

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

MARCELA CARNEIRO LOPES
ROMULO LUIZ GROSSI STELLA

**DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO MALTEADOR DE
GRÃOS PARA MICROERVEJARIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
(Tcc 2 - N° de Inscrição - 16)

CURITIBA

2017

MARCELA CARNEIRO LOPES
ROMULO LUIZ GROSSI STELLA

**DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO MALTEADOR DE
GRÃOS PARA MICROCERVEJARIA**

Monografia do Projeto de Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso – TCC 2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. Dr. Silvestre Labiak Junior

CURITIBA

2017

TERMO DE ENCAMINHAMENTO

Venho, por meio deste termo, encaminhar para apresentação a monografia do Projeto de Pesquisa “DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO MALTEADOR DE GRÃOS PARA MICROCERVEJARIA”, realizada pelos alunos Marcela Carneiro Lopes e Romulo Luiz Grossi Stella, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Silvestre Labiak Junior
UTFPR - DAMEC

Curitiba, 14 de novembro de 2017.

TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a monografia do Projeto de Pesquisa “DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO MALTEADOR DE GRÃOS PARA MICROCERVEJARIA”, realizada pelos alunos Marcela Carneiro Lopes e Romulo Luiz Grossi Stella, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prof. Dr. Silvestre Labiak Junior
Departamento Acadêmico de Mecânica, UTFPR
Orientador

Prof. Dr. Tiago Cousseau
Departamento Acadêmico de Mecânica, UTFPR
Avaliador

Prof. Dr. João Mario Fernandes
Departamento Acadêmico de Mecânica, UTFPR
Avaliador

Curitiba, 04 de dezembro de 2017.

RESUMO

LOPES, Marcela; STELLA, Romulo. Desenvolvimento de equipamento malteador de grãos para microcervejaria. 2017. 127 f. Monografia (Graduação de Engenharia Mecânica) – Curso de Engenharia Mecânica, Curitiba, 2017.

O consumo e produção de cervejas especiais tem ganhado grande espaço no mercado brasileiro. A constituição básica da bebida é água, malte e lúpulo. Em microcervejarias, o malte é geralmente comprado, pois o processo de germinação do grão envolve vários cuidados e controles, tornando a etapa de malteação inviável para pequenos produtores. A malteação consiste em uma etapa inicial de lavagem e umidificação dos grãos, seguido de uma etapa de germinação artificial, sendo finalizada por uma etapa secagem. O objetivo desse trabalho é projetar um sistema de malteação que supra a produção das microcervejarias. Para isso, será feita uma pesquisa de demanda e análise de mercado voltada para o mercado local de Curitiba e região. Definida a demanda será desenvolvido um equipamento com base em uma análise dos equipamentos existentes no mercado e definidos pela literatura especializada, comparando seus sistemas de estrutura e transmissão, circulação e condicionamento de ar, integrando as necessidades do processo em um único equipamento, para obter um projeto conceitual que possibilite a avaliação da viabilidade econômica do empreendimento. Para validar o funcionamento do equipamento desenvolvido, será construído e testado um protótipo.

Palavras-chave: Malte. Fabricação. Malteação. Germinação de grãos. Malteador. MPV Malteador. Mínimo produto viável.

ABSTRACT

LOPES, Marcela; STELLA, Romulo. Desenvolvimento de equipamento malteador de grãos para microcervejaria. 2017. 127 f. Monografia (Graduação de Engenharia Mecânica) – Curso de Engenharia Mecânica, Curitiba, 2017.

The consumption and production of craft beer has gained space in the Brazilian market. Aiming at the prospect of growth, entrepreneurs are choosing this activity to open their own business. The basic constitution of the craft beer is water, malt and hops. In microbreweries, the malt is usually purchased, as the process of germination of the grain involves great care and control, making the stage of malting unfeasible for small producers. Malting consists of an initial stage of washing and humidification of the grains, followed by an artificial germination stage, and is finished by a drying step. The objective of this work is to design a malting system that supra the microbrewery production of the Curitiba region. To do this, a demand survey and an analysis of existing equipment in the market will be made, comparing its structure and transmission systems, circulation and air conditioning, integrating the needs of the process into a single equipment, to obtain a conceptual design that allows the construction of a prototype.

Keywords: Malt. Process. Malting. Grain germination. Malting equipment. MVP malting equipment. Minimum viable product.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Participação do setor no PIB brasileiro (%).....	16
Figura 2 – Influência da cor do malte na cor da cerveja.....	18
Figura 3 – Escalas de Coloração do Malte.....	19
Figura 4 - Corte transversal de um grão de cevada.	24
Figura 5 – Gráfico de densidade x tempo durante a maceração.....	27
Figura 6 – Gráfico de calor específico x tempo durante a maceração.	27
Figura 7 – Relação entre quantidade de água absorvida e tempo de maceração. ...	28
Figura 8 - Exemplo de funil de maceração.....	29
Figura 9 - Exemplo de dispositivo de maceração de fundo plano.	30
Figura 10 – Exemplo de Caixa de Maceração.....	32
Figura 11 – Exemplo de Tambor de Maceração.	32
Figura 12 - Sistema de apoio para tambor	35
Figura 13 - Transmissão de um tambor de malteação.....	36
Figura 14 – Esquema básico de um transportador helicoidal.....	36
Figura 15 – Tipos de helicóide.	37
Figura 16 - Fluxograma do projeto e suas metodologias	39
Figura 17 - Gráfico contendo as respostas da pergunta 2 do questionário.....	43
Figura 18 - Gráfico contendo as respostas da pergunta 3 do questionário.....	43
Figura 19 – Gráfico contendo as respostas da pergunta 4 do questionário.	44
Figura 20 – Gráfico contendo as respostas das perguntas 5 e 6 do questionário....	44
Figura 21 – Estrutura Funcional	48
Figura 22 – Sistema de Malteação <i>Kaspar Schulz</i>	52
Figura 23 – Sistema de Malteação de Cereais <i>Zanin Fratelli</i>	52
Figura 24 – Sistema de Malteação <i>Yingtai Machinery</i>	53

Figura 25 – Eixos para determinação do tamanho do grão.....	55
Figura 26 – Determinação aproximada da esfericidade.....	56
Figura 27 – Dimensões principais do tambor.....	57
Figura 28 – Desenho do tambor nas dimensões calculadas.....	58
Figura 29 – Projeto estrutural do tambor.....	59
Figura 30 – Tanque macerador e tambor de germinação.....	59
Figura 31 – Os grãos se comportam como sólido no acionamento até atingirem um ângulo θ_{crit}	60
Figura 32 – Ângulo θ_{crit} para o qual os ângulos começam a escoar.....	61
Figura 33 – Valores de força (a) (b) e torque (c) (d) para acionamento do sistema..	62
Figura 34– Fatores de carga para transportadores helicoidais.....	63
Figura 35 – Motoredutor 1:15 com motor de 1,5cv WN2. Fonte: Lilo redutores.....	65
Figura 36 – Posicionamento do transportador helicoidal.....	66
Figura 37 – Rodízio de ferro fundido e poliuretano, 8”, capacidade 700kg.....	67
Figura 38 – Roda dentada para acionamento por corrente.....	68
Figura 39 – Seleção comercial da corrente de rolos.....	70
Figura 40 – Dimensional da roda dentada.....	71
Figura 41 - Motoredutor Coaxial Redução de 1:190 Com Motor de 1cv B5.....	72
Figura 42 – Inversor de frequência WEG CFW08.....	73
Figura 43 – Esquemático do fluxo de na dentro do tambor.....	74
Figura 44 – Climatizador por evaporação MC 70.....	74
Figura 45 – Esquemático do fluxo de na dentro do tambor para resfriamento.....	75
Figura 46 – Secador elétrico - FG500– Furio.....	76
Figura 47 – Esquemático do fluxo de na dentro do tambor para aquecimento.....	76
Figura 48 - Bico aspersor e válvula solenoide.....	77
Figura 49 – Posicionamento do aspersor dentro do tanque.....	77

Figura 50 – PCB Wemos D1 R2 e módulo de relês 8 canais	78
Figura 51 - Controlador De Temp. E Umidade Digital Ageon K103	79
Figura 52– Protótipo do tambor de germinação.	80
Figura 53 – Motor de microondas 49TYJ.	80
Figura 54 – Secador TAIFF Smart	81
Figura 55 – Circuito de controle do protótipo	82
Figura 56 – Colheita dos grãos.	82
Figura 57 – Maceração dos grãos.....	83
Figura 58 – Peso da cevada antes e depois da maceração.....	83
Figura 59 – Aumento dimensional dos grãos após a maceração.....	84
Figura 60 – Grãos germinados.....	84
Figura 61 – Grãos germinados.....	85
Figura 62 – Grãos germinados x malte comercial.	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação usual de cervejas especiais.....	17
Tabela 2 – Comparativo do preço do Malte Pilsen.....	20
Tabela 3 – Preços de diferentes tipos de malte	21
Tabela 4 – Parâmetros de Secagem.....	34
Tabela 5 – Cervejarias participantes da pesquisa de mercado.....	42
Tabela 6 – Médias das notas concedidas pelos entrevistados para as características do produto.	45
Tabela 7 – Matriz de decisão para escolha de tipo de dispositivo de maceração.....	49
Tabela 8 – Matriz de decisão para escolha de tipo de dispositivo de germinação.....	50
Tabela 9 – <i>Benchmarking</i> do sistema de malteação a tambor.....	53
Tabela 10 – Especificações do projeto.....	54
Tabela 11 – Massa específica granular da cevada, em kg.m^{-3}	55
Tabela 12 – Forma e tamanho da cevada.....	56
Tabela 13 – Dimensional do tambor.....	57
Tabela 14 – Valores aproximados de massa específica e fator de potência para dimensionamento.....	64
Tabela 15 – Relação entre as variáveis para uma taxa de carga de 45%	64
Tabela 16 – Fator de correção para potência do transportador helicoidal	64
Tabela 17 – Dimensionamento do transportador helicoidal	65
Tabela 18 – Dimensional das engrenagens.....	70
Tabela 19 – Potência térmica necessária para cada etapa de secagem	75
Tabela 20 – Grandezas e variáveis controladas	78
Tabela 21 – Custos do Projeto	86
Tabela 222 – Consumo de energia na produção de uma tonelada de malte	87

Tabela 233 – Retorno de investimento para diferentes capacidades.....	88
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

a.C. – Antes de Cristo

Af – Área de fundo falso

AISI – *American Iron and Steel Institute*

ANSI – *American National Standards Institute*

ASA – *American Standards Association*

b.u. – Umidade de base úmida

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CO₂ – Gás carbônico

Db – Diâmetro de base

Dc – Diâmetro caliper

De – Diâmetro externo

Dh – Diâmetro máximo do cubo

Dp – Diâmetro primitivo

E – Energia

i – Relação de transmissão

γ – Ângulo de passo

GLP – Gás Liquefeito de Petróleo

HP – Horse Power

Fm – Fator de potência

m – Massa

Me – Massa específica

MPV – Mínimo Produto Viável

n – Velocidade angular

PIB – Produto Interno Bruto

Pu – Peso útil

ρ – Densidade

P – Passo

PCB – Placa de Circuito Impresso

PID – Controlador Proporcional Integral Derivativo

PVC – Policloreto de Vinil

t – Tempo

T – Temperatura

θ – Ângulo

θ_{crit} – Ângulo crítico

Vf – Volume de fundo falso

Vu – Volume útil

Vt – Volume total

Z – número de dentes

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Contexto do Tema	16
1.1.1	Mercado de cervejas especiais	16
1.1.2	Microcervejaria Vän Krog	19
1.2	Caracterização do Problema	20
1.3	Objetivos	22
1.3.1	Objetivos Específicos	22
1.4	Justificativa	23
2	Fundamentação Teórica	24
2.1	Cereais Utilizados	24
2.1.1	Morfologia do grão de cevada	24
2.2	Malteação	25
2.3	Maceração	26
2.3.1	Dispositivos de Maceração	28
2.4	Germinação	30
2.4.1	Dispositivos de Germinação	32
2.5	Secagem	33
2.6	Análise de Patentes	34
2.6.1	Apoio	35
2.6.2	Transmissão	35
2.6.3	Transporte de grãos	36
3	MATERIAIS E MÉTODOS	38
3.1	Descrição da Metodologia	38
3.2	Justificativa da Metodologia	39
3.3	Produtos do Projeto	40
4	DESENVOLVIMENTO	41
4.1	ANÁLISE DA OPORTUNIDADE	41
4.1.1	Levantamento das necessidades do cliente	41
4.2	ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO	47
4.2.1	Requisitos do projeto	47
4.2.2	Estrutura funcional	48
4.2.3	Análise de alternativas	48
4.2.4	Benchmarking	51
4.2.5	Requisitos de projeto	54
4.3	PROJETO CONCEITUAL	54
4.3.1	EQUIPAMENTO DE GERMINAÇÃO E SECAGEM	55
4.3.2	TRANSMISSÃO	68
4.3.3	CONDICIONAMENTO DE AR	73
4.3.4	CONTROLE	78

4.4	PROTÓTIPO	80
4.4.1	Estrutura	80
4.4.2	Transmissão	80
4.4.3	Condicionamento de ar	81
4.4.4	Controle	81
4.4.5	Testes	82
4.5	ANÁLISE DE CUSTOS	86
4.5.1	Orçamento	86
4.5.2	Retorno de investimento	87
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
	REFERÊNCIAS	91
	APÊNDICE A – ARQUIVO .INO PARA CONTROLE DO PROTÓTIPO	93
	APÊNDICE B – ARQUIVO .CPP PARA CONTROLE DO PROTÓTIPO	94
	APÊNDICE C – ARQUIVO .HPP PARA CONTROLE DO PROTÓTIPO	98
	APÊNDICE D – DESENHO DOS EQUIPAMENTOS.....	101
	APÊNDICE D – BUSINESS MODEL CANVAS.....	105
	ANEXO A – ORÇAMENTO DE SISTEMAS COMERCIAIS	106

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que está emergindo com muita rapidez no mercado de cervejas especiais e artesanais. A fusão de grandes multinacionais do setor cervejeiro gerou prevalência de alguns estilos e marcas por muitos anos, mas cada vez mais as microcervejarias, importadores de cerveja e cervejeiros caseiros estão ganhando espaço nesse mercado. Atualmente o Brasil conta com mais de 390 cervejarias (CERVESIA, 2017).

Existem muitas teorias sobre a descoberta da cerveja, mas, observando o processo de fabricação, acredita-se que a bebida foi descoberta por acaso. Como contém os mesmos ingredientes básicos do pão, existe uma forte relação da história dos dois alimentos e de sua importância no desenvolvimento das civilizações. Acredita-se que durante a revolução agrícola, durante a coleta de cevada, os agricultores armazenavam a cevada em recipientes, e, após alguma chuva, os grãos germinaram produzindo CO₂ e álcool (MORADO, 2011).

Foram achados desenhos rupestres e símbolos primitivos da produção de uma bebida semelhante a cerveja, e documentos datando 6000 a.C. que possuem registros do uso da cerveja como moeda de troca. No Egito, foram encontrados resquícios de cevada em vasos deixados nas tumbas dos faraós, levando alguns a acreditarem que a bebida tem origem no Oriente Médio ou no Egito. Algumas tábuas antigas encontradas na região dos Tigres e Eufrates foram decifradas e comprovam a existência de uma bebida que era utilizada como remédio, salário e oferenda aos deuses, e tinha base em cereais. (MORADO, 2011).

Existe ainda uma ligação da bebida com o código de Hamurabi, legislação do império mesopotâmico, de 1770 a.C., que condenava o cervejeiro à pena de morte caso fraudasse o produto. Na Idade Média, a fabricação de cerveja passou a se tornar uma das responsabilidades das mulheres, como alternativa ao consumo de vinho, pois era mais barato e acessível aos menos afortunados. Foi nos mosteiros do século VI que as técnicas de fabricação foram aperfeiçoadas, melhorando a qualidade da cerveja. Os monges, por dominarem a literatura, foram considerados os primeiros pesquisadores da bebida, produzindo-a em grande escala. Como na época a higiene era precária, a água disponível para o consumo era imprópria e

transmitia várias doenças. Com a fervura da água e fermentação, microorganismos transmissores de doenças eram eliminados, tornando a bebida mais própria para o consumo. Os monges acreditavam que uma força divina purificava o líquido, recomendando o consumo ao invés da água. (How Beer Saved the World, 2011)

Ainda na Idade Média, surgiu as primeiras diferenciações da bebida. Por ter várias propriedades nutricionais, e ser utilizada também na medicina, eram adicionadas ervas, raízes, cascas de árvore e especiarias. Alguns povos diferenciavam a cerveja dos pobres por ser mais aguada, e dos nobres pela aromatização com gengibre, tâmara, mel, entre outros. (MORADO, 2011)

Em 1516, o Duque Guilherme IV instituiu uma lei, conhecida como Lei da Pureza ou "*Reinheitsgebot*" que determinava que os únicos ingredientes utilizados fossem água, malte e lúpulo (CERVESIA, 2017). A produção foi sendo cada vez mais controlada, até o surgimento do processo convencional que possui seis etapas: mosturação, filtragem, fervura, fermentação, maturação e envase.

No Brasil, a cerveja foi trazida pelos colonizadores europeus, sendo produzida na Europa e comercializada pelos imigrantes. Não se tem uma data para o início da produção de bebida no país, mas o primeiro registro de venda de cerveja brasileira foi publicado no Jornal do Comércio do Rio de Janeiro, em outubro de 1836. Com a dificuldade de se encontrar malte e lúpulo que eram produzidos na Alemanha e na Áustria, e para baratear a bebida, as cervejarias começaram a adicionar ingredientes como milho, arroz e trigo, diminuindo a qualidade do produto (SANTOS, 2003).

Segundo Cervesia (2017), nas décadas de 80 e 90 os Estados Unidos e a Europa viviam a febre das cervejas especiais, ganhando um status comparável ao vinho, onde o consumidor exige um alto padrão de qualidade e explora as mais diferentes combinações de sabores e estilos. No Brasil ainda é muito disseminado o consumo de cervejas com característica mais aguada, com cereais não maltados, do tipo Pilsen. Porém, nos últimos anos o mercado de cervejas especiais ganhou bastante espaço.

A produção de malte, uma das principais matérias-primas para fabricação de cervejas, consiste na germinação artificial dos grãos que podem ser cevada, trigo e

sorgo. O malte exerce papel fundamental para dar aromas e sabores característicos à cerveja, além de possibilitar a fermentação alcoólica. (MORADO, 2011)

“Criada há mais de 8 mil anos, a cerveja é a bebida alcoólica mais popular do mundo e seu consumo moderado faz parte de um estilo de vida saudável” (CERVBRASIL, 2015)

1.1 Contexto do Tema

1.1.1 Mercado de cervejas especiais

O Brasil ocupa o terceiro lugar no ranking mundial de produção de cerveja. O setor corresponde a 1,6% do PIB brasileiro e recolhe mais R\$20 bilhões de tributos em todo país. A Associação Brasileira da Indústria da Cerveja (CervBrasil) reúne as quatro maiores empresas fabricantes de cerveja do país, que juntas correspondem por cerca de 96% do mercado. Além das grandes fabricantes de cervejas, a cadeia de agronegócio, embalagens, logística, maquinário e construção civil também participa desses resultados (CERVBRASIL, 2015). A Figura 1 mostra a relevância do setor no PIB desde 2005, por um estudo publicado no Anuário CervBrasil 2015, analisando mais de 50 fábricas associadas. A média de consumo do brasileiro é de 66,9 litros de cerveja por ano, ocupando 27º lugar no *ranking* mundial.

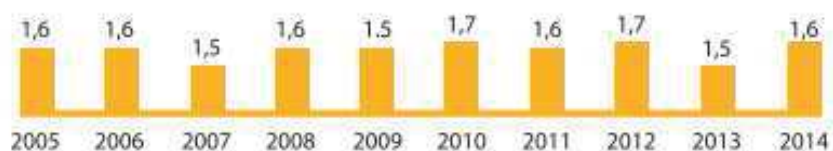


Figura 1 – Participação do setor no PIB brasileiro (%)

Fonte: Anuário CervBrasil 2015.

O mercado de cervejas no Brasil é caracterizado por ser altamente concentrado com somente uma empresa que possui cerca de 68% da fatia do mercado (AmBev). Outros 30,6% são divididos entre apenas três empresas, sobrando apenas 1,4% corresponde as cervejarias regionais, microcervejarias e cervejarias artesanais. O oligopólio da Ambev é estável, pois os pequenos produtores enfrentam várias barreiras como preço dos insumos, impostos do governo e logística de distribuição, encarecendo o produto e o tornando acessível à apenas uma parcela da população (ALFEBRAS, 2012).

Segundo a Associação Brasileira de Bebidas (Abrabe), mesmo representando menos de 1% do setor cervejeiro nacional, as microcervejarias estão em fase de expansão, crescendo em média 20% ao ano.

A cidade de Curitiba é um dos maiores polos cervejeiros do Brasil, com muitas fábricas e cervejeiros artesanais. Segundo o Bom Gourmet da Gazeta do Povo, são mais de 25 cervejarias, sendo muitas consideradas “ciganas”, ou seja, que não possuem fábrica própria, terceirizando a produção.

Embora não exista uma única definição para cervejas especiais, pode-se classificá-las como “variedades produzidas a partir de matérias-primas superiores, por meio de processos produtivos que primam pela qualidade do produto final” (BNDES Setorial 40, p. 93-130). A demanda é influenciada pelo desejo de diferenciação, *status* social e diversidade de aromas e sabores.

Segundo o Sindicerv (2017) a classificação dos estilos de cervejas exige um conhecimento avançado, pois o mestre cervejeiro pode criar inúmeros tipos de cervejas mudando a receita ou o processo. Por isso a classificação é feita usualmente pelo nível de fermentação, teor alcoólico e coloração, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação usual de cervejas especiais

TIPOS DE CERVEJA				
CERVEJA	ORIGEM	COLORAÇÃO	TEOR ALCOÓLICO	FERMENTAÇÃO
Pilsen	República Checa	Clara	Médio	Baixa
Dortmunder	Alemanha	Clara	Médio	Baixa
Stout	Inglaterra	Escura	Alto	Geralmente Baixa
Porter	Inglaterra	Escura	Alto	Alta ou Baixa
Weissbier	Alemanha	Clara	Médio	Alta
München	Alemanha	Escura	Médio	Baixa
Bock	Alemanha	Escura	Alto	Baixa
Malzbier	Alemanha	Escura	Alto	Baixa
Ale	Inglaterra	Clara e Avermelhada	Médio ou Alto	Alta
Ice	Canadá	Clara	Alto	-

Fonte: Sindicerv, 2017.

A classificação mais comum é de acordo com o grau de fermentação. Assim, cervejas do tipo Ale são conhecidas por possuírem alta fermentação e do tipo Lager por possuírem baixa fermentação. Dentre as cervejas Ale, a Porter e a Stout se destacam. As cervejas mais comuns são claras, com sabor pronunciado de lúpulo,

ligeiramente ácidas e com teor alcoólico de 4% a 8%. O processo de fermentação ocorre entre 10°C e 25°C, durante 2 a 5 dias, sendo armazenadas entre 4,5°C e 8°C. A Porter é um estilo de cerveja escura, encorpada, com sabor pronunciado de malte, levemente adocicada, contendo cerca de 5% de álcool. A Stout tem maior teor alcoólico, entre 5% a 6,5%, sendo menos escura que a Porter e mais amarga. (SIQUEIRA et al., 2008).

Os maltes são comercializados pelos seus requisitos de identidade e qualidade. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2017) classifica os maltes em malte Pilsen e malte especial. O Pilsen é o malte que durante o processo de malteação mantém a cor original do endosperma da cevada, já os maltes especiais são maltes que não se encaixam nessa descrição, podendo sofrer outros tipos de processamento como a torrefação. Na Figura 2 pode-se observar a influência da cor do malte na cerveja, sendo que a cor final pode ser controlada pelo tempo e temperatura de secagem e torrefação dos grãos.



Figura 2 – Influência da cor do malte na cor da cerveja.

Fonte: *Website Engenharia da Cerveja*¹, 2013.

Existem duas escalas que são utilizadas para medir a cor da cerveja, a *European Brewing Convention*, ou EBC, e a *Standard Reference Method*, abreviada SRM. A Convenção de Cervejeiros da Europa (EBC) é a escala que classifica cervejas claras com cor com menos de 20 EBC e escura com 20 EBC ou mais. Essa escala pode ser aplicada aos maltes também. A escala SRM se baseia na

espectrofotometria, medindo a absorção de luz em comprimentos de onda específicos. A escala SRM equivale em 40% a escala EBC. A Figura 3 ilustra as diferentes colorações utilizadas para classificar cervejas e maltes.

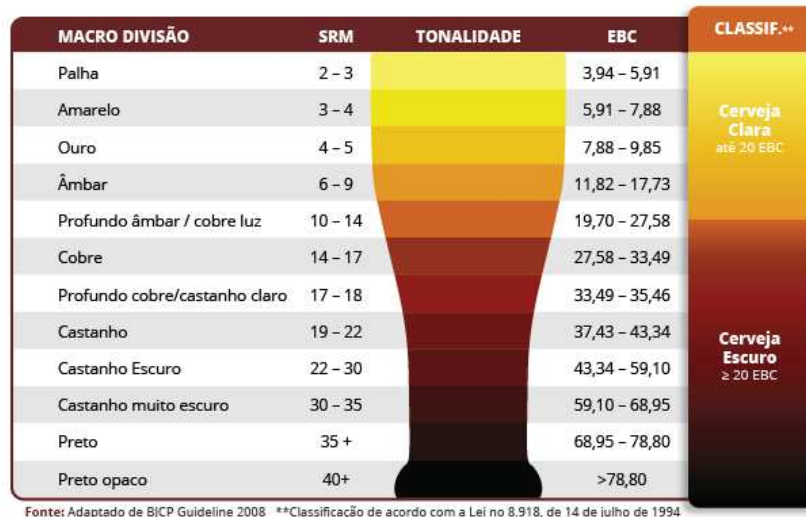


Figura 3 – Escalas de Coloração do Malte

Fonte: *Website O Caneco*², 2016.

1.1.2 Microcervejaria Vän Krog

Para se resolver o problema de engenharia referente à malteação e entender melhor a oportunidade a equipe procurou um possível cliente com intuito de conhecer seu dia a dia e uso do malte.

A microcervejaria Vän Krog foi criada em 2014 na cidade de Curitiba, Paraná e está em fase final de desenvolvimento, com previsão de início das atividades em 2018. A criação foi motivada pela perspectiva de crescimento do mercado de cervejas especiais, razoável margem de lucro do produto e investimento em um negócio próprio. Os diferenciais contam com uma aplicação de conceitos de gestão modernos e pela inovação nos processos de fabricação, com padronização e repetitividade, visto que grande parte das cervejarias atuais não são geridas por profissionais específicos.

A planta da fábrica e os equipamentos são projetos próprios, com diferencial no grau de automação empregado, sendo possível desenvolver processos com maior

¹ Disponível em <<http://www.engenhariadacerveja.com.br/2013/processo-de-producao-de-cerveja/>> acesso em junho de 2017.

qualidade e sem interferência do mestre cervejeiro. Todo processo pode ser controlado por painéis elétricos, sensores e válvulas interligados em um *software*, que acompanha o processo 24h por dia. O projeto foi pensado na otimização do processo de fabricação da cerveja, evitando ociosidades, gerando uma capacidade de produção diária de 2000L de cerveja.

1.2 Caracterização do Problema

A produção de cerveja utiliza uma grande quantidade de cereais maltados como insumo, sendo o fator de maior representatividade nos custos. A preparação de malte não é uma prática comum entre as microcervejarias, pois o processo é longo e exige controle e *know-how* que foge do escopo dos empreendedores. Por isso, as microcervejarias ficam suscetíveis ao preço e qualidade disponíveis no mercado. Geralmente o malte encontrado no mercado é produzido em grandes maltarias e silos, construídos de tijolo ou concreto, com capacidade de 5 a 300 toneladas (KUNZE, 2004).

A Tabela 2 apresenta o custo aproximado da cevada comparado com o custo do malte. O preço de 1000kg de cevada, registrado pelo Fundo Monetário Internacional em abril de 2017 foi de US\$138,80, enquanto a saca de 60kg de cevada estava sendo comercializada no mesmo mês no Paraná por R\$37,20, valor referencial do portal Agrolink. Considerando o valor médio do dólar em abril de R\$3,29³, pode-se dizer que o preço por quilograma do produto, para esse mês, foi cerca de 35% mais caro no Brasil.

Tabela 2 – Comparativo do preço do Malte Pilsen

Cevada		Malte Pilsen	
Referência	Preço (R\$/kg)	Marca	Preço (R\$/kg)
FMI ⁴	0,46	Swaen ⁵	6,50
Paraná ⁶	0,62	Cargill ⁷	3,91

Fonte: Autores.

² Disponível em < <http://www.ocaneco.com.br/cor-da-cerveja/> > acesso em junho de 2017.

³ Disponível em < <https://economia.uol.com.br/cotacoes/cambio/dolar-comercial-estados-unidos/?historico> > acesso em junho de 2017.

⁴ Disponível em < <http://www.imf.org/external/np/res/commod/table3.pdf> > acesso em junho de 2017.

⁵ Disponível em < <http://www.mercadodomalte.com.br/produtos/swaen-lager/> > acesso em junho de 2017.

⁶ Disponível em < <https://www.agrolink.com.br/cotacoes/graos/cevada> > acesso em junho de 2017.

⁷ Disponível em < <http://www.brcraft.com.br/malte-pilsen-cargill> > acesso em junho de 2017.

O malte Pilsen pode ser encontrado para venda em várias lojas especializadas e distribuidoras, pelo preço médio de R\$5,00 o quilograma. Apesar de existirem vários tipos de malte, o mais utilizado como base nas cervejas é o pilsen. Comparando o preço desse tipo de malte entre duas marcas, a nacional Cargill é cerca de 40% mais barata que a holandesa importada *Swaen*.

