

## GESTÃO AMBIENTAL EM UMA UNIDADE DE PRODUÇÃO ARTESANAL DE CERVEJA

Realizar gestão ambiental em uma unidade de produção artesanal de cerveja através de um diagnóstico apurado do processo.

Orientador: Maria Eliza  
Nagel Hassemer

Augusto Francisco Medeiros

GESTÃO AMBIENTAL EM UNIDADE ARTESANAL DE PRODUÇÃO DE  
CERVEJA

Trabalho apresentado à Universidade Federal de  
Santa Catarina para a Conclusão do Curso de  
Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Eliza Nagel  
Hassemer

Florianópolis, Março de 2017



Este trabalho é dedicado a todos os  
produtores artesanais de cerveja.



Augusto Francisco Medeiros

## GESTÃO AMBIENTAL EM UNIDADE DE PRODUÇÃO ARTESANAL DE CERVEJA

Trabalho submetido à Banca  
Examinadora como parte dos requisitos  
para a Conclusão do Curso de  
Graduação em Engenharia Sanitária e  
Ambiental – TCC II.

Florianópolis, 10 de março de 2017.



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Eliza Nagel Hassemer  
Orientadora  
Universidade Federal de Santa Catarina  
ENS/CTC/UFSC

**Banca Examinadora:**



Prof. Dr. Mauricio Sens  
Universidade Federal de Santa Catarina  
ENS/CTC/UFSC



Eng. Gabriel Kollross  
Cervejaria Armada



Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Medeiros, Augusto  
GESTÃO AMBIENTAL EM UMA UNIDADE DE PRODUÇÃO ARTESANAL  
DE CERVEJA / Augusto Medeiros ; orientador, Maria Eliza  
Nagel Hassemer - Florianópolis, SC, 2017.  
85 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, . Graduação em .

Inclui referências

1. . 2. Gestão ambiental, Produção artesanal de cerveja.  
I. Nagel Hassemer, Maria Eliza. II. Universidade Federal  
de Santa Catarina. Graduação em . III. Título.



## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente devo agradecer aos meus pais, que sempre me apoiaram, mesmo quando suas opiniões eram contrárias as minhas, e demonstravam que estavam ao meu lado com a simples frase “adianta dizer que não?”

Agradeço a minha professora e orientadora Maria Eliza Nagel Hassemer, que desde o princípio compartilhou de meu entusiasmo pelo projeto.

Muito obrigado aos meus amigos Gabriel Maraslis, Eduardo Gava e Gabriel Kollross, que sempre demonstraram interesse durante o trabalho.

Agradeço a minha namorada, Jakeline Tomazi, que participou ativamente do projeto e suportou as madrugadas de coletas de dados ao meu lado.

# GESTÃO AMBIENTAL EM UMA UNIDADE DE PRODUÇÃO ARTESANAL DE CERVEJA

## RESUMO

A produção artesanal de cerveja é uma atividade que vem ganhando nos últimos anos. Apesar de as produções serem em pequena escala, podem apresentar impactos relativamente altos no meio ambiente, principalmente por não haver conhecimento apurado dos gastos de água e energia envolvidos na nano produção. O presente projeto visa identificar os principais gargalos da produção de cerveja artesanal, através de um diagnóstico detalhado sobre os consumos de água, energia e insumos dentro de uma unidade piloto de produção. E solucioná-las através de boas práticas de gestão e implementação de novas tecnologias na cadeia produtiva, bem como buscar fontes alternativas de energia, água e insumos. O uso da micro geração de energia é possível graças a nova resolução 482 da ANEEL. As alternativas encontradas são avaliadas de acordo com o período de retorno dos investimentos necessários, que dão base as mudanças realizadas na bancada de produção.

**PALAVRAS CHAVE: processo cervejeiro, eficiência energética, insumos, Resolução ANEEL 482.**



# ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN AN ARTISANAL BEER PRODUCTION UNIT

## ABSTRACT

Artisanal brewing is an activity that has been gaining in recent years. Although the productions are on a small scale, they can present relatively high impacts on the environment, mainly because there is no accurate knowledge of the water and energy costs involved in the nano production. This project aims to identify the main bottlenecks in the production of artisanal beer, through a detailed diagnosis of the consumption of water, energy and inputs within a pilot production unit. And solve them through good practices of management and implementation of new technologies in the production chain, as well as seek alternative sources of energy, water and inputs. The use of micro power generation is possible thanks to the new ANEEL 482 resolution. The alternatives found are evaluated according to the period of return of the necessary investments, which are the basis of the changes made in the production bench.

