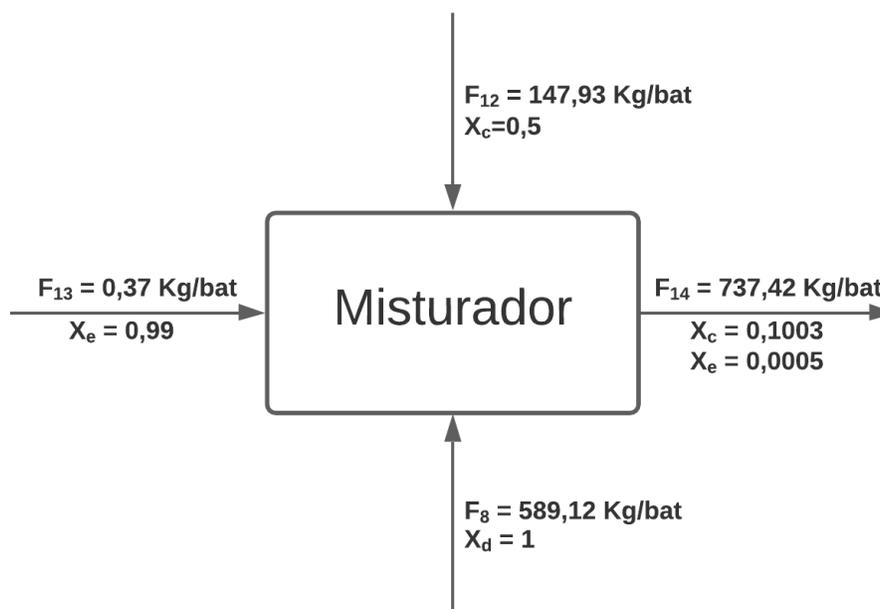


Figura 29. Balanço de massa no misturador do desinfetante.

Fonte: Autores (2020).

#### d. BALANÇO DE MASSA PARA DESMINERALIZADOR

A água utilizada no processo foi previamente destilada e deionizada em um desmineralizador. Através das informações fornecidas pelo site 'Águas de Joinville', companhia de saneamento básico da cidade onde está situada a indústria, foi possível coletar dados acerca da água utilizada na estação de tratamento da cidade. Dessa forma, as seguintes considerações foram baseadas no boletim mensal de potabilidade de julho/2020 para as duas estações de tratamento de Joinville: ETA Cubatão e ETA Pirai.

Objetivou-se uma fração mássica de água destilada elevada e fluxo de permeado de 1099,99 kg/bat sendo que, 238,0455 kg/bat são necessários para o reator encamisado na reação de produção do cloreto de benzalcônio e 861,95 no trocador de calor. Após, 589,1215 kg/bat, parte da vazão de saída de água do trocador, são destinados ao misturador para a produção de desinfetante. Os 272,82 kg/bateladas de água restantes são destinados ao reservatório de água 1 no prédio auxiliar, para ser usado em utilidades.

A densidade da água para a temperatura de 25°C utilizada foi de 997 kg/m<sup>3</sup>. Dessa forma, obteve-se o volume de água de 1103,3 L/bat. Observados a equação de balanço de massa na equação 12.

$$\Sigma \text{entra} = \Sigma \text{sai} \quad (12)$$

Ou seja, têm-se que o volume de saída e o volume de entrada são iguais, de 1103,3 L/bat.

A composição de cloro e fluoretos na alimentação da membrana, presentes na água foram de, respectivamente, 2,5 mg/L e 0,85 mg/L. Dessa forma, obtêm-se que a fração mássica de água pura, sem sais, na entrada da membrana é 0,826341.

Considerando que o desmineralizador consiga desmineralizar até 97% da água de entrada com sais, obtêm-se uma composição de saída de 0,9826 de água pura. Para simplificação dos cálculos de balanço de massa, utilizou-se a composição de entrada de água pura pós desmineralizador como 1.

## APÊNDICE B – BALANÇO DE ENERGIA

### I. TROCADOR DE CALOR

O trocador de calor é responsável por resfriar a solução de cloreto de benzalcônio, provinda do reator, de 80 °C a 40 °C. Para isto, utilizou-se da corrente de água destilada empregada na produção do desinfetante comercial. Nos cálculos e para obter as propriedades do cloreto de benzalcônio usou-se como base o artigo “Synthesis and properties of quaternary ammonium surfactants containing a methoxy benzyl substitute”,

sendo válido ressaltar que algumas informações aplicadas na substância foram a 25 °C. Os termos envolvidos para determinar a área do trocador e a massa de líquido refrigerante estão presentes na Tabela 62. Além disso, utilizou-se um trocador de calor casco e tubo, no qual nos tubos há a passagem do cloreto de benzalcônio e no casco a água refrigerante. Escolheu-se essa configuração, pois o cloreto de benzalcônio contém maior teor de impureza do que a água destilada.

Tabela 62. Propriedades para o cloreto de benzalcônio.

Variável	Valor
Temperatura de entrada do cloreto de benzalcônio (Te,q)	80 °C
Temperatura de saída do cloreto de benzalcônio (Ts,q)	40 °C
Entalpia do cloreto de benzalcônio (14C)	4,64 KJ/mol
Entalpia do cloreto de benzalcônio (16C)	8,95 KJ/mol
Massa do cloreto de benzalcônio	520,83 Kg/bat
Massa específica do cloreto de benzalcônio a 20°C	980 Kg/m <sup>3</sup>
Viscosidade dinâmica a 60°C	0,02 Kg/m.s
Massa molar do cloreto de benzalcônio	311,9 g/mol

Fonte: Autores (2020).

Assim, conforme os dados, inicialmente é necessário converter a entalpia molar para entalpia mássica.

$$\Delta H_{14 \text{ carbono}} = 14,8766 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} = 4,64 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}} \cdot \frac{1 \text{ mol de cloreto de benzalcônio}}{0,3119 \text{ Kg de cloreto de benzalcônio}}$$

$$\Delta H_{16 \text{ carbono}} = 28,6951 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} = 8,95 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}} \cdot \frac{1 \text{ mol de cloreto de benzalcônio}}{0,3119 \text{ Kg de cloreto de benzalcônio}}$$

Desse modo, utilizando a equação 13, a entalpia do composto será de 21,7859 KJ/Kg.

$$\Delta H = \frac{\Delta H_{16} + \Delta H_{14}}{2} \quad (13)$$

Na literatura, encontra-se a equação X e mediante ela, é factível calcular o valor da capacidade calorífica que será necessário para determinar a quantidade de calor trocada (equação 14) entre os fluidos no equipamento, logo, o valor é 0,8645 KJ/Kg.K.

$$\Delta H = C_{p,\text{cloreto de benzalcônio}} \cdot \Delta T \quad (14)$$

Para o cálculo da quantidade de calor trocado (q), foi usada a equação 15, obtendo, assim, o valor de -18.010,416 KJ.

$$q = m_q \cdot C_{p,\text{cloreto}} \cdot (T_{s,q} - T_{e,q}) \quad (15)$$

Como o líquido usado no resfriamento é água destilada, aferiu-se a capacidade calorífica e a massa específica da substância na temperatura de filme. A tabela 63 apresenta os valores das propriedades do composto refrigerante.

Tabela 63. Dados do fluido refrigerante.

Variável	Valor
Temperatura de entrada da água destilada (Te,f)	25 °C
Temperatura de saída da água destilada (Ts,f)	30 °C
Temperatura de filme da água destilada	27,5 °C
Massa da água destilada	861,95 Kg/bat
Capacidade calorífica da água destilada	4,179 KJ/Kg.K
Massa específica da água destilada	996,5 Kg/m <sup>3</sup>

Fonte: Incropera (2007).

Portanto, conhecendo o calor necessário ao processo, tem-se como determinar a massa de água destilada usada para o resfriamento do cloreto de benzalcônio, seguindo o princípio de conservação de energia. Para isso, deve-se substituir o valor do calor (q) na equação 16, conforme demonstrado abaixo. Então, o valor da massa de água destilada é de 861,95 Kg/bat.

$$m_f = \frac{q}{C_{p,\text{água}} \cdot (T_{s,f} - T_{e,f})} \quad (16)$$

Para o cálculo da área de troca térmica (A), utilizou-se do método da DTML (Diferença da Temperatura Média Logarítmica), visto que esse procedimento é indicado uma vez que as temperaturas de alimentação e saída dos fluidos quentes e frios são conhecidas. A equação 17 representa a técnica implementada.

$$A = \frac{q}{U \cdot \Delta T_{ml} \cdot f} \quad (17)$$

O valor de  $\Delta T_{ml}$  é a diferença média logarítmica de temperatura entre a corrente quente (cloreto de benzalcônio) e a fria (água destilada). O fluxo é contracorrente e usa-se as equações 18, 19 e 20 para o cálculo do  $\Delta T_{ml}$ .

$$\Delta T_{ml} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left( \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)} \quad (18)$$

Sendo:

$$\Delta T_1 = T_{e,q} - T_{s,f} \quad (19)$$

$$\Delta T_2 = T_{s,q} - T_{e,f} \quad (20)$$

Assim, o valor assumido pelo  $\Delta T_{ml}$  é igual a 29,07 °C. Entretanto, trocadores de calor de casco e tubo de múltiplos passes necessita obter o fator de correção ( $f$ ) que é específico para a configuração do trocador de calor utilizado.

Para conseguir o valor do fator de correção, recorreu-se ao ANEXO E, o qual requer o cálculo dos parâmetros P e Z, nas equações 21 e 22.

$$P = \frac{T_{t,s} - T_{t,e}}{T_{s,e} - T_{t,e}} \quad (21)$$

$$Z = \frac{T_{s,e} - T_{s,s}}{T_{t,s} - T_{t,e}} \quad (22)$$

Onde:

$T_{t,s}$  = Temperatura de saída do fluido no tubo

$T_{t,e}$  = Temperatura de entrada do fluido no tubo

$T_{s,s}$  = Temperatura de saída do fluido no casco

$T_{s,e}$  = Temperatura de entrada do fluido no casco

Desse modo, aferiu-se o valor dos parâmetros P e Z e através da leitura gráfica obteve-se um valor de  $f = 0,96$

O coeficiente global de transferência de calor pode ser definido em termos da resistência térmica total à transferência de calor entre dois fluidos, conforme a equação 23 abaixo.

$$U = \frac{1}{A \cdot \Sigma R} \quad (23)$$

Quando a espessura da parede for desprezível e a condutividade térmica for elevada, a resistência do tubo pode ser desprezada, tornando assim, a equação 23 na equação 24. Esta simplificação é válida para a maioria dos casos envolvendo trocadores de calor.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_o}} \quad (24)$$

O coeficiente convectivo interno foi calculado mediante o número de Nusselt que representa a razão entre a transferência de calor por convecção e a condução. Este parâmetro é função de outros dois números adimensionais que são: o número de Reynolds e o número de Prandtl. Sendo assim, representado da seguinte maneira pela equação 25.

$$Nu = \frac{h_i \cdot D_i}{k} \quad (25)$$

Sendo:

$D_i$  = Diâmetro interno do tubo

$K$  = condutividade térmica do fluido

Para determinar o regime de escoamento em tubos circulares, utilizou-se a equação 26.

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D_i}{\mu} \quad (26)$$

Onde para a condição de escoamento completamente desenvolvido no interior de tubos, tem-se os seguintes valores.

Regime laminar:  $Re < 2100$

Regime de transição:  $2100 < Re < 2300$

Regime turbulento:  $Re > 2300$

Sendo assim, o valor obtido foi de  $Re = 1.372$ . Dessa forma, para o escoamento laminar em tubos usa-se a equação de Kays para estabelecer o número de Nusselt, de acordo com a equação 27.

$$Nu = 3,66 + \frac{0,0668\left(\frac{D}{L}\right)RePr}{1 + 0,04\left[\left(\frac{D}{L}\right)RePr\right]^{2/3}} \quad (27)$$

Onde:

$L = 2000 \text{ mm}$

$D = 14 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

Tais dimensões foram obtidas conforme o ANEXO D.

O número de Prandtl é calculado conforme a equação 28. Em relação a condutividade térmica do cloreto de benzalcônio na temperatura de filme, não encontrou-se informação na literatura, portanto, admitiu-se o valor da condutividade térmica da água  $k = 653,6 \cdot 10^3 \frac{W}{m \cdot K}$ . Desse modo, obteve-se o valor de  $Pr = 26,45$ .

$$Pr = \frac{c_p \cdot \mu}{k} \quad (28)$$

A partir dos dados aferidos, calculou-se o valor do número de Nusselt, conforme a equação 20, e, posteriormente, determinou-se o coeficiente de transferência de calor interno. O valor obtido foi de  $Nu = 3,676$  e  $h_i = 171,63 \frac{W}{m^2 \cdot K}$ . Já para o coeficiente de transferência de calor externo, por ser mais complexo, utilizou-se o valor de  $h_e$  tabelado  $h_e = 5.973,53 \frac{W}{m^2 \cdot K}$ , disponível no ANEXO F. Deste modo, mediante a equação 19, calculou-se o coeficiente global de transferência de calor, obtendo  $U = 166,84 \frac{W}{m^2 \cdot K}$ .