Para quantificar o valor agregado da malteação no *commodity*, usou-se como referência o preço da cevada no Paraná e do malte da marca Cargill. Houve um aumento de 430% no preço do produto por quilo. Para tipos especiais de malte, esses valores podem ser ainda maiores, dependendo da cultura da cevada, país de plantio, cotações de moeda, processamento, entre outros.

Se considerarmos uma produção de 2000 litros de cerveja por dia, como é o caso das grandes microcervejarias da região, serão utilizadas em média 9 toneladas de malte por mês. Considerando que todo o malte utilizado será pilsen, sem maltes especiais, a diferença entre comprar a cevada ou comprar o malte pode chegar a R\$30.000,00 mensais. A Tabela 3 mostra a diferença do preço do quilograma do malte dependendo da sua classificação e coloração.

Tabela 3 – Preços de diferentes tipos de malte

Malte	EBC	Preço (R\$/kg)
Pilsen	03-05	5,50
Pilsen Alemão	03-05	10,00
Acidificado	03-07	14,00
Pale Ale	5.5-7.5	10,50
Caraamber	60-80	11,00
Malte Brown	120-150	14,00
Special W	280-320	12,00
Caraaroma	300-400	12,00

Fonte: Ponto do Malte⁸, 2017.

Segundo um especial publicitário divulgado no site do G1, até abril de 2016 o malte brasileiro era 100% do tipo Pilsen. Todos os outros tipos de maltes que precisam de tostagem ou torrefação eram importados. Com a expansão das

microcervejarias a demanda desse tipo de produto aumentou, e a Maltaria Blumenau, localizada no estado de Santa Catarina, se tornou pioneira no setor. Esse atraso na produção nacional de maltes especiais se deve à estrutura das grandes maltarias, contando com um processo simples de germinação em grande escala.

Durante a produção de cerveja, é necessário o controle principalmente de tempo e temperatura. As cervejas produzidas artesanalmente podem possuir vários *off-flavors* (gostos indesejados) e defeitos, devido a erros durante o processo. Sabores residuais de clorofila ou grama cortada podem ser associados ao mal armazenamento de insumos. Caso o malte seja mal armazenado e absorva umidade, pode desenvolver aroma de mofo, e caso seja velho, pode contribuir para sabores de erva verde. Problemas durante a secagem, como grãos muito tostados, podem dar um sabor de cascas e grãos, sendo recomendados após a tostagem armazenamento de duas semanas para que os compostos aromáticos mais fortes possam se dissipar (PALMER, 2006).

A maioria dos defeitos ocorre durante a fabricação da cerveja, após a mistura dos ingredientes e início da fervura. Caso o malte tenha qualidade ruim, os defeitos se acumulam. Por isso, os controles de tempo e temperatura também se aplicam na transformação do cereal em malte. Muitos cervejeiros caseiros fabricam o próprio malte em casa, porém sem um controle rigoroso de variáveis e capacidade reduzida.

1.3 Objetivos

Desenvolver o projeto conceitual e um mínimo produto viável (protótipo) de um equipamento que controle a germinação dos grãos para a malteação. Realizar uma pesquisa com as microcervejarias da região para determinar as necessidades envolvidas, custo e dimensões ideais do equipamento.

1.3.1 Objetivos Específicos

- Descrever os problemas e fatores que devem ser controlados para produzir um malte de boa qualidade;

⁸ Disponível em <<http://pontodomalte.com.br/>> acesso em junho de 2017.

- Avaliar adaptação de equipamentos malteadores já existentes no mercado para a realidade das microcervejarias brasileiras.
- Avaliar a viabilidade econômica do projeto;
- Avaliar e escolher o mecanismo que tenha menor custo e exija menos manutenção;
- Construir um protótipo (Mínimo Produto Viável) para validar o funcionamento do equipamento, considerando os itens críticos e escala;

1.4 Justificativa

A capacidade de produção de uma microcervejaria é de até 200 mil litros de cerveja por mês, acima disso pode-se classificá-la como cervejaria. Os equipamentos de uma microcervejaria não diferem muito de uma cervejaria de grande porte, pois se tratam do mesmo processo. As maiores diferenças estão no grau de automação do processo, sendo consideravelmente menor nas microcervejarias. (Homini Lúpulo, 2017)

Para aumentar a competitividade existente no mercado, criar uma padronização e aumentar a qualidade dos produtos, fatores como produção própria de malte são importantes economicamente para o empreendedor, pois é o insumo utilizado em maior quantidade. O processamento do malte é de extrema importância para a qualidade da cerveja, visto que a composição complexa do grão cede à cerveja a maioria das características físico-químicas e organolépticas (paladar e aroma). (ARAÚJO, 2003)

Visto a complexidade do processo de malteação e das transformações biológicas, é necessário o desenvolvimento de um equipamento que tenha a capacidade de controlar a umidade, temperatura, com fluxo de ar e exaustão de CO₂. (KUNZE, 2004)

Assim, cria-se a oportunidade de desenvolver um equipamento de malteação de grãos para as microcervejarias, para que as mesmas possam controlar a qualidade e variedade dos seus produtos desde o fornecimento dos grãos, e reduzir custos. Ainda observando-se o potencial de mercado, considera-se ser uma oportunidade de introduzir um produto de engenharia num mercado promissor.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Cereais Utilizados

O malte pode ser obtido a partir de diversos cereais. A cevada é o cereal que mais se adequa à fabricação de cerveja devido às suas propriedades nutritivas (MATOS, 2007), portanto toda a consideração nos capítulos seguintes será decorrida sobre os grãos e processos referentes a esse cereal, podendo facilmente ser estendida aos outros com pequenas alterações. Trigo e sorvo também são utilizados em quantidades consideráveis e aveia e centeio usados de maneira menos frequente (BRIGGS, 1995).

2.1.1 Morfologia do grão de cevada

O grão de cevada é composto de três partes principais: gérmen, endosperma e envoltório, conforme mostrado na Figura 4. O grão se divide em (1) Haste rudimentar, (2) Acróspora rudimentar, (3) Radícula rudimentar, (4) Escutelo, (5) Camada epitelial, (6) Endosperma, (7) Células vazias, (8) Camada aleurona, (9) Testa, (10) Pericarpo, (11) Casca (ZCHOERPER,2009).

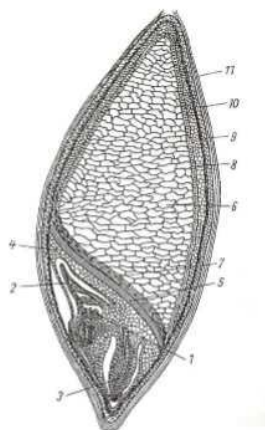


Figura 4 - Corte transversal de um grão de cevada.

Fonte: Kunze (2004).

A região do gérmen é composta pelo embrião, acróspora e radículas e separada do endosperma pelo escutelo e epitélio. Esta é a parte viva do grão. É a partir dela que começa o processo de desenvolvimento de uma nova planta, como crescimento das raízes e controle das reações químicas necessárias para o

desenvolvimento da planta. É a partir do embrião que se inicia o processo de germinação, parte chave da malteação (ZCHOERPER, 2009).

É no endosperma, ou corpo farinhoso, que estão localizadas as reservas energéticas do grão, principalmente na forma de amido. É composto de um tecido morto de células de parede fina, embutidas em uma matriz de proteína. Essas células empacotam grânulos de amido, que serão quebrados em açúcares de cadeia menor quando o processo de crescimento do grão se inicia. Quando o grão é hidratado, processos metabólicos se iniciam, enzimas são produzidas que transformam o amido em nutrientes solúveis que migram para o embrião, fornecendo energia para o mesmo (KUNZE, 2004).

O envoltório tem como função a proteção do gérmen e do endosperma, permitindo que permaneçam úmidos e livres de agentes externos (ZCHOERPER, 2009). É a parte que fica abaixo da casca, composta de um pericarpo de várias camadas protetivas e outra parte semipermeável denominada testa que limita a entrada e saída de água e outras substâncias dissolvidas nela (BRIGGS, 1995).

2.2 Malteação

A malteação é um processo em que se pretende obter certas enzimas através de alterações químicas que ocorrem no grão de cevada durante a sua germinação, possibilitando assim sua utilização no processo de mosturação durante a fabricação de cerveja, já que a cevada não pode ser utilizada diretamente na produção devido à complexidade de suas cadeias de amido e a falta das enzimas necessárias.

A malteação pode ser dividida em três diferentes partes:

1. A etapa inicial chamada maceração, que consiste em umedecer os grãos de cevada.
2. Germinação, que consiste na criação de uma plântula. Nesta fase se desenvolvem as transformações enzimáticas necessárias para a fabricação da cerveja.
3. Na etapa final, a secagem, a germinação é interrompida e a umidade é removida dos grãos de cevada (SENAI, 2004).

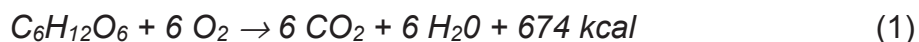
O controle dos parâmetros de processo como temperatura, tempo, umidade e quantidade de gases formados durante a malteação é de extrema importância para se obter as reações químicas desejadas. Para temperatura, se utilizará um sensor compatível com PCB Arduíno, assim como umidade. O tempo é contabilizado na programação do programa do PCB.

2.3 Maceração

A germinação do malte acontece em um determinado percentual de umidade. O objetivo da maceração é umedecer os grãos de cevada uniformemente a teores entre 35-45%, limpar a cevada retirando os grãos flutuantes e demais impurezas (REINOLD, 1997).

Inicialmente os grãos apresentam uma umidificação heterogênea, sendo que a absorção de água se inicia pela base onde se encontra o embrião e depois se espalha para o restante do grão. Devido a este fato o tempo de maceração deve ser controlado, sendo este muito curto os grãos apresentarão umidificação insuficiente para a germinação, e caso seja muito longo pode acarretar em deterioração dos grãos (KUNZE, 2004).

Outros fatores que influenciam a taxa de absorção de água são temperatura da água, quanto maior mais rápida a absorção, e tamanho do grão, grãos menores absorvem mais rapidamente. Durante a maceração o processo de respiração dos grãos, reação química descrita pela equação 1, é acelerado (REINHOLD, 1997). Neste processo o açúcar $C_6H_{12}O_6$ é quebrado, formando gás carbônico, água e liberando energia.



Como pode ser analisado, a respiração consome oxigênio e libera gás carbônico. O gás carbônico se acumula no fundo do recipiente de maceração podendo interromper o processo de respiração dos grãos que se encontram ao seu redor. Para manter a respiração aeróbica dos grãos é comum se bombear ar comprimido para dentro do recipiente de maceração, visando a remoção do gás carbônico (BRIGGS, 1995).

A evolução de propriedades dos grãos de cevada conforme o tempo e temperatura de maceração foram determinadas experimentalmente por MONTANUCI, 2014 pode ser visto nas figuras abaixo:

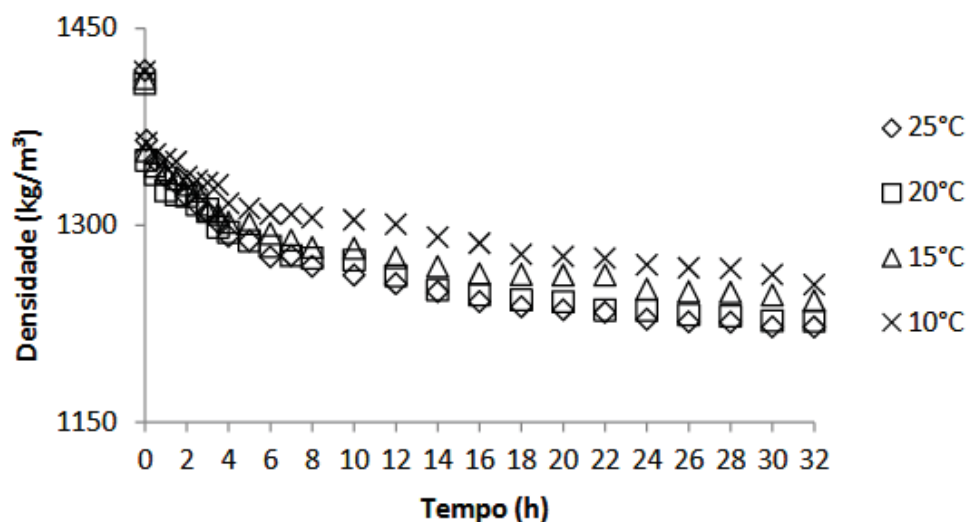


Figura 5 – Gráfico de densidade x tempo durante a maceração.
Fonte: Montanuci (2014)

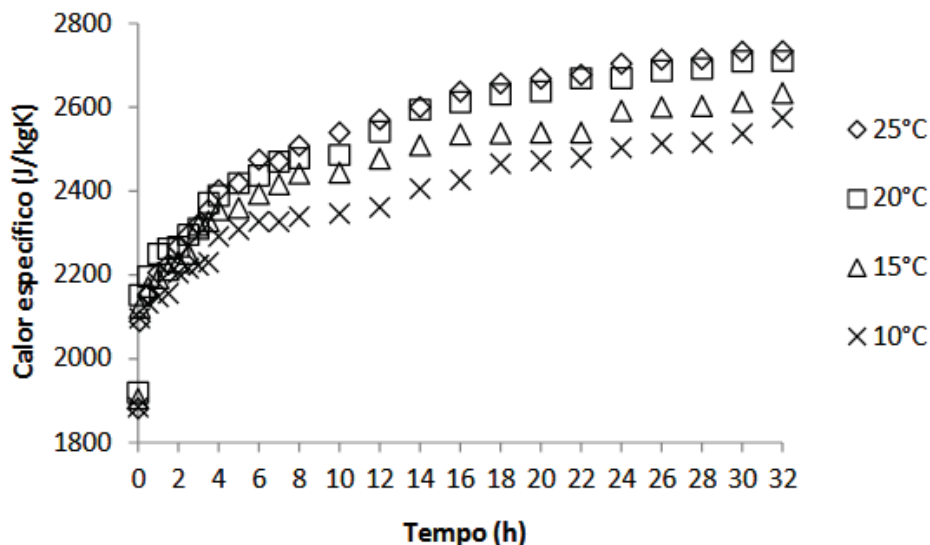


Figura 6 – Gráfico de calor específico x tempo durante a maceração.
Fonte: Montanuci (2014)

Originalmente a maceração era feita somente em uma etapa úmida em que os grãos se encontram totalmente imersos em água. Hoje em dia é comum se alternar entre fases úmidas e fases secas, removendo totalmente e repondo a água

do recipiente em períodos determinados, aumentando a velocidade de maceração e facilitando a respiração e remoção do gás carbônico. Para este processo de imersão múltipla é importante se considerar que os grãos nos períodos secos não podem atingir temperaturas muito acima dos 20°C, pois assim se dará o início precoce da germinação (KUNZE, 2004). A Figura 7 apresenta uma relação entre a quantidade de água absorvida com o tempo, comparando a maceração com imersão direta e múltipla. A linha contínua representa imersão direta contínua e a linha pontilhada representa a imersão múltipla. A linha inferior representa a temperatura dos grãos.

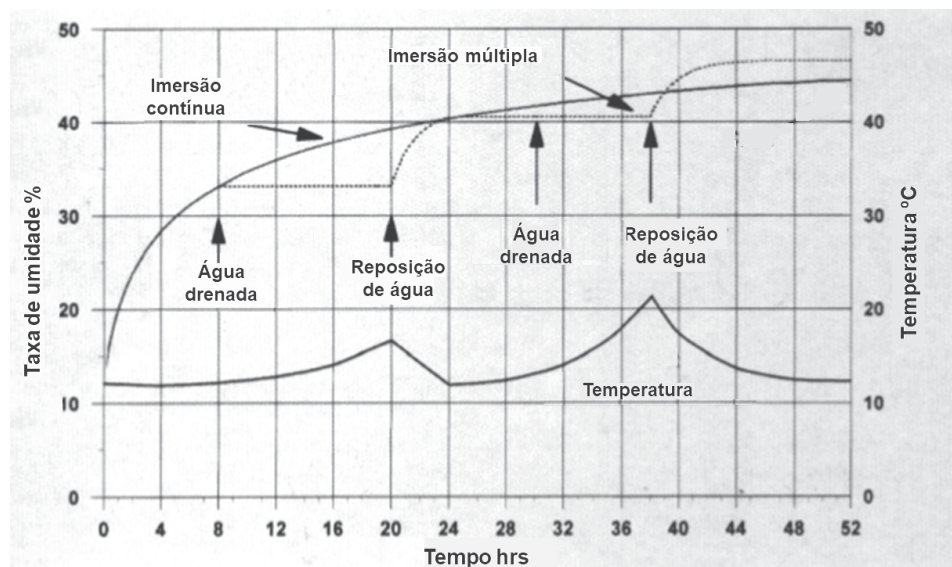


Figura 7 – Relação entre quantidade de água absorvida e tempo de maceração.

Fonte: Briggs (1998).

Uma das características da maceração é o uso de água em abundância. Para reaproveitamento dessa água, poderá ser integrado ao sistema um tratamento com filtragem das impurezas retiradas dos grãos. Além disso, após a limpeza inicial, a água recircula e ar é incorporado, para realizar a função de hidratar os grãos.

2.3.1 Dispositivos de Maceração

Existem basicamente dois tipos de dispositivos de maceração: funis de maceração e maceradores de fundo plano.

Os funis de maceração são basicamente um recipiente cilíndrico-cônico, ou seja, uma parte inferior cônica ligada a um cilindro, como observado na Figura 8. Geralmente o sistema todo fica localizado acima da planta de germinação. A principal vantagem deste tipo de recipiente é o fácil e completo esvaziamento na

hora de transporte para o germinador. Porém como a absorção de água gera um aumento do processo metabólico dos grãos, conseqüentemente o aumento da respiração, os grãos que estão no fundo do recipiente acabam ficando mais tempo sobre a ação da água enquanto está sendo drenada para fora do funil. Com esse aumento da respiração e o fluxo de água, CO₂ se acumula junto aos grãos, podendo causar a morte dos mesmos. Por causa disso, um sistema de circulação de água eficiente e bicos para injeção de oxigênio são necessários, para manter uma qualidade de respiração e hidratação dos grãos (KUNZE, 2004). As partes principais são: (a) Bomba para aspiração de gás carbônico, (b) Compressor, (c) Tubulação de ar comprimido, (d) Separador, (e) Anel de limpeza, (f) Dispositivo de injeção de água.

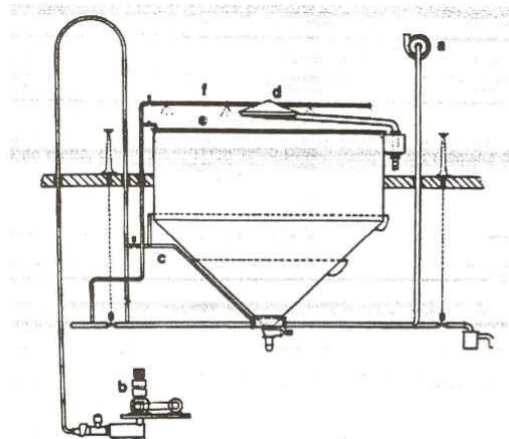


Figura 8 - Exemplo de funil de maceração.

Fonte: Tchope (1999).

Os dispositivos de fundo plano, ou *flat bottom*, foram desenvolvidos posteriormente. Sua composição é de um recipiente principal que poder ser retangular ou cilíndrico, conforme a Figura 9. O recipiente tem um fundo falso, que consiste em uma chapa metálica perfurada localizada a uma certa distância do fundo real do dispositivo. Este sistema garante uma melhor aeração e remoção de CO₂, além de garantir uma absorção de água mais homogênea entre os grãos. As desvantagens são o alto custo, maior consumo de água, difícil transporte dos grãos e limpeza do recipiente (GIBSON, 1989).

Nos modelos encontrados do mercado atual, pelo *benchmarking*, foi possível perceber que o tipo funil é o mais utilizado, sendo utilizado em todos os modelos.

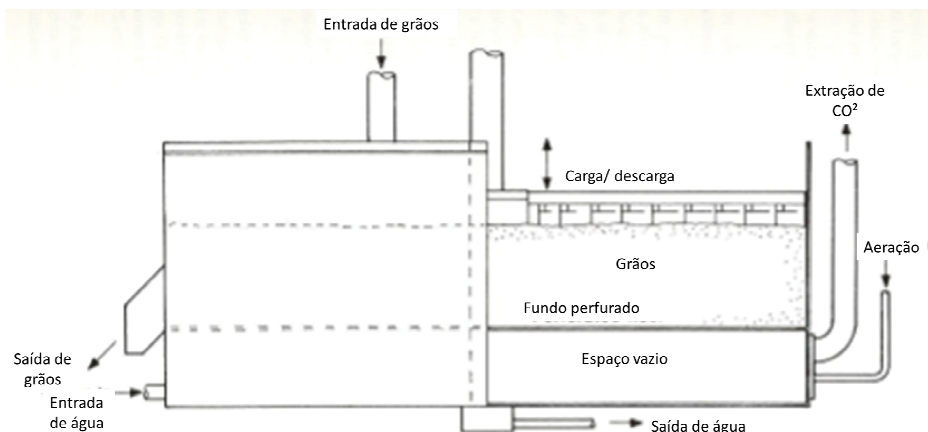


Figura 9 - Exemplo de dispositivo de maceração de fundo plano.

Fonte: Gibson (1989).

Levantadas as opções de sistemas descritos na literatura, o tipo de equipamento a ser utilizado no projeto será determinado após serem discutidas as necessidades do mercado.

2.4 Germinação

Após o grau de maceração pretendido ser atingido, as sementes são transferidas para um recipiente de germinação. Os processos ocorridos durante a germinação podem ser divididos em três partes, que ocorrem paralelamente e são complementares entre si. São elas:

- Formação e ativação enzimática
- Mudanças metabólicas
- Crescimento embrionário

Na natureza, a germinação consiste no nascimento de uma nova planta. Para que isto aconteça, a semente realiza processos metabólicos para garantir seu crescimento. O grão tira a energia necessária para estes processos das suas reservas de energia produzindo enzimas que possibilitam o desdobramento destas reservas em moléculas menores, viabilizando seu transporte pelo grão. A obtenção em boa quantidade e qualidade destas enzimas e moléculas mais simples de amido é o objetivo de todo o processo de malteação.

A semente começa poucas horas após o início da absorção de água a produzir substâncias giberélicas (ácido giberélico e semelhantes), que atingem seu grau

máximo nas primeiras 24h após a maceração, decrescendo após poucos dias. Estas substâncias estimulam a formação de novas amilases, glucanases, proteinases, peptídeos, lipases e fosfatases que por sua vez se juntam às enzimas já presentes no grão e irão transformar de 38% a 42% e boa parte do amido do grão em substâncias solúveis de baixo peso molecular e fácil transporte. Essa transformação se torna visível na medida em que o corpo farinhoso do grão se torna macio e pastoso, sendo facilmente desmanchado quando esfregado (GUIDO, 2013).

Dentre as enzimas atuantes na germinação, as amilases são as de maior importância. A β -amilase está originalmente presente na cevada, tendo sua concentração diminuída após o início da germinação, para voltar a aumentar a partir do segundo dia e age a partir das extremidades das paredes de glicose. Já a α -amilase não está originalmente presente no grão, sendo formada a partir do terceiro dia e germinação, sendo diretamente ligada à respiração do embrião. Esta enzima desdobra os amidos a partir da parte interna da cadeia de glicose e é a principal atuante no processo de mosturação da cerveja, por isso a germinação é estendida até que se obtenham as quantidades desejadas desta enzima (KUNZE, 2004).

Paralelamente com estas transformações, o grão começa a desenvolver radículas, que devem crescer entre 1,5 a 2 vezes seu tamanho. Como estas pequenas raízes tendem a se prender umas às outras, dificultando assim o processo de respiração, é importante que a cevada seja movimentada durante a germinação para evitar este acontecimento. Durante a germinação os grãos perdem umidade a uma taxa de 0,5% ao dia, sendo que esta deve ser repostada para se garantir a continuação do processo. Outro fator para o qual se deve atentar é que a respiração do grão é um processo exotérmico, produzindo cerca de 850MJ de calor por tonelada de malte.

Este calor deve ser dissipado, pois com o aumento da temperatura a germinação se torna mais veloz, aumentando o crescimento das raízes, mas diminuindo a quantidade total de enzimas formadas (GUIDO, 2013). O tempo total para a germinação varia entre cinco e sete dias (KUNZE, 2004).

2.4.1 Dispositivos de Germinação

Na germinação se controla a umidade e temperatura dos grãos através da sopragem de ar umidificado na massa de grãos. Como o ar soprado deve estar a uma temperatura cerca de 2°C abaixo das partículas maceradas um sistema de ar condicionado com umidificação é necessário para se injetar os 300 a 700 m³ de ar por tonelada de malte verde por hora (KUNZE, 2004).

Deve-se evitar que os grãos fiquem aglomerados, possibilitando a passagem de ar uniformemente. Os recipientes de germinação podem ser de dois tipos: tambor ou caixa. Nas caixas a movimentação é feita por revolvedores (Fig. 10). Já nos tambores de malteação a movimentação dos grãos é feita através do giro do tambor (Fig. 11) (GIBSON, 1989).

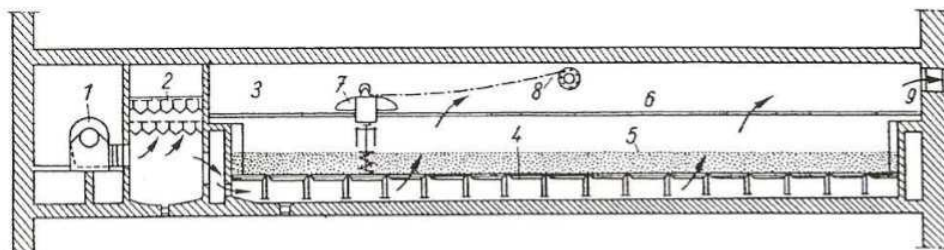


Figura 10 – Exemplo de Caixa de Maceração. (1) Ventilador, (2) Umidificador, (3) Spray de ar, (4) Fundo falso, (5) Malte verde, (6) Trilhos, (7) Revolvedor, (8) Controle revolvedor, (9) Saída de ar

Fonte: KUNZE, 2004



Figura 11 – Exemplo de Tambor de Maceração. (1) Cilindro de chapas de aço, (2) fundo falso, (3) Malte verde, (4) Ar umidificado, (5) Ar de exaustão, (6) Transmissão

Fonte: Adaptado de KUNZE, 2004

Os equipamentos de germinação não apresentam uma variação menor quanto à disposição dos grãos, sendo que seu principal objetivo é a passagem de um fluxo de ar umidificado e resfriado entre os grãos. A maior variação se dá quanto ao modo de movimentação dos mesmos.

2.5 Secagem

O momento em que a maceração é encerrada e a forma com que o malte é secado irão definir as características do malte. Na secagem ocorre uma redução drástica do teor de umidade dos grãos para cerca de 4%, assim o crescimento e toda atividade enzimática são encerrados e o malte se torna estável, permitindo assim sua armazenagem. A etapa de secagem é responsável por cerca de 85% a 90% do consumo de energia de todo o processo de malteação (BRIGGS, 1995).

Esta etapa é a que consome maior quantidade de energia, pois consiste em passar grandes quantidades de ar quente entre os grãos. Durante a secagem podem ocorrer efeitos indesejados, como por exemplo a destruição de enzimas. Para que isto não ocorra a secagem é dividida em etapas. Inicialmente se utiliza temperaturas mais amenas para se realizar uma pré-secagem do malte. Nesta etapa que dura entre 10 e 12 horas, as temperaturas giram em torno de 40°C e a umidade do malte é reduzida para cerca de 12%, garantindo maior estabilidade no sabor da cerveja. A secagem final, dura cerca de oito horas e reduz a umidade para taxas de 4% com temperaturas na faixa de 80°C. É comum que se empregue uma fase de torrefação que dura duas horas a temperaturas acima de 100°C. Para maltes escuros estas temperaturas e tempos são aumentados e a maior parte das enzimas é destruída. (GUIDO, 2013). Com a redução de umidade as raízes se tornam quebradiças e de fácil remoção. (KUNZE, 2004).

A Tabela 4 apresenta valores para temperatura, teor de umidade e potência do ventilador durante a secagem do malte tipo Pilsen, em diferentes tempos e locais da massa de grãos.

Para um melhor controle de fluxo, o ventilador pode ser acionado com sua potência total, ou meia potência, dependendo da fase da secagem.

Tabela 4 – Parâmetros de Secagem

Tempo (horas)	Temperatura medida no malte (°C)			Teor de umidade (%)			Ventilador
	acima	meio	abaixo	acima	meio	abaixo	
1 a 3	20	28	37	41	39	33	potência total
4 a 7	35	45	52	35	30	17	potência total
8 a 11	55	59	62	19	16	8	potência total
12 a 15	71	73	78	7	6	6	meia potência
16 a 19	79	82	85	6	4,5	4,5	meia potência
20 a 22	84	85	86	4	4	4	meia potência

Fonte: Adaptado de KUNZE, 2004

Além de permitir a armazenagem do malte, é na secagem que se formam importantes componentes que influenciam a coloração, aroma e sabor da cerveja. O fenômeno que causa a formação destes componentes, dentre eles principalmente a melanoidina, é conhecido como reação de Maillard. Esta reação consiste na interação entre aminoácidos ou proteínas com açúcares e é a mesma reação que dá aspecto e sabor característicos à alimentos cozidos ou assados (KUNZE, 2004).

A degradação das proteínas causa a formação do DMS, um composto sulfúrico que gera um sabor de vegetais cozidos na cerveja. a formação de DMS pode ser reduzida utilizando-se um fluxo de ar mais veloz durante a secagem e a redução do tempo que o malte está sujeito a temperaturas muito elevadas (BRIGGS, 1995).

Os equipamentos de secagem de grãos têm uma diversidade muito grande, de secagem ao sol à tambores automatizados, e o único requisito necessário é a passagem de um fluxo de ar, preferencialmente quente, por entre os grãos (KUNZE, 2004).