**KEY-WORDS:** Brewing process, energy efficiency, inputs, Resolution ANEEL 482.

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Parâmetros de qualidade da água da chuva para fins não potáveis.....	38
Quadro 2 - Fluxograma de produção artesanal de cerveja. ....	53
Quadro 3 - Novo layout de produção para a parte fria.....	79



## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1- IPCA acumulado X Tarifa de energia acumulada .....	32
Gráfico 2 - Médias mensais de velocidade do vento em Florianópolis.....	36
Gráfico 3 - Chuva acumulada em Florianópolis .....	39
Gráfico 4 - Médias mensais de chuva em Florianópolis (mm) .....	40





## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Radiação solar global diária .....	34	
Figura 2 - Camada limite do vento superficial.....	35	
Figura 3 - Perfil do lúpulo.....	42	
Figura 4 - Flor do Lúpulo	Figura 5 - detalhe do lúpulo .....	44
Figura 6 - Parte quente, bancada de produção .....	49	
Figura 7 - Bomba Chugger .....	49	
Figura 8 - Trocadores de calor de 40 e 20 placas.....	50	
Figura 9 - Parte fria (fermentação, maturação e carbonatação) .....	50	
Figura 10 - Controlador de temperatura.....	51	
Figura 11 - Receita de produção de cerveja estilo APA .....	54	
Figura 12 - Modelagem de painéis fotovoltaicos .....	62	
Figura 13 - distância entre as coletas de dados e local do potencial para instalação do gerador eólico .....	64	
Figura 14 - Localização da OMM 83897	Figura 15 - Localização do aerogerador .....	65
Figura 16 - Trocadores de Calor .....	70	
Figura 17 - Parreira de humulus lupulus.....	73	
Figura 18 - Parreira construída .....	74	
Figura 19 - Detalhes da Floração .....	75	
Figura 20 - Leira de compostagem .....	80	



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Tarifas de água em Florianópolis.....	29
Tabela 2 - Fatores de conversão de energia. ....	30
Tabela 3 - Classificação de esforço de cada atividade e MET correspondente.....	31
Tabela 4 - Médias mensais de velocidade do vento em Florianópolis.....	36
Tabela 5 - Composição do lúpulo .....	43
Tabela 6 - Consumo de gás.....	55
Tabela 7 - Consumo de água.....	56
Tabela 8 - Consumos específicos de energia .....	57
Tabela 9 - Cálculo de dispêndio de energia humana para cada atividade.....	58
Tabela 10 - Conversões de energias utilizadas para Joules.....	59
Tabela 11 - Bagaço de malte e absorção de água.....	59
Tabela 12 - Trub produzido .....	60
Tabela 13 - Orçamento para aquisição do sistema fotovoltaico.....	62
Tabela 14 - Tempo de retorno de investimento dos painéis fotovoltaicos.....	63
Tabela 15 - Características da estação OMM83897 .....	63
Tabela 16 - Comprimentos de rugosidade específicos.....	65
Tabela 17 - Fator de capacidade e produção média mensal de aerogedores.....	67
Tabela 18 - Cálculo do volume do reservatório .....	68
Tabela 19 - Orçamento do sistema de coleta d'água da chuva .....	69
Tabela 20 - Saída d'água de refrigeração .....	70
Tabela 21 - Orçamento para reaproveitamento d'água de refrigeração.....	71
Tabela 22 - Preços dos lúpulos de diferentes fornecedores .....	75
Tabela 23 - Orçamento da construção da parreira .....	76
Tabela 24 - Tempo de retorno do investimento na parreira de lúpulos.....	76
Tabela 25 - Consumo relativo as resistências e geladeira nova .....	78
Tabela 26 - Dispêndio extra de energia .....	79
Tabela 27 - Consumo em Joules do novo layout .....	80
Tabela 28 - Comparativo de consumo gás GLP x Energia elétrica .....	81
Tabela 29 - Orçamento.....	81
Tabela 30 - Período de retorno de investimentos das intervenções .....	82



## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica

APA- American Pale Ale

BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa

CASAN – Companhia Catarinense de águas e Saneamento

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica

GLP – Gás Liquefeito de Petróleo

HI- Hecto Litro (100 litros)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IPCA – Índice Nacional de Preço ao Consumidor

MET - Utilização do Equivalente Metabólico

NBR – Norma Brasileira



## Sumário

1	Introdução.	25
1.1	Objetivo principal.	26
1.2	Objetivos específicos	27
2	Revisão Bibliográfica	28
2.1	Água.	28
2.2	Energia.	29
2.2.1	Energia elétrica.	30
2.2.2	Gás GLP.	30
2.2.3	Energia Humana.	31
2.3	Fontes Alternativas.	32
2.3.1	Energia Fotovoltaica.	33
2.3.2	Energia Eólica.	34
2.3.3	Reutilização de água.	37
2.3.4	Coleta de água da chuva:	38
2.4	Insumos	40
2.4.1	Malte.	41
2.4.2	Lúpulo	42
2.4.3	Fermento	45
2.5	Compostagem.	45
2.6	Economia Ambiental.	46
3	A produção.	46
3.1	Local do projeto.	46
3.2	Processo de Produção.	46
4	Descrição do equipamento.	49
5	Metodologia	52
6	Diagnóstico.	55
6.1	Consumo de gás.	55
6.2	Consumo de água.	56
6.3	Consumo de Energia.	56
6.4	Trabalho Humano.	58
6.5	Consumo total de energia.	59
6.6	Resíduos obtidos.	59
6.6.1	Bagaço do malte.	59
6.6.2	Trub.	60
6.6.3	Fermento excedente.	60
7	Metas de reduções.	61

7.1	Fontes alternativas de energia.....	61
7.1.1	Energia solar.....	61
7.1.2	Energia Eólica.....	63
8	Fontes alternativas de água.....	68
8.1	Captação d'água da chuva.....	68
8.2	Água de Reuso.....	69
8.3	Seleção de insumos.....	71
8.3.1	Malte.....	72
8.3.2	Lúpulo.....	72
9	Ações de redução de insumos e energia.....	77
10	Verificações.....	78
10.1	Mudança de gás GLP para resistência e logística.....	78
10.2	Compostagem.....	79
10.3	Economia de energia.....	80
10.3.1	Tempo de retorno.....	81
11	Conclusões.....	83
12	Recomendações.....	84
13	Referências Bibliográficas.....	85



## 1 Introdução.

Pouco se conhece sobre o surgimento da cerveja no mundo. Estudos indicam que na antiguidade, difundiu-se lado a lado com as culturas de milho, centeio e cevada, entre os povos da Suméria, Babilônia e Egito. Também foi produzida por gregos e romanos durante o apogeu destas civilizações (Mega et al., 2011). No Brasil, ela foi introduzida juntamente com a vinda da família real portuguesa em 1808.

Assinado em 2009, o Decreto nº6871, dispõe sobre a definição da cerveja, “Cerveja é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo.” Porém, está contido no mesmo texto que no Art.36 § 4º “Parte do malte de cevada poderá ser substituído por adjuntos cervejeiros, cujo emprego não poderá ser superior a quarenta e cinco por cento em relação ao extrato primitivo.” O que representa grande porcentagem da cerveja consumida no Brasil, a qual possui até 45% do malte substituído por milho e arroz, dando menos corpo e sabor ao precioso líquido dourado.

No sentido contrário, as cervejas artesanais estão passando por um crescimento exponencial no país. Segundo Leandro do Becker, o setor cresce em uma média de 20% ao ano, entretanto, representa apenas 1% do mercado nacional. Ou seja, está em constante expansão, e a cada ano novos cervejeiros, especialmente caseiros, entram no ramo.

O processo de fabricação da cerveja utiliza energia intensivamente, e usa grandes volumes de água (Wainwright, T., 1998), tratando-se de cerveja artesanal, o consumo pode ser ainda maior. Em muitos casos a relação água consumida/cerveja produzida pode chegar a 1/10, mas com o estudo adequado, grande quantidade dessa água pode ser reutilizada. Tendo em vista que nanocervejeiros não necessitam de grandes investimentos para mudanças em sua bancada de produção ou mesmo em sua gestão, o presente trabalho pretende verificar os gargalos de produção da cerveja artesanal e aplicar as soluções em um projeto piloto.