A partir disso é possível encontrar a área de troca térmica necessária para o resfriamento da solução de cloreto de benzalcônio, sendo equivalente a  $A = 12,89 \text{ m}^2$ . As configurações, dimensões e as principais variáveis do trocador de calor estão na tabela 64, utilizando como base o modelo 17 do ANEXO D.

Tabela 64. Configurações do trocador de calor.

Variável	Valor
Número de tubos	40
Área de troca térmica	14,72 m <sup>2</sup>
Número de passes	2
Diâmetro dos tubos	0,014 m
Diâmetro do casco	0,26 m
Comprimento do trocador de calor	2,12 m
Comprimento dos tubos	2,00 m
Massa do cloreto de benzalcônio	520,83 Kg/bat
Massa da água refrigerante	861,95 Kg/bat
Coeficiente global de transferência de calor	166,84 W/m <sup>2</sup> .K
Temperatura média logarítmica	29,07 °C

Fonte: Autores (2020).

## II. REATOR ENCAMISADO E COM AGITAÇÃO

Dentro do reator, ocorre a reação de formação cloreto de benzalcônio, que, para acontecer, necessita que a mistura de amins seja aquecida da temperatura ambiente até uma temperatura de 40 °C e que, após a adição do cloreto de benzila, a temperatura deve ser aumentada e mantida em 80 °C. Além do aquecimento, que será feito pela camisa térmica, o reator ainda contará com a ação de um agitador, que manterá a agitação em 200 rpm. Para o cálculo do balanço energético serão feitas algumas considerações:

- O calor liberado pela reação de formação do Cloreto de Benzalcônio é muito pequeno comparado com o calor fornecido ao reator e, por isso, será desconsiderado;
- Desconsiderou-se o calor que sai do sistema através das paredes do reator;
- Considerou-se que o conteúdo aquecido é o cloreto de benzalcônio e a capacidade calorífica adotada é a de um composto semelhante ao cloreto de benzalcônio (sal de amônio quaternário com grupo metóxi).

Assim, primeiramente calculou-se o calor necessário para elevar a mistura de 25°C até a temperatura necessária para o processo, que é de 80°C. Para isso, utilizou-se a equação 29, levando em conta a massa processada no reator em uma batelada, o  $C_p$  do Cloreto de benzalcônio, que foi calculado no tópico anterior (Balanço de Energia do Trocador de Calor), e a variação de temperatura, presentes na tabela 65.

$$Q = m \cdot C_p \cdot (T_f - T_i) \quad (29)$$

Tabela 65. Dados para o cálculo da quantidade de calor necessária para o reator.

Variável	Valor
m (Kg/batelada)	520,8333
$C_p$ (J/Kg.K)	0,87
$T_f$ (°C)	80
$T_i$ (°C)	25

Fonte: Autores (2020)

A partir dos cálculos realizados, encontrou-se um valor de 24.921,88 KJ/ batelada necessários para elevar a temperatura da mistura de 25°C para os 80°C.

## APÊNDICE C – DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS

### I. Dimensionamento dos sistemas de agitação

Três sistemas de agitação são requeridos para o sistema:

- a) 1 agitador no misturador de aminas;
- b) 1 agitador no reator encamisado;
- c) 1 agitador no misturador do desinfetante.

Primeiramente é necessário fazer a escolha da pá. A escolha é feita em relação ao fluido que será agitado e sua viscosidade. Tendo em vista que a viscosidade dos componentes presentes nos três equipamentos é semelhante à viscosidade da água, verificou-se que o impelidor indicado para os três equipamentos são turbinas de pás inclinadas de 45° e de fluxo axial. Esse tipo de fluxo gera linhas de fluxo paralelas ao eixo do agitador, ou seja, impulsiona a grande massa líquida contra o fundo do tanque. É principalmente utilizado para mistura de produtos líquidos e possui baixo consumo de potência, como pode ser visto no APÊNDICE C.

Para o cálculo do volume de cada tanque, é necessário que se saiba a massa e a massa específica para cada um dos casos. Desta forma, utilizou-se a equação 30.

$$V = \tau \times Q \quad (30)$$

Como o tanque está sob agitação, há elevação do nível de líquido, desta forma, foi adotado um volume de segurança. Os dados utilizados para o cálculo de cada volume, o volume calculado e o volume adotado para cada equipamento estão dispostos na tabela 66.

Tabela 66. Dados e Volume para cada equipamento.

<b>Equipamento</b>	<b>Massa (kg/bat)</b>	<b>Massa específica (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume Calculado (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume Adotado (m<sup>3</sup>)</b>
--------------------	---------------------------	--	---	---

Misturador de Amina	185,53	791	0,2345	0,5
Reator encamisado	520,83	992,8488	0,5246	0,8
Misturador desinfetante	737,42	996,9775	0,7396	1

Fonte: Autores (2020).

Em seguida, calculou-se a altura do tanque, utilizando a equação 31.

$$H = \frac{\text{Volume}}{\text{Área da base}} \quad (31)$$

Para cada equipamento, foi adotado um diâmetro do tanque e o Diâmetro adotado, bem como a altura calculada de cada equipamento podem ser observados na tabela 67.

Tabela 67. Relação do diâmetro considerado e altura calculada para cada equipamento.

<b>Equipamento</b>	<b>Diâmetro do tanque (m)</b>	<b>Altura do tanque (m)</b>
Misturador de Amina	0,8	0,995
Reator encamisado	0,8	1,592
Misturador desinfetante	1	1,273

Fonte: Autores (2020).

Com os valores de volume, altura e diâmetro do tanque, foi possível determinar os demais parâmetros necessários. Utilizou-se como referência os valores determinados por CREMASCO (2014) para tanque de pás padrões, considerando as seguintes variáveis para esse dimensionamento:

H, altura do líquido no reservatório;

T, diâmetro do tanque

h, distância entre o impelidor e o fundo do tanque;

D, diâmetro do impelidor;

W, altura da pá do impelidor;

L, largura da pá do impelidor;

B, largura da chicana;

N, número de rotações do impelidor.

Tem-se então as seguintes relações:

$$\frac{D}{T} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{h}{D} = 1$$

$$\frac{B}{T} = \frac{1}{10}$$

$$\frac{W}{D} = 0,25$$

$$\frac{H}{T} = 1$$

Assim, considerando o diâmetro adotado para cada tanque, calcula-se o diâmetro do impelidor, como mostra a tabela 68. Os demais parâmetros também foram calculados e estão expostos nos itens “11.3. Misturador de Aminas”, “11.4. Reator Encamisado” e “11.8. Misturador de Desinfetante”.

Tabela 68. Diâmetro do Impelidor calculado para cada equipamento.

Equipamento	Diâmetro do Impelidor (m)
-------------	---------------------------

Misturador de Amina	0,129
Reator encamisado	0,267
Misturador desinfetante	0,333

---

Fonte: Autores (2020).

Calculou-se, utilizando a equação 32 o valor do número de Reynolds dos tanques, a fim de determinar a potência requerida por cada um dos sistemas.

$$Re = \frac{\rho * D^2 * N}{\mu} \quad (32)$$

Para isso, fez-se as seguintes considerações:

1) Tendo em vista que não foram encontrados dados para a viscosidade das aminas e que as duas aminas só diferem no tamanho da cadeia carbônica (sendo a dimetiltetradecil com 14 carbonos e a dimetildodecil com 12) fez-se a primeira consideração de que suas viscosidades individuais seriam praticamente as mesmas;

2) O valor de densidade da mistura foi determinado através da média aritmética entre o valor de densidade individual de cada componente;

3) Para o misturador de aminas, considerou-se que seria possível utilizar o valor de viscosidade dinâmica encontrado para o óxido de dimetiltetradecil, chamado de Myristyl dimethylamine, visto que os óxidos de amina são derivados de aminas terciárias e suas propriedades químicas, tal qual a densidade, não variam tanto;

4) Para o reator encamisado e para o misturador de desinfetante, considerou-se a viscosidade da solução como igual à da água, devido à alta concentração de água nos dois sistemas.

A partir disso, obteve-se os dados do Reynolds para cada situação. Os valores considerados de viscosidade e número de rotações por segundo (rps) e o Reynolds calculado para cada um dos sistemas podem ser conferidos na tabela 69.

Tabela 69. Dados e número de Reynolds calculado para cada equipamento.

<b>Equipamento</b>	<b>Viscosidade Dinâmica (<math>\mu</math>)</b>	<b>Rotações por Segundo (N)</b>	<b>Número de Reynolds (Re)</b>
Misturador de Amina	$2,336.10^{-3}$	1	$2,4079.10^4$
Reator encamisado	$1,02.10^{-3}$	3,33	$1,8799.10^4$
Misturador desinfetante	$1,02.10^{-3}$	1	$1,0838.10^6$

Fonte: Autores (2020).

Com o valor de Reynolds encontrado pôde-se descobrir o valor de  $NP_0$  de acordo com o gráfico que relaciona número de potência para diversos impelidores pelo número de reynolds (CREMASCO, 2014, pág.106, fig.5.10). Para os três equipamentos, obteve-se um  $NP_0$  igual a 1,5. Calculou-se então a potência requerida a partir da equação 33.

$$W = NP_0 \times \rho \times N^2 \times D^3 \quad (33)$$

Os valores de potência requerida calculados para os três sistemas podem ser observados na tabela 70.

Tabela 70. Potência requerida para cada um dos sistemas.

<b>Equipamento</b>	<b>Potência requerida (W)</b>
Misturador de Amina	22,4996
Reator encamisado	232,0919

Misturador desinfetante 36,8144

---

Fonte: Autores (2020).

Por fim, visando determinar o nível de agitação fez-se uso da seguinte equação 34, que relaciona a potência com o volume de agitação.

$$N_A = \frac{W}{V_{real\ do\ líquido}} \quad (34)$$

Os valores encontrados do nível de agitação foram compilados na Tabela 71.

Tabela 71. Nível de agitação de cada sistema.

<b>Equipamento</b>	<b>Nível de Agitação (HP)</b>
Misturador de Amina	0,2701
Reator encamisado	0,6066
Misturador desinfetante	0,0734

---

Fonte: Autores (2020).

De acordo com CREMASCO, 2014 (pág.109, tab. 5.10) o nível de agitação do tanque de misturador de aminas e do tanque de mistura do desinfetante são classificados como suave, enquanto o nível de agitação do reator encamisado é classificado como forte.

## II. Dimensionamento da camisa térmica do reator

Para o dimensionamento da camisa térmica, primeiramente considerou-se que a camisa térmica não está em contato direto com o fluido e que ele está na forma de um fio do Tipo Kanthal com diâmetro da seção transversal de 4mm. Assim, primeiramente, calculou-se a resistência do fio da resistência utilizando a equação que descreve o efeito

Joule, descrito na equação 35, junto com a relação entre corrente elétrica, resistência e potencial, observada na equação 36.

$$Q = i^2 \times R \times t \quad (35)$$

$$i = \frac{V}{R} \quad (36)$$

Unindo as duas equações e rearranjando-as, têm-se a equação 37, para o cálculo da resistência envolvida na camisa para o aquecimento da mistura.

$$R = \frac{V^2 \cdot t}{Q} \quad (37)$$

Para o cálculo da resistência, utilizou-se os seguintes dados, presentes na tabela 72.

Tabela 72. Dados do sistema para o cálculo da resistência.

Variável	Valor
Q (Joules)	24.921,875.10 <sup>3</sup>
V (Volts)	220
t (segundos)	9000

Fonte: Autores (2020).

Onde o Q refere-se à quantidade de calor necessária para o aquecimento da mistura, calculado no Balanço de Energia, V refere-se à tensão, sendo adotada a tensão padrão de 220 V e t, o tempo em segundos, referente ao tempo da batelada.

Assim, chegou-se a um valor de resistência de 17,48 ohms. Com o valor da resistência, utilizou-se a relação expressa pela equação 38 para calcular a largura do fio Kanthal necessário para a camisa do reator.

$$R = \frac{\rho \times l}{A} \quad (38)$$

Onde o  $\rho$  é a resistividade elétrica do condutor, retirado do catálogo da Kanthal, e A é a área da seção transversal do condutor, que foi calculada a partir do diâmetro de

4mm do fio escolhido. Os valores utilizados no cálculo podem ser conferidos na tabela 73.

Tabela 73. Dados do fio Kanthal para o dimensionamento da camisa.

Variável	Valor
P (ohm.mm <sup>2</sup> /m)	1,45
A (mm <sup>2</sup> )	3,142

Fonte: Autores (2020).

Assim, chegou-se a um valor de comprimento do fio da resistência de 37,87 metros, dando um total de 6 voltas e meia, aproximadamente, na parede do reator.

