

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

Alexandre Barbosa Sommer
Jhovana de Avila Maciel
Maycon da Silva Paim
Otto Rodolfo Assmann Junior
Vanessa Baierle

**PRODUÇÃO DE FOSFATO DE DIAMIDO FOSFATADO A PARTIR DO
AMIDO DE MANDIOCA (*MANIHOT ESCULENTA*)**

Santa Maria, RS

2022

Alexandre Barbosa Sommer
Jhovana de Avila Maciel
Maycon da Silva Paim
Otto Rodolfo Assmann Junior
Vanessa Baierle

**PRODUÇÃO DE FOSFATO DE DIAMIDO FOSFATADO A PARTIR DO AMIDO DE
MANDIOCA (*MANIHOT ESCULENTA*)**

Projeto e Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Engenharia de Processos III, do Curso de Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Bacharel em Engenharia Química.**

Orientador(a): Prof.^a Dr.^a Lisiane De Marsillac Terra

Santa Maria, RS

2022

Alexandre Barbosa Sommer
Jhovana de Avila Maciel
Maycon da Silva Paim
Otto Rodolfo Assmann Junior
Vanessa Baierle

**PRODUÇÃO DE FOSFATO DE DIAMIDO FOSFATADO A PARTIR DO AMIDO DE
MANDIOCA (*MANIHOT ESCULENTA*)**

Projeto e Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Engenharia de Processos III, do Curso de Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Bacharel em Engenharia Química**.

Aprovado em 19 de agosto de 2022

Lisiane de Marsillac Terra, Dr^a (UFSM)

Gabriela Carvalho Collazzo, Dr^a (UFSM)

Monica Beatriz Alvarado Soares, Dr^a (UFSM)

Santa Maria, RS

2022

RESUMO

PRODUÇÃO DE FOSFATO DE DIAMIDO FOSFATADO A PARTIR DO AMIDO DE MANDIOCA (*MANIHOT ESCULENTA*)

AUTORES: Alexandre Barbosa Sommer, Jhovana de Avila Maciel, Maycon da Silva Paim,
Otto Rodolfo Assmann Junior e Vanessa Baierle.

ORIENTADORA: Lisiane de Marsillac Terra.

O Fosfato de diamido fosfatado (INS 1413) é um amido modificado alimentício obtido através da combinação de modificações químicas na estrutura do amido nativo, neste caso, o da mandioca (*Manihot esculenta*). Ele é indicado para uso em produtos congelados ou resfriados, pois este amido tem um melhor comportamento frente a ciclos de congelamentos e descongelamentos do que os amidos nativos. Tendo em vista que o mercado de amido modificado é bastante diversificado e de elevado valor econômico e a constante busca por amidos com características específicas para atender este setor, propõe-se o projeto da AMIDIFIC. A empresa traz como proposta um produto para substituição de gorduras em produtos alimentícios, através da produção de amido de mandioca modificado por fosfatação. Através da análise de mercado, decidiu-se instalar a empresa na cidade de Maringá (PR) devido à proximidade de prováveis fornecedores. A partir da rota produtiva, optou-se por utilizar como reagentes de modificação o tripolifosfato de sódio (STPP) e trimetafosfato de sódio (STMP). Por fim, a viabilidade do projeto foi validada, uma vez que apresentou um valor presente líquido (VPL) positivo e um fluxo de caixa com lucros a partir do segundo ano. O projeto mostrou-se viável para uma produção anual de 20.390 toneladas de Fosfato de diamido fosfatado, operando durante 260 dias no ano.

Palavras-chave: Modificação. Amido. Mandioca.

ABSTRACT

PRODUCTION OF PHOSPHATED DISTARCH PHOSPHATE FROM CASSAVA STARCH (*MANIHOT ESCULENTA*)

AUTHORS: Alexandre Barbosa Sommer, Jhovana de Avila Maciel, Maycon da Silva Paim,
Otto Rodolfo Assmann Junior, Vanessa Baierle.

ADVISOR: Lisiane de Marsillac Terra.

The Phosphated distarch phosphate (INS 1413) is a modified starch obtained through a combination of chemical modifications in the structure of the native starch, in this case, cassava starch (*Manihot esculenta*). It is indicated to be used in frozen or refrigerated products, since this starch has a better behavior in terms of freezing and unfreezing cycles than native starches. Considering that the modified starches market is very diversified and has a high economic value and there is a constant search for starches with specific characteristics to comply with the necessities of this sector, we present the AMIDIFIC industry project. The company proposes a product to replace fats in food products, through the production of phosphate-modified cassava starch. Through market analysis, it was decided to install the company in the city of Maringá (PR) due to the proximity of likely suppliers. From the production route, it was decided to use sodium tripolyphosphate (STPP) and sodium trimetaphosphate (STMP) as modification reagents. Finally, the feasibility of the project was validated, since it presented a positive net present value (NPV) and profits within the second year of production. The project proved to be viable for an annual production of 20,390 tons of Phosphated distarch phosphate, operating for 260 days a year.

Keywords: Modification. Starch. Cassava.

LISTA DE ABREVIATURAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CAGR	Compound Annual Growth Rate
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CMV	Custo da mercadoria vendida
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
COFINS	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CSLL	Contribuição social sobre o lucro líquido
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DRE	Demonstração do Resultado do Exercício
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FGTS	Fundo de Garantia do Tempo de Serviço
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
INSS	Instituto Nacional do Seguro Social
IRPJ	Imposto de renda da pessoa jurídica
ISO	International Organization for Standardization
ISS	Imposto sobre serviço
LAIR	Lucro antes do imposto de renda
MS	Ministério da Saúde
NBR	Norma Brasileira
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SENAR	Serviço Nacional de Aprendizagem Rural
SETRAB	Secretaria do Trabalho
STMP	Trimetafosfato de Sódio
STPP	Tripolifosfato de Sódio
SVS	Secretaria de Vigilância Sanitária

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estruturas dos compostos que formam a macromolécula do amido.....	20
Figura 2 - Estrutura química do amido após modificação por fosfatação.....	20
Figura 3 - Previsão para o mercado global de amido modificado.....	22
Figura 4 - Modelo Canvas do empreendimento.....	24
Figura 5 - Localização da cidade de Maringá no estado do Paraná.....	42
Figura 6 - Localização da unidade industrial em Maringá.....	43
Figura 7 - Diagrama de blocos da produção de amido modificado.....	46
Figura 8 - Fluxograma do processo produtivo.....	57
Figura 9 - Malhas de controle da temperatura e pH nos reatores batelada.....	75
Figura 10 - Malha de controle de alimentação nos reatores batelada.....	77
Figura 11 - Ciclone de Stairmand.....	156

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Tolerância de microorganismos para amostras de amidos.....	27
Tabela 02 - Maiores estados produtores de mandioca e suas respectivas produção e preço médio.....	30
Tabela 03 - Avaliação preliminar da viabilidade econômica.....	32
Tabela 04 - Valor estimado para o consumo diário e anual de matéria-prima.....	33
Tabela 05 - Custos totais.....	33
Tabela 06 - Fósforo incorporado variando proporção de reagentes.....	37
Tabela 07 - Tempo das esteiras transportadoras.....	61
Tabela 08 - Tempo das tubulações.....	62
Tabela 09 - Demanda de água fria no processo produtivo.....	64
Tabela 10 - Demanda de água nas áreas auxiliares.....	65
Tabela 11 - Demanda de vapor no processo produtivo.....	66
Tabela 12 - Demanda de vapor nas áreas auxiliares.....	66
Tabela 13 - Retorno de condensado do processo produtivo.....	68
Tabela 14 - Retorno de condensado das áreas auxiliares.....	68
Tabela 15 - Demanda de ar comprimido na indústria.....	68
Tabela 16 - Vazões de saída de produto nos equipamentos do processo produtivo.....	69
Tabela 17 - Vazões de reciclo nos equipamentos do processo produtivo.....	70
Tabela 18 - Vazões de resíduo do processo produtivo.....	71
Tabela 19 - Vazão de biogás oriunda do biodigestor.....	71
Tabela 20 - Demanda de ácido clorídrico no processo produtivo.....	71
Tabela 21 - Demanda de hidróxido de sódio no processo produtivo.....	72
Tabela 22 - Bombas da indústria.....	73
Tabela 23 - Documentos legais necessários.....	80
Tabela 24 - Custo da aquisição dos equipamentos.....	80
Tabela 25A - Gastos com tubulações para o processo.....	82
Tabela 25B - Gastos com acessórios nas tubulações do processo.....	83
Tabela 26 - Gastos referentes a materiais de escritório e laboratórios.....	83

Tabela 27A - Gastos referentes a implementação do laboratório	84
Tabela 27B - Gastos de Offsite Battery Limits.....	85
Tabela 28 - Custos com instrumentação.....	87
Tabela 29 - Custos com a sala de controle.....	87
Tabela 30 - Custos da construção das câmaras frias.....	88
Tabela 31 - Salário por função.....	89
Tabela 32 - Custos de aquisição de equipamentos de segurança individual anual.....	92
Tabela 33 - Custos com matérias primas, reagentes e insumos.....	93
Tabela 34 - Custo total com energia elétrica na indústria.....	93
Tabela 35 - Custo total com utilidades.....	94
Tabela 36 - Custos anuais com insumos de laboratório.....	95
Tabela 37 - Custos com embalagens.....	95
Tabela 38 - Custos com comercialização.....	96
Tabela 39 - Detalhamento do Investimento Inicial para Implementação da Indústria...	97
Tabela 40 - Custos fixos.....	97
Tabela 41 - Custos variáveis.....	98
Tabela 42 - Demonstração do resultado do exercício.....	100
Tabela 43 - Projeção do fluxo de caixa operacional para 10 anos.....	101
Tabela 44 - Custos com Financiamento.....	102
Tabela 45 - Balanço de massa para as entradas da lavagem de mandioca.....	119
Tabela 46 - Balanço de massa para o tanque pulmão TP-201.....	120
Tabela 47 - Resultados balanço de massa para o tanque pulmão TP-202.....	141
Tabela 48 - Estimativa da quantidade de ácido e base necessários.....	143
Tabela 49 - Determinação da quantidade necessária dos reagentes de modificação.....	144
Tabela 50 - Resultados balanço de massa para o tanque pulmão TP-203.....	147
Tabela 51 - Balanço de massa para lavagem de amido de milho modificado por acetilação.....	148
Tabela 52 - Resultados balanço de massa para lavagem no Filtro Prensa.....	149
Tabela 53 - Resultados balanço de massa para secagem no Flash Dryer.....	152

Tabela 54 - Resultados balanço de massa para recuperação nos ciclones.....	156
Tabela 55 - Relações entre as dimensões características do ciclone de Stairmand.....	157
Tabela 56 - Relações entre as dimensões características do ciclone de Stairmand.....	158
Tabela 57 - Resultados balanço de massa para embalagem.....	158
Tabela 58 - Dimensionamento das tubulações de água fria.....	165
Tabela 59 - Dimensionamento das tubulações de vapor.....	169
Tabela 60 - Dilatação térmica e espessura do isolante das tubulações de vapor.....	170
Tabela 61 - Retorno de condensado.....	171
Tabela 62 - Dimensionamento da tubulação de ar comprimido.....	173
Tabela 63 - Dimensionamento das tubulações de processo.....	174
Tabela 64 - Dimensionamento das tubulações de reciclo.....	175
Tabela 65 - Dimensionamento das tubulações de resíduo.....	175
Tabela 66 - Dimensionamento das tubulações de biogás.....	176
Tabela 67 - Dimensionamento das tubulações de ácido.....	176
Tabela 68 - Dimensionamento das tubulações de base.....	177
Tabela 69 - Perdas de carga nas instalações de água fria.....	179
Tabela 70 - Perdas de carga nas instalações de ar comprimido.....	184
Tabela 71 - Perdas de carga nas instalações de vapor.....	185
Tabela 72 - Perdas de carga nas instalações de processo.....	186
Tabela 73 - Perdas de carga nas instalações de reciclo.....	189
Tabela 74 - Perdas de carga nas instalações de resíduo.....	190
Tabela 75 - Perdas de carga nas instalações de biogás.....	191
Tabela 76 - Perdas de carga nas instalações de ácido.....	192
Tabela 77 - Perdas de carga nas instalações de base.....	192
Tabela 78 - Bombas dimensionadas para o processo.....	194

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Tempo do processo.....	60
Quadro 02 - Série de preços da tonelada da raiz de mandioca.....	116
Quadro 03 - Compilado dos resultados obtidos por Seib (1999) e Rechsteiner (2009) para diferentes condições de reação.....	117

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 OBJETIVOS.....	17
1.2 JUSTIFICATIVA.....	18
2 PRODUTO A SER COMERCIALIZADO	19
2.1 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO.....	19
2.1.1 Forma de comercialização do produto	21
2.2 ANÁLISE DE MERCADO.....	21
2.3 CAPACIDADE DE PRODUÇÃO.....	23
2.4 MODELO DE NEGÓCIO PARA COMERCIALIZAÇÃO DO PRODUTO.....	23
2.4.1 Proposta de valor	23
2.4.2 Relacionamento com clientes	24
2.4.3 Canais de comunicação	24
2.4.4 Segmento de clientes	25
2.4.5 Fontes de receita	25
2.4.6 Atividades principais	25
2.4.7 Parcerias principais	25
2.4.8 Recursos principais	25
2.4.9 Estrutura de custos	25
2.5 EXIGÊNCIAS LEGAIS.....	26
2.5.1 Legislação para segurança microbiológica	26
2.5.2 Legislação ambiental	27
2.6 MATÉRIAS-PRIMAS E INSUMOS.....	28
2.6.1 Mandioca	28
2.7 REAGENTES DE MODIFICAÇÃO.....	30
2.7.1 Tripolifosfato de sódio	30
2.7.2 Trimetafosfato de sódio	31
2.7.3 Sulfato de sódio	31
2.8 PREÇO DE COMERCIALIZAÇÃO.....	31
2.9 VIABILIDADE ECONÔMICA SIMPLIFICADA.....	32
3 DEFINIÇÕES DO PROCESSO	34
3.1 SELEÇÃO DA TECNOLOGIA.....	34
3.1.1 Rotas para a obtenção do Fosfato de monoamido (esterificação)	34
3.1.1.1 Modificação com Ácido fosfórico.....	34
3.1.1.2 Modificação com Fosfato dipotássico ou Fosfato dissódico.....	35
3.1.1.3 Modificação com Tripolifosfato de sódio.....	35
3.1.2 Obtenção do Fosfato de diamido (Cross-link/Reticulação)	35
3.1.2.1 Modificação com POCl ₃	36
3.1.2.2 Modificação com trimetafosfato de sódio.....	36

3.1.3 Condições para obtenção do Fosfato de diamido fosfatado com STPP e STMP.....	36
3.1.3.1 Proporção dos reagentes.....	37
3.1.3.2 Concentração dos reagentes.....	37
3.1.3.3 Teor de umidade.....	38
3.1.3.4 Influência do pH e da temperatura no tempo reação.....	38
3.2 DEFINIÇÃO DA ROTA TECNOLÓGICA A SER EMPREGADA.....	38
3.3 NECESSIDADES LABORATORIAIS.....	39
3.3.1 Análise do teor de amido na matéria prima.....	40
3.3.2 Análise do teor de fósforo no produto final.....	40
3.3.2.1 Análise do grau de substituição do amido modificado.....	40
3.3.3 Análise microbiológica no produto final.....	41
3.3.4 Análises físico-químicas no produto final.....	41
3.3.5 Análises dos parâmetros dos efluentes para lançamento no rio.....	41
3.4 LOCALIZAÇÃO DA UNIDADE.....	42
3.5 CÁLCULO PRELIMINAR DAS ÁREAS.....	44
4 PROJETO DO PROCESSO.....	45
4.1 DIAGRAMA DE BLOCOS DO PROCESSO.....	45
4.2 ESPECIFICAÇÕES DO PROCESSO.....	45
4.2.1 Recepção e armazenamento da matéria-prima e reagentes.....	45
4.2.1.1 Matéria-prima.....	45
4.2.1.1.1 Armazenamento das raízes de mandioca.....	47
4.2.1.2 Reagentes.....	47
4.2.1.3 Ácido clorídrico e hidróxido de sódio.....	47
4.2.2 Lavagem e descascamento das mandiocas.....	48
4.2.2.1 Tanques pulmão (TP-201A e TP-201B).....	48
4.2.2.2 Lavagem e descascamento (DS-201).....	48
4.2.3 Moagem.....	49
4.2.4 Purificação.....	49
4.2.4.1 Peneiras GL-1050 (P-201).....	49
4.2.4.2 Primeira diluição (TQ-201A e TQ-201B).....	50
4.2.4.3 Primeira Centrifugação (C-201).....	50
4.2.4.4 Segunda diluição (TQ-202).....	51
4.2.4.5 Segunda Centrifugação (C-202).....	51
4.2.4.6 Terceira diluição (TQ-203).....	52
4.2.4.7 Filtro Rotativo à Vácuo (F-201).....	52
4.2.5 Modificação.....	52
4.2.5.1 Tanque pulmão (TP-202).....	52
4.2.5.2 Tanques de diluição de hidróxido de sódio e ácido clorídrico (TQ-204 e TQ-205).....	53
4.2.5.3 Reatores (R-201A e R-201B).....	53
4.2.6 Lavagem do amido modificado.....	54

4.2.6.1 Tanque pulmão (TP-203).....	54
4.2.6.2 Filtros prensa (FP-201A; FP-201B e FP-201C).....	54
4.2.7 Secagem em Flash Dryer (FD-201).....	55
4.2.8 Embalagem.....	55
4.2.8.1 Ciclones (C-201A; C-201B; C-201C; C-201D; C-201E e C-201F).....	55
4.2.8.2 Embaladora (E-201).....	56
4.3 FLUXOGRAMA DO PROCESSO (PFD).....	56
4.4 RESÍDUOS.....	56
4.4.1 Cascas.....	58
4.4.2 Manipueira.....	58
4.4.3 Bagaço.....	59
4.5 LEAD TIME DO PROCESSO.....	59
4.5.1 Esteira transportadora.....	61
4.5.2 Tubulações.....	61
4.5.3 Lavador e descascador.....	62
4.5.4 Moinho.....	62
4.5.5 Tanques agitadores.....	62
4.5.6 Centrifugas.....	63
4.5.7 Filtro a vácuo.....	63
4.5.7 Reator.....	63
4.5.8 Filtro prensa.....	63
4.5.9 Flash dryer.....	63
5 PROJETO DE INSTALAÇÃO INDUSTRIAL.....	64
5.1 DEMANDA DE ÁGUA FRIA.....	64
5.1.1 Tubulações De Água Fria.....	65
5.2 DEMANDA DE VAPOR.....	66
5.2.1 Tubulações De Vapor.....	67
5.2.2 Retorno De Condensado.....	67
5.3 DEMANDA DE AR COMPRIMIDO.....	68
5.3.1 Sistema air-lift.....	68
5.3.2 Compressor.....	69
5.4 PROCESSO.....	69
5.5 RECICLO.....	70
5.6 RESÍDUO.....	70
5.7 BIOGÁS.....	71
5.8 ÁCIDO.....	71
5.9 BASE.....	72
5.10 PERDAS DE CARGA.....	72
5.11 BOMBAS.....	72
6 CONTROLE E INSTRUMENTAÇÃO DO PROCESSO.....	74
6.1 CONTROLE DE PROCESSO PARA REATOR BATELADA.....	74

6.1.1	Controle de temperatura.....	74
6.1.2	Controle de pH.....	76
6.1.3	Controle de alimentação dos reatores.....	78
7	ANÁLISE ECONÔMICA.....	79
7.1	CUSTOS DE IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO.....	79
7.1.1	Custo de implementação da indústria.....	79
7.1.2	Terreno e construção do galpão.....	79
7.1.3	Licenças e encargos.....	80
7.1.4	Aquisição de equipamentos.....	80
7.1.5	Tubulações e acessórios.....	82
7.1.6	Gastos com Offsite Battery Limits.....	83
7.1.7	Instrumentação e controle.....	86
7.1.8	Câmaras frias.....	87
7.1.9	Implementação da estação de tratamento de efluentes.....	88
7.1.10	Depreciação.....	88
7.2	CUSTOS FIXOS.....	89
7.2.1	Encargos trabalhistas.....	89
7.2.2	Equipamentos de segurança.....	91
7.2.3	Seguros.....	92
7.3	CUSTO VARIÁVEIS.....	92
7.3.1	Matérias primas e insumos.....	92
7.3.2	Utilidades.....	93
7.3.3	Laboratório e análises laboratoriais.....	94
7.3.4	Tratamento de resíduos.....	95
7.3.5	Comercialização.....	95
7.4	ANÁLISE DO INVESTIMENTO.....	96
7.4.1	Custos.....	96
7.4.1.1	Custos de implementação.....	96
7.4.1.2	Custos fixos.....	97
7.4.1.3	Custos variáveis.....	98
7.4.2	Lucro Bruto.....	98
7.4.3	Fluxo de Caixa.....	98
7.4.4	Financiamento.....	101
7.4.5	Taxa de Mínima Atratividade (TMA).....	102
7.4.6	Valor Presente Líquido (VPL).....	102
7.4.7	Taxa Interna de Retorno (TIR).....	103
7.4.8	Payback time.....	103
8	CONCLUSÃO.....	104
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
	APÊNDICE A - SÉRIE DE PREÇOS DA TONELADA DA RAIZ DE MANDIOCA ..	116

APÊNDICE B - DIFERENTES CONDIÇÕES DE REAÇÃO.....	117
APÊNDICE C - RECEPÇÃO DA MATÉRIA PRIMA.....	118
APÊNDICE D - BALANÇO DE MASSA E ENERGIA E DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS.....	119
APÊNDICE D1 - TANQUE PULMÃO PARA A LAVAGEM (TP-201A e TP-201B)	119
APÊNDICE D1.1 - BALANÇO DE MASSA.....	119
APÊNDICE D1.2 - BALANÇO DE ENERGIA.....	120
APÊNDICE D1.3 - DIMENSIONAMENTO.....	122
APÊNDICE D2 - LAVAGEM E DESCASCAMENTO (DS-201).....	122
APÊNDICE D2.1 - BALANÇO DE MASSA.....	122
APÊNDICE D2.2 - DIMENSIONAMENTO.....	123
APÊNDICE D3 - MOAGEM (M-201).....	124
APÊNDICE D3.1 - BALANÇO DE MASSA.....	124
APÊNDICE D3.2 - DIMENSIONAMENTO.....	125
APÊNDICE D4 - SILO DE CASCA DE MANDIOCA (SI-201).....	125
APÊNDICE D4.1 - DIMENSIONAMENTO.....	125
APÊNDICE D5 - PENEIRAMENTO (P-201).....	126
APÊNDICE D5.1 - BALANÇO DE MASSA.....	126
APÊNDICE D5.2 - DIMENSIONAMENTO.....	127
APÊNDICE D6 - PRIMEIRA DILUIÇÃO (TQ-201A e TQ-201B).....	128
APÊNDICE D6.1 - BALANÇO DE MASSA.....	128
APÊNDICE D6.2 - BALANÇO DE ENERGIA.....	128
APÊNDICE D6.3 - DIMENSIONAMENTO.....	130
APÊNDICE D7 - PRIMEIRA CENTRIFUGAÇÃO (C-201).....	131
APÊNDICE D7.1 - BALANÇO DE MASSA.....	131
APÊNDICE D7.2 - DIMENSIONAMENTO.....	132
APÊNDICE D8 - SEGUNDA DILUIÇÃO (TQ-202).....	132
APÊNDICE D8.1 - BALANÇO DE MASSA.....	132
APÊNDICE D8.2 - BALANÇO DE ENERGIA.....	133
APÊNDICE D8.3 - DIMENSIONAMENTO.....	134
APÊNDICE D9 - SEGUNDA CENTRIFUGAÇÃO (C-202).....	135
APÊNDICE D9.1 - BALANÇO DE MASSA.....	135
APÊNDICE D9.2 - DIMENSIONAMENTO.....	136
APÊNDICE D10 - TERCEIRA DILUIÇÃO (TQ-203).....	136
APÊNDICE D10.1 - BALANÇO DE MASSA.....	136
APÊNDICE D10.2 - BALANÇO DE ENERGIA.....	137
APÊNDICE D10.3 - DIMENSIONAMENTO.....	138
APÊNDICE D11 - FILTRAÇÃO A VÁCUO (F-201).....	139
APÊNDICE D11.1 - BALANÇO DE MASSA.....	139
APÊNDICE D11.2 - DIMENSIONAMENTO.....	140
APÊNDICE D12 - TANQUE PULMÃO PARA O REATOR (TP-202).....	140
APÊNDICE D12.1 - BALANÇO DE MASSA.....	140

APÊNDICE D12.2 - DIMENSIONAMENTO	141
APÊNDICE D13 - DILUIÇÃO DE ÁCIDO E BASE (TQ-204 E TQ-205).....	141
APÊNDICE D13.1 - BALANÇO DE MASSA	141
APÊNDICE D14 - REATOR (R-201).....	142
APÊNDICE D14.1 - BALANÇO DE MASSA	143
APÊNDICE D14.2 - BALANÇO DE ENERGIA	145
APÊNDICE D14.3 - DIMENSIONAMENTO	145
APÊNDICE D15 - TANQUE PULMÃO PARA O FILTRO PRENSA (TP-203).....	147
APÊNDICE D15.1 - BALANÇO DE MASSA	147
APÊNDICE D15.2 - DIMENSIONAMENTO	147
APÊNDICE D16 - LAVAGEM EM FILTRO PRENSA (FP-201).....	148
APÊNDICE D16.1 - BALANÇO DE MASSA	148
APÊNDICE D16.2 - DIMENSIONAMENTO	149
APÊNDICE D17 - SECAGEM (FD-201).....	150
APÊNDICE D17.1 - BALANÇO DE MASSA	150
APÊNDICE D17.2 - BALANÇO DE ENERGIA	152
APÊNDICE D17.3 - DIMENSIONAMENTO	154
APÊNDICE D18 - RECUPERAÇÃO EM CICLONE (C-201).....	155
APÊNDICE D18.1 - BALANÇO DE MASSA	155
APÊNDICE D18.2 - DIMENSIONAMENTO	156
APÊNDICE D19 - EMBALAGEM (E-201).....	158
APÊNDICE D19.1 - BALANÇO DE MASSA	158
APÊNDICE D19.2 - DIMENSIONAMENTO	159
APÊNDICE D20 - LAGOAS (L-301 a L-307).....	159
APÊNDICE D20.1 - DIMENSIONAMENTO	159
APÊNDICE E - LEAD TIME	161
APÊNDICE E1 - MOINHO.....	161
APÊNDICE E2 - TANQUE AGITADOR.....	161
APÊNDICE E3 - CENTRÍFUGAS.....	163
APÊNDICE F - PROJETO DE INSTALAÇÃO INDUSTRIAL	164
APÊNDICE F1 - DEMANDA DE ÁGUA FRIA.....	164
APÊNDICE F1.1 - TUBULAÇÕES DE ÁGUA FRIA	164
APÊNDICE F2 - DEMANDA DE VAPOR.....	168
APÊNDICE F2.1 - TUBULAÇÕES DE VAPOR	169
APÊNDICE F2.2 - FORMAÇÃO DE CONDENSADO	170
APÊNDICE F2.3 - CALDEIRAS	171
APÊNDICE F3 - AR COMPRIMIDO.....	172
APÊNDICE F3.1 - DIMENSIONAMENTO DO POÇO AIR-LIFT	172
APÊNDICE F3.2 - TUBULAÇÕES DE AR COMPRIMIDO	173
APÊNDICE F4 - TUBULAÇÕES DE PROCESSO.....	173

APÊNDICE F5 - TUBULAÇÕES DE RECICLO.....	174
APÊNDICE F6 - TUBULAÇÕES DE RESÍDUO.....	175
APÊNDICE F7 - TUBULAÇÕES DE BIOGÁS.....	176
APÊNDICE F8 - TUBULAÇÕES DE ÁCIDO.....	176
APÊNDICE F9 - TUBULAÇÕES DE BASE.....	177
APÊNDICE F10 - PERDAS DE CARGA.....	177
APÊNDICE F11 - BOMBAS.....	194
APÊNDICE G - PLANTA BAIXA DAS INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS	196
APÊNDICE G1 - PLANTA BAIXA DA INDÚSTRIA	196
APÊNDICE G2 - INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS.....	197
APÊNDICE G3 - PLANTA BAIXA INCLUINDO ETE	198
ANEXO A - BASCULANTES RANDON	199
ANEXO B - ESTEIRA TRANSPORTADORA.....	200
ANEXO C - LAVADOR E DESCASCADOR.....	201
ANEXO D - SILO.....	202
ANEXO E - ESTEIRA TRANSPORTADORA.....	203
ANEXO F - MOEDOR.....	204
ANEXO G - TANQUE DE DILUIÇÃO.....	205
ANEXO H - CENTRÍFUGA.....	206
ANEXO I - FILTRO ROTATIVO À VÁCUO.....	207
ANEXO J - BIODIGESTOR COM LONA DE PEAD.....	208
ANEXO K - REATOR TIPO TANQUE AGITADO COM AQUECIMENTO	209
ANEXO L - GRÁFICO DO NÚMERO DE POTÊNCIA (NPO) PELO NÚMERO DE REYNOLDS (RE) PARA UM TANQUE AGITADO	211
ANEXO M - TABELA DO NÍVEL DE AGITAÇÃO PARA UM TANQUE	212
ANEXO N - FILTRO PRENSA.....	213
ANEXO O - CAIXA D'ÁGUA CILÍNDRICA (RA-101A E RA-101B)	214
ANEXO P - CAIXA D'ÁGUA CILÍNDRICA (RA-102)	215
ANEXO Q - NORMA ANSI B.36.10 E ANSI B.36.19	216
ANEXO R - LAVADORA DE LOUÇA EB50	218
ANEXO S - PAINEL COZIFRIO.....	219
ANEXO T - PURGADOR DE CONDENSADO DA LINHA DE VAPOR.....	220
ANEXO U - MÁQUINA DE LAVAR MAGNUS.....	221
ANEXO V - SECADORA DE ROUPAS INDUSTRIAL.....	222
ANEXO W - CALANDRA.....	223
ANEXO X - CALDEIRA BIOGÁS.....	224
ANEXO Y - CALDEIRA (CVS-CL).....	225
ANEXO Z - PARÂMETROS DO SISTEMA AIR-LIFT	226
ANEXO AA - COMPRESSOR.....	227
ANEXO AB - PROPRIEDADES DO VAPOR SATURADO.....	228
ANEXO AC - ESPESSURA ISOLAMENTO DE HIDROSSILICATO DE CÁLCIO..	229

ANEXO AD - DIAGRAMA DE MOODY	230
ANEXO AE - BOMBAS.....	231
ANEXO AF - PERDA DE CARGA POR ACESSÓRIO	232
ANEXO AG - TUBOS DE AÇO CARBONO	233
ANEXO AH - FLASH DRYER.....	234
ANEXO AI - CICLONE.....	235
ANEXO AJ - EMBALADORA.....	236
ANEXO AK - FICHA TÉCNICA AMIDOS MODIFICADOS CONCORRENTES	237
ANEXO AL - PENEIRAS EXTRATORAS.....	240
ANEXO AM - TABELAS ANSI/ISA-5.1-2009	241

1 INTRODUÇÃO

Segundo BEMILLER et. al, 1997, as razões que levam à modificação de amidos são: alterações nas características de cozimento (gomificação), diminuição da retrogradação (tendência das pastas formarem géis com liberação de água), aumento da estabilidade das pastas ao resfriamento e descongelamento. Deste modo, os amidos modificados se fazem de grande importância para as mais diversas indústrias, em especial a de alimentos, sendo amplamente usado como agente de textura e emulsificação, além de ser um excelente substituto de matérias-primas com alto custo, escassez ou que tenha necessidades tecnológicas específicas e até mesmo inviáveis.

1.1 OBJETIVOS

O presente trabalho de conclusão de curso tem como objetivo geral, analisar a viabilidade econômica da implantação da unidade industrial da empresa AMIDIFIC, a qual traz uma proposta de produto para substituição de gorduras em produtos das mais diversas aplicações, como no caso do mercado de alimentos congelados, através da produção de amido de mandioca modificado por fosfatação. Com isso, objetiva-se:

- Estudar o uso do amido de mandioca modificado por fosfatação para substituição de gordura em produtos alimentícios;
- Definir o produto a ser comercializado;
- Apresentar as principais características e vantagens de utilização do produto a ser comercializado;
- Realizar análise de mercado a fim de compreender a demanda dos clientes;
- Demonstrar o modelo de negócio do produto de interesse comercial;
- Explicitar as matérias primas e insumos utilizados no processo;
- Estimar o preço de comercialização;
- Definir as rotas tecnológicas a serem utilizadas;
- Selecionar o melhor local para instalação da empresa;
- Realizar cálculos de projeto, incluindo balanços de massa e energia, dimensionamento dos principais equipamentos e utilidades necessárias para o bom funcionamento da unidade industrial;
- Fazer estudo da viabilidade econômica do projeto proposto.

1.2 JUSTIFICATIVA

AMIDIFIC é uma empresa que zela pelos cuidados com o meio ambiente enquanto propõe um produto mais saudável, atendendo às necessidades do consumidor, tendo em vista o alto teor de gordura presente em produtos congelados e refrigerados.

Segundo a CONAB (2017), o Brasil é um dos maiores produtores de mandioca do mundo. Considera-se também que os amidos de tubérculos possuem baixa temperatura de pasta, baixa resistência ao atrito mecânico e baixa tendência à retrogradação, quando comparado ao amido proveniente de cereais, por razão da ausência de lipídios e fosfolipídios. (LIM et al., 1994). Dando importância às informações citadas, o amido de mandioca é ideal para ser modificado por fosfatação.

Consumir gorduras em excesso, segundo o Ministério da Saúde (2021), pode causar problemas nas artérias, no cérebro, e provocar doenças como diabetes e obesidade, além disso, a quantidade, bem como o tipo de gordura dos alimentos estão diretamente relacionados ao risco cardiovascular (LOTTENBERG, 2009). A demanda por alimentos mais saudáveis e com características sensoriais atrativas têm desenvolvido um maior interesse em amidos, agregando valor aos substitutos de gordura (BEMILLER, 2019; DENARDIN; SILVA, 2009; SCHMIELE et al., 2019; WANG et al., 2020).

O amido modificado possui um mercado bastante diversificado e de elevado valor econômico, pois de acordo com a MarketsandMarkets (2020), o mercado global de amido modificado estava estimado em US \$13,1 bilhões em 2020 e projetado para atingir US \$14,9 bilhões em 2025, registrando um CAGR (Compound Annual Growth Rate) de 2,7 %. Sendo assim a busca por amidos com características específicas para atender este setor, está em constante inovação.

Os subprodutos da produção do amido modificado por fosfatação são destinados à alimentação animal, assim como a manipueira, líquido residual, é tratada, evitando a poluição do meio ambiente. Ressalta-se que, segundo OJOGBO, OGUNSONA e MEKONNEN (2020) a obtenção do amido modificado através da fosfatação resulta em um produto menos poluente, quando comparado ao obtido por oxidação.

2 PRODUTO A SER COMERCIALIZADO

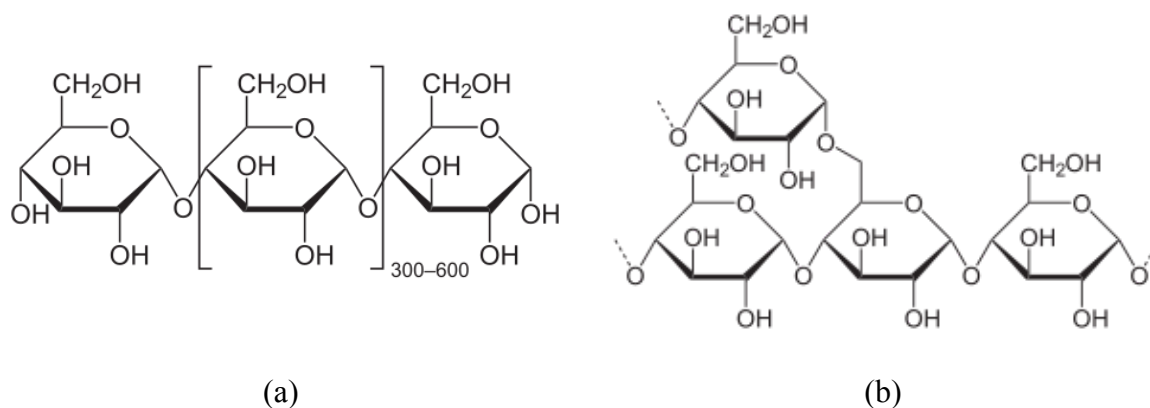
O produto a ser comercializado é o Fosfato de diamido fosfatado (INS 1413), um amido modificado alimentício obtido através da combinação de modificações químicas na estrutura do amido nativo, neste caso, o da mandioca (*Manihot esculenta*). O Fosfato de diamido fosfatado é encontrado no Brasil e no exterior na maioria dos casos sendo produzido a partir da modificação do amido do milho, se destacando o produto com o nome comercial PRECISA® 680, produzido e vendido pela Ingredion. Ele é indicado para uso em produtos congelados ou resfriados, pois este amido tem um melhor comportamento frente a ciclos de congelamentos e descongelamentos do que os amidos nativos. Assim, ele confere maior conservação das propriedades físico-químicas do alimento até o seu consumo, sendo utilizado principalmente como substituto de gordura hidrogenada e emulsificante em sorvetes, iogurtes, pudins, queijos e demais produtos industrializados.

2.1 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO

O amido (também chamado de fécula) presente nas plantas é um polissacarídeo composto basicamente por duas macromoléculas, que são a amilose (Figura 01a) e a amilopectina (Figura 01b), possuindo esta última uma estrutura altamente ramificada (Rechsteiner, 2009). De acordo com a origem botânica, o amido apresenta diferentes proporções entre amilose e amilopectina, o que acaba influenciando as propriedades como temperatura de gelatinização e a capacidade de absorver água (Cabello, 1995). Podemos definir o amido fisicamente como a mistura heterogênea das duas macromoléculas anteriormente citadas, e quimicamente como um polímero natural formado pela condensação de moléculas de α -glicose e eliminação de água. A maioria dos amidos é composto por 20 a 30% de amilose e de 70 a 80% amilopectina, sendo que, por exemplo, em média a batata e a mandioca possuem menor teor de amilose do que o milho e o trigo (Rechsteiner, 2009).

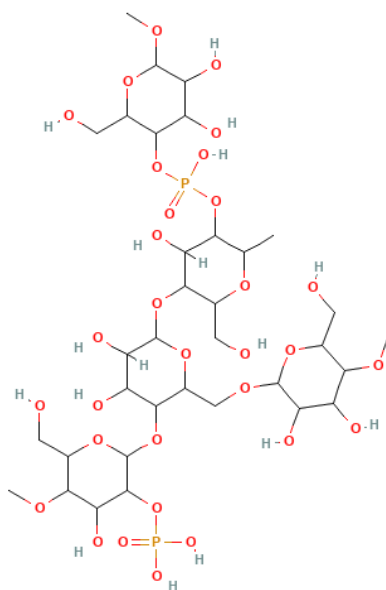
Após modificação do amido com reagentes químicos para a adição de grupos fosfatos, obtém-se o fosfato de diamido fosfatado, com sua molécula ilustrada na Figura 02. A estrutura do amido nativo sofre duas modificações, uma de esterificação na qual perde um átomo de hidrogênio e há a entrada do grupo de fósforo em seu lugar. E simultaneamente, uma reação de reticulação, ou *crosslink*, no qual os grupamentos OH perdem os seus hidrogênios e ambos são substituídos pelos grupamentos de fósforo, formando ligações cruzadas entre cadeias vizinhas de glicose.

Figura 01 - Estruturas dos compostos que formam a macromolécula do amido



Fonte: Wikimedia Commons, 2022.

Figura 02 - Estrutura química do amido após modificação por fosfatação.



Fonte: PubChem, 2022.

Nos amidos modificados por fosfatação o grau de fosfatação determina fatores importantes em relação às suas propriedades físico-químicas. Os diferentes graus de fosfatação e formas químicas dos ésteres de fosfato podem conferir diferentes funcionalidades ao amido fosfatado. Além disso, fosfatos de amido diéster garantem pastas mais estáveis ao calor, a ácidos e ao cisalhamento (DEL BEM, et. al, 2016). Vale salientar que, o amido modificado quimicamente é considerado um aditivo em alimentos e, segundo *CODEX ALIMENTARIUS* (2014), a massa de fósforo não pode ser superior a 0,4 %.

Outros parâmetros como teor de fósforo, teor de amilose, forma dos grânulos, propriedades de pasta e térmicas para a aplicabilidade do amido modificado, mostraram-se significativamente melhores para o amido da mandioca em relação aos demais amidos analisados. Quanto ao teor de fósforo para o amido de mandioca, por exemplo, resultou em um aumento significativo de fósforo incorporado ao amido após um menor tempo de reação, com isso, após fosfatação houve também, uma maior redução no teor de amilose para o amido de mandioca dentre os demais, visto que o teor de amilose interfere na pastagem e propriedades térmicas, potência de inchaço, solubilidade e suscetibilidade enzimática (LEONEL, 2021).

Sabe-se também que, a forma e tamanho dos grânulos de amido estão entre as características mais importantes na determinação da funcionalidade do amido. Analisando o amido de mandioca modificado, verifica-se um rápido aumento da potência de inchaço, além disso, nos amidos com ligações cruzadas, a repulsão entre as moléculas de amido adjacentes causadas por grupos de fosfato puderam aumentar o nível de grânulos hidratados e inchados do amido. Para as propriedades de pasta, o amido de mandioca tem tendência a declinar, ou seja, diminuir o pico de viscosidade e a quebra nos tempos de reação mais longos, indicando que a modificação fortaleceu os grânulos inchados contra a quebra sob alta temperatura. Uma viscosidade de menor retrocesso pode ser influenciada por uma melhor retenção de água dentro dos grânulos de amido de gel armazenados a frio pelos grupos de fosfato incorporados.

2.1.1 Forma de comercialização do produto

O Fosfato de diamido fosfatado será comercializado na forma de pó, empacotado em sacos de 25 kg de polietileno de baixa densidade leitoso e será destinado à venda por atacado.

2.2 ANÁLISE DE MERCADO

Segundo Silva (2001), o mercado de amidos vem crescendo e se aperfeiçoando nos últimos anos, levando à busca de produtos com características específicas que atendam às exigências da indústria. A produção de amidos modificados é uma alternativa que vem sendo desenvolvida há algum tempo com o objetivo de superar uma ou mais limitações dos amidos nativos, e assim, aumentar a utilidade deste polímero nas aplicações industriais.

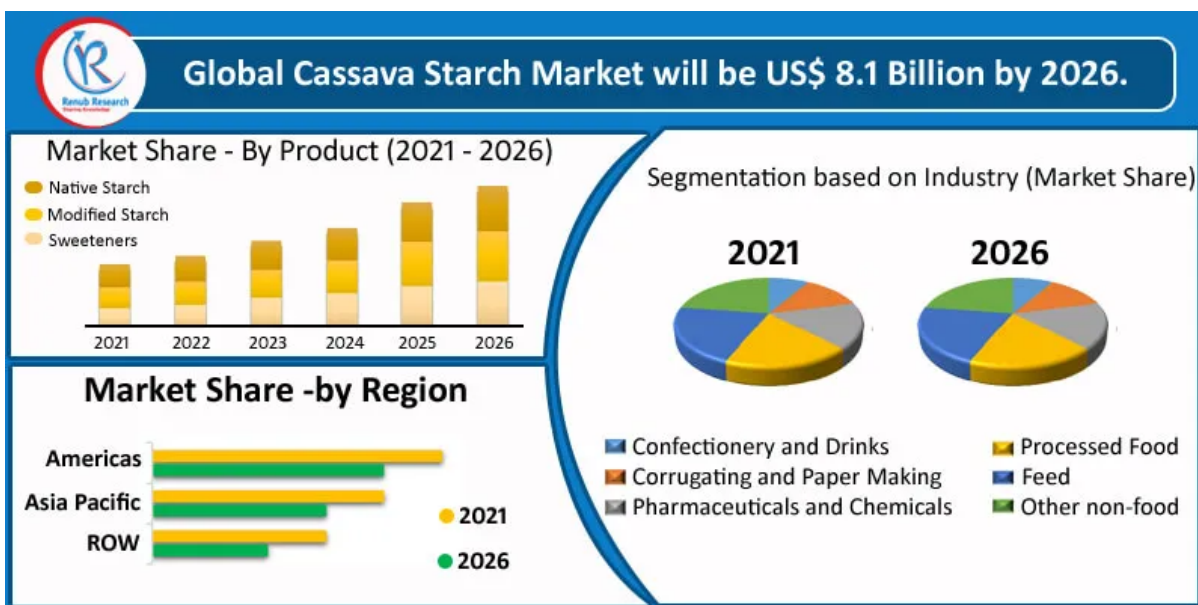
Quanto ao mercado consumidor, os amidos modificados têm grande importância na indústria de alimentos, sendo empregados principalmente como espessantes e/ou

estabilizantes. Vários outros alimentos industrializados, como maioneses, ketchups e molhos em geral contêm em suas formulações amidos modificados e ou amido nativo. O mercado para a venda do amido restante está na indústria de cola, papel, tecido, álcool, bioplástico, entre outros.

Por razões de que o mercado de amido modificado ainda é muito recente no Brasil, uma estimativa para a demanda do produto foi feita a partir de valores encontrados para o mercado de amido nativo. Segundo o CEPEA (2019), em 2018 foram produzidas 536,6 mil toneladas de fécula de mandioca no Brasil, movimentando aproximadamente R\$1,3 bilhão, sendo este valor 7% maior do que o do último ano. Já em 2021, esse valor deve ter sido muito maior, pois é um mercado em constante crescimento.

Considerando-se que aproximadamente um terço da produção de amidos nativos foi destinada à indústria de amido modificado, estimou-se que, em 2018, a indústria de amido modificado, a partir da mandioca, tenha movimentado aproximadamente R\$1,6 bilhão, com um valor de R\$6.100,00 por tonelada. Levou-se em conta as proporções demonstradas na Figura 03, como menciona Renub Research.

Figura 03 - Previsão para o mercado global de amido modificado



Fonte: Renub Research, 2021.

Tendo em vista os dados apresentados anteriormente, destaca-se que, por causa da presente ascensão do mercado de amidos modificados, os valores encontrados são apenas

estimativas do valor real, pois os dados de mercado para este setor são muito restritos, assim como, empresas do ramo, por questões estratégicas, não costumam divulgar seus dados.

2.3 CAPACIDADE DE PRODUÇÃO

Conforme o rendimento informado por EMBRAPA (2003), para a obtenção do amido nativo a partir da mandioca, que pode abranger valores de 16 a 32%, considera-se um rendimento médio estimado de 24% e tendo em vista o valor total processado de amido de mandioca no Brasil, em 2018, de 536,6 mil toneladas, obtém-se o valor de processamento de mandioca próximo a 2.235.000 toneladas. Considerando que a empresa visa a transformação de 4% da quantidade de mandioca processada em amido modificado, resulta em um processamento de aproximadamente 89.433 toneladas de mandioca por ano. Para a conversão do amido nativo a fosfato de diamido fosfato, espera-se um rendimento de aproximadamente 60%. Ao se considerar as especificações citadas, pretende-se obter em torno de 20.390 toneladas de produto por ano, sendo esse valor aproximadamente 3,80% do valor processado de amido.

2.4 MODELO DE NEGÓCIO PARA COMERCIALIZAÇÃO DO PRODUTO









De acordo com o artigo “Como construir um modelo de negócio para sua empresa” (SEBRAE, 2021), o modelo de negócio, conhecido também como Canvas, é o instrumento ideal para o início de um empreendimento. O Canvas permite concentrar as principais necessidades para o funcionamento da empresa, que, de acordo com o criador da ferramenta, são nove, englobando desde custos e propostas de valores, até parcerias e segmentos de clientes, organizados em um quadro de blocos. A fim de organizar e resumir as ideias da empresa, realizou-se o quadro Canvas, demonstrado na Figura 04, objetivando uma boa relação entre empreendedores, transportadores e clientes visando o funcionamento ideal para a empresa.

2.4.1 Proposta de valor

A proposta de valor é a do amido nativo a partir da mandioca, e a fosfatação deste, obtendo fosfato de diamido fosfatado, visando as características obtidas pelo aumento do grau de fosfatação. Visa-se a obtenção de um produto diferenciado, de maior qualidade e menor

custo, quando comparado a produtos concorrentes. Os amidos modificados ainda são pouco difundidos no mercado brasileiro, porém são grandes alternativas quando busca-se um produto final de maior qualidade.

Figura 04 - Modelo Canvas do empreendimento

<p> PARCERIAS PRINCIPAIS</p> <p>Fornecedores de matéria prima</p> <p>Assistência técnica</p> <p>Laboratório de análises</p> <p>Transporte</p>	<p> ATIVIDADES PRINCIPAIS</p> <p>Obtenção de amido a partir da matéria prima</p> <p>Modificação do amido</p> <p>Distribuição</p> <hr/> <p> RECURSOS PRINCIPAIS</p> <p>Matéria prima, energia, equipamentos e planta industrial</p> <p>Mão de obra qualificada, capital para manutenção e investimentos</p>	<p> PROPOSTA DE VALOR</p> <p>Produzir amido fosfatado a partir da mandioca</p> <p>Entregar ao mercado um produto com maior qualidade e menor custo, buscando a satisfação dos clientes</p>	<p> RELACIONAMENTO COM CLIENTES</p> <p>Site e redes sociais</p> <p>Proximidade aos clientes</p> <hr/> <p> CANAIS</p> <p>Telefone e site</p> <p>Representantes comerciais</p> <p>SAC</p>	<p> SEGMENTO DE CLIENTES</p> <p>Indústrias de sorvete e outros congelados que produzem utilizando o amido fosfatado como substituto de gordura.</p> <p>Indústrias de iogurtes, pudins e outros produtos resfriados</p>
<p> ESTRUTURA DE CUSTOS</p> <p>Distribuição, folha salarial, impostos, marketing, manutenção, matéria-prima, outros insumos e manutenções.</p>		<p> FONTES DE RECEITA</p> <p>Venda do amido fosfatado</p> <p>Venda da manipueira tratada e sobras para a alimentação animal</p>		

Fonte: Autores, 2022.

2.4.2 Relacionamento com clientes

Quanto ao tópico de relacionamento com clientes, visa-se a criação de um site e perfis nas redes sociais, apresentando o produto a novos clientes, com a devida divulgação. A proximidade aos clientes consiste no interesse da empresa de tratar os clientes como amigos, mantendo sempre um ambiente saudável.

2.4.3 Canais de comunicação

A internet será utilizada para atualizações no site, envio e recebimento de e-mails comunicando-se com parceiros e alguns clientes. O Serviço de Atendimento ao Consumidor (SAC) será feito pelo telefone e formulários online, visando sanar quaisquer dúvidas e resolver possíveis problemas enfrentados pelo cliente. Sugere-se também o estabelecimento de representantes comerciais, aumentando a propagação dos ideais da empresa.

2.4.4 Segmento de clientes

O foco principal da empresa é a destinação do fosfato de diamido fosfatado para o mercado de alimentos congelados e resfriados, também encaminhando partes para a produção de produtos com baixo teor de gordura.

2.4.5 Fontes de receita

A empresa tem como fontes de receita a venda do fosfato de diamido fosfatado.

2.4.6 Atividades principais

O processamento da mandioca, obtendo o amido nativo e após, o diamido de fosfato é a atividade principal, visando, após, a distribuição.

2.4.7 Parcerias principais

As parcerias principais da empresa consistem em agricultores fornecedores de matéria prima, assistência técnica, laboratório de análises, visando garantir a qualidade do produto, mantendo-o dentro das especificações necessárias. O setor de transporte também é necessário como parceiro, visto que ele é o que garante que o produto chegue ao consumidor.

2.4.8 Recursos principais

Como recursos principais tem-se: obtenção da matéria prima e reagentes, que servem como base para todo o processo, é necessário também englobar os gastos com a planta industrial e os equipamentos necessários e o custeamento de energia elétrica para o funcionamento do processo. Outros fatores que necessitam de recursos são as manutenções, a mão de obra qualificada e possíveis investimentos.

2.4.9 Estrutura de custos

A estrutura de custos da empresa consiste em todos os custos citados no tópico de recursos principais, considerando ainda, custos de marketing, visando a devida divulgação do

produto, distribuição e taxas de exportação, pagamento de impostos, assim como a folha salarial dos funcionários.

2.5 EXIGÊNCIAS LEGAIS

Preservar a saúde das pessoas, assim como o meio ambiente é indispensável ao implementar uma indústria. Isso implica o cumprimento das exigências legais relacionadas tanto ao controle de microorganismos, quanto ao meio ambiente.

2.5.1 Legislação para segurança microbiológica

Segundo o Ministério da Saúde (MS) e Secretaria de Vigilância Sanitária (SVS), Portaria N° 540, de 1997, evidencia-se que os amidos modificados quimicamente não são considerados aditivos alimentares, devendo ser mencionados na lista de ingredientes como amidos modificados. Quando utilizados pela indústria alimentar, deverão obedecer às especificações estabelecidas pelo *Food Chemical Codex* (última edição) e serem declarados na lista de ingredientes.

A Resolução RDC n° 12, de 2001, regulamenta os padrões microbiológicos para alimentos e condicionantes determinados para a operação. Os dados estão expostos na Tabela 01, na qual “n” representa o número de unidades a serem colhidas aleatoriamente de um mesmo lote e analisadas individualmente, “m” é o limite que, em um plano de três classes, separa o lote aceitável do produto ou lote com qualidade intermediária aceitável, “M” é o limite que, em plano de duas classes, separa o produto aceitável do inaceitável. Em um plano de três classes, M separa o lote com qualidade intermediária aceitável do lote inaceitável, com valores acima de M sendo inaceitáveis e “c” é o número máximo aceitável de unidades de amostras com contagens entre os limites de m e M (plano de três classes). Nos casos em que o padrão microbiológico seja expresso por "ausência", é igual a zero, aplica-se o plano de duas classes.

Tabela 01 - Tolerância de microorganismos para amostras de amidos

GRUPO DE ALIMENTOS	MICRORGANISMO	Tolerância para Amostra INDICATIVA	TOLERÂNCIA PARA AMOSTRA REPRESENTATIVA			
			n	c	m	M
a) amidos, farinhas, féculas e fubá, em pó ou flocados	B.cereus/g	3x10 ³	5	2	10 ²	3x10 ³
	Coliformes a 45°C/g	10 ²	5	2	10	10 ²
	Salmonella sp/25g	Aus	5	0	Aus	-

Fonte: Ministério da Saúde, 2001.

2.5.2 Legislação ambiental

Conforme a Resolução CONAMA Nº 237, de 1997, todo o empreendimento mencionado deve possuir licenciamento ambiental, o qual também permite a fiscalização e acompanhamento posterior pelos órgãos ambientais, por razão da utilização de recursos naturais, também checando potenciais poluidores. O empreendedor deve buscar licenciar junto ao órgão fiscalizador. Assim como, o poder público expedirá as seguintes licenças:

I - Licença Prévia (LP) - concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação;

II - Licença de Instalação (LI) - autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante;

III - Licença de Operação (LO) - autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental.

O órgão ambiental responsável pelas atividades relacionadas ao licenciamento ambiental em âmbito nacional é o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). No entanto, quando as atividades apresentam impacto

regional é responsabilidade dos estados licenciarem as atividades como atribui a Lei Federal 6.938/81.

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 430, de 13 de maio de 2011, dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos d'água receptores. O gerenciamento de efluentes líquidos provenientes das atividades industriais objetiva à redução da carga orgânica e inorgânica de modo a atender às especificações do CONAMA. Destaca-se para esta lei as condições que permitem o efluente ser lançado no corpo receptor. Os principais parâmetros são: pH entre 5 e 7, temperatura inferior a 40°C (sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C), ausência de materiais flutuantes, materiais sedimentáveis até 1 mL/L, remoção mínima de 60% da Demanda Bioquímica de Oxigênio, DBO e valores máximos de padrões para parâmetros inorgânicos constam na Resolução. A toxicidade dos efluentes deve ser avaliada e tratada conforme os parâmetros ambientais estipulados pelo órgão responsável.

O gerenciamento de resíduos representa quantificar, classificar, indicar maneiras corretas para separação e identificação da origem dos resíduos gerados por unidade, área ou setor industrial. Almejando-se o gerenciamento, logo, é necessário implantar a NBR 10.004/04, dentro da Norma ISO 14001/2015. Desta maneira, desejando a certificação na ISO 14001/2015 é necessário estabelecer no processo uma etapa de classificação de seus resíduos dentro da implementação do Sistema de Gestão Ambiental. VGResíduos (2018) salienta que o processo para a certificação ISO 14001/2015 engloba cinco etapas, sendo elas:

- a) solicitar o registro;
- b) análise do local;
- c) revisar a documentação do Sistema de Gestão Ambiental;
- d) auditoria ISO 14001/2015;
- e) certificação.

2.6. MATÉRIAS-PRIMAS E INSUMOS

2.6.1 Mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta*), também muito conhecida pelos nomes de aipim e macaxeira, é uma planta tuberosa, natural da América do Sul, que hoje está espalhada pelo

mundo e é produzida em mais de 100 países. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de mandioca, participando com 12,7% da produção mundial (EMBRAPA, s.d.). Segundo o IBGE (2021), a produção nacional de raízes de mandioca em 2020 foi de aproximadamente 19 milhões de toneladas.

A mandioca é uma planta rústica, que pode ser cultivada nos climas tropicais e subtropicais, pois tem um bom desenvolvimento sob exposição direta ao sol e é tolerante a longos períodos de estiagem. Além da raiz, as folhas, que são ricas em proteínas, também são consumidas em diversos lugares do mundo (COELHO, 2018). De acordo com a toxicidade da raiz, a mandioca é classificada em “mansa” ou “brava”. O grau de toxicidade da mandioca está relacionada a concentração de ácido cianídrico (HCN) nas raízes, quando este se encontra com teor inferior a 50 mg a cada quilograma de raiz, está mandioca é classificada como mansa e própria para o consumo humano sem necessitar de processamento, quando o teor de HCN é superior a 50 mg/kg de raiz é necessário processamento que envolva desidratação, pois o HCN, que é volátil, é liberado junto com a água (EMBRAPA, s.d.).

De fácil adaptação, cultivada em todos os estados brasileiros, situando-se entre os oito primeiros produtos agrícolas do país, em termos de área cultivada, e o sexto em valor de produção, com uma produtividade de 21.841,85 kg/ha de mandioca colhida (EMBRAPA, 2018). A mandioca é plantada normalmente no início ou no final da estação chuvosa, e devido a grande extensão do Brasil o plantio é realizado em diferentes épocas do ano de acordo com a região, o que garante uma alta disponibilidade das raízes durante o ano no país. O ciclo das cultivares varia entre 10 a 12 meses para colheita precoce, 14 a 16 meses para semi precoce e 18 a 20 meses para tardia (EMBRAPA, s.d.).

A mandioca apresenta elevado teor de amido (principal componente de massa seca, correspondendo aproximadamente a 80%), baixos teores de gorduras, proteínas e cinzas (KEARSLEY; TABIRI, 1979) e seu amido nativo possui boa resistência a retrogradação, baixa temperatura de pasta e baixa resistência ao atrito mecânico, favoráveis para a utilização em produtos do tipo refrigerados.

Quanto à localização da matéria-prima, a produção de mandioca está presente em diversas regiões do Brasil, sendo a região norte líder da produção de mandioca no Brasil (36,1% da safra nacional), seguida pela região nordeste que detém 25,1% da produção e pela região sul com 22,1% de participação. A região nordeste se manteve como a maior produtora de mandioca até a década de 2010, quando começou a perder essa posição para a região norte. As regiões Sudeste e Centro-Oeste detêm as menores produções, contribuindo, em 2017, com 10,9% e 5,8% da produção, respectivamente (EMBRAPA, 2017). A produção dos 5 maiores

produtores em ordem decrescente está apresentada na Tabela 02, que também relaciona o preço médio da tonelada da raiz em 12 meses. A série de preços usada para construir a média está no Apêndice A.

Tabela 02 - Maiores estados produtores de mandioca e suas respectivas produção e preço médio

Estado	Produção em 2020 (t) ^a	Preço médio por t (12 meses)
Pará	3.813.369	-
Paraná	3.474.295	R\$ 607,57
São Paulo	1.504.057	R\$ 570,85
Mato Grosso do Sul	906.533	R\$ 590,30
Amazonas	890.124	-

^aObtido do portal do IBGE. Acesso em 01 de maio de 2022.

Fonte: Autores, 2022.

2.7 REAGENTES DE MODIFICAÇÃO

A reação de modificação é feita com uma mistura de 9,9% trimetafosfato de sódio (STMP) e 0,1% tripolifosfato de sódio (STPP), na presença de 20% de sulfato de sódio, todos em relação a massa seca de amido. Os grupamentos fosfatos se conectam por ligação covalente às moléculas de amilose e amilopectina e sua presença é um importante fator na variação das propriedades funcionais dos amidos, incluindo a gelatinização e a retrogradação (BRUNI, 2016).

2.7.1 Tripolifosfato de sódio

Os tripolifosfatos são sais do ânion pentavalente, que se formam por tríplice condensação de agrupamentos PO_4 com perda de duas moléculas de água, caracterizando-se estruturalmente pelo encadeamento de ligações P-O-P-O-P e pela fórmula $Me_5P_3O_{10}$, sendo no caso o metal monovalente (Me) o sódio. O STPP é muito usado pela indústria alimentícia principalmente com a finalidade de reduzir a perda de água por proteínas durante o processamento (QUEIROZ, 2006).

O tripolifosfato de sódio é um pó fino, branco e inodoro, comercializado em sacos de 1 a 25 kg, são encontrados tanto de fabricação nacionais quanto importados. Adquirindo-se em maiores quantidades, como por tonelada, o valor do kg fica em torno de R\$ 6,00.

2.7.2 Trimetafosfato de sódio

O trimetafosfato de sódio é uma das substâncias mais utilizadas no mundo para promover modificações de ligação cruzada em amidos nativos, pois é pouco tóxico e altamente reativo (Woo e Seib, 1997). O trimetafosfato de sódio substitui os grupos hidroxila da molécula do amido por grupos fosfatos, o que dá propriedades aniônicas ao amido (Iurckevicz et al., 2017). O STMP é um pó branco que, ao ser adquirido em maiores quantidades, como por tonelada, o valor do kg fica em torno de R\$ 9,00.

2.7.3 Sulfato de sódio

O sulfato de sódio é um sal, disponibilizado em pó cristalino, branco e inodoro. Segundo Lim e Seib (1992), no caso da produção de amidos modificados, o sulfato de sódio é utilizado somente como facilitador do processo, permitindo a distribuição uniforme dos sais no amido, na etapa de impregnação. Segundo Seib (1999), o sulfato de sódio retarda a formação de gel durante a reação e aumenta a quantidade dos reagentes adsorvida pelos grânulos de amido. O preço do kg do sulfato de sódio, ao ser adquirido em maiores quantidades, como por tonelada, fica em torno de R\$ 5,00.