São diversos os processos que compõem a produção de cerveja, e diversos os fatores que podem influenciar na pegada ecológica do produto gerado.

Em uma planta de fabricação, independentemente de seu tamanho, é preciso avaliar a seleção dos insumos utilizados, geração de resíduos e a utilização de água e energia, ou seja realizar um diagnóstico da cadeia de produção.

O diagnóstico é suma importância para identificar os principais gargalos da produção e embasar decisões no layout ou no modo produtivo.

O presente trabalho presente trabalho realizara o diagnóstico ambiental em uma nanocervejaria artesanal. A partir da identificação dos processos que possuem maiores custos de operação e avaliar alternativas para cadeia produtiva, tanto na implementação de novas tecnologias, quanto mudanças no modo de operação, visando fechar ciclos.

Além da reutilização, busca-se a utilização mais consciente dos recursos, visando tanto a eficiência dos processos envolvidos quanto o desenvolvimento de diferentes fontes de energia, a partir da microgeração de energia.

As alternativas serão avaliadas de acordo com a sua atratividade e período de retorno do investimento (payback), e se possível, serão implementadas na produção de cervejas.

## **2 Objetivos**

### **2.1 Objetivo principal**

Reduzir os impactos ambientais relacionados à micro produção de cerveja artesanal, utilizando técnicas de reuso de água, coleta de água da chuva, fontes alternativas de energia e análise de ciclo de vida, a partir de um projeto piloto de produção.

### **2.2 Objetivos específicos**

1. Definir quantitativamente volumes de controle no processo produtivo a fim de identificar os gargalos da produção cervejeira.

2. Analisar custos de implantação de captação de água da chuva, bem como seu tempo de retorno do investimento e sua viabilidade.

3. Identificar qualitativamente e quantitativamente os processos passíveis de reutilização de água, assim como o dimensionamento e implementação de reservatórios, tubulações, bombas, etc.

4. Verificar os potenciais danos ambientais associados à produção cervejeira artesanal, desde a seleção dos insumos utilizados até o seu consumo. Dependendo dos resultados, sugerir mudanças.

### 3 Revisão Bibliográfica.

O processo cervejeiro faz uso intensivo de energia e utiliza grandes volumes de água (Wainwright, 1998). No processo, grandes quantidades de água são utilizadas na produção da própria cerveja, como também para limpar e esterilizar várias unidades depois de finalizada cada batelada (Olajire, 2011). Segundo Robbins e Brillat (2002), para uma produção limpa, o cervejeiro deve ser sustentável adotando uma nova tecnologia cervejeira com consumo eficiente de energia, consumo eficiente de água para limpeza e refrigeração, prevenção de perdas e reuso de águas cinzas.

A quantidade de efluente gerado vai depender da produção do uso específico de água (OLAJIRE, 2011). Dentro de uma cervejaria, as soluções de fim de tudo não são interessantes na gestão. Como resultado, hoje em dia muitos cervejeiros estão pesquisando formas de cortar o uso de água durante o processo de fabricação ou meios de tratar o efluente e reutilizá-lo (SIMATE et al., 2011).

O processo cervejeiro utiliza muita energia, especialmente na brassagem, onde a mosturação e a fervura são os principais consumidores do processo. O processo imperativo para reduzir o consumo é o emprego de novas tecnologias (OLAJIRE, 2011 apud Unterstein, 1992). A redução de consumo de energia está muito associada à gestão de todo o processo, que segundo Olajire (2011), deveria ser alvo de qualquer indústria cervejeira o desenvolvimento do processo sustentável com consumo eficiente de energia com vistas a alcançar economias em combustíveis e energia.

Na produção de cerveja são utilizados essencialmente 4 insumos: água, malte, lúpulo e fermento. Entretanto para que se realize o processo ainda são necessários outros recursos como água, energia, gás GLP que não são diretamente incorporados no produto final, mas essenciais para a produção.

#### 3.1 Água.

A água é utilizada em diversos processos de fabricação, parte dela é incorporada ao mosto, que segundo Morado, é o líquido adocicado obtido pela adição de água ao malte moído, que é submetido a diferentes temperaturas por períodos determinados.