2.6 Análise de Patentes

Para aprimorar os conhecimentos técnicos a respeito do equipamento que será desenvolvido, procurou-se realizar uma análise de patentes, para identificar os principais conhecimentos envolvidos no desenvolvimento do projeto, para tal utilizou-se de uma pesquisa exploratória em bases patentárias, através da plataforma *Google Patents*. As primeiras patentes encontradas para tambores de malteação pneumáticos datam dos anos de 1892 e 1893. Entre o final do século XIX e início do

século XX foram encontradas diversas patentes com pequenos aprimoramentos aos sistemas de tambores de malteação. Após este período não foram encontradas mais patentes envolvendo tambores pneumáticos, sendo que as próximas patentes encontradas pelo grupo datam dos anos de 2009 e 2011. Acredita-se que este *gap* de 100 anos entre a aprimoração do sistema deve-se ao fato de que para uma produção em grande escala de malte os tambores são menos indicados e que exigem um controle térmico mais refinado dos parâmetros. Portanto, somente com o avanço da tecnologia e a propagação das micro cervejarias os tambores de malteação voltaram a ser utilizados.

Como dito anteriormente, as patentes mais antigas apresentam uma deficiência no controle térmico e de passagem de ar que foram aprimoradas nas atuais, mas algumas características do sistema mecânico podem ser avaliadas, já que as soluções modernas utilizam conceitos de custo elevado.

2.6.1 Apoio

Como um grande peso precisa ser suportado pelos mancais, é comum a utilização de apoios para o sistema, como pode ser visto nas Figura 12.

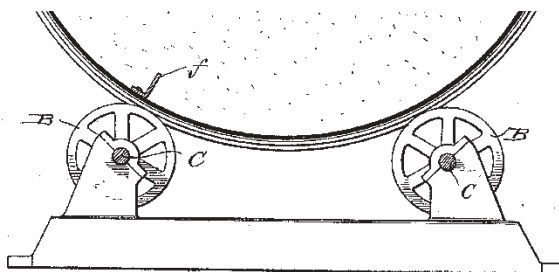


Figura 12 - Sistema de apoio para tambor
Fonte Gieler, 1893.

2.6.2 Transmissão

Outro desafio é a movimentação do tambor, sendo as transmissões por engrenagens as mais utilizadas.

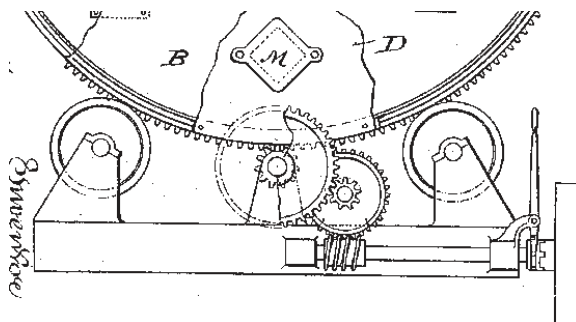


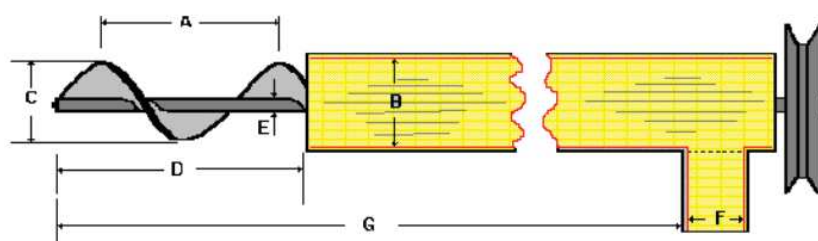
Figura 13 - Transmissão de um tambor de malteação
Fonte: Smith, 1902.

2.6.3 Transporte de grãos

O sistema de movimentação e transporte são muito importantes para evitar danos nos grãos. Esses danos são acentuados quando combinam alta velocidade de movimentação com o baixo teor de umidade do produto.

Um dos tipos de transportes mais utilizados em unidades armazenadoras e fábricas é o transportador helicoidal, também conhecido como rosca-sem-fim. É um equipamento simples, que transporta os grãos ou farelos através de um movimento rotativo e de um condutor estacionário. (SILVA, 2008)

O transportador helicoidal possui os seguintes componentes: helicóide, condutor, polia motora, suporte e extremidades. A Figura 14 mostra a configuração usual de um transportador helicoidal, além das dimensões mais importantes para o cálculo de potência e capacidade.



Dimensões importantes para o cálculo do transportador helicoidal

A = Passo, B = Diâmetro do duto, C = Diâmetro do helicóide, D = Exposição,
 E = Diâmetro do Eixo, F = Diâmetro da descarga, G = Comprimento do helicóide

Figura 14 – Esquema básico de um transportador helicoidal.
Fonte: Silva, 2008.

As dimensões fundamentais podem ser descritas em:

- a) Passo (P): distância entre duas cristas consecutivas medidas paralelamente ao eixo. Para helicóide-padrão, o passo é igual ao diâmetro do helicóide. Para parafusos dosadores, que necessitam de uniformidade no fluxo, o passo é $1/3$ a $1/2$ menor que o diâmetro do helicóide.
- b) Diâmetros: é considerado o diâmetro do helicóide (D) e o do eixo do helicóide (d).

Dependendo do material e trabalho a ser feito, a helicóide pode ser padrão (a), para transportes horizontais, do tipo (b) para transporte inclinado ou vertical de alimentação contínua, do tipo (c) para transportador misturador e do tipo (d) para produtos viscosos ou picados, como mostrado na Figura 15.

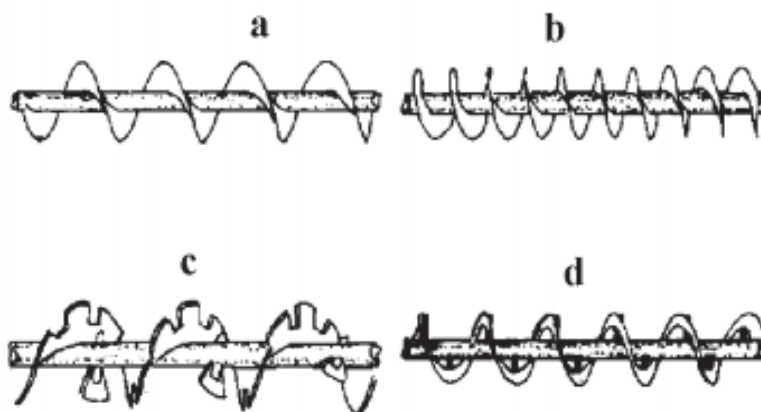


Figura 15 – Tipos de helicóide.
Fonte: Silva, 2008.

Após a análise dos equipamentos existentes no comércio e das patentes, pode-se observar uma tendência de um sistema com o tanque macerador cônico e o tambor de germinação cilíndrico para pequenas quantidades de malte. Para validar essa decisão, uma pesquisa com os potenciais clientes foi feita para pontuar as características que os mesmos procurariam nesse tipo de equipamento.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização desse projeto será adotada uma metodologia de desenvolvimento de produto utilizando conceitos aprendidos durante a graduação auxiliados pelos métodos Pahl e Beitz. Para a construção do MPV, serão utilizados materiais comprados em ferro-velho e disponibilizados pela oficina da microcervejaria Van Krög.

3.1 Descrição da Metodologia

O método Pahl e Beitz (1996) é um método para desenvolvimentos de novos produtos, que consiste nas fases:

1. Especificações Técnicas
2. Benchmarking
3. Levantamento das necessidades dos clientes
4. Caracterização da Oportunidade
5. Projeto Conceitual

Para alimentar o projeto, os requisitos do cliente foram adquiridos através de pesquisa com microcervejarias principalmente da região de Curitiba, utilizando a plataforma Google.

O projeto foi realizado utilizando as técnicas de reengenharia e benchmarking, analisando as opções comerciais do sistema e selecionando os insumos e componentes em sites e comércios locais. A modelagem do projeto conceitual e do protótipo foi feita utilizando o software de desenho SolidWorks.

Para a análise de viabilidade econômica, se utilizará o método de *Payback*, afim de calcular o tempo para que haja retorno do investimento no equipamento. Também serão apresentados orçamentos dos sistemas existentes no mercado para efeito comparativo.

As etapas de desenvolvimento com suas respectivas metodologias e materiais de apoio estão ilustradas na Figura 16.

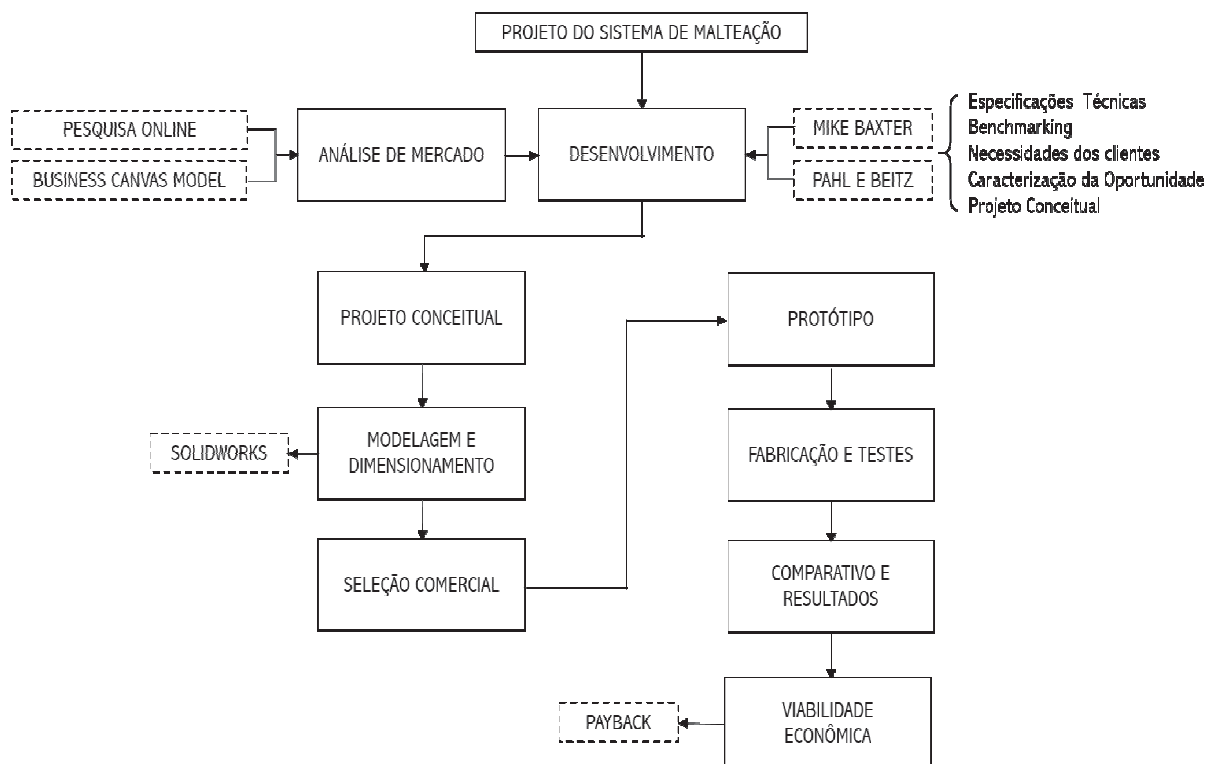


Figura 16 - Fluxograma do projeto e suas metodologias
Fonte: Autores

3.2 Justificativa da Metodologia

Devido à grande importância da metodologia durante o desenvolvimento de produtos, foram escolhidos dois métodos que tiveram sua origem na engenharia e são voltados para a etapa de fabricação. De acordo com Pahl et al. (2005) o procedimento para desenvolvimento de boas soluções deve ser planejável, flexível, otimizável e verificável. Esse procedimento necessita, além de conhecimento especializado do projetista, de um modo sistemático de trabalho. Seguindo as principais etapas propostas, o projetista pode ter mais confiança que analisou todos os pontos importantes do projeto antes de finalizar o desenvolvimento.

Durante o Projeto Conceitual é feita a proposta da utilização de um Sistema de Projeto Auxiliado por Computador, visto a imensa diversidade de softwares que auxiliam os projetos de engenharia.

É necessário que o projetista tenha dois tipos de conhecimento: soluções técnicas (como fazer), e processo de projeto (como proceder). Assim a capacidade intelectual se une com a experiência pessoal, diversificação de conhecimentos e

criatividade. Contudo, o método de Pahl e Beitz não avalia assuntos econômicos, envolvendo a realidade do mercado e a análise de viabilidade financeira.

Para Mike Baxter (2000), o processo de projeto conceitual deve gerar o maior número de conceitos possíveis, e selecionar o mais adequado para o projeto. Essa etapa deve estar de acordo com as restrições e limites do problema identificado. O autor também utiliza ferramentas como a análise das funções do produto, a análise do ciclo de vida e a análise de valor. Após a seleção e mistura de conceitos, é gerado o conceito final do produto.

O método de Baxter inclui no processo o nível de investimento necessário em cada etapa, começando pela análise de viabilidade. Os custos são analisados também na especificação do produto, no projeto, no desenvolvimento, no projeto de produção, na fabricação e finalmente em vendas.

Unindo as metodologias, o fluxo do projeto seguirá as seguintes etapas:

1. Oportunidade (Benchmarking, Análise de Mercado)
2. Especificação do projeto
3. Projeto Conceitual
4. Protótipo
5. Comparativo e Resultados
6. Viabilidade econômica

3.3 Produtos do Projeto

O produto desse projeto é um protótipo do equipamento de malteação, incluindo o projeto conceitual, testes comparativos e análise de viabilidade econômica. O equipamento escolhido para realizar o processo de maceração é um tanque cônico, e para o processo de germinação um tambor rotativo.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 ANÁLISE DA OPORTUNIDADE

4.1.1 Levantamento das necessidades do cliente

4.1.1.1 Caracterização do cliente

Como visto anteriormente cliente foi definido como microcervejarias de pequeno e médio porte do Estado do Paraná que compram o malte já pronto para a produção de cerveja e tenham um volume suficiente para que a produção de malte seja compensatória.

4.1.1.2 Descrição do instrumento de coleta de informações

Uma das técnicas mais utilizadas para coleta de dados são os questionários. (CARVALHO, 1998). As informações foram coletadas utilizando-se de um formulário online através da ferramenta *Google Forms*, enviado através de redes sociais e e-mail para cervejarias da região que se enquadram no público alvo. O questionário continha 6 perguntas, transcritas abaixo:

1. Nome da cervejaria
2. Você compra seu próprio malte?
3. Você considera o preço que você paga no quilograma de malte, no Brasil:
 - a. Caro
 - b. Justo
 - c. Barato
4. Você tem interesse em produzir seu próprio malte?
5. Qual a quantidade semanal aproximada utilizada de malte pilsen?
6. Qual a quantidade semanal aproximada utilizada de maltes especiais?

Além das perguntas com uma opção de resposta, foi requisitado aos participantes do questionário que avaliasse a importância de características, quantificando de 1 a 5, sendo 1 pouco importante e 5 muito importante. As

características avaliadas foram: preço, tamanho, facilidade de limpeza, facilidade de manutenção, facilidade de operação, consumo de água, consumo de energia, sistema de torrefação integrado.

4.1.1.3 Descrição da aplicação do instrumento de coleta de informações

A pesquisa foi realizada durante os dias 4 a 18 de setembro de 2017, e até a análise dos dados, realizada no dia 19 de setembro de 2017. Foi enviada para um total de 47 possíveis clientes e contou com um total de treze respostas, sendo que quatro foram desconsideradas devido à baixa demanda de malte da cervejaria (abaixo de 150kg semanais). Das trezes respostas, 11 cervejarias se encontram no estado do Paraná, sendo que 8 se encontram na região de Curitiba.

Tabela 5 – Cervejarias participantes da pesquisa de mercado

Cervejaria	Cidade
Giramundo	Curitiba
Bodebrown	Curitiba
Boi de Bota	Cianorte
Palais	Ponta Grossa
Xamã	Curitiba
Cathedral	Maringá
Fortuna	Colombo
Davy Jones	Curitiba
Suinga	Presidente Prudente, SP
Deltabrown	Parnaíba, PI
Van Krög	Curitiba
Ovelha	Curitiba
Von Borstel	Londrina

Fonte: Autores.

4.1.1.4 Principais resultados obtidos

A seguir, estão apresentados em forma de gráficos os resultados obtidos pelo questionário online.

Pela Figura 17, percebe-se que todas as cervejarias entrevistadas compram o malte utilizado na produção de cerveja.



Figura 17 - Gráfico contendo as respostas da pergunta 2 do questionário.
Fonte: Autores.

Com o aprofundamento no tema, pode-se observar que as figuras 18 e 19 demonstram a percepção das cervejarias quanto ao tema e o interesse em passar a fabricar o malte internamente na empresa.

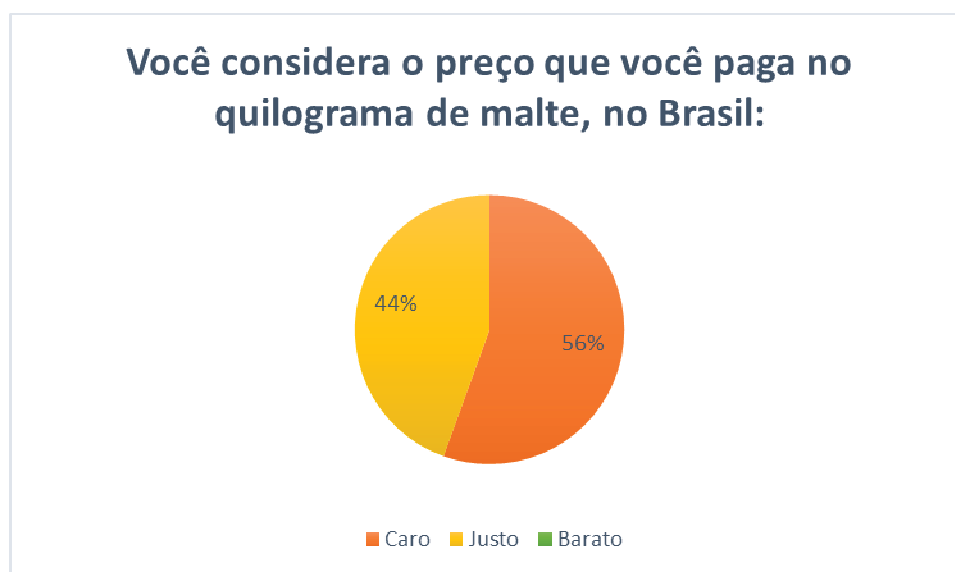


Figura 18 - Gráfico contendo as respostas da pergunta 3 do questionário.
Fonte: Autores.

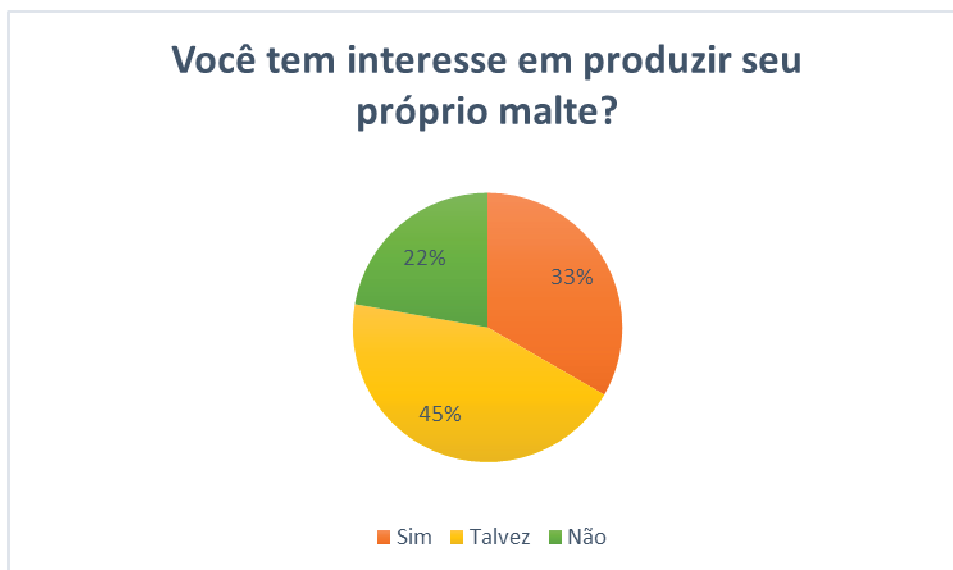


Figura 19 – Gráfico contendo as respostas da pergunta 4 do questionário.
Fonte: Autores.

Pelo gráfico da Figura 18, a maioria (56%) das cervejarias consideradas na pesquisa considera o preço pago pelo malte no Brasil caro, sendo que o restante (44%) julga o preço adequado. Nenhuma empresa considera o malte barato. Quanto ao interesse, um terço dos entrevistados demonstra disposição de fabricar seu próprio malte, a maioria (45%) considera a possibilidade de possuir um equipamento para produção de malte e a minoria (22%) não tem interesse em produzir o malte que utiliza.

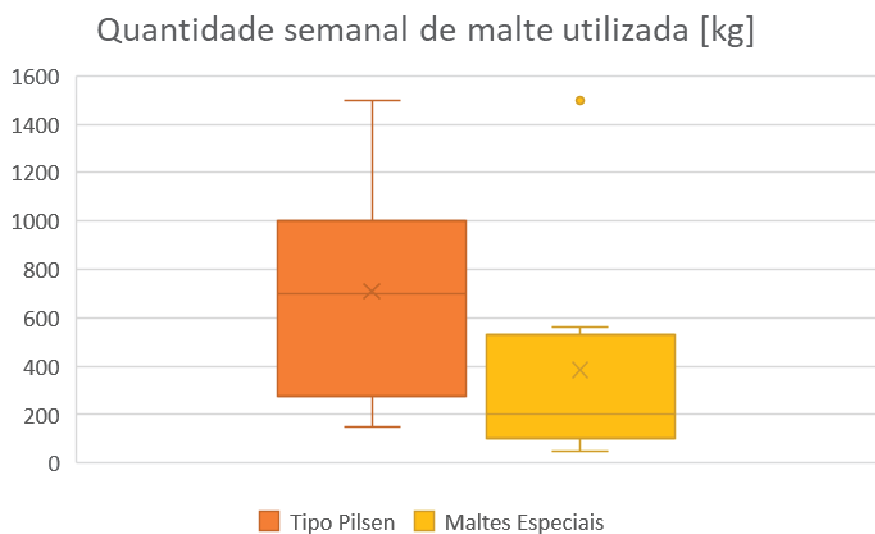


Figura 20 – Gráfico contendo as respostas das perguntas 5 e 6 do questionário.
Fonte: Autores.

Na Figura 20, observa-se que a demanda de malte pilsen é maior que a de maltes especiais. No gráfico tipo caixa é possível ver que a média semanal de malte tipo pilsen gira em torno de 711kg, com respostas variando entre 150kg e 1500kg. Já considerando maltes especiais, as quantidades giram entre 50kg e 560kg e um valor isolado de 1500kg, gerando uma média de 385kg.

Quanto a avaliação qualitativa das características, foi feita uma média das notas dadas pelos entrevistados conforme mostrado na Tabela 6.

Tabela 6 – Médias das notas concedidas pelos entrevistados para as características do produto.

Critério	Nota
Facilidade de Limpeza	4,2
Facilidade de Operação	4,2
Sistema de torrefação integrado	4,2
Facilidade de Manutenção	4,1
Preço	4
Consumo de energia	3,9
Consumo de água	3,3
Tamanho	3,1

Fonte: Autores.

Identificou-se que facilidade de limpeza e operação, assim como a presença de um sistema de torrefação integrado são os atributos mais apreciados ou de maior importância na percepção das cervejarias. Outras características consideradas importantes pelos clientes em potencial são facilidade de manutenção, preço e consumo de energia respectivamente. Ainda sobre a Tabela 6, notou-se que consumo de água e tamanho são atributos de menor importância do ponto de vista dos entrevistados.

4.1.1.5 Comentários dos clientes

Após o questionário foi aberto um campo para comentários. Dentre as respostas obtidas, se destacaram as seguintes:

“Muito boa a ideia, o Brasil precisa começar a produzir sua própria matéria prima. Agora o preço para isso é vital para uma fábrica.” (Fabricante A)

“Malte especial muito caro e pilsen má qualidade. Importante o sistema de malteação ser facilmente automatizado com menor índice de operação humana possível. Ter suporte para alteração de trigo e sorgo.” (Fabricante B)

“Em relação ao valor dos maltes, acredito que em muitos casos o valor aplicado é justo, porém existem alguns maltes especiais sendo vendidos com valores extremamente elevados.” (Fabricante C)

4.1.1.6 Business canvas model

Para conceituar a ideia de negócio, foi realizado um *Business Model Canvas* com base nas informações obtidas anteriormente, afim de simular as relações entre a empresa fornecedora de equipamentos de malteação e seus clientes: as microcervejarias da região de Curitiba. Com objetivo central de identificar as principais propostas de valor referentes ao segmento específico de mercado.

Abaixo estão listadas as categorias do modelo com a proposta do malteador de grãos:

Parceiros-Chave

- Fabricar e instalar os equipamentos de malteação
- Empresa metalmecânica especializada na fabricação de componentes alimentícios
- Fornecedores de equipamentos e matéria prima
- Equipe de manutenção especializada

Atividades-Chave

- Ser uma alternativa à produtores de malte
- Serviços de vendas e manutenção
- Alternativa mais atrativa que equipamentos importados

Recursos-Chave

- Mão de obra terceirizada para fabricação
- Especialista em agronomia para otimização do processo
- Vendedores
- Local físico para pré-montagem e estoque mínimo de peças
- Engenheiros para desenvolvimento, planejamento e execução do projeto

Proposta de Valor

- Manter: Newsletter sobre tema malte, contato via hotline e pesquisa de satisfação
- Controle de qualidade do malte utilizado
- Utilização de componentes comerciais nacionais a fim de facilitar a manutenção

- Preço do equipamento inferior às alternativas importadas e preço do malte produzido inferior ao comprado
- Alternativa de equipamento para malteação de produção local

Relacionamentos com Clientes

- Aumentar: Indicações, atualizações e crossselling
- Atrair: Exposição em feiras e anúncios em redes sociais e sites e blogs do segmento

Canais

- Equipe especializada em vendas
- Vendas e contatos através de site próprio

Segmento de Clientes

- Cervejarias de médio e pequeno porte da região de Curitiba
- Se preocupam com qualidade e preço das cervejas produzidas
- Cervejarias e destilarias de whisky do Brasil

Estrutura de Custos

- Peças, matéria prima e equipamentos para fabricação
- Mão de obra para fabricação
- Impostos
- Transporte de equipamentos
- Anúncios
- Assistência (manutenção/ visitas/ ajuda ao cliente)
- Equipe de vendas/ manutenção

Fontes de Receita

- Vendas diretas
- Manutenção
- Crossselling

A partir do modelo Canvas, pode-se definir bem o cliente e o modelo de negócio que o equipamento malteador se encaixa. O modelo canvas se encontra no Apêndice E.

4.2 ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO

4.2.1 Requisitos do projeto

A partir dos dados levantados na revisão bibliográfica, benchmarking e pesquisa com possíveis clientes foram definidos alguns requisitos de projeto:

- Sistema para produção 1000kg de malte
- Todos os componentes fabricados em aço inox ou adequados para indústria alimentícia
- Possibilidade de automação do equipamento
- Utilização de componentes nacionais

4.2.2 Estrutura funcional

Na concepção do produto, é importante criar uma estrutura funcional com as entradas e saídas, e a ação de transformação. No caso do malteador de grãos, a estrutura funcional pode ser representada no esquema abaixo:

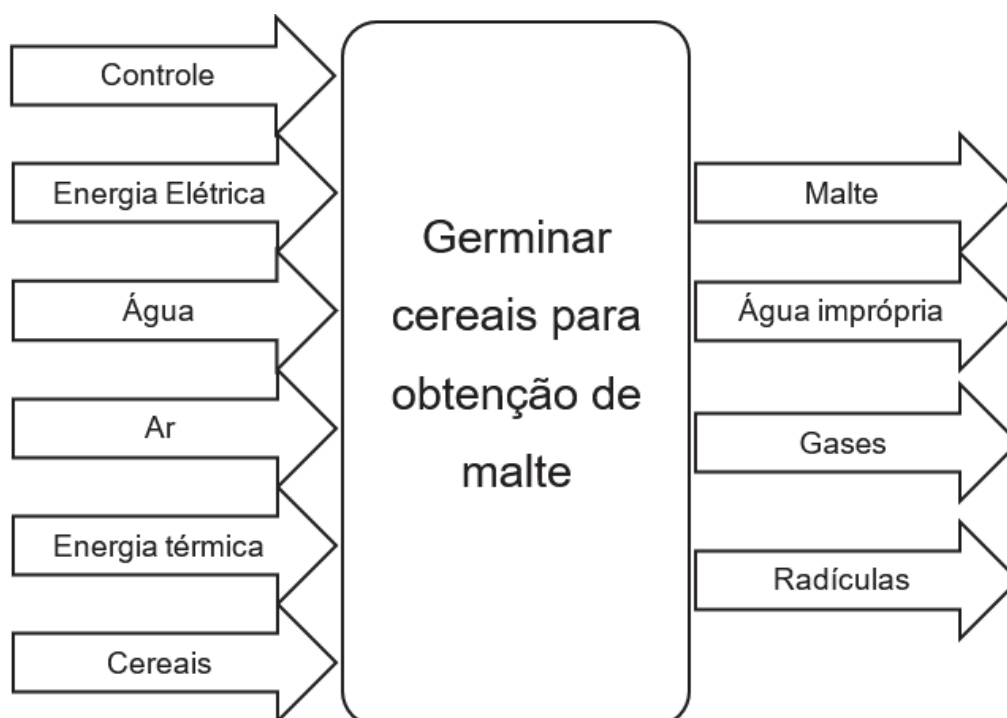


Figura 21 – Estrutura Funcional

Fonte: Autores

4.2.3 Análise de alternativas

Com base nos dados apresentados anteriormente, foram avaliadas as diferentes alternativas possíveis e por meio de uma matriz de decisão, preenchida com base nas informações obtidas na bibliografia e na pesquisa com o cliente. Para cada critério foram deferidos os seguintes conceitos: 3- atende com precariedade, 5- atende com regularidade, 7- atende com êxito, 10- atende com excelência.