## APÊNDICE D – DIMENSIONAMENTO DAS TUBULAÇÕES DO PROCESSO

### a. Dimensionamento da tubulação de água fria

Através do conhecimento das velocidades recomendadas para cada fluido, foi possível dimensionar a tubulação de água fria. De acordo com as Normas ANSI B.36.10, a água doce em redes de instalações industriais deve ter velocidade entre 2 a 3 m/s. Optou-se por utilizar a velocidade de 2,5 m/s para a água utilizada no processo produtivo e no carregamento dos reservatórios de água e 2 m/s para água fria das utilidades gerais no pavilhão e prédio auxiliar. Além disso, a tubulação utilizada foi de aço comercial, Std 40,40s, de acordo com Norma ASME B.36.10. como presente no ANEXO A.

Dessa forma, através da equação 39 abaixo calculou-se a área de cada trecho da tubulação, levando em conta a vazão demandada por cada trecho (Q) e a velocidade de água correspondente do trecho. É importante ressaltar que a vazão calculada para o processo levou em conta o número de bateladas realizadas em um dia, 6. Além disso, com o valor obtido em m<sup>3</sup>/batelada, dividiu-se a vazão por 0,0833 h, 5 minutos, representando o tempo que o fluido é transportado pela tubulação. O tempo de enchimento dos reservatórios de água foi considerado como 30 minutos.

As demais vazões demandadas no pavilhão industrial, como lavatórios, laboratório e bebedouros e todas as vazões do pavilhão auxiliar, foram tratadas como instalações hidrossanitárias comerciais, com vazão em m<sup>3</sup>/h e tempo de 18 horas (tempo total funcionamento da empresa).

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{m^3/h}{m/h} \quad (39)$$

Com o valor de área, foi possível determinar o diâmetro da tubulação pela equação 40 abaixo.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \quad (40)$$

Obtendo-se o resultado do diâmetro, foi necessário a escolha da bitola da tubulação. A escolha da bitola se deu através do diâmetro obtido pelo cálculo anterior. Utilizando a tabela presente no ANEXO B, escolheu-se o valor de bitola imediatamente superior e inferior ao diâmetro obtido, e com o valor de área tabelado, um novo diâmetro pôde ser determinado. Com o valor da vazão no trecho e a nova área, calculou-se a velocidade do fluido e a bitola escolhida foi a que apresentou valor de velocidade próximo ou inferior a 2,5 m/s ou 2 m/s, valores estipulados anteriormente.

É possível ver pela planta baixa deste trabalho, anexada, o correspondente a cada trecho tratado nas Tabelas a seguir. Essa tabela 74 apresenta esses cálculos e o valor de bitola escolhido para cada trecho para a água fria do processo, a tabela 75 os cálculos para demais demandas de água no pavilhão industrial e a Tabela 76 para o prédio auxiliar.

Tabela 74. Escolha da bitola para água fria do processo produtivo.

Trecho	D int (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Menor Diâmetro			Maior Diâmetro			Bitola escolhida
			Bitola (in)	A int (m <sup>2</sup> )	u (m/s)	Bitola (in)	A int (m <sup>2</sup> )	u (m/s)	
1-2	0.0628	27.9113	2 ½"	0.00309	2.509	3"	0.00477	1.625	2 ½"
4-5	0.0433	13.2726	1 ½"	0.00131	2.814	2"	0.00217	1.699	2"

5-6	0.0433	13.2726	1 ½"	0.00131	2.814	2"	0.00217	1.699	2"
F-G	0.0433	13.2726	1 ½"	0.00131	2.814	2"	0.00217	1.699	2"
7-8	0.0433	13.2726	1 ½"	0.00131	2.814	2"	0.00217	1.699	2"
8-10	0.0433	13.2726	1 ½"	0.00131	2.814	2"	0.00217	1.699	2"
10-11	0.0433	13.2726	1 ½"	0.00131	2.814	2"	0.00217	1.699	2"
11-12	0.0384	10.4099	1 ¼"	0.00097	2.997	1 ½"	0.00131	2.207	1 ½"
12-B	0.0317	7.0936	1"	0.00056	3.519	1 ¼"	0.00097	2.042	1 ¼"
B-C	0.0317	7.0936	1"	0.00056	3.519	1 ¼"	0.00097	2.042	1 ¼"
C-D	0.0317	7.0936	1"	0.00056	3.519	1 ¼"	0.00097	2.042	1 ¼"
D-E	0.0317	7.0936	1"	0.00056	3.519	1 ¼"	0.00097	2.042	1 ¼"
10-J	0.0201	2.8627	¾"	0.00034	2.339	1"	0.00056	1.420	¾"
J-K	0.0201	2.8627	¾"	0.00034	2.339	1"	0.00056	1.420	¾"
12-L	0.0217	3.3163	¾"	0.00034	2.678	1"	0.00056	1.645	1"
L-M	0.0217	3.3163	¾"	0.00034	2.678	1"	0.00056	1.645	1"
M-N	0.0217	3.3163	¾"	0.00034	2.678	1"	0.00056	1.645	1"

Fonte: Autores (2020).

Tabela 75. Escolha da bitola para água fria das utilidades do pavilhão industrial.

Trecho	D int (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Menor Diâmetro			Maior Diâmetro			Bitola escolhida
			Bitola (in)	A int (m <sup>2</sup> )	u (m/s)	Bitola (in)	A int (m <sup>2</sup> )	u (m/s)	
3-13	0.0090	0.4576	⅛"	0.00012	1.033	¼"	0.00007	1.897	¼"
13-14	0.0042	0.0999	⅛"	0.00012	0.226	¼"	0.00007	0.414	¼"
13-15	0.0040	0.0894	⅛"	0.00012	0.202	¼"	0.00007	0.371	¼"
13-16	0.0037	0.0789	⅛"	0.00012	0.178	¼"	0.00007	0.327	¼"
13-20	0.0034	0.0653	⅛"	0.00012	0.147	¼"	0.00007	0.271	¼"

13-21	0.0013	0.0090	1/8"	0.00012	0.020	1/4"	0.00007	0.037	1/4"
13-22	0.0009	0.0045	1/8"	0.00012	0.010	1/4"	0.00007	0.019	1/4"
13-H	0.0035	0.0684	1/8"	0.00012	0.154	1/4"	0.00007	0.283	1/4"
H-I	0.0007	0.0031	1/8"	0.00012	0.007	1/4"	0.00007	0.013	1/4"
14-17	0.0014	0.0105	1/8"	0.00012	0.024	1/4"	0.00007	0.044	1/4"
15-18	0.0014	0.0105	1/8"	0.00012	0.024	1/4"	0.00007	0.044	1/4"
16-19	0.0014	0.0105	1/8"	0.00012	0.024	1/4"	0.00007	0.044	1/4"
21-23	0.0009	0.0045	1/8"	0.00012	0.010	1/4"	0.00007	0.019	1/4"
22-A	0.0009	0.0045	1/8"	0.00012	0.010	1/4"	0.00007	0.019	1/4"
20-24	0.0032	0.0563	1/8"	0.00012	0.127	1/4"	0.00007	0.233	1/4"
20-25	0.0022	0.0281	1/8"	0.00012	0.064	1/4"	0.00007	0.117	1/4"
24-26	0.0022	0.0281	1/8"	0.00012	0.064	1/4"	0.00007	0.117	1/4"
25-27	0.0022	0.0281	1/8"	0.00012	0.064	1/4"	0.00007	0.117	1/4"
3-28	0.0080	0.3578	1/8"	0.00012	0.808	1/4"	0.00007	1.483	1/4"
28-29	0.0049	0.1350	1/8"	0.00012	0.305	1/4"	0.00007	0.560	1/4"
28-30	0.0035	0.0675	1/8"	0.00012	0.152	1/4"	0.00007	0.280	1/4"
3-31	0.0063	0.2228	1/8"	0.00012	0.503	1/4"	0.00007	0.924	1/4"
31-32	0.0039	0.0878	1/8"	0.00012	0.198	1/4"	0.00007	0.364	1/4"
31-33	0.0037	0.0773	1/8"	0.00012	0.174	1/4"	0.00007	0.320	1/4"
31-34	0.0034	0.0668	1/8"	0.00012	0.151	1/4"	0.00007	0.277	1/4"
31-38	0.0032	0.0563	1/8"	0.00012	0.127	1/4"	0.00007	0.233	1/4"
32-35	0.0014	0.0105	1/8"	0.00012	0.024	1/4"	0.00007	0.044	1/4"
33-36	0.0014	0.0105	1/8"	0.00012	0.024	1/4"	0.00007	0.044	1/4"
34-37	0.0014	0.0105	1/8"	0.00012	0.024	1/4"	0.00007	0.044	1/4"
38-40	0.0022	0.0281	1/8"	0.00012	0.064	1/4"	0.00007	0.117	1/4"
39-41	0.0022	0.0281	1/8"	0.00012	0.064	1/4"	0.00007	0.117	1/4"

40-42	0.0022	0.0281	1/8"	0.00012	0.064	1/4"	0.00007	0.117	1/4"
3-43	0.0049	0.1350	1/8"	0.00012	0.305	1/4"	0.00007	0.560	1/4"
43-44	0.0049	0.1350	1/8"	0.00012	0.305	1/4"	0.00007	0.560	1/4"
43-45	0.0035	0.0675	1/8"	0.00012	0.152	1/4"	0.00007	0.280	1/4"
44-46	0.0035	0.0675	1/8"	0.00012	0.152	1/4"	0.00007	0.280	1/4"
45-47	0.0035	0.0675	1/8"	0.00012	0.152	1/4"	0.00007	0.280	1/4"

Fonte: Autores (2020).

Tabela 76. Escolha da bitola para água fria do prédio auxiliar.

Trecho	D int (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Menor Diâmetro			Maior Diâmetro			Bitola escolhida
			Bitola (in)	A int (m <sup>2</sup> )	u (m/s)	Bitola (in)	A int (m <sup>2</sup> )	u (m/s)	
52-82	0.0022	0.0270	1/8"	0.00012	0.061	1/4"	0.00007	0.112	1/4"
82-83	0.0017	0.0164	1/8"	0.00012	0.037	1/4"	0.00007	0.068	1/4"
51-84	0.0081	0.3671	1/8"	0.00012	0.829	1/4"	0.00007	1.522	1/4"
84-85	0.0013	0.0094	1/8"	0.00012	0.021	1/4"	0.00007	0.039	1/4"
48-49	0.0422	12.6130	1 1/2"	0.00131	2.675	2	0.00217	1.615	1 1/2"
50-51	0.0083	0.3942	1/8"	0.00012	0.890	1/4"	0.00007	1.634	1/4"
51-52	0.0083	0.3942	1/8"	0.00012	0.890	1/4"	0.00007	1.634	1/4"
51-53	0.0080	0.3578	1/8"	0.00012	0.808	1/4"	0.00007	1.483	1/4"
51-54	0.0078	0.3454	1/8"	0.00012	0.780	1/4"	0.00007	1.432	1/4"
51-55	0.0077	0.3330	1/8"	0.00012	0.752	1/4"	0.00007	1.380	1/4"
51-56	0.0075	0.3206	1/8"	0.00012	0.724	1/4"	0.00007	1.329	1/4"
53-57	0.0015	0.0124	1/8"	0.00012	0.028	1/4"	0.00007	0.051	1/4"
54-58	0.0015	0.0124	1/8"	0.00012	0.028	1/4"	0.00007	0.051	1/4"
55-59	0.0015	0.0124	1/8"	0.00012	0.028	1/4"	0.00007	0.051	1/4"

56-60	0.0075	0.3206	1/8"	0.00012	0.724	1/4"	0.00007	1.329	1/4"
56-61	0.0062	0.2170	1/8"	0.00012	0.490	1/4"	0.00007	0.900	1/4"
56-62	0.0052	0.1506	1/8"	0.00012	0.340	1/4"	0.00007	0.624	1/4"
60-63	0.0043	0.1036	1/8"	0.00012	0.234	1/4"	0.00007	0.429	1/4"
60-64	0.0040	0.0912	1/8"	0.00012	0.206	1/4"	0.00007	0.378	1/4"
60-65	0.0037	0.0788	1/8"	0.00012	0.178	1/4"	0.00007	0.327	1/4"
63-66	0.0015	0.0124	1/8"	0.00012	0.028	1/4"	0.00007	0.051	1/4"
64-67	0.0015	0.0124	1/8"	0.00012	0.028	1/4"	0.00007	0.051	1/4"
65-68	0.0015	0.0124	1/8"	0.00012	0.028	1/4"	0.00007	0.051	1/4"
60-69	0.0034	0.0664	1/8"	0.00012	0.150	1/4"	0.00007	0.275	1/4"
69-70	0.0034	0.0664	1/8"	0.00012	0.150	1/4"	0.00007	0.275	1/4"
70-71	0.0034	0.0664	1/8"	0.00012	0.150	1/4"	0.00007	0.275	1/4"
70-72	0.0024	0.0332	1/8"	0.00012	0.075	1/4"	0.00007	0.138	1/4"
71-73	0.0024	0.0332	1/8"	0.00012	0.075	1/4"	0.00007	0.138	1/4"
72-74	0.0024	0.0332	1/8"	0.00012	0.075	1/4"	0.00007	0.138	1/4"
61-75	0.0034	0.0664	1/8"	0.00012	0.150	1/4"	0.00007	0.275	1/4"
61-76	0.0024	0.0332	1/8"	0.00012	0.075	1/4"	0.00007	0.138	1/4"
75-77	0.0024	0.0332	1/8"	0.00012	0.075	1/4"	0.00007	0.138	1/4"
76-78	0.0024	0.0332	1/8"	0.00012	0.075	1/4"	0.00007	0.138	1/4"
62-79	0.0052	0.1506	1/8"	0.00012	0.340	1/4"	0.00007	0.624	1/4"
52-80	0.0014	0.0106	1/8"	0.00012	0.024	1/4"	0.00007	0.044	1/4"
80-81	0.0014	0.0106	1/8"	0.00012	0.024	1/4"	0.00007	0.044	1/4"

---

Fonte: Autores (2020).

b. Perda de carga da tubulação de água fria

Tendo dimensionado a tubulação, foi necessário o cálculo da perda de carga. A perda de carga é a energia dinâmica perdida por unidade de percurso do fluido enquanto ele escoar. Dessa forma, para o cálculo de perda de carga total, utilizou-se o método de comprimento equivalente.