2.8 PREÇO DE COMERCIALIZAÇÃO

O preço de venda do produto foi estimado através da análise e comparação das tendências de preço do amido comum, visto que, o preço do amido modificado não pode ser muito superior ao nativo, apenas o suficiente considerando-se o processo aplicado para a modificação, neste caso a fosfatação. O valor estimado para o produto final foi de aproximadamente R\$12,00/kg, levando-se em consideração que o preço médio de mercado para o amido modificado de mandioca usado no processamento de alimentos refrigerados.

2.9 VIABILIDADE ECONÔMICA SIMPLIFICADA

A análise econômica e localização da empresa baseia-se em reunir informações sobre os clientes e fornecedores, comparando gastos com a matéria-prima principal do processo, valor agregado ao amido modificado de mandioca fosfatado que, por meio de cotações, preços de reagentes e alguns outros gastos relevantes, define-se o valor médio do produto a ser comercializado. O cálculo do lucro bruto anual da empresa será realizado em termos de produtividade e preço de comercialização. Dessa forma, a tabela a seguir demonstra os valores utilizados para a avaliação econômica preliminar com entrada, custo total e lucro da empresa:

Tabela 03 - Avaliação preliminar da viabilidade econômica

Entradas (R\$)	Custos Totais (R\$)	Lucro (R\$)
244.680.000,00	209.388.498,23	35.291.501,77

Fonte - Autores, 2021.

Para a formulação da Tabela 03, foram realizadas duas outras tabelas complementares, para melhor se visualizar as considerações para matéria-prima, reagentes e custos como carga tributária, incluindo as considerações de quantidade para os reagentes utilizados (20% para o sulfato de sódio, 1% para o trimetafosfato de sódio e 9,9% para o tripolifosfato de sódio), além da consideração de que de 1000 kg de mandioca, apenas 240 kg será de amido nativo. Na Tabela 04, os valores de consumo diário foram obtidos através de análise e comparação de preços do mercado por quilograma do produto, bem como os 260 dias trabalhados no ano. Na Tabela 05, verifica-se os custos totais, identificando individualmente cada despesa e considerando 30% da carga tributária sobre o valor de receita bruta que a empresa obtiver.

A soma dos custos com matéria-prima, reagentes e uma carga tributária de 30% sobre a receita bruta para a produção do amido de mandioca modificado por fosfatação totalizou um valor de R\$209.388.498,23 por ano (Tabela 05), sendo o lucro líquido da venda do produto em questão de R\$35.291.501,77 ao ano. Assim o processo mostrou-se viável economicamente, já que o valor estimado de entradas foi de R\$244.680.000,00 por ano, bem superior aos gastos anuais da empresa, conforme demonstrado na Tabela 03.

Tabela 04 - Valor estimado para o consumo diário e anual de matéria-prima.

Matéria-Prima	Consumo Diário (Kg)	R\$/Kg	Valor Diário (R\$)	Valor Anual (R\$)
Mandioca (<i>Manihot esculenta</i>)	493.285,36	0,66	323.651,09	84.149.282,91
Tripolifosfato de sódio	11.720,46	6,00	70.322,76	18.283.917,99
Trimetafosfato de sódio	1.183,88	9,00	10.654,96	2.770.290,61
Sulfato de sódio	23.677,70	5,00	118.388,49	30.781.006,72

Fonte - Autores, 2021.

Tabela 05 - Custos totais.

Custos Totais	Valor Anual (R\$)
Mandioca (<i>Manihot esculenta</i>)	84.149.282,91
Tripolifosfato de sódio	18.283.917,99
Trimetafosfato de sódio	2.770.290,61
Sulfato de sódio	30.781.006,72
Carga Tributária	73.404.000,00
Total	209.388.498,23

Fonte - Autores, 2021.

3 DEFINIÇÕES DO PROCESSO

O processo será realizado em regime contínuo, com a etapa de modificação ocorrendo em batelada para reposição de reagentes, em modo transiente, onde o equipamento será carregado com toda a sua carga necessária (matéria-prima e reagentes) e ao fim da operação (reação química) serão removidos os produtos. A unidade industrial deverá operar por 24 horas diárias para atingir a produção desejada dentro dos 260 dias úteis de operação, considerando que a empresa irá operar de segunda a sexta. As horas necessárias para manutenção prévia e quebra de equipamentos, foram definidas como sendo 2 horas por dia, 1 hora durante o intervalo de almoço e 1 hora ao fim do expediente, não interferindo no tempo de operação, além de garantir que no momento em que a empresa estiver fechada, os equipamentos estejam limpos, sem risco de contaminação ou reações indesejadas por sobras de reagentes dentro dos tanques, evitando assim um possível desastre.

3.1 SELEÇÃO DA TECNOLOGIA

Amidos modificados podem ser produzidos a partir de diferentes rotas tecnológicas. O tópico seguinte objetiva apresentar as diferentes formas de se obter o fosfato de diamido fosfatado, analisando-se quais são as mais adequadas. O Fosfato de diamido fosfatado é obtido por meio da combinação dos processos de modificação para a obtenção do fosfato de monoamido e fosfato de diamido, sendo, respectivamente, obtidos por reação de esterificação e por reticulação.

3.1.1 Rotas para a obtenção do Fosfato de monoamido (esterificação)

O Fosfato de monoamido é obtido por reação de esterificação, na qual um grupo fosfato é inserido em um grupo hidroxila em uma subunidade de glicose na cadeia molecular do amido (RAMADAN, 2020). A esterificação pode ser feita utilizando ácido fosfórico, fosfato dipotássico ou dissódico, ou tripolifosfato de sódio (EFSA, 2017).

3.1.1.1 Modificação com Ácido fosfórico

O ácido fosfórico, H_3PO_4 , é um ácido inorgânico com uma vasta diversidade de aplicações. Além da fosfatação do amido através de uma reação de esterificação, ele é

utilizado em indústrias de outros tipos de aditivos alimentares, acidulantes, anticorrosivos, semicondutores, detergentes, fertilizantes e até solventes (CETESB, 2022). Apesar da grande aplicação, o ácido fosfórico pode ser muito perigoso e exige cuidados especiais, pois libera calor ao entrar em contato com a água, e com metais, gera gás hidrogênio inflamável. Também deve-se ter cuidado quanto a pele e os olhos, pois puro ele é corrosivo e é capaz de causar queimaduras (PUBCHEM, 2022).

3.1.1.2 Modificação com Fosfato dipotássico ou Fosfato dissódico

O fosfato de potássio dibásico (ou Fosfato dipotássico) é a forma dipotássica do ácido fosfórico, é um sal altamente solúvel em água, frequentemente usado como fertilizante e aditivo alimentar como fonte de fósforo e potássio, bem como agente tamponante. Praticamente inexistem informações na literatura sobre os amidos modificados com Fosfato dipotássico e/ou Fosfato dissódico, indicando que é uma rota pouco usada para a esterificação do amido.

3.1.1.3 Modificação com Tripolifosfato de sódio

Os tripolifosfatos são sais do ânion pentavalente, que se formam por tríplice condensação de agrupamentos PO_4 com perda de duas moléculas de água, caracterizando-se estruturalmente pelo encadeamento de ligações P-O-P-O-P e pela fórmula $Me_5P_3O_{10}$, sendo no caso o metal monovalente (Me) o sódio. (QUEIROZ, 2006). O tripolifosfato de sódio substitui um grupo hidroxila ligado a uma subunidade de glicose na cadeia molecular do amido por um grupo fosfato, realizando, assim, uma esterificação (Landerito, 2005).

3.1.2 Obtenção do Fosfato de diamido (Cross-link/Reticulação)

O Fosfato de diamido é obtido por reação de reticulação, nesse caso o grupo fosfato faz ligações cruzadas entre cadeias vizinhas de glicose. Esta modificação pode ser promovida com o uso de cloreto de fosforila ou trimetafosfato de sódio, em meio alcalino (EFSA, 2017).

3.1.2.1 Modificação com POCl_3

Uma das maneiras de obter o diamido fosfatado é por meio da reação com Oxiclureto de fósforo (Clureto de fosforila), POCl_3 , e o trimetafosfato de sódio. Porém, o manuseio e descarte do oxiclureto de fósforo deve ser feito com cuidado, pois ele reage violentamente com água formando ácido fosfórico e ácido clorídrico, o que é uma desvantagem para seu uso industrial. Além disso, o POCl_3 é corrosivo, tóxico por inalação e ingestão e pode provocar queimaduras (FERNANDES, 2016). O POCl_3 também está listado como precursor de armas na Convenção sobre Armas Químicas, por isso ele está incluído na lista de produtos controlados pelo Ministério do Exército, que fiscaliza a aquisição, importação e sua distribuição no Brasil, o que o torna um reagente de difícil acesso.

3.1.2.2 Modificação com trimetafosfato de sódio

Segundo Alfa Aesar (2015), o trimetafosfato de sódio (STMP), $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$, é utilizado como um agente fosforilante, desencadeando uma reação de ligações cruzadas. Ele possui uma vasta aplicação, podendo atuar como intermediário na obtenção do diamido fosfato nas indústrias alimentícias, bem como inibidor de corrosão e incrustação, agente de enchimento ou de finalização, entre outros. O manuseio, assim como o descarte do STMP, segundo PubChem (2022), deve ser feito com cautela, pois trata-se de um agente tóxico devido ao elevado teor de sódio e a alta alcalinidade. O STMP é o reagente ideal para a etapa de fosfatação por reticulação, por conta, principalmente do grau de periculosidade ao manusear o oxiclureto de fósforo, também por razão da facilidade de obtenção e preço ser muito mais baixo.

3.1.3 Condições para obtenção do Fosfato de diamido fosfatado com STPP e STMP

Há na literatura diversos estudos que analisam o impacto de diferentes concentrações dos reagentes STPP e STMP, teor de umidade, pH, temperatura, tempo de reação e agitação na obtenção do Fosfato de diamido fosfatado. Essas alterações influenciam na incorporação de fósforo no amido e por consequência traz ligeiras diferenças no comportamento do amido modificado sob diferentes condições.

3.1.3.1 Proporção dos reagentes

Seib (1999) analisou a influência de diferentes proporções de STPP e STMP na quantidade de fósforo incorporada no amido, para tal foram realizadas modificações em amido de trigo com 60% de umidade, com uma quantidade de reagentes de 10% em massa de amido seco, pH de 11,5 na temperatura de 45°C por 3 horas na presença de 10% de sulfato de sódio. Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 06 a seguir.

Tabela 06 - Fósforo incorporado variando proporção de reagentes.

STMP/STPP	P incorporado (%)
1/99	0,04
25/75	0,15
50/50	0,25
75/25	0,34
99/1	0,38

Fonte: Autores, 2022

Observa-se valores de incorporação de fósforo significativamente melhores quanto maior é a proporção do STMP na mistura, indicando que a concentração desse reagente exerce maior influência no rendimento da reação.

3.1.3.2 Concentração dos reagentes

Naturalmente maiores concentrações dos reagentes na mistura reacional geram uma maior incorporação de fósforo no amido, com isso em mente analisaram-se os resultados obtidos por diferentes ensaios relatados na bibliografia (Apêndice B) a fim de determinar entre esses resultados qual possuía as condições ideais para a reação de modificação do amido, condições essas que minimizam o consumo dos reagentes e maximizam o rendimento da reação. Sendo as condições escolhidas de 9,9% (base seca de amido) de STMP; 0,1% (base seca de amido) de STPP; 20% (base seca de amido) de Na₂SO₄; 60% de umidade do meio reacional; pH do meio reacional de 11,5 a 12,3; temperatura de reação de 70 °C; e tempo de reação de 30 minutos.

3.1.3.3 Teor de umidade

O teor de umidade é outro fator muito relevante para a reação de modificação por fosforilação, a reação pode ser promovida tanto por rota úmida ou rota semi-úmida (Seib, 1999). Os valores ótimos de umidade para a reação são acima de 60% para a rota úmida e 22-32% para a rota semi-úmida (Apêndice B). De acordo com Seib (1999), a rota úmida tem preferência, pois para a reação semi-úmida há um maior gasto de energia por necessitar de temperaturas mais altas, além de necessitar de uma etapa de secagem do amido após o ajuste do pH e antes da adição dos reagentes na forma de pó.

3.1.3.4 Influência do pH e da temperatura no tempo reação

Tanto Seib (1999) quanto Rechsteiner (2009) observaram uma maior incorporação de fósforo proveniente do STMP quanto mais alto o pH do meio, o que influencia diretamente o tempo necessário de reação. Nos ensaios realizados por Seib (1999) obtiveram-se tempos de reação inferiores a 1 hora para pH superior a 11 enquanto a reação chega até 12 horas para pH mais próximo a neutralidade (Apêndice B). Ambos autores não encontraram influência significativa do pH na incorporação de fósforo proveniente do STPP.

A incorporação de fósforo ocorre de maneira satisfatória com temperaturas entre 35 e 45°C, porém verificou-se uma grande aceleração na velocidade de reação ao usar temperaturas mais altas, podendo-se utilizar temperaturas de até 130°C. Porém, nas altas temperaturas não se tem tanto controle da reação o que pode resultar em um produto com um teor de fósforo acima do permitido na legislação, outra desvantagem é que para maiores temperaturas se necessita de maiores quantidades de sulfato de sódio para evitar a gelatinização do amido, em compensação foi observado que uma maior quantidade do sulfato de sódio acelera a reação (Apêndice B), pois aumenta a adsorção dos reagentes pelos grânulos de amido (Seib, 1999).

3.2 DEFINIÇÃO DA ROTA TECNOLÓGICA A SER EMPREGADA

Levando em consideração as possíveis rotas apresentadas anteriormente, selecionou-se a rota mais adequada para o processo em questão, a partir de critérios estabelecidos como: maior qualidade do produto obtido, a demanda e menor preço dos reagentes utilizados, além de redução nos impactos ambientais e no tempo necessário para se obter o produto nas

especificações desejadas. Desta forma a rota escolhida foi com o uso de STPP e STMP em meio básico com aquecimento até 70 °C.

Para promover a reação de esterificação, o STPP e para a reticulação, o STMP são os reagentes que se mostram mais adequados para o uso, pois além de apresentarem baixa toxicidade, não são corrosivos e/ou explosivos como outras opções disponíveis. Além disso, há inúmeros estudos realizados utilizando estes reagentes para a modificação do amido, fornecendo uma base bibliográfica muito vasta e um conhecimento mais aprofundado do processo. Quanto às quantidades dos reagentes a serem utilizadas, optou-se por utilizar 9,9% do STMP e 0,1% do STPP, pois a reação de reticulação tem uma maior influência nas propriedades do produto obtido. Além disso, uma maior concentração de STMP introduz uma maior quantidade de fósforo no amido em um menor tempo, como mencionado anteriormente na seção 3.1.3.1. Nas reações com STPP e STMP, um pH mais alcalino promove uma incorporação mais efetiva do fósforo no amido, resultando em tempos de reação significativamente menores, logo, conforme o apresentado na seção 3.1.3.4, a reação irá ocorrer em pH de 11,5, sendo aceitável que esteja até 12,3 no começo da reação, valores maiores podem resultar em um produto com teor de fósforo maior do que o esperado.

Nas condições estabelecidas, a temperatura que apresenta melhores resultados é a de 70°C, assim se atinge a incorporação de fósforo desejada em apenas 30 minutos de reação, sem que haja comprometimento da estrutura do amido pela ação térmica. Quanto ao sal, sulfato de sódio, optou-se de utilizar uma quantidade de 20%, em relação a massa seca de amido, para garantir que não ocorra gelatinização do amido durante a reação, dada a temperatura elevada da reação.

3.3 NECESSIDADES LABORATORIAIS

Para garantia da qualidade do produto final e da qualidade da matéria-prima utilizada, serão realizadas análises laboratoriais para o cumprimento das legislações relacionadas à matéria prima e ao produto. Para isso, o projeto contará com um laboratório de controle de qualidade que irá analisar o teor de amido na matéria prima obtida dos produtores locais e também a análise microbiológica e teor de fósforo no produto final.

3.3.1 Análise do teor de amido na matéria prima

O teor de amido na matéria prima será determinado pelo método da balança hidrostática, descrito por Grossman & Freitas (1950). Para aplicação do método deverá ser separada uma amostra de aproximadamente 5 kg de raízes de mandioca de cada carga recebida, na recepção da matéria prima, as raízes devem ser limpas e pesadas ainda com casca. Os materiais necessários para a determinação do amido são uma tela com cordas, balança de mão e um balde com água, se procede obtendo primeiro o peso exato da amostra (m_{am}) e depois o seu peso quando submersa em água (m_{subm}), assim é possível obter o teor de massa seca (MS) e o teor de amido (TA) por meio das Equações (1) e (2):

$$MS = 158,3 * \frac{m_{am}}{m_{am} - m_{subm}} - 142 \quad (1)$$

$$TA = MS - 4,65 \quad (2)$$

3.3.2 Análise do teor de fósforo no produto final

Para a determinação do teor de fósforo no amido modificado deve ser retirada de cada batelada produzida uma pequena amostra (de até 10 g) e encaminhada a um laboratório terceirizado. A técnica a ser empregada é do método colorimétrico por ácido vanadomolibdofosfórico descrito por Misson (1908) e modificado por Wongsagonsup et al. (2005). O tempo de realização da análise é de aproximadamente 12 horas, portanto o laboratório terá até 24 horas para envio dos resultados para a liberação do lote para expedição.

3.3.2.1 Análise do grau de substituição do amido modificado

O grau de substituição será um parâmetro usado para controle de qualidade dos diferentes lotes produzidos, a fim de avaliar a efetividade do processo e qualidade do produto final. A partir do teor de fósforo obtido pelo método do ácido vanadomolibdofosfórico, aplica-se a Equação 3 para se obter o grau de substituição do amido (DS).

$$DS_P = \frac{162P}{3100 - 103P} \quad (3)$$

Onde P é a porcentagem de fósforo encontrada, 162 g/mol a massa molar de anidroglicose, 31 g/mol o peso atômico do fósforo multiplicado por 100 e 103 g/mol a massa molar do fosfato substituinte.

3.3.3 Análise microbiológica no produto final

As análises microbiológicas são de extrema importância para garantir a qualidade e segurança do produto, as análises serão realizadas no laboratório de microbiologia da empresa e para liberação dos lotes para expedição estes deverão estar dentro dos limites estipulados pela legislação. De cada batelada deverá ser retirada uma amostra de 25 gramas a ser adicionada em frascos estéreis herméticos e imediatamente encaminhada ao laboratório de microbiologia. Para a contagem de *Bacillus cereus* será aplicado o método sugerido por Silva et al (2001) de plaqueamento em superfície utilizando o meio Mannitol-egg yolk-polymyxin (MYP).

Para a detecção da presença de *Salmonella* será utilizada a técnica qPCR1 a partir do kit “3M™ Molecular Detection Assay *Salmonella*”, disponibilizado no mercado pela 3M Health Care. E para a contagem de *Coliformes* irá se aplicar o método de Colilert e Colitag, conforme descrito por Marquezi (2010).

3.3.4 Análises físico-químicas no produto final

Análises físico-químicas serão realizadas periodicamente para o controle da qualidade do processo, essas análises contemplam o percentual de umidade e o pH do produto final. O percentual de umidade será obtido por secagem em estufa a 105 °C e a medição do pH será feita a leitura direta em pHmetro digital calibrado, ambas análises feitas conforme metodologia do IAL (2008).

3.3.5 Análises dos parâmetros dos efluentes para lançamento no rio

Para garantir o mínimo impacto ambiental possível, teremos um controle rígido dos parâmetros dos efluentes para sua liberação no rio adjacente à indústria. Os parâmetros a serem avaliados são temperatura, pH, materiais sedimentáveis e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). A temperatura e o pH serão determinados por medição direta em pHmetro digital calibrado, conforme metodologia do IAL (2008), materiais sedimentáveis serão

determinados por teste de uma hora em “cone imhoff” e a DBO será medida pelo método DBO5 manométrico com base na norma DIN EN 1899-1:1998.

3.4 LOCALIZAÇÃO DA UNIDADE

O Paraná foi responsável pela produção de, em média, 3.474.295 toneladas de mandioca, sendo aproximadamente 19,08% da produção nacional anual, e dessa manufatura as cidades próximas como Icaraíma, Umuarama, Maria Helena dominam a produção de mandioca (IBGE, 2020), pois a região do noroeste, possui um clima (subtropical úmido) e um solo mais arenoso (facilitando para que as raízes possam se desenvolver).

A AMIDIFIC que está sendo idealizada nesse projeto será localizada na cidade Maringá que fica a Noroeste do Paraná. A Figura 05 contém a imagem da localização de Maringá no mapa do estado do Paraná.

Figura 05 - Localização da cidade de Maringá no estado do Paraná



Fonte: Adaptado de Research Gate, 2022.

A cidade de Maringá localiza-se próximo a cidade de São Paulo, que possui muitas indústrias do ramo de refrigerados alimentícios, levando aproximadamente 11 horas e 25 min para chegar, e no trajeto até São Paulo, passa por cidades como (Presidente prudente, Bauru, Campinas, Jundiaí, Cajamar, Barueri, Guarulhos), onde o trajeto daria mais de $\frac{1}{3}$ (39) das 100

empresas de sorvete do Estado de São Paulo, segundo Econodata (2021). A Figura 06 mostra a localização da unidade industrial.

Destaca-se que o terreno é em formato de trapézio, tendo assim, 152 m de testada, 200 m de base menor e 390 m de base maior, contando com uma área de aproximadamente 45 mil metros quadrados. O lote é delimitado pela rodovia PR-317 e o rio Ribeirão Floriano.

Figura 06 - Localização da unidade industrial em Maringá



Fonte: Adaptado de Google Maps, 2022.

Segundo a Secretaria da Fazenda do Paraná, o estado, desde 2019 conta com uma série de incentivos fiscais, atraindo mais de R\$ 50 bilhões. Um exemplo disso foi a abertura do primeiro edital da redução do Imposto sobre Serviço (ISS) em 2019, feita pela prefeitura de Maringá.

3.5 CÁLCULO PRELIMINAR DAS ÁREAS

Para otimização da localização da indústria, realizou-se um cálculo preliminar das áreas para que se pudesse ter uma noção do tamanho do terreno que seria necessário para a instalação da mesma. A indústria possuirá uma área total de 1.295,69 m².

Para o cálculo preliminar das áreas, pensou-se em todos os equipamentos utilizados pela empresa e obteve-se um total de área estática (Ae) de 350,32m². Para o cálculo da área útil ou área de trabalho do operário, consideraram-se as entradas e saídas do processo para cada equipamento, multiplicando-as por suas áreas estáticas, resultando em um total da área de utilização (Au) de 775,85m². Por fim, calculou-se a área de circulação, somando-se ambas as áreas, estática e de utilização, para a obtenção de 1.126,17m². Considerou-se ainda um fator de correção K de 0,1, pois levou-se em consideração uma mecânica pesada com utilização de pontes rolantes para o manuseio de cargos (MARQUES, 1993). A partir daí, obteve-se o valor real para a área de circulação (Ac) de 112,62m². Sendo assim, a área total (At) do galpão de operação e maquinários é de 1.238,79m².

Vale ressaltar que os cálculos foram realizados para se ter uma noção do esperado para posterior projeção da planta em AutoCad. As outras áreas da empresa, como escritórios, banheiros, estacionamento, estoque, tratamento de efluentes, entre outros foram adicionados aos cálculos da empresa, obtendo-se por fim, uma área ocupacional de 39.975,70 m².

4 PROJETO DO PROCESSO

Os balanços de massa e de energia foram elaborados com base nos fenômenos relacionados às operações da produção do amido modificado. Foram especificados, em cada operação, as considerações empregadas para fins de cálculo, bem como os métodos termodinâmicos utilizados. Definindo-se os balanços, é possível dimensionar os equipamentos e as utilidades.

4.1 DIAGRAMA DE BLOCOS DO PROCESSO

O diagrama de blocos tem o objetivo demonstrar as principais operações, possibilitando uma visão ampla e simplificada do processo. Desta forma as etapas de produção do amido modificado da empresa podem ser visualizados na Figura 07.

O processo produtivo de obtenção do amido modificado terá início no recebimento da raiz de mandioca, oriunda de cidades próximas como Icaraíma, Umuarama, Maria Helena, que realizam a colheita da mesma. As raízes de mandioca *in natura* chegam em caminhões e são pesadas, e já seguem para a lavadora industrial, onde são lavadas e descascadas.

4.2 ESPECIFICAÇÕES DO PROCESSO

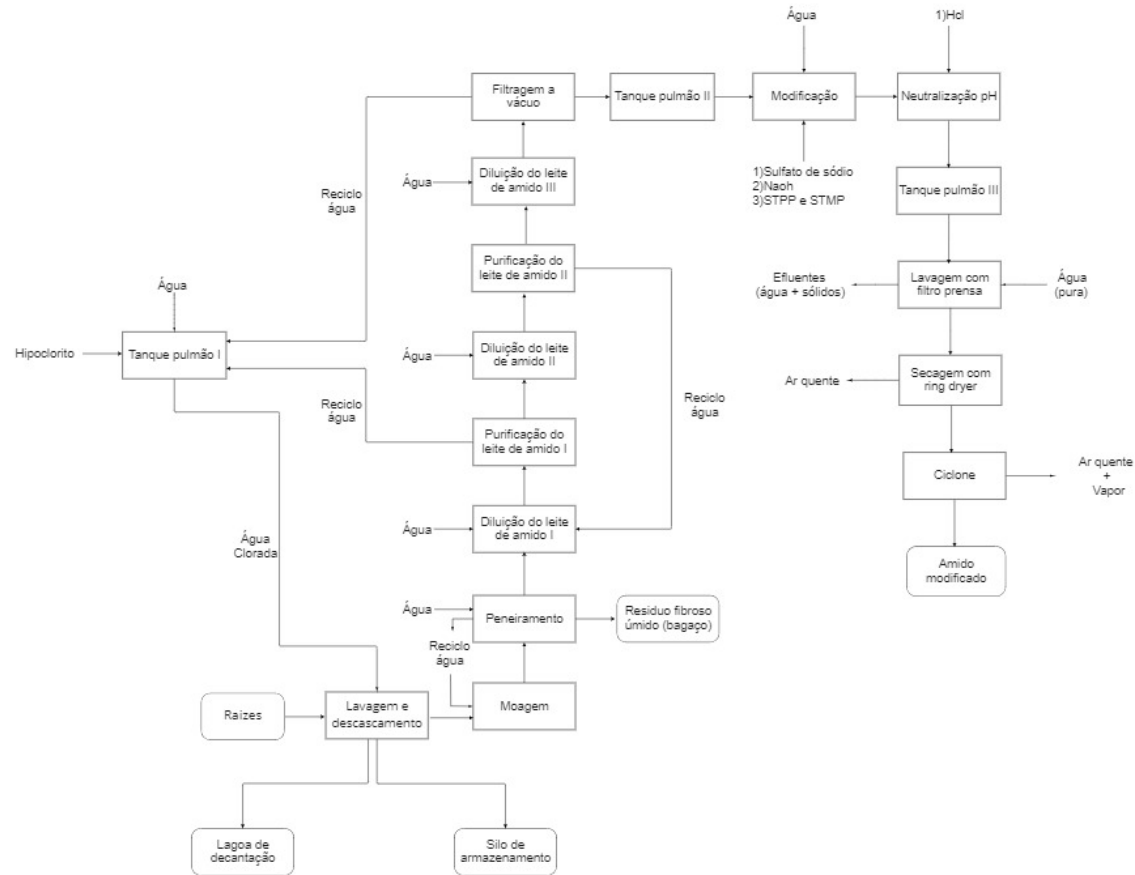
4.2.1 Recepção e armazenamento da matéria-prima e reagentes

4.2.1.1 Matéria-prima

A recepção da matéria-prima é feita através de uma balança para caminhões, sendo este o primeiro equipamento por onde a raiz de mandioca passa antes de ser processada. Na unidade industrial chegaram em torno de 12 caminhões por dia. Como a entrada de caminhões se dará nos 3 turnos, serão 4 caminhões em cada turno.

Analisando o processo, concluiu-se que o caminhão mais adequado para ser utilizado no processo de captação de matéria-prima será semireboque basculante graneleiro SR-BA-GR 45 m³ que tem capacidade de 45 toneladas, totalizando o transporte de 493,14 toneladas de raiz por dia, os cálculos estão disponíveis no Apêndice C. Salienta-se que o serviço de transporte será terceirizado com empresas especializadas no meio que possuam os caminhões adequados.

Figura 07 - Diagrama de blocos da produção de amido modificado



Fonte: Autores, 2022.

Após a pesagem, os caminhões irão realizar o descarregamento direto em uma esteira transportadora de mandioca Anexo B, que tem a função de auxiliar e direcionar a matéria prima para dar continuidade ao processo, que será a lavagem e descascamento em um lavador industrial.

4.2.1.1.1 Armazenamento das raízes de mandioca

As raízes ao serem recebidas na indústria devem ser diretamente alimentadas ao processamento. Porém, para evitar possíveis paradas na produção devido a períodos de chuvas, greves ou perdas no campo, serão armazenadas raízes de mandioca suficientes para manter uma semana de operação da planta.

De acordo com SENAR (2018), as raízes precisam ser armazenadas, pois se deterioram em até 36 horas em condições ambiente, podendo ser armazenadas por até 6 meses sem perda de qualidade. Para isso a indústria irá dispor de três câmaras frias de grande porte, construídas em alvenaria com isolamento de fibra de vidro. Conforme Apêndice D, foi estimado um volume de armazenamento de 2.044 m³ para as raízes, sendo que as câmaras frias terão uma área total de 510 m², com uma altura de 5 metros.

4.2.1.2 Reagentes

Os reagentes utilizados STPP e STMP, e também o sulfato de sódio serão recebidos em paletes com sacos de 25 kg e serão armazenados no almoxarifado até o momento de serem alimentados no processo, sendo que o sulfato de sódio e o STMP serão recebidos semanalmente e o STPP será recebido mensalmente.

4.2.1.3 Ácido clorídrico e hidróxido de sódio

As soluções concentradas de hidróxido de sódio e ácido clorídrico serão recebidas por caminhões tanque, sendo alimentadas nos tanques de armazenamento localizados no ambiente exterior do galpão industrial. Diariamente o técnico do laboratório irá fazer a diluição do ácido e da base, conforme as especificações do processo.

4.2.2 Lavagem e descascamento das mandiocas

4.2.2.1 Tanques pulmão (TP-201A e TP-201B)

Para o processo de lavagem e descascamento das mandiocas, optou-se pela utilização de correntes de reciclo provenientes da centrífuga C-201 e do filtro rotativo F-201, de modo a diminuir o consumo de água pelo processo, bem como a quantidade de efluente gerado. Para possibilitar o uso dessas correntes de reciclo elas são coletadas pelos tanques pulmão, que também recebem a água limpa necessária para completar o volume de água requerido no equipamento de lavagem das mandiocas. Além disso, é incorporada uma solução de hipoclorito de sódio à água de lavagem até atingir-se a concentração de 200 ppm de cloro ativo, que terá função de reduzir a carga microbiana das mandiocas na entrada do processo.

De acordo com o balanço de massa (consultar Apêndice D1), as vazões de reciclo da centrífuga e do filtro rotativo são de 34840,81 kg/h e 4933,39 kg/h, respectivamente. Além disso, ainda são necessários para a lavagem das mandiocas 21628,17 kg de água limpa por hora. Como o volume de água de lavagem utilizado por hora é grande, 61412,87 kg/h, definiu-se a utilização de dois tanques pulmão. Para atender a demanda de uso de água de lavagem, cada tanque precisa comportar 30,7 m³. Considerando um coeficiente de segurança de 15% ao volume calculado, a fim de evitar possíveis derramamentos, que poderiam resultar em perda de material. Optou-se pela utilização de dois tanques com capacidade de 35000 L cada, com 4,82 m de altura, 3,2 m de diâmetro, contendo 6 sapatas e 2 alças. A empresa fornecedora destes equipamentos é a Fibratec®, conforme os catálogos do Anexo G.

4.2.2.2 Lavagem e descascamento (DS-201)

A lavagem e o descascamento das raízes é feito através de um lavador industrial Apêndice D2 que lava e descasca simultaneamente as raízes com esguichos de água e pás raspadoras, o lavador adota princípios de lavagem em contracorrente. As raízes devem ser lavadas para eliminar a terra aderida a sua casca, evitando-se a presença de impurezas que prejudicam a qualidade do produto final (TECNOLOGIA. 2004).

Os cálculos para esse lavador industrial estão disponíveis no Apêndice D2. Ele conta com uma entrada de 61,41 t/h de água de lavagem (que vem dos tanques pulmão (TP-201A e B) composta por 21,63 t/h de água pura e 39,77 t/h de manipueira (proveniente dos reciclos), que é um líquido é altamente tóxico, que contém constituintes da raiz da mandioca como:

amido solúvel, que não foi transformado em amido sólido na extração da fécula, matéria orgânica originada da casca da mandioca, açúcares que não foram convertidos em amido e também o cianeto.

Após o término da operação as mandiocas já descascadas e limpas são mandadas a uma esteira transportadora que é utilizada na elevação e descida do produto. A mesma possui um sistema de taliscas que evita a queda do produto durante o transporte. As esteiras são laváveis e atóxicas que podem ser esterilizadas mesmo em operação e possuem certificado de aprovação de alimentos. Fabricado totalmente em aço inox, como pode ser visto no Anexo D. Com a lavagem e o descascamento também são gerados resíduos como as casquinhas e a manipueira, que serão abordados no item 4.3 resíduos.

4.2.3 Moagem

Já limpas e descascadas entram no moedor 15,67 t/h de mandioca, junto com 2,618 t/h de água que vem de uma corrente de reciclo que tem por objetivo ajustar a umidade da pasta e recuperar o amido que sai nessa corrente das peneiras, em um processo contínuo que processará um total 18,291 toneladas por hora de mandioca e água. Essa etapa consiste na fragmentação da mandioca a fim de reduzir o tamanho da partícula, conseqüentemente aumentando a área superficial da amostra, para liberar o amido que está dentro da mandioca e facilitar a etapa de extração do amido.

Após a saída do moedor 1, as mandiocas já cortadas entram no moedor 2, que tem apenas a função de diminuir ainda mais o tamanho das partículas de mandioca para formação da pasta, nesta trituração acontece a dissociação do amido com uma taxa superior a 98% segundo a fabricante Bosida. Os cálculos e o dimensionamento estão dispostos no Apêndice D3.

4.2.4 Purificação

4.2.4.1 Peneiras GL-1050 (P-201)

Após moagens, com o objetivo de extrair as féculas de mandioca, entram nas peneiras centrífugas extratoras cônicas horizontais GL-1050, 18.291,42 kg/h de raízes desintegradas juntamente de 25.221,26 kg/h de água limpa para a separação do bagaço e do leite de amido, cujas quantidades que saem destas correntes são de 12.478,52 kg/h e 28.415,95 kg/h

respectivamente. Além disso, existe uma corrente de saída de água que retorna ao processo (corrente de entrada no primeiro moedor) de 2.618,21 kg/h.

Esta série de três peneiras GL-1050 utilizadas, poderá suprir até 600 toneladas de mandioca por dia, visto que aproximadamente 500 toneladas serão processadas ao dia para a obtenção de amido modificado nesta etapa. Suas caixas são de aço inoxidável e utilizam uma potência de motor entre 37 a 55 kW. Além disso, pode operar durante uma semana sem paradas para limpeza e manutenção e seu sistema de retrolavagem é automático, constituído de um kit de lavagem de alta pressão que garante períodos operacionais mais longos e estáveis (LARSSON®, 2016). No Anexo AL encontram-se as especificações e imagens do equipamento.

Depois, as 28.415,95 kg/h de leite de amido que saem das peneiras GL-1050 são diluídas em um tanque agitador com 14.168,71 kg/h de leite de amido que retornam da segunda centrifugação para alimentar a centrifuga concentradora e também regular as oscilações da produção. Uma corrente de entrada de 7.861,78 kg/h também é acrescentada a este tanque, sendo a corrente de saída do mesmo de 50.446,45 kg/h do leite de amido.

4.2.4.2 Primeira diluição (TQ-201A e TQ-201B)

Esta etapa consiste na diluição da corrente C-10, que consiste no de leite de amido que sai das peneiras GL-1050 (P-201). Através deste procedimento, é possível evitar que a solução perca homogeneidade, dificultando as etapas seguintes.

Necessitam-se de dois tanques com capacidade de 35000 L, que de acordo com o catálogo do fornecedor, Fibratec®, apresentado no Anexo G tem 4,82 m de altura, 3,2 m de diâmetro, contém 6 sapatas e 2 alças, para comportar o volume máximo de 63058,05 L, considerando-se um coeficiente de segurança de 25%. Como estes tanques serão agitados, necessita-se de um motor com 10,84 W de potência para cada um dos tanques, e, assim, garantir uma boa homogeneização da mistura através da agitação.

4.2.4.3 Primeira Centrifugação (C-201)

Da primeira diluição, o leite de amido é encaminhado para a primeira centrifugação, onde inicia-se a purificação em separadores centrífugos de pratos, que são instalados em série. Aqui os 50.446,45 kg/h de leite de amido são retirados com 15.605,64 kg/h de leite de amido concentrado e uma outra corrente de saída de efluente que é destinada a etapa de lavagem e

descascamento no início do processo, sendo esta de 34.840,81 kg/h. As separadoras eliminam o leite de amido, tangencialmente pela base e axialmente, por cima, a água arrasta substâncias solúveis, como açúcares e material protéico. De acordo com as informações obtidas na ficha técnica da empresa ZK SEPARATION®, apresentadas no Anexo H, a primeira centrífuga utilizada será de modelo LW520 x 2150E de aço inoxidável duplex que levará em consideração um coeficiente de segurança de 25% do volume demandado nesta etapa e com potência de 55 a 75 kW, suportando um volume de 15 a 70 m³, mantendo uma margem de segurança considerável, visto que o volume demandado nesta seção é de 50 m³ em sua totalidade.

Antes de ir para a segunda purificação (C-202), o leite de amido é diluído com 7.855,96 kg/h de água e sai com uma corrente de 23.461,60 kg/h de leite de amido concentrado em direção a última purificação antes de entrar no filtro de vácuo rotativo. Nesta etapa, sai da segunda centrifugação a corrente com leite de amido com 9.292,89 kg/h além de uma corrente de efluente com 14.168,71 kg/h. Após a centrifugação as féculas são conduzidas ao filtro onde é retirada com 46,30% de umidade.

4.2.4.4 Segunda diluição (TQ-202)

Esta etapa consiste na diluição da corrente C-15, que consiste na diluição do de leite de amido que sai da primeira centrífuga (C-201). Através deste procedimento, é possível evitar que a solução perca homogeneidade, dificultando as etapas seguintes.

Necessita-se de um tanque com capacidade de 30000 L, que de acordo com o catálogo do fornecedor, Fibratec®, apresentado no Anexo G tem 4,59 m de altura, 3 m de diâmetro, contém 6 sapatas e 2 alças, para comportar o volume máximo de 29326,25 L, considerando-se um coeficiente de segurança de 25%. Como estes tanques serão agitados, necessita-se de um motor com 7,86 W de potência para cada um dos tanques, e, assim, garantir a diluição correta através da agitação.

4.2.4.5 Segunda Centrifugação (C-202)

Para a segunda purificação ou segunda centrifugação, também com especificações técnicas da empresa ZK SEPARATION®, apresentadas no Anexo H, será de modelo LW450 x 1845E de aço inoxidável duplex, com potência do motor de 30 a 37 kW e mesma consideração de um coeficiente de segurança de 25% do volume demandado nesta etapa,

suportando um volume de 10 a 40 m³ e mantendo a margem de segurança, visto que o volume demandado nesta seção será de 30 m³ em sua totalidade. Antes que a corrente de leite de amido concentrado seja encaminhada ao filtro de vácuo rotativo, o mesmo é diluído com 1.833,71 kg/h de água, sendo a sua corrente de saída de 11.126,60 kg/h.

4.2.4.6 Terceira diluição (TQ-203)

Esta etapa consiste na diluição da corrente C-19, que consiste no de leite de amido que sai da segunda centrífuga (C-202). Através deste procedimento, é possível evitar que a solução perca homogeneidade, dificultando as etapas seguintes.

Necessita-se de um tanque com capacidade de 15000 L, que de acordo com o catálogo do fornecedor, Fibratec®, apresentado no Anexo G tem 3,3 m de altura, 2,53 m de diâmetro, contém 4 sapatas e 2 alças, para comportar o volume máximo de 13907,5 L, considerando-se um coeficiente de segurança de 25%. Como este tanque será agitado, necessita-se de um motor com 3,29 W de potência, e, assim, garantir a diluição correta através da agitação.

4.2.4.7 Filtro Rotativo à Vácuo (F-201)

O filtro à vácuo rotativo será do modelo GL-32/60-60 com área de remoção de água de 60 m², potência do motor de 6 kW, cuja vazão suportada pelo equipamento é de até 12.000 kg/h, visto que a vazão demandada nesta seção será de 11.126,60 kg/h. Suas especificações quanto ao dimensionamento estão detalhados no Apêndice D11. Do filtro à vácuo rotativo, saem a suspensão do amido nativo com 6.193,11 kg/h mais uma corrente de água, efluente de 4.933,49 kg/h que é destinado aos tanques pulmão de armazenamento de reciclos para a lavagem (TP-201A e TP-201B).

4.2.5 Modificação

4.2.5.1 Tanque pulmão (TP-202)

Como os reatores operam em bateladas, faz-se necessária a utilização de um tanque pulmão para comportar a corrente de saída do filtro rotativo. Para atender a demanda das bateladas dos reatores, o tanque pulmão precisa comportar 21,86 m³. Considerando um coeficiente de segurança de 15% ao volume calculado, a fim de evitar possíveis

derramamentos, que poderiam resultar em perda de material. Optou-se pela utilização de um tanque com capacidade de 25000 L, com 5,29 m de altura e 2,53 m de diâmetro. A empresa fornecedora destes equipamentos é a Fibratec®, os catálogos estão expostos no Anexo G.

4.2.5.2 Tanques de diluição de hidróxido de sódio e ácido clorídrico (TQ-204 e TQ-205)

A solução de hidróxido de sódio 2 mol/L necessária para elevar o pH da reação até a faixa ideal é preparada em um tanque de 25 m³, modelo PEMTA da ETA SA (Anexo G) em aço inoxidável AISI 304, a solução será preparada uma vez por dia pelo(a) técnico(a) do laboratório a partir de 3200 L da solução concentrada de hidróxido de sódio (50% m/m) disponível no TQ-401 adicionada a 16.800 litros de água conforme balanço mássico do Apêndice D13. E a solução de ácido clorídrico 2 mol/L também será preparada uma vez ao dia, em um tanque de 20 m³ com a adição de 3100 litros da solução concentrada do ácido (37% m/m) advinda do TQ-402.

4.2.5.3 Reatores (R-201A e R-201B)

A modificação química do amido acontece em um reator tipo tanque agitado em aço inoxidável AISI 304 e encamisado, o modelo escolhido foi o PEMTA de 15 m³ da ETA SA (Anexo K). Para o processo ser mais dinâmico e produtivo, serão utilizados 2 tanques semelhantes que deverão ser operados de modo que o primeiro é alimentado e enquanto a reação ocorre o segundo tanque já é alimentado e irá promover a reação enquanto o primeiro é descarregado, limpo e novamente alimentado. Destaca-se que caso ocorram atrasos no processo que impossibilite de descarregar o reator ao final do tempo de reação, o ácido clorídrico deverá ser alimentado para neutralizar o pH do meio e cessar a reação até que possa ser feita a descarga. Foi estabelecido que a velocidade do impelidor deve ser maior que 60 e menor que 120 rpm para que se tenha uma agitação satisfatória, conforme descrito no Apêndice D14.

O amido nativo sai do filtro rotativo com com 46% de umidade e 0,03% de impurezas, passa por um tanque pulmão e é encaminhado ao reator. De acordo com o obtido nos balanços mássicos, a cada batelada são alimentados 6.193 kg de amido nativo e são necessários 3128,64 kg de água para elevar a fração de umidade até a faixa ideal para a reação. Após, é ativada a agitação e são alimentados 665,14 kg de sulfato de sódio em pó e 764,91 kg de solução de NaOH 2,0 molar, assim que se observar que a mistura no reator está

homogeneizada são adicionados os reagentes, em uma corrente que contém 3,33 kg de STPP e 329,24 kg de STMP, ambos sólidos. O aquecimento do tanque é ativado até que se alcance 70°C e então a mistura é mantida sob agitação em temperatura constante por 30 minutos. Ao fim do tempo, a reação é cessada pela adição de 665,14 kg da solução de HCl 2,0 molar.

4.2.6 Lavagem do amido modificado

4.2.6.1 Tanque pulmão (TP-203)

Como os filtros prensa, que são os equipamentos que realizam a etapa de lavagem do amido modificado, operam em bateladas, faz-se necessária a utilização de um tanque pulmão para comportar a corrente de saída do reator.

Para atender a demanda das bateladas dos filtros prensa, o tanque pulmão precisa comportar 28,41 m³. Considerando um coeficiente de segurança de 25% ao volume calculado, a fim de evitar possíveis derramamentos, que poderiam resultar em perda de material. Optou-se pela utilização de um tanque com capacidade de 35000 L, com 4,82 m de altura e 3,2 m de diâmetro. A empresa fornecedora destes equipamentos é a Fibratec®, conforme os catálogos do Anexo G.

4.2.6.2 Filtros prensa (FP-201A; FP-201B e FP-201C)

Após o término da reação é necessário lavar o amido modificado que está em suspensão, para remoção dos resíduos provenientes da modificação. A etapa de lavagem do amido modificado no filtro prensa consiste no bombeamento da suspensão de amido para dentro do filtro prensa até a formação de torta em todas as câmaras, após realiza-se a compressão dessas tortas e na sequência a água de lavagem é continuamente bombeada sobre as tortas até a total remoção dos resíduos. Depois da lavagem as tortas são comprimidas mais uma vez, para redução da umidade e depois descarregadas para a secagem no Flash Dryer.

O processo de lavagem do amido modificado será feito por bateladas em três filtros prensa modelo FPA-AR 1200 da marca Toro® (consultar Anexo N), que possuem uma vazão de torta de até 4445 L por batelada. De acordo com os resultados do balanço de massa (consultar Apêndice D16.1), para cada batelada nos filtros prensa são alimentados 9469,58 kg da suspensão de amido (62% de umidade) do tanque pulmão TP-203, também é alimentada a corrente de água limpa que irá lavar as tortas. Ao fim do processo de lavagem a torta de

amido é obtida com 38% de umidade e um teor de cinzas de 0,3%. Esse valor para o teor de cinzas é uma definição do processo, visando atender a especificação de composição máxima de fósforo no produto final de 0,4%. A corrente de efluente da lavagem do amido é destinada à estação de tratamento de efluentes.

4.2.7 Secagem em Flash Dryer (FD-201)

O ar entra no secador Flash Dryer pelo filtro, onde é limpo e aquecido até a temperatura de 180 °C. Em seguida, o ar quente limpo é misturado com o amido úmido, proveniente da saída dos filtros prensa, no tubo de pulso. No secador, o amido modificado úmido entra em contato com o ar quente a 170 °C, soprado por fortes ventiladores, através de radiadores, fazendo com que o amido seja seco por meio da troca de calor. A secagem ocorre em corrente paralela, para evitar o aquecimento excessivo das partículas de amido, que poderia gerar a gelatinização do produto. A recuperação do amido modificado seco é feita em ciclones, que abastecem a embaladora. Depois disso, o ar é descarregado pela porta de exaustão.

A secagem do amido úmido é feita no Flash Dryer modelo XSG-20 do fornecedor Dingli Group (consultar Anexo AH), que suporta uma taxa de evaporação de até 1500 kg de vapor/h, com uma vazão de ar de 28000 a 56500 m³/h, ocupando uma área de 150 m². De acordo com o balanço de massa (consultar Apêndice D17), o amido úmido entra no secador com uma vazão de 5041,22 kg/h e 38% de umidade e sai numa vazão de 3551,77 kg/h a 12% de umidade, tendo sido evaporados 1489,45 kg de água/h.

4.2.8 Embalagem

4.2.8.1 Ciclones (C-201A; C-201B; C-201C; C-201D; C-201E e C-201F)

Depois de seco, o amido modificado é coletado por um conjunto de seis ciclones do modelo 30-10 do fornecedor Donaldson Tori® (consultar Anexo AI), com capacidade vazão volumétrica de ar de 5096 a 7644 m³/h e velocidade de 19,4 a 29,1 m/s. Cada ciclone possui 1828 mm de altura e 762 mm de diâmetro. Pelo balanço de massa (consultar Apêndice D-18), o conjunto de ciclones tem capacidade para coletar 92% das partículas que entram, utilizando-se a velocidade ideal do ar de 23,8 m/s. Sendo assim, da vazão de entrada de amido

seco (3551,77 kg/h), são coletados 3267,63 kg/h que são dispensados na entrada da embaladora.

4.2.8.2 Embaladora (E-201)

A embalagem é a etapa final do processo. Depois que o amido modificado é coletado pelo conjunto de ciclones, o amido seco em pó é embalado em sacos plásticos de 25 kg pela embaladora modelo DCSP-25Z do fornecedor Chinatown Grain Machinery (consultar Anexo AJ), com 2,8 m de altura e 1,05 m de comprimento por 3 m de largura. A embaladora tem capacidade de empacotamento de 280 a 320 sacos/h. Os pacotes são acondicionados em paletes, que são transportados por empilhadeira até o estoque da expedição, sendo mantidos em local fresco e arejado, protegidos da luz.

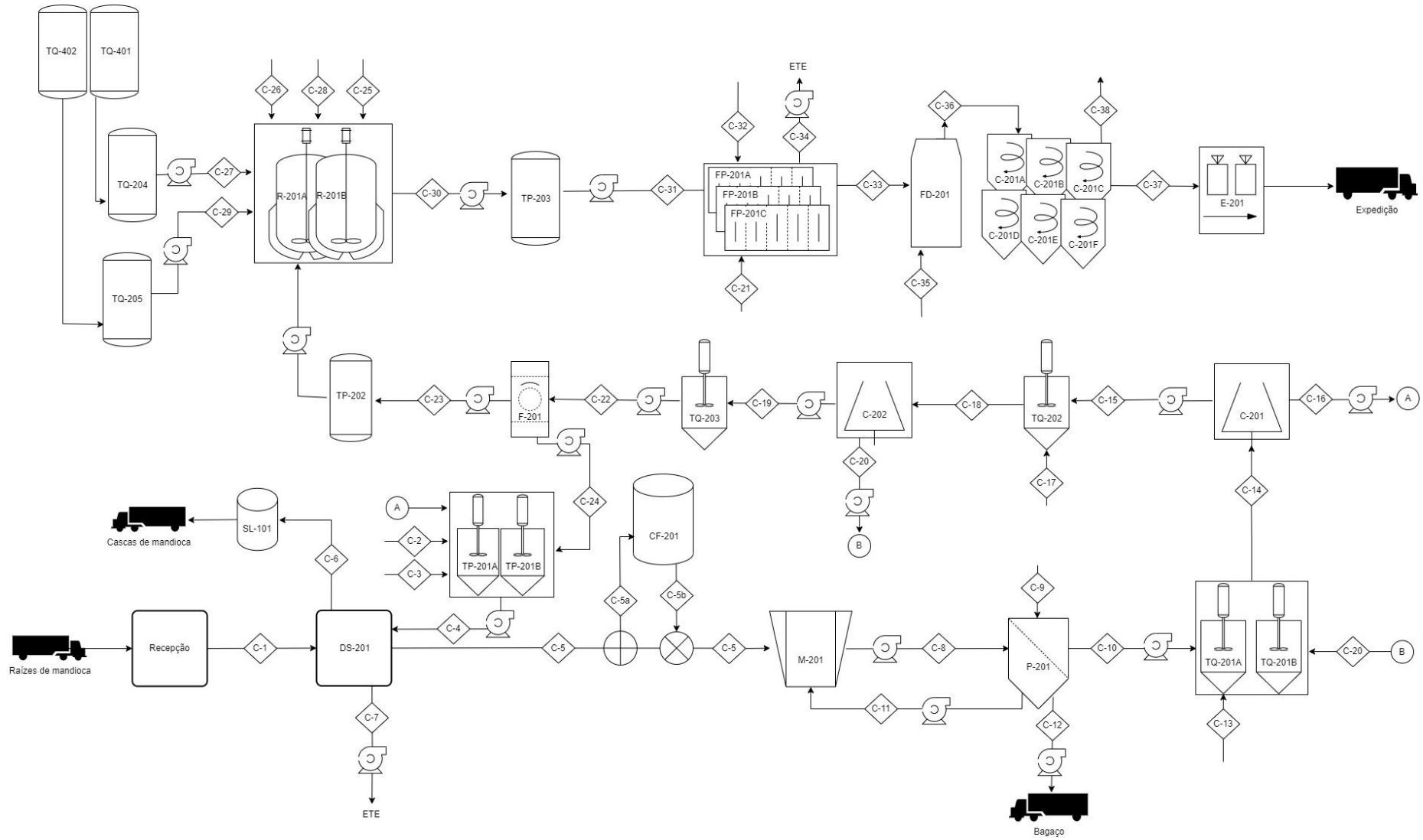
4.3 FLUXOGRAMA DO PROCESSO (PFD)

Na Figura 08 é apresentado o fluxograma do processo de obtenção do fosfato de diamido fosfatado, mostrando as interações entre os principais equipamentos e o fluxo da matéria pela indústria durante a agregação de valor. As nomenclaturas utilizadas foram definidas conforme a escrita na língua portuguesa, logo “C” refere-se às correntes, “SL” a silo, “DS” a descascadora, “TP” a tanque pulmão, “CF” a câmara fria, “M” a moedor, “P” a peneira, “TQ” a tanque, “C” a centrífuga, “F” a filtro rotativo, “R” a reator, “FP” a filtro prensa, “FD” a flash dryer e “E” a embaladora. O código numérico diz respeito à área 100 (da recepção das raízes) e 200 (produção do amido modificado), seguido pelo número que representa aquele equipamento e uma letra caso haja mais de um idêntico e com mesma função.

4.4 RESÍDUOS

Os resíduos do processo consistem na casca da mandioca (casquinha), manipueira e bagaço úmido e água de lavagem. A empresa pretende lidar com os resíduos de uma forma responsável, reduzindo a agressão ao meio ambiente, assim como tem a intenção de alternativas viáveis economicamente.

Figura 08 - Fluxograma do processo produtivo



Fonte: Autores, 2022

4.4.1 Cascas

As cascas providas do descascador DS-201, cerca de 904,06 kg/h de cascas, serão armazenadas em um silo SI-201. Os silos feitos de aço inox podem armazenar as cascas à umidade e temperatura ambientes durante 26 semanas sem decomposição significativa da casca de mandioca. Serão usados dois silos para a armazenagem das cascas, com formato cilíndrico com 16 metros de altura e 11,99 metros de diâmetro, com capacidade para armazenando das cascas referentes a 5 dias de processo.

As cascas serão doadas para agricultores pois é um resíduo com baixa quantidade de proteína e grande quantidade de fibra e energia, usadas principalmente na alimentação de animais para engorda (ABRAHÃO et al., 2005) e como material orgânico, a casca pode ser tratada convenientemente em um sistema de compostagem e transformada em adubo orgânico. Pode ser espalhado no terreno de plantio e incorporado ao solo durante a aração.

4.4.2 Manipueira

O sistema mais comum para o tratamento da manipueira, são lagoas construídas em sequências onde a parte sólida da mistura decanta, e vai para o fundo, com a ação do sol e de bactérias presentes no ambiente, os compostos orgânicos e tóxicos vão se degradando e a água mais limpa vai passando para outras lagoas, até alcançar o nível de pureza exigido pela legislação ambiente. Uma lagoa de manipueira de 5 mil m² pode gerar por ano uma poluição equivalente a 5 milhões de litros de gasolina, devido a liberação de gás metano (PORTAL DO AGRONEGÓCIO, 2015).

Então foi instalado sobre a primeira lagoa, um biodigestor (plástico de polietileno de alta densidade que recobre a lagoa), para reter todo o gás metano produzido pelo processo de degradação da matéria orgânica e fermentação, sendo o gás utilizado para suprir a maior parte da demanda de vapor do processo industrial. A manipueira será tratada através de lagoas de estabilização em série, sendo a água limpa resultante destinada ao rio próximo a indústria, com parâmetros de acordo com a legislação vigente. Pensando ainda mais em minimizar os impactos ambientais e diminuir a necessidade de tratamento da manipueira, parte dela pode ser destinada como complemento na alimentação de gado, servindo para combater pragas e doenças presentes no pasto que os alimenta (EMBRAPA, 2011).

Existe também a ideia de ampliar-se a conexão entre empresa e colaboradores, visto que os fornecedores/produtores da mandioca (matéria-prima), possam vir a precisar deste

resíduo para o tratamento de suas plantações ou alimentação de seus animais e, portanto, fornecido a eles gratuitamente.

Para a utilização da manipueira, a mesma deve ser submetida a uma fermentação anaeróbica, ou seja, deixando-se o líquido repousar por 15 dias em lagoas para que o ácido cianídrico, considerado venenoso, evapore e reste apenas manipueira pronta para servir de complemento alimentar para o gado (EMBRAPA, 2011). Caso necessário, a empresa se coloca à disposição para o dimensionamento de um tanque para o processo de fermentação, deixando apenas o transporte para encargo dos interessados.

4.4.3 Bagaço

O bagaço residual do processo é proveniente da etapa das peneiras extratoras, onde sai a uma vazão de 12478,51 kg/h, com teor de umidade de 84,7%, valor muito próximo ao de 85%, previsto no trabalho de Cereda (1998). Como a quantidade de bagaço é muito elevada e seu valor agregado é baixo, o processo de secagem deste é inviável para empresas de pequeno porte, assim como o armazenamento do resíduo com tal teor de umidade é impossível pois fermenta rapidamente (PEIXOTO; RESCH, 2018).

O bagaço de mandioca obtido industrialmente apresenta elevados teores de fibra alimentar total, solúvel e insolúvel e maiores teores de cinzas, tendo potencial para emprego pela indústria de alimentos (RONKO, 2020).

Considerando-se as informações citadas anteriormente, o bagaço residual será doado para pecuaristas pelo fato de que o processo de secagem do resíduo e posterior baixo preço de venda tornam a escolha da doação mais vantajosa economicamente, além de também excluir a necessidade de tratamento de resíduos se os mesmos fossem descartados.

4.5 LEAD TIME DO PROCESSO

O cálculo do tempo de foi realizado através de cálculos estimados, vez que o processo será contínuo em alguns equipamentos, e outros em batelada, o tempo de residência foi calculado através da vazão e de fórmulas apropriadas, para a esteira transportadora e tubulação, foi realizado através da velocidade.

Seguem as operações na ordem, onde o símbolo T significa o transporte e, O uma operação. O tempo necessário para iniciar completar a primeira batelada será de 3 horas e 37 minutos.

Quadro 01 - Tempo do processo

(continua)

Ordem	Símbolo	Descrição dos passos	Tempo (minutos)
1	T	Transporte de raízes	0,075
2	O	Lavagem e descascamento	15,000
3	T	Transporte de raízes	0,125
4	O	Moagem	0,014
5	T	Transporte bomba	0,023
6	O	Peneiramento	2,040
7	T	Transporte bomba	0,059
8	O	Diluição do leite de amido	7,140
9	T	Transporte bomba	0,050
10	O	Purificação do leite de amido	2,040
11	T	Transporte bomba	0,019
12	O	Diluição do leite de amido 2	7,140
13	T	Transporte bomba	0,021
14	O	Purificação do leite de amido 2	2,040
15	T	Transporte bomba	0,062
16	O	Diluição do leite de amido 3	7,140
17	T	Transporte bomba	0,019
18	O	Filtragem a vácuo	5,340
19	T	Transporte bomba	0,016
20	O	Tanque pulmão	0,051
21	T	Transporte bomba	0,016

(conclusão)

20	O	Reação	30,000
21	T	Transporte bomba	0,034
22	O	Tanque pulmão	0,051
23	T	Transporte bomba	0,031
24	O	Filtro prensa	144,000
25	T	Transporte bomba	0,087
26	O	Secagem	0,050
TOTAL (min)			222,700

Fonte: Autores, 2022.

4.5.1 Esteira transportadora

O cálculo do tempo das 3 esteiras transportadoras foi realizado através da velocidade da mesma, que é de 40 m/min. As esteiras transportadoras têm tamanhos de 3, 5, 9 metros, sendo assim o tempo utilizado pelas três é de 0,465 min.

Tabela 07 - Tempo das esteiras transportadoras

Velocidade da esteira	Distância da esteira	Tempo
(m/min)	(m)	(min)
40	3	0,075
40	5	0,125
40	9	0,225

Fonte: Autores, 2022.

4.5.2 Tubulações

O cálculo do tempo que as tubulações levam para transportar, foi realizado através da velocidade da bomba, que é de 150 m/min.

Tabela 08 - Tempo das tubulações

Velocidade da bomba (m/min)	Distância da tubulação (m)	Tempo (min)
150	3,43	0,023
150	8,82	0,059
150	7,53	0,050
150	2,79	0,019
150	3,1	0,021
150	9,3	0,062
150	2,81	0,019
150	4,82	0,032
150	5,06	0,034
150	4,64	0,031
150	13,03	0,087

Fonte: Autores, 2022.

4.5.3 Lavador e descascador

Para o lavador industrial o tempo estimado será de 15 minutos, que é o necessário para realizar a sanitização, segundo Use of sanitizants on the reduce of microbial rate of cassava minimally processed.

4.5.4 Moinho

O cálculo da massa que entra no moinho utilizou-se a vazão de entrada pelo tempo, foi encontrado um tempo de 0.014 min, os cálculos estão disponíveis no Apêndice E.

4.5.5 Tanques agitadores

O tempo de residência de uma partícula no tanque agitador de pás planas, foi de 7,14 min. Como o número de rotação e o número da potência são constantes, e o diâmetro do

agitador e o diâmetro do tanque são proporcionais, utilizará o mesmo tempo para os 3 tanques onde o tempo ficará 21,42 min, e está disponível no Apêndice E.

4.5.6 Centrífugas

O cálculo do tempo de residência na centrífuga foi realizado com o volume de líquido do tambor da centrífuga dividido pela vazão volumétrica da alimentação, o tempo encontrado foi de 2.04 minutos, como serão três centrífugas igual o tempo ficará de 6.16 minutos, e está disponível no Apêndice E

4.5.7 Filtro a vácuo

O tempo de residência do filtro a vácuo estimado a partir de um filtro da Grabe equipamentos industriais será de 5,34 minutos.

4.5.7 Reator

O tempo de residência de cada reator será de 30 minutos, segundo Seib (1999), e o tempo de carga e descarga será entre uma batelada e outra.