Tabela 7 – Matriz de decisão para escolha de tipo de dispositivo de maceração

Critério	Peso	Nota	
		Funil	Flat Bottom
Preço	4,00	7	3
Tamanho	3,11	10	5
Facilidade de Limpeza	4,22	10	3
Facilidade de Manutenção	4,11	7	3
Facilidade de Operação	4,22	7	5
Consumo de água	3,33	5	3
Consumo de energia	3,89	7	5
Total:		203,49	103,08

Fonte: Autores.

As notas foram dadas segundo os critérios abaixo:

- Preço: Como um funil utiliza uma quantidade de material menor e tem um processo de fabricação relativamente mais simples, tem um preço de fabricação menor (KUNZE, 2004).
- Tamanho: Um funil consegue condensar a quantidade de malte em um espaço menor e mais vertical, sendo mais prático no tamanho (KUNZE, 2004).
- Facilidade de limpeza: Um funil não apresenta cantos que podem acumular sujeira e tem um processo de esvaziamento muito mais efetivo, facilitando sua limpeza (KUNZE, 2004).
- Facilidade de manutenção: Por apresentar um número de componentes menor e um sistema de operação mais simples, a manutenção do funil é mais
- Facilidade de operação: O equipamento flat bottom tem um número maior de etapas e equipamentos, tendo uma operação mais complexa (KUNZE, 2004)
- Consumo de água: Como não tem um fundo falso, o funil consome cerca de 30% a menos de água (KUNZE, 2004).
- Consumo de energia: O funil não precisa de um motor de elevação para ser esvaziado, consumindo menos energia (GIBSON, 1989).

- As respectivas notas e resultados para o germinador podem ser consultados abaixo na Tabela 8.

Tabela 8 – Matriz de decisão para escolha de tipo de dispositivo de germinação

Critério	Peso	Nota	
		Caixa	Tambor
Preço	4,00	7	3
Tamanho	3,11	3	7
Facilidade de Limpeza	4,22	3	10
Facilidade de Manutenção	4,11	5	7
Facilidade de Operação	4,22	5	7
Consumo de água	3,33	7	7
Consumo de energia	3,89	10	5
Sistema de torrefação integrado	4,22	7	3
Total:		183,4	189,8

Fonte: Autores.

As notas foram dadas conforme os dados retirados da literatura, conforme descrito abaixo:

- Preço de um sistema tambor é mais elevado segundo KUNZE, sendo esta sua maior desvantagem, já o equipamento tipo caixa utiliza uma estrutura mais simples, reduzindo seu custo de fabricação.
- Facilidade de limpeza: Como pode ser visto na Figura 11 no interior das caixas de germinação estão presentes um número maior de componentes e cantos que podem acumular sujeira e dejetos dificultando o acesso e limpeza. Já o tambor tem uma estrutura simples e com poucos cantos, facilitando a limpeza, sendo essa uma das suas maiores qualidades (GIBSON, 1989).
- Facilidade de manutenção: Por motivos semelhantes ao quesito anterior (quantidade de peças e componentes) é mais fácil realizar a manutenção em um sistema tipo tambor que uma caixa.
- Facilidade de operação: O sistema tambor garante um tratamento mais suave dos grãos, necessitando menor necessidade de operação (KUNZE, 2004)

- Consumo de água: O sistema de umidificação dos dois sistemas trabalha de maneira semelhante, portanto conceitos iguais (BRIGGS, 2004)
- Consumo de energia: Os motores utilizados nas caixas são menos robustos e de menor torque que os utilizados no tambor, consumindo uma quantidade de energia consideravelmente menor (BRIGGS, 2004).
- Sistema de torrefação integrado: Hoje em dia é comum que o sistema de secagem e torrefação integrado (BRIGGS, 2004). Nos sistemas tipo caixa é mais fácil realizar esta integração devido à geometria mais simples da estrutura, garantindo melhor acoplamento de sistemas extras.

4.2.4 Benchmarking

O *Benchmarking* consiste em uma pesquisa de mercado, usando critérios comparativos para aperfeiçoar o produto em desenvolvimento por meio do conhecimento das tecnologias utilizadas pelos principais fabricantes do ramo. Os principais critérios analisados no Benchmarking foram: material, capacidade por ciclo, tipo de dispositivo, tipo de transmissão, condicionamento de ar, tipo de aquecimento, tipo de refrigeração e sistema de controle. Comercialmente, três empresas fabricantes de equipamentos se destacam: a alemã *Kaspar Schulz*, especializada em cerveja, a italiana *Zanin Fratelli*, que produz equipamentos para a indústria agro-alimentícia em geral e a chinesa *Yingtai Machinery*. Para o *benchmarking*, foram analisados os sistemas de malteação dessas três empresas.

O sistema da *Kaspar Schulz* (Fig. 21) possui dois tanques: um de maceração e outro de germinação e secagem. Os dois tanques são interligados, fazendo com que o malte após a maceração seja alimentado automaticamente no tambor de germinação.



Figura 22 – Sistema de Malteação Kaspar Schulz
Fonte: Website da Kaspar Schulz⁹.

O sistema de malteação da Zanin (Fig. 22) possui alimentação e descargas automatizadas, e pode ser utilizado para o processamento de outros tipos de grãos, como o arroz, trigo, aveia, amaranto, quinoa, etc.



Figura 23 – Sistema de Malteação de Cereais Zanin Fratelli
Fonte: Catálogo da Zanin¹⁰

O sistema da chinesa Yingtai Machinery, é muito semelhante com a da Kaspar Schulz, mas foi desenvolvida para ter um menor custo.

⁹ Disponível em: <<http://www.kaspar-schulz.de>>. Acesso em maio de 2017.

¹⁰ Disponível em: <<http://img.zanin-italia.com/>>. Acesso em maio de 2017.



Figura 24 – Sistema de Malteação Yingtai Machinery
Fonte: Site da Yingtai¹¹

A tabela comparativa (Tabela 9) destaca as principais características e diferenças entre os sistemas. Analisando a capacidade de 1 ton, necessidade de secagem e sistema de transmissão mais simples, pode-se notar que o sistema de tambor com transmissão de corrente é o mais adequado para nosso projeto.

Tabela 9 – Benchmarking do sistema de malteação a tambor

Característica	Malting System Kaspar Schulz	Malting System Zanin Fratelli	Malting System Yingtai
Material	Aço inoxidável AISI 304	Aço inoxidável AISI 304 com isolamento	Aço inoxidável AISI 304
Capacidade	2, 5 e 10 toneladas	2.5, 4, 6 e 10 toneladas	0.5, 1 e 2 toneladas
Dispositivo	Tambor	Tambor	Tambor
Maceração	Separada	Separada	Separada
Secagem	Até 130°C	Sem especificação	Máximo 170 KW
Transmissão	Corrente	Acoplamento no eixo de rotação	Corrente
Descarga	Rosca sem-fim	Rosca sem-fim	Rosca sem-fim
Condicionamento do ar	Exaustão de CO ₂ , circulação e aeração pneumática	Exaustão de CO ₂ , dutos internos e externos de ar	Exaustão de CO ₂ , dutos internos e externos de ar
Aquecimento	Indireto utilizado evaporador, com reaproveitamento de calor e umidificador	Bateria de óleo térmico	Aquecedor a gás
Refrigeração	Serpentina de resfriamento	Líquido refrigerante	Chiller
Controle	Touch Screen	Touch screen e pesagem	Touch screen e pesagem

Fonte: Autores.

¹¹ Disponível em: < http://www.maltingsystem.com/products_detail/productId=71.html>. Acesso em setembro de 2017.

4.2.5 Requisitos de projeto

Com base em requisitos definidos pelo cliente e dados retirados da literatura (GIBSON, 1989 e KUNZE, 2004) foram definidas as especificações de projeto que serão consideradas no dimensionamento do sistema para 1 tonelada de malte, citados na Tabela 10.

Tabela 10 – Especificações do projeto

Maceração	
Massa de malte após maceração	1,25ton
Quantidade de água imprópria gerada	3 a 5,3 m ³
Volume do macerador	2,4m ³
Germinação	
Vazão ar	0,2 m ³ /s
Água utilizada	Total 0,5m ³
Lotação tambor	70%
Duração das rotações	30 min
Tempo de rotação	1/10 do total
Temperatura máxima permitida	18°C
Distribuição de peso	300 a 500 kg por m ² de fundo falso
Secagem	
Vazão de ar (até 12% de umidade)	1,35m ³ /s
Vazão de ar (após 12% de umidade)	0,65m ³ /s
Peso final	20% do inicial

Fonte: Autores

Definidos os tipos de equipamentos utilizados e requisitos de projeto a serem seguidos foi possível dar início ao projeto conceitual do sistema.

4.3 PROJETO CONCEITUAL

A partir do benchmarking e do levantamento das necessidades do cliente, foi possível realizar o projeto conceitual utilizando o software de desenho SolidWorks. Utilizando a capacidade média das microcervejarias da região, e de um tamanho ideal de 1 tonelada. O projeto iniciou-se analisando a estrutura do tambor. Para isso, utilizando as referências, criou-se uma tabela do excel relacionando diâmetro, comprimento, porcentagem de utilização e dimensional do fundo falso.

4.3.1 EQUIPAMENTO DE GERMINAÇÃO E SECAGEM

4.3.1.1 Estrutura

A estrutura do sistema pode ser dividida em: tambor, base, apoio, transporte helicoidal e esgotamento. O tambor é a parte principal do equipamento, e deve ser dimensionado para um volume considerando 25% de fundo falso e 70% de lotação do tambor.

Para o cálculo do volume útil do tambor, é necessário utilizar a massa específica granular da cevada, que varia de acordo com a umidade do grão, como mostrado na Tabela 11.

Tabela 11 – Massa específica granular da cevada, em kg.m^{-3}

Umidade (%b.u.)	Massa Específica Granular
7,9	585,0
10,8	593,0
13,3	593,0
16,6	577,0
19,5	569,0

Fonte: BROOKER et al., 1974.

Para o cálculo de cubagem, é utilizada uma umidade comercial, segundo USA. O valor da massa específica da cevada é então definida como 700 kg/m^3 , valor utilizado em projetos por abranger o peso específico em todas as umidades (BROOKER et al., 1992). Moshenin (1978) também utiliza como informação adicional para o dimensionamento dos equipamentos, a forma e tamanho do grão de cevada. O tamanho, cujas dimensões podem ser vistas na Figura 24, estão detalhadas na Tabela 12. A forma, determinada pela esfericidade, pode ser calculada usando a relação da Figura 25.

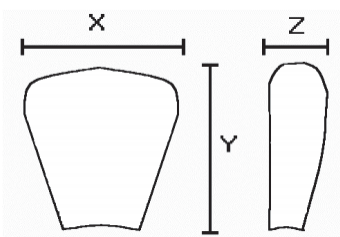
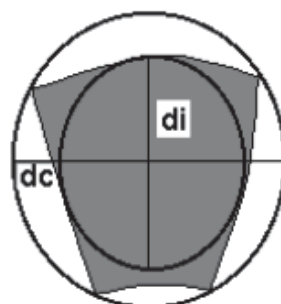


Figura 25 – Eixos para determinação do tamanho do grão.

Fonte: Moshenin, 1978.



Esfericidade = di/dc

Figura 26 – Determinação aproximada da esfericidade.

Fonte: Moshenin, 1978.

Tabela 12 – Forma e tamanho da cevada

Umidade (%b.u.)	7,8
Esfericidade (%)	44,5
X (mm)	3,5
Y (mm)	10,4
Z (mm)	2,7

Fonte: Adaptado de MOSHENIN, 1978.

Para a estrutura do tambor, escolheu-se chapas comerciais de Inox AISI 304 com tamanho comercial padrão de 1240x3000mm, e espessura de 4mm. Como é uma aplicação alimentícia, a solda e os materiais em contato devem seguir a regulamentação da ANVISA, de 2007 (resolução RDC nº20).

Para o tambor, foi pensado na melhor disposição das chapas e das soldas, para aproveitar o material e diminuir o custo de solda. A partir de uma tabela do Excel, foi calculada uma razão de diâmetro por comprimento, para que a capacidade indicada de uso do tambor (70%), e de fundo falso (25%) fosse respeitada, pensando no melhor aproveitamento das chapas.

Para o cálculo do volume de fundo falso, e do volume útil utilizou-se as equações de segmento circular:

$$V_f = A_f \times L \quad (2)$$

$$A_f = R^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot (\Phi - \text{sen } \Phi) \quad (3)$$

$$R = h + d \quad (4)$$

$$c = R \cdot (2 - 2 \cdot \cos \Phi)^{1/2} \quad (5)$$

$$\Phi = 2 \arccos (d/R) \quad (6)$$

$$Vt = (\pi R^2 \times L) \quad (7)$$

$$Pu = Vu \times Me \quad (8)$$

Onde:

A = Área da seção circular (m²)

L = Comprimento do tanque (m)

R = Raio do tanque (m)

Φ = ângulo (rad)

c = Comprimento da corda / fundo falso (m)

Pu = Peso útil (kg)

Me = Massa específica (kg/m³)

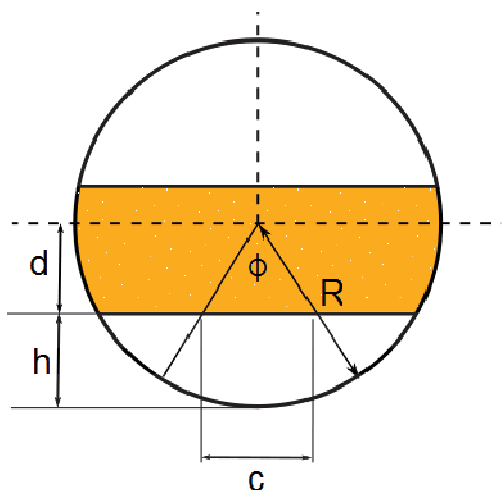


Figura 27 – Dimensões principais do tambor.

Fonte: Autores.

A partir dessas relações, foi obtido os seguintes valores de dimensional:

Tabela 13 – Dimensional do tambor

Diâmetro (m)	1,45
Comprimento (m)	2,00
Comprimento do fundo "c" (m)	1,33
Área Seção Falsa (m ²)	0,42
Volume Fundo Falso (m ³)	0,83
Volume útil (m ³)	3,30
Peso útil cevada (kg)	1068,22

Fonte: Autores.

Os valores foram obtidos por iteração em uma planilha do Excel. Caso a relação de diâmetro e comprimento mudem, o volume final e aproveitamento das chapas também mudará.

O equipamento de malteação poderá ser utilizado também para maltear trigo e sorgo, ingredientes comuns em cervejas especiais. Utilizando a massa específica do trigo (772 kg/m^3) e do sorgo (721 kg/m^3), o equipamento poderá maltear até 1246kg de sorgo e 1334kg de trigo. (BROOKER et al., 1992)

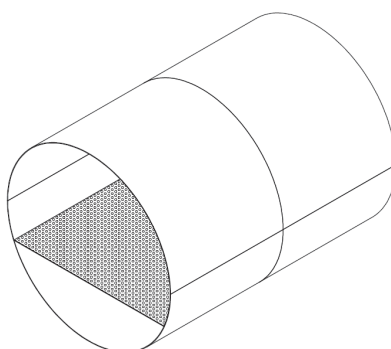


Figura 28 – Desenho do tambor nas dimensões calculadas.

Fonte: Autores.

Para as tampas que fecham o tambor, foi considerado um aproveitamento das chapas de 1240 x 3000mm. A tampa foi dividida em três partes que serão soldadas. Também, foi desenhada a furação para fixação do mancal e passagem da tubulação de ar, que será cortada a laser. Para melhorar a experiência do usuário, foi adicionado um visor de acrílico com fechador de manivela, caso seja necessária a amostragem de grãos para análises físico-químicas. Para a fixação da tampa no tambor, pensando na manutenção do equipamento, foi projetada uma virola que será soldada na tampa e parafusada no tambor.

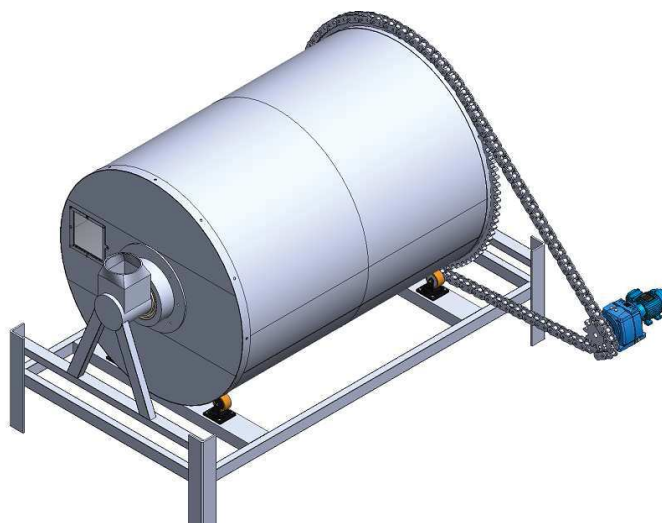


Figura 29 – Projeto estrutural do tambor
Fonte: Autores.

O volume do tanque macerador pode ser calculado pelo volume de um cone e de um cilindro. Kunze (2004) utiliza um aumento de 40% do tamanho do grão durante a maceração, afim de determinar o volume final de cevada. Utilizou-se o valor de 618 kg de cevada por litro de volume.

Assim, para se obter 1000kg de malte, necessita-se de 1400kg antes da maceração. Isso corresponde a um volume de 2.3m^3 , o que resultou nas dimensões que estão representadas no apêndice D. A figura 30 mostra o projeto com os componentes principais.

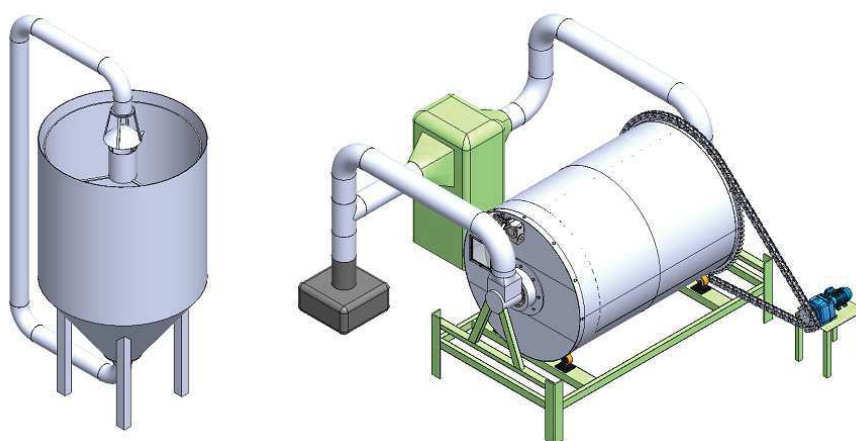


Figura 30 – Tanque macerador e tambor de germinação
Fonte: Autores

4.3.1.2 Determinação de esforços no tanque

As forças que atuam no sistema proposto são dinâmicas, dependentes do tempo e complexas de averiguar. Desta forma, foram propostas uma série de considerações que possibilitem uma simplificação condizente com a realidade e em que possa se atuar no regime permanente das forças.

A primeira consideração é que os grãos inicialmente estão uniformemente distribuídos na posição horizontal, ocupando a metade do tambor. A segunda consideração é que existem dois regimes diferentes de atuação das forças: um regime de acionamento e regime permanente. Como efeito destas forças gravitacionais, os grãos passam a se comportar em um segundo momento como um fluido, escoando entre si. Esta transição sólido-fluido acontece quando se atinge um ângulo $\theta = \theta_{crit}$, e é exemplificada pela Figura 31.

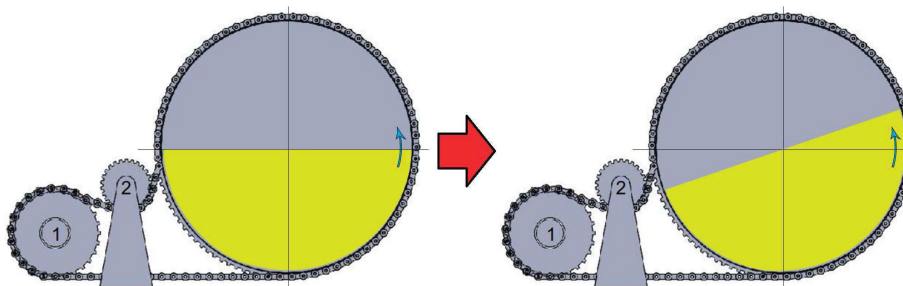


Figura 31 – Os grãos se comportam como sólido no acionamento até atingirem um ângulo θ_{crit} .

Fonte: Autores

A partir deste momento é dado início a um ciclo que se repete enquanto o tambor continuar a girar. Neste ciclo, há o escorregamento dos grãos como um efeito em cadeia, em que os grãos que começam a escoar arrastam os demais, produzindo uma força maior que a gravitacional, levando os grãos a uma condição anterior a de de escoar, onde irá se comportar como sólido novamente. Para efeito de cálculo, quando os grãos atingirem o patamar deverão comportar-se como um fluido, quando $\theta = \theta_{crit}$, permanecerão na mesma inclinação enquanto o tambor continua a girar, o que é considerado o regime permanente para os efeitos de cálculo deste estudo.

Por dados tirados do fabricante em estudo, foi observado que este ângulo se encontra na faixa de aproximadamente $\theta_{crit} = 17^\circ$, como pode ser visto na Figura

32. Porém, por questões de segurança, aumentou-se em 50% esse valor, passando para $\theta_{crit} = 25^\circ$.

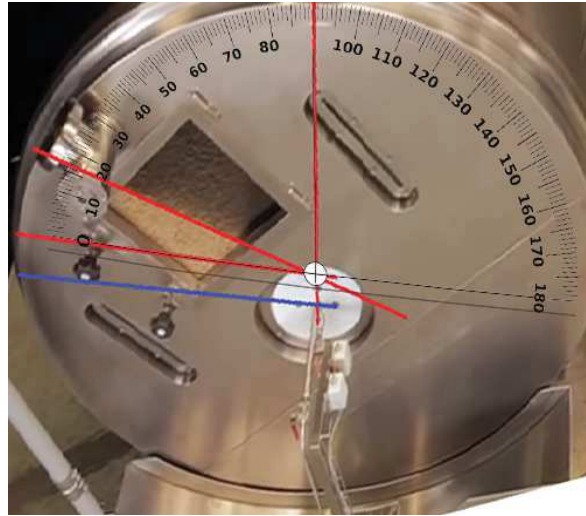


Figura 32 – Ângulo θ_{crit} para o qual os ângulos começam a escoar.
Fonte: Kaspar Schulz.

Como a duração da rotação do tambor é de meia hora, ou seja 0,0333 rpm, o ângulo θ vai de 0 a 25° em um intervalo de tempo de cerca de 250 segundos.

O torque que é exercido pelas correntes pode ser considerado como a reação de dois componentes: o torque de giro do tambor e dos grãos e o torque do peso dos grãos, uma vez que o deslocamento do centro de massa dos grãos cria uma distância em relação à linha de ação da transmissão da força nas correntes. O torque do sistema pode ser observado na equação 9.

$$\tau_{ac} = \tau_{giro} + \tau_{peso} \quad (9)$$

Para o material do tambor, foi utilizado o aço AISI 304 com densidade $\rho=7900\text{kg/m}^3$, considerando uma espessura de 4 mm, dados relativos aos tambores comuns utilizados na área alimentícia. Os grãos foram averiguados com $\rho=609\text{kg/m}^3$.

A partir do diâmetro, massa e volume calculados é possível calcular o momento de inércia de cada componente no acionamento e, conseqüentemente, seus respectivos torques no acionamento. sabendo que $\tau = F.r$, pode-se construir um gráfico mostrando a evolução da Força exercida pela corrente ao longo do tempo de acionamento e ângulo de escoamento, mostrado na Figura 31(a) e Figura 31(b). Da Figura 31(c e d), pode-se concluir que o momento de maior força ocorre antes de os

grãos comecem a escoar, pois ainda se tem um momento de inércia de giro dos grãos e o torque do peso aumenta conforme o ângulo θ cresce. Logo o torque necessário para o acionamento é de aproximadamente 2513Nm.

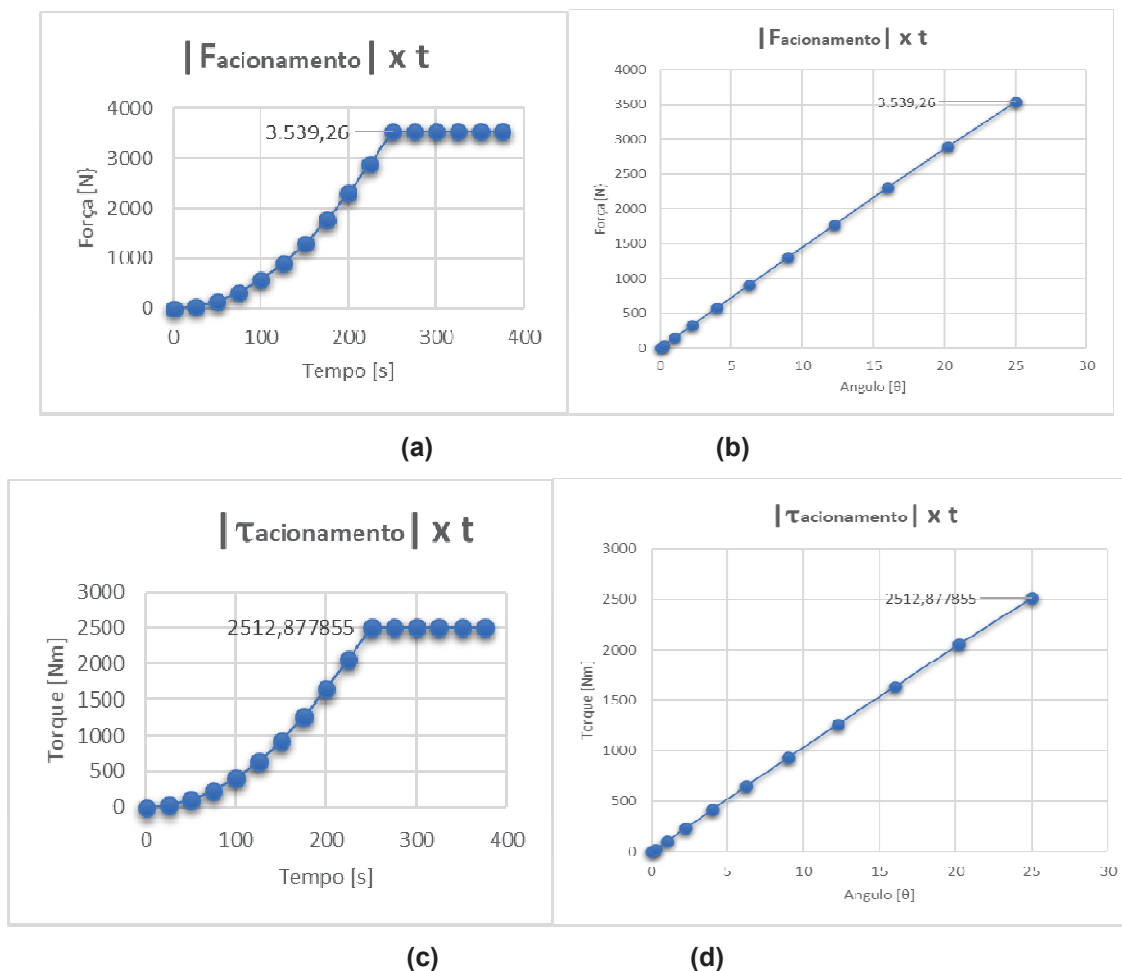


Figura 33 – Valores de força (a) (b) e torque (c) (d) para acionamento do sistema
 Fonte: Autores.

4.3.1.3 Transportador helicoidal

Para dimensionar o transportador e calcular a potência necessária para execução do trabalho, deve ser analisado os fatores de carga. A carga mínima de 45% é utilizada para materiais finos e não abrasivos. A carga de 35% é utilizada para materiais abrasivos e torrões. Para materiais pesados, como areia, a capacidade não deve ultrapassar 15%. No caso do transporte de malte, que é um grão, pode-se trabalhar com 100% de carga. (SILVA, 2008)

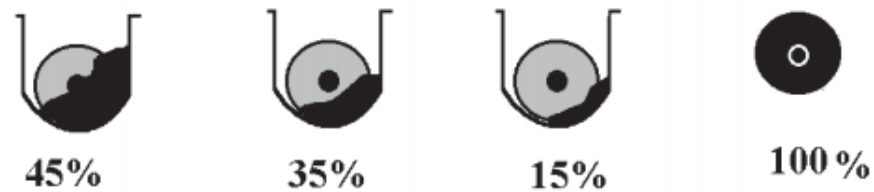


Figura 34– Fatores de carga para transportadores helicoidais.

Fonte: Silva, 2008.

A capacidade nominal de um transportador helicoidal trabalhando na posição horizontal pode ser estimada na equação 10:

$$Q = 4.17 \times 10^{-5} (D^2 - d^2) \cdot p \cdot N \quad (10)$$

Onde:

- Q = capacidade de transporte, em m³/h;
- D = diâmetro do helicóide, em cm;
- d = diâmetro do eixo do helicóide, em cm;
- p = passo do helicóide, em cm;
- N = número de rotações do eixo, em rpm.