Este método leva em conta a adição dos comprimentos equivalentes dos acessórios ao comprimento físico da tubulação e, para valores de diâmetros entre 3/4" a 1/4" como no presente caso, tem-se uma boa relação linear entre o comprimento equivalente e o diâmetro da peça.

Dessa forma, a equação 41 é responsável pelo cálculo do comprimento equivalente. Para o cálculo do comprimento equivalente dos acessórios, utilizou-se as relações lineares expostas na tabela 77, que apresentam relação com o diâmetro daquele trecho.

$$Leq = L + \sum le \quad (41)$$

Sendo:

L: Comprimento do tubo/trecho (m)

$\sum le$ : Somatório dos comprimentos equivalentes dos acessórios presentes na tubulação/trecho (m).

Tabela 77. Relações lineares para cálculo de comprimentos equivalentes de acessórios.

<b>Acessórios</b>	<b>Função</b>	<b>Material</b>	<b>Relação Linear (Le =)</b>
Cotovelo 90° raio médio (Co)	Criar curvas em terminais de baixa pressão	Ferro galvanizado	0,114 + 26,56D
Curva 90°(C)	Conexão de curva em terminais de maiores pressões	Ferro galvanizado	0,036 + 12,15D
Registro de gaveta aberto (RGv)	Controla o fluxo de água e devem ser instalados perto do	Metal	0,010 + 6,89D

ponto de uso			
Registro de globo aberto (RG)	Isola, controla ou regula a vazão de diversos tipos de fluidos em tubulações.	Ferro fundido	0,01 + 340,27D
Tê 90° saída lateral (TI)	Permite a saída de fluido por um lado	Metal	0,396 + 62,32D
Tê 90° saída bilateral (Tb)	Permite a saída de um fluido por ambos os lados	Metal	0,396 + 62,32D
Válvula de retenção, leve (Vr)	Permite o escoamento do fluxo em sentido único	Ferro fundido	0,247 + 79,43D

Fonte: MONTORO. Disponível em:

<<http://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5022779/LOM3212/AULA%209%20-%20FT%20-%20A%20-%20PERDAS%20DE%20CARGA%20EM%20ACIDENTES%20DE%20TUBULACA0%20-%20CONTEUD0%20EXTRA.pdf>>. Acesso em: janeiro de 2021.

Utilizou-se também Válvulas de Pressão (Vp), entretanto não se encontrou a relação linear para esse acessório. Foi utilizado então o valor da constante  $K = 3,6$  para diâmetros pequenos.

Com os valores de comprimentos equivalentes para os acessórios em cada trecho da tubulação, fez-se uso da equação 42 abaixo, em que a perda de carga total pôde ser determinada.

$$l_{wf} = f \times \frac{L_{eq}}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (42)$$

Sendo:

$L_{eq}$ : comprimento equivalente considerando os acessórios (m).

$D$ : diâmetro interno do trecho (m).

$g$ : valor da constante gravitacional (9,8 m/s<sup>2</sup>).

$v$ : velocidade do fluido.

$f$ : fator de atrito de Darcy, o qual relaciona o número de Reynolds com a rugosidade relativa da tubulação.

A fim de determinar  $f$ , foi necessário o cálculo do número de Reynolds, de acordo com a equação 43 seguinte. A rugosidade relativa é obtida pela divisão entre a rugosidade relativa do aço comercial ( $\epsilon = 0.00015$ ) pelo diâmetro interno da tubulação. A densidade da água utilizada foi de  $997 \text{ kg/m}^3$  e viscosidade de  $0.0008903 \text{ N.s/m}^2$ , para temperatura de  $25^\circ\text{C}$ .

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (43)$$

Após o cálculo do número de Reynolds, verificou-se que, para todos os trechos, obteve-se regime turbulento ( $Re > 2400$ ), exceto para a tubulação de Cloreto de Benzalcônio. Dessa forma, para determinar o fator de atrito de Darcy, fez-se uso da equação 44 de Colebrook-White para os regimes turbulentos e a equação 45 para o regime laminar.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{\epsilon}{3,7} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad (44)$$

$$f = \frac{64}{Re} \quad (45)$$

Os resultados de perda de carga localizada e total estão dispostos nas Tabelas 78, 79 e 80, assim como os valores de Reynolds e fator de atrito.

Tabela 78. Perda de carga da tubulação de água fria do processo principal.

Trecho	Re	$\frac{\epsilon}{D}$	f	L	Acessórios	$\Sigma Le$	Leq	lwf
1-2	177775.8	0.002	0.026	14.16	1 Vr	5.29	19.45	2.525
4-5	142220.6	0.003	0.028	3.96	1C + 1RGv	17.95	21.91	3.788
5-6	142220.6	0.003	0.028	10.75	1 Vr	4.28	15.03	2.599
F-G	142220.6	0.003	0.028	2.60	1 RGv	0.36	2.96	0.512
7-8	142220.6	0.003	0.028	6.16	1 Vr + 1 Tb	7.84	14.00	2.421
8-10	142220.6	0.003	0.028	5.50	1 C	0.65	6.15	1.064
10-11	142220.6	0.003	0.028	14.85	1 RGv + 1 Tb	3.92	18.77	3.246
11-12	106665.5	0.004	0.030	2.06	1 Vp	3.60	5.66	1.420
12-B	88887.87	0.005	0.032	2.00	1 Vr + 1 C	3.19	5.19	1.652

B-C	88887.87	0.005	0.032	1.35	1 C	0.42	1.77	0.564
C-D	88887.87	0.005	0.032	8.00	1 Vr	2.77	10.77	3.428
D-E	88887.87	0.005	0.032	2.70	1 C + 1 Vp	4.02	6.72	2.140
10-J	53332.72	0.008	0.037	25.35	1 Vr + 1 C	2.03	27.38	17.125
J-K	53332.72	0.008	0.037	0.75	1 Vp	3.60	4.35	2.721
12-L	71110.30	0.006	0.034	6.6	1 Vr + 1 C	2.609	9.21	15.724
L-M	71110.30	0.006	0.034	4	1 C	0.345	4.34	1.855
M-N	71110.30	0.006	0.034	8.6	1 RGv + 1 Vr	2.450	11.05	4.717

Fonte: Autores (2020).

Tabela 79. Perda de carga da tubulação de água fria das utilidades do pavilhão industrial.

Trecho	Re	$\frac{\epsilon}{D}$	f	L	Acessórios	$\Sigma Le$	Leq	lwf
3-13	14222.06	0.024	0.057	28.10	1 VG + 1 Vr + 1 Vp	6.52	34.62	63.687
13-14	14222.06	0.024	0.057	0.59	1 Tb + Vp	4.39	4.98	9.155
13-15	14222.06	0.024	0.057	1.52	-	-	1.52	2.787
13-16	14222.06	0.024	0.057	2.39	1 RGv	0.05	2.44	4.486
13-20	14222.06	0.024	0.057	7.97	1 Vp + 1 Tb	4.39	12.36	22.730
13-21	14222.06	0.024	0.057	10.42	-	-	10.42	19.158
13-22	14222.06	0.024	0.057	13.28	-	-	13.28	24.419
13-H	14222.06	0.024	0.057	4.53	-	-	4.53	8.333
H-I	14222.06	0.024	0.057	0.25	1 Tb	0.79	1.04	1.916
14-17	14222.06	0.024	0.057	0.15	1 TI	0.79	0.94	1.732
15-18	14222.06	0.024	0.057	0.15	1 TI	0.79	0.94	1.732
16-19	14222.06	0.024	0.057	0.15	1 TI	0.79	0.94	1.732
21-23	14222.06	0.024	0.057	0.15	1 TI	0.79	0.94	1.732

22-A	14222.06	0.024	0.057	0.15	1 Co	0.28	0.43	0.796
20-24	14222.06	0.024	0.057	1.20	1 Vp	3.60	4.80	8.830
20-25	14222.06	0.024	0.057	1.90	-	-	1.90	3.495
24-26	14222.06	0.024	0.057	0.15	1 TI	0.79	0.94	1.732
25-27	14222.06	0.024	0.057	0.15	1 Co	0.28	0.43	0.796
3-28	14222.06	0.024	0.057	31.50	1 Vr	0.75	32.25	59.326
28-29	14222.06	0.024	0.057	0.61	1TI + 1Vp	4.39	5.00	9.191
28-30	14222.06	0.024	0.057	1.57	1 Co	0.28	1.85	3.399
3-31	14222.06	0.024	0.057	32.50	1 Vr + 1Vp	4.35	36.85	67.788
31-32	14222.06	0.024	0.057	0.60	1 Tb	0.79	1.39	2.551
31-33	14222.06	0.024	0.057	1.50	1 Tb	0.79	2.29	4.206
31-34	14222.06	0.024	0.057	2.42	1 Tb + 1 RGv	0.85	3.26	5.999
31-38	14222.06	0.024	0.057	7.87	1 C	0.11	7.98	14.676
32-35	14222.06	0.024	0.057	0.15	-	-	0.15	0.276
33-36	14222.06	0.024	0.057	0.15	-	-	0.15	0.276
34-37	14222.06	0.024	0.057	0.15	-	-	0.15	0.276
38-40	14222.06	0.024	0.057	2.13	1 Vp	3.60	5.73	10.531
39-41	14222.06	0.024	0.057	0.15	1 TI	0.79	0.94	1.732
40-42	14222.06	0.024	0.057	0.15	1 Co	0.28	0.43	0.796
3-43	14222.06	0.024	0.057	35.99	1 Vr + 1 Vp	4.35	40.34	74.200
43-44	14222.06	0.024	0.057	0.63	1 C	0.11	0.74	1.358
43-45	14222.06	0.024	0.057	1.56	-	-	1.56	2.873
44-46	14222.06	0.024	0.057	0.15	1 Co	0.28	0.43	0.796
45-47	14222.06	0.024	0.057	0.15	-	-	0.15	0.276

Tabela 80. Perda de carga da tubulação de água fria do prédio auxiliar.