Apenas uma pequena parcela do consumo total de água é intrínseco ao mosto, a grande parcela é utilizada nos processos de fabricação. Uma cervejaria eficiente vai usar entre 4 e 7 litros de água para produzir 1 litro de cerveja (EC, 2006).

Para uma efetiva produção limpa, o cervejeiro busca adotar o conceito “verde” nas novas tecnologias cervejeiras, com eficientes formas de reduzir os consumos de água e energia, emissões de odor, uso de água para limpeza, resfriamento e o reuso dos resíduos tratados (ROBBINS e BRILLAT, 2002).

Os preços do m<sup>3</sup> d’água são variáveis de acordo com a concessionária e a demanda mensal dos usuários, como consta na Tabela 1Fonte: CASAN.

Tabela 1- Tarifas de água em Florianópolis

Categoria	Faixa	m <sup>3</sup>	Água R\$
Residencial "B"	1	até 10	39,77/mês
	2	11 a 25	7,2883/m <sup>3</sup>
	3	26 a 50	10,2253/m <sup>3</sup>
	4	maior que 50	12,2532/m <sup>3</sup>
	5	Tarifa Sazonal	15,3163/m <sup>3</sup>

Fonte: CASAN

A água, que é fornecida companhia CASAN, possui cloro residual que interfere na produção de cerveja, pois quando combinado com a matéria orgânica, ocorrem mudanças indesejáveis no sabor da cerveja. (BRODERICK et al., 1977; REINOLD, 1999 apud Kuky 2008). Segundo a Portaria, de 12 de Dezembro de 2001, Ministério da Saúde.

É obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede).

É comum encontrar filtros de carvão ativado nas nanoproduções artesanais com a finalidade de retirar o cloro adicionado nas águas de abastecimento.

De acordo com o catalogo dos filtros residenciais que são fabricados com carvão ativado, a remoção de cloro livre é maior ou a 75% (LORENZETTI, Loren Acqua 5).

### 3.2 Energia.

A energia utilizada na fabricação de cerveja são de três fontes: elétrica, gás propano e humana. Energia térmica e humana são medidos em quilocalorias e elétrica em kwh.

Tratando-se de indústria cervejeira, a unidade utilizada é hectolitro (hl), que serve para calcular qualquer parâmetro relativo a eficiência e custos. Dados publicados sobre cervejarias alemãs indicam que para cervejarias de grande porte (maiores que 500,000 hl), o consumo de energia primária é na média de 69,5 Kwh/hl ou 290,1 MJ/hl, enquanto que para pequenas cervejarias, (menor que 20,000 hl), é de 119 Kwh/hl ou 498,3 MJ/hl. (Worrel. E.; Galitsky, C.; Martin, N; 2002).

Segundo a ANEEL, Joule é uma unidade de trabalho, energia e de calor. E caloria é a quantidade de energia necessária para elevar em 1 °C, uma grama de água, de 14,5 °C para 15,5 °C, sob pressão atmosférica. Através do conhecimento

dos fatores de transformação de unidades de energia (Tabela 2), é possível quantificar as diferentes fontes de energia em uma única unidade, Joule.

Tabela 2 - Fatores de conversão de energia.

Fatores de conversão para energia					
de » para	Multiplicar por				
	J	Btu	cal	kWh	tep
joule (J)	1,0	$947,8 \times 10^6$	0,23884	$277,7 \times 10^9$	$2,388 \times 10^{11}$
British Thermal Unit (Btu)	$1,055 \times 10^3$	1,0	252,0	$293,07 \times 10^6$	$2,52 \times 10^8$
caloria (cal)	4,1868	$3,968 \times 10^3$	1,0	$1,163 \times 10^6$	$10^{10}$
quilowatt-hora (kWh)	$3,6 \times 10^6$	3.412,0	$860,0 \times 10^3$	1,0	$8,6 \times 10^5$
tonelada equivalente de petróleo (tep)	$41,87 \times 10^9$	$39,68 \times 10^6$	$10,0 \times 10^9$	$11,63 \times 10^3$	1,0

Fonte: ANEEL

### 3.2.1 Energia elétrica.

A indústria cervejeira é altamente dependente de energia elétrica, que está associado tanto nos processos da parte quente quanto da parte fria.