4.5.8 Filtro prensa

Como a vazão do filtro prensa não é contínua, visto que esse equipamento opera em bateladas, e no dimensionamento foi definido que serão realizadas 10 cargas por dia, isso será equivalente a 2,4 horas para cada batelada ou 144 minutos, onde já está incluso o tempo de carga e descarga.

4.5.9 Flash dryer

O tempo de residência que a partícula pode permanecer no flash dryer para este processo é de 5 segundos.

5 PROJETO DE INSTALAÇÃO INDUSTRIAL

A indústria tem demanda de água fria, vapor e de ar comprimido. Os tópicos seguintes contém as demandas respectivas calculadas, possibilitando o dimensionamento das tubulações e equipamentos auxiliares.

5.1 DEMANDA DE ÁGUA FRIA

Necessita-se de água fria tanto no processo produtivo, quanto nas áreas auxiliares, para uso dos funcionários. As demandas de água fria no processo produtivo estão contidas na Tabela 09, sendo totalizadas em aproximadamente 2.017.557,44 L/dia.

Tabela 09 - Demanda de água fria no processo produtivo

Equipamento	Vazão (L/dia)
TP-201A	259.537,92
TP-201B	259.537,92
P-201	605.310,24
TQ-201A	94.341,36
TQ-201B	94.341,36
TQ-202	188.543,04
TQ-203	44.009,04
R-201A	37.543,68
R-201B	37.543,68
FP-201A	70.278,24
FP-201B	70.278,24
FP-201C	70.278,24
TQ-204	12.848,00
TQ-205	16.800,00
GVC-201	132.054,48
GVC-202	24.240,00
Somatório	2.017.557,44

Fonte: Autores, 2022.

Já em relação a demanda de água fria nas áreas auxiliares, como a indústria conta com 95 funcionários, estimou-se um gasto de 16.169 L/dia, distribuídos para chuveiros, lavadora, bebedouros, banheiros e refeitórios, e ainda um valor extra, de 4.750 L/dia para a limpeza e outros afins, totalizando em 20.920 L/dia para esta seção, os cálculos realizados estão disponíveis no Apêndice F1 e os valores finais na Tabela 10. A demanda total de água fria na indústria é de aproximadamente 2.038.476,94 L/dia.

Tabela 10 - Demanda de água nas áreas auxiliares

Equipamento	Vazão (L/dia)
Chuveiros	7.267,50
Lavadora	2.261,00
Bebedouro	73,00
Banheiro	3.876,00
Refeitório	2.692,00
Limpeza	4.750,00
Somatório	20.919,50

Fonte: Autores, 2022.

Levando-se os valores anteriores em consideração, dimensionou-se os tanques RA-101A e RA-101B que armazenarão 1.000 m³ de água cada, e mais um tanque RA-102, com capacidade de armazenamento de 700 m³ (Faz Forte, 2022), dispostos nos Anexos O e P, respectivamente, considerou-se também 20% deste valor a mais, destinado a possíveis incêndios, também aplicou-se um coeficiente de segurança de 10%. Ressalta-se que os reservatórios serão alimentados através de um poço artesiano com um sistema de captação *air-lift*. O modelo escolhido para a lavadora de louças é o EB50, conforme Anexo R, assim como as painéis industriais selecionadas foram da marca Cozifrio, dispostas no Anexo S.

5.1.1 Tubulações De Água Fria

O dimensionamento da tubulação de água fria, a 25°C, foi realizado com o critério de velocidade recomendada para água de 2,5 m/s (IGNÁCIO, 2020), apresentado no Apêndice F1 A demanda de água em cada equipamento do processo, assim como nos prédios auxiliares, está apresentada nas Tabela 09 e 10. As tubulações de água fria foram divididas em trechos e definidos seus comprimentos e vazão de água, conforme demanda em cada trecho de tubulação. Com os valores de vazão e velocidade, obteve-se a área para cada trecho e determinado o diâmetro. Posteriormente, considerou-se os diâmetros imediatamente inferior e superior segundo a Norma ANSI B.36.10 e ANSI B.36.19 (Anexo Q), calculou-se a área referente e a velocidade, sendo a bitola escolhida a que resultou na velocidade mais próxima da recomendada.

5.2 DEMANDA DE VAPOR

A utilização do vapor está ligada ao interesse em transportar, por escoamento, grandes quantidades de calor e energia entre locais distantes. Produzido numa caldeira, o vapor pode ser conduzido a máquinas, equipamentos e pontos de consumo, de uma forma econômica, controlada e com perdas relativamente reduzidas. O vapor saturado utilizado correntemente designado simplesmente por vapor, é produzido em contato com a água e por isso contém sempre alguma quantidade de partículas de água. Se o vapor saturado não contivesse nenhuma partícula de água, ele seria um vapor saturado seco. Esse vapor seria o ideal, porém não se verifica quase nunca nas condições práticas (MACINTYRE, 2010).

A indústria necessita de vapor tanto na área do processo produtivo, quanto nas áreas comuns, como na cozinha e lavanderia. O vapor saturado produzido pela caldeira é utilizado no processo com temperatura de aproximadamente 127,7 °C e pressão de 3 bar. A Tabela 11 apresenta a demanda de vapor nos equipamentos do processo, assim como a demanda nas áreas comuns está disposta na Tabela 12.

Tabela 11 - Demanda de vapor no processo produtivo

Equipamento	Vazão (kg/dia)
FD-201	101.625,60
R-201A	9.107,16
R-201B	9.107,16
Somatório	18.214,32

Fonte: Autores, 2022.

Tabela 12 - Demanda de vapor nas áreas auxiliares

Equipamento	Vazão (kg/dia)
Cozinha	1.500,00
Máquina de lavar	78,00
Secadora	180,00
Calandra	36,00
Somatório	1.794,00

Fonte: Autores, 2022.

Como a demanda de vapor total na indústria é de 833,68 kg/h, dimensionou-se duas caldeiras (GVC-101 e GVC-102), sendo a primeira para queima de biogás proveniente das

lagoas estabilização, suprindo aproximadamente 80% da demanda total de vapor, e o restante do vapor demandado é produzido a partir da queima de cavacos de madeira, na segunda caldeira, valores detalhados no Apêndice F2.

5.2.1 Tubulações De Vapor

O dimensionamento das linhas de vapor, conforme disposto no Apêndice F2, foi realizado utilizando-se o critério da velocidade recomendada de 20 m/s.

As tubulações de vapor foram divididas em trechos e definidos seus comprimentos e vazão, conforme demanda em cada trecho de tubulação. Com os valores de vazão e velocidade, obteve-se a área para cada trecho e determinado o diâmetro.

5.2.2 Retorno De Condensado

Ao utilizar-se vapor como forma de transferência de calor para qualquer necessidade, deve-se levar em consideração a troca de calor latente, que condensa o vapor saturado, tornando-se líquido saturado que retorna pela tubulação até a caldeira, para reaproveitamento energético.

Visando-se o reaproveitamento desse vapor condensado, necessita-se dimensionar uma tubulação para este, utilizando-se os mesmos trechos da tubulação de vapor, assim como os diâmetros e comprimentos desta instalação. A tubulação deve ser feita de material resistente por se tratar de um líquido muito quente, sendo aço carbono o material escolhido. Deve-se considerar uma leve inclinação na tubulação (aproximadamente $0,5^\circ$), facilitando o escoamento do fluido. As informações citadas foram levadas em consideração para o dimensionamento da tubulação de condensado (Apêndice F2).

A massa de condensado formado em cada trecho de vapor foi calculada considerando-se uma perda de 10% de vapor sendo retornando como condensado, de modo que a vazão de condensado que retorna para a caldeira corresponde a 90 % do vapor gerado e essa perda no processo é repostada por água fria. A Tabela 13 demonstra as vazões de retorno de condensado do processo, assim como a Tabela 14 mostra o mesmo, porém para as outras áreas.

Tabela 13 - Retorno de condensado do processo produtivo

Equipamento	Vazão (kg/dia)
FD-201	91.463,04
R-201A	8.196,44
R-201B	8.196,44
Somatório	107.855,93

Fonte: Autores, 2022.

Tabela 14 - Retorno de condensado das áreas auxiliares

Equipamento	Vazão (kg/dia)
Cozinha	1.350,00
Máquina de lavar	70,20
Secadora	162,00
Calandra	32,40
Somatório	1.614,60

Fonte: Autores, 2022.

5.3 DEMANDA DE AR COMPRIMIDO

O ar comprimido é utilizado em um sistema *air-lift*. O sistema tem como objetivo elevar a água proveniente do poço artesiano até os reservatórios de água que abastecem toda a indústria. O que se demanda de ar comprimido é proveniente de um compressor instalado ao lado do local onde será perfurado o poço.

5.3.1 Sistema *air-lift*

Com o objetivo de se atingir a demanda de ar comprimido para elevar a água do poço, dimensionou-se um sistema *air-lift*, a partir de um poço artesiano, os cálculos estão detalhados no Apêndice F3.

A partir disto é possível estimar-se a vazão de ar comprimido necessária, sendo esta de 344,66 m³/h. A demanda de ar comprimido na indústria está na Tabela 15.

Tabela 15 - Demanda de ar comprimido na indústria

Equipamento	Vazão (m³/h)
CO-101	344,66
Somatório	344,66

Fonte: Autores, 2022.

5.3.2 Compressor

Sabendo-se a vazão de ar demandada para elevar a água do poço, é possível dimensionar um compressor adequado para esta demanda. O compressor escolhido foi o modelo PowerPack Flex, com capacidade de até 361,3 m³/h, com 45 kW de potência conforme especificado no Anexo AA.

5.4 PROCESSO

O processo produtivo conta com tubulações na maior parte das etapas. As correntes do processo que são transportadas através de tubulações constam na Tabela 16, sendo estas as saídas de cada equipamento, que seguem para a próxima operação unitária.

Tabela 16 - Vazões de saída de produto nos equipamentos do processo produtivo

Equipamento	Saída (L/h)
M-201	18.291,42
P-201	28.416,95
TQ-201A	20.223,22
TQ-201B	20.223,22
C-201	15.605,64
TQ-202	23.461,59
C-202	9.292,89
TQ-203	11.126,60
F-201	6.193,11
TP-202	6.193,11
R-201A	5.908,01
R-201B	5.908,01
TP-203	11.816,02

Fonte: Autores, 2022.

A partir das vazões de processo, é possível realizar o dimensionamento das tubulações, com objetivo de comportar a quantidade demandada. O cálculo das tubulações está detalhado no Apêndice F4.

5.5 RECICLO

Para se ter uma menor demanda e desperdício na reposição de água fria no processo, o processo conta com correntes de reciclo. Os equipamentos que tem corrente de saída reciclada estão dispostos na Tabela 17, juntamente com o valor da sua respectiva vazão.

Tabela 17 - Vazões de reciclo nos equipamentos do processo produtivo

Sai	Entra	Vazão (L/h)
P-201	M-201	2.618,21
C-202	TQ-201A	7.084,36
C-202	TQ-201B	7.084,36
C-201	TP-201A	17.420,41
C-201	TP-201B	17.420,41
TP-201A	DS-201	30.706,44
TP-201B	DS-201	30.706,44
F-201	TP-201A	2.466,75
F-201	TP-201B	2.466,75

Fonte: Autores, 2022.

A partir das vazões demandadas em cada equipamento, é possível realizar o dimensionamento da tubulação de reciclo. O cálculo das tubulações está presente no Apêndice F5.

5.6 RESÍDUO

O processo produtivo conta com uma grande vazão residual, sendo a maior parte proveniente da lavagem e descascamento (DS-201) e o restante é oriundo dos filtros prensa (FP-201A a C). Ressalta-se que o resíduo é bombeado até a primeira lagoa de estabilização (L-301) e após, percorre automaticamente até as outras lagoas, sendo a água limpa resultante despejada no rio próximo a indústria. A Tabela 18 relaciona o equipamento com sua respectiva vazão de saída residual.

Sabendo se a demanda de resíduo proveniente do processo, é possível calcular as tubulações deste. O dimensionamento da tubulação de resíduo está presente no Apêndice F6.

Tabela 18 - Vazões de resíduo do processo produtivo

Equipamento	Saída (L/h)
DS-201	65.389,16
FP-201A a C	15.559,58
Total	80.948,74

Fonte: Autores, 2022.

5.7 BIOGÁS

A partir da primeira lagoa, que contém um biodigestor que tapa toda sua superfície, é produzido o biogás que será utilizado para queima na caldeira própria para utilização deste tipo de gases. A quantidade de biogás produzido pelo sistema de biodigestor está presente na Tabela 19.

Tabela 19 - Vazão de biogás oriunda do biodigestor

Equipamento	Saída (Nm³/dia)
L-301	6.046,00

Fonte: Autores, 2022.

5.8 ÁCIDO

O processo conta com uma demanda de ácido clorídrico diluído para ajudar na neutralização do pH da reação. As vazões de ácido estão dispostas na Tabela 20.

Tabela 20 - Demanda de ácido clorídrico no processo produtivo

Equipamento	Demanda (L/h)
R-201A	332,57
R-201B	332,57

Fonte: Autores, 2022.

O Apêndice F8 contém detalhes a respeito do dimensionamento das tubulações de ácido clorídrico diluído, com o objetivo de atender a demanda do processo produtivo.

5.9 BASE

Além da demanda de ácido clorídrico, o processo consta com uma demanda de hidróxido de sódio diluído com o mesmo objetivo do ácido. As vazões de base estão dispostas na Tabela 21.

Tabela 21 - Demanda de hidróxido de sódio no processo produtivo

Equipamento	Demanda (L/h)
R-201A	415,71
R-201B	415,71

Fonte: Autores, 2022.

O Apêndice F9 detalha a respeito do dimensionamento das tubulações de hidróxido de sódio diluído, com o objetivo de atender a demanda do processo produtivo.

5.10 PERDAS DE CARGA

A perda de carga das tubulações industriais foi calculada através do método de perda de carga localizada e distribuída, visando o dimensionamento das bombas presentes no processo. O detalhamento do cálculo das perdas de carga para todas instalações está disponível no Apêndice F10.

5.11 BOMBAS

O dimensionamento das bombas necessárias para o funcionamento do processo é possível após o cálculo das perdas de carga realizados no tópico 5.10. No total, o processo conta com 23 bombas, conforme Tabela 22. O detalhamento dos cálculos está presente no Apêndice F11.

Tabela 22 - Bombas da indústria

Nº da bomba	Código	Trecho
Bomba 1	B-101	Água do ETA até as caixas d'água
Bomba 2	B-201	Resíduo saindo da DS-201 até L-301
Bomba 3	B-202	Resíduo saindo dos FP-201A a C até L-301
Bomba 4	B-203	Resíduo (bagaço) saindo P-201 até caminhão
Bomba 5	B-204	M-201 até P-201
Bomba 6	B-205	P-201 até TQ-201A e B
Bomba 7	B-206	C-201 até TQ-202
Bomba 8	B-207	C-202 até TQ-203
Bomba 9	B-208	TQ-203 até F-201
Bomba 10	B-209	F-201 até TP-202
Bomba 11	B-210	TP-202 até R-201A e B
Bomba 12	B-211	R-201A e B até TP-203
Bomba 13	B-212	TP-203 até FP-201A a C
Bomba 14	B-401	TQ-401 até TQ-204
Bomba 15	B-402	TQ-402 até TQ-205
Bomba 16	B-213	TQ-204 até R-201A e B
Bomba 17	B-214	TQ-205 até R-201A e B
Bomba 18	B-215	Reciclo P-201 até M-201
Bomba 19	B-216	Reciclo TP-201A e B até DS-201
Bomba 20	B-217	Reciclo C-201 até TP-201A e B
Bomba 21	B-218	Reciclo C-202 até TQ-201A e B
Bomba 22	B-219	Reciclo F-201 até TP-201A e B
Bomba 23	CO-101	Compressor até o poço

Fonte: Autores, 2022.

6 CONTROLE E INSTRUMENTAÇÃO DO PROCESSO

O Controle e Instrumentação do Processo é um método importante para a verificação e acompanhamento de muitos equipamentos dentro de um sistema produtivo. Nesta seção, são apresentadas as análises de controle de processo e instrumentação para o reator químico que opera em batelada, por ser um dos mais importantes para a obtenção do produto de interesse com alta qualidade, necessitando de maior controle durante toda a operação para garantir as condições ótimas de reação. Utilizou-se a simbologia de malhas de controle com base na norma ANSI/ISA – S5.1-2009, apresentada no Anexo AM.

6.1 CONTROLE DE PROCESSO PARA REATOR BATELADA

Para os reatores batelada deste processo produtivo, resolveu-se adotar os sistemas de controle de processo para a temperatura interna dos reatores e para o potencial hidrogeniônico (pH), que são dois parâmetros fundamentais para que a reação ocorra de forma otimizada, obtendo-se o produto desejado ao final do processo dentro do tempo estipulado para a reação. Além disso, há também uma malha de controle da alimentação das bateladas dos reatores. Como parte da alimentação dos reatores envolve reagentes sólidos (os quais serão alimentados manualmente nos reatores), optou-se por controlar a entrada das correntes líquidas do reator (amido proveniente do filtro rotativo e água) com uma célula de carga, o que possibilita para os operadores dos reatores a visualização em linha da massa da mistura reacional e conferência com o *set point* desejado. Por se tratar de um processo batelada, pode não ser possível a correção da batelada, sendo necessário o seu encaminhamento para efluente, o que envolve retirada manual.

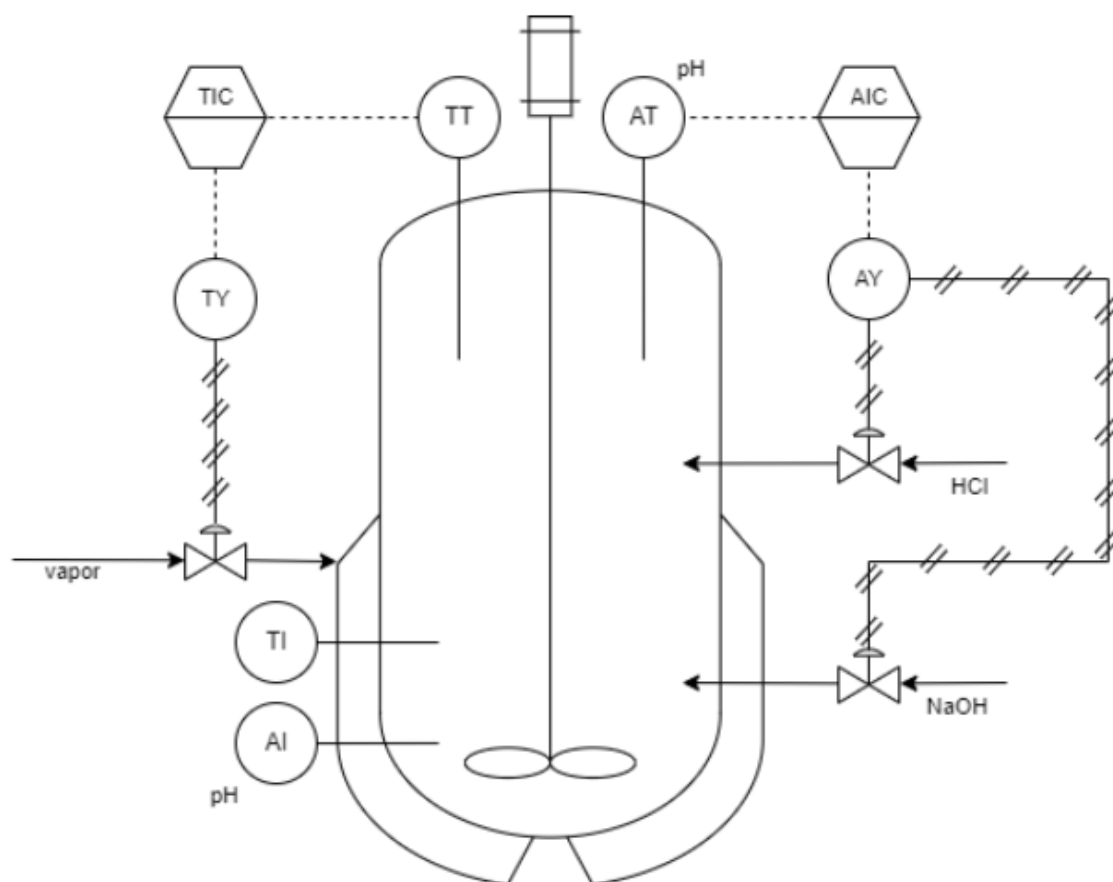
As duas malhas para controle dos parâmetros da reação (temperatura e pH) estão indicadas na Figura 09 e a malha de controle da alimentação das bateladas está apresentada na Figura 10.

6.1.1 Controle de temperatura

Para o controle da temperatura interna do reator, optou-se por utilizar um leitor de temperatura no reator conectado a um transdutor, que enviará um sinal elétrico para o controlador de temperatura em painel, numa sala de controle, que por sua vez, atuará sobre a

vazão de entrada de vapor de aquecimento, acionando uma válvula de controle do tipo eletropneumática. Além disso, o transdutor está associado a um indicador local de temperatura, que pode ser observado pelos operários. Já como instrumento medidor, optou-se pelo uso de termorresistências, por possuir uma maior precisão e menor sensibilidade a ruídos elétricos. A seguir estão listados cada um dos instrumentos (e suas funções) utilizados na malha de controle da temperatura evidenciada na Figura 09:

Figura 09 – Malhas de controle da temperatura e pH nos reatores batelada.



Fonte: Autores, 2022.

- Transmissor de temperatura (TT): Faz a medição da temperatura e envia um sinal elétrico para o controlador TIC;
- Indicador e controlador de temperatura (TIC): Recebe o sinal elétrico do TT e mostra a temperatura medida num painel na sala de controle (pode ser um computador, por exemplo). E também executa uma ação de controle, que consiste em enviar um sinal elétrico para a válvula de regulação de vazão do vapor de aquecimento que vem da

caldeira. Se a temperatura do reator está muito baixa a vazão de vapor aumenta e vice-versa;

- Conversor de temperatura (TY): Como o sinal emitido pelo controlador TIC é elétrico e a válvula que controla a vazão do vapor é pneumática, precisamos transformar esse sinal de elétrico para pneumático. Logo, essa é a função do conversor TY;
- Indicador de temperatura (TI): Instalado no chão de fábrica, para acesso dos operadores do reator (já que o TIC fica na sala de controle).

6.1.2 Controle de pH

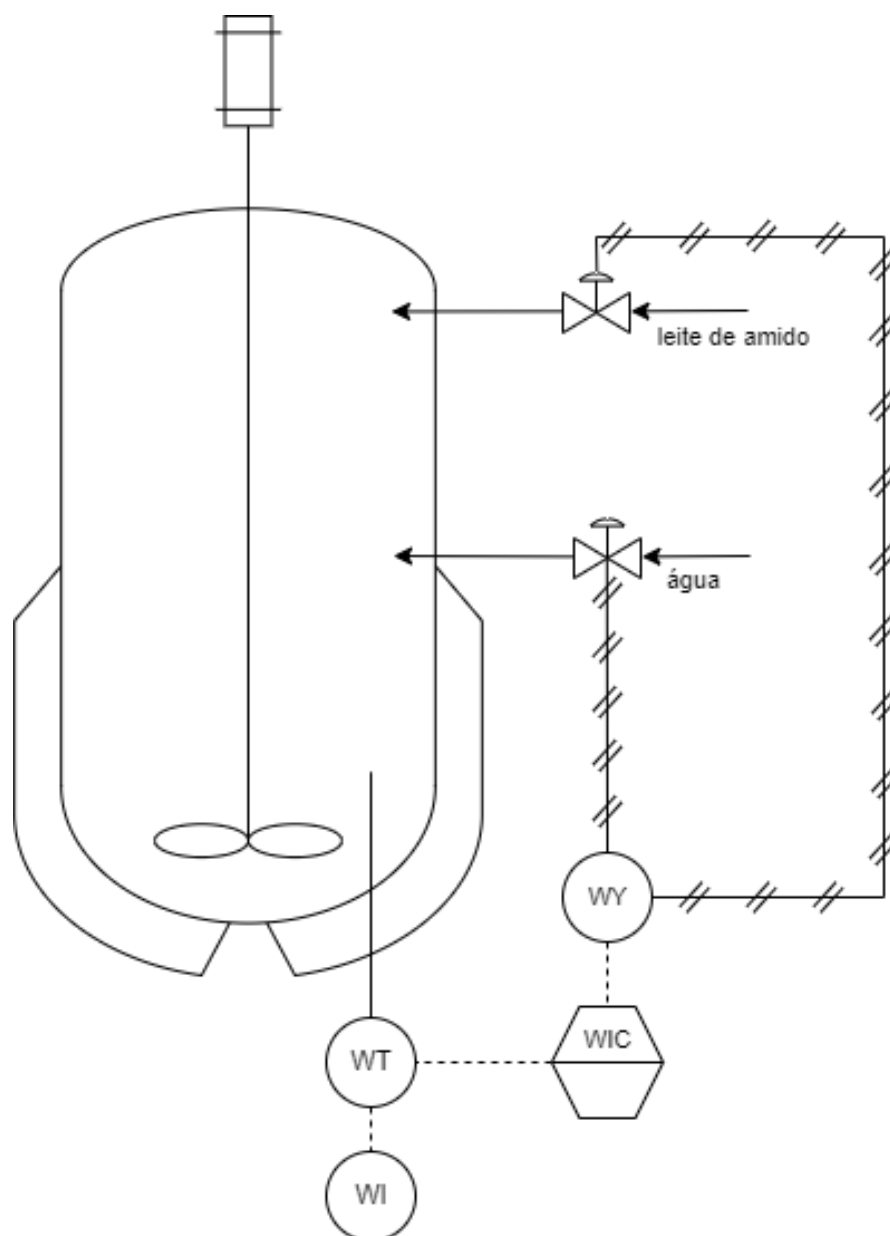
Para a medição do potencial hidrogeniônico, será utilizado o instrumento analítico de medição contínua (sensor de pH em linha), oferecendo medições exatas sob condições de processo adversas, em água pura e que resistem à limpeza e esterilização em altas temperaturas. Um sensor de pH em linha típico, é composto por dois eletrodos separados, um eletrodo sensor de pH e um eletrodo de referência. O eletrodo com sensor de pH usa uma membrana de vidro com sensor de pH especial, onde os íons de H^+ permeiam a membrana, criando uma carga. O potencial entre os dois eletrodos é a medição de íons hidrogênio na solução, fornecendo a medição de pH (METTLER TOLLEDO, 2022). Utilizou-se a letra A para as nomenclaturas relacionadas a análises de pH pois o mesmo não é uma variável específica prevista nas nomenclaturas da norma ANSI/ISA – S5.1-2009. A seguir estão listados cada um dos instrumentos (e suas funções) utilizados na malha de controle do pH evidenciada na Figura 09:

- Transmissor de pH (AT): Faz a medição de pH e envia um sinal elétrico para o controlador AIC;
- Medidor de Potencial Hidrogênico (AIC): Indicador e controlador de pH, ele recebe o sinal elétrico do AT e mostra o pH medido num painel na sala de controle (pode ser um computador, por exemplo). E também executa uma ação de controle, que consiste em enviar um sinal elétrico para as válvulas de regulagem de vazão das soluções de HCl e NaOH. No início da batelada precisamos atingir um pH elevado para as condições ótimas de reação, nesse caso a válvula de NaOH será acionada pelo controlador AIC até atingir a alcalinidade desejada para o meio. Ao fim da batelada, precisamos regular o pH para atingir um valor próximo à neutralidade ($pH = 6,5$) para

a solução, nesse caso a válvula de HCl será acionada pelo controlador AIC até atingir o pH desejado para o meio;

- Conversor de pH (AY): Assim como no caso da temperatura, o sinal emitido pelo controlador AIC é elétrico e as válvulas que controlam a vazão de HCl e NaOH são pneumáticas, precisamos transformar esse sinal de elétrico para pneumático. Logo, essa é a função do conversor AY;
- Indicador de pH (AI): Instalado no chão de fábrica, para acesso dos operadores do reator (já que o AIC fica na sala de controle).

Figura 10 – Malha de controle de alimentação nos reatores batelada.



6.1.3 Controle de alimentação dos reatores

Para o controle das correntes de alimentação utilizou-se uma célula de carga. A célula de carga industrial utiliza um sensor capacitivo, que realiza a medição de acordo com a deformação que sofre pela carga, essa deformação é transformada em sinais elétricos que são enviados para o controlador, tornando o processo bastante preciso e versátil para o controle da alimentação das bateladas. A seguir estão listados cada um dos instrumentos (e suas funções) utilizados na malha de controle da alimentação do reator evidenciada na Figura 10. Cabe ressaltar que apenas as correntes de amido nativo e água serão controladas nessa malha de controle, pois as demais entradas estão controladas pela malha do pH ou são adicionadas manualmente na forma de sólidos.

- Transmissor de peso (WT): É a célula de carga em si, realiza a medição de peso e envia um sinal elétrico para o controlador WIC;
- Indicador e controlador de peso (WIC): recebe o sinal elétrico do WT e exibe o peso medido no painel da sala de controle. Também é responsável por executar a ação de controle, que consiste em enviar um sinal elétrico para as válvulas de regulagem de vazão das entradas da solução de amido nativo e de água. Para cada batelada é necessária determinada massa de solução de amido, definida no balanço de massa (Apêndice D14), então definiu-se o *set point* para o fechamento da válvula ao atingir-se esse peso, registrado pela célula de carga. De modo análogo será feito para a entrada de água;
- Conversor de peso (WY): Assim como no caso das outras malhas de controle, o sinal emitido pelo controlador WIC é elétrico e as válvulas que controlam a vazão da solução de amido e de água são pneumáticas. Assim, é necessário transformar esse sinal de elétrico para pneumático, sendo essa a função do conversor WY;
- Indicador de peso (WI): Instalado no chão de fábrica, para acesso dos operadores do reator (já que o WIC fica na sala de controle), permite o acompanhamento da carga da batelada e a conferência dos reagentes que são adicionados manualmente, a fim de garantir que foi adicionada a quantidade correta.

7 ANÁLISE ECONÔMICA

Com uma análise detalhada dos custos de implementação do projeto de produção de amido modificado, será avaliada a viabilidade econômica e capacidade de atração de investimento do negócio. A análise econômica abrange custos de implementação do projeto, e custos fixos e variáveis para a operação da indústria.

7.1 CUSTOS DE IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

Os custos de implantação da unidade industrial será dividido em custo com terreno e construção do galpão industrial, licenças e encargos, aquisição de equipamentos, tubulações e acessórios, materiais de laboratório e escritório, instrumentação para controle de processo, aquisição de equipamentos, câmaras frias, implementação da estação de tratamento de efluentes, manutenção e depreciação, além de alguns outros custos fixos e variáveis. O detalhamento é apresentado nos itens a seguir.

7.1.1 Custo de implementação da indústria

Os custos para implementação da indústria partiram dos valores com terreno, construção do galpão industrial, licenças, aquisição de equipamentos, tubulações e acessórios, materiais de escritório e laboratório, instrumentação e controle, câmaras frias e implementação da estação de tratamento de efluentes.

7.1.2 Terreno e construção do galpão

O levantamento de preço para os gastos com terreno de área comercial de 1.295,69m² será de R\$36.505.800,00 (LORE, 2006). Além disso, conforme a Tabela de Custos Unitários Básicos com Construção do site ECONOMIA, a construção do galpão industrial será de R\$1.587.596,00. Entretanto, sabe-se que a partir de fevereiro deste ano, a Prefeitura de Maringá forneceu licitações para construção de terrenos. A Secretaria de Trabalho, Renda e Agricultura Familiar (Setrab) informou que serão 27 terrenos, variando entre 1.000 m² e 43.912 m², com custos entre R\$ 114,79 e R\$ 381,35 o metro quadrado, o que nos garantirá um novo custo total do terreno de R\$17.160.750,00 (LORE, 2022).

7.1.3 Licenças e encargos

Os documentos legais necessários que devem ser adquiridos previamente, são, Registro da Empresa, Pedido de CNPJ e Declaração Cadastral, Alvará de Funcionamento, Licenciamento Ambiental e Autorização para produção. Estes custos estão na Tabela 23.

Tabela 23 - Documentos legais necessários

Documento	Preço (R\$)
Alvará de funcionamento	726,00
Autorização para produção	45,00
Licenciamento ambiental	276,12
Pedido do CNPJ e declaração cadastral	430,00
Registro da empresa	726,00
TOTAL	2.203,12

Fonte: Autores, 2022.

Além disso, a empresa considerou um gasto de R\$38.029.246,06 com encargos gerais e de capital, sendo 30% sobre o lucro bruto total que a empresa obterá com a venda do produto.

7.1.4 Aquisição de equipamentos

O custo da aquisição dos equipamentos necessários para a instalação da indústria, totalizou-se em R\$9.265.497,56. A Tabela 24 informa o valor dos equipamentos individuais com os seus respectivos valores:

Tabela 24 - Custo da aquisição dos equipamentos.

(Continua)

Equipamento	Quant.	Valor unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Descascadora e lavadora	1	125.000,00 ⁽¹⁾	125.000,00
Tanque pulmão 35 m ³	2	180.520,00 ⁽²⁾	250.000,00
Moedor	1	100.000,00 ⁽³⁾	100.000,00
Peneiras GL-1050	3	51.728,00 ⁽⁴⁾	155.184,00

			(conclusão)
Tanque de diluição 1 (agitado) 35m ³	2	184.520,00 ⁽⁵⁾	369.040,00
Tanque de diluição 2 (agitado) 30m ³	1	158.160,00 ⁽⁶⁾	158.160,00
Tanque de diluição 3 (agitado) 15m ³	1	79.080,00 ⁽⁷⁾	79.080,00
Centrifuga 1	1	181.048,00 ⁽⁸⁾	181.048,00
Centrífuga 2	1	181.048,00 ⁽⁹⁾	181.048,00
Filtro rotativo a vácuo	1	422.336,00 ⁽¹⁰⁾	422.336,00
Tanque pulmão 25 m ³	1	131.800,00 ⁽¹¹⁾	131.800,00
Reator Tanque encamisado 15 m ³	2	84.500,00 ⁽¹²⁾	169.000,00
Misturador	2	107.058,78 ⁽¹³⁾	214.117,56
Tanque pulmão 35 m ³	1	180.520,00 ⁽¹⁴⁾	180.520,00
Filtro prensa	3	1.295.000,00 ⁽¹⁵⁾	3.885.000,00
Flash Dryer	1	354.830,00 ⁽¹⁶⁾	354.830,00
Embaladora	1	305.590,00 ⁽¹⁷⁾	305.590,00
Tanque ác e base 20m ³	3	109.400,00 ⁽¹⁸⁾	328.200,00
Tanque base 25m ³	1	131.800,00 ⁽¹⁹⁾	131.800,00
Silo	1	5.160,00 ⁽²⁰⁾	5.160,00
Empilhadeira	2	19.799,00 ⁽²¹⁾	39.598,00
Balança rodoviária	1	96.030,00 ⁽²²⁾	96.030,00
Caldeira biogás	1	211.200,00 ⁽²³⁾	211.200,00
Caldeira lenha	1	316.800,00 ⁽²⁴⁾	316.800,00
Caixa d'água 1000 m ³	2	290.400,00 ⁽²⁵⁾	580.800,00
Caixa d'água 700 m ³	1	198.256,00 ⁽²⁶⁾	198.256,00
Bombas 1/2 cv	22	200,00 ⁽²⁷⁾	4.400,00
Bomba compressora 75 cv	1	91.500,00 ⁽²⁸⁾	91.500,00
Total:			R\$ 9.265.497,56

¹ Machinerypt, 2022 ² INCASE, 2022 ³ MFRural, 2022 ⁴ Filtrationchina, 2022 ⁵ Alibaba, 2022a ⁶ Alibaba, 2022b ⁷ Alibaba, 2022c ⁸ Filtrationchina, 2022b ⁹ Filtrationchina, 2022c ¹⁰ Filtrationchina, 2022d ¹¹ INCASE, 2022 ¹² INCASE, 2022 ¹³ MixerDirect ¹⁴ INCASE, 2022 ¹⁵ GetChemReady, 2022 ¹⁶ Frontiersin, 2022 ¹⁷ Gold Agents, 2022 ¹⁸ INCASE, 2022 ¹⁹ INCASE, 2022 ²⁰ Alibaba, 2022d ²¹ Agrotama, 2022 ²² SuperPlanador, 2022 ²³ Alibaba, 2022e ²⁴ Alibaba, 2022f ²⁵ Alibaba, 2022g ²⁶ Alibaba, 2022h ²⁷ Taqi, 2022 ²⁸ MercadoLivre, 2022
 Fonte: Autores, 2022.

7.1.5 Tubulações e acessórios

Os gastos com tubulações foram estimados utilizando a relação massa por metro de cada tubulação e sua bitola específica, conforme o Anexo AG. Segundo India Mart (2022), o preço por kg de tubulação é de aproximadamente 3,69 R\$/kg, realizando-se a conversão para real. Ressalta-se que os gastos para os acessórios foram estimados informalmente devido a dificuldade de encontrar referências. As Tabelas 25A e 25B trazem os dados a respeito do gasto com tubulações e acessórios, respectivamente, totalizando em aproximadamente R\$263.045,80.

Tabela 25A - Gastos com tubulações para o processo

Diâmetro nominal (mm)	Massa por metro (kg/m)	Comprimento (m)	Massa de tubulação (kg)	Preço (R\$/kg)	Preço da tubulação (R\$)
13,7	0,55	149	81,95	3,69	302,40
17,1	0,7	1	0,70	3,69	2,58
21	1,12	12	13,44	3,69	49,59
27	1,44	27	38,88	3,69	143,47
33	2,18	126	274,68	3,69	1.013,57
42	2,87	135	387,45	3,69	1.429,69
48	3,53	20	70,60	3,69	260,51
60	4,48	226	1.012,48	3,69	3.736,05
73	8,04	117	940,68	3,69	3.471,11
89	9,92	110	1.091,20	3,69	4.026,53
114	12,91	225	2.904,75	3,69	10.718,53
-	-	-	-	Total (R\$)	25.154,03

Fonte: Autores, 2022.

Tabela 25B - Gastos com acessórios nas tubulações do processo

Acessório	Valor unitário (R\$)	Quantidade	Valor total (R\$)
Saída Arredondada	44,57	28	1.247,96
Tê saída lateral	6,52	36	234,72
Tê passagem direta	6,52	35	228,20
Válvula Gaveta 100% aberta	2.905,21	32	92.966,72
Joelho 90° de raio longo	273,50	34	9.299,00
Joelho 90° de raio curto	251,94	20	5.038,80
Válvula Globo 100% aberta	3.827,11	31	118.640,41
Redução Gradual	139,69	35	4.889,15
Entrada Arredondada	44,50	63	2.803,50
Redução Brusca	282,59	9	2.543,31
-	-	Total (R\$)	237.891,77

Fonte: Autores, 2022.

7.1.6 Gastos com Offsite Battery Limits

Contempla os gastos relativos à preparação dos ambientes de trabalho, como mobília e equipamentos necessários aos escritórios, ambiente fabril, laboratórios, lavanderia, cozinha, banheiros e vestiários, totalizando um valor de R\$157.105,98. Os valores referentes estão apresentados nas Tabelas 26, 27a e 27b.

Tabela 26 - Gastos referentes a materiais de escritório e laboratórios.

(Continua)			
Material	Quantidade	Preço un. (R\$)	Preço (R\$)
Ar condicionados	3	1.389,00	4.167,00
Armários	3	700,00	2.100,00
Cadeiras escritorio	10	122,90	1.229,00
Computador desktop	10	4.000,00	40.000,00
Estantes	2	559,99	1.119,98
Impressoras	2	329,90	659,80
Lâmpada LED tubular	20	14,24	284,80

			(conclusão)
Luminárias	10	79,90	799,00
Mesa escritorio	10	499,90	4.999,00
Telefones	10	33,90	339,00
Total			RS 55.697,58

Fonte: Autores, 2022.

Tabela 27a - Gastos referentes a implementação do laboratório

(Continua)

Material	Quantidade	Valor (R\$)	Valor total (R\$)
Agitador magnético	2	745,99	1.491,98
Ar condicionado	1	2.864,99	2.864,99
Armário	3	850,97	2.552,91
Balança Analítica	2	7.000,00	14.000,00
Balança de mão	2	209,40	418,80
Bancada	2	5.800,00	11.600,00
Barra magnética	5	7,99	39,95
Base com Haste	3	160,00	480,00
Becker de Vidro 150mL	5	15,00	75,00
Becker de Vidro 250mL	5	13,00	65,00
Becker de Vidro 500mL	5	21,57	107,85
Becker de Vidro 50mL	5	11,00	55,00
Bureta 25mL	2	96,99	193,98
Capela	1	2.000,00	2.000,00
Chapa aquecedora	1	815,97	815,97
Computador desktop	2	4.000,00	8.000,00
Escova para limpeza	5	6,00	30,00
Espátula aço inox	5	18,99	94,95
Estufa analógica 30L	1	1.959,67	1.959,67
Frasco Erlenmeyer 100mL	5	21,00	105,00
Frasco Erlenmeyer 250mL	5	22,00	110,00
Frasco Erlenmeyer 300mL	5	27,00	135,00
Geladeira	1	2.500,00	2.500,00
Gral e Pistilo	3	19,99	59,97
pHmetro	2	1.999,90	3.999,80

				(conclusão)
Pinça - Garra	5	52,97		264,85
Pisseta 500mL	5	6,32		31,60
Proveta de Vidro 100mL	5	27,90		139,50
Proveta de Vidro 250mL	5	44,99		224,95
Proveta de Vidro 50mL	5	15,00		75,00
Suporte para secagem	2	164,50		329,00
Total				R\$ 54.950,72

Fonte: Autores, 2022.

Tabela 27b - Gastos de Offsite Battery Limits

(Continua)

Área	Material	Quant.	Preço un.(R\$)	Preço(R\$)
Lavanderia	Calandra	1	10.136,75	10.136,75
	Máquina de lavar	1	18.000,00	18.000,00
	Máquina de secar	1	20.000,00	20.000,00
banheiros/ vestiários	Armário roupeiro (8 portas)	10	989,90	9.899,00
	Bebedouros	5	1.599,00	7.995,00
	Chuveiros	4	79,90	319,60
	Lavatórios	12	210,98	2.531,76
	Mictórios	4	249,90	999,60
	Torneiras	12	55,90	670,80
	Vasos sanitários	11	325,90	3.584,90
Refeitório/ Cozinha	Bandejas	100	19,99	1.999,00
	Buffet	1	2.681,00	2.681,00
	Copos	100	5,10	510,00
	Cuba	1	2.430,90	2.430,90
	Estante	3	1.897,99	5.693,97
	Fogão industrial	1	1.829,90	1.829,90
	Freezer	1	2.999,00	2.999,00
	Geladeira	2	2.599,90	5.199,80
Lixeira	6	135,90	815,40	

				(conclusão)
	Máquina lava-louças	1	1.599,00	1.599,00
	Mesa para refeitório	6	1.190,00	17.850,00
	Panela industrial	6	182,99	1.097,94
	Pratos	100	7,89	789,00
	Pratos sobremesa	80	8,90	712,00
	Refresqueira	1	3.846,86	3.846,86
	Talheres	300	3,99	1.197,00
<hr/>				
Almoxarifado/ Recepção/Exp edição	Estante para paletes	15	2.329,90	34.948,50
<hr/>				
	Extintor de incêndio	20	149,99	2.999,80
	Lâmpadas de emergência	50	24,99	1.249,50
Segurança coletiva	Placas fotoluminescentes	100	9,10	910,00
	Chuveiro lava-olhos	2	1.160,00	2.320,00
Total				R\$ 157.105,98

Fonte: Autores, 2022.

7.1.7 Instrumentação e controle

A sala de controle e instrumentação de processo contará com computadores, painéis, assim como alguns outros equipamentos que auxiliarão no monitoramento e troca de informações a respeito dos parâmetros essenciais para o bom funcionamento de todas as operações da planta, em especial, do reator químico da fábrica. Além disso, foram incluídos aos custos de controle e instrumentação, os sensores, válvulas, transmissores, entre outros utensílios componentes deste sistema, assim como móveis e eletrônicos da sala, totalizando um valor de R\$123.935,17. As Tabelas 28 e 29 detalham todos os itens com seus respectivos valores, somatizando o valor total com estes gastos.

Tabela 28 - Custos com instrumentação.

Instrumento	Quantidade	Valor un.(R\$)	Valor total (R\$)
Sensor de pH	2	2.590,00	5.180,00
Transmissor de pH	2	7.770,00	15.540,00
Sensor de temperatura	2	1.100,75	2.201,50
Transmissor de temp.	2	9.084,17	18.168,33
Célula de carga	2	3.785,68	7.571,37
Painel industrial	2	14.212,84	28.425,68
Conversor de sinal	10	4.030,00	40.300,00
Válvulas pneumáticas	10	245,00	2.450,00
Total			R\$ 119.836,88

Fonte: Autores, 2022.

Tabela 29 - Custos com a sala de controle.

Item	Quantidade	Preço Un. (R\$)	Preço Total (R\$)
Computadores	2	749,90	1.499,80
Ar condicionado	1	1.389,00	1.389,00
Cadeiras de escritório	2	122,90	245,80
Mesas de escritório	2	299,90	599,80
Impressora	1	329,99	329,99
Telefone	1	33,90	33,90
Total			R\$ 4.098,29

Fonte: Autores, 2022.

7.1.8 Câmaras frias

As três câmaras frias presentes na indústria serão construídas em alvenaria, tendo como isolante fibra de vidro e revestido com placas de alumínio. Além disso, cada câmara funcionará com dois compressores elétricos de 23 HP cada. Os custos para a construção das câmaras frias estão apresentados na Tabela 30.

Tabela 30 - Custos da construção das câmaras frias

Item	Quantidade	Valor (R\$)	Valor total (R\$)
Construção alvenaria (m ²)	510	1.225,29 ⁽¹⁾	624.897,90
Isolamento fibra de vidro (kg)	543.000	0,10	53.539,80
Revestimento alumínio (placas)	400	583,00	233.200,00
Portas (un.)	3	1.564,00	4.692,00
Compressores 23HP com evaporadora (un.)	6	21.356,80	128.140,80
	Total		R\$ 1.044.470,50

⁽¹⁾ SINDUSCON Paraná, 2022.

Fonte: Autores, 2022.

7.1.9 Implementação da estação de tratamento de efluentes

Para a implementação da estação de tratamento de efluentes é necessário considerar os custos de construção, compra ou desapropriação do terreno, além dos custos de projeto e supervisão, taxas legais, juros de operação e manutenção da estação. De acordo com Santos (2018), o tamanho da estação de tratamento de efluente utilizada é de médio porte, capaz de atender uma população de 5 a 50 mil habitantes, considerando-se a média da produção de efluente per capita de 150 L/hab.dia.

Desse modo, de acordo com as características típicas dos principais sistemas de tratamento de efluentes os custos de implantação da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) corresponde a R\$3.900.000,00 (SCHARDONG, 2018). Porém os custos variam em função das condições de cada localidade, sendo uma estimativa aproximada do custo real dos principais itens presentes em uma ETE.

7.1.10 Depreciação

A depreciação foi estimada seguindo o disposto pelas instruções normativas SRF nºs. 162/98 e 130/99, da Receita Federal. Pelos valores tabelados disponíveis, encontramos que

equipamentos industriais tem uma depreciação de 10% ao ano e uma vida útil de 10 anos, logo para o maquinário industrial teremos uma depreciação de R\$ 926.549,76 ao ano. Já para a edificação temos uma depreciação anual de 4% e uma vida útil de 25 anos, assim a depreciação da edificação será de R\$ 749.933,84 anuais.

7.2 CUSTOS FIXOS

7.2.1 Encargos trabalhistas

A empresa contará com 95 colaboradores, sendo 7 funcionários do escritório, 82 do setor fabril, e 6 funcionários externos, o pagamento será de acordo com o piso salarial de cada categoria. Também será contabilizado o auxílio transporte referente a duas passagens a cada dia trabalhado, horas extras, adicional noturno, décimo terceiro e o terço de férias.

O salário bruto foi calculado levando em conta o piso salarial, a contribuição de 8% do salário para o Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS), e a contribuição de 20% do salário para o INSS. Já para o auxílio de transporte foi calculado levando em conta o preço de duas passagens da cidade de Maringá - PR. Considerando o mês com 30 dias e o preço de uma passagem do transporte público de R\$ 4,30, segundo a prefeitura de Maringá. Os valores dos salários estão apresentados na Tabela 31.

Tabela 31 - Salário por função

(Continua)

Função	Quant.	Auxílio transporte (R\$/mês)	Salário Bruto (R\$/mês)	Custo total (R\$/ano)
Presidente	1	258	5.283,00	66.492,00
Gerente comercial	1	258	4.655,00	58.956,00
Gerente administrativo	1	258	3.794,73	48.632,76
Gerente industrial	1	258	5.529,00	69.444,00
Secretário (a)	1	258	2.359,28	31.407,36
Auxiliar administrativo	1	258	1.486,34	20.932,08
Gerente de Recursos humanos	1	258	4.500,00	57.096,00

(continuação)

Recepção matéria prima	6	258	2.047,00	165.960,00
Recepção matéria prima (noturno)	3	258	2.456,70	97.729,20
Recepcionista do Almozarifado	4	258	1.967,00	106.800,00
Recepcionista do almozarifado (noturno)	2	258	2.360,40	62.841,60
Operário (esteira)	2	258	1.967,00	53.400,00
Operário noturno (esteira)	1	258	2.360,40	31.420,80
Analista de controle qualidade operacional	2	258	3.260,00	84.432,00
Analista de controle qualidade operacional (noturno)	1	258	3.912,00	50.040,00
Supervisor de produção	2	258	3.513,00	90.504,00
Supervisor de produção (noturno)	1	258	4.215,60	53.683,20
Operador de efluentes	2	258	2.834,00	74.208,00
Operador de efluentes (noturno)	1	258	3.400,80	43.905,60
Controlador equipamentos	4	258	2.200,00	117.984,00
Controlador equipamentos (noturno)	2	258	2.640,00	69.552,00
Encarregado da embalagem e armazenamento	6	258	2.047,00	165.960,00
Encarregado da embalagem e armazenamento (noturno)	3	258	2.456,70	97.729,20
Operador de máquinas	2	258	2.200,00	58.992,00

				(conclusão)
Operador de máquinas (noturno)	1	258	2.640,00	34.776,00
Técnico em segurança do trab	2	258	2.875,00	75.192,00
Técnico em segurança do trab (noturno)	1	258	3.450,00	44.496,00
Operador de controle reator	4	258	2.200,00	117.984,00
Operador de controle reator (noturno)	2	258	2.640,00	69.552,00
Técnico de laboratório	4	258	2.292,87	122.441,76
Técnico em laboratório (noturno)	2	258	2.751,44	72.226,56
Cozinheiro	4	258	1.424,00	80.736,00
Cozinheiro (noturno)	2	258	1.708,80	47.203,20
Faxineiro	4	258	1.222,94	71.085,12
Faxineiro (noturno)	2	258	1.467,53	41.412,72
Operador de lavanderia	4	258	1.222,94	71.085,12
Operador empilhadeira	4	258	1.967,00	106.800,00
Operador empilhadeira (noturno)	2	258	2.360,40	62.841,60
Seguranças	4	258	1.810,00	99.264,00
Seguranças	2	258	2.172,00	58.320,00
Total	95	10.320,00	107.649,87	2.953.517,88

Fonte: Autores, 2022.

7.2.2 Equipamentos de segurança

Para garantir a segurança dos funcionários e a esterilidade do processo produtivo, a empresa listou os equipamentos de segurança necessários para todas as áreas da unidade fabril, incluindo a cozinha. A Tabela 32 detalha os equipamentos acompanhando o valor

unitário, assim como o valor total considerando a quantidade de itens necessários de acordo com o número de funcionários.

Tabela 32 - Custos de aquisição de equipamentos de segurança individual anual

EPI's	Quantidade	Preço Un. (R\$)	Preço Total (R\$)
Botina de segurança (par)	50	59,69	2.984,50
Protetor auricular (par)	200	1,09	218,00
Capacete	90	12,36	1.112,40
Óculos de proteção	90	3,53	317,70
Touca descartável (100/cx)	12	26,58	318,96
Camisa Uniforme	164	39,90	6.543,60
Calça Uniforme	164	44,90	7.363,60
Jaleco	5	60,82	304,10
Luvas nitrílicas (100/cx)	12	25,48	305,76
Luvas de alta temperatura	15	11,89	178,35
Máscara PFF1	300	1,30	390,00
Máscara contra gases	20	42,65	853,00
Total			R\$ 20.889,97

Fonte: Autores, 2022.

7.2.3 Seguros

O custo com seguro pode ser considerado como 1% do investimento total, segundo Turton et al. (2009), então o gasto com o seguro será de R\$318.715,50.

7.3 CUSTO VARIÁVEIS

7.3.1 Matérias-primas e insumos

São os custos referentes a compra de raízes de mandioca, dos reagentes e demais insumos necessários para a produção do amido modificado, esses valores são proporcionais a produção, e foram estimados com base na produção que se deseja obter anualmente. Os custos com matérias-primas e insumos estão apresentados na Tabela 33.

Tabela 33 - Custos com matérias-primas, reagentes e insumos

Insumo	Custo/ton (R\$)	Demanda (ton/ano)	Custo total (R\$)
Ácido clorídrico (37%)	8.300,00	818	6.786.910,00
Hidróxido de sódio (50%)	2.680,00	830,09	2.224.631,55
Raízes de mandioca	607,57	128.254,19	77.923.401,06
Sulfato de sódio	5.000,00	4.150	20.752.366,94
Trimetafosfato de sódio	9.000,00	2.054	18.490.358,95
Tripolifosfato de sódio	6.000,00	21	124.514,20
		Total	R\$ 126.302.182,70

Fonte: Autores, 2022.

7.3.2 Utilidades

Estimou-se o gasto anual com as utilidades, sendo energia elétrica e a fração de vapor que não é suprida pela caldeira a biogás, de aproximadamente 20% do total demandado. Através da potência de cada equipamento, relacionado ao seu tempo de uso diário, é possível obter o número de kWh anual e, conseqüentemente, o custo total de energia elétrica na indústria, utilizando-se o valor de R\$ 0,821/kWh (PODER360, 2022). A Tabela 34 expõe os valores calculados.

Tabela 34 - Custo total com energia elétrica na indústria

(Continua)

Equipamento	Código	Potência (kW)	KWh/dia	Valor kWh (R\$)	Valor anual (R\$)
Lavador e descascador	DS-201	15,00	360,00	0,82	94.579,20
Moedor	M-201	282,50	6.780,00	0,82	1.781.241,60
Peneiras centrífugas	P-201	46,00	1.104,00	0,82	290.042,88
Centrífuga 1	C-201	65,00	1.560,00	0,82	409.843,20
Centrífuga 2	C-202	33,50	804,00	0,82	211.226,88
Filtro rotativo a vácuo	F-201	6,00	144,00	0,82	37.831,68

					(Conclusão)
Filtro prensa	FP-201A a 201C	7,50	180,00	0,82	47.289,60
Flash dryer	FD-201	230,00	5.520,00	0,82	1.450.214,40
Bombas	B-101 a B-219	54,80	1.315,29	0,82	345.551,92
Câmaras frias	CF-201 a CF-203	205,44	4.930,56	0,82	1.295.356,72
Embaladora	E-201	3,50	84,00	0,82	22.068,48
Outros	-	47,46	1.139,09	0,82	299.262,33
Total (R\$)					6.284.508,89

Fonte: Autores, 2022.

A parcela de vapor demandado que não provém da caldeira a biogás é de aproximadamente 24 ton/dia. Para a geração do vapor, optou-se pela queima de cavacos de madeira, que, segundo Eucalyptus (2022), é capaz de gerar 962,90 kg de vapor/m³ de cavacos, considerando-se 30% de umidade. Como o preço do m³ de cavaco de eucalipto é de aproximadamente R\$ 50,00 (MFRURAL, 2022), estimou-se o gasto total anual para esta utilidade. A Tabela 35 expõe o custo total anual para as utilidades, considerando tanto energia elétrica quanto a geração de vapor.

Tabela 35 - Custo total com utilidades

Utilidade	Quantidade	Valor anual (R\$)
Energia elétrica (kWh/dia)	23.920,94	6.284.508,89
Vapor (ton/dia)	24,00	398.795,31
Total (R\$)		6.683.304,19

Fonte: Autores, 2022.

7.3.3 Laboratório e análises laboratoriais

Estes são os custos de insumos dos laboratórios (Tabela 36), estimados para a realização de todas as análises necessárias anualmente.

Tabela 36 - Custos anuais com insumos de laboratório

Material	Quantidade	Valor (R\$)	Valor total (R\$)
3M Molecular Detection Assay (96/cx)	10	3.585,86	35.858,60
Agar Mannitol-egg yolk-polymyxin	2	486,46	972,92
Pipeta Pasteur 3 mL	100	1,30	130,00
Placa de Petri(10/cx)	100	10,18	1.018,00
Solução Tampão pH 4	1	65,00	65,00
Solução Tampão pH 7	1	65,00	65,00
Total			R\$ 38.109,52

Fonte: Autores, 2022.

7.3.4 Tratamento de resíduos

Os custos variáveis do tratamento de resíduos são referentes ao volume de resíduos tratados pela ETE, e foram estimados com base na geração anual de efluentes. Segundo Bardini (2008), o custo médio de tratamento do efluente gerado por uma fecularia de Santa Catarina é de R\$ 0,30/m³ de efluente gerado. Considerando a vazão de efluente de 80.948,74 L/h (consultar subseção 5.6), em um ano produz-se 505.120,14 m³ de efluente, acarretando em um gasto de R\$ 151.536,04 anual com tratamento de efluente.

7.3.5 Comercialização

Os custos com comercialização contemplam os custos com comissão de venda e frete, além de impostos e o custo da embalagem do produto (Tabela 37). Para a embalagem serão utilizados sacos de PEBD leitoso de 25 kg, conforme consultado no site da WR Embalagens, o *pack* com mil sacos destes custa R\$ 335,19. Considerando a produção anual, seriam necessários 815.600 sacos ao ano.

Tabela 37 - Custos com embalagens

Embalagem	Quant.	Preço un.(R\$)	Preço total (R\$)
Sacos de PEBD leitoso	815.600	R\$ 0,33519	R\$ 273.380,96

Fonte: Autores, 2022.

Tendo determinado uma comissão de vendas e também de transporte ambas de 3% do valor de venda, e como o ICMS no estado do Paraná é de 18%, de acordo com a Secretaria da Fazenda do estado do Paraná (2022), e a COFINS corresponde a 3% do valor de venda, de acordo com o JornalContábil (2022). Assim, levando em consideração que cada saco de 25 kg será vendido por R\$ 300,00, todos os custos relacionados à comercialização de cada saco do produto, estão dispostos na Tabela 38.

Tabela 38 - Custos com comercialização

Item	Valor (R\$)	Valor total (R\$)
Comissão de venda	3%	9,00
Comissão de frete	3%	9,00
COFINS	3%	9,00
Embalagem	R\$ 0,335	0,34
ICMS	18%	54,00
Total		R\$ 81,34

Fonte: Autores, 2022.

7.4 ANÁLISE DO INVESTIMENTO

7.4.1 Custos

7.4.1.1 Custos de implementação

A Tabela 39 apresenta o detalhamento do investimento inicial para a instalação da indústria, considerando apenas os itens essenciais para a operação da mesma. Nas tabelas subsequentes (Tabela 40 e 41), está o detalhamento dos custos fixos e variáveis que a empresa terá.

Tabela 39 - Detalhamento do Investimento Inicial para Implementação da Indústria

Item	Valor (R\$)
Construção do Galpão Industrial	1.587.596,00
Terreno	17.160.750,00
Licenças	2.203,12
Seguro	318.715,50
Aquisição de equipamentos	9.265.497,56
Tubulações e acessórios	263.045,80
Materiais de escritório e laboratório	110.648,30
Instrumentação e controle	123.935,17
Câmaras frias	1.044.470,50
Implementação da estação de tratamento de efluentes	3.900.000,00
Total	R\$31.870.550,45

Fonte: Autores, 2022.

7.4.1.2 Custos fixos

A Tabela 40 apresenta o compilado dos valores de custo com encargos trabalhistas, equipamentos de segurança e seguros, conforme detalhado anteriormente. Considera-se portanto, estes como sendo custos fixos.

Tabela 40 - Custos fixos

CUSTOS FIXOS	
Encargos Trabalhistas	R\$ 2.953.517,88
Equipamentos de segurança	R\$ 20.889,97
Seguros	R\$ 318.705,5
Total	R\$ 3.293.113,35

Fonte: Autores, 2022.

7.4.1.3 Custos variáveis

A Tabela 41 apresenta custos com matérias primas e insumos, utilidades, laboratório e análises laboratoriais, tratamento de resíduos, assim como os gastos com comercialização. Sendo estes, portanto, custos variáveis do processo produtivo.

Tabela 41 - Custos variáveis

CUSTOS VARIÁVEIS	
Matérias primas e insumos	R\$ 126.302.182,70
Utilidades	R\$ 6.683.304,19
Laboratório e análises laboratoriais	R\$ 38.109,52
Tratamento de resíduos	R\$ 151.536,04
Comercialização	R\$ 277.462,30
Total	R\$ 133.452.594,75

Fonte: Autores, 2022.

7.4.2 Lucro Bruto

O valor do lucro bruto do processo é obtido pelo valor total arrecadado com as vendas, subtraindo os custos de produção. Assim, com a venda dos 815.600 sacos que é proposto, deverá ser arrecadado R\$ 244.680.000,00 anualmente, com os custos fixos de R\$ 3.293.113,35 e custos variáveis de R\$ 133.452.594,75. Além dos custos de comercialização, de R\$ 66.336.980,96, se obtém um lucro bruto de R\$ 35.709.783,96.

7.4.3 Fluxo de Caixa

A projeção do fluxo de caixa representa uma estimativa sobre os valores futuros de entradas no caixa da empresa, ou seja, o quanto a empresa recebeu naquele período. O cálculo para a obtenção do mesmo é realizado por meio da soma do lucro líquido e depreciação, forma mais utilizada dentre as empresas para o cálculo deste indicador. Para isso, foi necessário a elaboração da Tabela 42 para demonstração do resultado do exercício (DRE), conforme estabelecido pelas Normas Brasileiras de Contabilidade. Após a apuração do lucro

líquido somou-se a depreciação, visto que o segundo não representa a saída de caixa. Destaca-se que a projeção da DRE foi realizada somente para os primeiros cinco anos, pois ao considerar a capacidade produtiva máxima os valores pouco se alteram e o processo se repete.

É necessário que ao longo dos anos a empresa registre um fluxo de caixa positivo para que apresente retorno em relação aos investimentos e trabalhe com a possibilidade de consolidação e expansão no setor alimentício. Como premissa, considerou-se que as receitas cresçam à medida que a empresa torna-se mais eficiente em seus processos produtivos e se estabelece no mercado. No primeiro ano, o faturamento corresponderá a 50%, seguido de 75% e 100% da capacidade produtiva nos anos subsequentes. A Tabela 43 apresenta a projeção de fluxo de caixa para os próximos 10 anos de operação.