O diâmetro máximo da partícula do material determina o diâmetro mínimo do transportador. A partir do tamanho, consistência, fluidez e abrasividade do material pode-se determinar a velocidade máxima. Para calcular a potência requerida, utiliza-se a Equação 11:

$$P = 2.22 \times 10^{-4} (Q \cdot Me \cdot L \cdot Fm) \quad (11)$$

Onde:

- P = potência requerida do transportador, em cv;
- Q = capacidade do transportador, em m³/min;
- Me = massa específica do material, em kg/m³;
- L = comprimento total do transportador, em m;
- Fm = fator de potência que depende do material, adimensional.

Para o dimensionamento do helicóide, utilizou-se os dados da Tabela 14, para massa específica e fator de potência, e a Tabela 16 para correção da potência caso

o valor seja inferior a 5cv. Para referência, se tomou o primeiro valor para a tabela 15, para um tamanho de partícula de 19mm, a rotação máxima de 165 rpm.

Tabela 14 – Valores aproximados de massa específica e fator de potência para dimensionamento

Produto	Massa específica (kg.m ⁻³)	Fator de potência (Fm)
Cevada	609	0,4
Soja	800	0,5
Milho	720	0,4
Aveia	416	0,4
Arroz	769	0,4
Trigo	770	0,4
Farelo	250	0,4

Fonte: SILVA, 2008.

Tabela 15 – Relação entre as variáveis para uma taxa de carga de 45%

Tamanho da partícula (mm)	Helicóide		Capacidade (m ³ . h ⁻¹)	
	Diâmetro (mm)	rpm máxima	rpm l (um)	rpm máxima
19	152	165	0,06	11
38	229	150	0,23	34
51	305	140	0,56	76
63	356	130	0,87	113
76	406	120	1,23	159
76	457	115	1,87	215
89	508	105	2,69	283
89	610	100	4,73	473

Fonte: SILVA, 2008.

Tabela 16 – Fator de correção para potência do transportador helicoidal

Potência (cv)	Fator de correção (Fc)
menor que 1,0	2,00
de 1,0 a 2,0	1,50
de 2,0 a 4,0	1,25
maior que 5,0	sem correção

Fonte: SILVA, 2008.

Utilizando as equações (10) e (11), foi possível determinar a potência requerida para o motor. Foi utilizado o volume de 2,47m³ no cálculo da capacidade, resultando então em um tempo de descarregamento da 1 tonelada de malte em aproximadamente 22 minutos. As dimensões do transportador helicoidal estão descritas na Tabela 17.

Tabela 17 – Dimensionamento do transportador helicoidal

Diâmetro do helicóide (cm)	12
Diâmetro do eixo da helicóide (cm)	5
Passo do helicóide (cm)	12
Rotação do eixo (rpm)	100
Capacidade do transportador (m ³ /h)	6.85
Massa específica do material (kg/m ³)	609
Comprimento total do transportador (m)	2
Fator de potência (adimensional)	0.4
Fator de correção (adimensional)	2
Potência requerida (cv)	1.29

Fonte:Autores.

Para o projeto do transportador, se utilizou uma chapa de 3mm de espessura para o helicóide e uma barra circular com diâmetro de 5cm para o eixo. Para o acionamento do transportador, é necessário o uso de um motor com redutor. Para a escolha do motor, utilizou-se os dados obtidos na tabela 17, chegando ao modelo de motor WEG 1.5cv 220/380V 1720rpm e redutor 1:15. Assim, a rotação na saída do motoredutor é de 114.7rpm, com torque de saída de 61Nm.



Figura 35 – Motoredutor 1:15 com motor de 1,5cv WN2. Fonte: Liloredutores¹²

A rosca sem fim, deverá ser acoplada no motor e posicionada na parte contrária do tambor. Assim, ao final do processo, o fundo falso fica para cima e a rosca sem fim entra em ação, como mostrado na Figura 36.

¹² Disponível em <
https://www.liloredutores.com.br/Motoredutor_Reduc%u00e3o_de_1_15_com_Motor_de_1_5cv_4Polos_WN2/prod-1030551/> acesso em 02 de novembro de 2017.

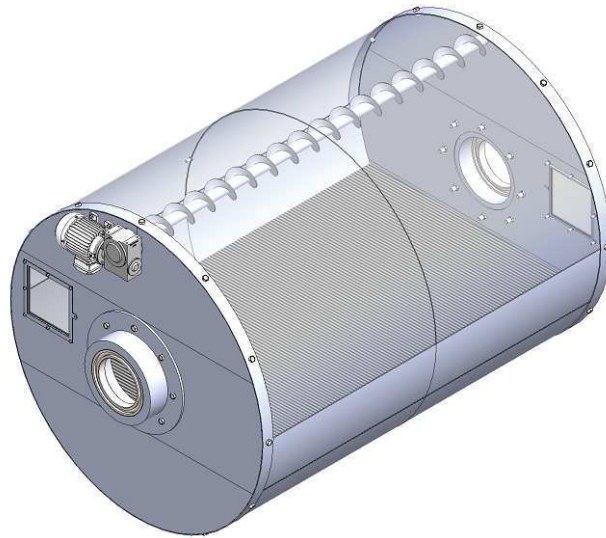


Figura 36 – Posicionamento do transportador helicoidal

Fonte: Autores

Para facilitar a usabilidade do usuário, o motor pode ser fixado diretamente na tampa do tambor. Para montagem, deverá ser usado um acoplamento rígido com chave, juntamente com um parafuso arredondado para cavar o eixo. Todos os elementos móveis deverão possuir uma proteção para evitar contaminação dos grãos a partir de lubrificantes. (NORTON, 2013)

4.3.1.4 Apoio

Para evitar fadiga e esforço no eixo de rotação de tambor, foi adotado o uso de rodízios comerciais para suportar a carga exercida pelos grãos e pelo equipamento. O rodízio mais indicado para esse tipo de aplicação é o de ferro fundido com poliuretano, fixo, com capacidade de 700kg de carga axial aplicada.

O peso dos grãos, quando o tambor possui 70% de lotação, é de aproximadamente 1000kg, e do equipamento em si (chapas e fundo falso) aproximadamente 600kg. Assim, a sustentação desses 1600kg é feita distribuindo a carga em 4 pontos de apoio.

O diâmetro da roda é de 8 polegadas, largura 50mm e dureza 90 shore A. O garfo indicado deve ter uma inclinação, para possibilitar ajuste durante a montagem.



**Figura 37 – Rodízio de ferro fundido e poliuretano, 8”, capacidade 700kg.
Fonte: Casa do Borracheiro¹³**

4.3.1.5 Fundo falso

O fundo falso tem como função principal distribuir melhor os grãos no tanque e permitir uma melhor aeração, pois a tubulação de ar é direcionada para passar por baixo dos grãos. A chapa para o fundo falso deverá ser de aço inox, pois está em contato direto com os grãos. A chapa também deve ser perfurada para que o ar possa circular, mas os furos devem ser pequenos o suficiente para que não seja possível passagem de grãos ou de radículas e sujeiras.

Existem chapas comerciais que são utilizadas em equipamentos parecidos, especialmente para fazer a filtragem do malte durante a produção de cerveja.

4.3.1.6 Esgotamento de água

Para a retirada do excesso de água que escorre dos grãos, e da água proveniente do transporte do tanque macerador, deverá existir uma tubulação que esgote a água, preferencialmente na região do fundo falso.

Como o tambor rotaciona, a tubulação não pode ser fixa. Por isso, foi feito um furo na região inferior do tambor e um duto para esgotamento de água. A água residual possui amido e impurezas, o que impossibilita a reutilização e o investimento em tratamento.

¹³ Disponível em <<http://www.casadoborracheiro.com.br/catalogo/rodizios/serie-s-ate-700kg/ferro-fundido-c-poliuretano/rodizio-de-poliuretano-8-fixo-com>> acesso em 02 de novembro de 2017.

4.3.2 TRANSMISSÃO

4.3.2.1 Corrente de rolos

É muito utilizado em equipamentos comerciais de grande carga o uso de transmissão por corrente de rolos. Algumas das características básicas de transmissões por correntes são razão constante e vida longa (SHIGLEY, 2011).

O objetivo do uso de correntes é de transmitir potência através de distâncias relativamente grandes. Para o dimensionamento de transmissão por correntes, são necessários dados como tipo do motor, potência, rotação, tipo de máquina, rotação da máquina, distância entre centros e tempo de trabalho.

O passo da corrente é indicado por p , o ângulo de passo por γ , e o diâmetro primitivo D . As principais dimensões da roda dentada estão descritas na Figura 38. É possível, através da trigonometria, relacionar essas grandezas por:

$$dp = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{\gamma}{2}\right)} = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180}{Z}\right)} \quad (12)$$

O ângulo $\gamma/2$ é chamado de ângulo de articulação, sendo o ângulo em que o elo oscila a medida que entra em contato. Quanto menor o ângulo, melhor, pois a vida da transmissão selecionada é em função do desgaste e da resistência à fadiga superficial dos roletes.

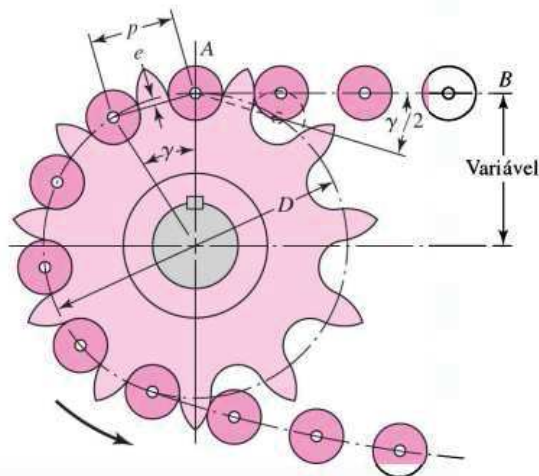


Figura 38 – Roda dentada para acionamento por corrente.
Fonte: Shigley, 2011

Transmissão por correntes são adequadas para grandes distâncias entre eixos, permitindo grandes reduções e longa vida útil. Elas operam em condições severas e possuem bom rendimento para sistemas pesados e de menor velocidade, porém geram ruídos, choques e vibrações, demandando lubrificação.

Para o dimensionamento da corrente e das rodas dentadas, o primeiro passo é definir a relação de transmissão. Sabendo, que na literatura, o tambor de germinação deve completar uma rotação completa em meia hora, adotou-se n_2 como 0.03 rpm (KUNZE, 2004).

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{dp_2}{dp_1} = \frac{Mt_2}{Mt_1} = \frac{Z_2}{Z_1} \quad (13)$$

Para a escolha da corrente utilizada na transmissão, e das rodas dentadas, foi utilizado o *software* da Ciclo, ASA 2000. Como entrada no programa, foi escolhido um acionador genérico, com rotação de 0.3rpm, dado da análise do engrenamento, e uma potência de 0.01HP, resultante do torque multiplicado pela rotação. O equipamento movido foi selecionado para aplicação de indústrias alimentícias e período de trabalho de 16 a 24 horas por dia, com choques moderados.

No dimensionamento, para a engrenagem acionadora foi considerado 10 dentes, e para a engrenagem movida, 95 dentes. Ajustando o tamanho da corrente, chegou-se numa corrente com passo de 50.8mm, com designação comercial ASA 160. Na Figura 39, encontra-se todos os dados obtidos através da seleção da corrente.

CORRENTES DE TRANSMISSÃO DE ROLOS

Corrente de Transmissão

Tamanho	ASA 160
Passo	50,8 mm
N° Carreiras	1 carreira
Comprimento	6096 mm
N° Elos	120 elos
Rotação Admissível	350 rpm
Velocidade Linear	0,015 m/min
Carga de Ruptura	26200 kgf
Carga Admissível	4366,7 kgf
Força Aplicada	2944,7 kgf
Capacidade Nominal	0,012 HP
Potência de Projeto	0,01 HP
Fator de Serviço	1,22 ---

Corrente de Transmissão selecionada: OK.

Engrenagem Acionadora

N° Dentes	10 dentes
Diâmetro Primitivo	164,39 mm
Rotação	0,03 rpm
Potência	0,01 HP
Torque	242,04 kgf.m
Relação de Velocidades	1 : 9,5 ---

Engrenagem Acionadora selecionada: OK. Porém é recomendado uma Relação de Velocidades inferior a 1:7.

Engrenagem Movida

N° Dentes	95 dentes
Diâmetro Primitivo	1536,44 mm
Rotação	0,003 rpm
Potência Máxima	0,01 HP
Torque Máximo	2299,41 kgf.m
Distância entre Centros	1563,5 mm

Engrenagem Movida selecionada: OK.

Figura 39 – Seleção comercial da corrente de rolos.

Fonte: Autores.

A partir do programa ASA 2000, foram obtidos os valores de montagem, como quantidade de elos, distância entre centros, rotação admissível e torque máximo.

4.3.2.2 Rodas dentadas

Para o desenho das engrenagens, utilizou-se os parâmetros provenientes da escolha da corrente, pelo programa ASA 2000. Sabendo-se a rotação do tambor, pode-se achar uma combinação de diâmetros para que o diâmetro primitivo da engrenagem movida fosse maior que 1450mm.

Assim, chegou-se numa relação de transmissão de 1:9.5, e as seguintes características das engrenagens:

Tabela 18 – Dimensional das engrenagens

Característica	Engrenagem Motora	Engrenagem Movida
Diâmetro Primitivo (mm)	164,4	1536,4
Número de dentes	10	95
Rotação (rpm)	0,3	0,032

Fonte: Autores.

Para a montagem do conjunto, foi respeitada a distância entre centros de 1535,5mm entre o centro da engrenagem movida e motora. O dimensional das engrenagens está indicado pelo programa, na Figura 36.

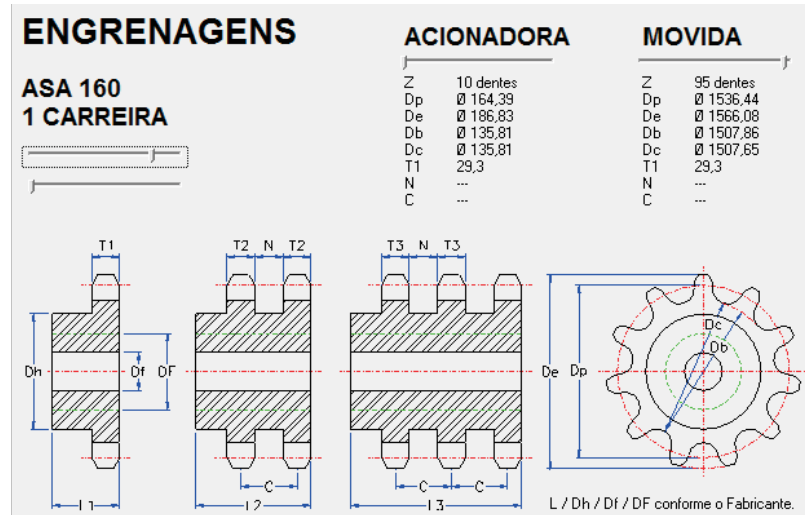


Figura 40 – Dimensional da roda dentada

Fonte: Autores.

4.3.2.3 Mancais

Como a tubulação de ar deve ser fixa, e o tambor deve rotacionar, é necessário que exista um acessório para que ocorra deslizamento entre as partes. Para isso são utilizados mancais, para reduzir o atrito do movimento e remover o calor. (NORTON, 2013)

No caso do tambor de germinação, todo peso dos grãos e do equipamento são distribuídas nos apoios (rodízios). Assim, o elemento rolante não sofre carga radial, apenas axial, que é reduzida devido ao suporte fixo da tubulação. Como o diâmetro da tubulação é grande, um rolamento de esferas sairia muito caro para o projeto, possibilitando assim a escolha de um mancal de deslizamento. (NORTON, 2013)

Para aplicações alimentícias, é indicado o uso de materiais que evitem risco de contaminações. Como mancais feitos de materiais metálicos requerem lubrificação para diminuir o atrito, e o alimento não pode ser contaminado pelo lubrificante, existem soluções não metálicas para essa aplicação. Por exemplo, o Teflon, que possui um coeficiente de atrito muito baixo, aproximando-se dos valores dos rolamentos. Porém, esse material requer aditivos inorgânicos para aumento de resistência e rigidez. (NORTON, 2013)

Existem materiais comerciais para mancais como o PBT, utilizado em conjunto com rolamento de aço inox ou plástico. O problema principal dos termoplásticos é a falta de resistência em altas temperaturas. Como a secagem dos grãos atinge cerca dos 100°C, seria indicado o uso de mancais de bronze.

Assim, escolheu-se um mancal de bronze grafitado com flange para o projeto. O mancal de bronze grafitado tem característica autolubrificante, resultado da adição de pós metálicos na liga de bronze, tornando-o poroso. Desse modo, não é necessária a lubrificação do componente, evitando contaminações. (ITALBRONZE, 2017)

4.3.2.4 Motor

Seguindo os requisitos de projeto ($T_{ac} = 2513\text{Nm}$ e $\omega = 0,0333 \text{ rpm}$) foi selecionado o Motoredutor Coaxial Redução de 1:190 Com Motor de 1cv B5 da marca Lilo Redutores.



Figura 41 - Motoredutor Coaxial Redução de 1:190 Com Motor de 1cv B5

Fonte: Lilo Redutores¹⁴

O motoredutor é composto de um motor elétrico trifásico quatro polos Weg W22 Plus com 1cv de potência e 1715 rpm acoplado a uma redução de 1:190 com 9rpm de saída. O torque nominal na saída do motoredutor é de 717,36Nm que, juntamente com a redução de 1:9,5 feita pela redução de correte resulta em um coeficiente de segurança para a força de acionamento de 2,81.

¹⁴ Disponível em < <https://www.liloredutores.com.br/> > acesso em 2 de novembro de 2017.

Com a saída de 9 rpm do motoredutor aliada a redução de 1:9,5 feita pela corrente, ainda é preciso reduzir a rotação do motor em cerca de 27 vezes para ser atingida a rotação desejada para o tambor. Assim será utilizado um inversor de frequência para se atingir a velocidade de giro requerida. O inversor selecionado é um da marca WEG modelo CFW08 Standard, indicado para o motor selecionado.



Figura 42 – Inversor de frequência WEG CFW08
Fonte: Lilo Redutores¹³

4.3.3 CONDICIONAMENTO DE AR

4.3.3.1 Circulação

Conforme os dados apresentados na tabela 3, a vazão de ar a ser fornecida deve variar entre 720 m³/h na germinação e cerca de 4800m³/h na secagem. Também deve-se atentar que durante a germinação o ar deve estar umidificado e resfriado para evitar uma redução de umidade precoce dos grãos e consequentemente terminando a germinação antes do tempo. A Figura 39 mostra um esquemático de como o fluxo de ar se comporta no sistema. O sistema de resfriamento e aquecimento compartilham a mesma tubulação, sendo acionados separadamente nas diferentes etapas do processo. Ao entrar no tambor o fluxo de ar é direcionado para baixo da massa de grãos por um fundo falso, uma chapa perfurada que permite distribuição e contato direto entre os grãos. A exaustão é feita pela outra saída do tambor.

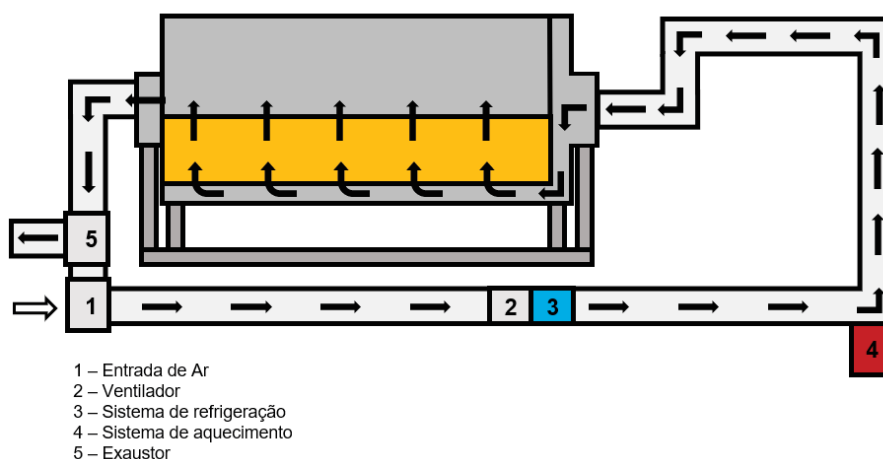


Figura 43 – Esquemático do fluxo de ar dentro do tambor.

Fonte: Autores.

4.3.3.2 Refrigeração e umidificação

Durante a germinação, um fluxo de ar frio e úmido é necessário para evitar aquecimento e perda de umidade dos grãos, encerrando precocemente o processo. Com esse fim será utilizado um sistema de climatização por evaporação conforme sugerido por KUNZE, garantindo as propriedades do ar necessárias. Assim garantimos a temperatura e umidade necessária e é possível utilizar o ventilador do equipamento tanto para o sistema de resfriamento quanto para auxílio no sistema de aquecimento. O evaporador escolhido foi o modelo MC 70 da marca megabrisa climatizadores. O modelo em questão tem uma capacidade para 7000m³/h, sendo suficiente para compensar perdas de carga da tubulação.



Figura 44 – Climatizador por evaporação MC 70.

Fonte: Polo Brisa¹⁵.

¹⁵ Disponível em < <https://www.polobrisashop.com.br/climatizador-evaporativo-mc-70-polobrisa> > acesso em 14 de novembro de 2017.

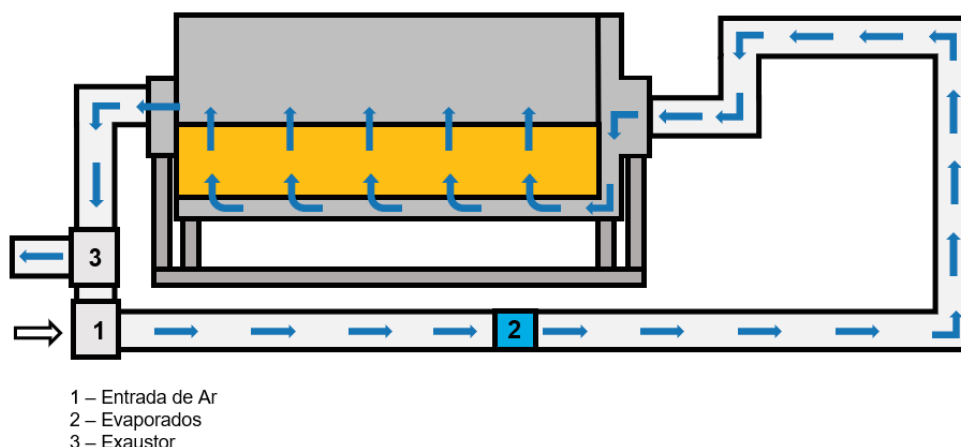


Figura 45 – Esquemático do fluxo de na dentro do tambor para resfriamento.

Fonte: Autores.

4.3.3.3 Aquecimento

Como discutido anteriormente, para a etapa de secagem é necessário um fluxo de ar quente passando por entre os grãos, para isso foi escolhido um queimador de GLP, por ser uma alternativa econômica e de fácil acesso. Antes de selecionado o equipamento foi calculado a potência quantidade de energia necessária para se secar uma tonelada de malte, segundo equações 16 e 17:

$$E = mc\Delta T \quad (16)$$

$$P = \frac{E}{t} \quad (17)$$

Os valores de variação de temperatura (66°C) assim como os tempos para o mesmo foram obtidos da tabela 4 e o calor específico (2600J/kgK) foi retirado de experimentos conduzidos por MONTANUCCI, 2014. As potências foram divididas nas três etapas de secagem e podem ser vistas na Tabela 21.

Tabela 19 – Potência térmica necessária para cada etapa de secagem

Etapa	Potência [kW]
Inicial (12h)	2,52
Meio (8h)	1,44
Fim (2h)	2,52

Fonte: Autores.

O modelo de aquecedor selecionado foi o Secador elétrico - FG500– Furio, construído em aço inox e indicado para trabalho com alimentos. O modelo tem uma potência de 50kW, fornecendo calor suficiente para a secagem de grãos e compensação das perdas de calor. Por se tratar de um aquecimento por resistência, não teremos a presença de gases que podem contaminar o produto no caso de utilizado um queimador.



Figura 46 – Secador elétrico - FG500– Furio

Fonte: Furio¹⁶

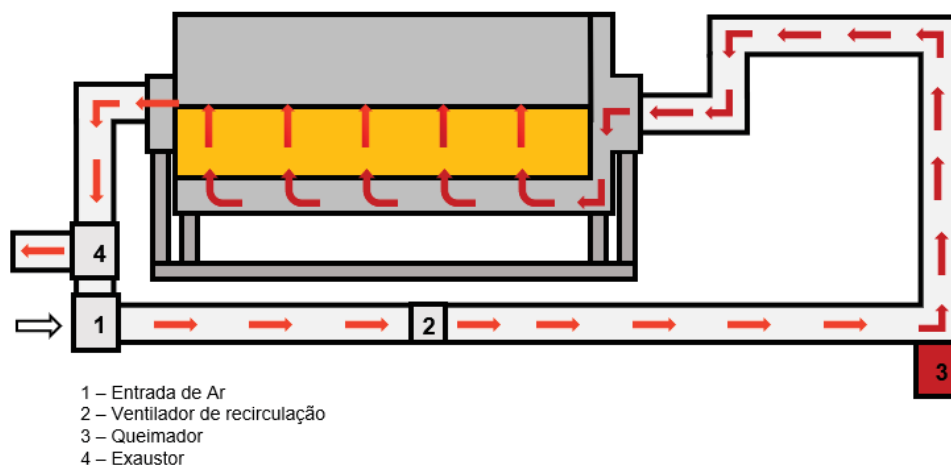


Figura 47 – Esquemático do fluxo de na dentro do tambor para aquecimento.

Fonte: Autores.

¹⁶ Disponível em < <http://www.furio.com.br/index.php/produtos/secadores/secador-fg500-furio.html> /> acesso em 10 de dezembro de 2017.

4.3.3.4 Aspersão

Como levantado no capítulo 2, durante a germinação é preciso repor a taxa de umidade perdida pelos grãos. Para isso é utilizado um sistema de aspersão de água, composto de um bico Mini Aspersor Irrigação em Latão Cromado Regulável 1/2" Yamaho com alcance de 3 metros e vazão de 13,3 l/min e uma válvula solenoide de aço inox para controle de abertura e fechamento do sistema.



Figura 48 - Bico aspersor e válvula solenoide
Fonte: Canal Agrícola¹⁷ e Mercado Livre¹⁸.

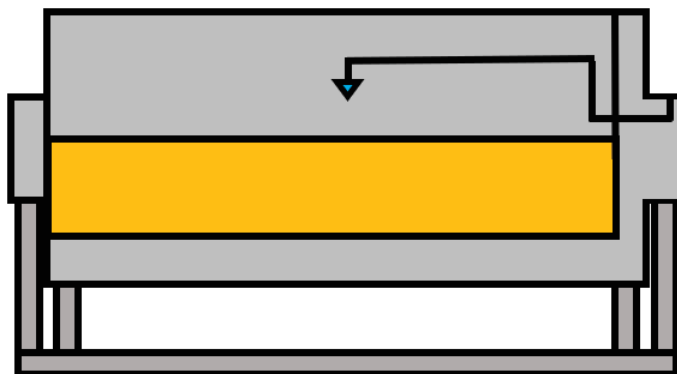


Figura 49 – Posicionamento do aspersor dentro do tanque.
Fonte: Autores.

Uma vez definidos os equipamentos utilizados para manter o processo de malteação estável, será definida a maneira como estes equipamentos serão controlados.

¹⁷ Disponível em < <https://www.canalagricola.com.br/mini-aspersor-latao-cromado-1-yamaha-88601>> acesso em 2 de novembro de 2017.

¹⁸ Disponível em < https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-837236262-valvula-solenoide-inox-12-nbr-n-fechada-12v-22-vias-_JM?source=gps> acesso em 2 de novembro de 2017.

4.3.4 CONTROLE

Um dos requisitos do sistema é o alto grau de automatização, logo deve ser utilizado um sistema de controle capaz de operar a planta durante toda o ciclo. Este sistema deve realizar o controle dos itens descritos na Tabela 21.

Tabela 20 – Grandezas e variáveis controladas

Grandeza controlada	Item controlado	Tipo de controle	Variável Manipulada
Rotação do tambor	Motor	Liga/desliga em intervalo determinado	Rotação motor
Vazão de aspersão	Válvula solenoide aspersão	Liga/desliga em intervalo determinado	Abertura válvula
Vazão de ar	Ventilador	Variação de rotação	Rotação ventilador
Temperatura resfriamento	Evaporador	PID	Vazão água evaporador
Umidade resfriamento	Evaporador	PID	Vazão água evaporador
Temperatura secagem	Queimador	PID	Chama queimador
Inserção oxigênio	Válvula solenoide oxigenação	Liga/desliga	Abertura válvula
Circulação de água	Bomba a vácuo	Liga/desliga	Rotação bomba

Fonte: Autores.

O acionamento individual destes itens é feito com uma placa de reles com acionamento de 5V, que por sua vez é controlada por uma placa Placa Wemos D1 R2 Wifi ESP8266 que tem acesso à internet, possibilitando verificação remota da planta de malteação.

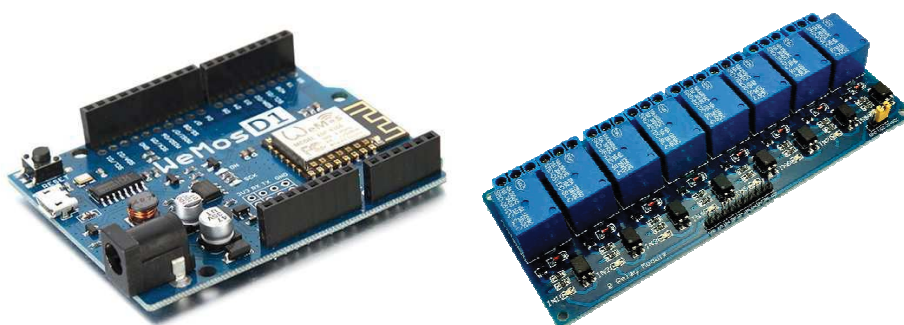


Figura 50 – PCB Wemos D1 R2 e módulo de relês 8 canais
 Fonte: FipeFlope¹⁹ e Mercado Livre²⁰.