Consumo de energia é igual a 3 – 8% do custo de produção da cerveja, realizar melhorias na eficiência energética é uma forma de reduzir custos, especialmente em tempos onde há volatilidade nos preços da energia elétrica. (Worrel. E.; Galistsky, C.; Martin, N; 2002).

O cálculo de consumo de energia elétrica pode ser realizado a partir da potência dos aparelhos elétricos da produção e o tempo utilização. De acordo com a ANEEL, o cálculo deve ser feito da seguinte maneira.

$$\text{Consumo} = \left( \text{potência em } \frac{\text{watt}}{1000} \right) \times (\text{tempo}) \text{ número de horas} \\ = \text{total em KWh}$$

Tratando-se de indústria cervejeira, a unidade utilizada é hectolitro (hl), que serve para calcular qualquer parâmetro relativo a eficiência, custos...

### 3.2.2 Gás GLP.

O gás liquefeito de petróleo, GLP, é na verdade uma mistura de gases provenientes do petróleo. Os constituintes mais importantes do GLP são: propano (C3 H8 ); propeno (C3 H6 ); isobutano (C4 H10); n-butano (C4 H10); e buteno (C4 H8). (PETROBRÁS, 2013).

Segundo a COPERGÁS, o poder calorífico do GLP é de 11,500 Kcal/Kg. Porém seu rendimento pode variar um pouco de acordo com as condições de combustão.

### 3.2.3 Energia Humana.

O dispêndio de energia em uma atividade pode ser calculado de acordo com sua intensidade, peso da pessoa e duração. Segundo Farinatti (2006), o dispêndio de uma atividade é calculado a partir do MET associado a atividade estudada, que é definido pelo quociente entre taxa metabólica da atividade e a taxa metabólica de repouso. De acordo com Farinatti (2006).

“o consumo energético da atividade pode ser expresso em  $Kcal \cdot Kg^{-1} \cdot h^{-1}$ . Para determinar o gasto energético de uma atividade, deve-se medir o dispêndio de relativo ao repouso (ou seja, TMR), multiplicando-se o valor em METs sugerido pelo compêndio. Uma vez que a TMR é próxima de  $1 Kcal \cdot kg (peso\ corporal)^{-1} \cdot h^{-1}$ , o custo energético pode ser estabelecido termos de múltiplos seus. Multiplicando-se o peso corporal pelo valor do MET e considerando a duração da atividade, é possível estimar o gasto calórico específico de um indivíduo cujo o peso é conhecido. (Farinatti, 2006).

O MET de cada atividade que se encontra no estudo de Farinatti, é um compêndio das principais atividades realizadas no dia-a-dia de uma pessoa comum, que com uma classificação flexível, permite a determinação do custo energético de quase qualquer atividade. Na Tabela 3, a relação das atividades realizadas na fabricação de cerveja e seu correspondente MET do compêndio de atividades físicas:

Tabela 3 - Classificação de esforço de cada atividade e MET correspondente.

atividade	classificação	MET
varrição	Varrer garagem, calçada	4
deslocar botijão	Em pé, esforço moderado/pesado pesos 22kg	4
moagem	Em pé, esforço moderado	3
transferencia para a panela	Em pé, esforço pesado	3,5
supervisionar mosturação	Em pé, esforço leve	1,8
deslocar botijão	Em pé, esforço moderado/pesado pesos 22kg	4
esquentar panela lavagem	Em pé, esforço moderado	3
recirculação	Em pé, esforço leve	1,8
sanitização	Em pé, esforço moderado	3
deslocar botijão	Em pé, esforço moderado/pesado pesos 22kg	4
transferencia para fervura	Em pé, esforço leve	1,8
limpeza panela de mosturação	Limpeza pesada	3
adição lúpulo	Em pé, esforço leve	1,8
refrigeração	Em pé, esforço moderado	3
oxigenação	Em pé, esforço pesado	3,5
limpeza geladeira	Em pé, esforço moderado	3

transferência para fermentação	Em pé, esforço pesado	3,5
limpeza geral	Em pé, esforço moderado	3

Fonte: Adaptado de Farinatti (2006)