Tabela 42 - Demonstração do resultado do exercício

Demonstração do Resultado do Exercício					
	1	2	3	4	5
Receita Total	R\$ 122.340.000,00	R\$ 183.510.000,00	R\$ 244.680.000,00	R\$ 244.680.000,00	R\$ 244.680.000,00
(-) ICMS	R\$ 14.680.800,00	R\$ 22.021.200,00	R\$ 29.361.600,00	R\$ 29.361.600,00	R\$ 29.361.600,00
(-) PIS/COFINS	R\$ 4.465.410,00	R\$ 6.698.115,00	R\$ 8.930.820,00	R\$ 8.930.820,00	R\$ 8.930.820,00
(=) Receita líquida	R\$ 103.193.790,00	R\$ 154.790.685,00	R\$ 206.387.580,00	R\$ 206.387.580,00	R\$ 206.387.580,00
(-) CMV	R\$ 64.372.578,19	R\$ 94.726.637,03	R\$ 126.302.182,70	R\$ 126.302.182,70	R\$ 126.302.182,70
(=) Lucro bruto	R\$ 38.821.211,81	R\$ 60.064.047,98	R\$ 80.085.397,30	R\$ 80.085.397,30	R\$ 80.085.397,30
(-) Despesas comerciais	R\$ 1.835.100,00	R\$ 4.128.975,00	R\$ 7.340.400,00	R\$ 7.340.400,00	R\$ 7.340.400,00
(-) Despesa Energ. Elétrica	R\$ 3.341.652,10	R\$ 5.012.478,14	R\$ 6.683.304,19	R\$ 6.683.304,19	R\$ 6.683.304,19
(-) Despesa adm.	R\$ 255.272,10	R\$ 382.908,15	R\$ 510.544,20	R\$ 510.544,20	R\$ 510.544,20
(-) Despesa dep.	R\$ 838.241,80	R\$ 1.257.362,70	R\$ 1.676.483,60	R\$ 1.676.483,60	R\$ 1.676.483,60
(-) Despesa financ.	R\$ 6.453.566,66	R\$ 6.692.815,59	R\$ 6.254.595,53	R\$ 5.816.375,46	R\$ 5.378.155,39
(=) LAIR	R\$ 26.097.379,16	R\$ 42.589.508,39	R\$ 57.620.069,78	R\$ 58.058.289,85	R\$ 58.496.509,92
(-) IRPJ	R\$ 6.524.344,79	R\$ 10.647.377,10	R\$ 14.405.017,45	R\$ 14.514.572,46	R\$ 14.624.127,48
(-) CSLL	R\$ 2.348.764,12	R\$ 3.833.055,75	R\$ 5.185.806,28	R\$ 5.225.246,09	R\$ 5.264.685,89
(=) Lucro Líquido	R\$ 17.224.270,24	R\$ 28.109.075,54	R\$ 38.029.246,06	R\$ 38.318.471,30	R\$ 38.607.696,55

Fonte: Autores, 2022.

Tabela 43 - Projeção do fluxo de caixa operacional para 10 anos

Ano	Fluxo de caixa Operacional			
	Lucro Líquido	Depreciação	Fluxo de caixa	Saldo
0			-R\$ 28.875.018,61	
1	R\$ 17.224.270,24	R\$ 838.241,80	R\$ 18.062.512,04	-R\$ 10.812.506,57
2	R\$ 28.109.075,54	R\$ 1.257.362,70	R\$ 29.366.438,24	R\$ 18.553.931,67
3	R\$ 38.029.246,06	R\$ 1.676.483,60	R\$ 39.705.729,66	R\$ 58.259.661,33
4	R\$ 38.318.471,30	R\$ 1.676.483,60	R\$ 39.994.954,90	R\$ 98.254.616,23
5	R\$ 38.607.696,55	R\$ 1.676.483,60	R\$ 40.284.180,15	R\$ 138.538.796,38
6	R\$ 38.607.696,55	R\$ 1.676.483,60	R\$ 40.284.180,15	R\$ 178.822.976,53
7	R\$ 38.607.696,55	R\$ 1.676.483,60	R\$ 40.284.180,15	R\$ 219.107.156,68
8	R\$ 38.607.696,55	R\$ 1.676.483,60	R\$ 40.284.180,15	R\$ 259.391.336,82
9	R\$ 38.607.696,55	R\$ 1.676.483,60	R\$ 40.284.180,15	R\$ 299.675.516,97
10	R\$ 38.607.696,55	R\$ 1.676.483,60	R\$ 40.284.180,15	R\$ 339.959.697,12

Fonte: Autores, 2022.

7.4.4 Financiamento

Para o cálculo do financiamento, utilizou-se apenas os itens relacionados à implantação da unidade industrial (Tabela 39). Dessa forma, a empresa necessitará de um investimento inicial para sua construção de R\$32.083.354,01 realizando-se um financiamento de 90% deste valor (R\$28.875.018,61) via Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Os 10% restantes (R\$2.801.393,30) serão provenientes de investidores. A taxa de juros do BNDES é de 12,35% a.a. (GUIA DO FINANCIAMENTO BNDES, 2022) com período de quitação de 10 anos. A taxa é composta por uma parcela de custo financeiro, no caso a taxa Selic vigente de 13,75% a.a. (FERRARI, 2022). Para o cálculo da taxa de juros utilizou-se a Equação 4:

$$\text{Taxa de juros} = (1 + \text{Taxa SELIC}).(1 + \text{Taxa BNDES}) - 1 \quad (4)$$

As prestações foram calculadas com base no Sistema de Amortização Crescente (SACRE, 2022), conforme apresentado Tabela 44:

Tabela 44 - Custos com Financiamento

Ano	Custo do financiamento do investimento inicial			
	Saldo devedor	Amortização	Juros	Prestação
0	R\$ 28.875.018,61			
1	R\$ 25.987.516,75	R\$ 2.887.501,86	R\$ 3.566.064,80	R\$ 6.453.566,66
2	R\$ 23.100.014,89	R\$ 2.887.501,86	R\$ 3.209.458,32	R\$ 6.096.960,18
3	R\$ 20.212.513,03	R\$ 2.887.501,86	R\$ 2.852.851,84	R\$ 5.740.353,70
4	R\$ 17.325.011,17	R\$ 2.887.501,86	R\$ 2.496.245,36	R\$ 5.383.747,22
5	R\$ 14.437.509,30	R\$ 2.887.501,86	R\$ 2.139.638,88	R\$ 5.027.140,74
6	R\$ 11.550.007,44	R\$ 2.887.501,86	R\$ 1.783.032,40	R\$ 4.670.534,26
7	R\$ 8.662.505,58	R\$ 2.887.501,86	R\$ 1.426.425,92	R\$ 4.313.927,78
8	R\$ 5.775.003,72	R\$ 2.887.501,86	R\$ 1.069.819,44	R\$ 3.957.321,30
9	R\$ 2.887.501,86	R\$ 2.887.501,86	R\$ 713.212,96	R\$ 3.600.714,82
10	R\$ 0,00	R\$ 2.887.501,86	R\$ 356.606,48	R\$ 3.244.108,34
Total		R\$ 28.875.018,61	R\$ 19.613.356,39	R\$ 48.488.375,00

Fonte: Autores, 2022.

7.4.5 Taxa de Mínima Atratividade (TMA)

A taxa mínima de atratividade representa o menor valor de retorno que o investimento precisa ter para se tornar atrativo ao investidor frente a outras opções de investimento disponíveis. A forma mais usual de definir a TMA é considerando-a igual a taxa básica de juros (SELIC), logo a TMA deste empreendimento foi definida em 13,75%, valor definido para a SELIC pelo Comitê de Política Monetária (Copom) em 3 de agosto de 2022.

7.4.6 Valor Presente Líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido é um indicador financeiro que permite conhecer o valor atual do retorno de um investimento, ou então, a estimativa de criação de valor após um investimento. O VPL leva em consideração a valorização e desvalorização do dinheiro com o tempo, e para isso leva em consideração o fluxo de caixa no período. A sua análise permite

decidir se um projeto é viável ou não, ou comparar entre vários projetos qual é mais rentável ao longo do tempo. Para o projeto em questão foi obtido um VPL de R\$ 136.069.561,22.

7.4.7 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Assim como o valor presente líquido, a taxa interna de retorno determina se um projeto ou investimento é viável ou não. A TIR é uma taxa de desconto hipotética que um fluxo de caixa deve ter para que o seu VPL se iguale a zero, e deve ser comparada com a TMA para se dizer se um projeto é viável ou não. Quanto a TIR é maior que a TMA, o projeto é considerado viável, e se o oposto for verdade, ele é inviável. Para o presente projeto obteve-se uma TIR de 93%, valor muito superior a TMA, portanto o projeto é viável.

7.4.8 *Payback time*

O *payback time* é um indicador do tempo de retorno de um investimento que nos diz, basicamente, quanto tempo levará para um investimento se pagar. Ele é utilizado para analisar a viabilidade de um investimento com relação ao seu prazo de retorno. Sendo assim o tempo de retorno para o presente projeto é de 2 anos.

8 CONCLUSÃO

Os amidos modificados têm ganhado cada vez mais notoriedade na indústria, devido a necessidade de produtos com qualidade melhorada e com propriedades físico-químicas que se encaixem em usos específicos, como os relacionados a novos hábitos na alimentação provocados por mudanças na rotina, principalmente nos grandes centros urbanos. Tendo em vista esta tendência, a crescente demanda por essa classe de produtos e a presença em destaque do Brasil no mercado agro-industrial global, o presente trabalho analisou a produção de amido modificado, diferentes rotas para obtenção e a viabilidade do investimento em uma indústria desse tipo.

O processo industrial objetivou a dupla modificação do amido por fosfatação, para isso obteve-se o amido a partir das raízes da mandioca, realizou-se a reação com os modificadores químicos e por fim obteve-se o produto seco e embalado, pronto para uso. Para a instalação da indústria foi escolhida a cidade de Maringá, no Paraná, devido à alta produção de raízes de mandioca no estado, como também pelos incentivos econômicos à instalação de indústrias, e sua localização próxima a rodovias, que facilitam o escoamento da produção aos principais centros urbanos do país (Rio de Janeiro e São Paulo). Além da preocupação com a qualidade do produto, buscou-se gerar o menor impacto ambiental possível com a implementação da planta, para isso destaca-se o processo de biodigestão dos efluentes que tem como produto o biogás, a ser usado na geração de vapor da indústria, e um líquido rico em nutrientes, que pode ser usado na técnica de fertirrigação sendo disponibilizado para uso dos produtores que fornecem as raízes para a indústria.

O projeto estimou uma produção anual de 20.390 toneladas de fosfato de diamido fosfatado, o que resulta em um lucro bruto de R\$ 35,7 milhões ao ano. Com isso, a análise econômica trouxe resultados muito positivos, comprovando a viabilidade econômica do empreendimento. A taxa interna de retorno foi de 93% e o tempo de *payback* de apenas 2 anos. Por fim, conclui-se que a implementação da indústria proposta é viável e atraente economicamente. O fosfato de diamido fosfatado é um produto com uma grande gama de aplicações e há um grande potencial no Brasil para a produção desse tipo de produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADICEL. **Amido modificado de mandioca para panificação.** Disponível em: <https://www.adicel.com.br/amidos/amido-modificado-de-mandioca-para-panificacao-amd21-25kg?parceiro=2144&utm_source=google&utm_medium=cpc&keyword=&gclid=Cj0KCQjw6pOTBhCTARIsAHF23fKS4vdDfwN3YgNIO5dPNjgUdnVaSsemF2LDxOUF2sqwtNpLT6IZzDcaAh2BEALw_wcB>. Acesso em 22 de junho de 2022.

ADICEL. **Amido modificado de mandioca.** Disponível em: <<https://www.adicel.com.br/amidos-e-farinhas/amido-modificado-de-mandioca-500g/>>. Acesso em 05 de abril de 2022.

AMORI, A A.; SANDOYIN, A Y; **Aerobic composting of cassava peels using cowdung serage sludge and poultry manure as supplements.** Agricultural and Environmental Engineering Department, 2013.

ATTSU TERMICA S.L. **Steam Boilers H Series.** Disponível em: <<https://pdf.directindustry.com/pt/pdf-en/attsu-termica-sl/h/37754-972285.html>>. Acesso em 06 de julho de 2022.

BACKHURST, J. R.; HARKER, J. H. **Tecnologia química.** Lisboa: Fundação CalousteGulbenkian, v. 1 de 4.

BEMILLER, J.N. **Starch modification: challenges and prospects.** Starch/Stärke, v. 49, n. 4, p 31- 127, 1997.

BORBA. V.S; SILVEIRA, C. O; ALVES, J. B; GROPELLI, V. M.; BADIALE-FURLONG, E. **Modificações do amido e suas implicações tecnológicas e nutricionais.**

BOSIDA. **RU Series Super Rasper.** Disponível em: <http://www.bosidachina.com/English/zlkjpor_view.asp?id=36>. Acesso em 15 de junho de 2022.

BROWN, G. G. **Operaciones básicas de la ingeniería química.** Barcelona: Marin,1965.

CALORISOL. **HIDROSSILICATO DE CÁLCIO.** 2004. Disponível em: <<https://www.calorisol.com/hidrossicalato.htm>> Acesso em: 06 de julho de 2022.

CASA & VÍDEO - **Cadeiras de escritório.** Disponível em: <<https://www.casaevideo.com.br/kit-com-06-capas-de-cadeira-para-escritorio-pink-184942/p?idsku=182273>>. Acesso em: 30 de julho de 2022.

CASAS BAHIA - **Telefone.** Disponível em: <https://www.casasbahia.com.br/telefone-com-fio-intelbras-gondola-tc20-5097/p/5097?utm_medium=Cpc&utm_source=google_freelisting&IdSku=5097&idLojista=10037&tipoLojista=1P>. Acesso em: 30 de julho de 2022.

CASTANHO. CALANDRA FLATWORK. Disponível em: <
http://interhospitalar.com.br/images/lavanderia/manual/MM_LC_16_Rev_A_Port.pdf
 Acesso em: 06 de julho de 2022. >

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA, CEPEA. Mandioca. São Paulo, 2022. Disponível em:
<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/mandioca.aspx>. Acesso em 01 maio 2022.

CEPEA. PRODUÇÃO E CONSUMO DE FÉCULA DE MANDIOCA NO BRASIL. Disponível em:
 <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/opinio-ao-cepea/producao-e-consumo-de-fecula-de-mandio-ca-no-brasil.aspx>>. Acesso em: 22 de novembro de 2021.

CEREDA MP. (Coord.). Culturas de tuberosas amiláceas latino americanas: propriedades gerais do amido. Campinas: Fundação Cargill; 2001. 221p.

CETESB. Ficha de informação de produto químico. Disponível em:
 <https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=%C1CIDO%20FOSF%D3RICO>. Acesso em 30 de novembro de 2021.

COELHO, Jackson Dantas. Produção de mandioca: raiz, farinha e fécula. Caderno Setorial ETENE. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 3, n.102, 2018.

CONAB. Análises do mercado agropecuário e extrativista. Disponível em:
 <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analise-s-do-mercado/historico-mensal-de-mandioca/item/download/15257_cbda3c716a5046d0700dc831c240a234>. Acesso em: 15 de novembro de 2021.

CTB. Calor Específico. Disponível em:
 <<https://www.ctborracha.com/borracha-sintese-historica/propriedades-das-borrachas-vulcanizadas/propriedades-fisicas/propriedades-termicas/calor-especifico/>>. Acesso em 26 de julho de 2022.

DEL BEM - MODIFICAÇÃO QUÍMICA DE AMIDO DE MANDIOCA E APLICAÇÃO EM EMULSÃO. Disponível em:
 <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/137902/delbem_ms_me_bot.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acesso em 04 de dezembro de 2021.

DEL BIANCHI, V. L. Balanço de massa e de energia do processamento de farinha de mandioca em uma empresa de médio porte do Estado de São Paulo, 1998. 118 p. Tese (Doutorado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.

DOUGLAS, J. M. Conceptual design of chemical processes. New York: McGraw-Hill, 1988.

DOURADO D.P.; MACÊDO D. A.; NOGUEIRA W. A.; LÁZARI T. M.; MURAISHI C. T. POTENCIALIDADE DA CASCA DA MANDIOCA COMO RESÍDUO PROVENIENTE DE FECULARIA.

E.BONE. **LAVADORA EB50.** Disponível em: <<https://www.ebonefood.com.br/produtos/lavadoras/lavadora-eb-50/>> Acesso em: 06 de julho 2022.

ECONODATA. **Ranking das 100 Maiores Empresas de Sorvete em São Paulo.** Disponível em: <<https://www.econodata.com.br/maiores-empresas/sp/sorvete>>. Acesso em 20 de novembro de 2021.

EFSA JOURNAL. **Re-evaluation of oxidised starch (E 1404), monostarchphosphate (E 1410), distarch phosphate (E 1412), phosphated distarch phosphate (E 1413), acetylated distarch phosphate (E 1414), acetylated starch (E 1420), acetylated distarch adipate (E 1422), hydroxypropyl starch (E 1440), hydroxypropyl distarch phosphate (E 1442), starch sodium octenyl succinate (E 1450), acetylated oxidised starch (E 1451) and starch aluminium octenylsuccinate (E 1452) as food additives.**

ELSEVIER - International Journal of Biological Macromolecules, em relação a **Preparação e Propriedades de Amidos Fosfatados de Raízes Tuberosas** (LEONEL, et. al, 2021).

EMBRAPA – **Colheita e pós-colheita.** Disponível em: <Colheita e pós-colheita (embrapa.br)>. Acesso em 18 de outubro de 2021.

EMBRAPA. **Efeito do Processo de Fabricação da Farinha de Mandioca.** Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/903120/1/Doc.267.pdf>>. Acesso em: 15 de abril de 2022.

EMBRAPA. **Manipueira, um líquido precioso.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18147209/manipueira-um-liquido-precioso>>. Acesso em: 19 de julho de 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA. **Culturas anuais.** Porto Alegre, [s.d]. Disponível em: https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/culturas_anuais/livros/A%20CULTURA%20DA%20MANDIOCA%20SISTEMAS%20DE%20PRODUCAO%20EMBRAPA.pdf. Acesso em: 18 novembro 2021.

EUCALYPTUS. **Geração de vapor por metro cúbico de biomassa florestal.** Disponível em: <https://www.eucalyptus.com.br/eucaexpert/Pergunta_1346.pdf>. Acesso em 04 de agosto de 2022.

EVERYCHINA. **Industrial Cassava Flour Processing Equipment , Cassava Washing Machine.** Disponível em: <<https://www.everychina.com/p-z52fd5f2-110205005-industrial-cassava-flour-processing-equipment-cassava-washing-machine.html>>. Acesso em 15 de junho de 2022.

FAO. **CODEX ALIMENTARIUS.** Disponível em: <<https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/>>. Acesso em 05 de dezembro de 2021.

FAZ FORTE. **Caixa d'água cilíndrica.** Disponível em: <<http://www.fazforte.com.br/caixa-dagua-cilindrica.php?gclid=CjwKCAjwh-CVBhB8EiwAj>>

FEPGexHydL_z5Rt-StWLUQc_uxI0YKqtK-NV_PCEHEfpBksnngURAmyuxoCnvoQAvD_BwE>. Acesso em 05 de Julho de 2022.

FELDER, R. M.; ROUSSEAU, R. W. **Elementary principles of chemical processes**.3.ed. New York: John Wiley, 2000.

FERNANDES, D. S. **PRODUÇÃO DE AMIDO FOSFATADO NATIVO DE MANDIOCA: INFLUÊNCIA DO ESTÁDIO DE DESENVOLVIMENTO DA PLANTA E ADUBAÇÃO FOSFATADA.**

FERREIRA COSTA - **Mesa de Escritório.** Disponível em: <https://www.ferreiracosta.com/Produto/443873/mesa-para-escritorio-163x60-cm-branca-tecn-omobili?region_id=222222>. Acesso em: 30 de julho de 2022.

FIBRATEC, **Catálogo completo Fibratec Engenharia,** 2022. Disponível em: <<https://fibratec.com.br/produtos/reservatorio-para-grandes-volumes/>>. Acesso em 05 de junho de 2022.

FICHA TÉCNICA DE PRODUTO - AMD 21 – **AMIDO DE MANDIOCA MODIFICADO PARA PANIFICAÇÃO.** Disponível: <https://drive.google.com/file/d/1Zv4hCPdL5Gc10A7GT_ON8FAmL-H4ExYY/view>. Acesso em 25 de junho de 2022.

FLOTTWEG. “**Viscosidade cinemática/dinâmica (tenacidade, coeficiente do atrito interno)**”. 2022. Disponível em: <<https://www.flottweg.com/pt/wiki/tecnologia-de-separacao/viscosidade-dinamica/>>. Acesso em 23 de junho de 2022.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Food and agriculture data.** Disponível em: <www.faostat.org>. Acesso em 04 de dezembro de 2021.

FOUST,A. et al. **Princípios de operações unitárias.** 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois,1982.

GAZETA DO POVO - **Imóveis são mais caros em Maringá.** Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/economia/imoveis-sao-mais-caros-em-maringa-a29xxbizpdygenpn1rtwf21ji/>>. Acesso em: 27 de julho de 2022.

GAZZOLA, J.; DÉPIN, M. H. **ASSOCIAÇÃO ENTRE CONSUMO DE GORDURA TRANS E O DESENVOLVIMENTO DE DOENÇAS CARDIOVASCULARES (DCV).**

GOMIDE, R. **Operações unitárias.** 2.ed. São Paulo,v.1,1991.

GOVERNO DO BRASIL. **Você sabe a diferença entre sobrepeso e obesidade?.** Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-brasil/eu-quero-ter-peso-saudavel/noticias/2021/voce-sabe-a-diferenca-entre-sobrepeso-e-obesidade>>. Acesso em: 16 de novembro de 2021.

GROSSMAN, J. & FREITAS, A. G. **Determinação do teor de matéria seca pelo método de peso específico em raízes de mandioca.** Revista Agrônômica, 14, p. 75-80, 1950.

GUERRA, D.L.; APARECIDA, L.P.; ANTONIO, J.G.A.; VALMOR, C.R.; **Use of sanitizants on the reduce of microbial rate of cassava minimally processed.** *Tecnologia alimentos*. 2005. Disponível em <[https://www.scielo.br/j/cr/a/MXsqgbbhZnQtDR7mhHD9jVy/?lang=pt#:~:text=A%20desinfec%C3%A7%C3%A3o%20de%20toletes%20de,OLIVEIRA%20et%20al%20\(2003\)](https://www.scielo.br/j/cr/a/MXsqgbbhZnQtDR7mhHD9jVy/?lang=pt#:~:text=A%20desinfec%C3%A7%C3%A3o%20de%20toletes%20de,OLIVEIRA%20et%20al%20(2003)>)>. Acesso em 03 de junho de 2022.

HIMMELBLAU, D.M. **Optimization of chemical process**. New York: McGraw-Hill, 1990.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. ZENEBO, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. (Org.). São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

IBGE. **Maringá**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/maringa/panorama>>. Acesso em 01 de abril de 2022.

IBGE. **Paraná**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/pesquisa/14/10334?indicador=10335&localidade1=0>>. Acesso em 01 de abril de 2022.

INDIAMART. **Carbon Steel Pipe**. Disponível em: <<https://www.indiamart.com/proddetail/carbon-steel-pipe-7643572533.html>>. Acesso em: 01 de agosto de 2022.

ÍNDICE. **Fosfato dipotássico**. Disponível em: <<https://www.indice.eu/pt/medicamentos/DCI/fosfato-dipotassico/informacao-geral>>. Acesso em 08 de dezembro de 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Produção Agrícola - Lavoura Temporária**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/14/10334>>. Acesso em 20 novembro 2021.

JALECOS WM - **Jaleco**. Disponível em: <https://www.jalecoswm.com.br/jaleco-feminino-brim-branco-manga-longa-sem-bordado?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&sku=Y76RT6732-com-punho-m>. Acesso em: 30 de julho de 2022.

JP INFORMÁTICA - **Computador Completo**. Disponível em: <https://www.jpcomerciobh.com.br/promocao-computador-completo-intel-core-2-duo-kit-teclado-e-mouse-monitor-de-17?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant>. Acesso em: 30 de julho de 2022.

JX FILTRATION - **Disc Centrifuge**. Disponível em: <https://shop.filtrationchina.com/products/disc-centrifuge?variant=39922873335882¤cy=USD&utm_medium=product_sync&utm_source=google&utm_content=sag_organic&utm_campaign=sag_organic&gclid=Cj0KCQjwio6XBhCMARIsAC0u9aGYyAlvg-b2OuMtR5xMunMIJEGfUpFHe_9hdCQ1jg5AFENSnfLBedUaAjIxEALw_wcB>. Acesso em: 02 de agosto de 2022.

JX FILTRATION - **Drum Filter.** Disponível em: <https://shop.filtrationchina.com/products/scrapper-discharge-vacuum-drum-filter?variant=39893408415818¤cy=USD&utm_medium=product_sync&utm_source=google&utm_content=sag_organic&utm_campaign=sag_organic&gclid=Cj0KCQjwio6XBhCMARIsAC0u9aEZXJBRTIVPt3Skr0xn7Yq995b9ub0IEr0v1zK7cwxsQl2AOhSt7kaAnPUEALw_wcB>. Acesso em: 02 de agosto de 2022.

JX FILTRATION - **Stainless Steel Rotary Vibrating Sieve Sifter Machine.** Disponível em: <https://shop.filtrationchina.com/products/stainless-steel-rotary-vibrating-sieve?variant=39891979173962¤cy=USD&utm_medium=product_sync&utm_source=google&utm_content=sag_organic&utm_campaign=sag_organic&gclid=Cj0KCQjwio6XBhCMARIsAC0u9aEq4Dfk4MgFDgOy7I05Ek3gpxJu1It6281aKisnbSACnBk9PaUUAUaAhdIEALw_wcB>. Acesso em: 02 de agosto de 2022.

LARSSON SWEDEN. **Catálogo completo Filtro Rotativo**, 2022. Disponível em: <<https://www.larssonsweden.com/brazil/product/rotary-vacuum-filter/>>. Acesso em 05 de junho de 2022.

LARSSON SWEDEN. **Catálogo completo Peneira Centrífuga**, 2022. Disponível em: <<https://www.larssonsweden.com/brazil/wp-content/uploads/sites/4/2016/06/DO0003001-A4.2.1-PT-Paneira-Centrifuga-GL600-850-1050.pdf>>. Acesso em 05 de junho de 2022.

LEGISWEB. **Resolução CONAMA N° 237 DE 19/12/1997.** Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=95982>>. Acesso em 15 de outubro de 2021.

LEONEL, M.; JACKEY, S; CEREDA, M.P. **PROCESSAMENTO INDUSTRIAL DE FÉCULA DE MANDIOCA E BATATA DOCE - UM ESTUDO DE CASO.** Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cta/a/yVsHN4qVwY9hFvxqsF6fH4s/?lang=pt#>>. Acesso em: 25 de maio de 2022.

LEROY MERLIN - **Impressora.** Disponível em: <https://www.leroymerlin.com.br/impressora-multifuncional-hp-deskjet-ink-advantage-2774-wi-fi-usb_1567325832?region=outros>. Acesso em: 30 de julho de 2022.

MACINTYRE, A. J. **Bombas e Instalações de Bombeamento.** 2ª. ed. LTC, 1987.

MACINTYRE, A. J.; **Instalações Hidráulicas - Prediais e Industriais.** 4ª. ed. LTC, 2010.

MADEINCHINA. **De fundo plano 10000 toneladas de pelotas de grãos silos de armazenamento.** Disponível em: <https://pt.made-in-china.com/co_ricedryer/product_Flat-Bottom-10000ton-Grain-Pellets-Storage-Silos_uoguhyyhry.html> Acesso em 16 de junho de 2022.

MAGAU - **Ar Condicionado.** Disponível em: <https://www.magazineluiza.com.br/ar-condicionado-split-consul-9000-btus-frio-220v-cbo9cbbna/p/fdg5b6ekd1/ar/arsp/?&seller_id=continentalcenter>. Acesso 30 de julho de 2022.

MAKALVES. **Esteira transportadora.** Disponível em: <<https://www.makalves.com.br/categoria/equipamentos/1>>. Acesso em: 15 de junho de 2022.

MARINGÁ PREFEITURA - Prefeitura fará licitação de terrenos no Parque Industrial em fevereiro. Disponível em: <<http://www.maringa.pr.gov.br/site/noticias/2022/01/24/prefeitura-fara-licitacao-de-terrenos-no-parque-industrial-em-fevereiro/39181>>. Acesso em: 27 de julho de 2022.

MARKETS AND MARKETS. **Modified Starch Market by Raw Material (Corn, Cassava, Potato, Wheat), End-User (Food & Beverages, Feed, and Industrial), Form (Dry and Liquid), and Region (North America, Europe, APAC, South America, Rest of the World) - Global Forecast to 2027.** Disponível em: <<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/modified-starch-market-511.html>>. Acesso em 20 de novembro de 2021.

MARQUESFUND. **Esteiras transportadoras.** Disponível em: <<http://www.marquesfund.com.br/produto/maquinas/23>>. Acesso em 16 de junho de 2022.

McCABE, W.L.; SMITH, j.c. **Unit operations of chemical engineering.** 5. ed. New York: McGraw-Hill, 1993.

MFRURAL. **Cavaco.** Disponível em: <<https://www.mfrural.com.br/detalhe/349069/cavaco>>. Acesso em: 03 de agosto de 2022.

MILKPOINT. **Reconhecimento aos Melhores em Produção de Silagem.** Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/colunas/esalqlab/reconhecimento-aos-melhores-em-producao-de-silagem-209665/>>. Acesso em: 18 de julho de 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **PORTARIA N° 540, DE 27 DE OUTUBRO DE 1997.** Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs1/1997/prt0540_27_10_1997.html>. Acesso em 15 de outubro de 2021.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **RESOLUÇÃO-RDC N° 12, DE 2 DE JANEIRO DE 2001.** Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2001/res0012_02_01_2001.html>. Acesso em 15 de outubro de 2021.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO (MDIC) - **Estudo de viabilidade técnica e econômica destinado à implementação do parque produtivo nacional de aditivos da indústria de alimentação de animais de produção.** Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/carne-bovina/anos-anteriores/estudo-de-viabilidade-tecnica-e-economica-destinado-a-implantacao-do-parque-produtivo-nacional-de-aditivo-da-industria-de-alimentacao-de-animais-de-producao-mdic.pdf/view>>. Acesso em: 05 de dezembro de 2021.

MONTORO, 2012 - **Filtração.** Acesso em 04 de janeiro de 2022. Disponível em: <<http://www.dequi.eel.usp.br/~srmontoro/AULA%203%20-%20OpUnitExpII%20-%20FILT RACAO.pdf>>.

N. AGRÍCOLAS. **Cotações de mandioca.** Disponível em: <<https://www.noticiasagricolas.com.br/cotacoes/mandioca>>. Acesso em 12 de abril de 2022.

National Center for Biotechnology Information. PubChem **Compound Summary for CID 24847858**. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24847858>. Acesso em 29 de junho de 2022.

NEUTRIUM. **ABSOLUTE ROUGHNESS OF PIPE MATERIAL**. Disponível em: <https://neutrium.net/fluid-flow/absolute-roughness-of-pipe-material/>. Acesso em: 30 de julho de 2022.

O LIVRE - **Mandioca atinge produtividade média de 31,3 toneladas por hectare em MT**. Disponível em: [Mandioca atinge produtividade média de 31,3 toneladas por hectare em MT - O Livre](#). Acesso em 18 de outubro de 2021.

PEIXOTO, T. S.; RESCH, S. **RESÍDUOS DE MANDIOCA: um estudo sobre a destinação da massa de mandioca pelas fecularias brasileiras**. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/EIGEDIN/article/view/7327>. Acesso em: 25 de maio de 2022.

PERLINGEIRO, C. A. G. **Engenharia de processos: Notas de aulas**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1997.

PERLINGEIRO, C. A. G. **Introdução à engenharia de processos**. (Em edição) 2004.

PESSOA, F. L.; QUEIROZ, E. M.; COSTA, A. H. **Introdução aos processos químicos: Notas de aulas**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2001.

PIONEER SEMENTES. **As melhores silagens do Brasil**. Disponível em: <https://www.pioneersementes.com.br/blog/143/as-melhores-silagens-do-brasil>. Acesso em: 19 de julho de 2022.

PLANALTO. **LEI Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em 15 de outubro de 2021.

PODER360. **Indústrias que tiveram a energia mais cara do país**. Disponível em: <https://www.poder360.com.br/energia/rio-de-janeiro-lidera-ranking-de-custo-de-energia-a-industria/>. Acesso em: 06 de agosto de 2022.

PREFEITURA DE MARINGÁ. **Com incentivos fiscais e ambiente seguro Parana atrai mais de RS 50 bilhões desde 2019**. Disponível em: <https://www.fazenda.pr.gov.br/Noticia/Com-incentivos-fiscais-e-ambiente-seguro-Parana-atr-ai-mais-de-R-50-bilhoes-desde-2019>. Acesso em: 08 de novembro de 2021.

PREFEITURA DE MARINGÁ. **Prefeitura abre o primeiro edital do ISS Tecnológico de 2019**. Disponível em: <http://www.maringa.pr.gov.br/site/noticias/2019/03/01/prefeitura-abre-o-primeiro-edital-do-iss-tecnologico-de-2019/34501>. Acesso em 07 de novembro de 2021.

PUBCHEM. **Phosphoric acid**. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Phosphoric-acid#section=Use-Classification>. Acesso em 31 de janeiro de 2022.

RANDON. **Basculante areia e brita.** Disponível em: <<https://www.randonimplementos.com.br/pt/produtos/linha-pesada/basculante/areia-e-brita/>>. Acesso em 17 de junho de 2022.

RECHSTEINER, M. S. **Desenvolvimento de amidos fosfatados de batata doce e mandioca e aplicação como substituto de gordura em sorvetes.**

RENUB RESEARCH. **Cassava Starch Market, Consumption & Global Forecast by Product, Region, Applications, Company Analysis.** Disponível em: <<https://africanewswire.net/cassava-starch-market-consumption-global-forecast-by-product-region-applications-company-analysis/>>. Acesso em 21 de novembro de 2021.

RESEARCH GATE. **MAPA DAS REGIÕES E SUAS CIDADES-PÓLOS NO ESTADO DO PARANÁ.** Disponível em: <https://www.researchgate.net/figure/FIGURA-1-MAPA-DAS-REGIOES-E-SUAS-CIDADE-S-POLOS-NO-ESTADO-DO-PARANA_fig1_277767579>. Acesso em 04 de abril de 2022.

RESEARCHGATE. **Amido e bagaço de mandioca (Manihot esculenta C.): obtenção e caracterização de diferentes variedades.** Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/344147805_Amido_e_bagaco_de_mandioca_Manihot_esculenta_C_obtencao_e_caracterizacao_de_diferentes_variedades>. Acesso em 25 de maio de 2022.

SÁNCHEZ A. S.; SILVA Y. L.; KALID R. A.; COHIM E.; TORRES A. T. **“Waste bio-refineries for the cassava starch industry: New trends and review of alternatives”.** Disponível em: <<https://www.portaldoagronegocio.com.br/ecologia/meio-ambiente/noticias/tecnologia-ajuda-agroindustrias-a-diminuir-danos-ao-meio-ambiente-137685>>. Acesso em 07 de julho de 2022.

SCHILLING, 1999 - **Limpeza/Lavagem.** Acesso em 04 de janeiro de 2022. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/alimentus1/feira/opprelim/lavagem.htm>>.

SCIELO, Brazil - **Características físico-químicas de amidos modificados de grau alimentício comercializado no Brasil.** Acesso em 03 de janeiro de 2022. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cta/a/bP5GMVtKq3xqXQq8y3C5Rbs/?lang=pt#:~:text=Nas%20amstras%20modificadas%20por%20%C3%A1cido,e%205%2C0%2C%20respectivamente.>>>.

SEBRAE RS. **Como construir um modelo de negócio para sua empresa.** Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/como-construir-um-modelo-de-negocio-para-sua-empresa,6054fd560530d410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em 11 de setembro de 2021.

SHREVE, R. N.; BRINK, J. **Indústrias de processos químicos.** 4.ed. São Paulo: Guanabara Dois, 1977.

SILVA - **Fabricação de amido de mandioca.** Brasília: Fundação Arthur Bernardes / Universidade Federal de Viçosa, mediante convênio com o Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária; 1995. Acesso em 27 de janeiro de 2022.

SILVA, N. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos** 2.ed. São Paulo: Varela, 2001. 544p.

STARCH INSTITUTE. **Starch slurry baum table**. 2018. Disponível em: <<http://www.starch.dk/isi/tables/density.asp>>. Acesso em 16 de junho de 2022.

SUPER EPI - EPI's. Disponível em: <<https://www.superepi.com.br/>>. Acesso em: 30 de julho de 2022.

THERMAL ENGINEERING. **Saturated steam properties**. Disponível em: <<https://thermal-engineering.org/wp-content/uploads/2019/05/steam-properties-enthaply-density-volume-specific-heat-temperature.png>>. Acesso em 27 de julho de 2022.

TUBOS VEROLA. **Tubos de Aço Verola**. Disponível em: <<https://www.tubosverola.com.br/tubos-de-aco-carbono-com-e-sem-costura>>. Acesso em: 01 de agosto de 2022.

TURTON, R.; BAILIE, R.C; WHITING, W.B.; SHAEIWITZ, J.A. **Analysis, synthesis, and design of chemical processes**.2. ed. Prentice Hall PTR,2004.

UFRGS. **Dilatação térmica**. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/cref/leila/dilata.htm>>. Acesso em 26 de julho de 2022.

UNICAMP-FEA. **Agitação e mistura**. 2015. Disponível em: <https://www.unicamp.br/fea/ortega/aulas/aula14_Agitacao.pdf>. Acesso em: 15 de junho de 2022.

UNIFORMES E EPI's - **Calça**. Disponível em: <https://www.hmloja.com.br/camisa-brim-manga-curta-uniforme-profissional-azul-marinho?p_arceiro=6417&variant_id=1199>. Acesso em: 30 de julho de 2022.

UNIFORMES E EPI's - **Camisa**. Disponível em: <https://www.hmloja.com.br/camisa-brim-manga-curta-uniforme-profissional-azul-marinho?p_arceiro=6417&variant_id=1199>. Acesso em: 30 de julho de 2022.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ, 2014 - **Operações unitárias farmacêuticas**. Acesso em 04 de janeiro de 2022. Disponível em: <<https://www.studocu.com/pt-br/document/universidade-estadual-de-maringa/farmacotecnica/operacoes-unitarias-farmaceuticas-1/4768293>>.

USP. **Diagrama de Moody**. Disponível em: <<http://www.dequi.eel.usp.br/~lmguimaraes/Diagrama%20de%20Moody.pdf>>. Acesso em: 29 de julho de 2022.

VENDRAMINI - **Avaliação do teor de amido em raízes frescas de mandioca da coleção da UNEMAT na EMAPER de Cáceres - MT**. Acesso em 22 de novembro de 2021. Disponível em: <Avaliação do teor de amido em raízes frescas de mandioca da coleção da UNEMAT na EMAPER de Cáceres -MT>.

VGRESÍDUOS. **Quinze perguntas e respostas sobre a NBR 10.004**. 2018. Disponível em: <<https://www.vgresiduos.com.br/blog/15-perguntas-e-respostas-sobre-a-nbr-10004/>>. Acesso em: 29 de junho de 2022.

ZK SEPARATION. **ZK Starch Decanter Centrifuge for Starch Production Process**, 2022. Disponível em: <<https://www.zkcentrifuge.com/application/starch-extraction.html>>. Acesso em 05 de junho de 2022.

APÊNDICE A - SÉRIE DE PREÇOS DA TONELADA DA RAIZ DE MANDIOCA

Quadro 02 - Série de preços da tonelada da raiz de mandioca

Estado / mês/ano	Pará	Paraná	São Paulo	Mato Grosso do Sul	Amazonas
05/21	-	R\$ 469,29	R\$ 464,62	R\$ 471,12	-
06/21	-	R\$ 437,21	R\$ 413,48	R\$ 431,04	-
07/21	-	R\$ 429,34	R\$ 384,30	R\$ 415,88	-
08/21	-	R\$ 500,33	R\$ 441,28	R\$ 499,30	-
09/21	-	R\$ 525,78	R\$ 470,16	R\$ 526,29	-
10/21	-	R\$ 562,66	R\$ 499,48	R\$ 556,33	-
11/21	-	R\$ 676,56	R\$ 608,13	R\$ 657,15	-
12/21	-	R\$ 688,62	R\$ 629,60	R\$ 659,39	-
01/22	-	R\$ 686,81	R\$ 675,29	R\$ 672,96	-
02/22	-	R\$ 721,65	R\$ 710,67	R\$ 688,06	-
03/22	-	R\$ 770,86	R\$ 764,73	R\$ 733,06	-
04/22	-	R\$ 821,69	R\$ 788,51	R\$ 773,26	-
Média	-	R\$ 607,57	R\$ 570,85	R\$ 590,30	-

Fonte: CEPEA, 2022

APÊNDICE B - DIFERENTES CONDIÇÕES DE REAÇÃO

Quadro 03 - Compilado dos resultados obtidos por Seib (1999) e Rechsteiner (2009) para diferentes condições de reação.

Quantidade dos reagentes (massa de amido base seca) (%)			Umidade (%)	pH	Tempera- tura (°C)	Tempo de reação (horas)	Fósforo incorpo- rado (%)	Fonte
STMP	STPP	Na ₂ SO ₄						
11,88	0,12	10	60	11,5	45	3	0,38	a
11,86	0,14	10	60	11,5	45	3	0,70	a
15,84	0,16	10	60	11,5	70	1	0,38	a
9,9	0,1	20	60	11,5 - 12,3	70	0,5	0,30	a
13,86	0,14	10	60	11,5	25	5	0,38	a
19	0,19	10	60	11,5	45	1	0,38	a
11,88	0,12	0		12	25	12	0,38	a
3,96	0,04	10	15	11,5	130	2	0,43	a
1	5	5	22	9,5	130	3	0,13	b
1	5	5	27	9,5	130	3	0,24	b
1	5	5	32	9,5	130	3	0,21	b

^a Seib (1999)

^b Rechsteiner (2009)

APÊNDICE C - RECEPÇÃO DA MATÉRIA PRIMA

O cálculo da quantidade de caminhões utilizados para o transporte da matéria prima até a indústria, foi iniciado a partir do balanço de massa, onde foi visto que seria necessário uma entrada de matéria prima de 20563,96 kg/h ou 20,56 toneladas por hora. Decidiu-se que a indústria funcionaria 24 horas por dia, dividindo a carga horária em 3 turnos, sendo necessário a entrada de 493535,14 kg por dia de raízes, conforme equação 5.

$$\begin{aligned} \text{entrada de matéria prima} &= \text{quantidade de matéria prima por hora} \times \text{horas de trabalho por dia} & (5) \\ \text{entrada de matéria prima} &= 20563,9640\text{kg/h} \times 24\text{h} \\ \text{entrada de matéria prima} &= 493.535,14\text{ kg} \end{aligned}$$

Com essa entrada de matéria prima seria necessário um caminhão com uma grande capacidade. Dessa forma, o caminhão escolhido foi um semi reboque basculante graneleiro SR-BA-GR 45 m³ que tem capacidade de 45000 kg. A partir dessa informação foi então realizado o cálculo, conforme equação 6, para ver a quantidade necessária de caminhões, que foi de 10,967.

$$\begin{aligned} \text{quantidade necessária de caminhões} &= \frac{\text{entrada de matéria prima}}{\text{capacidade caminhão}} & (6) \\ \text{quantidade necessária de caminhões} &= \frac{493535,9640\text{kg}}{45000\text{kg}} \\ \text{quantidade necessária de caminhões} &= 10,97 \end{aligned}$$

Supondo que os caminhões não chegassem totalmente cheios com as 45 toneladas, foi adotado que seria melhor uma entrada de 12 caminhões por dia, divididas em 3 turnos, o que daria 4 caminhões por turno, com aproximadamente 41127,93 kg de raízes por caminhão.

APÊNDICE D - BALANÇO DE MASSA E ENERGIA E DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS

Os balanços de massa e energia, assim como o dimensionamento dos equipamentos utilizados no processo produtivo estão dispostos nos tópicos seguintes. Ressalta-se que, caso haja ausência do tópico de balanço de energia para qualquer equipamento, significa que esse equipamento em específico foi dimensionado diretamente a partir da demanda ditada pela vazão mássica das correntes.

APÊNDICE D1 - TANQUE PULMÃO PARA A LAVAGEM (TP-201A e TP-201B)

APÊNDICE D1.1 - BALANÇO DE MASSA

O tanque pulmão recebe as correntes de reciclo provenientes da centrífuga C-201 e do filtro rotativo F-201 (consultar Apêndices D7 e D17) que são reutilizadas para a lavagem das mandiocas. Para determinar a quantidade de água de reciclo e a necessidade de água pura para a lavagem das mandiocas utilizou-se a proporção do balanço de massa do trabalho de Lebourg et al. (1996) apresentada na Tabela 45.

Tabela 45. Balanço de massa para as entradas da lavagem de mandioca

	Raízes de mandioca	Água	Reciclos
Sólidos (kg/h)	4,26	-	0,21
Água (kg/h)	7,24	15	30,14
Total (kg/h)	11,50	15	30,25

Fonte: Adaptado de Lebourg et al., 1996.

A demanda de mandioca na entrada da lavagem é de 20563,94 kg/h, estabelecendo uma correlação linear com o balanço de Lebourg et al. (1996) podemos determinar as demandas de reciclo e de água pura para a lavagem.

Além da água necessária para a lavagem das mandiocas, o tanque pulmão também receberá uma corrente de cloro ativo para sanitização das mandiocas. De acordo com Brixner (2015), é recomendada a primeira sanitização das mandiocas, antes mesmo do descasque, com solução de hipoclorito (200 ppm de cloro ativo). Sendo assim, calculou-se a quantidade de

solução de hipoclorito de sódio (11,8% de cloro livre), necessária para atingir a concentração de 200 ppm de cloro ativo na água de lavagem. Considerou-se que nenhum cloro ativo é consumido pelas correntes de reciclo.

Os resultados obtidos pelo balanço de massa para o tanque pulmão são apresentados na Tabela 46.

Tabela 46. Balanço de massa para o tanque pulmão TP-201

	Solução de hipoclorito (C-3)	Água (C-2)	Reciclo da centrífuga (C-16)	Reciclo do filtro (C-24)	Água de lavagem (C-4)
Sólidos (kg/h)	-	-	414,49	1,15	415,64
Água (kg/h)	9,18	21628,17	34426,32	4932,34	60996,01
Cloro ativo (kg/h)	1,23	-	-	-	1,23
Total (kg/h)	10,41	21628,17	34840,81	4933,39	61412,87

Fonte: Autores, 2022.

APÊNDICE D1.2 - BALANÇO DE ENERGIA

Considerando-se que é necessária a agitação nos tanques pulmão, proporcionando-se uma mistura eficiente entre os reciclos, a água adicionada e a solução de cloro, calcula-se nesta etapa a potência necessária para os motores que promovem a agitação nos tanques TP-201A e TP-201B.

Como nesta etapa de diluição a solução é composta praticamente de água, considerou-se que $\rho_{\text{mist}} = \rho_{\text{água}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ e a viscosidade da mistura como sendo $\mu_{\text{mist}} = \mu_{\text{água}} = 1,002 \text{ cP}$ (FLOTTWEG, 2022), ressalta-se que este valor é considerado à temperatura ambiente, de 25 °C.

Ao analisar-se o valor para a viscosidade da mistura, optou-se pelo agitador do tipo impulsor de hélices, que segundo a UNICAMP-FEA (2015) é o ideal para esta faixa de valores. O modelo optado possui características que se enquadram no presente processo, sendo utilizado para agitação de fluidos com baixa viscosidade ($\mu < 2000 \text{ cP}$), com padrão de

circulação axial. Considera-se o diâmetro do impelidor sendo igual a 10% do diâmetro do tanque, que é 3,2 m, calculado através da Equação 7.

$$D_{impelidor} = D_{tanque} \cdot 0.1 \quad (7)$$

$$D_{impelidor} = 3,2 \text{ m} \cdot 0.1$$

$$D_{impelidor} = 0,32 \text{ m}$$

Então, a partir do cálculo do diâmetro do impelidor, que resultou em 0,32 m, é possível calcular o valor adimensional de Reynolds (Equação 8), para então calcular-se a potência do motor responsável pela agitação do tanque. Ressalta-se que considerou-se o número de 50 rotações por minuto por ser uma diluição simples e facilmente realizada.

$$Re = \frac{\rho_{mist} \cdot N \cdot D^2}{\mu_{mist}} \quad (8)$$

Onde:

ρ_{mist} : massa específica da mistura (g/cm^3);

N: número de rotações do agitador (rps);

D: diâmetro do impelidor (m);

μ_{mist} : viscosidade da mistura ($\text{g}/\text{m.s}$)

$$Re = \frac{1,00 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{\text{cm}^3}{10^{-6} \text{m}^3} \cdot 50 \text{ rpm} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \cdot (0,32 \text{ m})^2}{0,001002 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}}}$$

$$Re = 85162,29$$

Pela mesma análise feita por UNICAMP-FEA (2015), sabe-se que o valor do número de potência do equipamento (N_{po}) é de 3,3. Substitui-se os valores conhecidos na Equação 9, calculando-se o valor da potência útil do motor (P_o).

$$N_{po} = \frac{P_o}{\rho_{mist} \cdot N^3 \cdot D^5} \quad (9)$$

$$3,3 = \frac{P_o}{1,00 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{\text{cm}^3}{10^{-6} \text{m}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot (50 \text{ rpm} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}})^3 \cdot (0,32 \text{ m})^5}$$

$$P_o = 9,22 \text{ W}$$

Sendo 9,22 W o valor calculado para a potência útil e considerando-se a eficiência do motor de 85%, a potência para o motor de cada um dos tanques é calculada através da razão entre a potência útil e a eficiência do motor. Assim, a potência requerida resultou em 10,84 W.

APÊNDICE D1.3 - DIMENSIONAMENTO

Como o volume de água de lavagem utilizado por hora é grande, 61412,87 kg/h, definiu-se a utilização de dois tanques pulmão, pois apenas um tanque teria dimensões muito grandes para poder comportar essa vazão. Para o dimensionamento, estimou-se a capacidade de armazenamento para o volume que entra nos tanques em uma , conforme a Equação 10.

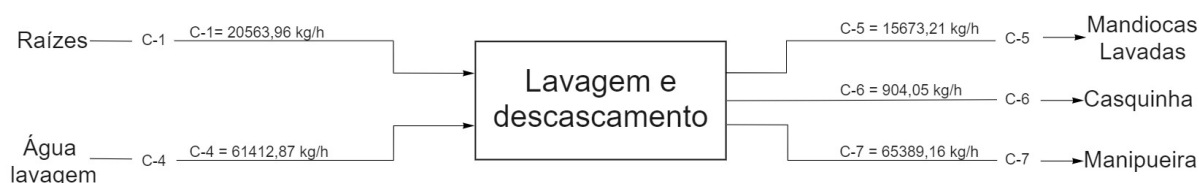
$$Vt = C - 4 / \rho_{\text{água}} \quad (10)$$

$$Vt = 61412,87 \text{ kg} / (1000 \text{ kg/m}^3)$$

$$Vt = 61,41 \text{ m}^3$$

O volume calculado pela equação é para os dois tanques em conjunto. Assim, cada tanque precisa comportar 30,7 m³. Considerando um coeficiente de segurança de 15% ao volume calculado, a fim de evitar possíveis derramamentos, que poderiam resultar em perda de material. Optou-se pela utilização de dois tanques com capacidade de 35000 L cada, com 4,82 m de altura, 3,2 m de diâmetro, contendo 6 sapatas e 2 alças. A empresa fornecedora destes equipamentos é a Fibratec®, os catálogos estão expostos no Anexo G.

APÊNDICE D2 - LAVAGEM E DESCASCAMENTO (DS-201)



APÊNDICE D2.1 - BALANÇO DE MASSA

O lavador industrial terá o envolvimento de 4 correntes, sendo elas 2 de entrada e 3 de saída, onde as referências das correntes foram retiradas do balanço de massa em uma fecularia de mandioca, (Lebourg C., Santos F.D., Cereda Marne Pascoli, Chuzel Gérard et al 1996).

Entra no lavador e descascador industrial modelo QX 140-2, a corrente C-1 que contém 20563,94 kg/h de raízes com 37% em matéria seca e 63% de umidade, e uma corrente de água de lavagem que vem dos tanques pulmão, com 61412,87 kg/h. Após o processo de lavagem e o descascamento são geradas três correntes, a C-5 tem 15673,21 kg/h de mandioca já descascada e limpa com 36% em matéria seca e 64% de umidade. A corrente C-6 é composta pelas cascas da mandioca e tem vazão de 904,05 kg/h com 26,6% em matéria seca e 73,4% de umidade, que são originadas do descascamento, e é um dos resíduos gerados, sendo ela doada para alimentação animal. A corrente C-7 contém 65389,16 kg/h (3,26% em matéria seca e 96,73% de umidade), e é o efluente chamado de manipueira, o qual o seu destino será uma lagoa de decantação. As equações (11), (12) e (13) para a realização dos cálculos estão informadas na sequência:

Balço de Massa Global:

$$C_1 + C_4 = C_5 + C_6 + C_7 \quad (11)$$

Balço de Massa Parcial (Sólidos):

$$C_1 \cdot x_{\text{sólidos},1} + C_4 \cdot x_{\text{sólidos},4} = C_5 \cdot x_{\text{sólidos},5} + C_6 \cdot x_{\text{sólidos},6} + C_7 \cdot x_{\text{sólidos},7} \quad (12)$$

$$20.563,96 \text{ kg/h} \cdot 0,37 + 61.421,87 \text{ kg/h} \cdot 0,01 = C_5 \cdot 0,36 + 904,05 \text{ kg/h} \cdot 0,26 + 15.673,21 \text{ kg/h} \cdot 0,03$$

$$C_5 = 15.673,21 \text{ kg/h}$$

Balço de Massa Parcial (Água):

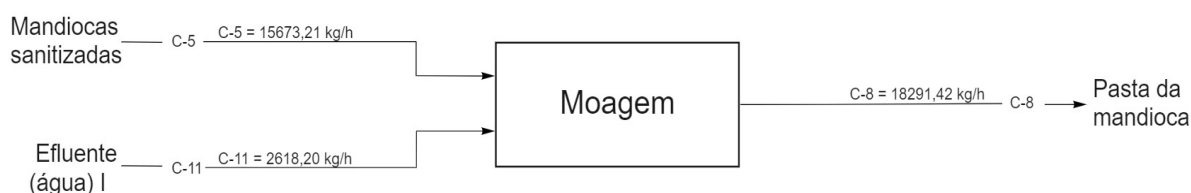
$$C_1 \cdot x_{\text{água},1} + C_4 \cdot x_{\text{água},4} = C_5 \cdot x_{\text{água},5} + C_6 \cdot x_{\text{água},6} + C_7 \cdot x_{\text{água},7} \quad (13)$$

APÊNDICE D2.2 - DIMENSIONAMENTO

O lavador industrial foi dimensionado através da vazão mássica, que é a quantidade em massa de água que escoar através do lavador em um intervalo de tempo, com lavagem em contracorrente para limpar a terra, areia e pequenas pedras de forma eficaz. Utilizou-se as dimensões dispostas no catálogo para o dimensionamento. O lavador com pás de 1280 mm de diâmetro utilizadas para o descascamento, o que é utilizado em máquinas de processamento de

amido. O modelo escolhido é QX140-2 com potência 7,5x2 kW, a sua velocidade do rotor é de 21 r/min, da fabricante JINGHUA, apresentado no Anexo B.

APÊNDICE D3 - MOAGEM (M-201)



APÊNDICE D3.1 - BALANÇO DE MASSA

O moinho terá o envolvimento de 3 correntes, sendo elas 2 de entrada e 1 de saída. Entram no moedor somente duas correntes, a C-5 que contém 15673,21 kg/h com (36% em matéria seca e 64% de umidade) de mandiocas, já descascadas e limpas, e a corrente C-11 que contém 2618,20 kg/h com (2,20% em matéria seca e 97,80% de umidade) sendo ela uma corrente de reciclo oriunda das peneiras centrífugas, que tem como objetivo ajustar a umidade da pasta. Sai do moedor a corrente C-8, com 18291,42 kg/h de mandioca já fatiada com (31,20 % em matéria seca e 68,79% de umidade).

As equações (14), (15) e (16) para a realização dos cálculos estão informadas na sequência:

Balanço de Massa Global:

$$C_5 + C_{11} = C_8 \quad (14)$$

Balanço de Massa Parcial (Sólidos):

$$C_5 \cdot x_{\text{sólidos},5} + C_{11} \cdot x_{\text{sólidos},11} = C_8 \cdot x_{\text{sólidos},8} \quad (15)$$

$$15.673,21 \text{ kg/h} \cdot 0,36 + 2.618,20 \text{ kg/h} \cdot 0,022 = C_8 \cdot 0,31$$

$$C_8 = 18.291,42 \text{ kg/h}$$

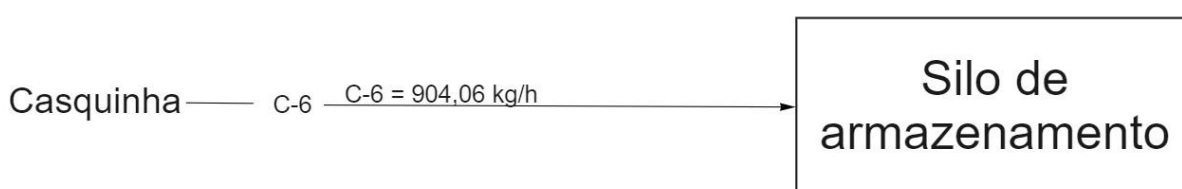
Balço de Massa Parcial (Água):

$$C_5 \cdot x_{\text{água},5} + C_{11} \cdot x_{\text{água},11} = C_8 \cdot x_{\text{sólidos},8} \quad (16)$$

APÊNDICE D3.2 - DIMENSIONAMENTO

O moinho utilizado para a moagem é o modelo RU1000/600 da fabricante BOSIDA e possui uma capacidade de processamento de 32-36 toneladas/h de mandioca com um peso líquido de 4260-4900 kg. Ele conta com uma ampla estrutura de aço inoxidável e design de conexão direta sem correia transportadora, podendo poupar a perda de consumo que é causado pela correia transportadora. Possui um grande número de lâminas para encurtar o período de substituição e diminuição do tamanho da mandioca até atingir uma granulometria satisfatória para produção do amido modificado. Utiliza o motor padrão da BOSIDA com uma potência de 250-315 kw e a sua velocidade rotativa é de 1480 rpm. Apresentado no Anexo F.

APÊNDICE D4 - SILO DE CASCA DE MANDIOCA (SI-201)



APÊNDICE D4.1 - DIMENSIONAMENTO

As cascas da mandioca que saem do descascador chegam aos silos SI-01 a uma vazão mássica de 904,06 kg/h. Foram planejados dois silos, dimensionados para armazenar as cascas referentes a 1 dia de produção.

Para calcular o volume ocupado pelas cascas da mandioca nos silos SI-01 utilizou-se o cálculo a seguir, em que ρ_{CA} é a densidade da casca de mandioca que será de 280 kg/m³ segundo Agricultural and Environmental Engineering Department, M_{CA} é a vazão mássica das cascas da mandioca na corrente C-6 (em kg/h) e t_{SI-01} é o tempo de armazenamento máximo estipulado (em horas).

$$V_{CA,SI-01} = \frac{M_{CA}}{\rho_{CA}} \cdot t_{SI-01} = \frac{904,06}{280} \cdot 24 = 77,79 \text{ m}^3$$

Desse modo, calculou-se o volume de cada silo considerando que as cascas ocupam 75% do volume total destes, visando se ter uma margem de segurança. Em que V_{SI-02} é o volume de cada silo de armazenamento da casca da mandioca (m^3), N_{silos} é o número de silos que será 1 e V_{CA} é o volume ocupado pelas cascas da mandioca (m^3).

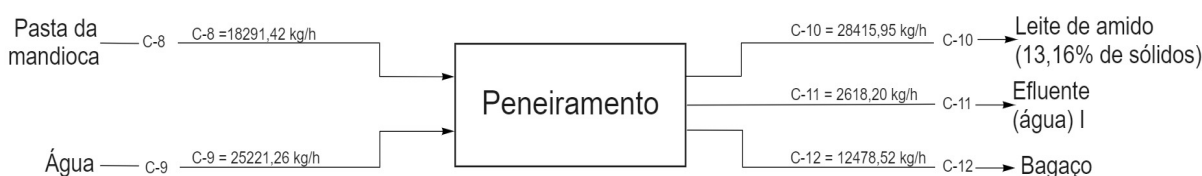
$$V_{SI-01} = \frac{V_{CA}}{0,75 \cdot N_{\text{SILLO}}} = \frac{77,79}{0,75 \cdot 1} = 103,32 \text{ m}^3$$

Para o dimensionamento dos SI-01, considerou-se os silos em formato cilíndrico e possuindo uma altura de 8 metros. Desse modo, se pode calcular a área circular do silo e seu diâmetro.

$$A_{SI-01} = \frac{V_{SI-01}}{h_{SI-01}} = \frac{103,32}{8} = 12,91 \text{ m}^2$$

$$D_{SI-01} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{SI-01}}{\sigma}} = 4,05 \text{ m}$$

APÊNDICE D5 - PENEIRAMENTO (P-201)



APÊNDICE D5.1 - BALANÇO DE MASSA

Para o balanço de massa nas peneiras centrífugas extratoras cônicas horizontais GL-1050, considerou-se a entrada de 18.291,42 kg/h de raízes desintegradas (31,21% em matéria seca e 68,79% de umidade) provenientes do moedor juntamente de 25.221,26 kg/h de água limpa para a separação do bagaço e do leite de amido, cujas quantidades que saem destas correntes são de 12.478,52 kg/h (15,30% em matéria seca e 84,70% de umidade) e 28.415,95

kg/h (13,17% em matéria seca e 86,83% de umidade), respectivamente. Além disso, existe uma corrente de saída de água que retorna ao processo, a qual também será usada como corrente de reciclo no primeiro moedor, sendo esta de 2.618,21 kg/h (2,20% de matéria seca e 97,8% de umidade). As equações (17), (18) e (19) para a realização dos cálculos estão informadas na sequência:

Balanco de Massa Global:

$$C_8 + C_9 = C_{10} + C_{11} + C_{12} \quad (17)$$

Balanco de Massa Parcial (Sólidos):

$$C_8 \cdot x_{\text{sólidos},8} = C_{10} \cdot x_{\text{sólidos},10} + C_{11} \cdot x_{\text{sólidos},11} + C_{12} \cdot x_{\text{sólidos},12} \quad (18)$$

$$18.291,42 \text{ kg/h} \cdot 0,31 = 12.478,52 \text{ kg/h} \cdot 0,15 + 2.618,21 \text{ kg/h} \cdot 0,022 + C_{12} \cdot 0,13$$

$$C_{12} = 28.415,95 \text{ kg/h}$$

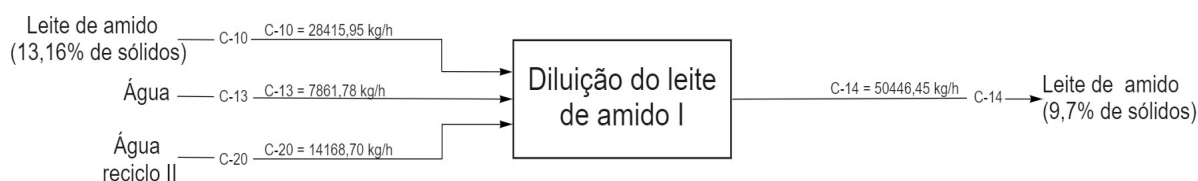
Balanco de Massa Parcial (Água):

$$C_8 \cdot x_{\text{água},8} + C_9 \cdot x_{\text{água},9} = C_{10} \cdot x_{\text{água},10} + C_{\text{água},11} \cdot x_{\text{água},11} + C_{12} \cdot x_{\text{água},12} \quad (19)$$

APÊNDICE D5.2 - DIMENSIONAMENTO

As peneiras extratoras cônicas horizontais GL-1050 foram dimensionadas através da vazão mássica e poderão suprir até 600 toneladas de mandioca por dia, visto que aproximadamente 500 toneladas serão processadas ao dia para a obtenção de amido modificado nesta etapa. Suas caixas são de aço inoxidável e utilizam uma potência de motor entre 37 a 55 kW. Podem operar durante uma semana sem paradas para limpeza e manutenção e seu sistema de retrolavagem é automático (LARSSON®, 2016).