¹⁹ Disponível em < <https://www.filipeflop.com/produto/placa-wemos-d1-r2/>> acesso em 2 de novembro de 2017.

²⁰ Disponível em < https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-776592558-modulo-rele-8-canais-placa-automaco-interruptor-arduino-5v-_JM> acesso em 2 de novembro de 2017.

O motor do tambor, a válvula solenoide e o ventilador são acionados diretamente pelos relês, com tempo controlado pela PCB. No caso do ventilador são pré-setadas as rotações que garantem as vazões requeridas nas diferentes etapas. Já no caso dos demais controles, que devem ser de uma sintonia mais fina, os relês acionam módulos PID, que por sua vez acionam os equipamentos. Para estes casos foram selecionados controladores PID Aegon K103. Um tipo simples para a secagem e um com controla adicional de umidade para a germinação.



Figura 51 - Controlador De Temp. E Umidade Digital Aegon K103

Fonte: Mercado Livre²¹

4.3.4.1 Sensores

Para medição das grandezas a serem controladas e critérios de parada são utilizados os sensores:

- Um sensor de umidade e temperatura Omega HX94BV0W;
- Dois termopares tipo K para medição de temperatura;
- Sensor de proximidade indutivo Omega E59-M12A105C02-A1 para garantir posição do tambor.

²¹ Disponível em < https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-802055186-controlador-de-temp-e-umidade-digital-ageon-k103-pid-u-_JM?source=gps> acesso em 2 de novembro de 2017.

4.4 PROTÓTIPO

4.4.1 Estrutura

Para a construção da base do protótipo, foram utilizadas barras de aço carbono 20x20mm disponibilizadas pela cervejaria Van Krög. Para o tambor, utilizou-se uma lata de lixo de inox com 20cm de diâmetro e 22cm de comprimento, proporção aproximada do projeto. Os apoios foram comprados na Casa do Borracheiro, que são rodízios comerciais fixos. Para a tubulação de ar, foram utilizados tubos e curvas de PVC, com 1/2” de diâmetro.



Figura 52– Protótipo do tambor de germinação.
Fonte: Autores.

4.4.2 Transmissão

A transmissão do projeto é feita por correntes de rolos. Para o protótipo, foi comprado uma corrente de bicicleta, com uma coroa e uma catraca. Para o acionamento, comprou-se um motor de microondas modelo 49TYJ.



Figura 53 – Motor de microondas 49TYJ.
Fonte: Ryndak Componentes²².

²² Disponível em < <https://www.ryndackcomponentes.com.br/motor/387-motor-para-microondas-6rpm-110v-eixo-de-plastico-49tyj-046.html>> acesso em 10 de novebro de 2017.

4.4.3 Condicionamento de ar

Para o sistema de ar, foi utilizado um secador de cabelos da marca TAIFF modelo Smart, com 1300W de potência, 4 combinações de temperatura de 2 velocidades. A partir de um arduíno, foi possível ligar/desligar cada uma das funções.

Para o controle de temperatura, o secador possui a opção de ar frio (resistências desligadas), ar morno (aproximadamente 60°C) e ar quente (aproximadamente 80°C). Para a vazão, o secador possui a opção HIGH e LOW.



Figura 54 – Secador TAIFF Smart
Fonte: Havan²³.

4.4.4 Controle

O controle do protótipo do germinador é feito com uma PCB Nodemcu Esp8266, ligado por uma protoboard a um driver de motor de passo A4998, dois reles para controle da temperatura das resistências, um transistor para controle do ventilador e um sensor de temperatura LM50. O circuito citado acima está representado abaixo na Figura 55 e os arquivos .ino .cpp e .hpp utilizados para a programação do sistema estão dispostos nos apêndices A, B e C, respectivamente.

²³ Disponível em < <http://www.havan.com.br/secador-cabelos-smart-taiff/p> > acesso em 10 de novembro de 2017,

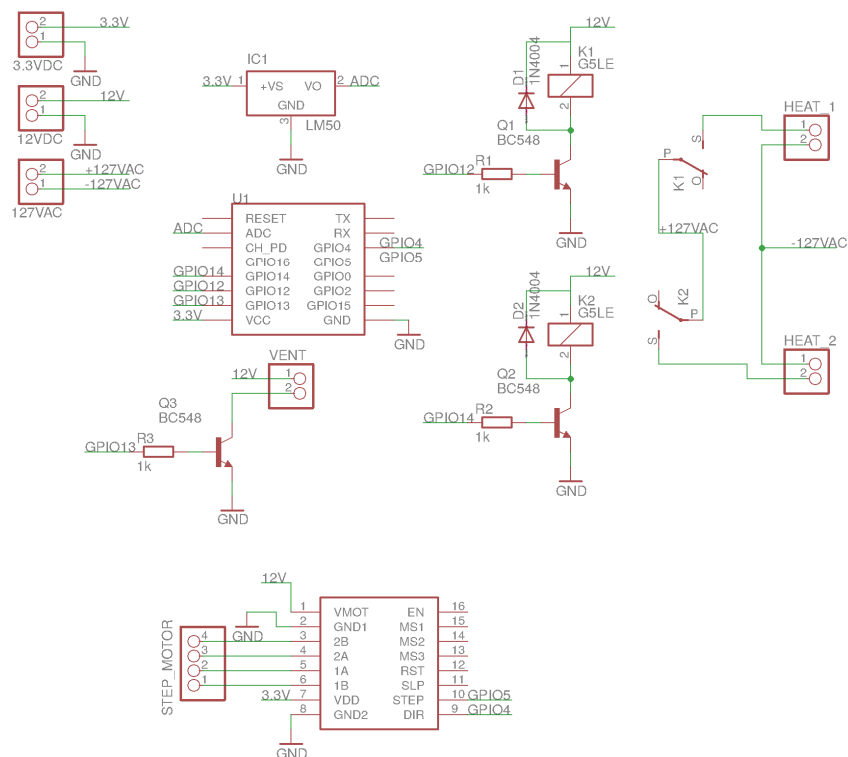


Figura 55 – Circuito de controle do protótipo

Fonte: Autores.

4.4.5 Testes

Para testar a funcionalidade do sistema de malteação de grãos, foram adquiridos 5kg de cevada de uma plantação em Castro/PR. Os grãos são do tipo cevada cervejeira BRS BRAU. Foi feita uma pré limpeza das cascas e resíduos manualmente.



Figura 56 – Colheita dos grãos.

Fonte: Autores.

Para realizar a maceração, utilizou-se um recipiente de vidro, deixando os grãos submersos em água, sendo oxigenados por uma bomba de aquário com capacidade de 20 a 100L por hora.



Figura 57 – Maceração dos grãos.

Fonte: Autores.

Para medir a umidade adquirida pelos grãos na maceração, foi medido o peso inicial de 300g de cevada. A maceração teve duração total de 22h, sendo 8h de imersão, 6h secando e mais 8h de imersão. Após esse processo, o peso dos grãos aumentou para 456g, o que corresponde uma umidade de 52%. O indicado para esse processo é de 35-45%.



Figura 58 – Peso da cevada antes e depois da maceração.

Fonte: Autores.

Pode-se observar também o aumento dos grãos durante a maceração. No início, os grãos possuíam em média 3.5mm de espessura e 9mm de comprimento. Após o processo, os grãos estavam com espessura 4mm e comprimento 9.5mm.

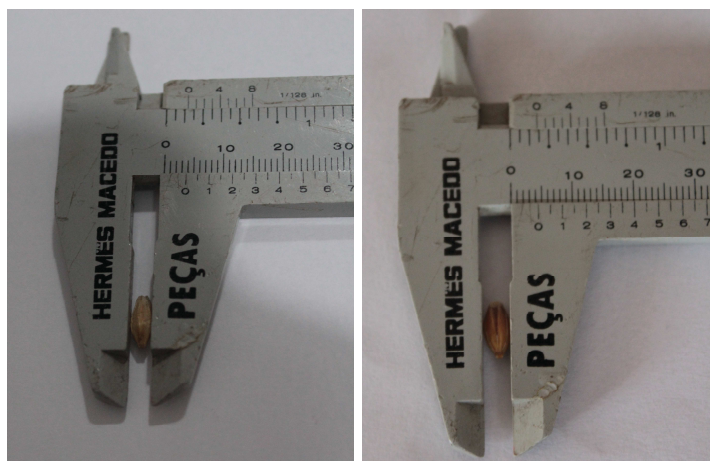


Figura 59 – Aumento dimensional dos grãos após a maceração.

Fonte: Autores.

Após 4 dias dos grãos germinando no tambor, alternando entre rotação e ventilação, os grãos começaram a criar radículas, sinal visual de que houve malteação.



Figura 60 – Grãos germinados.

Fonte: Autores.



Figura 61 – Grãos germinados.

Fonte: Autores.

Após a germinação dos grãos, os mesmos foram secos durante 4h com a temperatura máxima do secador de cabelos (aproximadamente 80°C). O resultado de gosto, cor e textura foi similar ao comercial.



Figura 62 – Grãos germinados x malte comercial.

Fonte: Autores.

Através desses testes com o protótipo, pode-se listar os principais pontos a serem repensados durante a realização do projeto. Um dos maiores problemas desse sistema é o desperdício de energia e uso de água, o que deverá ser otimizado quando aplicado, como melhoria das vedações.

4.5 ANÁLISE DE CUSTOS

4.5.1 Orçamento

Para ter uma referência de custo de um sistema de malteação, foi requisitado orçamento das três empresas utilizadas no *Benchmarking*. Obteve-se o orçamento do sistema da alemã *Kaspar Schulz* e da chinesa *Yingtai* (anexo A).

A empresa alemã dividiu os custos por setor, totalizando num sistema completo de R\$1.781.174,00. A chinesa Yingtai ofereceu uma proposta com o mesmo sistema pelo valor de R\$897.940,00.

Para um efeito comparativo, listou-se os componentes principais do sistema a serem usados:

Tabela 21 – Custos do Projeto

MATERIAIS			
Descrição	QTD	Custo	Total
Chapa de Inox 1240 x 3000 x 4mm	6	R\$ 2,500.00	R\$ 15,000.00
Secador - FG500 - Furio	1	R\$ 5,483.90	R\$ 5,483.90
Motoredutor Coaxial Redução de 1:190 Com Motor de 1cv B5	1	R\$ 4,454.59	R\$ 4,454.59
Bomba Vácuo Sutron Eletronic Plus	1	R\$ 3,363.00	R\$ 3,363.00
Tubulação 8"inox	1	R\$ 3,000.00	R\$ 3,000.00
Descrição	QTD	Custo	Total
Chapa de Inox furada 1240 x 3000 x 4mm	1	R\$ 3,000.00	R\$ 3,000.00
Climatizador Evaporativo Mc 70	1	R\$ 2,945.67	R\$ 2,945.67
Relative Humidity/Ambient Temperature Transmitters	1	R\$ 2,240.00	R\$ 2,240.00
Mancal de deslizamento de bronze autolubrificante	1	R\$ 2,000.00	R\$ 2,000.00
Motoredutor Redução de 1:15 com Motor de 1.5cv WN2	1	R\$ 1,821.45	R\$ 1,821.45
Perfil Retangular 1045	6	R\$ 200.00	R\$ 1,200.00
Inversor de Frequencia CFW08 Standard para motor de até 1cv	1	R\$ 1,071.41	R\$ 1,071.41
2x Válvula Solenoide Inox Ø 1/2 Nbr N-fechada 12v 2/2 Vias	2	R\$ 526.00	R\$ 1,052.00
Sensor de Proximidade Indutivo E59-M12A105C02-A1	1	R\$ 725.00	R\$ 725.00
Cabo Termopar de Extensão Tipo K	1	R\$ 425.00	R\$ 425.00
Chapa de 1mm Inox para transportador helicoidal	2	R\$ 200.00	R\$ 400.00
Cantoneira 1045	4	R\$ 100.00	R\$ 400.00
Controlador De Temp. E Umidade Digital Ageon K103 Pid-u	1	R\$ 339.00	R\$ 339.00
Eixo do transportador helicoidal INOX	2	R\$ 150.00	R\$ 300.00
Termostato Digital Ageon K103 Pid Chocadeira	1	R\$ 145.00	R\$ 145.00
Tubulação e conexões 1/2" em inox para aspersão e maceração	7	R\$ 20.00	R\$ 140.00

Placa Wemos D1 R2 Wifi ESP8266	1	R\$ 49.90	R\$ 49.90
Módulo Relé 8 Canais Placa Automação Interruptor Arduino 5v	1	R\$ 39.10	R\$ 39.10
Mini Aspersor Irrigação em Latão Cromado Regulável 1/2" Yamaha	1	R\$ 15.33	R\$ 15.33
Chapa de Inox 1240 x 3000 x 4mm	6	R\$ 2,500.00	R\$ 15,000.00
QUEIMADOR INDUSTRIAL MONOBLO EC 60 2T	1	R\$ 6,989.93	R\$ 6,989.93
Motoredutor Coaxial Redução de 1:190 Com Motor de 1cv B5	1	R\$ 4,454.59	R\$ 4,454.59

SERVIÇOS

Descrição	QTD	Custo	Total
Solda	1	R\$ 20,000.00	R\$ 20,000.00
Montagem	1	R\$ 10,000.00	R\$ 10,000.00
Usinagem	1	R\$ 10,000.00	R\$ 10,000.00
Pintura	1	R\$ 2,000.00	R\$ 2,000.00
Engenharia	1	R\$ 15,000.00	R\$ 15,000.00
		TOTAL	R\$ 105.616,33

Fonte: Autores.

4.5.2 Retorno de investimento

Para o cálculo de payback de investimento foi considerado o custo de uma tonelada de malte e comparado, com o custo teórico de uma tonelada de malte produzida pelo equipamento de malteação, considerando custos de cevada como matéria prima, água, luz e combustível. As respectivas tarifas e consumos para produção de uma tonelada de malte estão apresentados na tabela 23:

Tabela 22 – Consumo de energia na produção de uma tonelada de malte

Item	Consumo médio	Custo	Total
Água	5,5m ³	7,43 R\$/L	R\$ 40,87
Esgoto	5,5m ³	85% água	R\$ 34,73
Luz	122,5kWh	0,64 R\$/kWh	R\$ 78,40

Fonte: Autores.

Aliando o custo do quilograma de cevada de R\$0,62 e o fato de que são necessários 1200kg para a produção de 1 tonelada de malte, o custo total gira em torno de R\$898,00 para a produção desta quantidade de malte. Levando em conta que o malte mais barato encontrado pela equipe é o da marca Cargill a R\$3,91 o quilograma, temos uma diferença de R\$3.091,62 por rodada de produção do equipamento. Avaliando os custos discutidos anteriormente nos orçamentos e

considerando uma produção semanal de uma tonelada e um funcionamento 48 semanas por ano, o retorno do investimento (R\$105.616,33), irá ocorrer na 34ª semana de operação, equivalente a 8,6 meses. Essa estimativa não inclui impostos a serem pagos, o que aumentaria ainda mais o tempo de retorno.

Analisando por esse cenário, não é economicamente viável para um produtor de cervejas obter um sistema de malteação de grãos. Porém, existe a oportunidade de desenvolver um projeto maior para suprir todas as microcervejarias da região. Estimou-se um aumento nos materiais (chapas, tubos) e chegou-se nos valores da tabela a seguir:

Tabela 23 – Retorno de investimento para diferentes capacidades

	1 tonelada	2,5 toneladas	5 toneladas
Custo cevada	R\$ 620,00	R\$ 1.550,00	R\$ 3.100,00
Consumíveis	R\$ 198,38	R\$ 495,95	R\$ 991,90
Venda	R\$ 3.910,00	R\$ 9.775,00	R\$ 19.550,00
Lucro	R\$ 3.091,62	R\$ 7.729,05	R\$ 15.458,10
Investimento	R\$ 105.616,33	R\$ 150.000,00	R\$250.000,00
Retorno	8,6 meses	4,8 meses	4 meses

Fonte: Autores

É possível perceber então, que quanto maior for a capacidade do equipamento, melhor é o custo benefício do sistema.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ideia de produzir sua própria matéria prima e não depender de fornecedores, prazos e negociações comerciais é interessante para produtores dos mais diversos segmentos. O malte é uma das principais matérias primas utilizadas na fabricação da cerveja, sendo sua qualidade vital para a qualidade do produto.

Neste trabalho foi discutido o processo de fabricação do malte e como as etapas de maceração, germinação e secagem afetam a qualidade e obtenção do malte e as dificuldades e requisitos necessários para se obter esta matéria prima com quantidade e qualidade satisfatórias e os equipamentos indicados pela literatura técnica como mais comumente utilizados para este fim. Logo após foram definidos os possíveis clientes para o fornecimento dos equipamentos, os quais foram consultados sobre as características de interesse no produto e avaliados os equipamentos já presentes no mercado que absorvem a demanda identificada.

Com estes dados em mão, foi executado um projeto conceitual, definindo que um equipamento tipo tambor é o mais adequado para a realidade do mercado e que os componentes para sua fabricação podem ser encontrados e facilmente adaptados no mercado nacional, facilitando sua construção e manutenção.

Uma vez terminado o projeto conceitual, foi iniciada a construção de um MVP. O protótipo provou a funcionalidade do sistema em controlar a germinação dos grãos, e provou que o controle dessas variáveis pode ser feito de um jeito simples e barato, sem demandar de investimentos em equipamentos e softwares complexos e custosos. Para um bom resultado, pode-se observar que o item mais crítico é a qualidade e a limpeza dos grãos, além da eliminação das radículas que dão um gosto amargo para a cerveja.

Considerando o que foi apresentado nesta proposta, conclui-se que o projeto é viável quando comparado com os custos de importação do sistema completo de empresas estrangeiras. Porém, para o volume demandado pelas microcervejarias, o tempo de retorno não justifica o investimento. A solução só é viável caso uma dessas empresas queira abrir uma ramificação para venda dos insumos para outras cervejarias. Além disso, não foram considerados os sistemas para seleção e limpeza

dos grãos colhidos pelos agricultores, o que resulta em mais investimento de equipamentos.

Como próximos estudos, pode-se sugerir uma linha para torra dos grãos afim de obter maltes especiais. Como a agricultura do Brasil não é desenvolvida para ter grande variedade de cevada disponível no mercado, seria necessário investir em algum agricultor específico para que a maltearia obtivesse sucesso não só com a venda do malte base Pilsen, mas sim com os maltes especiais que possuem mais valor agregado.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, F.B.; SILVA, P.H.A.; MINIM, V.P.R. **Perfil sensorial e composição físico-química de cervejas provenientes de dois segmentos do mercado brasileiro**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, n. 23, p. 121-128, 2003.

ASAE. STANDARDS 1998. **American Society of Agricultural Engineers**. St. Joseph, Michigan, 979p, 1998.

BAXTER, Mike. **Projeto de Produto: guia prático para o design de novos produtos**. Tradução Itiro Lida – 2 ed.rev. São Paulo: Blucher, 2000.

BRASIL. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº20, de 22 de março de 2007. “Regulamento Técnico sobre Disposições para Embalagens, Revestimentos, Utensílios, Tampas e Equipamentos Metálicos em Contato com Alimentos”

BRIGGS, D. E.. **Malting and brewing science**. 2. Ed. London: Chapman & Hall, 1995. 2v.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, E.W.; HALL, C.W. **Drying cereal grains and their products**. Westport, Connecticut, The AVI Publishing Company, 265 p. 1974

CARVALHO, M. C. M. D. **Metodologia Científica: Fundamentos e Técnicas**. 8ª. ed. São Paulo: Papirus, 1998.

CERVBRASIL, **Anuário 2015 da Associação Brasileira da Indústria da Cerveja**. Disponível em <www.cervbrasil.org.br>. Acesso em 19 de abril de 2017.

Como nasce o malte que vai para sua cerveja, especial publicitário “Somos todos cervejeiros”. Publicado pelo site do G1 em 04 de julho de 2016. Disponível em <<http://g1.globo.com/especial-publicitario/somos-todos-cervejeiros/noticia/2016/07/como-nasce-o-malte-que-vai-para-sua-cerveja.html>> acesso em 06 de junho de 2017.

GIBSON, George. “**Malting Plant technology**” em Palmer, G.H. (org). Cereal Science and Technology, Scotland, UK: Aberdeen University Press, 1989, 463p.

GUIDO, Luis F.. “Malting” em GUINÉ, Raquel, **Engineering Aspects of Cereal and Cereal-Based Products**, 1. Ed Porto: CRC Press, 2014, 367p.

HOW beer saved the world. Direção: Martyn Ives. Produção: Beyond Productions. Estados Unidos da América. Documentário (60 min) color. Reproduzido pelo Discovery Channel, janeiro de 2011.

ITALBRONZE. Website da empresa Italbronze. “Bronze Grafit”e. Disponível em <<https://www.italbronze.com.br/pt/bronze-grafite/>> acesso em 10 de novembro de 2017.

KUNZE, Wolfgang. **Technology brewing and malting**. 3. Ed. Berlin: Vlb Berlin, 2004. 726p.

MORADO, R. **Larousse da cerveja**. 1ed. Gráfica Araguaia. São Paulo, 2011.

MOHSEIN, N.N. **Physical properties of plant and animal materials**. 2 ed. New York, Gordon & Breach Sci. Pub. Inc., 1978. 742p.

NORTON, Robert L. **Projeto de máquinas: uma abordagem integrada**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

O que é nanocervejaria e o que é microcervejaria. Homini Lúpulo. Disponível em <<http://www.hominilupulo.com.br/cultura/o-que-e-nanocervejaria-e-o-que-e-microcervejaria/>> acesso em 02 de novembro de 2017.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering Design – A Systematic Approach**. Londres: Springer-Verlag. 2005.

REINOLD, M. R.. **Manual prático de cervejaria**, 1. Ed São Paulo: ADEN Editora e Comunicações Ltda., 1997, 209p.

RICHARD, Budynas. **Elementos de Máquinas de Shigley**. 8 ed. Porto Alegre, AMGH, 2011.

SINDICERV, **Tipos de Cerveja**. Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja. Disponível em <<http://www.sindicerv.com.br/index.php>>. Acesso em 19 de abril de 2017.

SIQUEIRA, Priscila Becker; BOLINI, Helena Maria André; MACEDO, Gabriela Alves. **O processo de fabricação da cerveja e seus efeitos na presença de polifenóis**. Alimentos e Nutrição. v.19, p.491-498, 2008.

SILVA, Juarez de Sousa e; **Secagem e armazenamento de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 560p, 2008.

TCHOPE, E. C.; NOHEL, F. **A malteação da cevada**. Vassouras: Senai – RJ, 1999. 272 p.

ZSCHOERPER, Otto Paulo. Apostila curso cervejeiro e malteador – AMBEV. Porto Alegre: Ambev, 2009. 71p.

APÊNDICE A – ARQUIVO TIPO .INO PARA CONTROLE DO PROTÓTIPO

```
1 #include "FS.h"
2 #include "ESP8266WiFi.h"
3 #include "MaltingSystem.hpp"
4
5 void setup() {
6   WiFi.mode(WIFI_OFF);
7   SPIFFS.begin();
8   // SPIFFS.format();
9   MaltingSystem::start();
10 }
11
12 void loop() {
13   MaltingSystem::loop();
14 }
```

APÊNDICE B – ARQUIVO TIPO .CPP PARA CONTROLE DO PROTÓTIPO

```

1 #include "MaltingSystem.hpp"
2 #include "FS.h"
3
4 float MaltingSystem::speedDivider = 1; //speed multiplexer
5 int MaltingSystem::stepCounter = 0; //skip steps
6 int MaltingSystem::tempSaveInterval = 15000;
7 Step1 MaltingSystem::step1;
8 Step2 MaltingSystem::step2;
9 Step3 MaltingSystem::step3;
10
11
12 Ticker tempSaveTicker, stateSaveTicker, actionTicker, motorStartTicker,
motorStopTicker, motorStepTicker, tempControlTicker;
13 bool shouldTakeAction, shouldSaveTemp, shouldSaveState, shouldStopMotor,
14 shouldActivateMotorForStep1, shouldControlTemp;
15
16
17 void MaltingSystem::start () {
18 pinMode(STEP_PIN, OUTPUT);
19 pinMode(DIR_PIN, OUTPUT);
20 pinMode(VENT_PIN, OUTPUT);
21 pinMode(TEMP_1, OUTPUT);
22 pinMode(TEMP_2, OUTPUT);
23
24 digitalWrite(DIR_PIN, HIGH);
25
26 tempSaveTicker.attach_ms(tempSaveInterval, MaltingSystem::saveTemp);
27 stateSaveTicker.attach_ms(SAVE_STATE_INTERVAL, MaltingSystem::saveState);
28 takeAction();
29 }
30
31 void MaltingSystem::takeAction () {
32 stepCounter++;
33 shouldTakeAction = true;
34 }
35 void MaltingSystem::saveTemp () { shouldSaveTemp = true; }
36 void MaltingSystem::saveState () { shouldSaveState = true; }
37 void MaltingSystem::controlTemp () { shouldControlTemp = true; }
38 void MaltingSystem::activateMotorForStep1 () { shouldActivateMotorForStep1 = true; }
39
40 void MaltingSystem::doStopMotor () {
41 detachInterrupt(END_OF_COURSE);
42 motorStepTicker.detach();
43 }
44 void MaltingSystem::stopMotor () {
45 attachInterrupt(END_OF_COURSE, doStopMotor, RISING);
46 }
47
48 bool lastStep = false;

```



```

49 void MaltingSystem::makeMotorStep () {
50 if (lastStep) {
51 lastStep = false;
52 digitalWrite(TEMP_PIN, LOW);
53 } else {
54 lastStep = true;
55 digitalWrite(TEMP_PIN, HIGH);
56 }
57 }
58
59 float MaltingSystem::readTemperature () {
60 return (3.3f * analogRead(A0) * 100.0f / 1024.0f);
61 }
62
63 void MaltingSystem::loop () {
64 if (shouldTakeAction) {
65 shouldTakeAction = false;
66 switch (stepCounter) {
67 case 1: {
68 Serial.println("Step 1");
69 digitalWrite(TEMP_1, LOW);
70 digitalWrite(TEMP_2, LOW);
71 analogWrite(VENT_PIN, step1.ventSpeed);
72 actionTicker.once_ms(step1.duration / speedDivider, takeAction);
73 activateMotorForStep1();
74 motorStartTicker.attach_ms(step1.motorInterval / speedDivider,
activateMotorForStep1);
75 break;
76 }
77 case 2: {
78 Serial.println("Step 2");
79 motorStartTicker.detach();
80 shouldActivateMotorForStep1 = false;
81 analogWrite(VENT_PIN, step2.ventSpeed);
82 actionTicker.once_ms(step2.duration / speedDivider, takeAction);
83 tempControlTicker.attach_ms(step2.tempControl.switchSpeed, controlTemp);
84 break;
85 }
86 case 3: {
87 Serial.println("Step 3");
88 analogWrite(VENT_PIN, step3.ventSpeed);
89 actionTicker.once_ms(step3.duration / speedDivider, takeAction);
90 tempControlTicker.attach_ms(step3.tempControl.switchSpeed, controlTemp);
91 break;
92 }
93 case 4: {
94 Serial.println("Step 4");
95 analogWrite(VENT_PIN, 0);
96 digitalWrite(TEMP_1, LOW);
97 digitalWrite(TEMP_2, LOW);
98 tempControlTicker.detach();
99 tempSaveTicker.detach();
100 stateSaveTicker.detach();
101 }
102 }

```

```
103 }
104 if (shouldActivateMotorForStep1) {
105   shouldActivateMotorForStep1 = false;
106   motorStepTicker.attach_ms(step1.motorSpeed, makeMotorStep);
107   motorStopTicker.once_ms(step1.motorDuration / speedDivider, stopMotor);
108 }
109 if (shouldSaveTemp) {
110   shouldSaveTemp = false;
111   int tempRead = analogRead(A0);
112   File f = SPIFFS.open(TEMP_FILE, "a");
113   if (f) {
114     f.println(tempRead);
115   }
116   f.close();
117 }
118 if (shouldSaveState) {
119   shouldSaveState = false;
120   File f = SPIFFS.open(STATE_FILE, "w");
121   if (f) {
122     f.printf("%i\n%i\n", stepCounter, millis());
123   }
124   f.close();
125 }
126 if (shouldControlTemp) {
127   shouldControlTemp = false;
128   float temp = readTemperature();
129   Serial.println(temp);
130   switch (stepCounter) {
131     case 2: {
132       if (temp > 42) {
133         digitalWrite(TEMP_1, LOW);
134         digitalWrite(TEMP_2, LOW);
135       } else if (temp < 38) {
136         digitalWrite(TEMP_1, HIGH);
137         digitalWrite(TEMP_2, LOW);
138       }
139       break;
140     }
141     case 3: {
142       if (temp > 95) {
143         digitalWrite(TEMP_1, LOW);
144         digitalWrite(TEMP_2, LOW);
145       } else if (temp > 85) {
146         digitalWrite(TEMP_1, HIGH);
147         digitalWrite(TEMP_2, LOW);
148       }
149       else if (temp < 75) {
150         digitalWrite(TEMP_1, HIGH);
151         digitalWrite(TEMP_2, HIGH);
152       }
153       break;
154     }
155     default: {
156       digitalWrite(TEMP_1, LOW);
157       digitalWrite(TEMP_2, LOW);

```

```
158 }  
159 }  
160 }  
161 }  
162  
163 void MaltingSystem::recover (int step, long time) {  
164 // TODO: recover from state  
165 }
```