### 3.3 Fontes Alternativas.

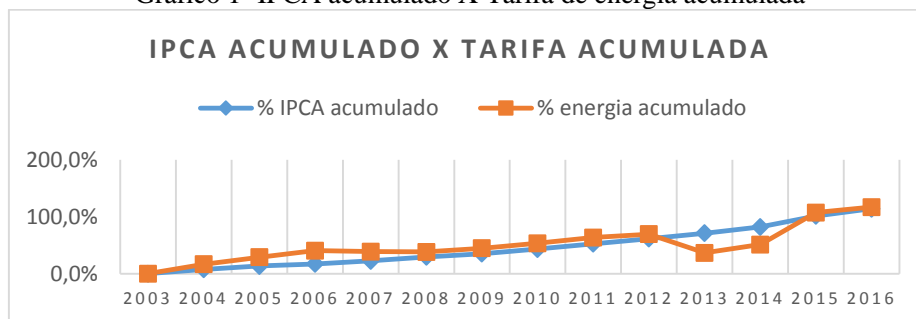
Eficiência energética é muito importante, porém é interessante apontar a atenção a diferentes fontes de energia disponíveis. Atualmente a ANEEL em sua resolução 482, dispõe sobre a microgeração residencial de energia elétrica.

“A diretoria da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) aprovou, nesta terça-feira (24/11), aprimoramentos na Resolução Normativa nº 482/2012 que criou o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, permitindo que o consumidor instale pequenos geradores (tais como painéis solares fotovoltaicos e microturbinas eólicas, entre outros) em sua unidade consumidora e troque energia com a distribuidora local com objetivo de reduzir o valor da sua fatura de energia elétrica.” (Brasil, 2016).

Dessa forma, qualquer pessoa pode buscar autonomia na geração de energia elétrica através da autoprodução. Para analisar a atratividade de qualquer intervenção na planta, é preciso verificar o retorno financeiro da instalação de fontes alternativas de água e energia em relação a variação das tarifas de consumo e a inflação.

Caso o reajusto da tarifa de energia elétrica seja inferior ao da inflação, isso tornaria a atratividade de microgeração menos atrativa, visto que a vantagem econômica da microgeração está em evitar um consumo da energia fornecida pela concessionária. (NAKABAYASHI, 2015). No Gráfico 1, as variações acumuladas do IPCA e preço da energia elétrica.

Gráfico 1- IPCA acumulado X Tarifa de energia acumulada



Fonte: Adaptado de IBGE e ANEEL

Ainda no segmento de auto geração, pode-se buscar a coleta de água da chuva e reuso d'água para fins não potáveis. A Norma ABNT NBR 15527 discorre sobre



a coleta de água da chuva e os parâmetros de projeto. A norma ABNT NBR 13969:1997 especifica quais são os usos adequados para as águas de reuso e de captação de água chuva, bem como os parâmetros a serem atendidos de acordo para as finalidades propostas.

### **3.3.1 Energia Fotovoltaica.**

A viabilidade econômica de instalação de painéis fotovoltaicos em uma residência está diretamente associada as condições atmosféricas, porém, a energia que poderá ser captada pelos painéis foto voltaicos está relacionada com a energia total incidente na superfície da terra, que depende da latitude do local e do tempo, isto é, hora do dia e data. (CRESESB, 2003).

Para o dimensionamento do sistema, é crucial o conhecimento da insolação diária no ponto do projeto, bem como a energia recebida na área ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ). Visando suprir essa demanda, em 1996 foi assinado um convênio entre FADE-UFPE/CEPEL, que permitiu a elaboração do Atlas Solarimétrico Brasileiro.