Trecho	Re	$\frac{\epsilon}{D}$	f	L	Acessórios	$\Sigma Le$	Leq	lwf
52-82	14222.06	0.024	0.057	4.55	1 Tb + 1 Vp	4.39	8.94	16.448
82-83	14222.06	0.024	0.057	0.56	-	-	0.56	1.026
51-84	14222.06	0.024	0.057	11.11	1 Vr	0.75	11.86	21.819
84-85	14222.06	0.024	0.057	1.96	1 Tb	0.79	2.75	5.054
48-49	106665.5	0.004	0.030	2.50	1 VG	12.97	15.47	3.883
50-51	14222.06	0.024	0.057	4.91	1 RGv + 1 C	0.17	5.07	9.330
51-52	14222.06	0.024	0.057	8.59	1 Vr	0.75	9.34	17.187
51-53	14222.06	0.024	0.057	18.17	1 Vr + 1 Vp	4.35	22.52	41.426
51-54	14222.06	0.024	0.057	18.17	-	-	18.17	33.422
51-55	14222.06	0.024	0.057	18.60	-	-	18.60	34.215
51-56	14222.06	0.024	0.057	19.15	1 Vr	0.75	19.90	36.610
53-57	14222.06	0.024	0.057	1.80	1 TI	0.79	2.59	4.767
54-58	14222.06	0.024	0.057	1.80	2 TI	1.58	3.38	6.224
55-59	14222.06	0.024	0.057	1.80	3 TI	2.38	4.18	7.680
56-60	14222.06	0.024	0.057	4.31	1 C	0.11	4.42	8.135
56-61	14222.06	0.024	0.057	6.90	1 Vr	0.75	7.65	14.075
56-62	14222.06	0.024	0.057	8.35	1 Vp + 1 RGv	3.65	12.00	22.081
60-63	14222.06	0.024	0.057	0.35	1 Tb	1.87	2.22	4.082
60-64	14222.06	0.024	0.057	1.25	-	-	1.25	2.301
60-65	14222.06	0.024	0.057	2.03	1 RGv	0.05	2.08	3.826
63-66	14222.06	0.024	0.057	0.15	1 Tb	0.79	0.94	1.732
64-67	14222.06	0.024	0.057	0.15	1 Tb	0.79	0.94	1.732
65-68	14222.06	0.024	0.057	0.15	1 Tb	0.79	0.94	1.732

60-69	14222.06	0.024	0.057	2.45	1 Vr + 1 Vp	4.35	6.80	12.513
69-70	14222.06	0.024	0.057	0.15	-	-	0.15	0.276
70-71	14222.06	0.024	0.057	0.30	1 Vr	0.75	1.05	1.927
70-72	14222.06	0.024	0.057	0.95	-	-	0.95	1.748
71-73	14222.06	0.024	0.057	0.15	-	-	0.15	0.276
72-74	14222.06	0.024	0.057	0.15	-	-	0.15	0.276
61-75	14222.06	0.024	0.057	2.95	1 Tb + 1 Vp + 1 Vr	5.143	8.09	14.885
61-76	14222.06	0.024	0.057	3.60	-	-	3.60	6.628
75-77	14222.06	0.024	0.057	0.15	1 TI	0.792	0.94	1.732
76-78	14222.06	0.024	0.057	0.15	1 C	0.113	0.26	0.484
62-79	14222.06	0.024	0.057	0.15	1 C	0.113	0.26	0.484
52-80	14222.06	0.024	0.057	7.85	1 RGv	0.054	7.90	14.532
80-81	14222.06	0.024	0.057	0.30	-	-	0.30	0.552

Fonte: Autores (2020)

### c. Dimensionamento das tubulações de amina

A fim da determinação do diâmetro da bitola da tubulação envolvendo as aminas terciárias Dodecil e Tetradecil, utilizou-se a mesma Equação X do dimensionamento de água fria. Após a transformação da massa em volume, dividiu-se os valores obtidos pelo tempo em que as aminas permanecem na tubulação, sendo esse de carga, de 5 minutos.

Além disso, pelo ANEXA A considerou-se a velocidade de escoamento de 1,7 m/s. A tabela 81 abaixo representa a bitola escolhida para cada trecho e trechos que não estão contemplados na tabela 80 apresentaram mesmo valor de diâmetro, logo tratou-se como continuidade da tubulação anterior.

Tabela 81. Escolha da bitola para a tubulação de aminas.

Trecho	D int	Vazão	Menor Diâmetro	Maior Diâmetro	Bitola
--------	-------	-------	----------------	----------------	--------

	(m)	(m <sup>3</sup> /h)	Bitola (in)	A int (m <sup>2</sup> )	u (m/s)	Bitola (in)	A int (m <sup>2</sup> )	u (m/s)	escolhida
1-2	0.0174	1.4588	½"	0.0002	2,067	¾"	0.00034	1,177	¾"
6-7	0.0173	1.4441	½"	0.0002	2,005	¾"	0.00034	1,18	¾"
10-11	0.0244	2.8720	¾"	0.00034	2,346	1"	0.00056	1,432	1"

Fonte: Autores (2020).

d. Perda de carga da tubulação de aminas

Fazendo uso das mesmas fórmulas utilizadas para o dimensionamento da água fria, através da bitola escolhida pôde-se determinar o número de Reynolds. É importante destacar que considerou-se as densidades individuais de cada amina (787 kg/m<sup>3</sup> para dodecilamina e 795 kg/m<sup>3</sup> para tetradecilamina), entretanto, na corrente de saída do misturador, realizou-se uma média entre as densidades (como já considerado no dimensionamento do misturador). Além disso, considerou-se a velocidade do fluido como 1,7, de acordo com o ANEXO A.

Como o valor obtido, determinou o fluxo turbulento e fez-se uso também da equação de Colebrook-White, considerando que a tubulação também é de aço comercial.

A perda de carga pôde ser calculada levando em consideração o método de comprimento equivalente, como exposto na tabela 82.

Tabela 82. Perda de carga para a tubulação de aminas.

Trecho	Re	$\frac{\epsilon}{D}$	f	L	Acessórios	$\Sigma Le$	Leq	lwf
1-2	10910.53	0.008	0.045	1.5	1 RGv + 1 C	0.41	1.91	0.666
2-3	10910.53	0.008	0.045	12.15	1 Vr	1.76	13.91	4.854
3-4	10910.53	0.008	0.045	1	1 C	0.27	1.27	0.442
4-5	10910.53	0.008	0.045	2.853	1 Vp	3.60	6.45	2.252
6-7	11021.44	0.008	0.045	9.6	1 RGv + 1 Vr + 1 C	2.17	11.77	4.099

7-8	11021.44	0.008	0.045	1.1	1 C	0.27	1.37	0.476
8-9	11021.44	0.008	0.045	4.2	1 Vp	3.60	7.80	2.716
10-11	14621.31	0.006	0.041	3.25	1 VG	8.65	11.90	2.806

Fonte: Autores (2020).

e. Dimensionamento da tubulação de cloreto de benzila.

Com os valores de vazão e considerando-se a velocidade do fluido de 1,8 m/s escolheu-se a bitola da mesma maneira e equacionamento para os fluidos anteriores.

A Tabela 83 mostra a escolha da bitola para os trechos.

Tabela 83. Escolha da bitola para tubulação de cloreto de benzila.

Trecho	D int (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Menor Diâmetro			Maior Diâmetro			Bitola escolhida
			Bitola (in)	A int (m <sup>2</sup> )	u (m/s)	Bitola (in)	A int (m <sup>2</sup> )	u (m/s)	
1-2	0.0145	1,0826	¼"	0.00007	4,48	½"	0.0002	1,534	½"
2-3	0.0145	1,0826	¼"	0.00007	4,48	½"	0.0002	1,534	½"

Fonte: Autores (2020).

f. Perda de carga da tubulação de cloreto de benzila

Utilizando a informação de que a densidade do cloreto de benzila é 1100 kg/m<sup>3</sup> e sua viscosidade é 0,001380 kg/m.s o número de Reynolds e posteriores cálculos puderam ser realizados. O escoamento calculado foi turbulento.

A Tabela 84 apresenta a perda de carga da tubulação considerando os acessórios correspondentes.

Tabela 84. Perda de carga da tubulação de cloreto de benzila.

Trecho	Re	$\frac{\epsilon}{D}$	f	L	Acessórios	$\Sigma Le$	Leq	lwf
1-2	18221.74	0.012	0.046	0.8	1 RGv + 1 C	0.29	1.09	0.646

2-3 18221.74 0.012 0.046 8.7 1 Vr + 1 Vp 4.86 13.56 8.047

Fonte: Autores (2020).

g. Dimensionamento da tubulação de Cloreto de Benzalcônio

Tendo em vista a variação da vazão volumétrica nos diferentes trechos, bitolas de diferente diâmetro foram determinadas. Isso ocorre, pois, parte do Cloreto é separada pelo separados de fluido e destinada à venda direta e a outra parte segue para o desinfetante. Considerou-se a velocidade de escoamento de 1,7 m/s.

A Tabela 85 mostra a escolha da bitola para os trechos.

Tabela 85. Escolha da bitola da tubulação de Cloreto de Benzalcônio.

Trecho	D int (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Menor Diâmetro			Maior Diâmetro			Bitola escolhida
			Bitola (in)	A int (m <sup>2</sup> )	u (m/s)	Bitola (in)	A int (m <sup>2</sup> )	u (m/s)	
1-2	0.0364	6.38	1 ¼"	0.00097	1,836	1 ½"	0.00131	1,353	1 ¼"
3-4	0.0364	6.38	1 ¼"	0.00097	1,836	1 ½"	0.00131	1,353	1 ¼"
5-6	0.0364	6.38	1 ¼"	0.00097	1,836	1 ½"	0.00131	1,353	1 ¼"
6-7	0.0364	6.38	1 ¼"	0.00097	1,836	1 ½"	0.00131	1,353	1 ¼"
7-8	0.0364	6.38	1 ¼"	0.00097	1,836	1 ½"	0.00131	1,353	1 ¼"
9-10	0.0194	1.812	½"	0.0002	2,516	¾"	0.00034	1,48	¾"
10-11	0.0194	1.812	½"	0.0002	2,516	¾"	0.00034	1,48	¾"
12-13	0.0308	4.568	1"	0.00056	2,278	1 ¼"	0.00097	1,315	1 ¼"
13-14	0.0308	4.568	1"	0.00056	2,278	1 ¼"	0.00097	1,315	1 ¼"
14-15	0.0308	4.568	1"	0.00056	2,278	1 ¼"	0.00097	1,315	1 ¼"
16-17	0.0308	4.568	1"	0.00056	2,278	1 ¼"	0.00097	1,315	1 ¼"
17-18	0.0308	4.568	1"	0.00056	2,278	1 ¼"	0.00097	1,315	1 ¼"
19-20	0.0308	4.568	1"	0.00056	2,278	1 ¼"	0.00097	1,315	1 ¼"

20-21	0.0308	4.568	1"	0.00056	2,278	1 ¼"	0.00097	1,315	1 ¼"
21-22	0.0308	4.568	1"	0.00056	2,278	1 ¼"	0.00096	1,315	1 ¼"

Fonte: Autores (2020).

#### h. Perda de carga da tubulação de Cloreto de Benzalcônio

Para o cálculo do número de Reynolds, considerou-se que a viscosidade do Cloreto de Benzalcônio não muda, apesar de sair da corrente do reator a 80°C e após o trocador de calor chegar a 40°C. Dessa forma, a viscosidade do Cloreto calculada foi de 0,02 kg/m.s. Além disso, pelo número de Reynolds, observa-se que o regime do fluido é laminar, pois  $Re < 3000$ . Assim, o fator de atrito pôde ser calculado pela Equação P.

Os mesmos acessórios foram inseridos na tubulação e a perda de carga foi determinada, conforme a tabela 86 abaixo.

Tabela 86. Perda de carga da tubulação de Cloreto de Benzalcônio.

Trecho	Re	$\frac{\epsilon}{D}$	f	L	Acessórios	$\Sigma Le$	Leq	lwf
1-2	2644.775	0.005	0.024	3.25	1 VG	10.81	14.06	1.579
3-4	2644.775	0.005	0.024	2.65	1 RGv	0.23	2.88	0.323
5-6	2644.775	0.005	0.024	0.6	1 Co	0.96	1.56	0.175
6-7	2644.775	0.005	0.024	4.85	1 Vr	2.77	7.62	0.855
7-8	2644.775	0.005	0.024	2.1	1 C + 1 Vp	4.02	6.12	0.687
9-10	1586.865	0.008	0.040	0.65	1 C + 1 Co	0.89	1.54	0.479
10-11	1586.865	0.008	0.040	9.106	1 Vr	1.76	10.87	3.389
12-13	2644.775	0.005	0.024	0.357	1 Vr + 1 Co	3.73	4.08	0.458
13-14	2644.775	0.005	0.024	8.7	1 Vr + 1 C	3.19	11.89	1.335
14-15	2644.775	0.005	0.024	1.298	Vp	3.60	4.90	0.550
16-17	2644.775	0.005	0.024	12.45	1 RGv + 1 Vr + 1 C	3.42	15.87	1.782

17-18	2644.775	0.005	0.024	3	1 Vr	2.77	5.77	0.648
19-20	2644.775	0.005	0.024	0.375	1 Co + 1 Vp	4.56	4.93	0.554
20-21	2644.775	0.005	0.024	11.9	1 Vr	2.77	14.67	1.647
21-22	2644.775	0.005	0.024	4.35	1 C + 1 Vp	4.02	8.37	0.940

Fonte: Autores (2020).

### i. Dimensionamento da tubulação de Desinfetante concentrado

A tubulação de desinfetante carrega o produto final desde o misturador de desinfetante até o envase e sua distribuição final. Dessa forma, a vazão de desinfetante é igual por toda tubulação, com a escolha apenas da bitola. Considerou-se a velocidade de escoamento do fluido como 1,7 m/s também. Como os trechos possuem mesma vazão, a tabela 87 abaixo representa os cálculos obtidos para o tamanho total do trecho.

Tabela 87. Escolha da bitola da tubulação de Desinfetante concentrado.

Trecho	D int (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Menor Diâmetro			Maior Diâmetro			Bitola escolhida
			Bitola (in)	A int (m <sup>2</sup> )	u (m/s)	Bitola (in)	A int (m <sup>2</sup> )	u (m/s)	
1-10	0.043	8.88	1 ½"	0.00131	1,883	2"	0.00217	1,136	2"

Fonte: Autores (2020).

### j. Perda de carga da tubulação de Desinfetante concentrado

O número de Reynolds da tubulação pôde ser determinado, considerando a viscosidade do desinfetante como igual à da água, sendo 0.0008903 kg/m.s. Obteve-se um fluido com fluxo turbulento e determinou-se o fator de atrito, para o cálculo da perda de carga, como observado na tabela 88.

Tabela 88. Perda de carga da tubulação de Desinfetante.