APÊNDICE D6 - PRIMEIRA DILUIÇÃO (TQ-201A e TQ-201B)



APÊNDICE D6.1 - BALANÇO DE MASSA

Estes dois tanques objetivam a diluição do leite de amido que sai das peneiras extratoras, com uma parte de água pura e outra proveniente da segunda centrífuga (C-202), com 8,13% de sólidos. Deseja-se diluir a solução de 13,17% a 9,7% de sólidos solúveis. Através da Equação 20, calcula-se o balanço de massa para a água, encontrando-se a vazão mássica da corrente C-14, possibilitando o cálculo do volume ocupado por toda a solução na etapa de dimensionamento.

$$C - 10. x_{\text{água},10} + C - 13. x_{\text{água},13} + C - 20. x_{\text{água},20} = C - 14. x_{\text{água},14} \quad (20)$$

$$28415,95 \text{ kg/h. } 0,86 + 7861,78 \text{ kg/h. } 1 + 14168,71 \text{ kg/h. } 0,92 = C - 14. 0,903$$

$$C - 14 = 50446,45 \text{ kg/h}$$

Onde:

- C-10, C-13, C-20 e C-14: vazões mássicas nas respectivas correntes (kg/h);

- $x_{\text{água},10}$, $x_{\text{água},13}$, $x_{\text{água},20}$ e $x_{\text{água},14}$: fração mássica da água nas respectivas correntes;

APÊNDICE D6.2 - BALANÇO DE ENERGIA

Considerando-se que é necessária a agitação nos tanques de diluição, proporcionando-se uma mistura eficiente entre o leite de amido e a água adicionada, calcula-se nesta etapa a potência necessária para os motores que promovem a agitação nos tanques TQ-201A e TQ-201B.

Como nesta etapa de diluição a solução é composta praticamente de água, considerou-se que $\rho_{\text{mist}} = \rho_{\text{água}} = 1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g/cm}^3$. Após, utilizou-se do valor da

viscosidade da mistura sendo o mesmo que o da água pelo mesmo motivo anterior, sendo $\mu_{\text{mist}} = \mu_{\text{água}} = 1,002 \text{ cP}$ (FLOTTWEG, 2022), ressalta-se que este valor é considerado à temperatura ambiente de 25 °C.

Ao analisar-se o valor para a viscosidade da mistura, optou-se pelo agitador do tipo impulsor de hélices, que segundo a UNICAMP-FEA (2015) é o ideal para esta faixa de valores. O modelo optado possui características que se enquadram no presente processo, sendo utilizado para agitação de fluidos com baixa viscosidade ($\mu < 2000 \text{ cP}$), com padrão de circulação axial. Considera-se o diâmetro do impelidor sendo igual a 10% do diâmetro do tanque, que é 3,2 m, calculado através da Equação 21.

$$D_{\text{impelidor}} = D_{\text{tanque}} \cdot 0.1 \quad (21)$$

$$D_{\text{impelidor}} = 3,2 \text{ m} \cdot 0.1$$

$$D_{\text{impelidor}} = 0,32 \text{ m}$$

Então, a partir do cálculo do diâmetro do impelidor, que resultou em 0,32 m, é possível calcular o valor adimensional de Reynolds (Equação 22), para então calcular-se a potência do motor responsável pela agitação do tanque. Ressalta-se que considerou-se o número de 50 rotações por minuto por ser uma diluição simples e facilmente realizada.

$$Re = \frac{\rho_{\text{mist}} \cdot N \cdot D^2}{\mu_{\text{mist}}} \quad (22)$$

Onde:

ρ_{mist} : massa específica da mistura (g/cm^3);

N : número de rotações do agitador (rps);

D : diâmetro do impelidor (m);

μ_{mist} : viscosidade da mistura ($\text{g}/\text{m.s}$)

$$Re = \frac{1,00 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{\text{cm}^3}{10^{-6} \text{m}^3} \cdot 50 \text{ rpm} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \cdot (0,32 \text{ m})^2}{0,001002 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}}}$$

$$Re = 85162,29$$

Pela mesma análise feita por UNICAMP-FEA (2015), sabe-se que o valor do número de potência do equipamento (N_{po}) é de 3,3. Substitui-se os valores conhecidos na Equação 23, calculando-se o valor da potência útil do motor (P_o).

$$N_{po} = \frac{P_o}{\rho_{mist} \cdot N^3 \cdot D^5} \quad (23)$$

$$3,3 = \frac{P_o}{1,00 \frac{g}{cm^3} \cdot \frac{cm^3}{10^{-6} m^3} \cdot \frac{1kg}{1000 g} \cdot (50 rpm \cdot \frac{1 min}{60 s})^3 \cdot (0,32 m)^5}$$

$$P_o = 9,22 W$$

Sendo 9,22 W o valor calculado para a potência útil e considerando-se a eficiência do motor de 85%, a potência para o motor de cada um dos tanques é calculada através da razão entre a potência útil e a eficiência do motor. Assim, a potência requerida resultou em 10,84 W.

APÊNDICE D6.3 - DIMENSIONAMENTO

A fim de dimensionar os equipamentos para a etapa de diluição, calcula-se o volume máximo após a diluição, considerando-se a densidade próxima a da água, através da Equação 24, utilizando-se dos valores calculados no balanço de massa.

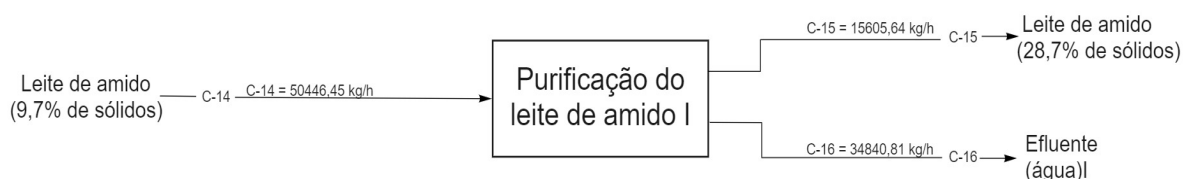
$$V14 = MC14 / \rho_{\text{água}} \quad (24)$$

$$V14 = (50446,45 kg/h) / (1000 kg/m^3)$$

$$V14 = 50,45 m^3$$

Após, adicionou-se um coeficiente de segurança de 25% ao volume calculado, a fim de evitar possíveis derramamentos, que poderiam resultar em perda de material. Optou-se pela utilização de dois tanques com capacidade de 35000 L cada, com 4,82 m de altura, 3,2 m de diâmetro, contendo 6 sapatas e 2 alças, para comportar o volume máximo de 63058,05 L. A empresa fornecedora destes equipamentos é a Fibratec®, os catálogos estão expostos no Anexo G.

APÊNDICE D7 - PRIMEIRA CENTRIFUGAÇÃO (C-201)



APÊNDICE D7.1 - BALANÇO DE MASSA

Do tanque de diluição I, o leite de amido é encaminhado para a primeira centrifugação, onde 50.446,45 kg/h de leite de amido são retirados com 15.605,64 kg/h de leite de amido concentrado (28,70% em matéria seca e 71,30% de umidade) e uma outra corrente de saída de efluente que é destinada a etapa de lavagem e descascamento no início do processo, sendo esta de 34.840,81 kg/h (1,19% em matéria seca e 98,81% de umidade). Os sólidos na entrada e saída da centrífuga 01 tem amido com 88,4% e 93,7% de pureza, respectivamente. As equações de balanço de massa estão informadas a seguir em (25), (26), (27) e (28) além de suas equações auxiliares em (29) e (30):

Balanço de Massa Global:

$$C_{14} = C_{15} + C_{16} \quad (25)$$

Balanço de Massa Parcial (Sólidos):

$$C_{14} \cdot x_{\text{sólidos}, 14} = C_{15} \cdot x_{\text{sólidos}, 15} + C_{16} \cdot x_{\text{sólidos}, 16} \quad (26)$$

$$50.446,45 \text{ kg/h} \cdot 0,097 = 34.840,81 \text{ kg/h} \cdot 0,012 + C_{16} \cdot 0,29$$

$$C_{16} = 15.605,64 \text{ kg/h}$$

Balanço de Massa Parcial (Amido):

$$C_{14} \cdot x_{\text{amido}, 14} = C_{15} \cdot x_{\text{amido}, 15} + C_{16} \cdot x_{\text{amido}, 16} \quad (27)$$

Balanço de Massa Parcial (Água):

$$C_{14} \cdot x_{\text{água},14} = C_{15} \cdot x_{\text{água},15} + C_{16} \cdot x_{\text{água},16} \quad (28)$$

Equações Especiais:

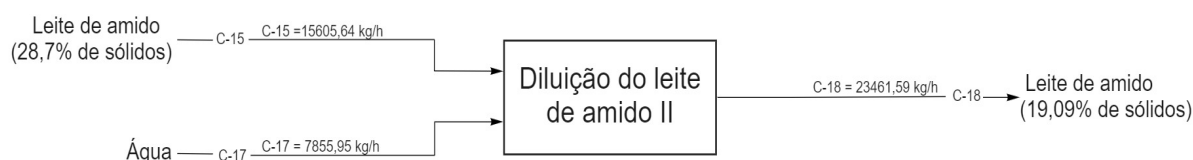
$$C_{14} \cdot x_{\text{amido},14} = 0,884 \cdot C_{14} \cdot x_{\text{sólidos},14} \quad (29)$$

$$C_{15} \cdot x_{\text{amido},15} = 0,937 \cdot C_{15} \cdot x_{\text{sólidos},15} \quad (30)$$

APÊNDICE D7.2 - DIMENSIONAMENTO

A primeira centrífuga foi dimensionada através da vazão mássica e será de modelo LW520 x 2150E de aço inoxidável duplex que levará em consideração um coeficiente de segurança de 25% do volume demandado nesta etapa e com potência de 55 a 75 kW. Suportando um volume de 15 a 70 m³, mantém uma margem de segurança considerável, visto que o volume demandado nesta seção é de 50 m³ em sua totalidade.

APÊNDICE D8 - SEGUNDA DILUIÇÃO (TQ-202)



APÊNDICE D8.1 - BALANÇO DE MASSA

Este tanque objetiva a diluição do leite de amido que sai da primeira centrífuga (C-201) com uma corrente de água pura. Deseja-se diluir a solução de 28,7% a 19,09% de sólidos solúveis. Através da Equação 31, calcula-se o balanço de massa para a água, encontrando-se a vazão mássica da corrente C-18, possibilitando o cálculo do volume ocupado por toda a solução na etapa de dimensionamento.

$$C_{15} \cdot x_{\text{água},15} + C_{17} \cdot x_{\text{água},17} = C_{18} \cdot x_{\text{água},18} \quad (31)$$

$$15605,64 \text{ kg/h} \cdot 0,713 + 7855,95 \text{ kg/h} \cdot 1 = C18.0,8091$$

$$C18 = 23461,60 \text{ kg/h}$$

Onde:

- C-15, C-17 e C-18: vazões mássicas nas respectivas correntes (kg/h);
- $x_{\text{água},15}$, $x_{\text{água},17}$ e $x_{\text{água},18}$: fração mássica da água nas respectivas correntes;

APÊNDICE D8.2 - BALANÇO DE ENERGIA

Considerando-se que é necessária a agitação nos tanques de diluição, proporcionando-se uma mistura eficiente entre o leite de amido e a água adicionada, calcula-se nesta etapa a potência necessária para os motores que promovem a agitação no tanque TQ-202.

Primeiramente, é necessário o cálculo da massa específica da mistura (ρ_{mist}), através de uma média ponderada entre as frações de água e leite de amido na mistura, representada pela Equação 32 considerando-se a temperatura ambiente de 25°C. Ressalta-se que a densidade do leite de amido utilizada nestas condições foi a do estudo feito por Starch Institute (2018).

$$\rho_{\text{mist}} = \rho_{\text{água}} \cdot x_{\text{água},82} + \rho_{\text{leite},82} \cdot x_{\text{leite},82} \quad (32)$$

$$\rho_{\text{mist}} = 1,00 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 0,8091 + 1,0825 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 0,1909$$

$$\rho_{\text{mist}} = 1,016 \text{ g/cm}^3$$

Após, considerou-se a mesma viscosidade encontrada para as misturas dos tanques TQ-201A e TQ-202B, sendo esta $\mu_{\text{mist}} = \mu_{\text{água}} = 1,002 \text{ cP}$. Ao analisar-se o valor para a viscosidade da mistura, optou-se pelo agitador do tipo impulsor de hélices, que segundo a UNICAMP-FEA (2015) é o ideal para esta faixa de valores. O modelo optado possui características que se enquadram no presente processo, sendo utilizado para agitação de fluidos com baixa viscosidade ($\mu < 2000 \text{ cP}$), com padrão de circulação axial. Considera-se o diâmetro do impelidor sendo igual a 10% do diâmetro do tanque, que é 3,0 m, calculado através da Equação 21.

$$D_{\text{impelidor}} = 3,0 \text{ m} \cdot 0,1$$

$$D_{impelidor} = 0,3 \text{ m}$$

Então, a partir do cálculo do diâmetro do impelidor, que resultou em 0,32 m, é possível calcular o valor adimensional de Reynolds (Equação 22), para então calcular-se a potência do motor responsável pela agitação do tanque. Ressalta-se que considerou-se o número de 50 rotações por minuto por ser uma diluição bem simples e facilmente realizada.

$$Re = \frac{1,00 \frac{g}{cm^3} \cdot \frac{cm^3}{10^{-6}m^3} \cdot 50 \text{ rpm} \cdot \frac{1min}{60s} \cdot (0,30m)^2}{0,001002 \frac{kg}{m.s} \cdot \frac{1000g}{1kg}}$$

$$Re = 74850,29$$

Pela mesma análise feita por UNICAMP-FEA (2015), sabe-se que o valor do número de potência do equipamento (N_{po}) é de 3,3. Substitui-se os valores conhecidos na Equação 23, calculando-se o valor da potência útil do motor (P_o).

$$3,3 = \frac{P_o}{1,016 \frac{g}{cm^3} \cdot \frac{cm^3}{10^{-6}m^3} \cdot \frac{1kg}{1000g} \cdot (50 \text{ rpm} \cdot \frac{1min}{60s})^3 \cdot (0,30m)^5}$$

$$P_o = 6,68 \text{ W}$$

Sendo 6,68 W o valor calculado para a potência útil e considerando-se a eficiência do motor de 85%, a potência para o motor de cada um dos tanques é calculada através da razão entre a potência útil e a eficiência do motor. Assim, a potência requerida resultou em 7,86 W.

APÊNDICE D8.3 - DIMENSIONAMENTO

A fim de dimensionar os equipamentos para a etapa de diluição, calcula-se o volume máximo após a diluição, considerando-se a densidade próxima calculada no Apêndice D7, através da Equação 24, utilizando-se dos valores calculados no balanço de massa.

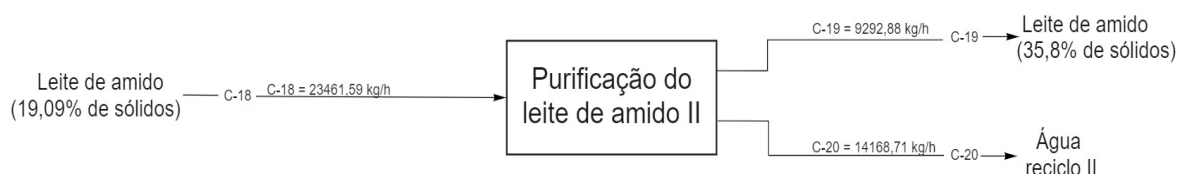
$$V18 = (23461,60 \text{ kg/h}) / (1016 \text{ kg/m}^3)$$

$$V18 = 23,01 \text{ m}^3$$

Após, adicionou-se um coeficiente de segurança de 25% ao volume calculado, a fim de evitar possíveis derramamentos, que poderiam resultar em perda de material. Optou-se pela

utilização de um tanque com capacidade de 30000 L, com 4,59 m de altura, 3,0 m de diâmetro, contendo 6 sapatas e 2 alças, para comportar o volume máximo de 29326,25 L. A empresa fornecedora destes equipamentos é a Fibratec®, os catálogos estão expostos no Anexo G.

APÊNDICE D9 - SEGUNDA CENTRIFUGAÇÃO (C-202)



APÊNDICE D9.1 - BALANÇO DE MASSA

Na segunda centrifugação, o leite de amido concentrado será encaminhado ao filtro de vácuo rotativo, sendo a sua corrente de saída de 9.292,89 kg/h. Os sólidos na entrada e saída da centrífuga 02 tem amido com 93,7% de pureza. O balanço de massa é descrito nas equações (33), (34), (35) e (36) além de suas equações auxiliares (37) e (38):

Balanço de Massa Global:

$$C_{18} = C_{19} + C_{20} \quad (33)$$

Balanço de Massa Parcial (Sólidos):

$$C_{18} \cdot x_{\text{sólidos}, 18} = C_{19} \cdot x_{\text{sólidos}, 19} + C_{20} \cdot x_{\text{sólidos}, 20} \quad (34)$$

$$23461,60 \text{ kg/h} \cdot 0,19 = 14.168,71 \cdot 0,081 + C_{19} \cdot 0,36$$

$$C_{19} = 9.292,89 \text{ kg/h}$$

Balanço de Massa Parcial (Amido):

$$C_{18} \cdot x_{amido,18} = C_{19} \cdot x_{amido,19} + C_{20} \cdot x_{amido,20} \quad (35)$$

Balanço de Massa Parcial (Água):

$$C_{18} \cdot x_{água,18} = C_{19} \cdot x_{água,19} + C_{20} \cdot x_{água,20} \quad (36)$$

Equações Especiais:

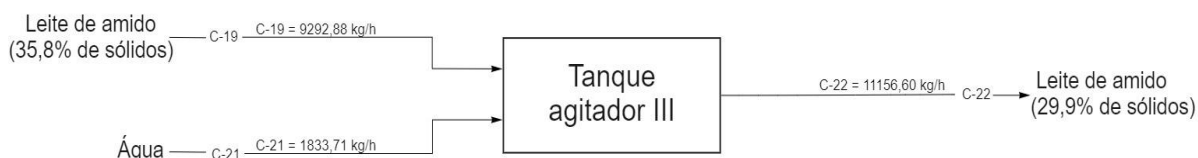
$$C_{18} \cdot x_{amido,18} = 0,937 \cdot C_{18} \cdot x_{sólidos,18} \quad (37)$$

$$C_{19} \cdot x_{amido,19} = 0,937 \cdot C_{19} \cdot x_{sólidos,19} \quad (38)$$

APÊNDICE D9.2 - DIMENSIONAMENTO

A segunda centrífuga foi dimensionada através da vazão mássica e será de modelo LW450 x 1845E de aço inoxidável duplex, com potência do motor de 30 a 37 kW e mesma consideração de um coeficiente de segurança de 25% do volume demandado nesta etapa, suportando um volume de 10 a 40 m³ e mantendo a margem de segurança, visto que o volume demandado nesta seção será de 30 m³ em sua totalidade.

APÊNDICE D10 - TERCEIRA DILUIÇÃO (TQ-203)



APÊNDICE D10.1 - BALANÇO DE MASSA

Este tanque objetiva a diluição do leite de amido que sai da segunda centrífuga (C-202) com uma corrente de água pura. Deseja-se diluir a solução de 35,8% a 29,9% de sólidos solúveis. Através da Equação 39, calcula-se o balanço de massa para a água,

encontrando-se a vazão mássica da corrente C-22, possibilitando o cálculo do volume ocupado por toda a solução na etapa de dimensionamento.

$$\begin{aligned}
 C19 \cdot x_{\text{água},19} + C21 \cdot x_{\text{água},21} &= C22 \cdot x_{\text{água},22} & (39) \\
 9292,89 \text{ kg/h} \cdot 0,642 + 1833,71 \text{ kg/h} \cdot 1 &= C22 \cdot 0,701 \\
 C22 &= 11126,60 \text{ kg/h}
 \end{aligned}$$

Onde:

- C19, C21 e C22: vazões mássicas nas respectivas correntes (kg/h);
- $x_{\text{água},19}$, $x_{\text{água},21}$ e $x_{\text{água},22}$: fração mássica da água nas respectivas correntes;

APÊNDICE D10.2 - BALANÇO DE ENERGIA

Considerando-se que é necessária a agitação nos tanques de diluição, proporcionando-se uma mistura eficiente entre o leite de amido e a água adicionada, calcula-se nesta etapa a potência necessária para os motores que promovem a agitação no tanque TQ-203.

Primeiramente, é necessário o cálculo da massa específica da mistura (ρ_{mist}), através de uma média ponderada entre as frações de água e leite de amido na mistura, representada pela Equação 40 considerando-se a temperatura ambiente de 25°C. Ressalta-se que a densidade do leite de amido utilizada nestas condições foi a do estudo feito por Starch Institute (2018).

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{mist}} &= \rho_{\text{água}} \cdot x_{\text{água},86} + \rho_{\text{leite},86} \cdot x_{\text{leite},86} & (40) \\
 \rho_{\text{mist}} &= 1,00 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 0,701 + 1,1380 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 0,299 \\
 \rho_{\text{mist}} &= 1,04 \text{ g/cm}^3
 \end{aligned}$$

Após, considerou-se a mesma viscosidade encontrada para as misturas dos tanques TQ-201A e TQ-202B, sendo esta $\mu_{\text{mist}} = \mu_{\text{água}} = 1,002$ cP. Ao analisar-se o valor para a viscosidade da mistura, optou-se pelo agitador do tipo impulsor de hélices, que segundo a UNICAMP-FEA (2015) é o ideal para esta faixa de valores. O modelo selecionado possui características que se enquadram no presente processo, sendo utilizado para agitação de fluidos com baixa viscosidade ($\mu < 2000$ cP), com padrão de circulação axial. Considera-se o

diâmetro do impelidor sendo igual a 10% do diâmetro do tanque, que é 2,53 m, calculado através da Equação 21.

$$D_{\text{impelidor}} = 2,53 \text{ m} \cdot 0,1$$

$$D_{\text{impelidor}} = 0,25 \text{ m}$$

Então, a partir do cálculo do diâmetro do impelidor, que resultou em 0,25 m, é possível calcular o valor adimensional de Reynolds (Equação 22), para então calcular-se a potência do motor responsável pela agitação do tanque. Ressalta-se que considerou-se o número de 50 rotações por minuto por ser uma diluição bem simples e facilmente realizada.

$$Re = \frac{1,00 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{\text{cm}^3}{10^{-6} \text{m}^3} \cdot 50 \text{ rpm} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \cdot (0,25 \text{ m})^2}{0,001002 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}}}$$

$$Re = 51579,36$$

Pela mesma análise feita por UNICAMP-FEA (2015), sabe-se que o valor do número de potência do equipamento (N_{po}) é de 3,3. Substitui-se os valores conhecidos na Equação 23, calculando-se o valor da potência útil do motor (P_o).

$$3,3 = \frac{P_o}{1,04 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{\text{cm}^3}{10^{-6} \text{m}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot (50 \text{ rpm} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}})^3 \cdot (0,25 \text{ m})^5}$$

$$P_o = 2,79 \text{ W}$$

Sendo 2,79 W o valor calculado para a potência útil e considerando-se a eficiência do motor de 85%, a potência para o motor de cada um dos tanques é calculada através da razão entre a potência útil e a eficiência do motor. Assim, a potência requerida resultou em 3,29 W.

APÊNDICE D10.3 - DIMENSIONAMENTO

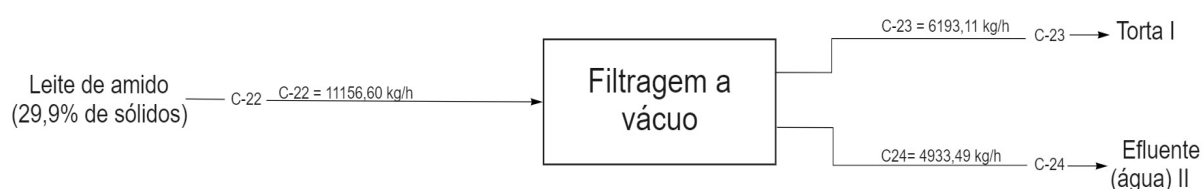
A fim de dimensionar os equipamentos para a etapa de diluição, calcula-se o volume máximo após a diluição, considerando-se a densidade próxima calculada no Apêndice D7, através da Equação 24, utilizando-se dos valores calculados no balanço de massa.

$$V_{22} = (11126,60 \text{ kg/h}) / (1040 \text{ kg/m}^3)$$

$$V_{22} = 10,70 \text{ m}^3$$

Após, adicionou-se um coeficiente de segurança de 25% ao volume calculado, a fim de evitar possíveis derramamentos, que poderiam resultar em perda de material. Optou-se pela utilização de um tanque com capacidade de 15000 L, com 3,3 m de altura, 2,53 m de diâmetro, contendo 4 sapatas e 2 alças, para comportar o volume máximo de 13375 L. A empresa fornecedora destes equipamentos é a Fibratec®, os catálogos estão expostos no Anexo G.

APÊNDICE D11 - FILTRAÇÃO A VÁCUO (F-201)



APÊNDICE D11.1 - BALANÇO DE MASSA

O filtro à vácuo rotativo GL-32/60-60, cuja vazão suportada pelo equipamento é de até 12.000 kg/h, visto que a vazão demandada nesta seção será de 11.126,60 kg/h, possui correntes de saída para suspensão do amido nativo com 6.193,11 kg/h (53,70% em matéria seca e 46,30% de umidade) e mais uma corrente de água efluente de 4.933,49 kg/h que é destinado aos tanques pulmão (TP-201A e TP-201B) com o propósito de utilizá-la como reciclo na lavagem e descascamento (DS-201). Os sólidos na entrada e saída do filtro rotativo tem amido com 93,7% de pureza. Os balanços de massa e equações auxiliares se encontram na sequência em (41), (42), (43), (44), (45) e (46):

Balanço de Massa Global:

$$C_{22} = C_{23} + C_{24} \quad (41)$$

Balanço de Massa Parcial (Sólidos):

$$C_{22} \cdot x_{\text{sólidos}, 22} = C_{23} \cdot x_{\text{sólidos}, 23} + C_{24} \cdot x_{\text{sólidos}, 24} \quad (42)$$

$$11.126 \cdot 0,30 = 4.933,49 \cdot 0,00023 + C_{23} \cdot 0,54$$

$$C_{23} = 9.292,89 \text{ kg/h}$$

Balço de Massa Parcial (Amido):

$$C_{22} \cdot x_{amido,22} = C_{23} \cdot x_{amido,23} + C_{24} \cdot x_{amido,24} \quad (43)$$

Balço de Massa Parcial (Água):

$$C_{22} \cdot x_{água,22} = C_{23} \cdot x_{água,23} + C_{24} \cdot x_{água,24} \quad (44)$$

Equações Especiais:

$$C_{22} \cdot x_{amido,22} = 0,937 \cdot C_{22} \cdot x_{sólidos,22} \quad (45)$$

$$C_{23} \cdot x_{amido,23} = 0,937 \cdot C_{23} \cdot x_{sólidos,23} \quad (46)$$

APÊNDICE D11.2 - DIMENSIONAMENTO

O filtro à vácuo rotativo foi dimensionado de acordo com a vazão mássica que o equipamento suporta. Este, será do modelo GL-32/60-60 com área de remoção de água de 60 m² e potência do motor de 6 kW, cuja vazão suportada pelo equipamento é de até 12000 kg/h, visto que a vazão demandada nesta seção será de 11126,60 kg/h.

APÊNDICE D12 - TANQUE PULMÃO PARA O REATOR (TP-202)

APÊNDICE D12.1 - BALANÇO DE MASSA

Como os reatores operam em bateladas, faz-se necessária a utilização de um tanque pulmão para comportar a corrente de saída do filtro rotativo, até que essa seja demandada pelo reator. Visto que o tanque pulmão TP-202 é apenas um tanque de armazenamento, a corrente de entrada é igual a corrente de saída. Conforme evidenciado na Tabela 47.

Tabela 47 - Resultados balanço de massa para o tanque pulmão TP-202

	Torta I entrada (C-39)	Torta I saída (C-23)
Sólidos (kg/h)	3325,70	3325,70
Água (kg/h)	2867,41	2867,41
Total (kg/h)	6193,11	6193,11

Fonte: Autores, 2022.

APÊNDICE D12.2 - DIMENSIONAMENTO

Para o dimensionamento do tanque pulmão TP-202, definiu-se que esse deve comportar o volume necessário para uma batelada em cada reator, ou seja, o volume de duas bateladas de reação. Conforme o Apêndice D14, cada reator possui 10,93 m³, então os dois reatores em conjunto possuem 21,86 m³. Desse modo, o tanque pulmão precisa comportar 21,86 m³. Considerando um coeficiente de segurança de 15% ao volume calculado, a fim de evitar possíveis derramamentos, que poderiam resultar em perda de material. Optou-se pela utilização de um tanque com capacidade de 25000 L, com 5,29 m de altura e 2,53 m de diâmetro. A empresa fornecedora destes equipamentos é a Fibratec®, os catálogos estão expostos no Anexo G.

APÊNDICE D13 - TANQUES DE DILUIÇÃO DE ÁCIDO E BASE (TQ-204 E TQ-205)

APÊNDICE D13.1 - BALANÇO DE MASSA

- Para o NaOH

Como a solução será preparada 1 vez ao dia, estima-se a demanda diária da solução de NaOH 2 mol/L

$$831,42 \frac{kg}{h} \cdot 24h = 19.954,08kg$$

E considerando a densidade da solução como 1000kg/m³ temos então uma demanda de 19,95m³. Calcula-se a demanda da solução concentrada de NaOH (50% m/m):

$$x_{NaOH} \cdot M_{NaOH,conc.} = 0,5 \cdot 1kg = 500g \quad (47)$$

$$N_{NaOH} = \frac{M_{NaOH}}{MM_{NaOH}} = \frac{500g}{40g/mol} = 12,5mol$$

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2 \quad (48)$$

$$12,5 \frac{mol}{L} \cdot V_1 = 2 \frac{mol}{L} \cdot 19.954L$$

$$V_1 = 3.192,64L$$

- Para o HCl

Demanda diária da solução HCl 2 mol/L:

$$665,14 \frac{kg}{h} * 24h = 15.963,36kg$$

Considerando a densidade da solução como 1000kg/m³ temos então uma demanda diária de 15,96m³. Calcula-se a demanda da solução concentrada de HCl (37% m/m):

$$x_{HCl} \cdot M_{HCl,conc.} = 0,37 \cdot 1kg = 370g$$

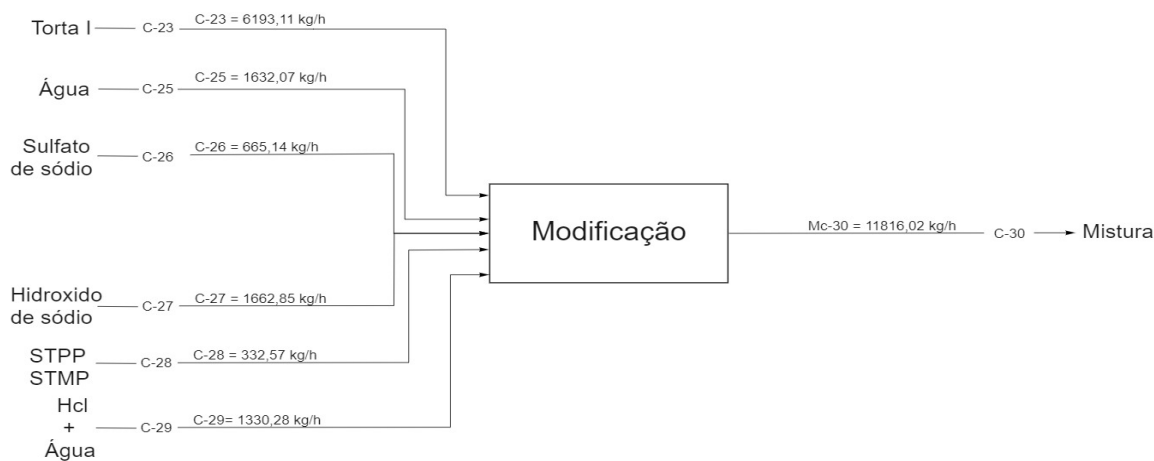
$$N_{HCl} = \frac{M_{HCl}}{MM_{HCl}} = \frac{370g}{36,45g/mol} = 10,15mol$$

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

$$10,15 \frac{mol}{L} \cdot V_1 = 2 \frac{mol}{L} \cdot 15.963L$$

$$V_1 = 3.145L$$

APÊNDICE D14 - REATOR (R-201)



APÊNDICE D14.1 - BALANÇO DE MASSA

O reator tanque agitado com aquecimento opera em batelada, recebendo o amido recém obtido, alimentado com 46% de umidade e 6,3% de impurezas (base seca). A alimentação do reator é feita sob constante agitação. Também é alimentado ao reator água para se atingir a umidade ideal para a reação (~60%), solução de hidróxido de sódio na concentração de 1 mol/L até se atingir o pH de 11,5 e o agente controlador da gelatinização, sulfato de sódio. Após completa homogeneização do conteúdo do reator e se são adicionados os reagentes de modificação, STPP e STMP. Na sequência, inicia-se o aquecimento do reator e considera-se que a reação tem início assim que se atinge 70°C. A reação tem duração de 30 minutos e após sua conclusão o aquecimento é interrompido e é adicionado ácido clorídrico na concentração de 1 mol/L até se obter um pH de 6,5 (SEIB, 1999).

Considerações:

- Todo amido alimentado ao reator é modificado;
- O amido modificado tem 0,3% da sua massa composta de fósforo (base seca);
- As soluções de NaOH e HCl têm densidade semelhante à água.

Estimativa da quantidade de ácido e base necessários:

Para se alcançar o pH de 11,5 com o NaOH e posteriormente de 6,5 com o HCl, obteve-se valores das quantidades das soluções, para cada batelada, proporcionais aos obtidos nos ensaios realizados por Seib (1999) com amostras de 50g de amido nativo. Os valores estão na Tabela 48 abaixo.

Tabela 48 - Estimativa da quantidade de ácido e base necessários

Massa de amido nativo	$V_{\text{NaOH,1M}}$	$V_{\text{HCl,1M}}$
50g	25 mL	20 mL
3.116,18 kg	1662,85 L	1330,28 L

Fonte: Autores, 2022.

Determinação da quantidade necessária dos reagentes e modificação:

Conforme estabelecido anteriormente, na definição da rota tecnológica, a reação de modificação se dá na presença de 20% de sulfato de sódio, 9,9% STMP e 0,1% de STPP, todos os valores em relação à massa de amido nativo, em base seca. As quantidades necessárias dos reagentes estão na Tabela 49.

Tabela 49 - Determinação da quantidade necessária dos reagentes de modificação.

	Quantidade em relação a massa de amido (base seca) (%)	Vazão mássica (kg/h)
Amido nativo	-	3.116,18
Na ₂ SO ₄	20	623,24
STMP	9,9	308,50
STPP	0,1	31,16

Fonte: Autores, 2022.

Balanço parcial para sólidos:

$$\begin{aligned}
 MC88. x_{sól,88} + MC90 + MC91. x_{NaOH(s),91} + MC92 + MC93. x_{HCl(s),93} &= MC94. x_{sól,94} \quad (49) \\
 6193,11 \frac{kg}{h}. 0,54 + 66514 \frac{kg}{h}. 1 + 1662,85 \frac{kg}{h}. 0,04 + 332,57 \frac{kg}{h}. 1 + \\
 + 1330,28 \frac{kg}{h}. 0,04 &= MC94. 0,38 \\
 MC94 &= 11.816,02 \frac{kg}{h}
 \end{aligned}$$

Balanço parcial para a água:

$$\begin{aligned}
 MC88. x_{água,88} + MC89 + MC91. x_{água,91} + MC93. x_{água,93} &= MC94. x_{água,94} \quad (50) \\
 6.193,11 \frac{kg}{h}. 0,46 + MC89 + 1.662,85 \frac{kg}{h}. 0,96 + 1.330,28 \frac{kg}{h}. 0,96 &= \\
 = 11.816,02 \frac{kg}{h}. 0,62 \\
 MC89 &= 1.632,07 \frac{kg}{h}
 \end{aligned}$$

APÊNDICE D14.2 - BALANÇO DE ENERGIA

Considerações:

- Sistema composto apenas por amido e água, demais componentes são desprezíveis ;
- Cp do amido de mandioca e do produto semelhantes ao obtido por Hwang (1999) ;
- Cp de todos os sólidos são aproximadamente iguais ao do amido;
- Cp constante para o amido e a água;
- Calor de mistura e de reação são desprezíveis;
- Trabalho de eixo é desprezível;
- Os sólidos e a água são alimentados a 25°C;

Obtendo a capacidade calorífica da mistura reacional ($C_{p,mist}$)

$$C_{p,mist} = \sum_{\text{todos os componentes}} x_i C_{p,i} \quad (51)$$

$$C_{p,mist} = 0,62 \times 4,186 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} + 0,38 \times 1,634 \frac{kJ}{kg^{\circ}C}$$

$$C_{p,mist} = 3,22 \frac{kJ}{kg^{\circ}C}$$

Balanço do aquecimento do reator até a temperatura de reação

$$m_{mist} \times Cp \times \Delta T = m_{vapor} \times \lambda \quad (52)$$

$$11816 \frac{kg}{h} \times 3,22 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} \times 45^{\circ}C = m_{vapor} \times 2256$$

APÊNDICE D14.3 - DIMENSIONAMENTO

Volume do reator:

$$V_{reator} = 1,2 V_{mistura\ reacional} \quad (53)$$

$$V_{mist} = m_{amido} \times \rho_{amido}^{-1} + m_{\acute{a}gua} \times \rho_{\acute{a}gua}^{-1} = \frac{3125,56\ kg}{1830 \frac{kg}{m^3}} + \frac{7377,6\ kg}{997 \frac{kg}{m^3}} = 9,11 m^3$$

$$V_{reator} = 1,2 \times 9,11\ m^3 = 10,93\ m^3$$

Assim, para o tanque agitado (Anexo K), se tem um diâmetro de 2,385 m.

Diâmetro do impelidor:

$$D = \frac{T}{3} = \frac{2,385m}{3} = 0,795 \quad (54)$$

Obtenção do nível de agitação (N_A) para 60 RPM:

$$\rho_{mist} = x_{amido} \times \rho_{amido} + x_{\acute{a}gua} \times \rho_{\acute{a}gua} = 0,38 \times 1830 \frac{kg}{m^3} + 0,72 \times 997 \frac{kg}{m^3} = 1312,5 \frac{kg}{m^3}$$

$$Re = \frac{\rho ND^2}{\mu} = \frac{1,31g/cm^3 \times 1rps \times 79,5m^2}{33,42 \text{ poise}} = 248,4 = 2,48 \times 10^2$$

Pelo gráfico de número de potência x Re (Anexo L), obtém-se $N_{P0} = 5$

$$W_u = N_{P0} \times \rho_{mist} \times N^3 \times D^5 = 5 \times 1312,5 \frac{kg}{m^3} \times 1rps^3 \times 0,795^5 = 2085 W = 2,8 HP$$

$$N_A = \frac{W_u}{V_{mist}} = \frac{2,8 HP}{9,11 m^3} = 0,31 HP/m^3 \text{ (Nível de agitação médio) (Anexo M)}$$

Obtenção do nível de agitação (N_A) para 120 RPM:

$$\rho_{mist} = x_{amido} \times \rho_{amido} + x_{\acute{a}gua} \times \rho_{\acute{a}gua} = 0,38 \times 1830 \frac{kg}{m^3} + 0,72 \times 997 \frac{kg}{m^3} = 1312,5 \frac{kg}{m^3}$$

$$Re = \frac{\rho ND^2}{\mu} = \frac{1,31g/cm^3 \times 2rps \times 79,5m^2}{33,42 \text{ poise}} = 495,48 = 4,95 \times 10^2$$

Pelo gráfico de número de potência x Re (Anexo L), obtém-se $N_{P0} = 3,95$

$$W_u = N_{P0} \times \rho_{mist} \times N^3 \times D^5 = 3,95 \times 1312,5 \frac{kg}{m^3} \times 2rps^3 \times 0,795^5 = 13181 W = 17,7 HP$$

$$N_A = \frac{W_u}{V_{mist}} = \frac{17,7 HP}{9,11 m^3} = 1,94 HP/m^3 \text{ (Nível de agitação intensa) (Anexo M)}$$

APÊNDICE D15 - TANQUE PULMÃO PARA O FILTRO PRENSA (TP-203)

APÊNDICE D15.1 - BALANÇO DE MASSA

Como os filtros prensa operam em bateladas, faz-se necessária a utilização de um tanque pulmão para comportar a corrente de saída do reator, até que essa seja demandada pelo filtro prensa. Visto que o tanque pulmão TP-203 é apenas um tanque de armazenamento, a corrente de entrada é igual a corrente de saída. Conforme evidenciado na Tabela 50.

Tabela 50 - Resultados balanço de massa para o tanque pulmão TP-203

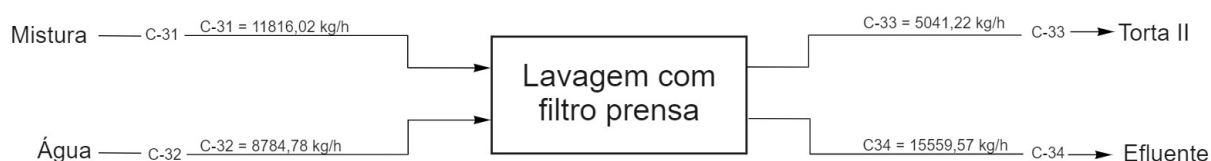
	Mistura entrada (C-30)	Mistura saída (C-31)
Sólidos (kg/h)	4438,41	4438,41
Água (kg/h)	7377,61	7377,61
Total (kg/h)	11816,02	11816,02

Fonte: Autores, 2022.

APÊNDICE D15.2 - DIMENSIONAMENTO

Para o dimensionamento do tanque pulmão TP-203, definiu-se que esse deve comportar o volume necessário para uma batelada em cada filtro prensa, ou seja, o volume de três bateladas de filtração. Conforme o Apêndice D16, cada filtro prensa produz 3,01 m³ de torta por batelada, pelo cálculo do balanço de massa do filtro prensa é necessário 9469,58 kg da mistura que sai do reator para produzir esse volume de torta. Considerando que a mistura tem a mesma densidade da água (1000 kg/m³), cada batelada no filtro prensa demanda 9,47 m³ de mistura. Desse modo, para atender a demanda de três bateladas em filtro prensa, o tanque pulmão precisa comportar 28,41 m³. Considerando um coeficiente de segurança de 25% ao volume calculado, a fim de evitar possíveis derramamentos, que poderiam resultar em perda de material. Optou-se pela utilização de um tanque com capacidade de 35000 L, com 4,82 m de altura e 3,2 m de diâmetro. A empresa fornecedora destes equipamentos é a Fibratec®, os catálogos estão expostos no Anexo G.

APÊNDICE D16 - LAVAGEM EM FILTRO PRENSA (FP-201)



APÊNDICE D16.1 - BALANÇO DE MASSA

O filtro prensa opera em batelada, recebendo a mistura contendo o amido modificado, o excesso de reagentes que não foram convertidos em produtos na reação e outras impurezas. Além da entrada da mistura que vem do reator, o filtro prensa possui uma entrada de água limpa para a lavagem da torta, gerando um efluente líquido e a torta com o amido modificado, que irá para o secador na sequência.

O secador possui uma demanda de entrada de 5041,22 kg/h de amido modificado úmido. Os balanços de massa foram realizados com o objetivo de atender essa vazão.

De acordo com Masotti (2021), na lavagem do amido modificado busca-se obter uma torta com 0,3% de cinzas em fração mássica. Os valores do balanço de massa obtidos por Masotti (2021) para lavagem de amido de milho modificado por acetilação estão compilados na Tabela 51 a seguir.

Tabela 51 - Balanço de massa para lavagem de amido de milho modificado por acetilação

	Mistura	Água	Torta	Efluente
Sólidos (kg)	1000	-	1000	46,49
Água (kg)	2310,2	8798,74	608,49	2453,92

Fonte: Adaptado de Masotti, 2021.

Considerando que o amido de milho possui em média um teor de 0,7925% de cinzas (YOUSIF, 2012) e foram necessários 798,74 kg de água para redução do teor de cinzas a 0,3%. Estabeleceu-se uma correlação linear entre a quantidade de água necessária para lavar as cinzas do amido de milho do estudo de Masotti (2021) e a necessária para lavar o amido de mandioca modificado. O amido modificado de mandioca entra no filtro prensa com um teor médio de cinzas de 1,789% (ANDRIANSYAH, 2017). Resolvendo com a ferramenta Solver

do Excel® para obter-se um amido de mandioca com 0,3% de cinzas, tem-se os resultados expressos na Tabela 52 a seguir.

Além das considerações sobre o teor de cinzas, também considerou-se que todo o amido modificado sai na torta, ou seja, nenhum amido é perdido na corrente de efluente e a umidade da torta na saída é de 38% (MASOTTI, 2021).

Tabela 52 - Resultados balanço de massa para lavagem no Filtro Prensa

	Mistura (C-31)	Água (C-32)	Torta II (C-33)	Efluente (C-34)
Sólidos (kg/h)	4438,41	-	3125,56	1312,86
Água (kg/h)	7377,60	8784,78	1915,66	14246,72
Cinzas (kg/h)	65,08	-	9,38	55,70
Total (kg/h)	11816,02	8784,78	5041,22	15559,57

Fonte: Autores, 2022.

APÊNDICE D16.2 - DIMENSIONAMENTO

Para o dimensionamento do filtro prensa é necessário conhecer o volume de torta que deve ser produzida por dia. Portanto, deve-se estimar a densidade da torta, a densidade da água é de 1000 kg/m³ e a do amido de mandioca é de 1690 kg/m³ (MADEIRA, 2017).

Para o cálculo da densidade da torta, considerou-se que todos sólidos na torta sejam apenas amido modificado e realizou-se o cálculo do volume da torta com uma média ponderada das densidades dos componentes da torta conforme a Equação 55.

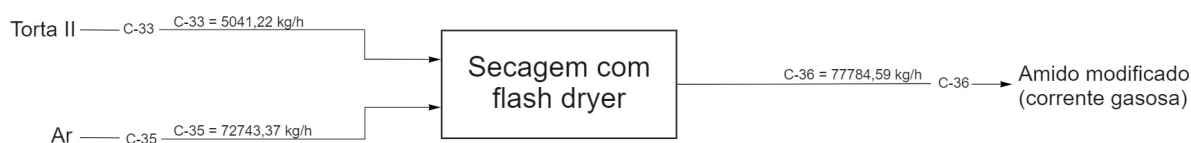
$$V_{torta} = \frac{C-33.x_{sól,33}}{1690 \text{ kg/m}^3} + \frac{C-33.x_{água,33}}{1000 \text{ kg/m}^3} \quad (55)$$

Com a Equação 55, obtém-se que o volume da torta é de 3,76 m³/h. Convertendo para uma base diária, tem-se que é necessário produzir 90,36 m³ de torta por dia. Como a vazão do filtro prensa não é contínua, visto que esse equipamento opera em bateladas, definiu-se que serão realizadas 10 cargas por dia, cada uma dessas gerando um volume de 9,04 m³ de torta.

De acordo com o catálogo do fornecedor Toro® (consultar Anexo N), o filtro prensa de maior capacidade é do modelo FPA-AR 1200, que atende uma vazão de torta de 4445 L por batelada. Desse modo, definiu-se a utilização de três filtros prensa, identificados pelos

códigos FP-201A, FP-201B e FP-201C, para suprir a necessidade de produção, podendo produzir até 13,34 m³ por ciclo. O filtro prensa modelo FPA-AR 1200 possui dimensões de 12,4 m x 1,9 m x 2,4 m (comprimento x largura x altura) e os três filtros ocuparão uma área de 70,68 m² do chão fabril.

APÊNDICE D17 - SECAGEM (FD-201)



APÊNDICE D17.1 - BALANÇO DE MASSA

Após a lavagem em filtro prensa, a torta de amido modificado é conduzida por uma esteira até o alimentador do Flash Dryer, onde será integrada a uma corrente de ar quente responsável pela secagem do amido modificado.

De acordo com a Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 263 de 22/09/2005 da Anvisa, que aprova o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos, a umidade máxima para amidos de mandioca é de 18% (m/m). Contudo, a umidade máxima praticada comercialmente por produtos concorrentes é de 14% (Consultar fichas técnicas no Anexo AH).

Visando atender o padrão de qualidade comercial e considerando a possibilidade de aumento da umidade do produto final durante o armazenamento, optou-se por realizar a secagem do amido modificado até atingir-se 12% (m/m) de umidade.

Os ciclones possuem uma demanda de entrada de 3551,77 kg de sólidos/h. Os balanços de massa foram realizados com o objetivo de atender essa vazão.

Como a quantidade de umidade da torta proveniente dos filtros prensa é conhecida e a umidade a ser atingida na secagem foi pré-determinada, pode-se realizar o balanço de massa parcial para a água e para o amido, conforme as Equações 56 e 57.

$$C - 33. x_{amido,33} = C - 36. x_{amido,36} \quad (56)$$

$$C - 33. x_{água,33} = C - 36. x_{sólidos,36} \cdot x_{água,36} + C - 36. x_{vapor,36} \quad (57)$$

Onde, $C-36.x_{\text{sólidos},36}$ representa a vazão total de amido e água (sólidos com 12% de umidade) e $C-36.x_{\text{vapor},36}$ é a quantidade de água que evaporou dos sólidos da entrada.

Uma vez conhecidas as entradas de amido úmido e saídas de amido modificado seco e vapor, é necessário definir a vazão do ar de secagem. De acordo com Kuye *et al.* (2011), a velocidade do ar de secagem pode ser determinada pela Equação 58.

$$v_m = 565,78 \cdot \left[\left(\frac{\rho_s}{\rho_s + 997,95} \right) \cdot D^{0,6} \right] \quad (58)$$

Onde, ρ_s é a densidade da partícula de amido modificado e D é o diâmetro da maior partícula a ser carregada. A densidade da partícula de amido é de 1690 kg/m^3 (MADEIRA, 2017) e o diâmetro da maior partícula é de $1,5 \text{ mm}$ (KUYE *et al.*, 2011). Substituindo esses valores na equação obtém-se uma velocidade de $7,19 \text{ m/s}$. Para evitar o acúmulo de partículas no tubo do secador e considerando que a velocidade do ar deve ser de 3 a 5 m/s maior que a das partículas para garantir que elas atinjam a velocidade terminal adequada, definiu-se um fator de segurança de 2 . Assim, tem-se que a velocidade de escoamento do ar será de $14,38 \text{ m/s}$.

Com a velocidade do ar definida e utilizando o diâmetro padrão de 1 m para a tubulação de secadores Flash Dryer de amido (CHAPUIS, *et al.*, 2016) podemos determinar a vazão de ar pela Equação 59.

$$Q_{ar} = v_m \cdot A \quad (59)$$

Onde, Q_{ar} é a vazão do ar (m^3/s); v_m é a velocidade do ar (m/s) e A é a área da seção transversal do tubo do secador (m^2) que pode ser calculada pela Equação 60.

$$A = \pi \cdot r_{\text{tubo}}^2 \quad (60)$$

Onde, r_{tubo} é o raio do tubo do secador. Substituindo os valores nas equações tem-se uma vazão de ar de $11,29 \text{ m}^3/\text{s}$, convertendo para a vazão em hora tem-se $40658,5 \text{ m}^3/\text{h}$. A densidade do ar a $180 \text{ }^\circ\text{C}$, temperatura de entrada do ar no secador, é de $0,778 \text{ kg/m}^3$

(Engineering ToolBox, 2003). Multiplicando a vazão volumétrica de ar pela densidade desse, obtém-se uma vazão mássica de 31632,3 kg/h de ar de secagem.

Os resultados para o balanço de massa do secador são expressos na Tabela 53 a seguir.

Tabela 53 - Resultados balanço de massa para secagem no Flash Dryer

	Torta II (C-33)	Ar (C-35)	Amido modificado (corrente gasosa) (C-36)
Amido (kg/h)	3125,56	-	3125,56
Água (kg/h)	1915,66	-	426,21
Ar (kg/h)	-	31632,3	31632,3
Vapor (kg/h)	-	-	1489,45
Total (kg/h)	5041,22	31632,3	36673,52

Fonte: Autores, 2022.

APÊNDICE D17.2 - BALANÇO DE ENERGIA

Para o balanço de energia do Flash Dryer calcula-se a energia, transferida do ar de secagem para as partículas de amido, necessária para evaporar a água do amido até atingir a umidade desejada. A energia transferida pode ser calculada pela Equação 61 (KUYE *et al.*, 2011).

$$\frac{Q_s}{M_s} = C_s \cdot (T_f - T_i) + x_i \cdot C_{p,l} \cdot (T_v - T_i) + (x_f - x_i) \cdot \lambda + x_f \cdot C_{p,l} \cdot (T_f - T_v) + (x_f - x_i) C_{p,v} \cdot (T_{f,v} - T_v) \quad (61)$$

Onde, Q_s é o calor transferido (J/h); M_s é a vazão mássica de sólidos secos (kg/h); C_s é o calor específico dos sólidos (J/kg.°C); $C_{p,l}$ é o calor específico da água líquida; λ é o calor latente de vaporização (J/kg); $C_{p,v}$ é o calor específico do vapor (J/kg.°C); x_i é a fração mássica inicial de água no amido; x_f é a fração mássica final de água no amido; T_f é a temperatura final dos sólidos; T_i é a temperatura inicial dos sólidos; T_v é a temperatura de vaporização da água; e $T_{f,v}$ é a temperatura final do vapor.

Observa-se que o primeiro termo do somatório é calor necessário para aquecer o amido; o segundo termo é o calor necessário para aquecer a água até a temperatura de

vaporização; o terceiro termo é o calor necessário para a transição de fase; o quarto termo é o calor necessário para aquecer a água não evaporada; e o quinto termo é o calor necessário para aquecer o vapor.

De acordo com Masotti (2021), a temperatura de entrada do ar no secador deve estar entre 170 e 180 °C, pois temperaturas superiores a 180 °C podem aquecer em excesso as partículas de amido que sofre processo de gelatinização a partir de 60 °C. Por outro lado, se a temperatura do ar de secagem for inferior a 140 °C o tempo de secagem ficaria muito longo, o que também implica em um comprimento de tubulação maior.

Assim, definiu-se a temperatura de entrada do amido (T_i) como sendo ambiente: 25 °C. A temperatura final (T_f) dos sólidos será definida em 50 °C para prevenir a gelatinização, a temperatura de vaporização da água (T_v) é de 100 °C e a temperatura final do vapor ($T_{f,v}$) de 170 °C (em equilíbrio com a temperatura do ar de secagem). A vazão mássica de sólidos secos (M_s) é de 3551,77 kg/h (conforme balanço de massa) e as frações mássicas de água no amido inicial (x_i) e final (x_f) são 0,38 e 0,12, respectivamente. O calor específico do vapor ($C_{p,v}$) é de 1996 J/kg.°C, o calor latente de vaporização (λ) é de 200 J/kg, o calor específico da água líquida ($C_{p,l}$) é de 4187 J/kg.°C e o calor específico dos sólidos (C_s) é de 1600 J/kg.°C (KUYE *et al.*, 2011).

Substituindo os valores na equação, temos que o calor transferido do ar para as partículas de amido é de 820.030,88 kJ/h, convertendo para uma base em segundos tem-se 227,79 kJ/s.

Contudo, a demanda de vapor precisa ser estimada pela energia demandada para aquecer o ar de secagem até a temperatura de entrada do secador. Sendo assim, definiu-se que a temperatura de entrada do ar no secador será de 180 °C. O consumo de vapor necessário para aquecer o ar da temperatura ambiente (definida como 25 °C) até 180 °C, pode ser definido pela Equação 62.

$$m_s = \frac{q \cdot dt \cdot c_p \cdot \rho}{h_e} \quad (62)$$

Onde, q é a vazão volumétrica do ar de secagem (m^3/s); dt é a diferença de temperatura entre o ar antes do aquecimento e depois do aquecimento (°C); c_p é o calor específico do ar na temperatura de entrada (kJ/kg.°C); ρ é a densidade do ar na temperatura de entrada (kg/m^3); e h_e é a entalpia específica de condensação do vapor (kJ/kg).

A vazão volumétrica do ar já é conhecida do balanço de massa: 11,29 m³/s (consultar Apêndice D18). O calor específico do ar a 25 °C é de 1,006 kJ/kg.°C e a densidade é de 1,184 kg/m³. Para o vapor escolheu-se uma condição tabelada que possibilite um gradiente de temperatura entre o vapor e a temperatura final do ar aquecido, assim definiu-se as condições de vapor saturado a 221,8 °C e 2400 kPa, nessas condições o vapor tem entalpia específica de 1849 kJ/kg (Engineering ToolBox, 2003).

Substituindo esses valores na equação obtém-se uma demanda de vapor de 1,18 kg/s ou, convertendo para uma demanda por hora, 4234,4 kg/h.

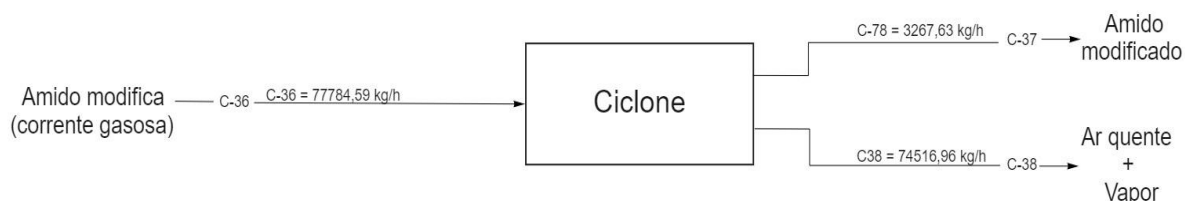
APÊNDICE D17.3 - DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento do Flash Dryer é definido a partir da velocidade do ar calculada no balanço de massa é o tempo de residência requerido para a secagem das partículas de amido. De acordo com Kuye et al. (2011), o tempo de residência máximo das partículas no Flash Dryer deve ser de 3 segundos, para assegurar a temperatura adequada para que o amido não sofra gelatinização, adotou-se o tempo de residência de 2 segundos. Assim, multiplicando-se a velocidade do ar pelo tempo de residência das partículas obtém-se o comprimento de tubulação necessário, conforme Equação 63.

$$d = v_m \cdot t \quad (63)$$

O comprimento de tubulação obtido é de 28,76 m, que aproximou-se para 30 m, conforme a especificação técnica do Flash Dryer do fabricante Dingli Group. O Flash Dryer modelo XSG-20 do Dingli Group ocupa 150 m² do chão fabril e tem uma capacidade de evaporação de 1000 a 1500 kg de água por hora e comporta uma vazão de 28.200-56.500 m³ de ar/h (consultar Anexo AH).

APÊNDICE D18 - RECUPERAÇÃO EM CICLONE (C-201)



APÊNDICE D18.1 - BALANÇO DE MASSA

A corrente de ar da saída do secador contendo o amido seco é direcionada para o conjunto de seis ciclones, onde as partículas serão coletadas e o ar é dispensado para a atmosfera, após passar por um filtro para reter o particulado fino que não é coletado pelo ciclone. Os ciclones precisam atender a demanda de produção de amido estipulada na análise econômica preliminar que foi de 20390 toneladas/ano, convertendo esse valor para vazão por hora tem-se uma necessidade de produção de 3267,63 kg amido modificado por hora.

De acordo com o estudo de Silva e Carrocci (2004), nas condições ótimas de operação de ciclone para coleta de fécula de mandioca, obtém-se um rendimento de 92%. Sendo assim, conhecendo-se a necessidade de produção de amido modificado e o rendimento do ciclone, pode-se estimar a vazão de entrada de amido modificado nos ciclones, conforme a Equação 64.

$$C - 37 = C - 36 \cdot x_{36,sólidos} \cdot rendimento \quad (64)$$

Onde, C-37 é a vazão de produto demandada (kg/h), C-36 é a corrente de entrada do ciclone e $x_{36,sólidos}$ é a fração de sólidos (amido modificado com 12% de umidade) na corrente de entrada do ciclone.

Subtraindo-se a corrente C-37 da corrente C-36, obtém-se a vazão mássica da outra corrente de saída dos ciclones. O resultado do balanço de massa dos ciclones está apresentado na Tabela 54 a seguir.

Tabela 54 - Resultados balanço de massa para recuperação nos ciclones

	Amido modificado (corrente gasosa) (C-36)	Ar (C-38)	Amido modificado (C-37)
Amido (kg/h)	3125,56	250,04	2875,52
Água (kg/h)	426,21	34,10	392,11
Ar (kg/h)	31632,3	31632,3	-
Vapor (kg/h)	1489,45	1489,45	-
Total (kg/h)	36673,52	33405,89	3267,63

Fonte: Autores, 2022.