APÊNDICE C – ARQUIVO TIPO .HPP PARA CONTROLE DO PROTÓTIPO

```

1 #include "Ticker.h"
2 #define TEMP_FILE F("temps.csv")
3 #define STATE_FILE F("state.txt")
4 #define SAVE_STATE_INTERVAL 60 * 1000
5
6 #define DIR_PIN 4
7 #define STEP_PIN 0
8 #define VENT_PIN 13
9
10 #define END_OF_COURSE 15
11
12 #define TEMP_1 14
13 #define TEMP_2 12
14
15 // STEP 1 4d
16 // - no temp
17 // - each 5h -> turn step motor on for 30m
18 // - vent at low rotation
19
20 // STEP 2
21 // - temp 40°C
22 // - 12h vent at max rotation
23
24 // STEP 3
25 // - temp 80°C
26 // - 10h vent at mid rotation
27
28 struct TempControl {
29 long switchSpeed;
30
31 TempControl () :
32 switchSpeed(1000)
33 {}
34 };
35
36 struct Step1 {
37 long duration;
38 long motorInterval;
39 long motorDuration;
40 int ventSpeed;
41 int counter;
42 int motorSpeed;
43
44 Step1 (float _ventSpeed = 30, // 30% of max speed
45 float _motorSpeed = 0.3958) : // 0.3958rpm
46 duration(4 * 24 * 60 * 60 * 1000), // 4d
47 // duration(10 * 60 * 60 * 1000), // 10h
48 motorInterval(5 * 60 * 60 * 1000), // 5h

```

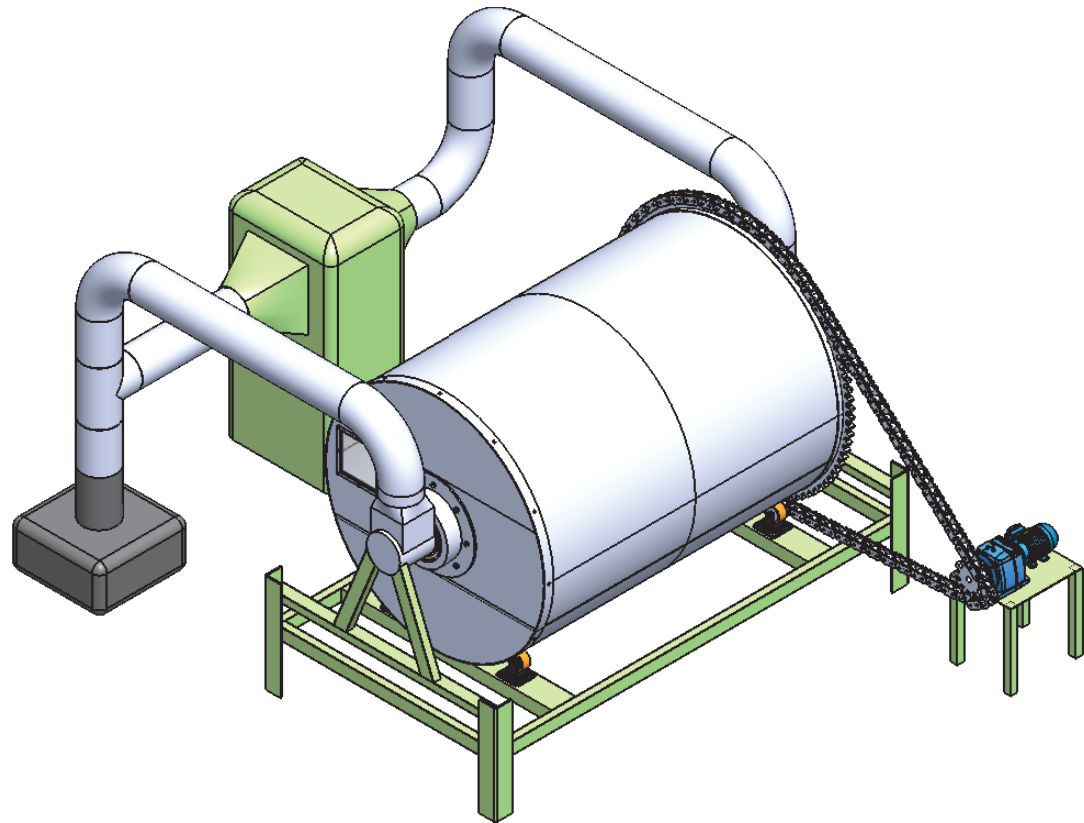
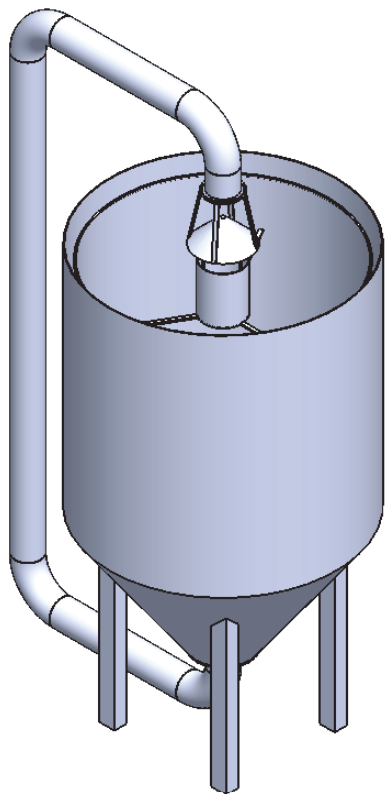
```

49 motorDuration(30 * 60 * 1000) // 30m
50 {
51 counter = 0;
52 ventSpeed = _ventSpeed * 1023 / 100;
53 motorSpeed = _motorSpeed * 1.8 / 360 * 60 * 1000 / 5;
54 }
55 };
56
57 struct Step2 {
58 long duration;
59 float temperature;
60 int ventSpeed;
61 TempControl tempControl;
62
63 Step2 (float _ventSpeed = 100) : // 100% of max speed
64 duration(12 * 60 * 60 * 1000), // 12h
65 temperature(40) // 40°C
66 {
67 ventSpeed = _ventSpeed * 1023 / 100;
68 }
69 };
70
71 struct Step3 {
72 long duration;
73 float temperature;
74 int ventSpeed;
75 TempControl tempControl;
76
77 Step3 (float _ventSpeed = 100) : // 100% of max speed
78 duration(10 * 60 * 60 * 1000), // 10h
79 temperature(80) // 80°C
80 {
81 ventSpeed = _ventSpeed * 1023 / 100;
82 }
83 };
84
85 class MaltingSystem {
86 public:
87 static void loop ();
88 static void start ();
89 static void recover (int step, long time);
90
91 static int getStep();
92 static void saveTemp ();
93 static void saveState ();
94 static void takeAction ();
95 static void stopMotor ();
96 static void doStopMotor ();
97 static void activateMotorForStep1 ();
98 static void makeMotorStep ();
99 static float readTemperature();
100 static void controlTemp();
101
102 static Step1 step1;
103 static Step2 step2;

```

```
104 static Step3 step3;  
105  
106 static float speedDivider;  
107 static int stepCounter;  
108 static int tempSaveInterval;  
109 };
```

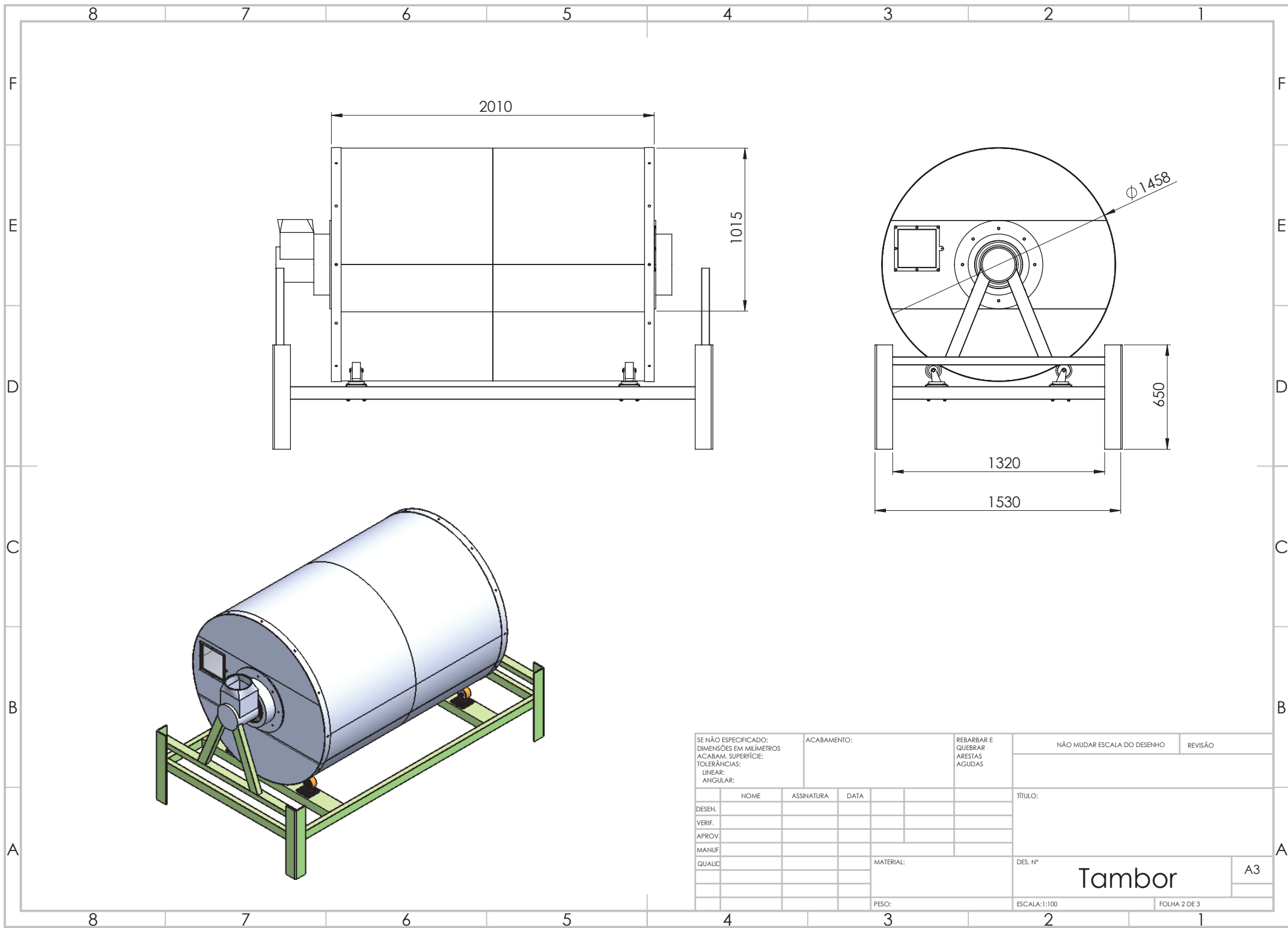
APÊNDICE D – DESENHO DOS EQUIPAMENTOS



SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS ACABAM. SUPERFÍCIE: TOLERÂNCIAS: LINEAR: ANGULAR:		ACABAMENTO:		REBARBAR E QUEBRAR ARESTAS AGUDAS		NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO	
DESEN.	NOME	ASSINATURA	DATA			TÍTULO:			
VERIF.									
APROV.									
MANUF.									
QUALID.				MATERIAL:		DES. Nº		A3	
				PESO:		ESCALA:1:100		FOLHA 1 DE 3	

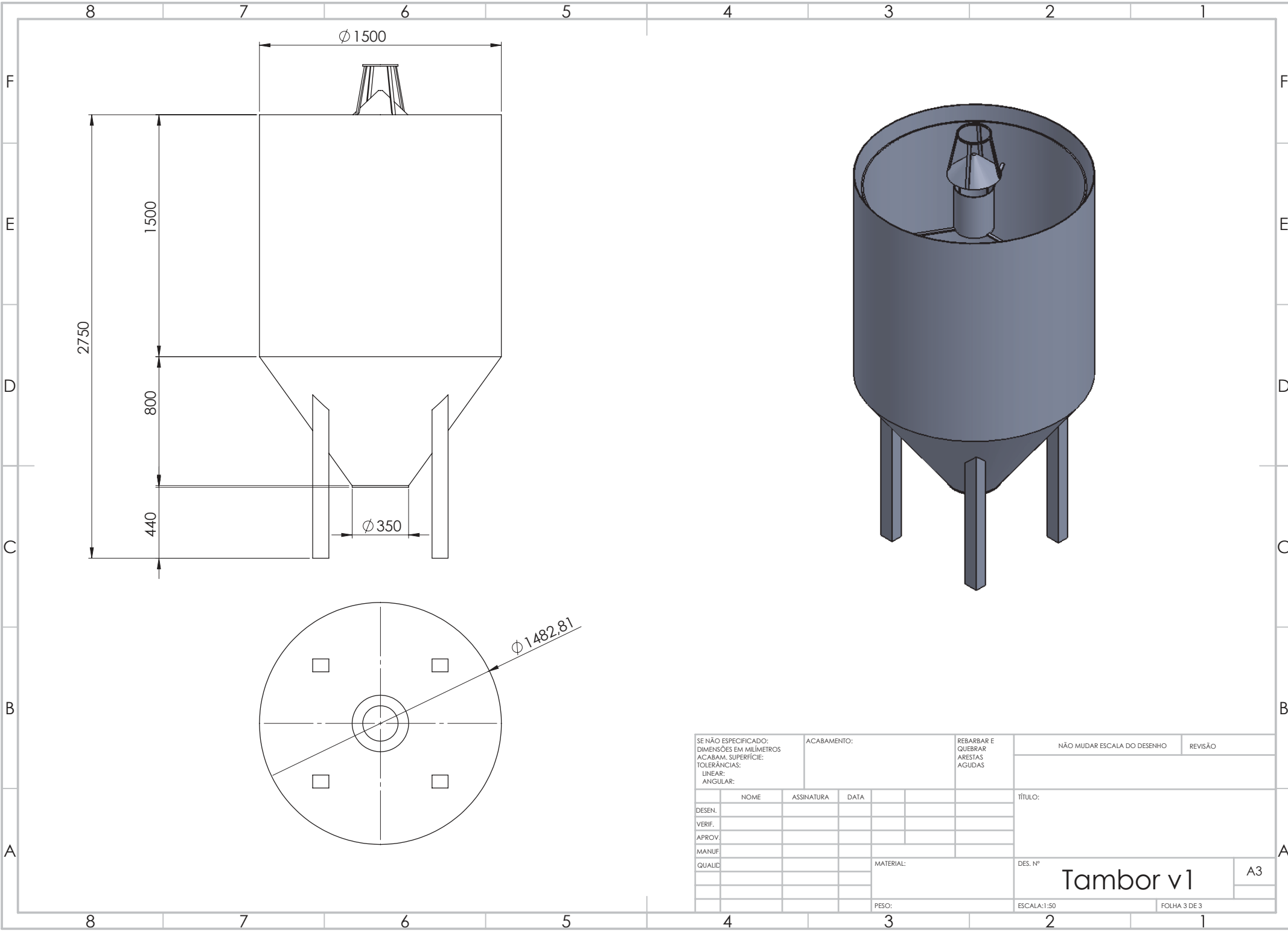
Sistema de Malteação

A3



SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS ACABAM. SUPERFÍCIE: TOLERÂNCIAS: LINEAR: ANGULAR:		ACABAMENTO:		REBARBAR E QUEBRAR ARESTAS AGUDAS		NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO	
DESEN.	NOME	ASSINATURA	DATA			TÍTULO:			
VERIF.									
APROV.									
MANUF.									
QUALID.				MATERIAL:		DES. Nº		A3	
				PESO:		ESCALA:1:100		FOLHA 2 DE 3	

Tambor



SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS ACABAM. SUPERFÍCIE: TOLERÂNCIAS: LINEAR: ANGULAR:		ACABAMENTO:		REBARBAR E QUEBRAR ARESTAS AGUDAS		NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO	
DESEN.		NOME		ASSINATURA		DATA		TÍTULO:	
VERIF.									
APROV.									
MANUF.									
QUALID.						MATERIAL:		DES. Nº	
								Tambor v1	
						PESO:		ESCALA:1:50	
								FOLHA 3 DE 3	

A3

APÊNDICE E – BUSINESS MODEL CANVAS



ANEXO A – ORÇAMENTO DE SISTEMAS COMERCIAIS

KASPAR SCHULZ Kaspar-Schulz-Strasse 1 96052 Bamberg DE

Mr. Romulo Stella
Mario Gomes 57
82300550 Curitiba
BRASILIAN



UNSER ZEICHEN:
ANSPRECHPARTNER:
DURCHWAHL:

Christoph Remmelberger
+49 (0)951 / 6099530

BAMBERG, DEN:

28. September 2017

Quotation / Angebot 30084

We thank you for your inquiry and are glad to submit the following quotation. Please note our enclosed terms of sale. We trust that our quotation will induce you to place an order. We assure you that your order will be carried out to your complete satisfaction.

SCHULZ malting system 2 to

Best regards

KASPAR SCHULZ
Brauereimaschinenfabrik
& Apparatebauanstalt GmbH

KASPAR SCHULZ
Brauereimaschinenfabrik & Apparatebauanstalt GmbH

BAYERN'S
BEST 50
PREISTRÄGER 2015



Kaspar-Schulz-Strasse 1
96052 Bamberg – DE

TELEFON: +49 (0) 951 60 99 0
TELEFAX: +49 (0) 951 60 99 60

MAIL: info@kaspar-schulz.de
WEB: www.kaspar-schulz.de

HRB Bamberg 8818
Ust-IdNr. DE311174688

SPARKASSE BAMBERG
IBAN: DE93 7705 0000 0303 0039 90
SWIFT / BIC: BYLADEM1SKB

HYPOVEREINSBANK BAMBERG
IBAN: DE90 7702 0070 0020 0834 92
SWIFT / BIC: HYVEDEMM411

GESCHÄFTSFÜHRER:
Dipl.-Ing. Johannes Schulz-Hess
GESELLSCHAFTSSITZ: Bamberg



Pos	Quantity / Menge	Article / Bezeichnung	Price / Einzelpreis	Total EUR
10.000	1 X	Steeping unit	52.930,00	52.930,00

Malting plant for 2 to of barley per batch.
The steeping occurs in a cylindroconical steep, one drum for germination and kilning.
steeping time: 1-2 days
germination time: 5-6 days
withir time: 12-18 hours
kilning time: 6-10 hours
cooling time: 0,5 hours

Cylindroconical steep with circulating appliance:

Circulation of the barley via air connection and circulating pipe in the centre of the vessel or with steep barley pump over a dispersion plate.

Circumferential spillway for removal of the floating barley into a mobile perforated basket.

Cold water connection in the discharge for transport water while casting. Steep with closed hood and spay head for CIP-cleaning.

material: 1.4301
diameter: 2.000 mm
cyl.height: 1.200 mm
border height 1.000 mm
cubic capacity: 40 hl

Cone:

90° conical bottom with a edge-raised knuckle radius R 200 mm. Fitted strainer in the cone for emptying the steep water at the dry rests and to exhaust the CO2.

Surface:

Inside untreated (2B), welds are slured neatly Ra< 0,6 µm.

Exterior of the steep, stained and neutralized.

Frame:

Supported on tube feet in stainless steel.

Appliance:



Pos	Quantity / Menge	Article / Bezeichnung	Price / Einzelpreis	Total EUR
		Manhole in dome.		
		Lightning inside steeping vessel.		
		Full level indicator.		
		Discharge DN 100.		
		Steps inside the steep.		
		One CO2 high-performance ventilator made of stainless steel, including condensate outlet device. Fab. Karl Klein 0,37 kW		
		Steeping material pump : Centrifugal pump in food-compatible design in CrNi steel. Brand Grundfos-Hilge Power: Q = 20 m³/h , H = 10 m Fls 3,0 kW		
		Pneumatik Slide; Eru-Slide, model Erhardt 1 x DN 100 discharge		
		Disc valve including pneumatic engine, air opened - clip-closed, model Kieselmann; chrome nickel steel solid flange version. Composition:		
		1 x steeped barley to dispersion plate		
		1 x steeped barley to drum		
		1 x water drain after sieve		
		1 x CO2 exhaustion		
		1 x water drain		
		1 x water filling		
		1 x transport water		
		1 x water to spray ball		
		1 x CIP circulation		
		1 x aeration to central pipe		
		1 x aeration to cone		
		1 x compressed air to aeration		



Pos	Quantity / Menge	Article / Bezeichnung	Price / Einzelpreis	Total EUR
-----	------------------	-----------------------	---------------------	-----------

Disc valves for manual operation
1 x float barley overflow

1x aeration and de-aeration valve for Steeping vessel
Fa. Kieselmann DN 50

Diaphragm valve for aeration
2 x DN 15

1 x flowmeter
Fa. Siemens
Measuring feeder MAG 1100 Food
Food-compatible design
Measuring converter MAG 5000 in 24 V
Plastic housing
With display
11-30V DC/11-24V AC, 50/60 Hz

Transducer with alpha-numeric display: counting, error messaging, etc.

1 temperature sensor
Immersion temperature sensor Pt100 D: 6 mm,
completely with measurment amplifier 0-100°C, model
Jumo
Box: Chrome nickel steel
Electr. power supply: 24 V, DC
Output signal: 4-20 mA

Air blower for aeration and mixing while steeping with water.

Cold water supply with enough pressure by costumer.

Weicheinrichtung



Pos	Quantity / Menge	Article / Bezeichnung	Price / Einzelpreis	Total EUR
20.000	1 X	Germination-kilning combo drum	189.330,00	189.330,00

Germination-kilning combo drum for germination and kilning in one unit with attached floor deck :

Diameter of drum: 2.300 mm
Length of floor deck : 3.500 mm
Total length: 4.000 mm

Before transport of barley to the germination-kilning drum a pipe must be connected manually. Transport of barley together with water of the wet steeping is done automatically by a pump. Distributing the barley is done by a screw conveyer over the length of the drum. After casting and draining of the water, the drum is loaded by turning several times. The channels for the inlet and outlet are air tight connected at the turning face side to the drum by a docking station. The connecting and disconnecting of the air system to the drum is fully automatic.

The temperature control and ventilation of the drum during the germination is done by measuring the temperature of the inlet and outlet air and by managing the percentage of the fresh, outlet and circulating air.

The gentle mixing of the green malt is done fully automatic 2-3 times a day by turning the drum for several times. Meanwhile the volume is mixed and loosened. Horizontal filling of the floor occurs by turning the drum until floor and repose angle are parallel. After turning back, the drum is horizontal

Sprinkling while germination is done while turning of the drum. That guarantees an ideal dispersion of the water to all areas of the green malt. The spraying is done through a row of nozzles in the drum. Draining of not needed water can be done by an automatic outlet to drain.

The humidification of the air can be done by a diffuser nozzle.

Kilning occurs by managing the temperature of fresh



Pos	Quantity / Menge	Article / Bezeichnung	Price / Einzelpreis	Total EUR
-----	------------------	-----------------------	---------------------	-----------

air, discharged air and circulating air. Timesaving cooling is effected with fresh air.
The fan is frequency-controlled and saves energy. The control of germination and kilning is regulated automatically.
For bringing out of the finished malt the removal path is opened manually. A screw conveyer brings out the malt to the attached collecting vessel.

The connection to the transport- and cleaning parts for the malt is done by customer.

Design:

Drum complete made of stainless steel 1.4301.

Manhole with sight glass DN 500 in the front.

Rotating passage for water.

Safeguarded by emergency shutdown, key transfer system an acoustical warning signal.

Insulated with 40 mm mineral cotton.

Insulation in stainless steel, leakproof welded.

Based on a frame for a compact ready-for connection placement.

1x Outlet malt collecting vessel in stainless steel with low-level and high level indicators. (must be connected to malt transport of customer)

1 x gear station with motor, chain, chain tightener, gear rim installed on drum

1x adapters for connecting air channels automatically

1 x Docking station of air channels with pneumatic cylinder

1 x Water spraying pipe with several nozzles for humidification during germination

2 x temperature measurement inside the drum

1 x Automatic outlet for water

1 x screw to transport green malt in and finished malt out

Keim- Darr- Trommel



Pos	Quantity / Menge	Article / Bezeichnung	Price / Einzelpreis	Total EUR
25.000	1 X	Security fence Security fence that surrounds the germination-kilning drum in areas with hazard potential. <i>Sicherheitszaun</i>	8.900,00	8.900,00
30.000	1 X	Air technology The air technology includes all needed air channels for the cooling and heating part of the air. The channels are all in stainless steel and not insulated. Heating: Airheater, newest model Technical data: Fuel: standard natural gas or as special equipment with liquid gas Max. heating power: 92kW Mass of kiln air: 3.200 kg/h t of barley Temperature max. with recirculated air operation: 150 °C Germination-kilning-ventilator: high-efficiency low-pressure radial ventilator Fa. Karl Klein V.max: 6.400 m3/h Temperature max.: 150°C Cooling register : In stainless steel for installation in the cooling air way. Model Hafner-Muschler Blade distance : 3 mm Cooling power : 5 kW Supply of the cooling energy via icewater is done by customer. Needed cooling capacity 2,9 kW/t barley. Valves: 1 Regulating valve: Cooling water Diaphragm valve for air moistening 1 x DN 15 3 regulated flaps in the air pipes with motor drive for	117.620,00	117.620,00



Pos	Quantity / Menge	Article / Bezeichnung	Price / Einzelpreis	Total EUR
		<p>controlling the mixture of fresh-, circulating- and exhaust-air while germination and kilning.</p> <p>Air flaps: Automatic switching between cooling and heating with open-close air flaps.</p> <p>7 temperature probe PT100 D 6 mm, with measuring amplifier 0-100 °C. Fabr. Jumo body: CrNi-Steel electric power supply: 24 V, DC output signal: 4-20 mA</p> <p>2 inductiv initiators inductive proximity switch D 12 mm witch cabel access and illuminating diode. electric power supply: 24 V, Dc Output signal: Closer</p> <p>Connection parts in stainless steel, 1mm, welded. The pre-assembly of the air ducts and the integration of the parts is done in the factory in Bamberg. The fixing of the air ducts is by a rail system and with frames. The plant is demounted before the transport. The mounting at customers place is not included in this position of the quotation. <i>Klimatechnik</i></p>		
35.000	1 X	<p>Glass tube heat exchanger Glass tube heat exchanger for energy recovery during withering and kilning.</p> <p>HiF-glass tube heat exchanger Fa. Flucorrex Efficiency 80% <i>Glasrohrwärmetauscher</i></p>	13.070,00	13.070,00
50.000	1 X	<p>Automatic system The automatically control is done by the automation system S7-300. The accordant components are included in our offering. The visualisation and the controlling of equipment are</p>	64.090,00	64.090,00



Pos	Quantity / Menge	Article / Bezeichnung	Price / Einzelpreis	Total EUR
		realized with computerscreen, keyboard and mouse In detail we are offering: Substation and automation S7- Control Touch Multipanel MP377 12" St 1,00 Rack 530 mm St 1,00 CPU 315-PN/DP St 1,00 MMC Card 512 kbyte St 1,00 Control box Control box b/h/l steel coated, with air conditioner signal lamp with metal-frontring installation diameter 22,5 mm pc 2,00 emergency stop calliper, unblockable with an anti rotation, IP 54 pc 1,00 buzzer element voltage: 24 V DC st 1,00 1 emergency stop calliper on the equipment machine Feed in circuit breaker 3-pole, Nominal current: 63 A fault-current circuit breaker 25/ 0,03 A automatic cutout C 16 A 1-pole automatic cutout B 10 A emergency stop control unit on two channels (for emergency stop, cap control, guard door) Voltage 24 V DC rectifier unit DIN 19240, output current: IN = 10 A power switch on the input side for the mains adapter cutout with auxilary switch 1-pole , nominal current C 2 A - 10 A fieldbus interface UFP11A for FU valve block: valves 4/2 way selector type 470 Installation for malting motor feeder actuation germination drum with FC motor feeder srew with FC motor feeder germination-kiln fan with FC motor feeder CO2 fan motor feeder steep pump with FC		



Pos	Quantity / Menge	Article / Bezeichnung	Price / Einzelpreis	Total EUR
		motor feeder water pump		
		Hardware projection The accounting for work while the commissioning is according to the complexity.		
		Remote control with a VPN router. DSL connection access must be allocated by customer.		
		Optional: alarm transmission via phone call or sms text message (costs: 1800 €)		
		<i>Automatisierungssystem</i>		
70.000	1 X	Engineering Planing the dimensions and layout for all necessary machines and installations for malting unit. P&ID scheme, CAD drawings, caculation of the needed area. Collecting costs and dimensions of material, energy and power. Technical description of the necessary transport and silo technic for the costumer. Costs for building and other construction work is prepared by costumer. <i>Engineering</i>	13.340,00	13.340,00
90.000	1 X	Piping material Connection cold water to steeping vessel (max. 10 m) Discharge steeping vessel to drain Connection casting pipe from steeping vessel to drum Discharge drum to drain Discharge cooling register to drain Discharge air heater to drain (max. 5 m) Discharge glastube heat exchanger to drain (max. 5 m) Connection water-connection from steeping vessel to drum Additional length of piping material will be charged extra will be charged extra or must be discussed before contract. <i>Rohrleitungsmaterial</i>	4.450,00	4.450,00



Pos	Quantity / Menge	Article / Bezeichnung	Price / Einzelpreis	Total EUR
91.000	1 X	Documentation Documentation according to machinery directive. <i>Dokumentation</i>	5.000,00	5.000,00
150.000	1 X	Installation Price depends on the volume of the project, place of location and configuration of project. The installation of the mechanic parts of this contract we supply for a fixed price; the installation includes: 1) Unloading, unpacking, placement of all plant components 2) Positioning and straight alignment of drum, vessels, parts of air technology, etc. 3) Installation of the plant components incl. welding of all fastening elements. 5) Installation of the mentioned pipes. 6) Polishing and pickling of weldseams To provide by customer while the whole time of installation time: 2 helping assistants. This position includes all costs for work, expenses, travel costs. Accommodation (single rooms/western standard) is <u>not included</u> and has to be paid directly by customer. Insulation of pipework done by customer or fairly calculated on time and material basis. The following vehicles (incl. driver) to unload and install heavy equipment have to be provided by customer: - crane - fork lift <i>Montage</i>		
155.000	1 X	Electric installation Price depends on the volume of the project, place of location and configuration of project. Cabling of the cables and the pneumatic hoses in the		



Pos	Quantity / Menge	Article / Bezeichnung	Price / Einzelpreis	Total EUR
		<p>malthouse. Connecting the electric cables to the valves, motors, measurements etc. to the main cabinet. Installation of necessary Bus-cables. Work is done by an electricians, that are commissioned by Kaspar Schulz.</p> <p>This position includes all costs for work, expenses, travel costs. Accommodation is <u>not included</u> and has to be paid directly by customer. <i>Elektromontage</i></p>		
160.000	1 X	Commissioning Price depends on the volume of the project, place of location and configuration of project. Commissioning of the automatic system: HARDWARE and SOFTWARE Price includes: a) Before commissioning: Course of instruction of your personnel in our company (trip and costs of accommodation by customer) b) While installation: Connecting of measurement cables to the control box and testing the electric installation. c) Before the first automated operation: Testing electric signals and calibration of measurements d) Programming of one basic recipe of malt production by your personnel under our instruction. e) Production of one batch of malt f) Optimization of parameter and training of your personnel while the malt production. Checking of functions. This position includes all costs for work, expenses, travel costs. Accommodation (single rooms/western standard) is <u>not included</u> and has to be paid directly by customer. <i>Inbetriebnahme</i>		



Pos	Quantity / Menge	Article / Bezeichnung	Price / Einzelpreis	Total EUR
170.000	1 X	Packaging and loading Price depends on volume and place of location of the project. <i>Verpackung und Verladung</i>		
180.000	1 X	Transport Price depends on volume and place of location of the project. Transport: deliver free, but not unloaded, to your yard/construction site. <i>Transport</i>		

 pdfelement



Price Overview / Preisübersicht

Pos	Article / Bezeichnung	Price / Preis
10.000	Steeping unit	€ 52.930,00
20.000	Germination-kilning combo drum	€ 189.330,00
25.000	Security fence	€ 8.900,00
30.000	Air technology	€ 117.620,00
35.000	Glass tube heat exchanger	€ 13.070,00
50.000	Automatic system	€ 64.090,00
70.000	Engineering	€ 13.340,00
90.000	Piping material	€ 4.450,00
91.000	Documentation	€ 5.000,00

Sum EUR 468.730,00



Options / Optionen

Pos	Quantity / Menge	Article / Bezeichnung	Price / Einzelpreis	Total EUR
31.000	1 X	Glycol cooling unit (by customer) <i>Glycol-Kühlgerät (bauseits)</i>		
32.000	1 X	Preparation airtechnology for expansion Preparation of air technology for integration of additional drums 1 x Cooling part with separated fresh air controlling part for the drum 1 x Connection points in air channels for additional drum to the existing heating part. 1 x Separate fan for Germination If there is planned a expansion for additional germination-kilning combo drums it's worth to equip the first drum with a separated fresh air controlling part. That is needed for each drum, when there are more than one germination-kilning drums. That makes an expansion easier, avoids relocation of the existing parts and will make an expansion cheaper. <i>Vorbereitung Lufttechnik für Erweiterung</i>	29.910,00	29.910,00
60.000	1 X	Platform Working platform for work at conical steep and malting-drum. Base plate in CrNi steel, fundament of sectional tubes in stainless steel. Construction of rails corresponding to accident prevention regulations. <i>Podestanlage</i>	14.230,00	14.230,00
80.000	1 X	Cold water tank 40 hl Round designed tank for collecting and storage of cold water. Capacity 4.000 liter, <u>not insulated</u> . Including all necessary connections and mounting parts. Design: Round, vertical tank made of stainless steel 1.4571 / AISI 304, configured for <u>pressure-less</u> operation. Accessories: All connections, overflow / venting valve, sediment discharge with cap, temperature indicator, level control. <i>Kaltwassertank 40 hl</i>	9.530,00	9.530,00



Pos	Quantity / Menge	Article / Bezeichnung	Price / Einzelpreis	Total EUR
81.000	1 X	Cold water Pump Cold water pump for water supply of plant: Capacity: 12 m ³ /h at 1 bar <i>Kaltwasserpumpe</i>	1.070,00	1.070,00

pdfelement



TERMS OF PAYMENT AND DELIVERY

PRICE: FCA (Free Carrier) Bamberg, Incoterms 2000, Packing / packaging extra.