Trecho	Re	$\frac{\epsilon}{D}$	f	L	Acessórios	$\Sigma Le$	Leq	lwf
--------	----	----------------------	---	---	------------	-------------	-----	-----

1-2	96707.87	0.003	0.028	2.4	1 VG	17.30	19.70	1.612
3-4	96707.87	0.003	0.028	3.3	1 RGv	0.36	3.66	0.300
5-6	96707.87	0.003	0.028	1.3	1 Vr + 1 Co	5.75	7.05	0.577
6-7	96707.87	0.003	0.028	7.2	1 Vr + 1 C	4.94	12.14	0.993
6-8	96707.87	0.003	0.028	4.125	1 Vr + 1 Co	5.75	9.87	0.808
6-9	96707.87	0.003	0.028	15.9	1 Vr + 1 Vp	7.88	23.78	1.947
6-10	96707.87	0.003	0.028	2.95	1 Vp	3.60	6.55	0.536

Fonte: Autores (2020).

## APÊNDICE E – DIMENSIONAMENTO DAS BOMBAS DO PROCESSO

O dimensionamento das bombas leva em conta o comprimento e as perdas de carga de cada trecho das tubulações calculados anteriormente.

A potência de bombas pode ser obtida pelo balanço de energia de acordo com a equação 46.

$$\left( \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) + \frac{P_1 - P_2}{\rho} + l_{wf} \right) * Q = \eta * W_s \quad (46)$$

Onde:

$V_2$ : velocidade do fluido no recalque (m/s).

$V_1$ : velocidade do fluido na sucção (m/s).

$Z_2 - Z_1$ : diferença de altura dos pontos de entrada e saída (m).

$P_1 - P_2$ : diferença de pressão na entrada e na saída da tubulação (Pa).

$g$ : aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>).

$\rho$ : densidade do fluido (Kg/m<sup>3</sup>).

n: rendimento da bomba/compressor (assume-se que  $\eta=0,9$ , ou seja, eficiência de 90%).

Ws: potência da bomba/compressor (W).

Q: vazão mássica do fluido (Kg/s).

Logo, chega-se aos seguintes valores para o dimensionamento das bombas, presentes na tabela 89.

Tabela 89. Dados das tubulações.

Bomba	Diferença de altura (m)	Velocidade (m/s)	Diferença de Pressão (Pa)	Lwf Total	Densidade (Kg/m <sup>3</sup> )	Potência
101	2.78	2.5	101325	2.525	997	0.0000824278 9653
102	3.11	2.5	101325	7.893	997	0.0000354995 6483
103	3.44	2.5	101325	0.721	997	0.0000334533 4527
104	2.89	2.5	101325	21.811	997	0.0000343447 9734
105	3.11	2.5	101325	63.687	997	0.0000022425 49405
106	2.55	2	101325	376.089	997	0.0000012639 17196
107	3.11	2.5	101325	33.589	997	0.0000112703 1822
108	3.71	2	101325	57.560	997	0.0000001253 677804
109	3.22	2	101325	297.539	997	0.0000042380 32131

201	3.22	1.7	101325	8.213	787	0.0000067977 46807
202	3.72	1.7	101325	2.716	785	0.0000064848 15162
203	2.27	1.7	101325	2.806	786	0.0000124731 8715
301	8.693	1.8	101325	8.693	1100	0.0000036278 50876
401	3	1.7	101325	1.578	980	0.0150167951 4
402	3	1.7	101325	1.717	980	0.0148654101 8
403	3	1.7	101325	3.868	980	0.0150335022 1
404	3	1.7	101325	2.343	980	0.0043432506 29
405	3	1.7	101325	2.429	980	0.0106156582 9
406	3	1.7	101325	3.140	980	0.0108253324 6
407	3	1.7	101325	1.781	980	0.0108867204 7
501	3.92	1.7	101325	1.612	996.978	0.0000316569 4369
502	2.99	1.7	101325	0.300	996.978	0.0000293494 1196
503	3.13	1.7	101325	4.861	996.978	0.0000306620 3611

---

Fonte: Autores (2021).

## APÊNDICE F – DIMENSIONAMENTO DO ISOLAMENTO NO REATOR DE CLORETO DE BENZALCÔNIO

Sabe-se que o calor total do sistema é a soma do calor perdido e o calor fornecido ao sistema para elevar a temperatura a 80°C. Dessa forma, foi necessário a determinação do calor perdido, considerando não só a camisa térmica que envolve o reator, mas também o isolamento que é utilizado, de manta de fibra cerâmica. Assim, a equação 47 abaixo descreve os parâmetros necessários para o cálculo.

$$Q_{perdido} = \frac{T_{fluido} - T_{ar}}{\frac{1}{h_i} + \frac{e_{camisa}}{k_{camisa}} + \frac{e_{aço}}{k_{aço}} + \frac{e_{isolante}}{k_{isolante}} + \frac{1}{h_{ar}}} \quad (47)$$

Sendo:

$T_{fluido}$  e  $T_{ar}$  as temperaturas do fluido e do ar, respectivamente;

$h_i$  o coeficiente convectivo do fluido dentro do reator;

$e_{camisa}$ ,  $e_{aço}$ ,  $e_{isolante}$ , as espessuras da camisa (do fio de Kanthal), da parede de aço do reator e do isolante utilizado;

$k_{camisa}$ ,  $k_{aço}$ ,  $k_{isolante}$ , a condutividade térmica desses elementos;

$h_{ar}$  o coeficiente convectivo do ar na temperatura ambiente por fora do isolante.

Pela Equação X demonstra-se que é necessário o coeficiente convectivo do fluido no interior do reator, para determinação do calor transferido. De acordo com Arfelli (2009) a intensidade do calor transferido depende, essencialmente, do tipo de impelidor utilizado e das correntes de fluxo geradas por ele. Com o conhecimento do impelidor utilizado pelo reator, calculado no ANEXO C, em 'I. Dimensionamento dos sistemas de agitação', pôde-se fazer uso da equação 48, abaixo, descrita por Arfelli (2009).

$$h_i = \frac{kA_2}{T} \left( \frac{d^2 N \rho}{\mu} \right)^b \left( \frac{\mu C_p}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^M \quad (48)$$

Sendo:

$A_2$ ,  $b$  e  $M$  constantes dependentes do tipo de impelidor;

$\rho$ ,  $\mu$ ,  $C_p$  e  $k$  propriedades do fluido na temperatura média do reator.

A tabela 90 abaixo relaciona os tipos diferentes de impelidores com suas respectivas constantes. Sabendo-se que o impelidor utilizado no reator é o de quatro pás inclinadas 45°, fez-se uso dos valores das constantes.

Tabela 90. Relação dos valores de constantes com o tipo de impelidor no reator.

<b>Impelidor</b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>b</b>	<b>M</b>	<b>N<sub>rey</sub></b>
Naval	0,54	2/3	0,14	2000
Duas pás retas	0,36	2/3	0,21	300 a 300000
Rushton	0,54	2/3	0,14	40 a 300000
Quatro pás inclinadas a 45°	0,53	2/3	0,24	80 a 200

Fontes: Perry, R.H.; Green, D.W. (1997) e Uhl, V.W; Gray, J. b. (1966).

Com os valores de constantes e considerando que as demais propriedades do fluido são invariáveis com o tempo, calculou-se o coeficiente convectivo. Utilizou-se um valor de densidade do Cloreto de Benzalcônio de 980 kg/m<sup>3</sup>, C<sub>p</sub> como 0,87 J/kgK (calculado para o trocador de calor) e condutividade térmica de 669,5.10<sup>3</sup> (em que nesse caso, como a solução de cloreto de benzalcônio é 50%, considerou-se a condutividade da água). A relação  $\frac{\mu}{\mu_w}$  foi considerada como 1, tendo em vista a proximidade da viscosidade entre o Cloreto de Benzalcônio e a água. Assim, obteve-se um valor de h<sub>i</sub> igual a 6602,8308 W/m<sup>2</sup>K.

Determinado o valor de coeficiente convectivo do fluido, buscou-se as espessuras utilizadas para os diferentes materiais. Utilizou-se uma espessura de 4 mm do fio de Kanthal com condutividade térmica de 11,5 W/mK. Para a espessura do reator, utilizou-se as informações providas pelo fornecedor do equipamento de reator escolhido, chegando-se em uma espessura de 100 mm e considerou-se o valor de condutividade térmica do aço inoxidável, de 15,9 W/mK. Por último, os valores considerados de isolante foram de 150 mm de manta de fibra cerâmica e 0,06 W/mK de constante de condutividade térmica. A temperatura do ar ao lado de fora do reator e isolamento foi calculada para 20°C, obtendo-se um coeficiente convectivo do lado de fora de 20 W/mK

e a temperatura do fluido no interior do reator manteve-se como 80°C. Dessa forma, pôde ser calculado o calor perdido.

$$Q_{perdido} = \frac{80 - 20}{\frac{1}{6602,8308} + \frac{0,004}{11,5} + \frac{0,1}{15,9} + \frac{0,15}{0,06} + \frac{1}{20}}$$

$$Q_{perdido} = 23,468 \frac{W}{m^2}$$

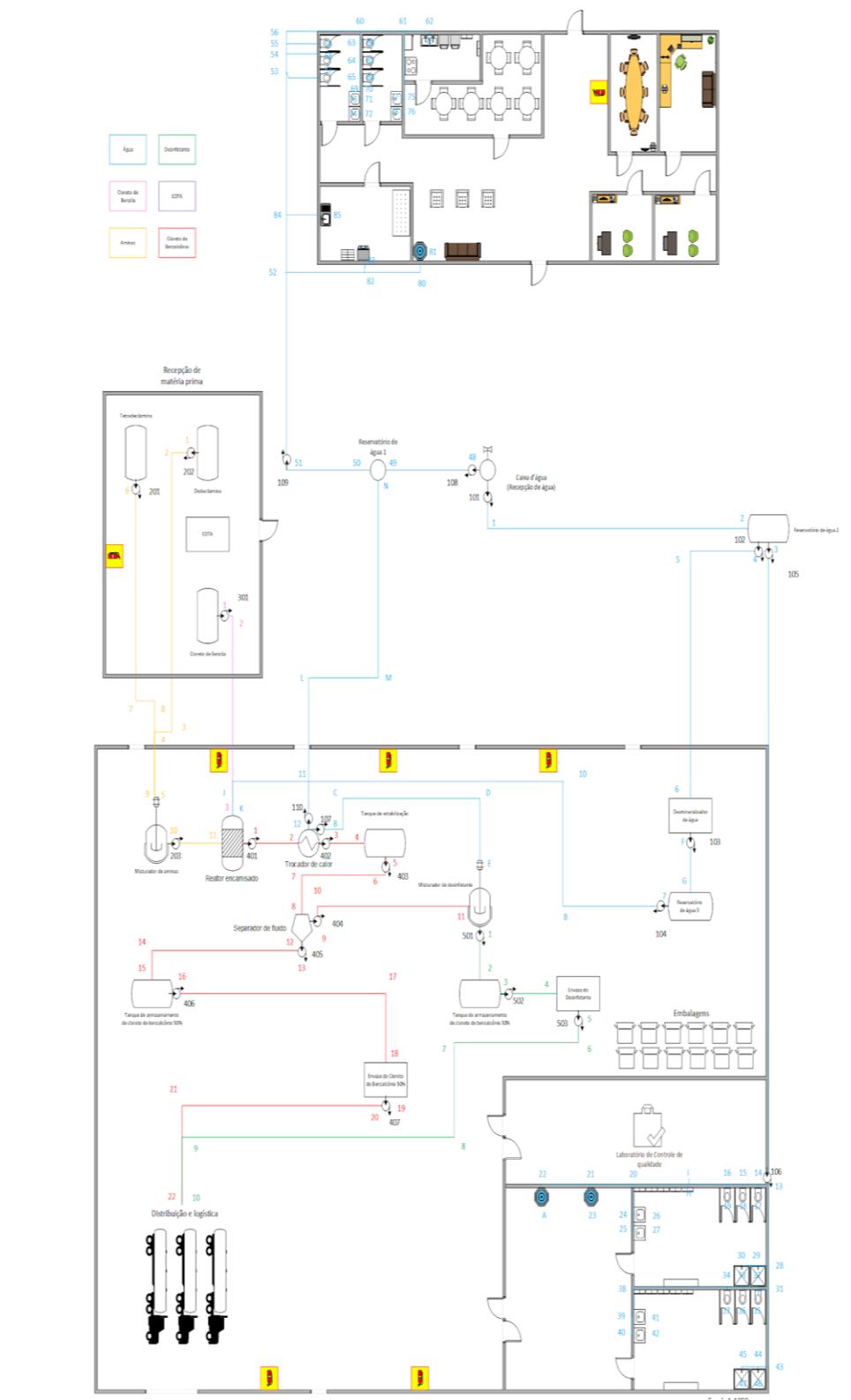
Sabendo-se que o calor é perdido pela área do fio da camisa térmica e sendo o comprimento do fio de 37,87 m, multiplica-se o valor de calor pela área, igual a 0,47 m<sup>2</sup>. Obteve-se 11,03 W. O calor total será a soma entre o calor perdido e o calor necessário para elevar a temperatura da solução. Essa relação está expressa na equação 49, a seguir.