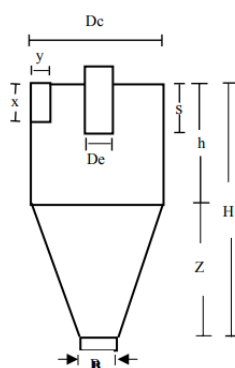
APÊNDICE D18.2 - DIMENSIONAMENTO

Para o dimensionamento dos ciclones é necessário conhecer a velocidade ideal de máxima eficiência do ciclone. De acordo com Silva e Carrocci (2004), para um rendimento ótimo de 92% utiliza-se a velocidade do ar de 23,8 m/s.

Devido a grande vazão volumétrica de saída do secador Flash Dryer, para poder atingir a velocidade ideal de máxima eficiência do ciclone seria necessário um ciclone muito grande. Desse modo, optou-se por dividir a corrente de entrada do ciclone entre 6 ciclones menores.

Para poder dimensionar os ciclones utilizou-se das dimensões características para o ciclone de Stairmand, adequado para faixas de velocidade do ar de 10 a 30 m/s (Silva e Carrocci, 2004). O esquema do ciclone de Stairmand é apresentado na Figura 11 e as relações entre as dimensões características do ciclone de Stairmand estão na Tabela 55.

Figura 11 - Ciclone de Stairmand



Fonte: Adptado de Silva e Carrocci, 2004.

Como a vazão de entrada nos ciclones será dividida por 6, temos a vazão volumétrica de ar calculada no balanço de massa do secador de 11,29 m³/s transformada em 1,88 m³/s para cada ciclone. Com o valor de vazão e conhecendo a velocidade ideal para o ciclone, podemos calcular a área da entrada do ciclone pela Equação 65.

Tabela 55 - Relações entre as dimensões características do ciclone de Stairmand

Dimensões	Proporção
y/Dc	0,2
De/Dc	0,5
x/Dc	0,5
h/Dc	1,5
s/Dc	0,5
Z/Dc	2,5
B/Dc	0,37

Fonte: Adptado de Silva e Carrocci, 2004.

$$x \cdot y = \frac{Q}{v_{ar}} \quad (65)$$

Então:

$$D_c^2 = 10 \cdot \frac{Q}{v_{ar}} \quad (66)$$

Substituindo os valores nas equações, temos os valores da tabela 56 para as dimensões dos ciclones de coleta.

Para as dimensões calculadas, o fornecedor Donaldson Torit® possui o ciclone modelo 30-10 com capacidade de vazão de ar de 5096 a 7644 m³/h e velocidade de entrada de 1164,3 a 1746,5 m/min (consultar Anexo AI). O ciclone tem uma altura de 1828,8 mm e diâmetro de 762 mm, ou seja, cada ciclone ocupa 0,456 m² do chão de fábrica, totalizando 2,74 m² de área ocupada pelos seis ciclones.

Tabela 56 - Relações entre as dimensões características do ciclone de Stairmand

Dimensões	Valor (m)
Dc	0,89
y	0,18
De	0,44
x	0,44
h	1,33
s	0,44
Z	2,22
B	0,33

Fonte: Autores, 2022.

APÊNDICE D19 - EMBALAGEM (E-201)

APÊNDICE D19.1 - BALANÇO DE MASSA

Depois de coletado pelos ciclones, o amido modificado é enviado para a embaladora que irá empacotar o produto em sacos de 25 kg. Considerou-se que todo o amido coletado será embalado. Logo, como não há perdas, todo amido que entra na embaladora sai empacotado, conforme Tabela 57.

Tabela 57. Resultados balanço de massa para embalagem

	Amido modificado (C-37)	Amido modificado (pacotes de 25 kg)
Amido (kg/h)	2875,52	2875,52
Água (kg/h)	392,11	392,11
Total (kg/h)	3267,63	3267,63

Fonte: Autores, 2022.

APÊNDICE D19.2 - DIMENSIONAMENTO

Para o dimensionamento da embaladora buscou-se uma máquina que pudesse atender a demanda de produção, embalando o produto no tamanho de saco desejado. O fornecedor Chinatown Grain Machinery possui a embaladora modelo DCSP-25Z que embala até 320 sacos de 25 kg por hora. Essa embaladora possui dimensões de 1,05 m x 3 m x 2,8 m (comprimento x largura x altura) e irá ocupar 3,15 m² do chão fabril.

APÊNDICE D20 - LAGOAS (L-301 a L-307)

APÊNDICE D20.1 - DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento das lagoas para o tratamento do efluente de manipueira foi realizado com base no volume gerado ao final do processo. Para este cálculo, utilizou-se a Equação 67 para a realização do mesmo, onde V é o volume requerido pelas lagoas, L é a carga de DBO total do efluente, L_v é a taxa de aplicação volumétrica (kg DBO/m³/d).

$$V = \frac{L}{L_v} \quad (67)$$

Para o cálculo da L_v é preciso conhecer a temperatura no mês mais frio do ano na região onde será instalada a indústria, neste caso Maringá-PR. Sendo então, julho o mês mais frio, a temperatura média é de 18°C para esta região, assim, o próximo dado que precisamos saber para o cálculo é a DBO do efluente. Segundo o artigo sobre o Tratamento de águas residuais de feculárias por meio de lagoas de estabilização (CAMPOS, 2006), o DBO para efluente a partir da lavagem e descascamento é de 11.484 mg/L, já para o DBO proveniente da lavagem do filtro prensa é de 6.500 mg/L (MASOTTI, 2021). Vale lembrar que o efluente da lavagem e descascamento corresponde a aproximadamente 80,78% do efluente total segundo o balanço de massa e energia informado no Apêndice D2. Assim, faz-se uma média ponderada das DBO's, chegando ao valor de 10,526 mg/L. Para o cálculo da carga de DBO total do efluente utiliza-se a Equação 69, onde Q é a vazão diária de efluente. Pode-se ainda obter o tempo de detenção do efluente às lagoas de acordo com a Equação 70.

$$\text{Para temperaturas entre } 10 \text{ e } 20^\circ\text{C} \rightarrow L_v = 0,02 * T - 0,1 \quad (68)$$

$$L_v = 0,26 \text{ KgDBO}/\text{m}^3/\text{d}$$

$$L = Q * \text{DBO} \quad (69)$$

sendo $Q = 80,95 \text{ m}^3/\text{h}$ do balanço de massa, temos:

$$L = 20.450 \text{ Kg DBO}/\text{d}$$

$$V = 3.654,073 \text{ m}^3$$

$$t = Q/V \quad (70)$$

$$t = 40 \text{ dias}$$

APÊNDICE E - LEAD TIME

APÊNDICE E1 - MOINHO

Para realizar o cálculo da massa que entra no moinho utilizou-se a vazão de entrada, pelo tempo.

$$m = \frac{20563,96 \frac{kg}{h}}{1h}$$

$$m = 20563,96kg$$

Como o moinho tem capacidade para essa carga, estipulou-se que toda a carga que sair do lavador entrará para o moedor.

O tempo de residência do material, no moinho industrial, pode ser determinado conforme a Equação 71 a seguir.

$$t = \frac{H}{F} \quad (71)$$

Onde:

H = massa de material contida no moinho;

T = tempo de residência, em minutos;

F = taxa de alimentação do moinho, em t/h.

$$t = \frac{20563,96kg}{23182,16 \frac{kg}{h}}$$

$$t = 0,014 \text{ min}$$

APÊNDICE E2 - TANQUE AGITADOR

O tempo de residência de uma partícula no tanque agitador de pás planas, que foi o escolhido é realizado através da seguinte forma:

P_0 = Potência fornecida pelo motor

N = Frequência rotacional do impulsor

D = Diâmetro do agitador

ρ = Densidade

$$N_{P0} = \frac{P_0}{N^3 \cdot D_a^5 \cdot \rho}$$

$$N_{P0} = \frac{9,22W}{0,83^3 \cdot s \cdot 0,32^5 m \cdot 1000000 \frac{kg}{m^3}}$$

$$N_{P0} = 3,3$$

Onde:

N = número de rotações do agitador (rps)

D_a = Diâmetro do agitador

D_t = Diâmetro do tanque

N_{P0} = Número da potência [adimensional]

$$t = \frac{5,3}{N} \frac{1}{(N_{P0})^{\frac{1}{3}}} \left(\frac{D_a}{D_t}\right)^{-2} \quad (72)$$

$$t = \frac{5,3}{0,83} \frac{1}{(3,3)^{\frac{1}{3}}} \left(\frac{0,32}{3,2}\right)^{-2}$$

$$t = 428 \text{ s}$$

$$t = 7,14 \text{ min}$$

Como o número de rotação e o número da potência são constantes, e o diâmetro do agitador e o diâmetro do tanque são proporcionais, utilizará o mesmo tempo para os 3 tanques onde o tempo ficará 21,42 min.

APÊNDICE E3 - CENTRÍFUGAS

O cálculo do tempo de residência na centrífuga foi realizado com o volume de líquido do tambor da centrífuga dividido pela vazão volumétrica da alimentação.

As dimensões da centrífuga são:

b = Altura

r_1 e r_2 = Raio da centrífuga

$$V = \pi (r_2^2 - r_1^2) \cdot b \quad (73)$$

$$V = \pi (0,7^2 - 0,35^2) \cdot 0,7$$

$$V = 0,8 \text{ m}^3$$

V = Volume de líquido do tambor

Q = Vazão volumétrica da alimentação

$$t = \frac{V}{Q} \quad (74)$$

$$t = \frac{0,8 \text{ m}^3}{23,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}$$

$$t = 0,034 \text{ h}$$

$$t = 2,04 \text{ min}$$

Como as três centrífugas utilizadas são iguais, o tempo ficará 6,16 min.

APÊNDICE F - PROJETO DE INSTALAÇÃO INDUSTRIAL

APÊNDICE F1 - DEMANDA DE ÁGUA FRIA

A demanda de água fria do processo foi calculada através dos balanços de massa do processo e estão presentes na Tabela 09. Já a demanda de água fria para as áreas auxiliares (Tabela 10), foi calculada através de estimativas, geralmente considerando-se gasto excedente, a fim de evitar que falte água na indústria. Definiu-se uma quantidade de 4.750 L/dia para limpeza da indústria e outros afins. Para os prédios auxiliares, o consumo dos banheiros foi realizado por aproximação, considerando um gasto de 2 L/descarga e que são 95 funcionários, que utilizarão, em média, 3 vezes diárias os sanitários, resultando em 3.876 L/dia. Para a lavadora, a estimativa de consumo foi feita considerando que o peso do uniforme dos funcionários é, em média, de 0,8 kg, resultando em uma lavagem de 75,36 kg de roupa/dia, sendo que a lavadora gasta 30 L/kg roupa seca, totalizando uma demanda de 2.261 L/dia.

O cálculo dos gastos referentes a chuveiros, bebedouros e refeitório foram baseados nas informações trazidas por Macyntire (1996), sendo considerado consumos referentes a uma outra indústria, ressalta-se que o valor é extrapolado, pois nem todo funcionário utilizará esta quantidade de água. Assim, considerando a demanda total de água tanto para o processo quanto para os prédios auxiliares de aproximadamente 2.038 m³/dia, os tanques irão armazenar água para um dia de processo, além de um volume 20% a mais para casos de incêndio, totalizando 2.446,6 m³/dia. O volume útil do tanque será de 90%, portanto os tanques deverão comportar o volume de 2.690 m³.

Dimensionou-se os tanques RA-101A e RA-101B que armazenam 1.000 m³ de água cada, e mais um tanque RA-102, com capacidade de armazenamento de 700 m³. Selecionou-se o reservatório de água de acordo com a demanda, através de catálogos da empresa Faz Forte.

APÊNDICE F1.1 - TUBULAÇÕES DE ÁGUA FRIA

O cálculo da tubulação de água fria, a 25°C, foi realizado com o critério de velocidade recomendada para água de 2,5 m/s (IGNÁCIO, 2020) e as tubulações serão de aço carbono. A demanda de água em cada equipamento do processo, assim como nos prédios auxiliares, está apresentada nas Tabelas 09 e 10. A partir destes dados, é possível utilizar a Equação 75 para

calcular a área de seção necessária da tubulação em cada trecho, encontrando-se um valor para diâmetro nominal, sendo estes escolhidos conforme os disponíveis comercialmente.

$$A = Q/v \quad (75)$$

Com A sendo a área da seção transversal da tubulação (m²), Q a vazão volumétrica (m³/s) e v a velocidade de escoamento (m/s). Após a obtenção dos diâmetros nominais, calcula-se a velocidade real para cada trecho utilizando a Equação 76. Os valores encontrados estão disponíveis na Tabela 58.

$$v = \frac{4.Q}{\pi.D^2} \quad (76)$$

Tabela 58 - Dimensionamento das tubulações de água fria

(continua)

Trecho	Comprimento (m)	Vazão (m ³ /s)	Velocidade (m/s)	Área (m ²)	Diâmetro nominal (m)	Velocidade real (m/s)
1-2	5,68	0,023611	2,5	0,0094444	0,114	2,313
3-4	10,42	0,023611	2,5	0,0094444	0,114	2,313
4-5	25,30	0,008746	2,5	0,0034983	0,089	1,406
4-111	12,11	0,008746	2,5	0,0034983	0,089	1,406
4-112	25,42	0,006119	2,5	0,0024478	0,060	2,164
113-115	25,30	0,008746	2,5	0,0034983	0,089	1,406
114-115	12,29	0,008746	2,5	0,0034983	0,089	1,406
115-117	12,37	0,017492	2,5	0,0069967	0,114	1,714
116-117	13,24	0,006119	2,5	0,0024478	0,060	2,164
117-6	19,76	0,023611	2,5	0,0094444	0,114	2,313
6-7	0,67	0,000005	2,5	0,0000020	0,014	0,033
7-8	1,92	0,000002	2,5	0,0000006	0,014	0,011
7-9	1,65	0,000003	2,5	0,0000013	0,014	0,022
9-10	0,80	0,000002	2,5	0,0000006	0,014	0,011
10-11	0,15	0,000001	2,5	0,0000002	0,014	0,004
10-12	0,15	0,000001	2,5	0,0000002	0,014	0,004
10-13	1,01	0,000001	2,5	0,0000002	0,014	0,004
9-14	1,16	0,000003	2,5	0,0000013	0,014	0,022
14-15	0,12	0,000002	2,5	0,0000006	0,014	0,011
14-16	10,28	0,000002	2,5	0,0000006	0,014	0,011
16-17	0,16	0,000001	2,5	0,0000003	0,014	0,005
16-18	2,28	0,000001	2,5	0,0000003	0,014	0,005
6-19	0,77	0,023606	2,5	0,0094425	0,114	2,313
19-20	33,32	0,002298	2,5	0,0009194	0,042	1,659

(continuação)

20-21	2,39	0,000060	2,5	0,0000241	0,014	0,408
21-22	1,42	0,000026	2,5	0,0000105	0,014	0,178
21-23	7,30	0,000034	2,5	0,0000136	0,014	0,231
23-24	0,44	0,000017	2,5	0,0000068	0,014	0,115
24-25	0,16	0,000001	2,5	0,0000003	0,014	0,005
24-26	1,09	0,000016	2,5	0,0000065	0,014	0,110
26-28	1,01	0,000015	2,5	0,0000062	0,014	0,104
26-27	0,14	0,000001	2,5	0,0000003	0,014	0,005
28-29	0,15	0,000001	2,5	0,0000003	0,014	0,005
28-30	1,01	0,000015	2,5	0,0000058	0,014	0,099
30-31	0,15	0,000001	2,5	0,0000003	0,014	0,005
30-32	1,02	0,000014	2,5	0,0000055	0,014	0,093
32-33	0,14	0,000001	2,5	0,0000003	0,014	0,005
32-34	1,03	0,000001	2,5	0,0000003	0,014	0,005
23-35	4,71	0,000005	2,5	0,0000019	0,014	0,033
35-36	0,11	0,000001	2,5	0,0000003	0,014	0,005
35-37	1,02	0,000004	2,5	0,0000016	0,014	0,027
37-38	0,13	0,000001	2,5	0,0000003	0,014	0,005
37-39	1,00	0,000003	2,5	0,0000013	0,014	0,022
39-40	0,12	0,000001	2,5	0,0000003	0,014	0,005
39-41	1,01	0,000002	2,5	0,0000010	0,014	0,016
41-42	0,13	0,000001	2,5	0,0000003	0,014	0,005
41-43	1,00	0,000002	2,5	0,0000006	0,014	0,011
43-44	0,12	0,000001	2,5	0,0000003	0,014	0,005
43-45	1,00	0,000001	2,5	0,0000003	0,014	0,005
20-46	14,85	0,002238	2,5	0,0008953	0,042	1,616
46-47	5,82	0,000031	2,5	0,0000125	0,014	0,211
46-48	9,70	0,002207	2,5	0,0008828	0,042	1,593
48-49	0,55	0,000063	2,5	0,0000253	0,014	0,428
49-50	0,17	0,000021	2,5	0,0000084	0,014	0,143
49-51	0,98	0,000042	2,5	0,0000169	0,014	0,286
51-52	0,14	0,000021	2,5	0,0000084	0,014	0,143
51-53	1,01	0,000021	2,5	0,0000084	0,014	0,143
53-54	0,15	0,000021	2,5	0,0000084	0,014	0,143
53-55	0,99	0,000002	2,5	0,0000010	0,014	0,016
55-56	0,13	0,000001	2,5	0,0000003	0,014	0,005
55-57	1,02	0,000002	2,5	0,0000006	0,014	0,011
57-58	0,14	0,000001	2,5	0,0000003	0,014	0,005
57-59	1,04	0,000001	2,5	0,0000003	0,014	0,005
48-60	4,15	0,002144	2,5	0,0008576	0,042	1,547
60-61	0,46	0,000006	2,5	0,0000023	0,014	0,038
61-62	0,08	0,000001	2,5	0,0000003	0,014	0,005
61-63	0,60	0,000005	2,5	0,0000019	0,014	0,033
63-64	0,08	0,000001	2,5	0,0000003	0,014	0,005
63-65	0,60	0,000004	2,5	0,0000016	0,014	0,027

						(conclusão)
65-66	0,08	0,000001	2,5	0,0000003	0,014	0,005
65-67	0,60	0,000003	2,5	0,0000013	0,014	0,022
67-68	0,08	0,000001	2,5	0,0000003	0,014	0,005
67-69	1,33	0,000002	2,5	0,0000010	0,014	0,016
69-70	0,13	0,000001	2,5	0,0000003	0,014	0,005
69-71	1,00	0,000002	2,5	0,0000006	0,014	0,011
71-72	0,15	0,000001	2,5	0,0000003	0,014	0,005
71-73	1,00	0,000001	2,5	0,0000003	0,014	0,005
60-74	2,25	0,002138	2,5	0,0008553	0,033	2,500
74-75	0,22	0,000014	2,5	0,0000055	0,014	0,093
74-76	5,08	0,002125	2,5	0,0008498	0,033	2,484
76-77	5,81	0,000041	2,5	0,0000165	0,014	0,280
77-78	0,21	0,000014	2,5	0,0000055	0,014	0,093
77-79	0,21	0,000014	2,5	0,0000055	0,014	0,093
76-106	13,84	0,002083	2,5	0,0008333	0,033	2,436
106-118	0,37	0,000149	2,5	0,0000595	0,014	1,009
106-107	3,79	0,001935	2,5	0,0007738	0,033	2,262
107-119	0,38	0,000194	2,5	0,0000778	0,014	1,319
107-108	18,21	0,001740	2,5	0,0006961	0,033	2,035
108-110	0,90	0,001528	2,5	0,0006114	0,033	1,787
108-80	4,97	0,000212	2,5	0,0000847	0,014	1,436
19-81	12,83	0,021308	2,5	0,0085231	0,114	2,088
81-95	19,86	0,011630	2,5	0,0046520	0,089	1,869
95-96	4,46	0,009190	2,5	0,0036759	0,073	2,196
96-97	0,14	0,007006	2,5	0,0028024	0,060	2,478
97-98	12,89	0,002184	2,5	0,0008735	0,033	2,553
98-99	0,63	0,001092	2,5	0,0004368	0,027	1,907
98-100	4,11	0,001092	2,5	0,0004368	0,027	1,907
95-101	36,79	0,002440	2,5	0,0009761	0,042	1,761
101-102	1,12	0,000813	2,5	0,0003254	0,021	2,348
101-103	1,46	0,001627	2,5	0,0006507	0,033	1,902
103-104	0,37	0,000813	2,5	0,0003254	0,021	2,348
103-105	2,68	0,000813	2,5	0,0003254	0,021	2,348
82-83	6,44	0,008190	2,5	0,0032760	0,073	1,957
83-84	0,20	0,003004	2,5	0,0012016	0,042	2,168
83-85	4,26	0,005186	2,5	0,0020744	0,060	1,834
85-86	0,25	0,003004	2,5	0,0012016	0,042	2,168
85-87	7,11	0,002182	2,5	0,0008729	0,033	2,551
82-88	13,29	0,001488	2,5	0,0005951	0,033	1,740
88-89	0,27	0,000509	2,5	0,0002037	0,017	2,218
88-92	13,10	0,000979	2,5	0,0003914	0,027	1,709
92-93	0,31	0,000435	2,5	0,0001738	0,017	1,892
92-94	0,31	0,000435	2,5	0,0001738	0,017	1,892
81-82	12,93	0,009678	2,5	0,0038712	0,073	2,312

Fonte: Autores, 2022.

APÊNDICE F2 - DEMANDA DE VAPOR

A demanda de vapor do processo foi calculada através dos balanços de massa e energia do processo e estão presentes nas Tabelas 11 e 12. Já a demanda de vapor para as áreas auxiliares foi calculada através de estimativas, geralmente considerando-se gasto excedente, a fim de evitar que falte vapor na indústria.

Considerando-se o caso em que todos os funcionários almoçam na empresa, será oferecida uma refeição por dia para cada um dos 95 funcionários. Levando isso em consideração, necessita-se de uma lava-louças, sendo o modelo optado EB-50, do fornecedor E.Bone, conforme Anexo R, consumindo aproximadamente 80 kg/h de vapor. Necessita-se também de panelas a vapor para cozinhar os alimentos, selecionou-se panelas do tipo caldeirão digital automático à vapor direto, com capacidade de 100 L, conforme Anexo S, optou-se por utilizar duas panelas deste modelo, que juntas demandam aproximadamente 48 kg/h de vapor, e como funcionam por mais que uma hora, estima-se a utilização de pelo menos 1500 kg/dia de vapor.

Outra área com demanda de vapor é a lavanderia, que utiliza máquinas de lavar, secadora e calandra, que serão detalhadas a seguir.

Optou-se pela aquisição da máquina de lavar da marca Magnus, modelo AS33, conforme Anexo U, com capacidade de aproximadamente 40 kg de roupa por ciclo. Considerando-se a lavagem das roupas de todos funcionários, exceto do escritório, (88 funcionários), e que cada funcionário suja aproximadamente 1,15 kg de roupa por dia, necessita-se de 3 ciclos de lavagem. A demanda de vapor da máquina de lavar é de aproximadamente 26 kg/h de vapor por ciclo, então totalizando 78 kg de vapor por dia, considerando-se que cada ciclo dura uma hora.

Já a secadora escolhida foi a de modelo LS-50, conforme Anexo V possui uma capacidade de secar 50 kg de roupa por ciclo. Considerando-se que a massa de roupa é 30% a mais que a de lavagem devido ao acúmulo de água, então a quantidade de roupa a ser seca é aproximadamente 110 kg, necessitando-se então de 3 ciclos de secagem. Conforme catálogo do fornecedor, a quantidade de vapor necessária por ciclo é de aproximadamente 60 kg de vapor, então o total demandado por dia pela secadora, considerando-se que cada ciclo dura uma hora, é de aproximadamente 180 kg de vapor.

A calandra escolhida foi a de modelo LC-20 (Anexo W). Segundo o catálogo, a demanda de vapor por ciclo é de 12 kg/h, considerando-se 3 ciclos de uma hora, o consumo de vapor é igual a 36 kg de vapor por dia.

APÊNDICE F2.1 - TUBULAÇÕES DE VAPOR

O dimensionamento das linhas de vapor foi realizado utilizando-se o critério da velocidade recomendada de 20 m/s e será utilizado aço-carbono A-53 como material construtivo. Ressalta-se que as tubulações devem ser bem isoladas, para evitar dissipação de calor, pois isso causa desperdício de combustível na caldeira. O isolamento utilizado para as tubulações de vapor saturado será do tipo hidrossilicato de cálcio, salienta-se que é utilizado para temperaturas de até 815°C (CALORISOL, 2004), valores presentes no Anexo AC.

Calculou-se o diâmetro da tubulação utilizando-se a Equação 77, utilizando-se do valor de 0,6 m³/kg como volume específico do vapor, valor tabelado para a pressão de 3 bar, disponível no Anexo AB.

$$D = \sqrt{\gamma \cdot \frac{\dot{m}}{0,283 \cdot v}} \quad (77)$$

Com D sendo o diâmetro da tubulação de vapor (cm), γ é o volume específico do vapor (m³/kg), \dot{m} é a vazão de vapor (kg/h) e v é a velocidade recomendada (m/s). Com os cálculos realizados anteriormente, é possível construir a Tabela 59.

Tabela 59 - Dimensionamento das tubulações de vapor

Comprimento (m)	Vazão (kg/h)	Velocidade (m/s)	Volume específico (m ³ /kg)	Diâmetro (in)	Diâmetro nominal (in)
4,88	4000,00	20,0	0,60	3,41	4
4,06	5000,00	20,0	0,60	3,81	4
6,11	4234,38	20,0	0,60	3,51	4
60,04	765,63	20,0	0,60	1,49	2
1,03	1000,00	20,0	0,60	1,70	2
0,25	62,50	20,0	0,60	0,43	1
14,96	9,42	20,0	0,60	0,17	1
0,45	7,50	20,0	0,60	0,15	1
7,69	1,92	20,0	0,60	0,07	1

Fonte: Autores, 2022.

Com o objetivo de manter as tubulações de vapor seguras, é preciso levar em consideração a dilatação, que acontece por conta da alta temperatura do fluido em questão. Calcula-se a dilatação térmica das tubulações de vapor através da Equação 78.

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta T \quad (78)$$

Onde ΔL é a dilatação linear (m), α é a constante de dilatação térmica do material que é confeccionada a tubulação (K^{-1}), L é o comprimento da tubulação e ΔT é a variação de temperatura (K). Nesse caso, utilizou-se o valor de $0,0000125 K^{-1}$ para a constante de dilatação térmica com temperatura de aproximadamente $127,7^{\circ}C$ (UFRGS, 2008).

Além da dilatação da tubulação de vapor, necessita-se calcular a espessura de isolamento desta, que nesse caso será de hidrossilicato de cálcio, por resistir a altas temperaturas. A Tabela 60 relaciona os valores de dilatação térmica das tubulações de vapor, assim como a espessura do isolante.

Tabela 60 - Dilatação térmica e espessura do isolante das tubulações de vapor

Trecho	Comprimento (m)	ΔT ($^{\circ}C$)	Constante de dilatação (1/K)	ΔL (m)	Espessura isolante (mm)
1-5	4,88	102,7	0,0000125	0,0063	1,5
5-2	4,06	102,7	0,0000125	0,0052	1,5
2-3	6,11	102,7	0,0000125	0,0078	1,5
2-8	60,04	102,7	0,0000125	0,0771	1,5
5-13	1,03	102,7	0,0000125	0,0013	1,5
8-9	0,25	102,7	0,0000125	0,0003	1,5
8-10	14,96	102,7	0,0000125	0,0192	1,5
10-11	0,45	102,7	0,0000125	0,0006	1,5
10-12	7,69	102,7	0,0000125	0,0099	1,5

Fonte: Autores, 2022.

APÊNDICE F2.2 - FORMAÇÃO DE CONDENSADO

Com o objetivo de dimensionar-se a tubulação de condensado do processo, considerou-se uma situação pessimista em que 10% do vapor é perdido, a fim de suportar qualquer tipo de variação no sistema, mantendo a segurança na indústria. Para o cálculo da quantidade de condensado utilizou-se a Equação 79:

$$Q_{condensado} = C_{aço} \cdot \frac{P \cdot L \cdot \Delta T}{L} \quad (79)$$

Onde $Q_{\text{condensado}}$ é a quantidade de condensado (kg), $C_{\text{aço}}$ é o calor específico do aço (kJ/kg.°C), nesse caso utilizou-se o valor do aço de 0,49 kJ/kg.°C (CTB, 2015), P é o peso da tubulação de vapor vazio (kg/m), l é o comprimento da tubulação (m), ΔT é variação de temperatura (°C) e L é o calor latente (kJ/kg). O peso da tubulação foi determinado conforme o Anexo Q. As relações das variáveis para o condensado estão dispostas na Tabela 61.

Tabela 61 - Retorno de condensado

Trecho	Comprimento (m)	Peso do tubo vazio (kg/m)	L (kJ/kg)	Q (kg/h)
1-5	5,17	16,10	1958,42	2,13
5-2	4,23	16,10	1958,42	1,75
2-3	6,08	16,10	1958,42	2,51
2-8	60,18	5,44	1958,42	8,40
5-13	1,18	5,44	1958,42	0,16
8-9	0,38	28,30	1958,42	0,28
8-10	15,19	28,30	1958,42	11,02
10-11	0,42	28,30	1958,42	0,30
10-12	8,08	28,30	1958,42	5,86

Fonte: Autores, 2022.

APÊNDICE F2.3 - CALDEIRAS

Conforme as demandas de vapor na indústria, necessitou-se dimensionar as caldeiras que produzem o vapor demandado. Vale ressaltar que segundo Sánchez (2017), a produtividade de metano proveniente das lagoas de estabilização de manipueira acopladas ao sistema de biodigestor é aproximadamente 3,11 Nm³ para cada metro cúbico de efluente. Considerando-se que a indústria tem aproximadamente 1.944 m³/dia de efluente, gera-se aproximadamente 6.046 Nm³/dia de metano, o suficiente para gerar aproximadamente 96.000 kg/dia de vapor utilizando-se a caldeira escolhida (GVC-201), modelo H-D do fornecedor ATTSU TÉRMICA S.L (Anexo Y).

O restante do vapor é produzido a partir de uma caldeira que queima biomassa, nesse caso, cavacos de madeira. Como o vapor restante demandado é de aproximadamente 24.000 kg/dia de vapor, dimensionou-se a caldeira GVC-202 para atender esta demanda, optando-se pelo modelo CVS-CL, disposto no Anexo Y. Ressalta-se que as demandas de vapor da indústria estão nas Tabelas 11 e 12.

APÊNDICE F3 - AR COMPRIMIDO

A indústria conta com uma única demanda de ar comprimido, sendo esta empregada na elevação da água através de um poço com um sistema *air-lift*. Esta água elevada suprirá toda demanda de água fria na indústria.

APÊNDICE F3.1 - DIMENSIONAMENTO DO POÇO *AIR-LIFT*

Dimensionou-se um sistema de captação *air-lift* a partir da demanda total de água na indústria, sendo esta de aproximadamente 85 m³/h. Dimensionou-se o sistema de *air-lift* Segundo Macintyre (1987), considerando as seguintes dimensões do poço:

- a) ponto de descarga (H_o): 2 m;
- b) diâmetro interno do poço (d_i): 250 mm;
- c) profundidade do nível estático (H_e): 5 m;
- d) profundidade do nível dinâmico (H_s): 26 m;
- e) altura geométrica (H_g): 29 m;
- f) profundidade do injetor: 54 m.

Com objetivo de calcular-se a vazão de ar comprimido demandada, determinou-se, primeiramente, o fator de consumo de ar (f) a partir da Equação 80. Ressalta-se que o valor utilizado para o coeficiente k foi tabelado conforme Anexo Z, tomando-se H_g de 29 m, o k está na faixa de 6-38 m, estando na faixa de porcentagem de submersão de 50 a 70%, então, ao realizar-se interpolação linear, encontra-se o valor de 64,38%. O coeficiente k para um valor de submersão de 64,38% corresponde a um valor de 13,78. Após o cálculo substituindo os valores na Equação 81, o fator de consumo de ar é de 3,86.

$$f = \frac{H_g}{k \cdot \log\left(\frac{H_s + 10,35}{10,35}\right)} \quad (80)$$

Calcula-se a vazão de ar necessária para o sistema através da Equação 81, resultando no valor de 328,25 m³/h, utilizando-se um coeficiente de segurança de 5% o valor resulta em 344,66 m³/h.

$$Q_{ar} = f \cdot Q_{\acute{a}gua} \quad (81)$$

APÊNDICE F3.2 - TUBULAÇÕES DE AR COMPRIMIDO

Para o cálculo das tubulações de ar comprimido, primeiramente utiliza-se da Equação 82 para o dimensionamento da tubulação de descarga do *air-lift*.

$$Q_{ar} + Q_{\acute{a}gua} = v \cdot A \quad (82)$$

Com v sendo a velocidade de escoamento e A a área da seção transversal do tubo. Os valores utilizados foram com base nos dados de Macintyre (2010), sendo a v recomendada de 1,5 a 4,5 m/s, optou-se por 3,5 m/s. O diâmetro calculado foi de aproximadamente 0,21 m (8,27 in), optando-se pela bitola de 9 in.

Para o dimensionamento das tubulações de ar comprimido, utilizou-se a velocidade igual a anterior, de 3,5 m/s. Calcula-se o diâmetro das tubulações a partir da Equação 83:

$$d = 14,56 \cdot \left(\frac{Q}{R \cdot v}\right)^{1/2} \quad (83)$$

Onde R é a razão da pressão do compressor, v a velocidade recomendada (m/s) e Q é a vazão normal de ar (m³/min). A Tabela 62 contém os valores calculados para as tubulações de ar comprimido da indústria.

Tabela 62 - Dimensionamento da tubulação de ar comprimido

Trecho	Comprimento (m)	Vazão (m ³ /s)	Velocidade (m/s)	Área (m ²)	Diâmetro nominal (mm)	Velocidade real (m/s)
1-2	54,39	0,096	20	0,0048	114	10,07

Fonte: Autores, 2022.

APÊNDICE F4 - TUBULAÇÕES DE PROCESSO

Para o cálculo das tubulações de processo, utilizou-se dos valores presentes na Tabela 16, ressalta-se que a velocidade recomendada utilizada foi a de 2 m/s e que as tubulações são

de aço carbono, dimensionados de acordo com o Anexo Q. Calculou-se de forma análoga as tubulações de água fria. A Tabela 63 contém os dados das tubulações de processo.

Tabela 63 - Dimensionamento das tubulações de processo

Trecho	Comprimento (m)	Vazão (m ³ /s)	Velocidade (m/s)	Área (m ²)	Diâmetro Nominal (mm)	Velocidade real (m/s)
1-2	5,63	0,0051	2	0,0025	60	1,80
3-4	6,36	0,0079	2	0,0039	73	1,89
4-5	1,27	0,0039	2	0,0020	60	1,40
4-6	5,07	0,0039	2	0,0020	60	1,40
7-9	2,16	0,0056	2	0,0028	73	1,34
8-9	5,96	0,0056	2	0,0028	73	1,34
9-10	4,78	0,0112	2	0,0056	89	1,81
11-12	2,79	0,0043	2	0,0022	60	1,53
13-14	3,10	0,0065	2	0,0033	73	1,56
15-16	6,48	0,0026	2	0,0013	42	1,86
17-18	2,81	0,0031	2	0,0015	48	1,71
23-25	2,12	0,0016	2	0,0008	42	1,18
24-25	2,13	0,0016	2	0,0008	42	1,18
25-26	3,20	0,0033	2	0,0016	60	1,16
27-28	10,82	0,0033	2	0,0016	60	1,16
28-29	0,64	0,0011	2	0,0005	33	1,28
28-30	2,38	0,0022	2	0,0011	42	1,58
30-31	0,64	0,0011	2	0,0005	33	1,28
30-32	3,05	0,0011	2	0,0005	33	1,28
19-33	4,82	0,0017	2	0,0009	42	1,24
34-20	10,02	0,0017	2	0,0009	42	1,24
20-21	3,67	0,0009	2	0,0004	27	1,50
20-22	0,67	0,0009	2	0,0004	27	1,50

Fonte: Autores, 2022.

APÊNDICE F5 - TUBULAÇÕES DE RECICLO

Para o cálculo das tubulações de reciclo, utilizou-se dos valores presentes na Tabela 17, ressalta-se que a velocidade recomendada utilizada foi a de 2 m/s e que as tubulações são aço carbono. Calculou-se de forma análoga as tubulações de água fria. A Tabela 64 contém os dados das tubulações de reciclo.

Tabela 64 - Dimensionamento das tubulações de reciclo

Trecho	Comprimento (m)	Vazão (m ³ /s)	Velocidade (m/s)	Área (m ²)	Diâmetro Nominal (mm)	Velocidade real (m/s)
1-2	7,45	0,001	2	0,0003	21	1,74
3-4	1,02	0,009	2	0,0043	73	2,04
4-5	4,40	0,009	2	0,0043	73	2,04
4-6	1,99	0,017	2	0,0085	114	1,67
7-8	10,54	0,010	2	0,0048	89	1,56
8-9	0,53	0,005	2	0,0024	60	1,71
8-10	4,79	0,005	2	0,0024	60	1,71
11-12	26,33	0,004	2	0,0020	60	1,39
12-13	0,59	0,002	2	0,0010	42	1,42
12-14	4,40	0,002	2	0,0010	42	1,42
15-16	12,26	0,001	2	0,0007	33	1,60
16-17	0,25	0,001	2	0,0003	27	1,20
16-18	4,26	0,001	2	0,0003	27	1,20

Fonte: Autores, 2022.

APÊNDICE F6 - TUBULAÇÕES DE RESÍDUO

As tubulações de resíduo foram dimensionadas utilizando uma velocidade recomendada de 2,2 m/s, as tubulações serão de aço carbono. A Tabela 65 contém o dimensionamento das tubulações de resíduos.

Tabela 65 - Dimensionamento das tubulações de resíduo

Trecho	Comprimento (m)	Vazão (m ³ /s)	Velocidade (m/s)	Área (m ²)	Diâmetro Nominal (mm)	Velocidade real (m/s)
1-2	61,63	0,0182	2,2	0,0083	114	1,78
2-7	61,13	0,0043	2,2	0,0020	60	1,53
7-6	1,59	0,0014	2,2	0,0007	33	1,68
7-5	2,40	0,0029	2,2	0,0013	42	2,08
5-4	1,59	0,0014	2,2	0,0007	33	1,68
5-3	3,99	0,0014	2,2	0,0007	33	1,68
9-10	17,39	0,0035	2,2	0,0016	48	1,92
2-8	30,37	0,0225	2,2	0,0102	114	2,20

Fonte: Autores, 2022.

APÊNDICE F7 - TUBULAÇÕES DE BIOGÁS

A tubulação de biogás foi dimensionada considerando-se a velocidade recomendada de 20 m/s, tendo somente um trecho, que é da primeira lagoa (L-301) e vai até a caldeira de queima de biogás (GVC-101). A tubulação em questão é feita de aço carbono, contendo 70,64 m de comprimento e 73 mm de diâmetro nominal. A Tabela 66 traz os resultados do dimensionamento da tubulação de biogás.

Tabela 66 - Dimensionamento das tubulações de biogás

Trecho	Comprimento (m)	Vazão (m ³ /s)	Velocidade (m/s)	Área (m ²)	Diâmetro Nominal (mm)	Velocidade real (m/s)
1-2	70,64	0,070	20	0,0035	73	16,72

Fonte: Autores.

APÊNDICE F8 - TUBULAÇÕES DE ÁCIDO

As tubulações de ácido para a neutralização da reação foram dimensionadas utilizando-se do critério da velocidade recomendada de 2 m/s, por ser um fluido mais perigoso, pela mesma razão, a tubulação é feita de aço carbono. A Tabela 67 traz detalhes a respeito do dimensionamento das tubulações de ácido clorídrico do processo.

Tabela 67 - Dimensionamento das tubulações de ácido

Trecho	Comprimento (m)	Vazão (m ³ /s)	Velocidade (m/s)	Área (m ²)	Diâmetro Nominal (mm)	Velocidade real (m/s)
1-2	1,64	3,63426E-05	2	1,81713E-05	13,7	0,25
3-4	24,39	9,22222E-05	2	4,61111E-05	13,7	0,63
4-5	0,28	4,61111E-05	2	2,30556E-05	13,7	0,31
4-6	8,86	4,61111E-05	2	2,30556E-05	13,7	0,31

Fonte: Autores, 2022.

APÊNDICE F9 - TUBULAÇÕES DE BASE

As tubulações de base para a neutralização da reação foram dimensionadas utilizando-se do critério da velocidade recomendada de 2 m/s, por ser um fluido mais perigoso, pela mesma razão, a tubulação é feita de aço carbono, de forma análoga as tubulações de ácido. A Tabela 68 traz detalhes a respeito do dimensionamento das tubulações de solução de hidróxido de sódio do processo.

Tabela 68 - Dimensionamento das tubulações de base

Trecho	Comprimento (m)	Vazão (m ³ /s)	Velocidade (m/s)	Área (m ²)	Diâmetro Nominal (mm)	Velocidade real (m/s)
1-2	1,64	3,69E-05	2	1,85E-05	13,70	0,25
3-4	27,97	2,31E-04	2	1,15E-04	13,70	1,57
4-5	0,25	1,15E-04	2	5,77E-05	13,70	0,78
4-6	8,75	1,15E-04	2	5,77E-05	13,70	0,78

Fonte: Autores, 2022.

APÊNDICE F10 - PERDAS DE CARGA

A perda de carga de carga nas tubulações engloba perdas advindas do comprimento da tubulação e dos acessórios utilizados. Ressalta-se que as tubulações são confeccionadas de aço carbono e os acessórios foram escolhidos trecho a trecho, de acordo com as necessidades do processo.

Após a seleção dos acessórios, utilizou-se das informações do Anexo AF sobre a perda de carga de cada acessório de acordo com o diâmetro. O cálculo da perda de carga total foi realizado a partir da Equação 84, a qual engloba tanto a perda de carga das tubulações, quanto a dos acessórios.

$$J = \frac{u_b^2}{2.g} (L \cdot \frac{f}{D} + k) \quad (84)$$

Com J sendo igual a perda de carga total (m), u_b é a velocidade de escoamento do fluido (m/s), L é o comprimento da tubulação (m), f é o fator de atrito, g é a aceleração da gravidade (m/s²), D é o diâmetro da tubulação (m) e k a perda de carga localizada no acessório conforme o diâmetro da tubulação. O fator de atrito foi obtido através do número de

Reynolds (Re), calculado na Equação 85. Conhecendo-se os valores de Re e utilizando-se de um valor para a rugosidade do aço carbono (ϵ) de 0,035 mm (NEUTRIUM, 2012).

$$Re = \frac{\rho \cdot u_b \cdot D}{\mu} \quad (85)$$

Onde Re é o número de Reynolds, ρ é a densidade do fluido (kg/m^3), u_b é a velocidade de escoamento do fluido (m/s), D é o diâmetro da tubulação (m) e μ é a viscosidade do fluido (kg/m.s). Após a obtenção dos valores citados, foi possível realizar o cálculo das perdas de carga totais para cada uma das instalações, presentes nas Tabelas 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76 e 77.

Tabela 69 - Perdas de carga nas instalações de água fria

(Continua)

Trecho	u_b (m/s)	L (m)	Diâmetro nominal (mm)	ρ (kg/m ³)	μ (kg/ms)	Re	ε/D	f	$J_{dist.}$	Acessórios	ΣK	$J_{loc.}$	J_{total}
1-2	2,31	5,68	114,00	997	0,001002	262391,12	0,00031	0,017	0,23196	1 válv. gaveta; 1 entrada arredondada	1,2	0,3273	0,55924
3-4	2,31	10,42	114,00	997	0,001002	262391,12	0,00031	0,017	0,42553	1 válv globo aberta; 1 redução gradual	6,4	1,7455	2,17101
4-5	1,41	25,30	89,00	997	0,001002	124494,09	0,00039	0,019	0,54492	1 tê saída lateral; 1 joelho 90° raio longo;	13,3	1,3397	1,88464
4-111	1,41	12,11	89,00	997	0,001002	124494,09	0,00039	0,019	0,26097	1 tê passagem direta; saída arredondada	0,5	0,0504	0,31133
4-112	2,16	25,42	60,00	997	0,001002	129210,65	0,00058	0,020	2,00479	1 joelho 90° raio longo; 1 redução gradual	0,7	0,1671	2,17191
113-115	1,41	25,30	89,00	997	0,001002	124494,09	0,00039	0,019	0,54521	1 tê saída lateral; 1 joelho 90° raio longo;	13,4	1,3498	1,89500
114-115	1,41	12,29	89,00	997	0,001002	124494,09	0,00039	0,019	0,26485	1 tê saída lateral; 1 redução gradual	13,4	1,3498	1,61464
115-117	1,71	12,37	114,00	997	0,001002	194385,51	0,00031	0,018	0,28618	1 tê passagem direta	0,3	0,0449	0,33108
116-117	2,16	13,24	60,00	997	0,001002	129210,65	0,00058	0,020	1,04419	1 tê saída lateral	13	3,1037	4,14792
117-6	2,31	19,76	114,00	997	0,001002	262391,12	0,00031	0,017	0,80696	2 joelho 90° raio longo	0,6	0,1636	0,97060
6-7	0,03	0,67	13,70	997	0,001002	452,52	0,00255	0,155	0,00043	1 tê saída lateral; 1 redução brusca	19	0,0011	0,00149
7-8	0,01	1,92	13,70	997	0,001002	149,84	0,00255	0,471	0,00041	1 tê passagem direta; 1 válv. gaveta	0,5	0,0000	0,00041
7-9	0,02	1,65	13,70	997	0,001002	302,68	0,00255	0,232	0,00070	1 válv. gaveta	0,2	0,0000	0,00071
9-10	0,01	0,80	13,70	997	0,001002	149,84	0,00255	0,470	0,00017	1 tê saída lateral	13	0,0001	0,00025
10-11	0,00	0,15	13,70	997	0,001002	49,95	0,00255	1,420	0,00001	2 tê passagem direta	0,6	0,0000	0,00001
10-12	0,00	0,15	13,70	997	0,001002	49,95	0,00255	1,420	0,00001	1 tê saída lateral	13	0,0000	0,00002
10-13	0,00	1,01	13,70	997	0,001002	49,95	0,00255	1,420	0,00007	1 joelho 90° de raio curto	0,5	0,0000	0,00007
9-14	0,02	1,16	13,70	997	0,001002	299,68	0,00255	0,234	0,00049	1 tê saída lateral	13	0,0003	0,00081
14-15	0,01	0,12	13,70	997	0,001002	149,84	0,00255	0,468	0,00003	1 tê passagem direta	0,3	0,0000	0,00003

(Continua)

14-16	0,01	10,28	13,70	997	0,001002	149,84	0,00255	0,468	0,00216	1 joelho 90° de raio curto	0,5	0,0000	0,00216
16-17	0,01	0,16	13,70	997	0,001002	74,92	0,00255	0,930	0,00002	1 tê saída lateral	13	0,0000	0,00004
16-18	0,01	2,28	13,70	997	0,001002	74,92	0,00255	0,930	0,00024	1 tê passagem direta; 1 joelho 90° de raio curto	0,8	0,0000	0,00024
6-19	2,31	0,77	114,00	997	0,001002	262336,74	0,00031	0,017	0,03143	1 tê saída lateral	13	3,5440	3,57547
19-20	1,66	33,32	42,00	997	0,001002	69328,87	0,00083	0,020	2,22567	1 tê saída lateral	13	1,8236	4,04923
20-21	0,41	2,39	13,70	997	0,001002	5563,26	0,00255	0,039	0,05776	1 tê passagem direta; 1 redução brusca	6,3	0,0535	0,11124
21-22	0,18	1,42	13,70	997	0,001002	2419,94	0,00255	0,051	0,00842	1 tê saída lateral; 1 joelho 90° raio curto	13,5	0,0217	0,03011
21-23	0,23	7,30	13,70	997	0,001002	3143,32	0,00255	0,046	0,06643	1 tê passagem direta; 1 valv. gaveta	0,5	0,0014	0,06778
23-24	0,12	0,44	13,70	997	0,001002	1571,66	0,00255	0,044	0,00096	1 tê saída lateral	13	0,0088	0,00977
24-25	0,01	0,16	13,70	997	0,001002	74,92	0,00255	0,930	0,00002	1 tê passagem direta	0,3	0,0000	0,00002
24-26	0,11	1,09	13,70	997	0,001002	1496,74	0,00255	0,047	0,00229	1 tê saída lateral	13	0,0080	0,01028
26-28	0,10	1,01	13,70	997	0,001002	1421,82	0,00255	0,048	0,00194	1 tê passagem direta	0,3	0,0002	0,00211
26-27	0,01	0,14	13,70	997	0,001002	74,92	0,00255	0,930	0,00001	1 tê saída lateral	13	0,0000	0,00003
28-29	0,01	0,15	13,70	997	0,001002	74,92	0,00255	0,930	0,00002	1 tê passagem direta	0,3	0,0000	0,00002
28-30	0,10	1,01	13,70	997	0,001002	1346,90	0,00255	0,052	0,00191	1 tê saída lateral	13	0,0065	0,00838
30-31	0,01	0,15	13,70	997	0,001002	74,92	0,00255	0,930	0,00002	1 tê passagem direta	0,3	0,0000	0,00002
30-32	0,09	1,02	13,70	997	0,001002	1271,98	0,00255	0,055	0,00182	1 tê saída lateral	13	0,0058	0,00759
32-33	0,01	0,14	13,70	997	0,001002	74,92	0,00255	0,930	0,00001	1 tê passagem direta	0,3	0,0000	0,00002
32-34	0,01	1,03	13,70	997	0,001002	74,92	0,00255	0,930	0,00011	1 tê saída lateral	13	0,0000	0,00013
23-35	0,03	4,71	13,70	997	0,001002	449,52	0,00255	0,156	0,00297	1 tê passagem direta	0,3	0,0000	0,00299
35-36	0,01	0,11	13,70	997	0,001002	74,92	0,00255	0,930	0,00001	1 tê saída lateral	13	0,0000	0,00003
35-37	0,03	1,02	13,70	997	0,001002	374,60	0,00255	0,197	0,00056	1 tê passagem direta	0,3	0,0000	0,00058
37-38	0,01	0,13	13,70	997	0,001002	74,92	0,00255	0,930	0,00001	1 tê saída lateral	13	0,0000	0,00003
37-39	0,02	1,00	13,70	997	0,001002	299,68	0,00255	0,233	0,00042	1 tê passagem direta	0,3	0,0000	0,00043
39-40	0,01	0,12	13,70	997	0,001002	74,92	0,00255	0,930	0,00001	1 tê saída lateral	13	0,0000	0,00003
39-41	0,02	1,01	13,70	997	0,001002	224,76	0,00255	0,311	0,00032	1 tê passagem direta	0,3	0,0000	0,00032
41-42	0,01	0,13	13,70	997	0,001002	74,92	0,00255	0,940	0,00001	1 tê saída lateral	13	0,0000	0,00003
41-43	0,01	1,00	13,70	997	0,001002	149,84	0,00255	0,470	0,00021	1 tê passagem direta	0,3	0,0000	0,00021

(Continua)

43-44	0,01	0,12	13,70	997	0,001002	74,92	0,00255	0,930	0,00001	1 tê saída lateral	13	0,0000	0,00003
43-45	0,01	1,00	13,70	997	0,001002	74,92	0,00255	0,930	0,00010	1 tê passagem direta	0,3	0,0000	0,00010
20-46	1,62	14,85	42,00	997	0,001002	67514,19	0,00083	0,026	1,22289	1 tê saída lateral; 1 redução gradual	13,4	1,7826	3,00545
46-47	0,21	5,82	13,70	997	0,001002	2881,23	0,00255	0,047	0,04546	1 tê passagem direta; 1 joelho 90° de raio curto; 1 válv. gaveta	1	0,0023	0,04774
46-48	1,59	9,70	42,00	997	0,001002	66574,36	0,00083	0,026	0,78567	1 tê passagem direta; 1 redução gradual; 1 válv gaveta	0,9	0,1164	0,90208
48-49	0,43	0,55	13,70	997	0,001002	5840,33	0,00255	0,039	0,01465	1 tê saída lateral	13	0,1216	0,13627
49-50	0,14	0,17	13,70	997	0,001002	1943,65	0,00255	0,036	0,00046	1 tê passagem direta	0,3	0,0003	0,00077
49-51	0,29	0,98	13,70	997	0,001002	3896,67	0,00255	0,040	0,01192	1 tê saída lateral	13	0,0541	0,06606
51-52	0,14	0,14	13,70	997	0,001002	1943,65	0,00255	0,036	0,00038	1 tê passagem direta	0,3	0,0003	0,00069
51-53	0,14	1,01	13,70	997	0,001002	1953,02	0,00255	0,036	0,00278	1 tê saída lateral	13	0,0136	0,01639
53-54	0,14	0,15	13,70	997	0,001002	1943,65	0,00255	0,036	0,00041	1 tê passagem direta	0,3	0,0003	0,00072
53-55	0,02	0,99	13,70	997	0,001002	224,76	0,00255	0,311	0,00031	1 tê saída lateral	13	0,0002	0,00049
55-56	0,01	0,13	13,70	997	0,001002	74,92	0,00255	0,930	0,00001	1 tê passagem direta	0,3	0,0000	0,00001
55-57	0,01	1,02	13,70	997	0,001002	149,84	0,00255	0,460	0,00021	1 tê saída lateral	13	0,0001	0,00029
57-58	0,01	0,14	13,70	997	0,001002	74,92	0,00255	0,930	0,00001	1 tê passagem direta	0,3	0,0000	0,00002
57-59	0,01	1,04	13,70	997	0,001002	74,92	0,00255	0,930	0,00011	1 tê saída lateral; 1 joelho 90° raio curto	13,5	0,0000	0,00013
48-60	1,55	4,15	42,00	997	0,001002	64669,30	0,00083	0,225	2,70985	1 tê saída lateral; 1 redução gradual; 1 válv. gaveta	13,6	1,6599	4,36976
60-61	0,04	0,46	13,70	997	0,001002	524,44	0,00255	0,134	0,00034	1 tê passagem direta	0,3	0,0000	0,00036
61-62	0,01	0,08	13,70	997	0,001002	74,92	0,00255	0,930	0,00001	1 tê passagem direta	0,3	0,0000	0,00001
61-63	0,03	0,60	13,70	997	0,001002	449,52	0,00255	0,156	0,00038	1 tê saída lateral	13	0,0007	0,00110
63-64	0,01	0,08	13,70	997	0,001002	74,92	0,00255	0,930	0,00001	1 tê passagem direta	0,3	0,0000	0,00001
63-65	0,03	0,60	13,70	997	0,001002	374,60	0,00255	0,187	0,00032	1 tê saída lateral	13	0,0005	0,00082
65-66	0,01	0,08	13,70	997	0,001002	74,92	0,00255	0,930	0,00001	1 tê passagem direta	0,3	0,0000	0,00001
65-67	0,02	0,60	13,70	997	0,001002	299,68	0,00255	0,234	0,00025	1 tê saída lateral	13	0,0003	0,00057
67-68	0,01	0,08	13,70	997	0,001002	74,92	0,00255	0,930	0,00001	1 tê passagem direta	0,3	0,0000	0,00001
67-69	0,02	1,33	13,70	997	0,001002	224,76	0,00255	0,311	0,00042	1 tê saída lateral	13	0,0002	0,00060

(Continua)

69-70	0,01	0,13	13,70	997	0,001002	74,92	0,00255	0,930	0,00001	1 tê passagem direta	0,3	0,0000	0,00001
69-71	0,01	1,00	13,70	997	0,001002	149,84	0,00255	0,467	0,00021	1 tê saída lateral	13	0,0001	0,00029
71-72	0,01	0,15	13,70	997	0,001002	74,92	0,00255	0,930	0,00002	1 tê passagem direta	0,3	0,0000	0,00002
71-73	0,01	1,00	13,70	997	0,001002	74,92	0,00255	0,930	0,00010	1 tê saída lateral; 1 joelho 90° raio curto	13,5	0,0000	0,00013
60-74	2,50	2,25	33,00	997	0,001002	82088,66	0,00106	0,022	0,48804	1 tê saída lateral; 1 redução gradual	13,4	4,2686	4,75668
74-75	0,09	0,22	13,70	997	0,001002	1270,97	0,00255	0,055	0,00039	1 tê passagem direta; 1 válv. gaveta	0,5	0,0002	0,00061
74-76	2,48	5,08	33,00	997	0,001002	81561,01	0,00106	0,022	1,08874	1 tê saída lateral; 1 redução gradual	13,4	4,2139	5,30268
76-77	0,28	5,81	13,70	997	0,001002	3812,92	0,00255	0,044	0,07458	1 tê passagem direta; 1 válv. gaveta	0,5	0,0020	0,07657
77-78	0,09	0,21	13,70	997	0,001002	1270,97	0,00255	0,055	0,00037	1 tê passagem direta; 1 válv. gaveta	0,5	0,0002	0,00060
77-79	0,09	0,21	13,70	997	0,001002	1270,97	0,00255	0,055	0,00037	1 tê saída lateral; 1 válv. gaveta	13,2	0,0058	0,00622
76-106	2,44	13,84	33,00	997	0,001002	79978,07	0,00106	0,226	28,59755	1 tê passagem direta; 1 redução gradual	0,7	0,2117	28,80922
106-118	1,01	0,37	13,70	997	0,001002	13751,14	0,00255	0,033	0,04552	1 tê saída lateral; 1 entrada arredondada; 1 válv. gaveta	14,2	0,7365	0,78202
106-107	2,26	3,79	33,00	997	0,001002	74269,26	0,00106	0,023	0,68161	1 tê passagem direta; 1 redução gradual	0,7	0,1825	0,86414
107-119	1,32	0,38	13,70	997	0,001002	17980,95	0,00255	0,031	0,07628	1 tê saída lateral; 1 entrada arredondada; 1 válv. gaveta	14,2	1,2593	1,33555
107-108	2,03	18,21	33,00	997	0,001002	66804,45	0,00106	0,023	2,68812	1 tê passagem direta; 1 redução gradual	0,7	0,1477	2,83580
108-110	1,79	0,90	33,00	997	0,001002	58676,34	0,00106	0,231	1,02494	1 tê saída lateral; 1 válv. gaveta; 1 válv. globo	19,2	3,1250	4,14990
108-80	1,44	4,97	13,70	997	0,001002	19578,65	0,00255	0,031	1,16677	1 joelho 90° raio longo; 1 válv. gaveta; 1 válv. globo	6,5	0,6834	1,85019

(Continua)

19-81	2,09	12,83	114,00	997	0,001002	236794,52	0,00031	0,025	0,63094	1 tê passagem direta; 1 joelho 90° de raio curto	0,8	0,1777	0,80864
81-95	1,87	19,86	89,00	997	0,001002	165548,28	0,00039	0,018	0,73294	1 tê saída lateral; 1 redução brusca	19	3,3843	4,11724
95-96	2,20	4,46	73,00	997	0,001002	159483,99	0,00048	0,019	0,28433	1 tê passagem direta; 1 entrada arredondada; 1 válv. gaveta	1,7	0,4177	0,70205
96-97	2,48	0,14	60,00	997	0,001002	147928,01	0,00058	0,020	0,01425	1 tê saída lateral; 1 válv. globo; 1 redução gradual	19,4	6,0708	6,08506
97-98	2,55	12,89	33,00	997	0,001002	83837,89	0,00106	0,022	2,90987	1 joelho 90° de raio longo; 1 válv. gaveta	0,5	0,1661	3,07601
98-99	1,91	0,63	27,00	997	0,001002	51234,27	0,00130	0,245	1,06100	1 redução gradual; 1 entrada arredondada; 1 válv. globo	7,4	1,3717	2,43274
98-100	1,91	4,11	27,00	997	0,001002	51234,27	0,00130	0,245	6,92174	1 entrada arredondada	1	0,1854	7,10711
95-101	1,76	36,79	42,00	997	0,001002	73606,33	0,00083	0,022	3,06507	3 joelhos 90° raio longo; 1 redução gradual	1,3	0,2056	3,27062
101-102	2,35	1,12	21,00	997	0,001002	49070,89	0,00167	0,025	0,38079	1 tê passagem direta; 1 válv. globo	6,3	1,7709	2,15170
101-103	1,90	1,46	33,00	997	0,001002	62453,86	0,00106	0,023	0,18975	1 tê saída lateral; 1 redução gradual; 1 válv. globo	19,4	3,5772	3,76691
103-104	2,35	0,37	21,00	997	0,001002	49070,89	0,00167	0,025	0,12580	1 tê passagem direta	0,3	0,0843	0,21013
103-105	2,35	2,68	21,00	997	0,001002	49070,89	0,00167	0,025	0,91118	1 tê saída lateral; 1 joelho 90° raio longo	13,3	3,7386	4,64976
82-83	1,96	6,44	73,00	997	0,001002	142134,40	0,00048	0,022	0,37413	1 tê passagem direta; 1 redução gradual; 1 válv. gaveta	0,9	0,1756	0,54978
83-84	2,17	0,20	42,00	997	0,001002	90609,51	0,00083	0,217	0,24702	1 tê saída lateral; 1 entrada arredondada	14	3,3545	3,60149
83-85	1,83	4,26	60,00	997	0,001002	109503,53	0,00058	0,020	0,24715	1 redução gradual	0,4	0,0686	0,31574

(conclusão)

85-86	2,17	0,25	42,00	997	0,001002	90609,51	0,00083	0,217	0,30878	1 entrada arredondada; 1 redução gradual; 1 válv. gaveta	1,6	0,3834	0,69214
85-87	2,55	7,11	33,00	997	0,001002	83776,13	0,00106	0,022	1,60269	1 joelho 90° de raio longo; 1 redução gradual; 1 válv. gaveta;	1,9	0,6304	2,23309
82-88	1,74	13,29	33,00	997	0,001002	57120,21	0,00106	0,024	1,45974	1 entrada arredondada 1 joelho 90° de raio longo; 1 redução gradual	0,7	0,1080	1,56771
88-89	2,22	0,27	17,10	997	0,001002	37737,16	0,00205	0,027	0,10701	1 entrada arredondada; 1 válv. gaveta	0,5	0,1254	0,23237
88-92	1,71	13,10	27,00	997	0,001002	45913,39	0,00130	0,025	1,79342	1 tê passagem direta; 1 redução gradual	0,7	0,1042	1,89762
92-93	1,89	0,31	17,10	997	0,001002	32192,65	0,00205	0,028	0,09136	1 tê saída lateral; 1 entrada arredondada; 1 válv. gaveta	14,2	2,5909	2,68229
92-94	1,89	0,31	17,10	997	0,001002	32192,65	0,00205	0,028	0,09136	1 entrada arredondada; 1 tê saída lateral; 1 válv. gaveta	14,2	2,5909	2,68229
81-82	2,31	12,93	73,00	997	0,001002	167955,87	0,00048	0,019	0,90938	1 tê passagem direta	0,3	0,0818	0,99114

Fonte: Autores, 2022.