The prices are based on the today's costs of materials and wages. In the case of any variation within these factors, we must reserve the right to adjust our prices accordingly.
The prices are valid max. 3 months after the date of this quotation.

We reserve the right to change designs in accordance with the latest technical developments.

PAYMENT Payable in EUR

40 % as advanced payment and is immediately due with the placement of the order.
Please transfer the remittance to one of our following accounts with:

Sparkasse Bamberg,
Account No. 72 421
Bank Area Code - BLZ:- 770 500 00,
IBAN: DE3377050000000072421
S.W.I.F.T./ BIC: BYLA DE M1 SKB

HYPOVEREINSBANK
Account No. 2 545 055
Bank Area Code - BLZ 770 200 70
IBAN: DE88770200700002545055
S.W.I.F.T./BIC HYVE DE MM 411

60 % payable upon delivery against an Irrevocable and Confirmed Letter of Credit from a prime International Bank.
The L/C is to be opened within 30 days after signing the contract. All charges are borne by the applicant.

DELIVERY

12 month, after:

The down-payment/deposit has to be credited to our bank account.
The L/C must be opened.

One copy of the complete contract signed by the customer and sent back to contractor.
Confirmation and acceptance of layout has to be done by buyer minimum 4 months before delivery. Later changes of layout will lead to delay of delivery and will postpone the agreed delivery date analogue.

The indicated delivery time is subject to the availability of half finished products !

The non-acceptance of the equipment at the agreed delivery date or the extension of the agreed delivery time at the customer's request shall not affect the agreed payment, which shall be due as if delivery had been made.

FORCE MAJEURE

The Supplier shall not be responsible for the delay of shipment or non-delivery of the goods due to Force Majeure, which might occur during the process of manufacturing or in the course of loading or transit. The Supplier shall advise the Purchaser immediately of the occurrence mentioned above and within fourteen days. Thereafter the Supplier shall send a notice by airmail to the Purchaser for their acceptance of a Certificate of the Accident issued by competent Government Authorities under whose jurisdiction the accident occurs as evidence thereof. Under such circumstances the Supplier, however, are still under the obligation to take all necessary measures to hasten the delivery of the goods. In case the accident lasts for more than three months the Purchaser shall have the right to cancel the contract.
In case of force majeure any indemnifications are excluded.



RIGHT OF OWNERSHIP

The Supplier shall retain ownership of items delivered until all payments have been made in accordance with the contract.

The Purchaser may not pledge items, or transfer title for same. In case of seizure, confiscation or other disposition by third parties, the Purchaser shall notify the Supplier immediately

In so far that law exists which covers the delivered item and which does not permit the Right of Ownership, but does permit other rights, then the Supplier is entitled to all such rights. The Purchaser shall be obliged to assist the Supplier in any measures he undertakes to protect this Right of Ownership or any other rights regarding the delivered goods.

WARRANTY

The guaranteed period of warranty of the equipment on all mechanical parts shall be 12 months beginning from setting up date, or a maximum of 18 months beginning from B/L-date.

The Supplier's liability does not cover defects which are caused by faulty maintenance, incorrect erection or faulty repair by Purchaser, or alterations carried out without the Supplier's consent. Finally the Supplier's liability does not cover normal wear and tear or deterioration.

EXCLUSIONS:

- transportation and insurance
- taxes and import duties
- mounting
- setting up and commissioning
- head brewer's training
- installation materials
- pipe lines outside the brewhouse
- dispensing line and tap
- drains and gullies
- sewage treatment
- brewing water treatment
- electrical wiring outside the brewhouse
- Electric installation material (switches, contactors, low current and power cables, bus, network and communication cables (if applicable) as well as all cable ducts, cable trays, conduits and their fasteners) and the entire electric installation.
- buildings and foundations
- furniture for buildings
- spare parts
- raw materials and supplies
- plastic tube, hose pipes, hose connections
- hoses for the cooling medium
- room cooler for the store
- laboratory materials
- Protection against lightning and damage from overvoltage:
The switchgear in our scope of supply is protected by a surge arrester type 2 and type 3. The customer shall protect the main distribution system with a lightning current arrester type 1. A normative resistance to 20 strokes of lightning without destruction must be ensured.



- all costs for lizensing and getting the allowance for running the brewery from the local authorities
- and all other deliveries and performances not specifically stated in this quotation.

Commissioning oil- or gas-fired boiler

The adjustment and commissioning of the burner to the local conditions will be taken care of by a regional, manufacturer-authorized firm. The costs have to be paid by the operating company.

MOUNTING, SETTING UP AND TRAINING

All erection costs incurred and commissioning of the mechanical equipment including sending an Engineer and starting up the Brewery are to be paid by the Purchaser.

If the installation / commissioning works are split into two separate phases due to delay caused by the customer or at the customer's request, the additional travel expenses / traveling time will be charged separately.

All travelling expenses incurred by the Supplier in respect of his employees, the transport of their equipment and personal effects, including return flight tickets (open tickets), expenses for VISA, transfer cost from/to airport and the accommodation (hotel or apartment Western standard, single-room) of the Supplier's employees during erection and setting up are to be paid by the Purchaser.

In case of Supervisor Mounting of the delivered equipment with a supervising engineer the working time of our engineer is limited from Monday - Saturday, with max. 60 h/ week.

Purchasers Responsibilities and Constructional Performance

An Interpreter (language of foreign country / German or English) is to be available during the erection and installation time.

The Purchaser shall provide the Supplier with closed or guarded premises on or near the site as protection against theft and deterioration of the plant to be erected, of the tools and equipment and the clothing of the Supplier's employees.

The purchaser guarantees that the temperature in the working area is above 15° C at any time and that sufficient lighting in the working area is available.

A telephone, fax and modem connection has to be available during mounting and setting up time for our employees free of charge.

The supply and erection of the required scaffoldings are to comply with all valid safety rules and regulations.

All vehicles supplied must conform with the valid safety rules and regulations. It is also your responsibility to fully insure all goods which are moved by any of the above vehicles.

The following vehicles (incl. driver) to unload and install heavy equipment have to be provided by customer:

- crane
- fork lift

All equipment required for the erection and instalment such as power, welding gas (i.e. Argon, Oxygen, Moulding gas, Acetylene etc) construction site illumination must be available on the construction site in good time and free of charge.

Accordingly any additional bricklaying and stemming which may be required to complete the ceiling or walls which also includes the attachment of pipes and girders, supportive foundations etc and the finishing paintwork are entirely the Purchaser's responsibility.

Proper residual current protection to be executed with AC/DC sensitive residual current circuit breakers.



Laying of compressed air supply lines and pneumatic tubes as well as execution of pneumatic installation works.

The return transport for any of the above vehicles or equipment that were made available for this instalment, which have not been returned by the assembly men are the Purchasers responsibility.

Temporary assistance is required throughout the entire installation period (i.e. 1 worker per technician).

The utilisation of facilities are to be made available to our employees such as the workshop, recreation rooms, sanitary facilities etc.

Any and all costs incurred in the above set out constructional requirements are the entire responsibility of the Purchaser.

We will only acknowledge parts or utensils/elements which are required by our own employees on site for this particular installation, if, the delivery note is countersigned upon delivery by our company appointed Assembly Manager and a copy is forwarded on to us in Germany.

All additional costs which may incur which have not been specifically set out in our contract are your responsibility. **ARBITRATION**

All disputes arising from the execution of or in connection with this contract, shall be settled amicably through friendly negotiation. In case no settlement can be reached through negotiation, the case shall be submitted to the International Chamber of Commerce, Paris for arbitration in accordance with its rules of procedure. The arbitral award is final and binding upon both parties. Arbitration fee shall be borne by the losing party.

The contract shall be subject to German Law. CISG (United Nations Convention on Contracts for the International Sale of Goods) is excluded.

FINAL CONDITIONS

Any agreement between the Parties concerned shall only be binding if it has been confirmed in writing and signed by both Parties.

Should parts of this contract be cancelled or disputable, all other remaining parts of this contract keep their validity and are not affected.

As far as anything else is not ruled out in this contract, this order is subject to our General Conditions.

LANGUAGE AND IST EFFECT

This contract has been written in the english language and issued with two originals.

In the case of discrepancy in interpretation arising between the translation into foreign languages, this contract and our General Terms of Delivery shall be binding in the english wording only.

ENCLOSURES

General Conditions

2吨发芽与烘干组合罐式小型制麦系统设备明细(1个滚筒)

Equipments list for 2 tons of G-K COMBO DRUM small malting system(for 1 drum)

编号 NO.	设备名称 Equipments Model	技术描述 Technical Description	功率 Power	单位 Unit	数量 Quantity	备注 Note
<p>简要描述: --批次投料2吨大麦。 --采用锥底浸麦槽；滚筒式发芽、烘干装置。用于麦芽自动生产。 --本生产线设有1个锥底浸麦槽；设置1个制麦滚筒装置。 --每6天产出1批次。 全年2(大麦) × 0.8 (假设制成率) × 50批次 (300天) =80T。</p> <p>Briefly describe: --Batch of 2 tons of barley. --The use of cone bottom steep tank, A GERMINATION-KILNING COMBO DRUM, For the automated production of malt. --The design of the production line: 1 pcs cone bottom steep tank; 1 pcs G-K COMBO DRUM. --1 batche per 6 days . Full year: 2 (barley) * 0.8 *50 (batch) (300days) =80T.</p>						
1	大麦接受与筛选系统 Barley Receiving and Screening System					
1.01	收集斗 Collecting hopper	1000x1000x550；材质不锈钢δ =3mm, 1000x1000x550； material: 3mm Stainless steel plate		set	1	
1.02	大倾角带式输送机 Large angle belt conveyor	输送能力4T/h；水平长度约3.398m，高度3.6m，倾角60°。材质： 不锈钢；功率：1.1kw Conveying capacity: 4T/h; Horizontal length:approx.3.398m, height: approx.3.6m, Dip angle: 60. Material: SS304; power: 1.1kw	1.1	set	1	

编号 NO.	设备名称 Equipments Model	技术描述 Technical Description	功率 Power	单位 Unit	数量 Quantity	备注 Note
1.03	自衡振动TDLZ100X100 Vibrating Cleaning Screen	能力5T/h; 2x0.25kw。 Capacity: 5T/h; 2x0.25kw	0.5	set	1	
1.03.1	支架 Mounting bracket	10#槽钢、5#角钢。 10 # channel steel, 5 # Angle steel.		set	1	
1.04	物料溜管及料斗 Chute, and feed hopper	Φ 219x6管; 3mm板。不锈钢 Φ219x6 tube; 3mm plate. stainless steel		set	1	
1.05	布袋除尘器TBLM26 Bag-type dust collector TBLM26	过滤面积: 17m ² ; 关风器功率0.75kw; 气泵功率1.5kw。 filter area: 17m ² ; air seal machine power 0.75kw; air pump power	2.25	set	1	
1.06	除尘风机4-72 3.2A Dust exhausting fan 4-72 3.2A	风量1800m ³ /h; 风压: 1200Pa; 功率: 2.2kw。 blast capacity:1800m ³ /h; air pressure: 1200Pa; power: 2.2kw.	2.2	set	1	
1.07	除尘风管 Dedusting air pipe	Φ 300; 壁厚1.5mm碳钢镀锌板, 包括2个风阀 Φ300; carbon steel plate wall thickness 1.5mm.Including two air valves.		set	1	
2	大麦浸泡系统 Barley Steeping System					
2.01	浸泡槽 Steeping tank	容积约5.5m ³ ; Φ 2.0m x (1.5m+0.92m); 材质: 5mm 304不锈钢板; 包括通风筛板、鼓风喷嘴。 Volume:approx.5.5m ³ ; Φ2.0m x (1.5m+0.92m); material: 5mm 304 stainless steel plate, including ventilation sieve plate, air-blast nozzle.		set	1	
2.01.1	喷淋管路 Spray pipeline	管路DN20, 材质不锈钢, 包括1个DN20电动阀和4个不锈钢喷嘴。 Pipeline DN20, material of stainless steel. Including 1 piece of DN20 electric valve and 4 pieces of stainless steel nozzles.		set	1	
2.02	罗茨风机WHR50 Roots Blower WHR50	压力: 24.5KPa; 流量: 1.0m ³ /min; 功率: 0.75kw pressure: 24.5KPa; flow: 1.0m ³ /min; power: 0.75kw	1.1	set	1	
2.02.1	通风管路 Vent pipeline	材质: 不锈钢304, 主管DN65, 包括1个DN65手动阀, 包括1个DN65电动蝶阀。 Material: stainless steel 304. First grade pipe DN65,. Including 1 piece of DN65 manual valve, 1 piece of DN65 electric butterfly valve.		set	1	

编号 NO.	设备名称 Equipments Model	技术描述 Technical Description	功率 Power	单位 Unit	数量 Quantity	备注 Note
2.03	抽CO2风机9-19 3.15A CO2 draught fan 9-19 3.15A	压力：2000Pa；流量：420m ³ /h；功率：0.75 kw。 Pressure: 2000Pa; flow: 420m ³ /h; power: 0.75 kw.	0.75	set	1	
2.03.1	通风管路 Vent pipeline	Φ159 x4, 材质：不锈钢304. 包括一个DN150电动蝶阀 Φ159 x4, material: stainless steel 304. Including 1 piece of DN150 manual valve.		set	1	
2.04	蓄水箱 water storage tank	Φ1.7m x (1.5m+0.8m)；4m ³ ；材质：不锈钢。 Φ1.7m x (1.5m+0.8m); 4m ³ ; material: stainless steel.		set	1	
2.05	变频恒压供水泵组 Frequency conversion constant voltage water pump unit	扬程：62m；流量：15m ³ /h；功率：3.2kw。用于喷淋、加湿、冲洗、溢流。 Lift:62m; flow: 15m ³ /h; pwer: 3.2kw. Used for spraying, humidifying, cleaning, overflowing etc.	3.2	set	1	
2.06	恒压供水管路 Constant pressure water supply pipeline	管道DN50、DN40、DN20，材质不锈钢；含阀门、法兰等附件。 --2个DN40手动阀，1个DN40过滤器，1个DN50电动阀，1个DN20电动阀。 Pipe DN50, DN40, DN20, material stainless steel; including valves, flanges and other accessories. --2 pieces of DN40 manual valve, 1 piece of DN40 filter, 1 piece of DN50 electric valve, 1 piece of DN20 electric valve.		set	1	
2.07	无阻塞泵8050200-2D Clog-free pump 8050200-2D	流量20m ³ /h，扬程15米；7.5kw。 flow 20m ³ /h, lift 15M; 7.5kw	7.5	set	1	

编号 NO.	设备名称 Equipments Model	技术描述 Technical Description	功率 Power	单位 Unit	数量 Quantity	备注 Note
2.08	输送物料管路 Conveying material pipeline	管道DN80，材质不锈钢；含阀门、法兰等附件。 --2个DN80电动球阀 --2个DN80手动球阀 --1个DN80软连接 DN80 pipe, stainless steel material; Valve, flange and other accessories. --2 pieces of DN80 electric ball valve - 2 pieces of DN80 manual ball valve - 1 piece of DN80 soft connection		set	1	
2.09	操作平台及爬梯 Operating table and ladder stand	材质：不锈钢。现场组装。 Material: stainless steel. Field assembly.		set	1	
3	发芽系统 用于发芽和烘干。装料、卸料各20分钟。 GERMINATION-KILNING COMBO DRUM SYSTEM The loading and unloading of each 20 minutes.					
3.01	制麦滚筒 G-K COMBO DRUM	外形尺寸， $\Phi 2.0\text{m} \times 4.5\text{m}$ 。功率：5.5kw+3kw 有效空间尺寸 $\Phi 1.8\text{m} \times 3.7\text{m}$ ； 筒壁板为6mm不锈钢304板；带保温层，接口等； 包括卸料螺旋、底座架、齿圈，驱动单元； 分体式，现场组装。 Size: diameter 2.0m * 4.5m. Power: 5.5kw+3kw。 The effective size: $\Phi 1.8\text{m} * 3.7\text{m}$; Tube wall plate: 6mm stainless steel 304 plate; with insulation layer, interface, etc.; Including discharge screw、the base frame, gear ring, drive unit; Split type, field assembly.	8.5	set	1	

编号 NO.	设备名称 Equipments Model	技术描述 Technical Description	功率 Power	单位 Unit	数量 Quantity	备注 Note
3.02	发芽通风空调装置 Germination ventilating and air conditioning device	用于发芽期供风。 包括： --风机，功率1.1kw，流量1500m ³ /h；风压1100Pa； --表冷器，铜管，铝翅片，迎风面0.5m×0.5m，制冷能力18kw。 --增湿喷淋装置 外壳及底座材质为不锈钢。 Used for germiantion period air-supply. Include: --Fan, Flow: 1500m ³ /h; air pressure: 1100Pa; power: 1.1kw --Cooler, copper - table, aluminum fin, windward 0.5m * 0.5m, cooling capacity 18KW - a wet spraying device Case and base material for stainless steel.	1.1	set	1	
3.03	通风管路 Ventilation pipes	DN250，壁厚1.5mm，长约11米 DN250, the shell thickness of 1.5mm, a total length of about 11 meters		set	1	
3.04	新风阀 Fresh air valve	DN250；电动蝶阀 DN250； Electric butterfly valve		set	1	
3.05	进风阀 Air inlet valve	DN250；电动蝶阀 DN250； Electric butterfly valve		set	1	
3.06	回风门 Return air valve	DN250；电动蝶阀 DN250； Electric butterfly valve		set	1	
3.07	排风门 Exhausting air valve	DN250；电动蝶阀 DN250； Electric butterfly valve		set	1	
4	烘干通风系统 Drying and Ventilating System					

编号 NO.	设备名称 Equipments Model	技术描述 Technical Description	功率 Power	单位 Unit	数量 Quantity	备注 Note
4.01	风机4-72 4.5A Fan 4-72 4.5A	用于烘干供风。 风量8500-9000m ³ /h; 风压: 1800-2000Pa; 功率: 7.5kw。 used for air-supply air blast: 8500-9000m ³ /h; air pressure: 1800-2000Pa; power: 7.5kw.	7.5	set	1	
4.02	燃气加热器 Gas heater	加热能力170kw; 用于烘干。燃烧室及第一组换热管材质为不锈钢309, 其他材质为不锈钢304。 包括 --燃烧器RIELLO GS20/M (比例调节) Heating capacity 170KW; used for drying。 The combustion chamber and the first set of heat exchange tubes are made of stainless steel 309, other materials are stainless steel 304. Include: --burner, RIELLO GS20/M(Ratio adjustment)		set	1	
4.03	新风百叶窗 Fresh air louver	1000x500; 材质: SS304 ; 带有执行器 1000x500; material: SS304, With actuator		set	1	
4.04	进风门 Air inlet gate	750×750; 气密; 材质: SS304; 带有执行器 750×750; Airtight; material:SS304, With actuator		set	1	
4.05	回风门 Return air gate	650x650; 气密; 材质: SS304; 带有执行器 650x650; Airtight; material: SS304, With actuator		set	1	
4.06	排风门 Exhausting air gate	750×750; 气密; 材质: SS304; 带有执行器 750×750; Airtight; material:SS304, With actuator		set	1	
4.07	送风管路 Air supply pipeline	Φ 600, 材质: 镀锌板; 板厚1.5mm, 有保温层, 总计长约有4.5米。 Φ600, material: Galvanized sheet ; 1.5mm thickness plate, there are heat insulation layer, a total length of about 4.5m		set	1	

编号 NO.	设备名称 Equipments Model	技术描述 Technical Description	功率 Power	单位 Unit	数量 Quantity	备注 Note
4.08	排风管路 Exhausting air pipeline	Φ 600, 材质: 镀锌板; 板厚1.5mm, 有保温层, 总计长约有12米。 Φ600, material: Galvanized sheet ; 1.5mm thickness plate, there are heat insulation layer, a total length of about 12m.		set	1	
4.09	回风管路 Return pipeline	Φ 500, 材质: 镀锌板; 板厚1.5mm, 有保温层, 包括弯头, 总计长约有3米。 Φ500, material: Galvanized sheet ; 1.5mm thick plate, there are heat insulation layer, including elbow, a total length of about 3 m.		set	1	
5 干麦芽出料、存储系统 Dry Malt Discharge and Storage System						
5.01	螺旋输送机LS250 Screw conveyor LS250	输送能力8m ³ /h; 长度约3.3m, 倾角10°。材质: 碳钢; 功率: 1.1kw Conveying capacity: 8m ³ /h; length:approx. 3.3m; Dip angle: 10 degrees. Material: SS304; power: 1.1kw	1.1	set	1	
5.01.1	支架 Mounting bracket	Φ 60x5管。 Φ60x5 tube		set	1	
5.01.2	溜管, 及进料斗 Chute, and feed hopper	3mm板. 不锈钢 3mm plate.stainless steel		set	1	
5.02	大倾角带式输送机 Large angle belt conveyor	输送能力4T/h; 水平长度约3.398m, 高度3.6m, 倾角60°。材质: 不锈钢; 功率: 1.1kw Conveying capacity: 4T/h; Horizontal length:approx.3.398m, height:approx.3.6m, Dip angle: 60. Material: SS304; power: 1.1kw	1.1	set	1	
5.03	自衡振动TDLZ100X100 Self-balance vibrating sieve	能力5T/h; 2x0.25kw。 Capacity: 5T/h; 2x0.25kw	0.5	set	1	

编号 NO.	设备名称 Equipments Model	技术描述 Technical Description	功率 Power	单位 Unit	数量 Quantity	备注 Note
5.03.1	支架 Mounting bracket	10#槽钢、5#角钢。 10 # channel steel, 5 # Angle steel.		set	1	
5.03.2	溜管, 及进料斗 Chute, and feed hopper	Φ 168x5管; 3mm板。碳钢 Φ168x5 tube; 3mm plate. carbon steel		set	1	
5.04	大倾角带式输送机 Large angle belt conveyor	输送能力4T/h; 水平长度约3.398m, 高度3.6m, 倾角60°。材质: 不锈钢; 功率: 1.1kw Conveying capacity: 4T/h; Horizontal length:approx.3.398m, height:approx.3.6m, Dip angle: 60. Material: SS304; power: 1.1kw	1.1	set	1	
5.05	暂储罐 Temporary storage tank	4.5m ³ ; Φ 1.8m × (1.5+0.8) m. 碳钢5mm板, 现场组装焊接. 4.5m ³ ; Φ1.8m ×(1.5+0.8)m,carbon steel 5mm thickness, On-site assembly		set	1	
5.06	电动闸板阀 Electric Gate valve	200x200, 电动。 200x200, Electric operation.		set	1	
5.07	大倾角带式输送机 Large angle belt conveyor	输送能力4T/h; 水平长度约3.398m, 高度3.6m, 倾角60°。材质: 不锈钢; 功率: 1.1kw Conveying capacity: 4T/h; Horizontal length:approx.3.398m, height:approx.3.6m, Dip angle: 60. Material: SS304; power: 1.1kw	1.1	set	1	
5.08	包装秤 Packing scale	包装范围: 10-25kg/包; 包装速度: 180-240包/h; 精度±0.1%。 带有缓冲斗。 Package scope: 10-25kg/ package; packing speed: 180-240 package /h; Accuracy + 0.1%。 With buffer hopper		set	1	
5.09	布袋除尘器TBLM Bag-type dust collector	过滤面积: 14m ² ; 关风器功率0.75kw; 卸料电机功率0.75kw; 气泵 功率1.5kw。 filter area: 14m ² ; air seal machine power 0.75kw; Discharge motor power0.75kw; air pump power 1.5kw。	3	set	1	

编号 NO.	设备名称 Equipments Model	技术描述 Technical Description	功率 Power	单位 Unit	数量 Quantity	备注 Note
5.10	除尘风机4-72 3.2A Dust exhausting fan	风量1800m ³ /h; 风压: 1200Pa; 功率: 2.2kw。 Blast capacity:1500m ³ /h; air pressure: 1200Pa; power: 2.2kw。	2.2	set	1	
5.11	除尘风管 Dedusting air pipe	Φ300; 壁厚1.5mm碳钢镀锌板, Φ300;carbon steel plate wall thickness 1.5mm。		set	1	
6	冷水机组 (8p) Water Chilling unit System (8P)	最大制冷量24.65kw/h; 总功率: 7.2kw; 水泵流量4.27m³ /h; 进出水管径: DN40。 Max refrigerating capacity 24.65kw/h; total power: 7.2kw; water pump flow 4.27m³/h; In and out water pipe diameter: DN40				
6.01	冷水关闭阀 Cold water close valve	手动蝶阀DN50 Butterfly valve DN50		set	1	
6.02	冷水管路 Cold water pipe line	主管DN50, 附带阀门、管件。材质不锈钢 Main pipeDN50,attached valve, pipe fittings material : stainless		set	1	
7	电气控制系统 Electrical Control System					
包装费: 设备价格包括。 Packaging Cost: Equipoment price included.						
Total Price: 264,100USD EXW Laizhou.						

编号 NO.	设备名称 Equipments Model	技术描述 Technical Description	功率 Power	单位 Unit	数量 Quantity	备注 Note
<p>Notice:</p> <p>1) Price Validity: 20 days.</p> <p>2) Payment term: T/T.</p> <p>50%: down payment within 10 working days from the date of signing contract.</p> <p>50%: before shipping from the workshop.</p> <p>3) Delivery time: 120 days after receive the deposit.</p> <p>4) Installation and commissioning:</p> <p>Top-quality products are accompanied with top-level services. The seller shall reply the buyer within 12 hours after receiving the buyer's correspondence. If the line arriving at buyer's site is requested, the seller shall dispatch the technicians who shall commonly get to the buyer's site according to the appointed time by both parties. It will need 20 days to finish it. The salary is 80USD/day/person. If the buyer want to extend the service time, the buyer should pay the seller 100USD/day/person. The buyer will be responsible for the round-trip air fare, insurance, visa and accommodation of seller's persons.</p>						