$$Q_{total} = Q_{perdido} + Q_{reação} \quad (49)$$

$$Q_{total} = 11,03 + 2769,09$$

$$Q_{total} = 2780,12 \text{ W}$$

# APÊNDICE G – PLANTA BAIXA DA INDÚSTRIA



## 18. ANEXOS

## ANEXO A – VELOCIDADES RECOMENDADAS DE ESCOAMENTO

Fluido	Velocidade recomendada (m/s)
Água	
- Linha principal de abastecimento (16 in a 36 in)	2,4 a 3,0
- Linha de entrada ou saída de equipamento	2,4 a 3,7
- Linha de sucção de bomba	1,0 a 2,4
- Linha de descarga de bomba	1,8 a 3,6
Água do mar ou soluções salinas	1,5 a 2,4 (mínima = 1)
Ácido clorídrico	1,5
Ácido sulfúrico	1,2
Amônia	1,8
Benzeno	1,8
Bromo	1,2
Cloreto de cálcio	1,2
Cloreto de metila	1,8
Cloreto de vinila	1,8
Cloro	1,5
Clorofórmio (líquido)	1,8
1-2 Dibromo etano	1,2
1-2 Dicloro etano	1,8
1-1 Dicloro eteno	1,8
Estireno	1,8
Etileno glicol	1,8
Frações líquidas de petróleo e seus derivados de viscosidade média (até 10 mPa.s)	
- Sucção de bomba	0,9 a 1,8
- Descarga de bomba	1,5 a 2,4
- escoamento por gravidade	1,5 a 2,4
Frações líquidas de petróleo e seus derivados de viscosidade alta (asfalto e óleos pesados)	
- Sucção de bomba	0,15 a 0,3
- Descarga de bomba	1,2 a 1,5
- escoamento por gravidade	0,3 a 0,9
Hidróxido de sódio (até 30% em massa)	1,8
Hidróxido de sódio (30% a 50%)	1,5
Hidróxido de sódio (50% a 73%)	1,3
Óleos lubrificantes	1,8
Propileno glicol	1,5
Solução de aminas	1,5 a 2,1
Solução de cloreto de sódio (sem sólidos em suspensão)	1,5
Solução de cloreto de sódio (com sólidos em suspensão)	2,3
Tetracloroetano	1,8
Tetracloroeto de carbono	1,8
Tricloroetano	1,8

## ANEXO B – ESCOLHA DAS BITOLAS

Diâmetro nominal (pol) – Diâmetro externo (mm)	Designação de espessura (v. Nota 2)	Espessura de parede (mm) (v. Nota 3)	Diâmetro interno (mm)	Área da seção livre (cm <sup>2</sup> )	Área da seção de metal (cm <sup>2</sup> )	Superfície externa (m <sup>2</sup> /m)	Peso aproximado (kg/m)		Momento de inércia (cm <sup>4</sup> )	Momento resistente (cm <sup>3</sup> )	Raio de giração (cm)
							Tubo vazio (Nota 1)	Conteúdo de água			
5/8 – 13,7	105	1,03	10,4	0,83	0,62	0,043	6,49	0,082	0,116	0,169	0,430
	Sol. 40, 405	2,25	9,2	0,67	0,31		6,62	0,067	0,134	0,202	0,413
	XS, 80, 805	3,02	7,7	0,46	1,01		6,79	0,046	0,157	0,229	0,393
1/8 – 17,1	105	1,03	13,3	1,59	0,81	0,074	6,63	0,130	0,236	0,283	0,531
	Sol. 40, 405	2,31	12,5	1,23	1,08		6,84	0,123	0,304	0,354	0,533
	XS, 80, 805	3,20	10,7	0,91	1,40		7,10	0,090	0,359	0,419	0,506
3/8 – 21	Sol. 40, 405	2,77	15,3	1,94	1,61	0,071	6,42	0,20	0,71	0,87	0,66
	XS, 80, 805	3,73	13,3	1,51	2,06		6,62	0,15	0,84	0,78	0,64
	180	4,75	11,3	1,19	2,47		7,84	0,11	0,92	0,86	0,61
	XS	7,47	6,4	0,32	3,32		2,25	0,03	1,01	0,92	0,56
3/4 – 27	Sol. 40, 405	2,87	20,3	3,44	2,15	0,083	7,48	0,34	1,34	1,14	0,83
	XS, 80, 805	3,91	18,3	2,79	2,80		7,19	0,28	1,86	1,40	0,82
	180	5,94	15,6	1,91	3,68		2,88	0,19	2,16	1,65	0,77
	XS	7,82	11,0	0,93	4,63		3,63	0,10	2,41	1,81	0,72
1 – 33	Sol. 40, 405	3,37	26,6	5,57	3,19	0,105	7,50	0,56	2,64	2,11	1,07
	XS, 80, 805	4,55	24,1	4,64	4,12		7,23	0,46	4,40	2,63	1,03
	180	6,33	20,7	3,37	5,39		4,23	0,34	5,21	3,12	0,98
	XS	9,09	15,2	1,82	6,94		5,44	0,18	5,85	3,50	0,92
1 1/4 – 42	Sol. 40, 405	3,56	35	9,63	4,32	0,112	7,38	0,96	3,11	3,83	1,37
	XS, 80, 805	4,85	32,5	8,28	5,68		4,46	0,83	10,04	4,77	1,33
	180	6,35	29,4	6,82	7,14		7,60	0,68	11,82	5,61	1,29
	XS	9,70	22,7	4,07	9,90		7,76	0,41	14,19	6,74	1,26
1 1/2 – 48	Sol. 40, 405	3,68	40,3	11,1	5,15	0,151	4,04	1,31	12,90	5,34	1,58
	XS, 80, 805	5,08	38,1	11,4	6,89		5,40	1,14	16,27	6,73	1,54
	180	7,14	33,9	9,07	9,22		7,23	0,91	20,10	8,31	1,48
	XS	10,36	27,9	6,13	12,2		9,53	0,61	23,64	9,80	1,39
2 – 60	Sol. 40, 405	3,91	52,3	21,7	6,93	0,198	3,44	2,17	27,71	9,20	2,00
	XS, 80, 805	5,54	49,1	19,8	9,13		7,47	1,90	36,13	11,98	1,95
	180	8,71	42,9	14,4	14,1		11,30	1,44	48,41	16,05	1,85
	XS	11,67	38,2	11,4	17,1		13,44	1,14	54,61	18,10	1,79
2 1/2 – 73	Sol. 40, 405	5,16	62,7	30,3	11,0	0,215	4,62	3,09	43,68	17,44	2,41
	XS, 80, 805	7,01	59,0	27,3	14,5		11,40	2,73	60,12	21,95	2,35
	180	9,52	54,0	22,9	19,0		14,89	2,29	67,94	26,83	2,27
	XS	14,0	44,9	13,9	26,0		20,39	1,59	119,3	32,75	2,14
3 – 89	105	3,05	82,8	53,9	8,22	0,282	4,44	5,39	75,84	17,06	3,04
	Sol. 40, 405	5,48	77,9	47,7	14,4		11,28	4,77	125,70	28,26	2,96
	XS, 80, 805	7,62	73,6	42,6	19,5		15,35	4,26	162,33	36,48	2,89
	180	11,1	66,7	34,9	27,2		21,31	3,49	209,36	47,14	2,78
	XS	15,3	58,4	28,1	35,3		27,65	2,48	248,32	58,22	2,66

## ANEXO C – EQUIPAMENTOS

### I. Tanques de Matéria prima

#### a. Tanque de N,N-Dimetildodecilamina e N,N-Dimetiltetradecilamina



Fonte: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/frp-grp-fiberglass-alkali-liquid-storage-tank-or-vessel-frp-horizontal-storage-tank-for-hcl-and-chemicals-60691678311.html>. Acesso em: 18 de dezembro de 2020.

#### b. Tanque de cloreto de benzila



Fonte: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/50m3-liquid-ammonia-storage-tank-liquid-ammonia-cryogenic-tank-liquid-ammonia-transport-tank-1845382195.html>. Acesso em 17 de dezembro de 2020.

## c. Armazenamento de EDTA em pallets



Fonte: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/edta-507982962.html>. Acesso em: 16 de dezembro de 2020.

## d. Tanque de água



Fonte: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/30000l-ss-horizontal-water-storage-tank-with-top-mahole-60648626145.html?spm=a2700.8699010.normalList.19.7a5b7ce01seDHI>. Acesso: 15 de dezembro de 2020.

## e. Desmineralizador de água



Fonte: VEXER INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE EQUIPAMENTOS LTDA. Acesso em: 11 de dezembro de 2020.

## f. Misturador de aminas



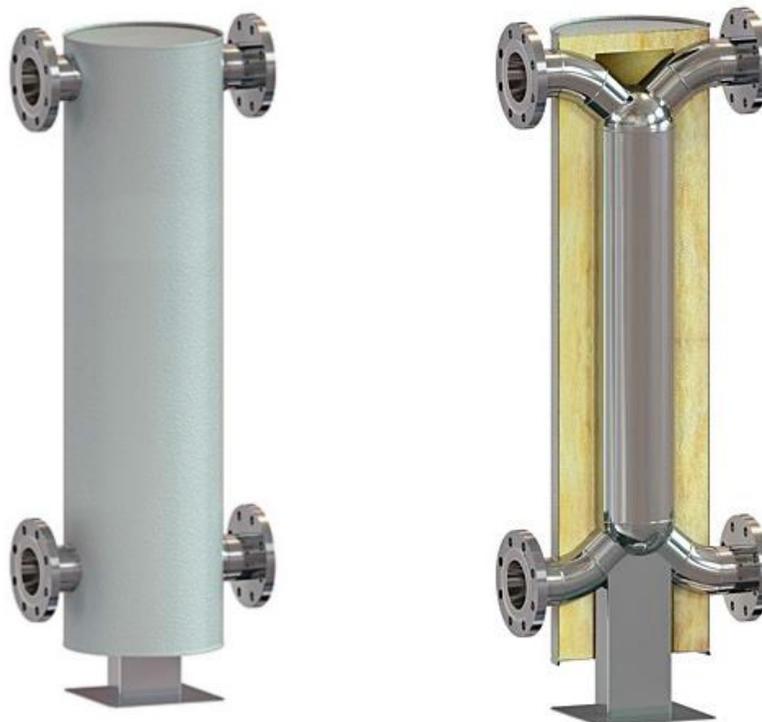
Fonte: [https://portuguese.alibaba.com/product-detail/the-high-speed-500-liter-stainless-steel-electric-stirrer-is-used-to-mix-soap-ssolutions-food-and-drugs-1700003753252.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_title.3e065678cM6ndT](https://portuguese.alibaba.com/product-detail/the-high-speed-500-liter-stainless-steel-electric-stirrer-is-used-to-mix-soap-ssolutions-food-and-drugs-1700003753252.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.3e065678cM6ndT). Acesso em: 23 de fevereiro de 2021.

## g. Reator encamisado



Fonte: [https://ultratanques.com.br/project/reactor-de-processo/?gclid=Cj0KCQjwreT8BRDTARIsAJLI0KLm4vP1KXc-535QcjnyUuojy7MhIvVeiRhVeZUHDSOJUq\\_o1QIGdmcaAsp7EALw\\_wcB](https://ultratanques.com.br/project/reactor-de-processo/?gclid=Cj0KCQjwreT8BRDTARIsAJLI0KLm4vP1KXc-535QcjnyUuojy7MhIvVeiRhVeZUHDSOJUq_o1QIGdmcaAsp7EALw_wcB). Acesso em: 10 de dezembro de 2020.

## h. Trocador de calor



Fonte: <https://bermo.com.br/produtos/detalhes/trocadores-de-calor-casco-e-tubo-bchad/>. Acesso em: 10 de dezembro de 2020.

i. Tanque de estabilização de cloreto de benzalcônio e desinfetante



Fonte: [https://portuguese.alibaba.com/product-detail/15000l-easily-operated-liquid-ammonia-oxygen-gas-storage-tank-60409565920.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_image.3fa94a49pADHan](https://portuguese.alibaba.com/product-detail/15000l-easily-operated-liquid-ammonia-oxygen-gas-storage-tank-60409565920.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.3fa94a49pADHan).