Tabela 70 - Perdas de carga nas instalações de ar comprimido

Trecho	u_b (m/s)	L (m)	Diâmetro nominal (mm)	ρ (kg/m ³)	μ (kg/ms)	Re	ε/D	f	$J_{dist.}$	Acessórios	ΣK	$J_{loc.}$	J_{total}
1-2	10,10	54,39	114	1,28	0,000018	80480,93	0,00031	0,020	49,1374	1 saída arredondada; 1 joelho 90° de raio curto; 1 válv. gaveta; 1 entrada arredondada; 1 válv. globo	7,9	40,87	90,0027

Fonte: Autores, 2022.

Tabela 71 - Perdas de carga nas instalações de vapor

Trecho	u_b (m/s)	L (m)	Diâmetro nominal (mm)	ρ (kg/m ³)	μ (kg/ms)	Re	ε/D	f	$J_{dist.}$	Acessórios	ΣK	$J_{loc.}$	J_{total}
1-5	20,0	4,88	114	1,67	1,32E-05	286356,97	0,00031	0,017	14,783	1 saída arredondada; 1 joelho 90° de raio curto; 1 válv. gaveta; 1 válv. globo	6,9	140,67	155,45
5-2	20,0	4,06	114	1,67	1,32E-05	286356,97	0,00031	0,017	12,299	1 tê passagem direta; redução gradual	0,7	14,27	26,57
2-3	20,0	6,11	114	1,67	1,32E-05	286356,97	0,00031	0,017	18,510	1 tê saída lateral; 1 joelho 90° de raio longo; redução gradual; 1 entrada arredondada; 1 válv. globo	20,7	422,02	440,52
2-8	20,0	60,04	60	1,67	1,32E-05	150714,20	0,00058	0,020	398,226	1 joelho 90° de raio curto	0,5	10,19	408,42
5-13	20,0	1,03	60	1,67	1,32E-05	150714,20	0,00058	0,020	6,831	1 saída arredondada; 1 tê saída lateral; redução gradual; 1 válv. globo; 1 válv. gaveta	19,8	403,67	410,50
8-9	20,0	0,25	33	1,67	1,32E-05	82892,81	0,00106	0,023	3,552	1 tê passagem direta; 1 entrada arredondada; 1 válv. globo	7,3	148,83	152,38
8-10	20,0	14,96	33	1,67	1,32E-05	82892,81	0,00106	0,023	212,572	3 joelho 90° de raio curto; 1 tê saída lateral	14,5	295,62	508,18
10-11	20,0	0,45	33	1,67	1,32E-05	82892,81	0,00106	0,023	6,394	1 tê passagem direta; 1 entrada arredondada; 1 válv. globo	7,3	148,83	155,22
10-12	20,0	7,69	33	1,67	1,32E-05	82892,81	0,00106	0,023	109,270	1 entrada arredondada; 1 joelho 90° de raio curto; 1 válv. globo	7,5	152,91	262,17

Fonte: Autores, 2022.

Tabela 72 - Perdas de carga nas instalações de processo

(Continua)

Trecho	u_b (m/s)	L (m)	Diâmetro nominal (mm)	ρ (kg/m ³)	μ (kg/ms)	Re	ε/D	f	$J_{dist.}$	Acessórios	ΣK	$J_{loc.}$	J_{total}
1-2	1,80	5,63	60	1138	0,001006	121965,81	0,00058	0,020	0,31	1 joelho 90° de raio longo; 1 entrada arredondada; 1 válv. gaveta	1,5	0,25	0,55
3-4	1,89	6,36	73	1140	0,001006	156010,77	0,00048	0,019	0,30	1 saída arredondada; 1 válv. globo; 1 joelho 90° de raio longo; 1 redução gradual	6,9	1,25	1,55
4-5	1,40	1,27	60	1050	0,001006	87413,93	0,00058	0,021	0,04	1 tê saída lateral; 1 entrada arredondada; 1 válv. gaveta	14,2	1,41	1,45
4-6	1,40	5,07	60	1050	0,001006	87413,93	0,00058	0,021	0,18	1 tê passagem direta; 1 joelho 90° de raio longo; 1 entrada arredondada; 1 válv. gaveta	1,8	0,18	0,35
7-9	1,34	2,16	73	1050	0,001006	102263,74	0,00048	0,020	0,05	1 saída arredondada; 1 tê saída lateral; 1 válv. gaveta	13,4	1,23	1,28
8-9	1,34	5,96	73	1050	0,001006	102263,74	0,00048	0,020	0,15	1 saída arredondada; 1 tê passagem direta; 1 válv. gaveta	0,7	0,06	0,21
9-10	1,81	4,78	89	1050	0,001006	167758,49	0,00039	0,018	0,16	1 entrada arredondada; 1 válv. gaveta; 1 redução gradual	1,6	0,27	0,43
11-12	1,53	2,79	60	1070	0,001006	97837,63	0,00058	0,020	0,11	1 entrada arredondada; 1 saída arredondada; 1 válv. gaveta	1,4	0,17	0,28

(continuação)

13-14	1,56	3,10	73	1040	0,001006	117507,78	0,00048	0,020	0,10	1 entrada arredondada; 1 saída arredondada; 1 válv. gaveta; 1 redução gradual	1,8	0,22	0,33
15-16	1,86	6,48	42	1080	0,001006	84002,71	0,00083	0,022	0,59	2 joelhos 90° de raio longo; 1 saída arredondada; 1 entrada arredondada; 1 válv gaveta	2	0,35	0,95
17-18	1,71	2,81	48	1050	0,001006	85565,12	0,00073	0,021	0,19	1 saída arredondada; 1 entrada arredondada; 1 válv gaveta; 1 redução gradual	1,8	0,27	0,45
23-25	1,18	2,12	42	1180	0,001006	58355,64	0,00083	0,023	0,08	1 saída arredondada; 1 tê saída lateral; 2 joelhos 90° de raio longo	13,8	0,99	1,07
24-25	1,18	2,13	42	1180	0,001006	58355,64	0,00083	0,023	0,08	1 saída arredondada; 1 tê passagem direta; 1 válv gaveta	1,5	0,11	0,19
25-26	1,16	3,20	60	1180	0,001006	81697,90	0,00058	0,021	0,08	1 entrada arredondada; 2 reduções graduais; 1 válv. gaveta	2	0,14	0,21
27-28	1,16	10,82	60	1180	0,001006	81697,90	0,00058	0,021	0,26	2 joelhos 90° de raio longo; 1 saída arredondada; 1 válv.gaveta	1	0,07	0,33
28-29	1,28	0,64	33	1210	0,001006	50772,70	0,00106	0,024	0,04	1 tê passagem direta; 1 válv. gaveta; 1 entrada arredondada	1,5	0,13	0,16
28-30	1,58	2,38	42	1210	0,001006	79785,68	0,00083	0,022	0,16	1 tê saída lateral; 1 válv. gaveta; 1 redução gradual	13,6	1,73	1,89

(conclusão)

30-31	1,28	0,64	33	1210	0,001006	50772,70	0,00106	0,024	0,04	1 tê passagem direta; 1 válv. gaveta; 1 entrada arredondada	1,5	0,13	0,16
30-32	1,28	3,05	33	1210	0,001006	50772,70	0,00106	0,024	0,18	1 tê saída lateral; 1 joelho 90° de raio longo; 1 entrada arredondada; 1 redução gradual	14,7	1,23	1,41
19-33	1,24	4,82	42	1210	0,001006	62725,88	0,00083	0,023	0,20	1 válv. gaveta; 1 válv. globo; 1 joelho 90° de raio longo; 1 saída arredondada; 1 entrada arredondada	7,7	0,61	0,81
34-20	1,24	10,02	42	1210	0,001006	62725,88	0,00083	0,023	0,42	1 saída arredondada; 1 válv. gaveta; 1 válv. globo; 1 tê saída lateral; 1 entrada arredondada	20,4	1,60	2,03
20-21	1,50	3,67	27	1210	0,001006	48786,80	0,00130	0,025	0,38	1 tê passagem direta; 1 entrada arredondada; 1 válv. gaveta	1,5	0,17	0,56
20-22	1,50	0,67	27	1210	0,001006	48786,80	0,00130	0,025	0,07	1 entrada arredondada; 1 válv. gaveta	1,2	0,14	0,21

 Fonte: Autores, 2022.

Tabela 73 - Perdas de carga nas instalações de reciclo

(Continua)

Trecho	u_b (m/s)	L (m)	Diâmetro nominal (mm)	ρ (kg/m ³)	μ (kg/ms)	Re	ε/D	f	$J_{dist.}$	Acessórios	ΣK	$J_{loc.}$	J_{total}
1-2	1,74	7,45	21	1020	0,001003	37131,87	0,00167	0,026	1,44	1 saída arredondada; 1 entrada arredondada; 2 joelhos 90° de raio longo; 1 válv. globo	7,8	1,20	2,64
3-4	2,04	1,02	73	1020	0,001003	151288,96	0,00048	0,019	0,06	1 tê passagem direta; 1 joelho 90° de raio curto; 1 saída arredondada	1	0,21	0,27
4-5	2,04	4,40	73	1020	0,001003	151288,96	0,00048	0,019	0,24	1 tê passagem direta; 1 joelho 90° de raio curto; 1 saída arredondada	1	0,21	0,45
4-6	1,67	1,99	114	1020	0,001003	193756,04	0,00031	0,018	0,04	1 tê saída lateral; 1 redução brusca; 1 válv. globo	25	3,56	3,60
7-8	1,56	10,54	89	1020	0,001003	140797,52	0,00039	0,019	0,27	1 saída arredondada; 4 joelho 90° de raio curto; 1 tê saída lateral; 1 redução gradual	15,6	1,92	2,20
8-9	1,71	0,53	60	1020	0,001003	104424,83	0,00058	0,020	0,03	1 tê passagem direta; 1 entrada arredondada; 1 redução gradual; 1 válv. globo	7,7	1,15	1,18
8-10	1,71	4,79	60	1020	0,001003	104424,83	0,00058	0,020	0,24	1 joelho 90° de raio longo; 1 entrada arredondada	1,3	0,19	0,43
11-12	1,39	26,33	60	1020	0,001003	84930,59	0,00058	0,021	0,90	1 saída arredondada; 4 joelho 90° de raio curto; 1 tê passagem direta	2,5	0,25	1,15

(conclusão)

12-13	1,42	0,59	42	1020	0,001003	60664,71	0,00083	0,023	0,03	1 tê saída lateral; 1 entrada arredondada; 1 redução gradual; 1 válv. globo	20,4	2,10	2,13
12-14	1,42	4,40	42	1020	0,001003	60664,71	0,00083	0,023	0,24	1 joelho 90° de raio longo; 1 entrada arredondada; 1 redução gradual	1,7	0,17	0,42
15-16	1,60	12,26	33	1020	0,001003	53754,64	0,00106	0,024	1,15	1 saída arredondada; 2 joelhos 90° de raio longo; 1 válv. globo	6,8	0,89	2,04
16-17	1,20	0,25	27	1020	0,001003	32850,06	0,00130	0,026	0,02	1 entrada arredondada	1	0,07	0,09
16-18	1,20	4,26	27	1020	0,001003	32850,06	0,00130	0,026	0,30	1 entrada arredondada; 1 joelho 90° de raio longo	1,3	0,09	0,39

Fonte: Autores, 2022.

Tabela 74 - Perdas de carga nas instalações de resíduo

(continua)

Trecho	u_b (m/s)	L (m)	Diâmetro nominal (mm)	ρ (kg/m ³)	μ (kg/ms)	Re	ϵ/D	f	$J_{dist.}$	Acessórios	ΣK	$J_{loc.}$	J_{total}
1-2	1,8	61,63	114	1001	0,001003	202460,64	0,00031	0,018	1,53	3 joelhos 90° de raio longo; 1 válv. gaveta; 1 válv. globo	7,1	1,15	2,68
2-7	1,5	61,13	60	1001	0,001003	91531,63	0,00058	0,021	2,50	1 tê saída lateral; 2 joelhos 90° de raio longo; 1 válv. gaveta	13,8	1,64	4,15
7-6	1,7	1,59	33	1001	0,001003	55473,71	0,00106	0,024	0,16	1 tê passagem direta; 1 entrada arredondada	1,3	0,19	0,35
7-5	2,1	2,40	42	1001	0,001003	87172,98	0,00083	0,022	0,27	1 tê saída lateral	13	2,87	3,14

(conclusão)

5-4	1,7	1,59	33	1001	0,001003	55473,71	0,00106	0,024	0,16	1 entrada arredondada; 1 tê saída lateral; 1 tê passagem direta	14,3	2,07	2,23
5-3	1,7	3,99	33	1001	0,001003	55473,71	0,00106	0,024	0,41	1 entrada arredondada; 1 joelho 90° de raio longo; 1 tê passagem direta	1,6	0,23	0,64
9-10	1,9	17,39	48	1001	0,001003	91758,12	0,00073	0,021	1,43	1 saída arredondada; 1 válv. gaveta	0,4	0,07	1,51
2-8	2,2	30,37	114	1001	0,001003	250635,18	0,00031	0,017	1,13	2 joelhos 90° de raio longo	0,6	0,15	1,28

Fonte: Autores, 2022.

Tabela 75 - Perdas de carga nas instalações de biogás

Trecho	u_b (m/s)	L (m)	Diâmetro nominal (mm)	ρ (kg/m ³)	μ (kg/ms)	Re	ε/D	f	$J_{dist.}$	Acessórios	ΣK	$J_{loc.}$	J_{total}
1-2	16,7	70,64	73	0,72	0,0000816	10769,65	0,00048	0,031	425,77	1 saída arredondada; 1 joelho 90° de raio curto; 1 válv. gaveta; 1 entrada arredondada; 1 válv. globo	7,9	112,56	538,34

Fonte: Autores, 2022.

Tabela 76 - Perdas de carga nas instalações de ácido

Trecho	u_b (m/s)	L (m)	Diâmetro nominal (mm)	ρ (kg/m ³)	μ (kg/ms)	Re	ϵ/D	f	$J_{dist.}$	Acessórios	ΣK	$J_{loc.}$	J_{total}
1-2	2,0	1,64	13,70	1150	0,0023	13700,00	0,00255	0,032	0,78	1 saída arredondada; 1 entrada arredondada; 1 válv. globo;	7,2	1,47	2,25
3-4	2,0	24,39	13,70	1150	0,0023	13700,00	0,00255	0,032	11,61	1 saída arredondada 1 tê passagem direta;	0,2	0,04	11,66
4-5	2,0	0,28	13,70	1150	0,0023	13700,00	0,00255	0,032	0,13	1 entrada arredondada; 1 válv. globo	7,3	1,49	1,62
4-6	2,0	8,86	13,70	1150	0,0023	13700,00	0,00255	0,032	4,21	1 tê saída lateral; 1 entrada arredondada; 1 válv. globo; 2 joelhos 90° de raio longo	20,6	4,20	8,42

Fonte: Autores, 2022.

Tabela 77 - Perdas de carga nas instalações de base

Trecho	u_b (m/s)	L (m)	Diâmetro nominal (mm)	ρ (kg/m ³)	μ (kg/ms)	Re	ϵ/D	f	$J_{dist.}$	Acessórios	ΣK	$J_{loc.}$	J_{total}
1-2	2,0	1,64	13,70	1520	0,1	416,48	0,00255	0,154	3,75	1 saída arredondada; 1 entrada arredondada; 1 válv. globo;	7,2	1,47	5,22
3-4	2,0	27,97	13,70	1520	0,1	416,48	0,00255	0,154	63,93	1 saída arredondada 1 tê passagem direta;	0,2	0,04	63,97
4-5	2,0	0,25	13,70	1520	0,1	416,48	0,00255	0,154	0,57	1 entrada arredondada; 1 válv. globo	7,3	1,49	2,06

(continua)

(conclusão)

4-6	2,0	8,75	13,70	1520	0,1	416,48	0,00255	0,154	20,05	1 tê saída lateral; 1 entrada arredondada; 1 válv. globo; 2 joelhos 90° de raio longo	20,6	4,20	24,25
-----	-----	------	-------	------	-----	--------	---------	-------	-------	---	------	------	-------

Fonte: Autores, 2022.

APÊNDICE F11 - BOMBAS

Para realizar-se o dimensionamento das bombas, primeiramente definiu-se a localização de cada uma delas de acordo com a necessidade do processo, utilizando-se também dos valores calculados para a perda de carga de cada instalação, no Apêndice F.10. Utilizou-se da Equação 86 para o dimensionamento das bombas, considerando-se uma eficiência do conjunto motor bomba de aproximadamente 50%.

$$W_a = \frac{g \cdot \Delta Z + J}{\eta} \quad (86)$$

Com W_a sendo a potência da bomba (W), g a aceleração da gravidade (m/s^2), ΔZ a diferença de altura (m), J a perda de carga total (m), η a eficiência da bomba, L o comprimento da tubulação (m) e Q é a vazão do fluido (m^3/s). A Tabela 78 contém os resultados dos cálculos realizados para dimensionamento das bombas do processo, assim como as potências das bombas comerciais selecionadas.

Tabela 78 - Bombas dimensionadas para o processo

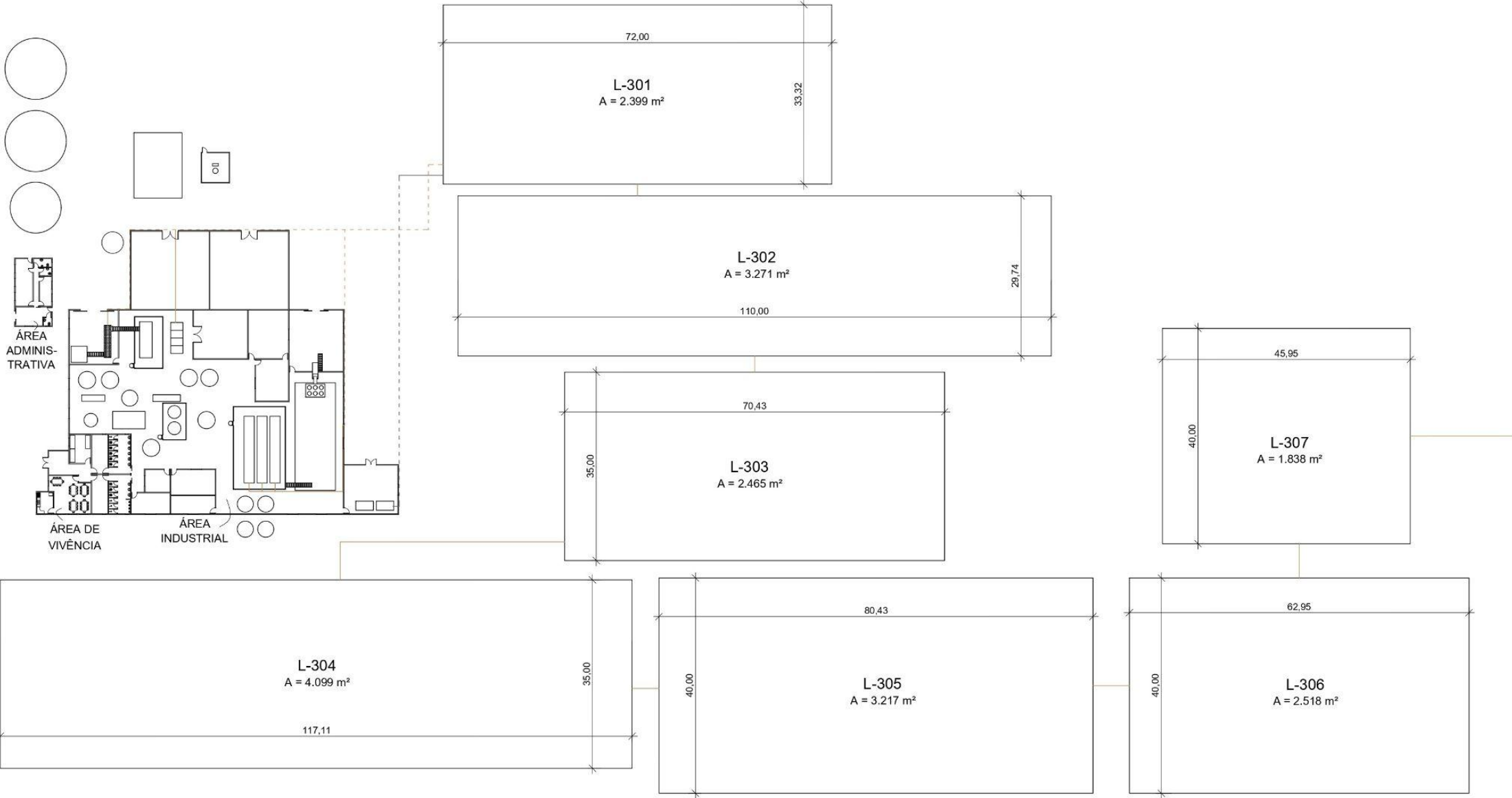
(continua)

Bomba	Comprimento (m)	Vazão (m^3/s)	J_{total}	Δz (m)	Wb (W)	Wb (cv)	Bomba comercial (cv)
B-101	20,52	0,02361	2,17	10,10	110,74	0,1506	0,5
B-201	63,63	0,01816	2,68	2,00	88,66	0,1205	0,5
B-202	16,02	0,00432	4,15	5,60	11,63	0,0158	0,5
B-203	67,83	0,00347	1,51	6,20	33,57	0,0456	0,5
B-204	12,62	0,00508	0,55	2,20	3,27	0,0044	0,5
B-205	64,25	0,00789	2,84	2,62	46,23	0,0629	0,5
B-206	16,61	0,00433	3,36	6,19	12,13	0,0165	0,5
B-207	66,32	0,00258	0,95	4,69	18,02	0,0245	0,5
B-208	17,66	0,00309	0,45	7,24	8,10	0,0110	0,5
B-209	70,87	0,00172	0,80	9,24	23,47	0,0319	0,5
B-210	21,30	0,00340	2,79	10,88	18,29	0,0249	0,5
B-211	72,04	0,00660	1,47	10,41	106,91	0,1454	0,5
B-212	17,64	0,00880	2,54	7,22	27,51	0,0374	0,5
B-401	72,77	0,00004	2,24	11,14	0,66	0,0009	0,5
B-402	22,42	0,00004	5,22	12,00	0,26	0,0003	0,5
B-213	72,79	0,00018	21,70	11,16	7,02	0,0095	0,5
B-214	22,44	0,00046	90,29	12,02	15,55	0,0211	0,5
B-215	63,83	0,00060	2,64	2,20	3,08	0,0042	0,5

							(conclusão)
B-216	16,52	0,03412	4,33	6,10	101,59	0,1381	0,5
B-217	68,05	0,01936	3,81	6,42	236,10	0,3210	1
B-218	16,64	0,00787	3,70	6,22	22,77	0,0310	0,5
B-219	70,40	0,00274	2,52	8,77	40,00	0,0544	0,5
CO-101	64,81	0,09574	90,00	54,39	53868,02	73,2400	75

Fonte: Autores, 2022.

APÊNDICE G3 - PLANTA BAIXA INCLUINDO ETE



Fonte: Autores, 2022.

ANEXO A - BASCULANTES RANDON

BASCULANTES RANDON LINHA R AREIA E BRITA / GRANELEIRO

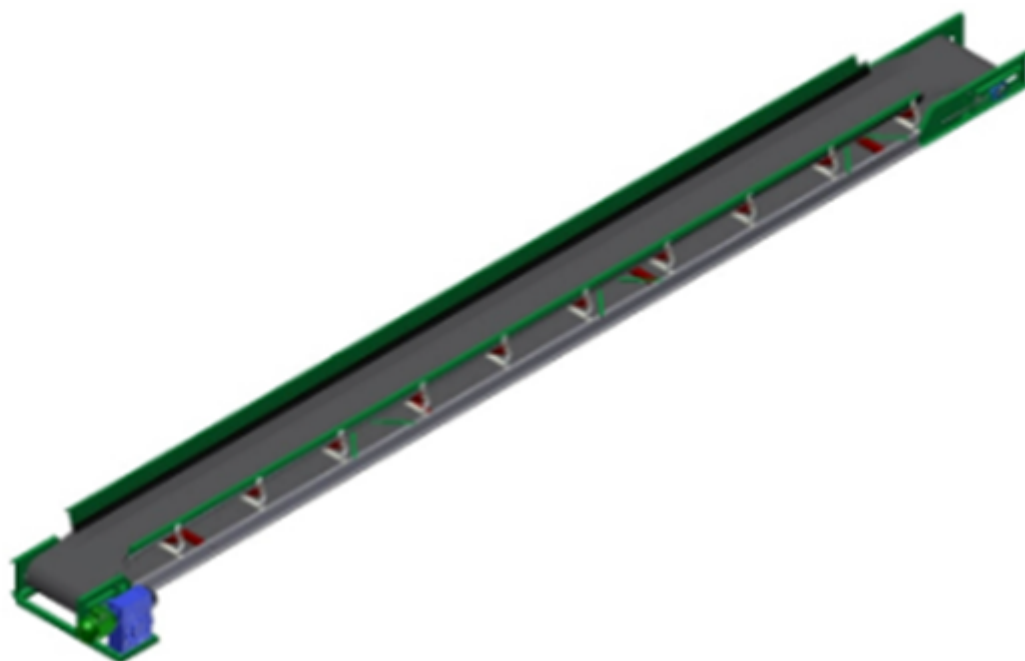
SEMIRREBOQUES	CM
SR-BA-AB 21,5m ³ STD PBTC 41,5	4X2
SR-BA-AB 21,5m ³ STD PBTC 45	6x2
SH-BA-AB 25m ³ STD PBTC 41,5	4X2
SR-BA-AB 25m ³ HD PBTC 41,5	4X2
SR-BA-AB 25m ³ STD PBTC 45	6x2
SR-BA-AB 25m ³ HD PBTC 45	6X2
SR-BA-AB 30m ³ STD PBTC 41,5	4X2
SR-BA-AB 30m ³ HD PBTC 41,5	4X2
SR-BA-AB 30m ³ STD PBTC 45	6x2
SR-BA-AB 30m ³ HD PBTC 45	6X2
SR-BA-GR 40m ³ STD PBTC 45	6X2
SN-BA-AB/GR 35m ³ STD PBTC 48,5	6x2
SH-BA-AB/GR 40m ³ STD PBTC 48,5	6x2
SR-BA-GR 45m ³ STD PBTC 48,5	6x2
SR-BA-AB/GR 35m ³ STD PBTC 54,5	8X2
SR-BA-AB/GR 40m ³ STD PBTC 54,5	8X2
SN-BA-GR 45m ³ STD PBTC 54,5	8X2
SH-BA-AB/GR 35m ³ STD 1+1+1 PBTC 53	6X2
SR-BA-AB/GR 40m ³ STD 1+1+1 PBTC 53	6X2
SR-BA-GR 45m ³ STD 1+1+1 PBTC 53	6X2
RODOTRENS	
RT BA AB 25m ³ + 25m ³ STD - PBTC 74	6x4
RT BA AB 31m ³ + 31m ³ STD - PBTC 74	6x4
RT BA GR 31m ³ + 31m ³ STD - PBTC 74	6x4
RT BA GR 35m ³ + 35m ³ STD - PBTC 74	6x4
DL-RT-BA-02-26	-
BITRENS	
BT BA AB 20m ³ + 20m ³ STD - PBTC 57	6x4
BT BA AB 25m ³ + 25m ³ STD - PBTC 57	6x4
BT BA GR 25m ³ + 25m ³ STD - PBTC 57	6x4
BT BA GR 28m ³ + 28m ³ STD - PBTC 57	6x4

AREIA E BRITA
Transporte de areia, brita, minério, fertilizantes, cal e outros produtos a granel, com descarga por escoamento livre através do basculamento da caixa de carga por cilindro hidráulico.

GRANELEIRO
Transporte de grãos, açúcar, calcário, fertilizantes, carvão e outros produtos a granel com baixa abrasividade e médio peso específico.



Fonte: Randon, 2022.

ANEXO B - ESTEIRA TRANSPORTADORA

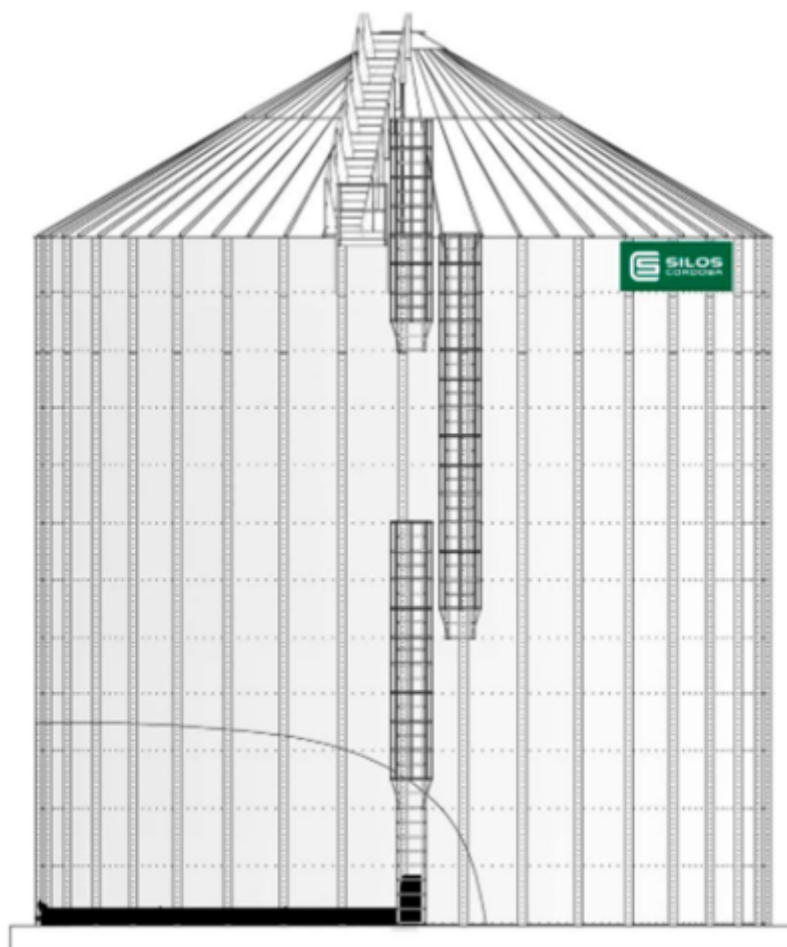
Fonte: Marques Fund, 2022.

ANEXO C - LAVADOR E DESCASCADOR



Modelo	QX130-2	QX140-2	QX140-3
Diâmetro da pá (mm)	Φ1000	Φ1280	Φ1400
Velocidade do rotor (r/min)	21	21	21
Comprimento de trabalho (mm)	6000	6000	6000
Potência (Kw)	5,5x2	7,5x2	7,5x3
Capacidade (t/h)	10-20	20-35	35-50

Fonte: Everychina, 2022.

ANEXO D - SILO

Fonte: Made in China, 2022.

ANEXO E - ESTEIRA TRANSPORTADORA

Fonte: Makalves, 2022.

ANEXO F - MOEDOR

BOSIDA STARCH TECHNOLOGY



CRUSHING: RU SERIES SUPER RASPER

For ultra-fine crushing of organization cells of potato, cassava, sweet potato, and other tuberous materials.

DESIGN FEATURES:

- Long grinding track, short time, little thin fibers, completely crushing cell organization, starch dissociation rate reaching as high as 98%;
- With two cutter blocks, two-way rotation of the rotary drum, greatly improving the service life of the blade;
- The SKF bearings and bearing plates, standard configuration ABB motor or Wannan motor, light vibration, low noise and long service life.

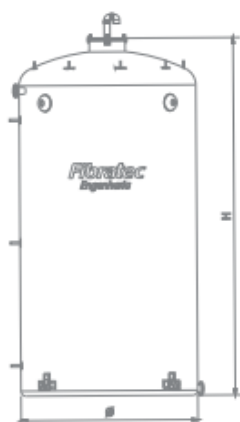


Modelos	Velocidade rotativa (rpm)	Potência do motor (kw)	Capacidade de processamento			Peso líquido (kg)
			Batata (tonelada/h)	Mandioca (tonelada/h)	batata doce (tonelada/h)	
RU650/350	2100	30-45	5-10	3,5-7,0	3,5-7,0	1980-2000
RU850/350	2100	90-110	15-20	10-15	10-15	2360-2700
RU1000/400	1480	160-200	25-30	18-22	18-22	3300-3340
RU1000/500	1480	200-250	35-40	25-28	25-28	4040-4890
RU1000/600	1480	250-315	45-50	32-36	32-36	4260-4900
RU1000/800	1480	355-450	55-60	38-45	38-45	6100-6200

Fonte: Bosida China, 2022.

ANEXO G - TANQUE DE DILUIÇÃO

Medidas nominais do equipamento



Diâmetro 1130 mm					Diâmetro 2530 mm					Diâmetro 3000 mm				
Cód.	Vol. (Litros)	Altura (H) (mm)	Sapatas (un)	Alça	Cód.	Vol. (Litros)	Altura (H) (mm)	Sapatas (un)	Alça	Cód.	Vol. (Litros)	Altura (H) (mm)	Sapatas (un)	Alça
9043	2000	2200	3	2	3754	10000	2290	4	2	3886	30000	4590	6	2
4796	3000	3200	3	2	3755	15000	3290	4	2	3887	35000	5305	6	2
9044	4000	4200	3	2	3756	20000	4290	4	2	3888	40000	6020	6	2
7270	5000	5200	3	2	3757	25000	5290	4	2	3889	50000	7450	6	2
9251	6000	6200	3	2	3758	30000	6290	4	2	3890	60000	8880	6	2
9252	7000	4200	3	2	7269	35000	7290	4	2	3891	70000	10310	6	2
9253	8000	8200	3	2	3759	40000	8290	4	2	3892	80000	11740	6	2
9254	9000	9200	3	2	3760	50000	10290	4	2	9046	90000	13170	6	2
					7548	60000	12290	4	2	3893	100000	14600	6	2

Diâmetro 3200 mm					Diâmetro 3500 mm					Diâmetro 3800 mm				
Cód.	Vol. (Litros)	Altura (H) (mm)	Sapatas (un)	Alça	Cód.	Vol. (Litros)	Altura (H) (mm)	Sapatas (un)	Alça	Cód.	Vol. (Litros)	Altura (H) (mm)	Sapatas (un)	Alça
5672	35000	4815	6	2	9052	50000	5685	6	2	9064	60000	5690	8	2
5998	40000	5460	6	2	9053	60000	6750	6	2	9065	70000	6575	8	2
5999	45000	6105	6	2	9054	70000	7815	6	2	9066	80000	7460	8	2
5320	50000	6750	6	2	9055	80000	8880	6	2	9067	90000	8345	8	2
6000	55000	7395	6	2	9056	90000	9945	6	2	9068	100000	9230	8	2
6001	60000	8040	6	2	9057	100000	11010	6	2	9063	110000	10115	8	2
6002	65000	8685	6	2	9256	120000	13140	6	2	9265	120000	11000	8	2
6003	70000	9330	6	2	9257	140000	15270	6	2	9266	140000	12780	8	2
6004	75000	9975	6	2	9258	160000	17400	6	2	9267	160000	14540	8	2
6005	80000	10620	6	2						9268	180000	16310	8	2
6006	85000	11265	6	2						9259	200000	18080	10	2
6007	90000	11910	6	2						9260	220000	19850	10	2
6008	95000	12555	6	2						9261	245000	22062	10	2
6009	100000	13200	6	2										
6010	105000	13845	6	2										
6011	110000	14490	6	2										

Fonte: Fibratec, 2022.

ANEXO H - CENTRÍFUGA



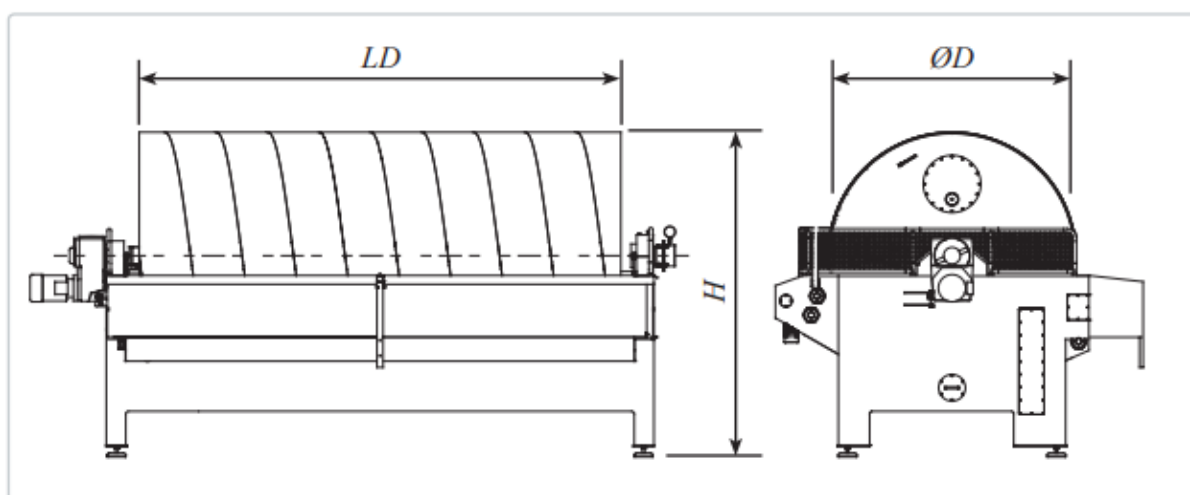
Model	LW250 x 1025E	LW350 x 1435E	LW450 x 1845E	LW520 x 2150E	LW580 x 2400E	LW650 x 2600E	LW750 x 2800E
Speed (rpm)	4500	3500	3200	3000	2800	2600	2200
Max G Force	2835	2435	2580	2620	2546	2460	2033
Main Motor (kW)	11	15 ~ 22	30 ~ 37	55 ~ 75	75 ~ 90	90 ~ 110	110 ~ 160
Back Motor (kW)	4	5.5	7.5 ~ 11	11 ~ 15	15 ~ 18.5	22	30
Capacity (m3/h)	2 ~ 8	4 ~ 15	10 ~ 40	15 ~ 70	25 ~ 80	30 ~ 90	40 ~ 100
Weight (kg)	1250	2500	4200	5200	6500	7800	11000
Dimension (mm)	2500x800x1150	3700x1050x1200	4300x1150x1400	5100x1250x1600	5520x1450x1700	6250x2000x1550	6500x2200x1600

Fonte: Zk Separation, 2022.

ANEXO I - FILTRO ROTATIVO À VÁCUO

Model	Dewatering area	Capacity * Potato starch	Capacity * Tapioca starch	ØD	LD	H
GL32/60-60	60 m ²	24000 kg/h	12000 kg/h	3250	6000	3950
GL32/55-55	55 m ²	22000 kg/h	11000 kg/h	3250	5500	3950
GL32/50-50	50 m ²	20000 kg/h	10000 kg/h	3250	5000	3950
GL32/45-45	45 m ²	18000 kg/h	9000 kg/h	3250	4500	3950
GL32/40-40	40 m ²	16000 kg/h	8000 kg/h	3250	4000	3950
GL22/50-34	34 m ²	13600 kg/h	6800 kg/h	2240	5000	2940
GL22/45-31	31 m ²	12400 kg/h	6200 kg/h	2240	4500	2940
GL22/40-27	27 m ²	10800 kg/h	5400 kg/h	2240	4000	2940
GL22/35-24	24 m ²	9600 kg/h	4800 kg/h	2240	3500	2940
GL22/30-20	20 m ²	8000 kg/h	4000 kg/h	2240	3000	2940
GL22/25-17	17 m ²	6800 kg/h	3400 kg/h	2240	2500	2940
GL13/30-12	12 m ²	4800 kg/h	2400 kg/h	1285	3000	1985
GL13/25-10	10 m ²	4000 kg/h	2000 kg/h	1285	2500	1985
GL13/20-8	8 m ²	3200 kg/h	1600 kg/h	1285	2000	1985
GL13/15-6	6 m ²	2400 kg/h	1200 kg/h	1285	1500	1985

*) Native starch kg/h



Fonte: Larsson Sweden, 2022.

ANEXO J - BIODIGESTOR COM LONA DE PEAD

Fonte: LJS, 2017.

ANEXO K - REATOR TIPO TANQUE AGITADO COM AQUECIMENTO

EQUIPEMENTS ACIER INOXYDABLE POUR INDUSTRIES ALIMENTAIRES

ETA

Téléphone : 02.48.66.21.00

Fax : 02.48.64.30.95

Email : contact@eta.fr

RIANS B.P. N°1

18220 LES AIX D'ANGILLON

TANK DE PROCÉDÉ Type : PEMTA (pression atmosphérique)



Exemples d'applications

Maturation de crème douce, mix de crème glacée, mélange et préparation de produits alimentaires. Stockage, préparation ou mélange de jus de fruits ou concentrés.

Finition

- Intérieure : surface glacée de laminage, soudures usinées au grain 180
- Extérieure : surface glacée de laminage, soudures décapées brossées

Matériau

A l'intérieur et à l'extérieur acier inoxydable EN 1.4307 (AISI 304L)

Echangeur

Ces tanks sont équipés d'échangeurs à haute performance du type spiralé sur la virole et le fond. L'échangeur de virole est réalisé en une ou plusieurs sections selon la capacité. Chaque section de virole et de fond est équipée d'un jeu de tubulures entrée et sortie Ø40/49 filetés gaz à l'extérieur

Pression d'utilisation : vapeur : 3 bar maxi
eau : 4 bar maxi

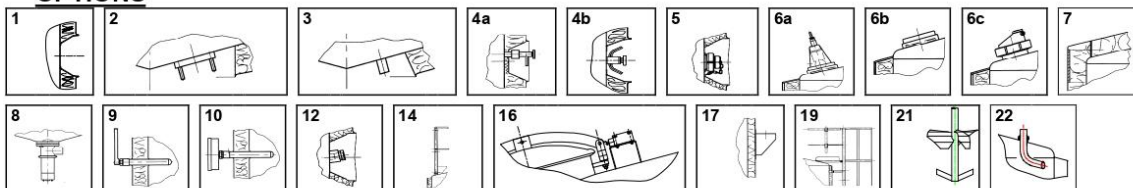
Equipement standard

- vidange Ø 51, 63, 76 selon volume, sortie lisse
- trou d'homme Ø 430mm ou Ø 500mm avec joint et attache
- agitateur à deux vitesses avec une hélice tripale, sans crapaudine
- deux anneaux de manutention sur le sommet
- évent Ø100 à 350mm selon la capacité avec grille anti-insectes
- lavage équipé de boules fixes: le diamètre du tube d'entrée est fonction du nombre de boules
- pieds coniques avec vérins réglables et semelles de répartition : le nombre est fonction de la charge (voir schéma)
- deux bossages pour sondes de niveau mini-maxi du type à lames vibrantes (FTL ou similaire)

Isolation

Laine de verre d'épaisseur 50 mm sur fond et virole.
Type PSI 722 ($R = 2,35 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$)
 $\lambda = 0,040 \text{ W / m} \cdot \text{°C}$)

OPTIONS

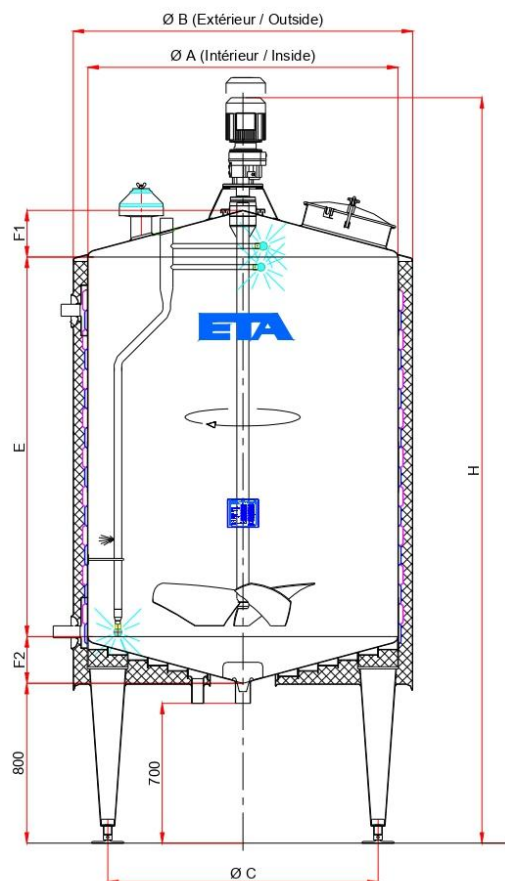


- 1 - réserve (en bas de virole) pour adapter des accessoires
- 2- bride pour capteur de niveau
- 3- manchon pour sonde PT100
- 4- robinet échantillonneur
- 5- prise d'échantillon à membrane
- 6- hublot regard et éclairant
- 7- isolation du sommet
- 8- vanne de fond de cuve
- 9- thermomètre à alcool en doigt de gant
- 10- thermomètre à cadran en doigt de gant
- 11 - polissage extérieur des surfaces au grain 120 sur soudures décapées
- 12 - manchon pour prise de Ph

- 13 - tuyauterie de nettoyage relie les points d'entrée
- 14 - garde-corps réglementaire : inox, acier galvanisé ou aluminium
- 15 - barre anti-chute en travers de l'ouverture de porte
- 16 - support pour contacteur de sécurité à l'ouverture de la porte
- 17 - console support passerelle
- 18 - les échangeurs peuvent être séparés en plusieurs sections
- 19 - échelle à crinoline réglementaire : inox, acier galvanisé ou aluminium
- 20 matériau des parties en contact avec le produit : EN 1.4404 (AISI 316 L)
- 21 - turbine tripale pour agitation du fond
- 22 entrée anti-mousse démontable par raccord SMS
- autres : -----



TANK DE PROCÉDÉ
Type : PEMTA
(pression atmosphérique)



, fond : 15° jusqu'à 20 000 L
20° > 20 000 L

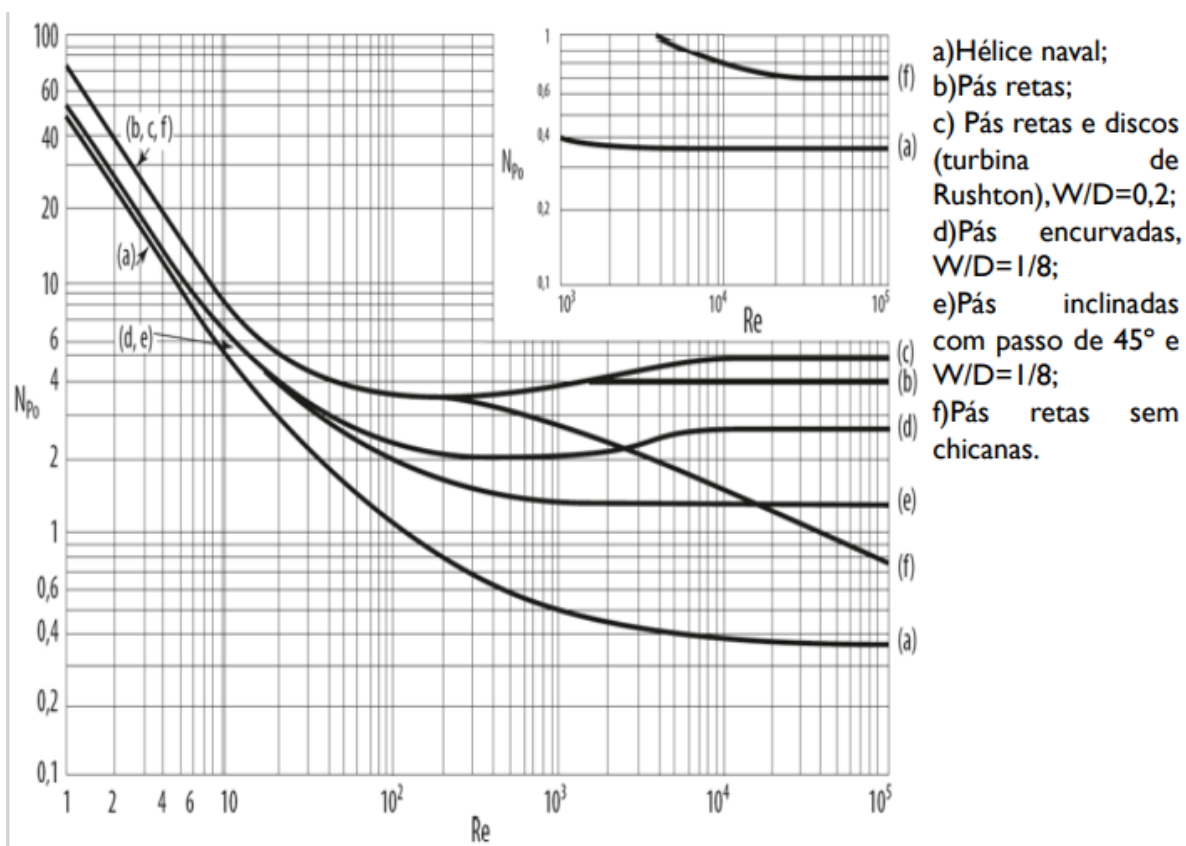
CAPACITE	ØA	ØB	E	F1	F2	Nb pieds	H	ØC	Poids (kg)
10 000 L	2146	2294	2800	337	337	3	4970	1950	1790
15 000 L	2385	2533	3320	369	369	3	5590	2085	2610
20 000 L	2850	2998	3000	432	565	3	5570	2560	3220
25 000 L	2850	2998	3800	432	565	4	6430	2560	3720
30 000 L	2850	2998	4600	432	565	4	7030	2560	4220
40 000 L	3340	3488	4420	497	654	4	7200	2800	5160
50 000 L	3340	3488	5590	497	654	5	8410	3040	5960
60 000 L	3578	3726	5840	529	698	6	9130	3280	7050

Document non contractuel, ETA se réserve le droit d'effectuer des modifications sans préavis

FC 000221-12/08

Fonte: ETA, 2022.

ANEXO L - GRÁFICO DO NÚMERO DE POTÊNCIA (NPO) PELO NÚMERO DE REYNOLDS (RE) PARA UM TANQUE AGITADO



Fonte: Cremasco (2011)

ANEXO M - TABELA DO NÍVEL DE AGITAÇÃO PARA UM TANQUE AGITADO

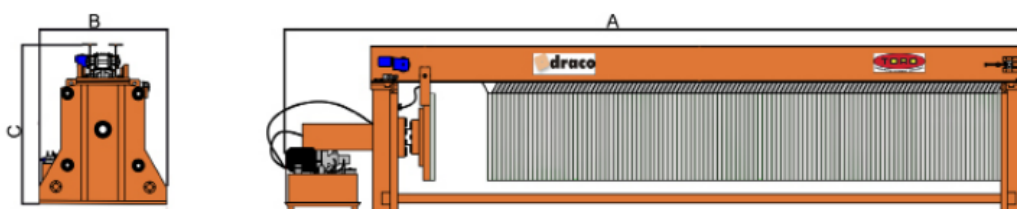
N_A (HP/m ³)	Nível de agitação
até 0,1	Débil
0,1 – 0,3	Suave
0,3 – 0,6	Média
0,6 – 1,0	Forte
1,0 – 2,0	Intensa
2,0 – 3,0	Muito forte
3,0 – 4,0	Muito intensa

Fonte: Cremasco (2011)

ANEXO N - FILTRO PRENSA

High Performance FPA Technical Specifications (Closed Construction)

Filter Press superior dragging



MODEL	Maximum number of plates	Maximum length mm (A)	Maximum width mm (B)	Maximum height mm (C)	Maximum filtersurface (m ²)	Maximum filtered volume (l)
FPA-AR 1000	125	11.000	1.400	2.100	215	3.220
Pump Type: Cylinder of 23 cm ³		Tank volume (l): 150		Power: 7,5 Kw		
FPA-AR 1200	125	12.400	1.900	2.400	310	4.445
Pump Type: Cylinder of 23 cm ³		Tank volume (l): 150		Power: 7,5 Kw		
Frame: Material ST-52/AISI-304, Finish: Epoxy Paint						
Operation: Automatic						
Ral 2011						

¿How to determine the size of the Filter Press you need??

Design Details:

- Sludge volume per day.
- Kg of dry matter.
- No. of working hours per day.

The following is an example of pressing without lime knowing that the dryness obtained is 30%.

Input data: Sludge volume 7m³/day, at 6% dryness

In order to obtain kg of dry matter, we have to multiply the volume by dryness. The result is 420-kg of dry matter. Dryness of output cake should be 30%. Therefore, we get 1.4 m³/day of cakes at 30% = 1,400 l/day.

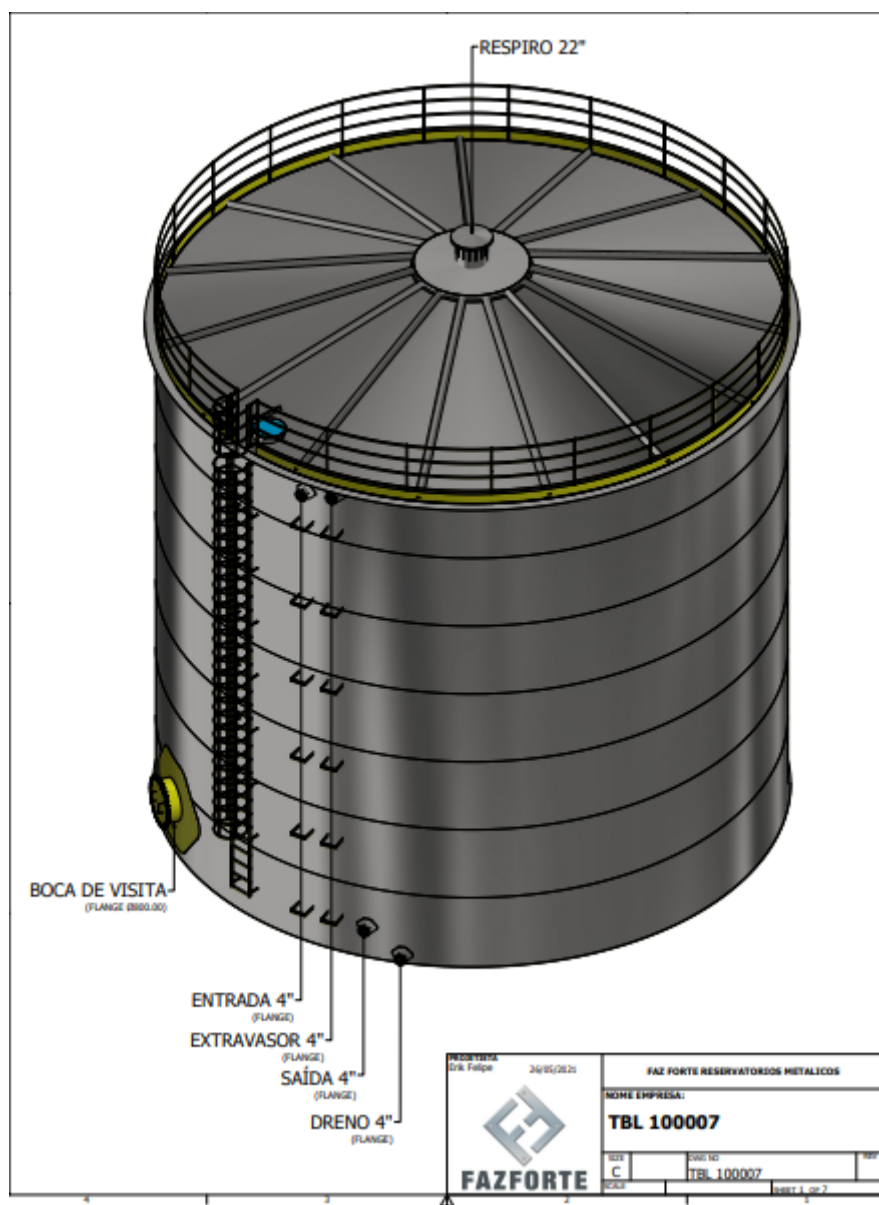
If we want to perform 4 pressing cycles per day: 1,400/4 = 355 l/cycle (look for this data in the chart).

In this case, the Filter Press to be selected would be an FPA 80/25.

MODEL	Number of plates	Number of chambers	Length mm (A)	Width mm (B)	Height mm (C)	Weight empty (Kg)	Weight loaded (Kg)	Total filter area (m ²)	FP total cake volume (l)	Plates and fabric size mm
FPA 80/	15	14	3.565	1.585	1.700	2.500	2.790	15,3	224	800
	20	19	4.475	1.585	1.700	2.730	3.125	20,7	305	800
	25	24	5.535	1.585	1.700	2.970	3.470	26,2	385	800
	30	29	6.295	1.585	1.700	3.100	705	31,6	465	800

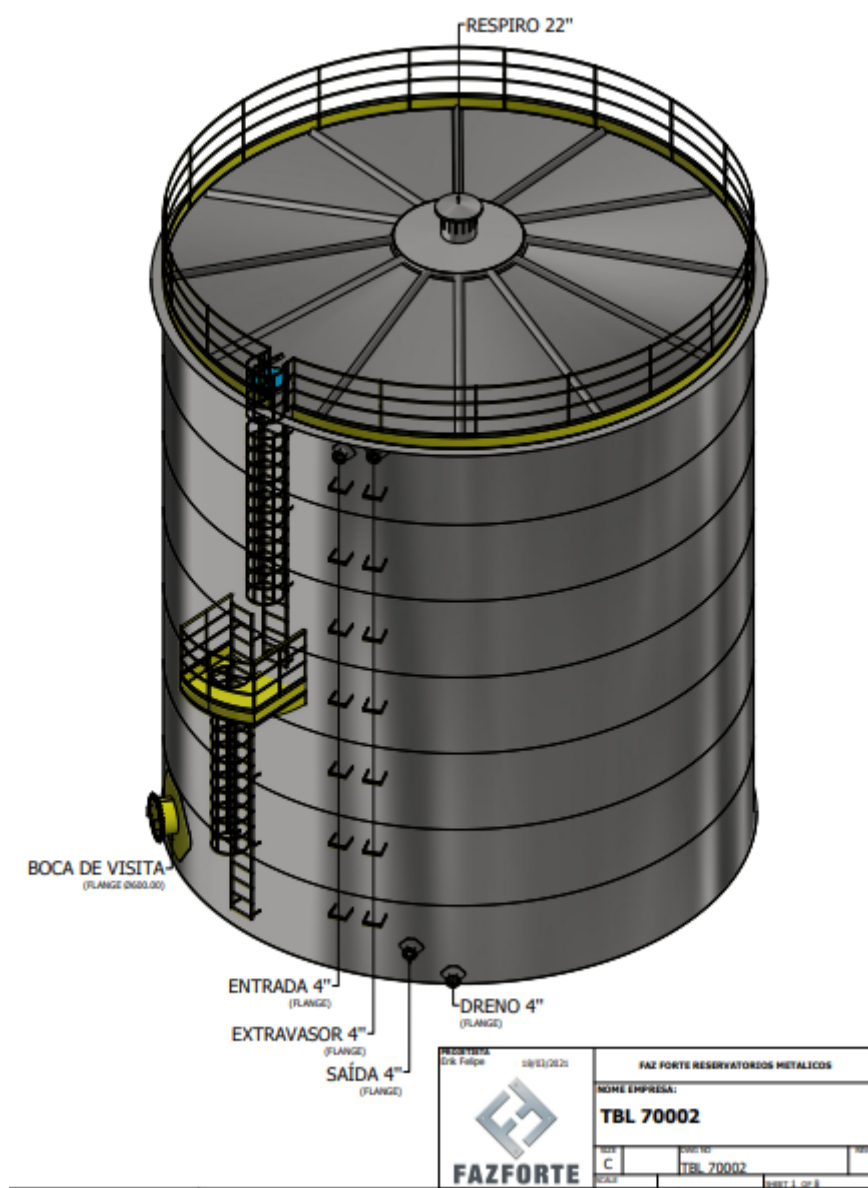
Fonte: Toro, 2022.

ANEXO O - CAIXA D'ÁGUA CILÍNDRICA (RA-101A E RA-101B)



Fonte: Faz Forte, 2022.

ANEXO P - CAIXA D'ÁGUA CILÍNDRICA (RA-102)



Fonte: Faz Forte, 2022.