Acesso em: 20 de dezembro de 2020.

j. Misturador de desinfetante



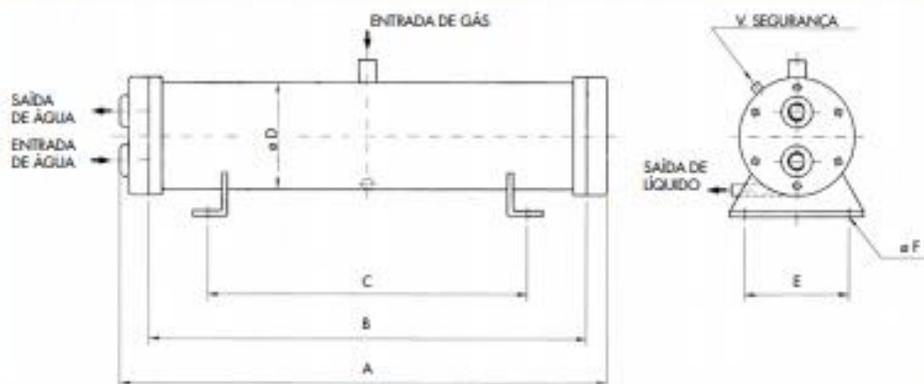
Fonte: [https://portuguese.alibaba.com/product-detail/300l-1000-litre-agitating-fermentation-alcohol-beverage-single-layer-capacity-mixing-tank-62153755685.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_title.263d6692DM7R6B](https://portuguese.alibaba.com/product-detail/300l-1000-litre-agitating-fermentation-alcohol-beverage-single-layer-capacity-mixing-tank-62153755685.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.263d6692DM7R6B). Acesso em: 21 de fevereiro de 2021.

## ANEXO D – DIMENSÕES DO TROCADOR DE CALOR

## LINHA CST

Os modelos CST (Condensador "shell and tube"), nossa tradicional linha de condensadores, possuem grande capacidade recolhimento de refrigerante líquido.  
Capacidade: 6 a 355 Mcal/h, 7 a 412 kw. São 17 modelos e 3 diâmetros.

MÓD. CST	CAPACIDADE TÉRMICA		ÁREA DE TROCA (m <sup>2</sup> )	Nº DE TUBOS/TUBAGENS	VAZÃO DE ÁGUA (l/s)	ΔT DA ÁGUA (°C)	CAP. DE RECOLHIMENTO DE R. 12 (kg)	HP	CONEXÕES DE POLICABAS			DISTÂNCIA ENTRE CILINDROS (m)	DIMENSÕES (mm)						
	l/h	kw							REFRIGERANTE		ÁGUA		A	B	C	D	E	F	
									E	S									
4	6.133	7.131	0,88	12	6	1.456	4,21	6,45	1,50	1/2"	1/2"	1/2"	400	477	480	348	156	160	11
5	9.208	10.695	1,32	12	6	1.456	4,31	6,76	2,30	1/2"	1/2"	1/2"	400	477	480	348	156	160	11
6	12.267	14.294	1,76	24	6	2.912	4,31	3,94	3,00	1/2"	1/2"	1/2"	400	477	480	348	156	160	11
7	18.400	21.395	2,64	24	6	2.912	4,31	3,91	4,40	1/2"	1/2"	1/2"	400	477	480	348	156	160	11
8	16.180	18.730	2,31	24	6	4.368	3,68	9,46	4,00	1/2"	1/2"	1"	350	450	350	308	240	250	14
9	22.060	26.744	3,31	24	6	4.368	3,38	13,89	5,90	1/2"	1/2"	1"	300	400	300	448	240	250	14
10	32.380	37.588	4,63	24	6	6.552	4,92	19,32	8,30	1/2"	1/2"	1"	700	800	700	608	240	250	14
11	51.300	59.651	7,36	40	4	7.388	7,04	27,81	13,80	1/2"	1/2"	1"	1000	1100	1000	948	240	250	14
12	76.950	89.476	11,04	40	3	14.360	5,18	40,52	19,70	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1500	1620	1500	1440	240	250	14
13	102.600	118.202	14,72	40	3	14.360	7,04	54,82	26,00	2"	1 1/2"	1 1/2"	2000	2120	2000	1940	240	250	14
14	118.800	137.209	16,94	76	4	22.914	5,15	52,83	20,0	2"	1 1/2"	2 1/2"	1000	1160	1000	948	244	250	17
15	177.200	206.846	25,42	76	4	22.914	7,73	78,84	43,00	2 1/2"	1 1/2"	2 1/2"	1500	1660	1500	1440	244	250	17
16	236.200	274.651	33,89	76	3	45.828	5,15	106,06	60,00	3"	1 1/2"	3"	2000	2160	2000	1940	244	250	17
17	354.250	412.834	50,84	76	3	45.828	7,73	156,09	90,00	3 1/2"	1 1/2"	3"	300	3160	3000	2940	244	250	17



## NOTAS:

- 1) As capacidades térmicas valem para um  $\Delta t_{rel} = 10^{\circ}C$ . Para  $\Delta t_{rel}$  diferentes dividir os valores acima por 10 e multiplicar pelo  $\Delta t_{rel}$  desejado.
- 2) As vazões de água valem para as capacidades térmicas da tabela, considerando uma velocidade da água de 2,0 m/s.
- 3) O coeficiente global de transmissão de calor utilizado é de 820 w/m<sup>2</sup> °C com um fator de 0,00010 m<sup>2</sup> °C/w.
- 4) A capacidade de recolhimento de R.12 líquido a 40°C está baseada em 60% do volume livre do condensador. Para determinar a capacidade de recolhimento para R. 22, R. 404A e R. 502 multiplicar o valor de R.12 por 0,90.
- 5) Esta tabela foi elaborada para condições de uso em torres de resfriamento.
- 6) Os "HP" são os valores máximos baseados em temperatura de evaporação de -10°C e temperatura de condensação de 40°C.
- 7) Para modelos CST-4 ao CST-13 são usados tubos de 1/2" e para os modelos CST-14 ao CST-17 tubos 3/4".
- 8) Os condensadores CST são fornecidos com válvula na entrada de gás até o modelo 12 e válvula na saída de líquido em todos os modelos.

Rua Tiradentes, 2.356 - São Bernardo do Campo - SP  
CEP 09781-220 - Tel/Fax: 55 (11) 4128-2577  
E-mail: vendas@apema.com.br - Internet: www.apema.com.br



Empresa Certificada  
ISO 9001:2008  
(Cert. Nº 001)

**apema**  
A MÁRCA DO TROCADOR DE CALOR

## ANEXO E – COEFICIENTES PARA O CÁLCULO DO BALANÇO DE ENERGIA

TABLE 8.6. Typical Ranges of Individual Film and Fouling Coefficients [ $h$  Btu/(hr)(sqft)(°F)]

Fluid and Process	Conditions	$P$ (atm)	$(\Delta T)_{\max}$ (°F)	$10^4 h$	$10^4 h_f$
<b>Sensible</b>					
Water	liquid			7.6–11.4	6–14
Ammonia	liquid			7.1–9.5	0–6
Light organics	liquid			28–38	6–11
Medium organics	liquid			38–76	9–23
Heavy organics	liquid heating			23–76	11–57
Heavy organics	liquid cooling			142–378	11–57
Very heavy organics	liquid heating			189–568	23–170
Very heavy organics	liquid cooling			378–946	23–170
Gas		1–2		450–700	0–6
Gas		10		140–230	0–6
Gas		100		57–113	0–6
<b>Condensing transfer</b>					
Steam ammonia	all condensable	0.1		4.7–7.1	0–6
Steam ammonia	1% noncondensable	0.1		9.5–14.2	0–6
Steam ammonia	4% noncondensable	0.1		19–28	0–6
Steam ammonia	all condensable	1		3.8–5.7	0–6
Steam ammonia	all condensable	10		2.3–3.8	0–6
Light organics	pure	0.1		28–38	0–6
Light organics	4% noncondensable	0.1		57–76	0–6
Light organics	pure	10		8–19	0–6
Medium organics	narrow range	1		14–38	6–30
Heavy organics	narrow range	1		28–95	11–28
Light condensable mixes	narrow range	1		23–57	0–11
Medium condensable mixes	narrow range	1		38–95	6–23
Heavy condensable mixes	medium range	1		95–190	11–45
<b>Vaporizing transfer</b>					
Water		<5	45	5.7–19	6–12
Water		<100	36	3.8–14	6–12
Ammonia		<30	36	11–19	6–12
Light organics	pure	20	36	14–57	6–12
Light organics	narrow range	20	27	19–76	6–17
Medium organics	pure	20	36	16–57	6–17
Medium organics	narrow range	20	27	23–95	6–17
Heavy organics	pure	20	36	23–95	11–28
Heavy organics	narrow range	20	27	38–142	11–45
Very heavy organics	narrow range	20	27	57–189	11–57

Light organics have viscosity <1 cP, typically similar to octane and lighter hydrocarbons.

Medium organics have viscosities in the range 1–5 cP, like kerosene, hot gas oil, light crudes, etc.

Heavy organics have viscosities in the range 5–100 cP, cold gas oil, lube oils, heavy and reduced crudes, etc.

Very heavy organics have viscosities above 100 cP, asphalts, molten polymers, greases, etc.

Gases are all noncondensables except hydrogen and helium which have higher coefficients.

Conversion factor: 1 Btu/(hr)(sqft)(°F) = 5.6745 W/m<sup>2</sup> K.

(After HEDH, 1983, 3.1.4-4).

## ANEXO F – REFERÊNCIA INCROPERA

TABLE A.6 Thermophysical Properties of Saturated Water<sup>a</sup>

Temperature, $T$ (K)	Pressure, $p$ (bars) <sup>b</sup>	Specific Volume (m <sup>3</sup> /kg)		Heat of Vapor- ization, $h_{fg}$ (kJ/kg)	Specific Heat (kJ/kg · K)		Viscosity (N · s/m <sup>2</sup> )		Thermal Conductivity (W/m · K)		Prandtl Number	
		$v_f \cdot 10^3$	$v_g$		$c_{p,f}$	$c_{p,g}$	$\mu_f \cdot 10^6$	$\mu_g \cdot 10^6$	$k_f \cdot 10^3$	$k_g \cdot 10^3$	$Pr_f$	$Pr_g$
273.15	0.00611	1.000	206.3	2502	4.217	1.854	1750	8.02	569	18.2	12.99	0.815
275	0.00697	1.000	181.7	2497	4.211	1.855	1652	8.09	574	18.3	12.22	0.817
280	0.00990	1.000	130.4	2485	4.198	1.858	1422	8.29	582	18.6	10.26	0.825
285	0.01387	1.000	99.4	2473	4.189	1.861	1225	8.49	590	18.9	8.81	0.833
290	0.01917	1.001	69.7	2461	4.184	1.864	1080	8.69	598	19.3	7.56	0.841
295	0.02617	1.002	51.94	2449	4.181	1.868	959	8.89	606	19.5	6.62	0.849
300	0.03531	1.003	39.13	2438	4.179	1.872	855	9.09	613	19.6	5.83	0.857
305	0.04712	1.005	29.74	2426	4.178	1.877	769	9.29	620	20.1	5.20	0.865
310	0.06221	1.007	22.93	2414	4.178	1.882	695	9.49	628	20.4	4.62	0.873
315	0.08132	1.009	17.82	2402	4.179	1.888	631	9.69	634	20.7	4.16	0.883
320	0.1053	1.011	13.98	2390	4.180	1.895	577	9.89	640	21.0	3.77	0.894
325	0.1351	1.013	11.06	2378	4.182	1.903	528	10.09	645	21.3	3.42	0.901
330	0.1719	1.016	8.82	2366	4.184	1.911	489	10.29	650	21.7	3.15	0.908
335	0.2167	1.018	7.09	2354	4.186	1.920	453	10.49	656	22.0	2.88	0.916
340	0.2713	1.021	5.74	2342	4.188	1.930	420	10.69	660	22.3	2.66	0.925
345	0.3372	1.024	4.683	2329	4.191	1.941	389	10.89	664	22.6	2.45	0.933
350	0.4163	1.027	3.846	2317	4.195	1.954	365	11.09	668	23.0	2.29	0.942
355	0.5100	1.030	3.180	2304	4.199	1.968	343	11.29	671	23.3	2.14	0.951
360	0.6209	1.034	2.645	2291	4.203	1.983	324	11.49	674	23.7	2.02	0.960
365	0.7514	1.038	2.212	2278	4.209	1.999	306	11.69	677	24.1	1.91	0.969
370	0.9040	1.041	1.861	2265	4.214	2.017	289	11.89	679	24.5	1.80	0.978
373.15	1.0133	1.044	1.679	2257	4.217	2.029	279	12.02	680	24.8	1.76	0.984
375	1.0815	1.045	1.574	2252	4.220	2.036	274	12.09	681	24.9	1.70	0.987
380	1.2869	1.049	1.337	2239	4.226	2.057	260	12.29	683	25.4	1.61	0.999
385	1.5233	1.053	1.142	2225	4.232	2.080	248	12.49	685	25.8	1.53	1.004
390	1.794	1.058	0.980	2212	4.239	2.104	237	12.69	686	26.3	1.47	1.013
400	2.455	1.067	0.731	2183	4.256	2.158	217	13.05	688	27.2	1.34	1.033
410	3.302	1.077	0.553	2153	4.278	2.221	200	13.42	688	28.2	1.24	1.054
420	4.370	1.088	0.425	2123	4.302	2.291	185	13.79	688	29.8	1.16	1.075
430	5.699	1.099	0.331	2091	4.331	2.369	173	14.14	685	30.4	1.09	1.10