ANEXO Q - NORMA ANSI B.36.10 E ANSI B.36.19

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 ²)	Área da seção de metal (cm ²)	Superfície externa (m ² /m)	Peso aproximado (kg/m)		Momento de inércia (cm ⁴)	Momento resistente (cm ³)	Raio de giração (cm)			
							Tubo vazio (Nota 5)	Conteúdo de água						
¼ -- 13,7	10S	1,65	10,4	0,85	0,62	0,043	0,49	0,085	0,116	0,169	0,430			
	Std, 40, 40S	2,23	9,2	0,67	0,81		0,62	0,067				0,138	0,202	0,413
	XS, 80, 80S	3,02	7,7	0,46	1,01		0,79	0,046				0,157	0,229	0,393
1/8 -- 17,1	10S	1,65	13,8	1,50	0,81	0,054	0,63	0,150	0,236	0,285	0,551			
	Std, 40, 40S	2,31	12,5	1,23	1,08		0,84	0,123				0,304	0,354	0,531
	XS, 80, 80S	3,20	10,7	0,91	1,40		1,10	0,090				0,359	0,419	0,506
½ -- 21	Std, 40, 40S	2,77	15,8	1,96	1,61	0,071	0,42	0,20	0,71	0,67	0,66			
	XS, 80, 80S	3,73	13,8	1,51	2,06		1,62	0,15				0,84	0,78	0,64
	160	4,75	11,8	1,10	2,47		1,94	0,11				0,92	0,86	0,61
	XXS	7,47	6,4	0,32	3,52		2,55	0,03				1,01	0,95	0,56
¾ -- 27	Std, 40, 40S	2,87	20,9	3,44	2,15	0,083	1,68	0,34	1,54	1,16	0,85			
	XS, 80, 80S	3,91	18,8	2,79	2,80		2,19	0,28				1,86	1,40	0,82
	160	5,54	15,6	1,91	3,68		2,88	0,19				2,19	1,65	0,77
	XXS	7,82	11,0	0,95	4,63		3,63	0,10				2,41	1,81	0,72
1 -- 33	Std, 40, 40S	3,37	26,6	5,57	3,19	0,105	2,50	0,56	2,64	2,18	1,07			
	XS, 80, 80S	4,55	24,3	4,64	4,12		3,23	0,46				4,40	2,63	1,03
	160	6,35	20,7	3,37	5,39		4,23	0,34				5,21	3,12	0,98
	XXS	9,09	15,2	1,82	6,94		5,44	0,18				5,85	3,50	0,92
1¼ -- 42	Std, 40, 40S	3,56	35	9,65	4,32	0,132	3,38	0,96	8,11	3,85	1,37			
	XS, 80, 80S	4,85	32,5	8,28	5,68		4,46	0,83				10,06	4,77	1,33
	160	6,35	29,4	6,82	7,14		5,60	0,68				11,82	5,61	1,29
	XXS	9,70	22,7	4,07	9,90		7,76	0,41				14,19	6,74	1,20
1½ -- 48	Std, 40, 40S	3,68	40,8	13,1	5,15	0,151	4,04	1,31	12,90	5,34	1,58			
	XS, 80, 80S	5,08	38,1	11,4	6,89		5,40	1,14				16,27	6,75	1,54
	160	7,14	33,9	9,07	9,22		7,23	0,91				20,10	8,33	1,48
	XXS	10,16	27,9	6,13	12,2		9,53	0,61				23,64	9,80	1,39
2 -- 60	Std, 40, 40S	3,91	52,5	21,7	6,93	0,196	5,44	2,17	27,72	9,20	2,00			
	XS, 80, 80S	5,54	49,2	19,0	9,53		7,47	1,90				36,13	11,98	1,95
	160	8,71	42,9	14,4	14,1		11,08	1,44				48,41	16,05	1,85
	XXS	11,07	38,2	11,4	17,1		13,44	1,14				54,61	18,10	1,79
2½ -- 73	Std, 40, 40S	5,16	62,7	30,9	11,0	0,235	8,62	3,09	63,68	17,44	2,41			
	XS, 80, 80S	7,01	59,0	27,3	14,5		11,40	2,73				80,12	21,95	2,35
	160	9,52	54,0	22,9	19,0		14,89	2,29				97,94	26,83	2,27
	XXS	14,0	44,9	15,9	26,0		20,39	1,59				119,5	32,75	2,14
3 -- 89	10S	3,05	82,8	53,9	8,22	0,282	6,44	5,39	75,84	17,06	3,04			
	Std, 40, 40S	5,48	77,9	47,7	14,4		11,28	4,77				125,70	28,26	2,96
	XS, 80, 80S	7,62	73,6	42,6	19,5		15,25	4,26				162,33	36,48	2,89
	160	11,1	66,7	34,9	27,2		21,31	3,49				209,36	47,14	2,78
XXS	15,2	58,4	26,8	35,3	27,65	2,68	249,32	56,22	2,66					

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 ²)	Área da seção de metal (cm ²)	Superfície externa (m ² /m)	Peso aproximado (kg/m)		Momento de inércia (cm ⁴)	Momento resistente (cm ³)	Raio de giração (cm)	
							Tubo vazio (Nota 5)	Conteúdo de água				
4	10S	3,05	108,2	91,9	10,6	0,361	8,35	9,19	164,83	28,88	3,93	
	Std. 40, 40S	6,02	102,3	82,1	20,4		16,06	8,21	300,93	52,61	3,84	
	XS, 80, 80S	8,56	97,2	74,2	28,4		22,29	7,42	399,99	69,99	3,75	
	160	13,5	87,3	59,9	42,7		33,49	5,99	552,34	96,70	3,60	
	XXS	17,1	80,1	50,3	52,3		40,98	5,03	636,42	111,29	3,49	
6	10S	3,40	161,4	204,5	17,6	0,535	13,82	20,45	599,37	71,30	5,83	
	Std. 40, 40S	7,11	154,0	186,4	36,0		28,23	18,64	1171,3	139,32	5,70	
	XS, 80, 80S	10,97	146,3	168,2	54,2		42,51	16,82	1685,7	200,45	5,58	
	120	14,3	139,7	153,4	69,0		54,15	15,34	2064,5	245,52	5,47	
	160	18,2	131,8	136,4	86,0		67,41	13,64	2455,8	291,91	5,34	
168	XXS	21,9	124,4	121,5	100,9	79,10	12,15	2759,6	328,29	5,23		
8	10S	3,76	211,5	351,6	25,4	0,692	19,93	35,16	1473,4	134,56	7,62	
	Std. 40, 40S	8,18	202,7	322,6	54,2		42,48	32,26	3017,7	275,52	7,46	
	60	10,3	198,4	309,1	67,6		53,03	30,91	3696,1	337,31	7,39	
	XS, 80, 80S	12,7	193,7	294,8	82,3		64,56	29,48	4399,5	401,88	7,31	
	120	18,2	182,6	261,9	115,1		90,22	26,19	5852,2	534,31	7,13	
219	XXS	22,2	174,6	239,4	137,4	107,8	23,94	6742,9	616,26	7,00		
	160	23,0	173,1	235,5	141,7	111,1	23,55	6905,3	631,02	6,98		
	10	5S	3,40	266,2	556,8	29,2	0,858	22,54	55,68	2651,4	194,22	9,53
		10S	4,19	264,7	550,3	35,4		27,83	55,03	3200,8	234,38	9,50
		Std. 40, 40S	9,27	254,5	509,1	76,8		60,23	50,91	6692,9	490,06	9,32
XS, 60, 80S		12,7	247,6	481,9	103,9	81,45		48,19	8824,1	645,77	9,22	
80		15,1	242,9	463,2	122,1	95,72		46,32	10193	747,38	9,14	
273	120	21,4	230,2	416,1	169,3	132,7	41,61	13486	988,32	8,94		
	160	28,6	215,9	365,8	219,4	172,1	36,58	16607	1217,8	8,71		
	12	5S	4,19	315,5	782,0	42,1	1,018	29,11	78,20	5377,7	332,23	11,30
		10S	4,57	314,7	778,1	45,9		36,00	77,81	5848,0	361,07	11,28
		20	6,35	311,1	760,7	63,5		57,10	76,07	7987,5	493,34	11,23
Std. 40S		9,52	304,8	729,6	94,1	73,74		72,96	11675	717,88	11,13	
40		10,3	303,2	722,0	101,5	79,65		72,20	12487	771,97	11,10	
324	XS, 80S	12,7	298,4	699,4	124,1	97,34	69,94	15067	929,31	11,00		
	60	14,3	295,3	685,2	138,8	108,8	68,52	16691	1029,3	10,95		
	80	17,4	288,9	655,5	168,0	131,7	65,55	19771	1221,1	10,85		
	406	120	25,4	273,0	585,8	238,1	186,7	58,58	26722	1650,5	10,59	
		14	10	6,35	342,9	923,3	69,7	1,118	54,62	92,33	10630	598,24
Std. 30			9,52	336,5	889,7	103,5	81,20		88,97	15525	873,59	12,24
40			11,1	333,4	872,9	120,1	94,29		87,29	17856	1003,1	12,19
XS			12,7	330,2	856,2	136,8	107,3		85,62	20145	1132,5	12,14
60	15,1		325,5	832,3	161,2	126,3	83,23		23392	1316,1	12,04	
356	80	19,0	317,5	791,7	201,3	157,9	79,17	28595	1609,5	11,91		
	100	23,8	308,0	745,2	248,4	194,5	74,52	34339	1930,7	11,76		
	16	10	6,35	393,7	1217,5	79,8	1,277	62,57	121,7	15983	786,72	14,15
		Std. 30	9,52	387,3	1178,1	118,8		93,12	117,8	23392	1152,2	14,05
		XS, 40	12,7	381,0	1140,1	157,1		123,2	114,0	30468	1499,7	13,92
60		16,6	373,1	1093,0	203,9	159,9		109,3	38834	1911,1	13,79	
80		21,4	363,6	1038,1	258,7	203,0		103,8	48158	2370,0	13,64	
406	100	26,2	354,0	984,6	312,9	245,3	98,46	56815	2796,1	13,46		
18	10	6,35	444,5	1551,7	89,9	1,436	70,52	155,2	22851	999,79	15,95	
	Std.	9,52	438,1	1507,8	133,9		105,0	150,8	33589	1468,5	15,82	
	XS	12,7	431,8	1464,6	177,4		139,0	146,5	43829	1917,6	15,72	
	40	14,3	428,6	1443,3	198,7		155,9	144,3	48782	2133,9	15,67	
	60	19,0	419,1	1379,4	261,9		205,6	137,9	63059	2758,4	15,49	
457	80	23,8	409,6	1317,5	323,9	254,1	131,7	76337	3340,3	15,34		
	100	29,4	398,5	1247,2	394,8	309,4	124,7	90738	3969,7	15,16		
	20	10	6,35	495,3	1926,6	100,1	1,597	78,46	192,7	31509	1240,7	17,73
		Std. 20	9,52	488,9	1877,5	149,2		116,9	187,7	46368	1825,8	17,63
		XS, 30	12,7	482,6	1829,1	197,4		154,9	182,9	60645	2388,0	17,53
40		15,1	477,9	1793,6	233,5	182,9		179,4	70926	2792,9	17,42	
60		20,6	466,7	1711,1	315,5	247,6		171,1	93943	3699,2	17,25	
508	80	26,2	455,6	1630,4	396,1	310,8	163,0	115379	4543,3	17,07		
	100	32,5	442,9	1540,7	485,8	381,1	154,1	138188	5441,5	16,84		

ANEXO R - LAVADORA DE LOUÇA EB50

Fonte: E.bone, 2014.

ANEXO S - PANELA COZIFRIO



Modelo	Capacidade L litros	Consumo Vapor Kg/h	Volume do vaso de pressão m ³
CDAV / CDAV -A 100	100	12	0,029
CDAV / CDAV -A 200	200	24	0,046
CDAV / CDAV -A 300	300	36	0,063
CDAV / CDAV -A 500	500	48	0,101

Fonte: Cozifrio, 2015.

ANEXO T - PURGADOR DE CONDENSADO DA LINHA DE VAPOR

PURGADOR TERMODINÂMICO DE DISCO PARA VAPOR COM ELIMINADOR TERMOSTÁTICO DE AR

CARACTERÍSTICA

PURGADOR DE DISCO LAPIDADO, EM AÇO CARBONO PARA APLICAÇÕES EM DRENAGEM DE LINHAS, TRACERS E SERPENTINAS.

- 1 - REPARÁVEL EM LINHA COM O MÓDULO DA VÁLVULA SUBSTITUÍVEL, REDUZINDO OS CUSTOS DE MANUTENÇÃO.
- 2 - DISCO LAPIDADO, QUE REDUZ PERDA POR IRRADIAÇÃO, DIMINUINDO CICLO DE ABERTURA.
- 3 - DISCO LAPIDADO GARANTE PERFEITA VEDAÇÃO.
- 4 - FILTRO INCORPORADO COM GRANDE ÁREA DE FILTRAGEM.
- 5 - ELEMENTO BIMETÁLICO TERMOSTÁTICO PROPORCIONA RÁPIDA ELIMINAÇÃO DO AR.
- 6 - DISCO E SEDE ENDURECIDOS.



ESPECIFICAÇÕES

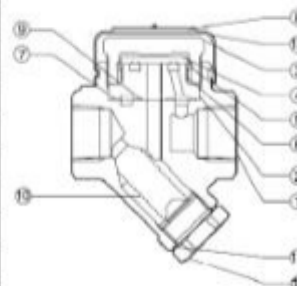
MODELO	A46S			A46SW		
	ROSCA	SOLDA	FLANGE	ROSCA	SOLDA	FLANGE
CONDUÇÃO						
DIÂMETRO (mm)		15, 20, 25		25		25, 32, 40, 50
PRESSÃO MÁXIMA DE OPERAÇÃO (kgf/cm ²) PNO				46		
PRESSÃO MÍNIMA DE OPERAÇÃO (kgf/cm ²)				0,3		
TEMPERATURA MÁXIMA DE OPERAÇÃO (°C) TMO				425		
CONTRA PRESSÃO MÁXIMA				80 % DA PRESSÃO DE ENTRADA		

CONDUÇÃO DE PRESSÃO DO PROJETO DO CORPO, (E NÃO CONDUÇÃO DE OPERAÇÃO). PRESSÃO MÁXIMA ADMITIDA PNO: 46 kgf/cm² (A46SW), 66 kgf/cm² (A46S). TEMPERATURA MÁXIMA ADMITIDA TMA: 425 °C.

ATENÇÃO PARA EVITAR OPERAÇÃO ANORMAL, ACIDENTES OU SÉRIOS PREJUÍZOS, NÃO USE ESTE PRODUTO FORA DO LIMITE DE ESPECIFICAÇÃO.

Nº	DESCRIÇÃO	MATERIAL	ZIS	ASTM/AISI*
1	CORPO	AÇO CARBONO	-	A105
	CORPO (A46SW)	AÇO FUNDIDO	-	A216 Gr. WCB
2a	MÓDULO DA SEDE	AÇO INOX	SUS420F	AISI420F
3a	TAMPA	AÇO INOX	SUS420F2	AISI420F2
4a	DISCO	AÇO INOX	SUS4202	AISI420
5a	ANEL DE SUPORTE DO DISCO	AÇO INOX	SUS4202	AISI4202
6a	ANEL DO ELEMENTO BIMETÁLICO	BIMETAL	-	-
7a	JUNTA EXTERNA DO MÓDULO	GRAFITE/AÇO INOX	-/SUS316L	-/AISI316L
8	PLACA DE IDENTIFICAÇÃO	AÇO INOX	SUS304	AISI304
9a	JUNTA INTERNA DO MÓDULO	GRAFITE/AÇO INOX	-/SUS316L	-/AISI316L
10a	FILTRO EXTERNO/INTERNO	AÇO INOX	SUS304/430	AISI304/430
11a	JUNTA DO FILTRO	METÁLICA	SUPP	AISI1010
12	SUPOORTE DO FILTRO	AÇO CARBONO	-	A105
13	CAPA DE PROTEÇÃO	AÇO INOX	SUS304	AISI304
14	FLANGE**	AÇO CARBONO/FUNDIDO***	-	A105/216 Gr. WCB
	FLANGE ** A46SW	AÇO CARBONO	-	A105

* EQUIVALENTE ** VER NA PRÓXIMA PÁGINA *** DEPENDE DA ESPECIFICAÇÃO DO MATERIAL DO FLANGE PEÇA DE REPOSIÇÃO DISPONÍVEL NO KIT: (16)= KIT DE MANUTENÇÃO (18)=KIT DE REPARO (17)=BÓIA



Fonte: Disparco TLV

ANEXO U - MÁQUINA DE LAVAR MAGNUS

Fonte: Magnus

ANEXO V - SECADORA DE ROUPAS INDUSTRIAL



DADOS TÉCNICOS				
Características	LS-20	LS-30	LS-50	LS-100
Capacidade carga (kg)	20	30	50	100
Produção (Kg/h)	20	30	50	100
Alimentação Elétrica				
Tensão (trifásica) (V)	220 / 380	220 / 380	220 / 380	220 / 380
Frequência (Hz)	60 / 50	60 / 50	60 / 50	60 / 50
Motor (CV)	0,5/0,75	0,5/0,75	1,5 / 0,5	3 / 2 (20)
Aquecimento elétrico				
Tensão (trifásica) (V)	220/380	220/380	220/380	220/380
Corrente 220/380V (A)	71/41	87/50	142/82	213/123
Potência	27	33	54	81
Aquecimento a vapor				
Conexão (entrada/saída)	3/4" / 1/2"	3/4" / 1/2"	3/4" /1/2"	3/4" / 1/2"
Pressão	5,5 a 7 bar	5,5 a 7 bar	5,5 a 7 bar	5,5 a 7 bar
Consumo (kg/h)	34	52	60	133
- No modelo a vapor a sua linha de suprimentos deve ser isolada e com purgadores de final de linha. - O vapor deve ser fornecido saturado, com título inferior a 95%, e livre de impurezas. Deve ser prevista a eliminação de ar das tubulações de vapor. - A instalação de separadores de unidade aumenta o rendimento do secador.				
Aquecimento a gás				
Conexão	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"
Pressão	6 KPA	6 KPA	6 KPA	6 KPA
Consumo Gás Natural	3,19m³/h	3,19m³/h	6 m³/h	7,2 m³/h
Consumo Gás GLP	2,7 Kg/h	2,7kg/h	5 kg/h	6 kg/h
- Na instalação de gás, deve-se verificar a existência de possíveis vazamentos. - Verifique as condições dos filtros e purgadores. A má drenagem do condensado prejudica o rendimento do equipamento.				

Fonte: Baumer

ANEXO W - CALANDRA

DADOS E DIMENSÕES		LC-16	LC-20
Rolo	Diâmetro (mm)	250	250
	Comprimento (mm)	1600	2000
Gabinete	Altura (mm)	1330	1330
	Largura (mm)	2000	2400
	Profundidade (mm)	830	830
Velocidade		5 m/min.	5 m/min.
Temperatura	Máxima (°C)	140	140
Motor		1/3 cv	1/3 cv
Corrente	220 V	1,4 A	1,4 A
	380 V	0,8 A	0,8 A
Peso	Líquido (Kg)	240	340
	Bruto (kg)	290	390
Conexão Elétrica	aquecimento elétrico (trifásico)	220V 60HZ 50HZ 380V 60HZ 50HZ	220V 60HZ 50HZ 380V 60HZ 50HZ
Potência Elétrica		6 Kw	7,5 Kw
Corrente	220 V	16 A	20 A
	380 V	9 A	12 A
Conexão Vapor	(BSP)	3/8"	3/8"
Consumo Vapor	(Kg/h)	8	12
Conexão Gás	(BSP)	1/2"	1/2"
Potência		7500 Kcal/h	10500 Kcal/h
Consumo Gás Natural		0,8 m³/h	1,2 m³/h
Consumo Gás (GLP)		0,7 Kg/h	1 Kg/h
Pressão Gás (GLP)		280 mmca	280 mmca

Fonte: Flatwork.

ANEXO X - CALDEIRA BIOGÁS



Technical SPECIFICATIONS

SERIES	STEAM RATE		THERMAL POWER			FUEL CONSUMPTION*				TRANSPORT WEIGHT			FURNACE OVERPRESSURE			DIMENSIONS								STEAM OUTLET		
	kg/h	HP	kW	kCal/h	Btu/h x 1000	Nm ³ /h	kg/h	l/h	kg/h	Tn	mbar	mm.c.a.	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
H-A	2.000	148	1.465	1.260.000	5.000	130	104	139	129	9	4	40	2.850	4.550	2.575	3.650	2.100	400	2.700	65						
H-B	2.500	185	1.831	1.575.000	6.250	163	130	174	161	10	5	50	2.850	5.100	2.575	4.200	2.100	400	3.200	65						
H-C	3.000	222	2.198	1.890.000	7.501	196	156	209	194	11	6	60	2.850	5.700	2.575	4.700	2.100	450	3.700	80						
H-D	4.000	296	2.930	2.520.000	10.001	261	208	279	258	14	8	80	3.200	6.200	2.900	5.200	2.450	500	3.800	100						
H-E	5.000	370	3.663	3.150.000	12.501	327	261	349	323	16	9	90	3.200	6.850	2.900	5.850	2.450	550	4.600	100						
H-F	6.000	444	4.395	3.780.000	15.001	392	313	418	388	18	11	110	3.200	7.600	2.900	6.500	2.450	600	5.600	100						
H-G	7.000	518	5.128	4.410.000	17.501	457	365	488	453	22	10	100	3.450	7.800	2.950	6.600	2.650	650	5.700	125						
H-H	8.000	591	5.860	5.040.000	20.001	523	417	558	517	26	12	120	3.450	8.650	3.000	7.250	2.650	700	6.000	125						
H-I	10.000	739	7.326	6.300.000	25.002	654	522	698	647	30	13	130	3.700	9.200	3.400	7.800	2.900	800	6.300	150						
H-J	12.000	887	8.791	7.560.000	30.002	784	626	837	776	36	13	130	3.900	9.400	3.550	8.100	3.100	850	6.500	150						
H-K	14.000	1.035	10.256	8.820.000	35.002	915	730	977	906	40	14	140	4.050	10.450	3.650	8.450	3.200	900	6.800	200						
H-L	16.000	1.183	11.721	10.080.000	40.003	1.046	835	1.116	1.035	44	16	160	4.150	11.000	3.800	9.000	3.350	950	7.400	200						
H-M	18.000	1.331	13.186	11.340.000	45.003	1.180	940	1.260	1.170	46	19	190	4.250	11.200	3.950	9.200	3.500	950	7.400	200						
H-N	20.000	1.479	14.651	12.600.000	50.003	1.307	1.044	1.395	1.293	48	24	235	4.450	11.400	4.100	9.450	3.600	950	7.900	200						
H-O	22.500	1.663	16.463	14.175.000	56.254	1.438	1.175	1.569	1.455	50	24	235	4.650	11.600	4.200	9.650	3.750	1.000	8.100	225						
H-P	25.000	1.848	18.314	15.750.000	62.504	1.581	1.305	1.743	1.617	52	24	235	4.850	11.800	4.350	9.850	3.900	1.000	8.200	250						
H-Q	27.500	2.033	20.145	17.325.000	68.755	1.740	1.436	1.917	1.779	57	26	259	5.050	11.950	4.350	9.950	4.000	1.000	8.300	250						
H-R	30.000	2.218	21.977	18.900.000	75.005	1.914	1.579	2.109	1.957	60	24	235	5.200	10.450	4.475	8.450	4.100	1.000	6.800	250						
H-S	35.000	2.588	25.640	22.050.000	87.506	2.105	1.737	2.230	2.152	62	24	235	5.200	11.200	4.650	9.000	4.200	1.100	7.400	250						
H-T	40.000	2.957	29.302	25.200.000	100.007	2.315	1.911	2.552	2.367	68	24	235	5.250	11.400	4.750	9.200	4.250	1.100	7.400	300						
H-U	50.000	3.697	36.628	31.500.000	125.008	2.547	2.102	2.807	2.604	72	24	235	5.250	11.600	4.750	9.450	4.250	1.200	7.900	300						

*Steam rate at 8 bar and feed water at 101 °C.

Fonte: ATTSU TERMICA S.L

ANEXO Y - CALDEIRA (CVS-CL)

- Construção refrigerada sem refratários nas zonas de troca de calor;
- Design moderno e inovador com capa externa em chapa de alumínio zincado;
- Grelhas tubulares semi planas para queima de lenha em toras;
- Tiragem forçada para controle da combustão e economia de combustível;
- Código observado para projeto e fabricação: ASME seção I;
- Procedimento de qualificação dos processos de solda e soldadores: conforme ASME seção IX.
- Bomba para alimentação automática de água (opcionalmente pode ser fornecida a segunda bomba);
- Injetor para alimentação manual de água conforme NR-13.

CAPACIDADES:

De 800 a 2000 kg/h de vapor (para queima de lenha em toras ou pedaços grandes de madeira alimentados manualmente)

Pressão: 10 kgf/cm²

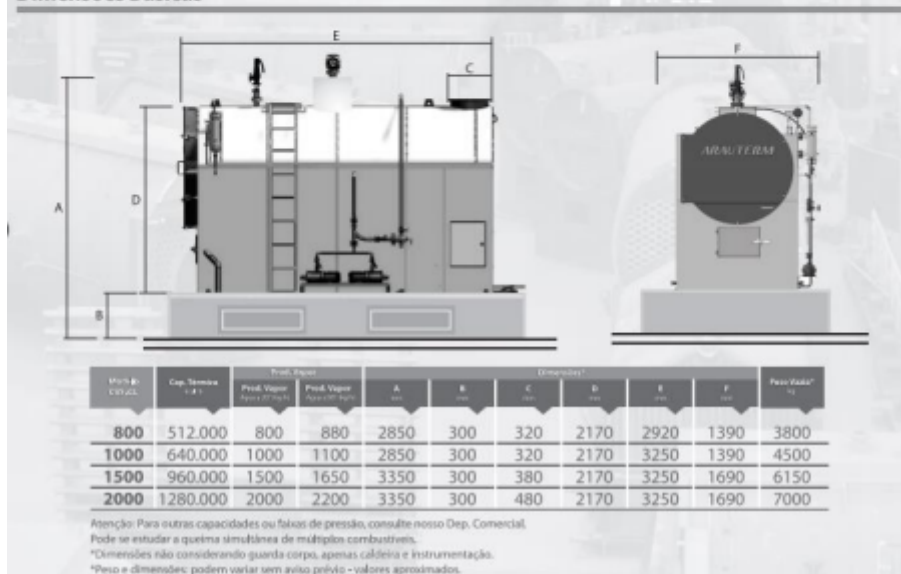
Rendimento térmico superior a 78%

COMBUSTÍVEL

• Lenha em toras



Dimensões Básicas



Fonte: Arauterm

ANEXO Z - PARÂMETROS DO SISTEMA *AIR-LIFT*

Altura geométrica de elevação Hg (m)	Porcentagem de submersão permissível (%)
6 – 38	50 – 70
38 – 53	40 – 65
53 – 76	40 – 69
76 – 107	37 – 55

Fonte: Macintyre

Submergência percentual $Sp = 100 \cdot \frac{A}{A + C}$	Tubo de ar comprimido em relação ao tubo de elevação da água. Valores para k	
	por fora	por dentro
75	14,92	13,45
70	14,59	13,12
65	14,18	12,47
60	13,65	11,62
55	12,96	10,68
50	12,06	9,70
45	11,09	8,72
40	10,03	7,54
35	8,80	6,60

Fonte: Macintyre

ANEXO AA - COMPRESSOR

TOTALPACK FLEX/ POWERPACK FLEX
VAZÕES X PRESSÕES

Potência	Vazão efetiva		Pressão		
	hp (kW)	pcm	m³/h	bar(e)	psig
10 (7,5)		39,8	67,7	7,5	109
		36,5	62,1	9,0	131
		34,9	59,3	11,0	160
		32,2	54,7	12,0	181
15 (11)		61,4	104,4	7,5	109
		55,9	95,0	9,0	131
		51,3	87,2	11,0	160
		47,6	80,9	12,5	181
25 (18,5)		108,2	183,9	7,5	109
		96,6	164,2	9,0	131
		87,6	148,9	11,0	160
		80,6	137,0	12,5	181
30 (22)		127,3	216,4	7,5	109
		116,7	198,4	9,0	131
		106,1	180,3	11,0	160
		95,5	162,3	12,5	181
40 (30)		179,5	305,2	7,5	109
		167,1	284	9,0	131
		157,7	268,1	11,0	160
		142,1	241,6	12,5	181
50 (37)		216,9	368,7	7,5	109
		201,3	342,2	9,0	131
		188,9	321	11,0	160
		176,4	299,9	12,5	181
60* (45)		250,7	426,2	7,5	109
		233	396,1	9,0	131
		212,5	361,3	11,0	160
		199,4	339	12,5	181
75* (55)		330	561	7,5	109
		303,2	515,4	9,0	131
		284,4	483,5	11,0	160
		265,6	451,5	12,5	181

Fonte: TotalPack

ANEXO AB - PROPRIEDADES DO VAPOR SATURADO

Saturated Steam properties

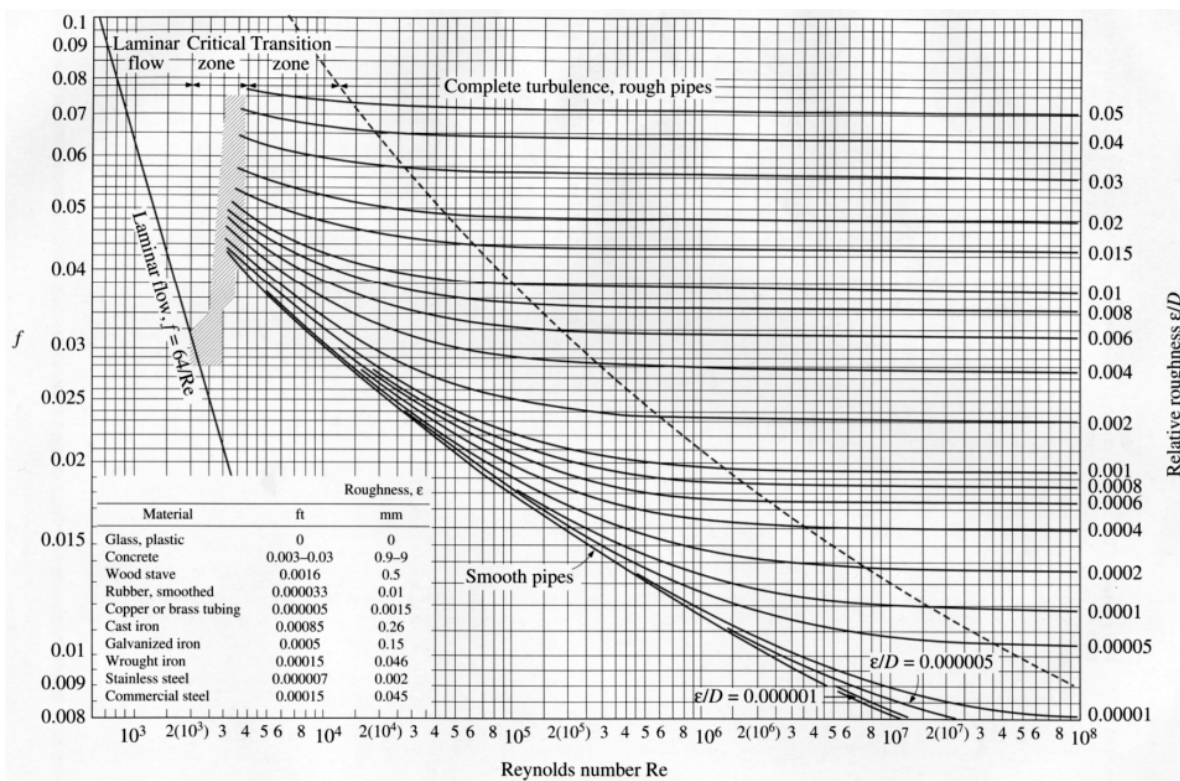
Saturation Vapor Pressure - p -	Temperature (Boiling Point) - t -	Density - ρ -	Specific Volume - v -	Specific Enthalpy of Liquid - h_l -	Latent Heat of Vaporization - L -	Specific Enthalpy of Steam - h_s -	Specific heat
bar	°C	kg/m ³	m ³ /kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg.K
0.008	3.8	0.0063	159.7	15.9	2493	2509.00	1.87
0.02	17.5	0.0149	67.1	73.6	2460	2534	1.87
0.04	29.0	0.0290	34.5	122	2433	2555	1.87
0.05	32.9	0.0350	28.6	138	2424	2562	1.88
0.06	36.2	0.0420	23.8	152	2416	2568	1.88
0.07	39.0	0.0490	20.4	163	2410	2573	1.88
0.08	41.5	0.0550	18.2	174	2403	2577	1.89
0.09	43.8	0.0620	16.1	183	2398	2581	1.89
0.10	45.8	0.0680	14.7	192	2393	2585	1.89
0.5	81.4	0.309	3.24	341	2306	2646	1.97
1.0	99.6	0.590	1.69	418	2258	2675	2.03
1.0133	100.0	0.598	1.67	419	2257	2676	2.09
2	120.2	1.13	0.886	505	2201	2706	2.12
3	133.5	1.65	0.606	561	2163	2725	2.20
4	143.6	2.16	0.462	605	2133	2738	2.27
5	151.9	2.67	0.375	640	2108	2748	2.33
6	158.8	3.17	0.315	670	2085	2755	2.39
7	165.0	3.67	0.273	697	2065	2762	2.44
8	170.4	4.16	0.240	721	2046	2767	2.50
9	175.4	4.66	0.215	743	2030	2772	2.55
10	179.9	5.15	0.194	763	2013	2776	2.59
15	198.3	7.60	0.132	845	1945	2790	2.82
20	212.4	10.0	0.0995	909	1889	2797	3.02
25	223.9	12.5	0.0799	962	1839	2801	3.22
30	233.8	15.0	0.0666	1008	1794	2802	3.41
35	242.5	17.5	0.0570	1050	1752	2802	3.59
40	250.3	20.1	0.0497	1087	1713	2800	3.78
50	263.9	25.4	0.0394	1155	1640	2794	4.17
60	275.6	30.8	0.0324	1214	1571	2785	4.58
70	285.8	36.5	0.0274	1267	1506	2774	5.03
80	295.0	42.5	0.0235	1317	1443	2760	5.54

Fonte: Thermal Engineering.

ANEXO AC - ESPESSURA ISOLAMENTO DE HIDROSSILICATO DE CÁLCIO

Diâmetro Nominal		Temperatura de Operação(°C)									
MM	POL <=	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
12	1/2	1	1	1.5	1.5	1.5	2	2	2.5	3	3.5
19	3/4	1	1.5	1.5	1.5	2	2	2	2.5	3	3.5
25	1	1	1.5	1.5	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4
38	1.1/2	1	1.5	1.5	2	2	2	2.5	3	3.5	4
50	2	1	1.5	1.5	2	2	2.5	2.5	3.5	4	4.5
63	2.1/2	1	1.5	1.5	2	2	2.5	2.5	3.5	4	4.5
75	3	1	1.5	1.5	2	2.5	2.5	3	3.5	4	4.5
100	4	1	1.5	1.5	2	2.5	3	3	4	4.5	5
150	6	1.5	1.5	2	2.5	2.5	3	3.5	4	5	5.5
200	8	1.5	1.5	2	2.5	2.5	3	3.5	4	5	6
250	10	1.5	1.5	2	2.5	2.5	3	3.5	4.5	5.5	6
300	12	1.5	1.5	2	2.5	2.5	3	4	4.5	5.5	6.5
350	14	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4	5	5.5	6.5
400	16	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4	5	5.5	6.5
450	18	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7
500	20	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7
550	22	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7
600	24	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7
650	26	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7
700	28	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7
750	30	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7.5
800	32	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7.5
850	34	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7.5
900	36	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4	5	6.5	7.5
PLANO	-	1.5	2	2	3	3.5	4	4.5	6	7	9

ANEXO AD - DIAGRAMA DE MOODY



Fonte: Moody, (1994)

ANEXO AE - BOMBAS

Modelo	Motor				Dimensões																														
	4 Polos	2 Polos	Dns	Dnp	A	B	C	D	E	F	G	H	J	L	M	N	P	Q	R	S	T	U	ØV1	ØV2	X										
25-150	1CV	0,5CV	32	25	73	385	91	155	112		150	100	90	160	140	160	190	50	42	38	164	131			10										
		1,5CV				125						156																							
		2CV				125						156																							
		3CV				125						156																							
25-200	2CV	5CV	40		90	368	130	165	160		128	100	175	160	190	243	52									10									
						416					134	140															100	160	190	243	52	50	49	188	173
32-125		2/3 CV	50	32	80	361	89	150	122	70	138	100	90	140												10									
		4 CV				125						156																							
		5 CV				135						140																							
		6/7,5 CV				142						140																							
32-125.1	1CV	2CV				371	99	155	112		132	100	90	140	190	140	190								10										
						419					137	140														100	160	190	190	50	49	188	173		
32-160		2/3 CV	50	32	80	363	89	150	132		140	100	90	140	190	240	50									10									
		4 CV				125					156																								
		5 CV				137					140																								
		6/7,5 CV				144					140																								
32-160.1	1,5CV	5CV				373	109	165	132		132	100	90	160	216										10										
						394					138	125														100	160	190	240	50	42	38	164	131	
						420					139	140														100	160	190	240	50	49	188	173	156	
						437					140	112														100	160	190	240	50	48	220	177	187	
32-200	1,5/2CV	3CV	50		80	360	89	150	160	70	137	100	90	140												10									
						385					141	140															112	190	190	240	50	42	38	164	131
						471					160	178															132	216	216	254	65	64	308	256	187
						509					205	210															160	254	254	318	85	82	385	332	255
32-200.1	1,5CV	7,5CV	40	32	80	370	126	184	160		136	100	90	140											10										
						392					163	125														100	160	190	190	55	51	248	177		
						435					178	140														112	190	216	216	55	51	248	187		
						479					178	132														100	216	225	225	55	51	248	187		
32-250	3CV	4CV	50		100	89	150	95	95		125	90	140	225	254	250	320	65							10										
						99					140	100														160	190	240	50	42	38	164	156		
						155					210	160														225	254	250	320	65	65	64	308	256	
						177					241	180														279	279	318	318	75	80	350	294		
40-125	5 CV	6/7,5 CV	65	40	80	412	99	140	112	70	136	100	90	140	160	210	50								10										
						433					143	112														100	160	210	50	50	44	188	173		
						473					162	132														100	216	216	216	55	51	248	187		

Fonte: Imbil, 2022.

ANEXO AF - PERDA DE CARGA POR ACESSÓRIO

DIÂMETRO D	mm		pol.		CURVA 90° RAIO MÉDIO		CURVA 90° RAIO LONGO		CURVA 45°		CURVA 30° R/D-1/2		CURVA 30° R/D-1		ENTRADA NORMAL		ENTRADA DE BORDA		REGISTRO DE GAVETA ABERTO		REGISTRO DE GLOBO ABERTO		REGISTRO DE ANGULO ABERTO		PASSAGEM DIRETA		SAÍDA DE LADO DE		SAÍDA BILATERAL		VÁLVULA DE PE E CHIVO		SAÍDA DA CANALIZAÇÃO		VÁLVULA DE RETENÇÃO TIPO LEVE		VÁLVULA DE RETENÇÃO TIPO PESADO	
	mm	pol.	mm	pol.	mm	pol.	mm	pol.	mm	pol.	mm	pol.	mm	pol.	mm	pol.	mm	pol.	mm	pol.	mm	pol.	mm	pol.	mm	pol.	mm	pol.	mm	pol.	mm	pol.	mm	pol.	mm	pol.		
13	1/2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,1	4,9	2,6	0,3	1,0	1,0	3,6	0,4	1,1	1,6													
19	3/4	0,4	0,6	0,7	0,3	0,3	0,4	0,2	0,2	0,3	0,7	0,2	0,2	0,5	0,1	8,7	3,6	0,4	1,4	1,4	5,6	0,5	1,6	2,4														
25	1	0,5	0,7	0,8	0,4	0,3	0,5	0,2	0,3	0,4	0,9	0,2	0,2	0,7	0,2	8,2	4,6	0,5	1,7	1,7	7,3	0,7	2,1	3,2														
32	1 1/4	0,7	0,9	1,1	0,5	0,4	0,6	0,3	0,4	0,5	1,0	0,3	0,3	0,9	0,2	11,3	5,6	0,7	2,3	2,3	10,0	0,9	1,7	4,0														
38	1 1/2	0,9	1,1	1,3	0,6	0,5	0,7	0,3	0,5	1,0	0,3	0,3	1,0	0,3	13,4	6,7	0,9	2,8	2,8	11,6	1,0	3,2	4,8															
50	2	1,1	1,4	1,7	0,8	0,6	0,9	0,4	0,7	1,5	0,4	0,4	17,4	8,5	1,1	3,5	3,5	14,0	1,5	4,2	6,4																	
63	2 1/2	1,3	1,7	2,0	0,9	0,8	1,0	0,5	0,9	1,9	0,4	0,4	21,0	10,0	1,3	4,3	4,3	17,0	1,9	5,2	8,1																	
75	3	1,6	2,1	2,5	1,2	1,0	1,3	0,6	1,1	2,2	0,5	0,5	26,0	13,0	1,6	5,2	5,2	20,0	2,2	6,3	9,7																	
100	4	2,1	2,8	3,4	1,5	1,3	1,6	0,7	1,6	3,2	0,7	0,7	34,0	17,0	2,1	6,7	6,7	23,0	3,2	6,4	12,9																	
125	5	2,7	3,7	4,2	1,9	1,6	2,1	0,9	2,0	4,0	0,9	0,9	43,0	21,0	2,7	8,4	8,4	30,0	4,0	10,4	16,1																	
150	6	3,4	4,3	4,9	2,3	1,9	2,5	1,1	2,5	5,0	1,1	1,1	51,0	26,0	3,4	10,0	10,0	39,0	5,0	12,5	19,3																	
200	8	4,3	5,5	6,4	3,0	2,4	3,3	1,5	3,5	6,0	1,4	1,4	67,0	34,0	4,3	13,0	13,0	52,0	6,0	16,0	25,0																	
250	10	5,5	6,7	7,9	3,8	3,0	4,1	1,8	4,5	7,5	1,7	1,7	85,0	43,0	5,5	16,0	16,0	65,0	7,5	20,0	32,0																	
300	12	6,1	7,9	9,5	4,6	3,6	4,8	2,2	5,5	9,0	2,1	2,1	102,0	51,0	6,1	19,0	19,0	78,0	9,0	24,0	38,0																	
350	14	7,3	9,5	10,5	5,3	4,4	5,4	2,5	6,2	11,0	2,4	2,4	120,0	60,0	7,3	22,0	22,0	90,0	11,0	28,0	45,0																	

ANEXO AG - TUBOS DE AÇO CARBONO

BITOLAS E ESPESSURAS CONFORME NORMA API 5L, ASTM A 106, ASTM A 53 , NBR 5590 , ASTM A 333, ASTM A 335																
DIMENSÕES E PESO TEÓRICO																
DN		DE		Espessura da parede / Peso /Metro	SCHEDULE NUMBER											
pol.	mm	pol.	mm		20	30	40	60	80	100	120	140	160	STD	XS	XXS
1/4"		0,540	13,70	mm			2,24		3,02					2,24	3,02	
				Kg/m			0,63		0,80						0,63	0,80
3/8"	10	0,675	17,10	mm		1,85	2,31		3,20					2,31	3,20	
				Kg/m		0,70	0,84		1,10					0,84	1,10	
1/2"	15	0,840	21,30	mm		2,41	2,77		3,73			4,78	2,77	3,73	7,47	
				Kg/m		1,12	1,27		1,62		1,95		1,27	1,62	2,55	
3/4"	20	1,050	26,70	mm		2,41	2,87		3,91			5,56	2,87	3,91	7,82	
				Kg/m		1,44	1,69		2,20		2,90		1,69	2,20	3,64	
1"	25	1,315	33,40	mm		2,90	3,38		4,55			6,35	3,38	4,55	9,09	
				Kg/m		2,18	2,50		3,24		4,24		2,50	3,24	5,45	
1.1/4"	32	1,660	42,20	mm		2,97	3,56		4,85			6,35	3,56	4,85	9,70	
				Kg/m		2,87	3,39		4,47		5,61		3,39	4,47	7,77	
1.1/2"	40	1,900	48,30	mm		3,18	3,68		5,08			7,14	3,68	5,08	10,15	
				Kg/m		3,53	4,05		5,41		7,25		4,05	5,41	9,56	
2"	50	2,375	60,30	mm		3,18	3,91		5,54			8,74	3,91	5,54	11,07	
				Kg/m		4,48	5,44		7,48		11,11		5,44	7,48	13,44	
2.1/2"	65	2,875	73,00	mm		[4,78]	5,16		7,01			9,53	5,16	7,01	14,02	
				Kg/m		8,04	8,63		11,41		14,92		8,63	11,41	20,39	
3"	80	3,500	88,90	mm		[4,78]	5,49		7,62			11,13	5,49	7,62	15,24	
				Kg/m		9,92	11,29		15,27		21,35		11,29	15,27	27,68	
3.1/2"		4,000	101,60	mm		[4,78]	5,74		8,08			11,13	5,74	8,08		
				Kg/m		11,41	13,57		18,63				13,57	18,64		
4"	100	4,500	114,30	mm		[4,78]	6,02		8,56		11,13	13,49	6,02	8,56	17,12	
				Kg/m		12,91	16,08		22,32		28,32		33,54	16,07	22,32	41,03
5"	125	5,563	141,30	mm			6,55		9,53		12,70	15,88	6,55	9,53	19,05	
				Kg/m			21,77		30,97		40,28		49,12	21,77	30,97	57,43

Fonte: Aço Verola, 2022.

ANEXO AH - FLASH DRYER

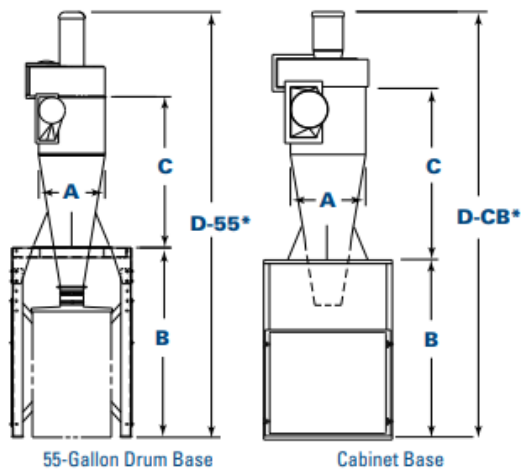


Parameters

Model	Air Volume(m ³ /h)	Evaporation Capacity(kg/h)	Total Power(kw)	Covering Area (m ²)
XSG-2	350-500	12-17	10	15
XSG-4	1150-2000	40-70	20	20
XSG-6	2450-4500	80-150	40	28
XSG-8	4450-7550	150-250	65	35
XSG-10	7000-12500	230-425	85	40
XSG-12	10000-20000	300-600	105	52
XSG-16	18000-36000	600-1000	150	80
XSG-20	28200-56500	1000-1500	230	150

Fonte: Dingli Group, 2022.

ANEXO AI - CICLONE



Model	Dimensions									
	A		B		C		D-55*		D-CB*	
	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm
12	12	304.8	55	1397.0	32	812.8	100	2540.0	78	1981.2
16	16	406.4	55	1397.0	36	914.4	108	2743.2	86	2184.4
20-3	20	508.0	55	1397.0	48	1219.2	121	3073.4	114	2895.6
20-5	20	508.0	55	1397.0	48	1219.2	123	3124.2	116	2946.4
24	24	609.6	67	1701.8	55	1397.0	145	3683.0	126	3200.4
30-10	30	762.0	67	1701.8	72	1828.8	162	4114.8	154	3911.6
30-15	30	762.0	67	1701.8	72	1828.8	162	4114.8	154	3911.6
36-20	36	914.4	67	1701.8	85	2159.0	183	4648.2	—	—
36-25	36	914.4	67	1701.8	85	2159.0	186	4724.4	—	—
36-30	36	914.4	67	1701.8	85	2159.0	186	4724.4	—	—
44-40	44	1117.6	—	—	104	2641.6	—	—	—	—
44-50	44	1117.6	—	—	104	2641.6	—	—	—	—

* Typical. May vary based on motor type/size ordered.

MULTIPLE RATING TABLE

Model	Nominal Airflow Range*		External Static Pressure ("wg)	Inlet Velocity	
	cfm	m ³ /h		fpm	m/min
12	300 - 540	510 - 917	5.6 - 4.1	3580 - 6200	1091.2 - 1889.8
16	860 - 1,200	1,461 - 2,038	7.9 - 4.6	4380 - 6135	1335.0 - 1869.9
20-3	1,250 - 2,000	2,123 - 3,397	7.5 - 3.7	3555 - 5710	1083.6 - 1740.4
20-5	1,500 - 2,500	2,548 - 4,247	11.4 - 5.0	4290 - 7140	1307.6 - 2176.3
24	1,950 - 3,500	3,312 - 5,945	13.4 - 4.4	3580 - 6450	1091.2 - 1966.0
30-10	3,000 - 4,500	5,096 - 7,644	9.9 - 5.0	3820 - 5730	1164.3 - 1746.5
30-15	4,000 - 5,600	6,795 - 9,512	11.0 - 4.9	5100 - 7140	1554.5 - 2176.3
36-20	4,300 - 7,000	7,304 - 11,891	11.4 - 4.9	4015 - 6540	1223.8 - 1993.4
36-25	4,500 - 7,500	7,644 - 12,740	14.9 - 6.3	4210 - 7010	1283.2 - 2136.6
36-30	5,000 - 8,000	8,493 - 13,589	16.1 - 7.1	4670 - 7465	1423.4 - 2275.3
44-40	8,000 - 11,500	13,589 - 19,534	15.1 - 5.5	4530 - 6510	1380.7 - 1984.2
44-50	8,000 - 13,000	13,589 - 22,082	18.8 - 7.0	4530 - 7360	1380.7 - 2243.3

Fonte: Donaldson Tori, 2020.

ANEXO AJ - EMBALADORA



Tipo	Amplitude de pesagem	Velocidade de pesagem	Precisão	Potência	Tamanho da forma
	kg/saco	sacos/h	%	KW	L×W×H (mm)
DCSP-5	1-5	300-500	0.2	3.5	960×972×2490
DCSP-10	2.5-10	300-500	0.2	3.5	800×935×2790
* DCSP-10K	2.5-10	600-800	0.2	5	1100×1550×3400
DCSP-25	20-25	200-240	0.2	3.5	800×1060×2790
DCSP-25Z	25	280-320	0.2	3.5	1050×3000×2800
* DCSP-25K	20-25	460-560	0.2	5	1100×1550×3400
DCSP-50	30-50	200-220	0.2	3.5	900×1160×3080
* DCSP-50K	30-50	400-440	0.2	5	1530×1550×3700

Nota:

O asterisco (*) significa que estão disponíveis duplas cabeças de pesagem.

Fonte: Chinatown Grain Machinery, 2022.

ANEXO AK - FICHA TÉCNICA AMIDOS MODIFICADOS CONCORRENTES

	FICHA TÉCNICA DE PRODUTO	Data do documento: 03/01/2022
	AMD 20 – AMIDO DE MANDIOCA MODIFICADO PARA PROCESSOS A QUENTE	

Descrição de produto:	Amido modificado produzido a partir da mandioca, baseado em modificações físico – químicas específicas.
Composição:	Amido de mandioca Não contém glúten. NÃO UTILIZAR SEM ORIENTAÇÃO.
Aplicação:	Alimentos congelados, queijos processados, recheios para confeitaria, molhos, alimentação infantil, produtos gelados, bebida láctea, produtos cárneos, sopas. Atua na formação de emulsão estável, resistência a retrogradação, sinérese e acidez. Agente gelificante, forma um gel com textura lisa e curta, resistente a ciclos de congelamento.
Modo de uso:	80° C durante 5 minutos, para melhor diluição.
Registro:	Produto dispensado de registro conforme RDC 240/2018 ANVISA.
Transgenia:	Produto não contém organismo geneticamente modificado em sua composição.

CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE**ASPÉCTOS ORGANOLÉPTICOS**

ASPECTO	Pó
Cor	Branco
Odor	Característico
Sabor	Característico

ASPÉCTOS FÍSICO-QUÍMICOS

PARÂMETRO	PADRÃO
Umidade	Máx. 14,0
pH	5,5 – 6,5
Granulometria	Mín. 98,0
Arsênio	Máx. 0,20
Cádmio	Máx. 0,10
Chumbo	Máx. 0,10

MATERIAIS MACRO E MICROSCÓPICOS

PARÂMETRO	PADRÃO
Coliformes a 45°C	Máx. 1,0x10 ²
<i>Salmonella sp.</i>	Ausente em 25g
<i>Bacillus cereus</i>	Máx. 3,0 x 10 ³
<i>Escherichia coli</i>	Máx. 10
Fragmentos de insetos, parasitas e materiais estranhos	Ausente
Areia ou cinzas insolúveis em ácido	Máximo de 5%
Matérias microscópicas (ácaros)	Máximo de 5 na alíquota analisada

De acordo com a RDC nº 12 e RDC nº 14 de 02/01/2001

DECLARAÇÃO DE ALERGÊNICOS (De acordo com RDC nº26 de 02/07/2015).

Ingrediente alergênico	Não há presença
Trigo, centeio, cevada, aveia e suas estirpes hibridizadas	Não contém
Crustáceos e derivados	Não contém
Ovos e derivados	Não contém
Peixes e derivados	Não contém
Amendoim e derivados	Não contém
Soja e derivados	Não contém
Leite e derivados	Não contém
Amêndoa (<i>Prunus dulcis</i> , sin.: <i>Prunus amygdalus</i> , <i>Amygdalus communis</i> L.) Avelãs (<i>Corylus spp.</i>)	Não contém
Castanha-de-caju (<i>Anacardium occidentale</i>)	Não contém

Adicel Indústria e Comércio LTDA

Rua Boaventura, 1960. Liberdade | Belo Horizonte | MG

CEP 31 270 310 | Tel.: (31) 3425 3999

	FICHA TÉCNICA DE PRODUTO	Data do documento: 03/01/2022
	AMD 20 – AMIDO DE MANDIOCA MODIFICADO PARA PROCESSOS A QUENTE	

Castanha-do-brasil ou castanha-do-pará (<i>Bertholletia excelsa</i>)	Não contém
Macadâmias (<i>Macadamia spp.</i>)	Não contém
Nozes (<i>Juglans spp.</i>)	Não contém
Pecãs (<i>Carya spp.</i>)	Não contém
Pinoli (<i>Pinus spp.</i>)	Não contém
Castanhas (<i>Castanea spp.</i>)	Não contém
Látex natural	Não contém

Informação Nutricional		
Porção de 100g (1 xícara de chá)		
Quantidade por porção		% VD (*)
Valor energético	346 kcal ou 1454 kJ	18
Carboidratos	86g	29
Proteínas	0g	0
Gorduras totais	0g	0
Gorduras saturadas	0g	0
Gorduras trans	0g	-
Fibra alimentar	0g	0
Sódio	11mg	0
Açúcares totais	0g	0
Açúcares adicionados	0g	0
* %Valores Diários com base em uma dieta de 2.000 kcal ou 8.400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas. ** %VD não estabelecido		

EMBALAGEM, VALIDADE, ARMAZENAMENTO.		
Código interno do produto	001214	001213
Embalagem	Saco PP + PE leitoso 500g	Saco PEBD leitoso 25kg
Prazo de validade	Prazo máximo de 24 meses.	
Armazenamento	Manter em local seco, arejado e ao abrigo da luz.	

Declaramos que os resultados de análises transcritas neste documento refletem fielmente as informações passadas pelo fabricante, as quais são confiáveis e damos fé.

Fracionado e distribuído por Adicel Indústria e Comércio Ltda.

Adicel Indústria e Comércio LTDA
Rua Boaventura, 1960. Liberdade | Belo Horizonte | MG
CEP 31 270 310 | Tel.: (31) 3425 3999



PRECISA® 680 06421109

PRECISA® 680 modified food starch is derived from waxy maize and is one of a family of specially designed starches for dairy applications. It is characterized by its excellent process stability and retention rates after separation processes.

Chemical and Physical Properties

	Min.	Max.
Moisture, %	10.0	14.0
pH (20% w/w slurry)	5.0	7.0
Viscosity (CML-M210) End, MVU	100	700

Physical Appearance

	Typical
Color	White to Off-White
Form	Fine powder

Microbiological Limits

Initial testing is done on a single composite sample against a limit of m. If result is above m, the three class sampling and acceptance below is used.

	n	c	m	M
Total Plate Count/g	5	3	10,000	100,000
Yeast/g	5	3	200	1,000
Mold/g	5	3	200	1,000
Enterobacteriaceae/g	5	3	100	1,000

Where n = # of samples tested; c = maximum allowable number of results between m and M; m = upper target limit; M = maximum acceptable value

<i>E. coli</i>	Negative
<i>Salmonella</i>	Negative
Meets NFPA specification for thermophilic bacteria.	

Nutritional Data/100 g

Calories	359
Calories from fat, g	0
Total fat, g	<0.1*
Cholesterol, mg	0
Sodium, mg	103
Total Carbohydrate, g	89.7
Dietary Fiber, g	0
Total Sugars, g	<0.1*
Added Sugars, g	0
Other Carbohydrate, g	89.7
Protein, g	0.1
Vitamin D, mcg	0
Calcium, mg	7
Iron, mg	<0.2
Potassium, mg	<10*
Ash, g	0.1

*Not present at level of quantification

Certification

Kosher pareve
Halal

Packaging and Storage

PRECISA® 680 modified food starch is packaged in multi wall Kraft paper bags with a net weight of 25 kg. PRECISA® 680 should be stored in a clean, dry area at ambient temperature and away from heavily aromatic material

Shelf Life

The best before date for PRECISA® 680 is 24 months from the date of manufacture.

Regulatory Data

Source Waxy Maize

United States

Meets FCC (Food Chemical Codex) requirements.

Labeling Food Starch-Modified

Canada

Standard Food CFDA Regulation
Standard of Identity B.16.100, Table XIII
Labeling Modified Corn starch

Features and Benefits

Provides superior starch retention, therefore increase in yields, on food systems where there is coagulation and separation process.

Excellent water holding properties Improved mouthfeel in low fat products

May replace some dairy solids, contributing to additional cost savings

This product is available under Ingredion Incorporated's TRUETRACE® Identity Preserve Program for non-GM products.

Effective Date: July 25, 2019

Next Review Date: July 25, 2022

The information described above is offered solely for your consideration, investigation, and independent verification. It is up to you to decide whether and how to use this information. Ingredion Incorporated and the Ingredion group of companies make no warranty about the accuracy or completeness of the information contained above or the suitability of any of their products for your specific intended use. Furthermore, all express or implied warranties of noninfringement, merchantability, or fitness for a particular purpose are hereby disclaimed. Ingredion Incorporated and the Ingredion group of companies assume no responsibility for any liability or damages arising out of or relating to any of the foregoing.

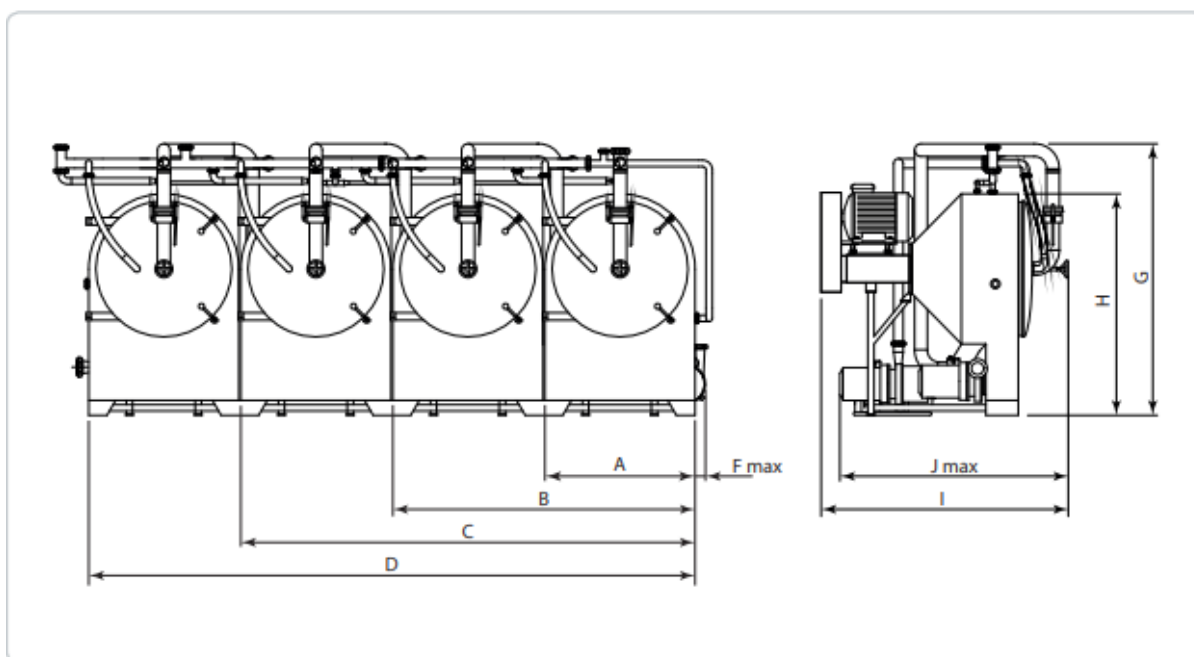
The INGREDION mark and logo are trademarks of the Ingredion group of companies. All rights reserved. All contents copyright © 2019.

5 Westbrook Corporate Ctr. 1600 – 90 Burnhamthorpe Rd., West
Westchester, Illinois 60154 Mississauga, Ontario L5B 0H9
U.S.A. Canada
708.551.2600 905.281.7950

www.ingredion.us

ANEXO AL - PENEIRAS EXTRATORAS

Modelo-GL	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
GL600	900	1805	2715	3620	175	125	1950	1450	1415	1660
GL850	1200	2415	3630	4845	260	175	2175	1770	1975	2315
GL1050	1400	2820	4300	5720	260	-	2200	1800	2250	-



Fonte: Larsson Sweden, 2022.

ANEXO AM - TABELAS ANSI/ISA-5.1-2009





















Table 4.1 — Identification letters

Note: Numbers in parentheses refer to the preceding explanatory notes in Clause 4.2.

	First letters (1)		Succeeding letters (15)		
	Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5
	Measured/Initiating Variable	Variable Modifier (10)	Readout/Passive Function	Output/Active Function	Function Modifier
A	Analysis (2)(3)(4)		Alarm		
B	Burner, Combustion (2)		User's Choice (5)	User's Choice (5)	User's Choice (5)
C	User's Choice (3a)(5)			Control (23a)(23e)	Close (27b)
D	User's Choice (3a)(5)	Difference, Differential, (11a)(12a)			Deviation (28)
E	Voltage (2)		Sensor, Primary Element		
F	Flow, Flow Rate (2)	Ratio (12b)			
G	User's Choice		Glass, Gauge, Viewing Device (16)		
H	Hand (2)				High (27a)(28a)(29)
I	Current (2)		Indicate (17)		
J	Power (2)		Scan (18)		
K	Time, Schedule (2)	Time Rate of Change (12c)(13)		Control Station (24)	
L	Level (2)		Light (19)		Low (27b)(28)(29)
M	User's Choice (3a)(5)				Middle, Intermediate (27c)(28) (29)
N	User's Choice (5)		User's Choice (5)	User's Choice (5)	User's Choice (5)
O	User's Choice (5)		Orifice, Restriction		Open (27a)
P	Pressure (2)		Point (Test Connection)		
Q	Quantity (2)	Integrate, Totalize (11b)	Integrate, Totalize		
R	Radiation (2)		Record (20)		Run
S	Speed, Frequency (2)	Safety(14)		Switch (23b)	Stop
T	Temperature (2)			Transmit	
U	Multivariable (2)(6)		Multifunction (21)	Multifunction (21)	
V	Vibration, Mechanical Analysis (2)(4)(7)			Valve, Damper, Louver (23c)(23e)	
W	Weight, Force (2)		Well, Probe		
X	Unclassified (8)	X-axis (11c)	Accessory Devices (22), Unclassified (8)	Unclassified (8)	Unclassified (8)
Y	Event, State, Presence (2)(9)	Y-axis (11c)		Auxiliary Devices (23d)(25)(26)	
Z	Position, Dimension (2)	Z-axis (11c), Safety Instrumented System (30)		Driver, Actuator, Unclassified final control element	

Table 5.1.1 — Instrumentation device and function symbols

Note: Numbers in parentheses refer to explanatory notes in Clause 5.3.1.

No.	Shared display, Shared control (1)		C	D	Location & accessibility (6)
	A	B			
	Primary Choice or Basic Process Control System (2)	Alternate Choice or Safety Instrumented System (3)	Computer Systems and Software (4)	Discrete (5)	
1					<ul style="list-style-type: none"> • Located in field. • Not panel, cabinet, or console mounted. • Visible at field location. • Normally operator accessible.
2					<ul style="list-style-type: none"> • Located in or on front of central or main panel or console. • Visible on front of panel or on video display. • Normally operator accessible at panel front or console.
3					<ul style="list-style-type: none"> • Located in rear of central or main panel. • Located in cabinet behind panel. • Not visible on front of panel or on video display. • Not normally operator accessible at panel or console.
4					<ul style="list-style-type: none"> • Located in or on front of secondary or local panel or console. • Visible on front of panel or on video display. • Normally operator accessible at panel front or console.
5					<ul style="list-style-type: none"> • Located in rear of secondary or local panel. • Located in field cabinet. • Not visible on front of panel or on video display. • Not normally operator accessible at panel or console.

Fonte: ISA, 2009.