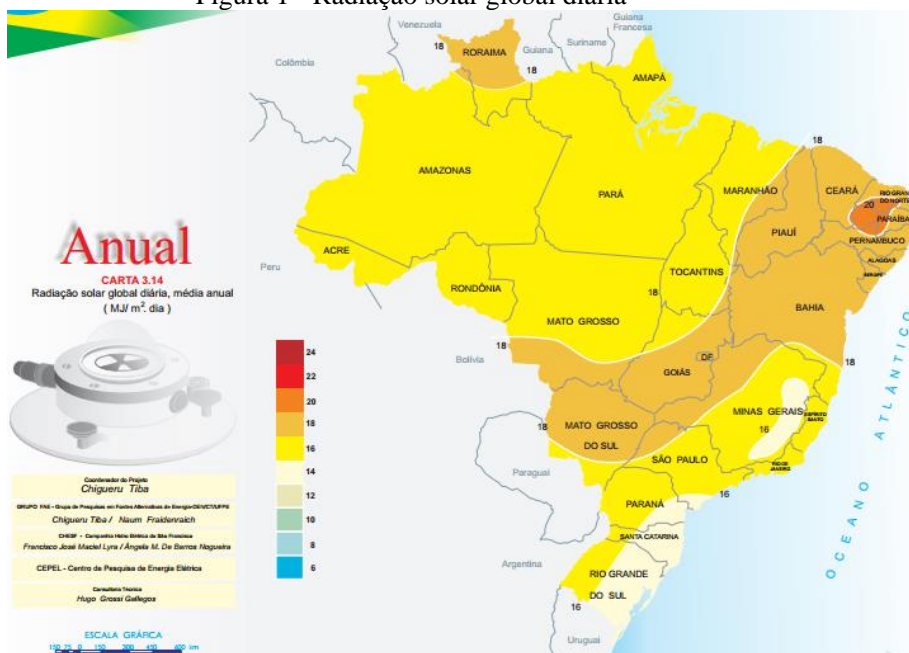
No Atlas Solarimétrico estão contidos dois documentos de suma importância para a elaboração do projeto, o mapa de isolinhas de horas de insolação e o mapa de isolinhas de radiação solar.

As isolinhas de horas de horas de insolação demonstram de forma prática o tempo de brilho de sol em todas as regiões do Brasil, os dados são dispostos em médias mensais e anual. Segundo a UFPE, os dados são de alta confiabilidade e podem ser utilizados para dar embase técnico a projetos do ramo:

”Em regiões aproximadamente homogêneas (admitindo-se isotropia) extrapolaram-se as medidas diárias, médias mensais , provenientes de medições piranométricas até aproximadamente 200 Km sem incorrer em um erro maior que 10% , com um nível de confiança de 90%.” (UFPE, Atlas Solarimétrico Brasileiro, 2000).

Segundo a UFPE (2000), as isolinhas de horas de insolação são apenas dados que constam no Banco de Dados Solarimétricos, que se demonstram mais interessantes quando convertidos para radiação, com objetivo de completar banco de dados de radiação solar. Ou seja, a radiação solar é o parâmetro mais importante para o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos. Para a modelagem de painéis fotovoltaicos, utiliza-se a radiação solar diária como dado de entrada (Figura 1).

Figura 1 - Radiação solar global diária



Fonte: UFPE (2000).

### 3.3.2 Energia Eólica

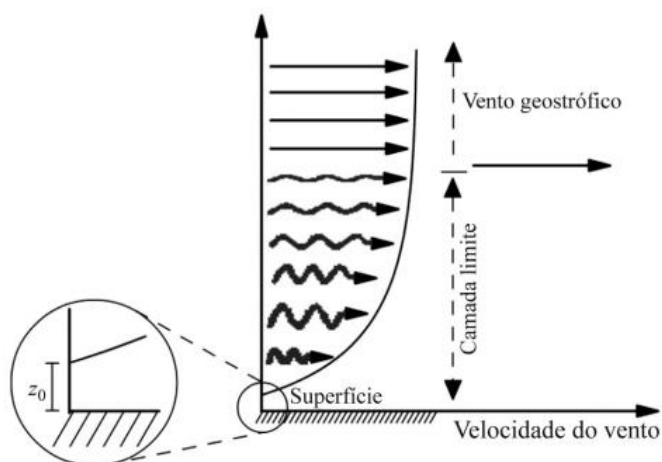
A viabilidade econômica de instalação de geradores eólicos está atrelada a constância e intensidade de ventos na região. Segundo Grubb e Meyer (1993), uma densidade de vento de aproximadamente  $500 \text{ W/m}^2$ , o que corresponde a uma velocidade média de ventos entre 7 e  $7,5 \text{ m/s}$ , isso para uma altura de 50 metros em relação ao solo.

De acordo com Grubb e Meyer (1993), a grande maioria dos dados coletados são na altura de 10 metros a partir do nível do solo, porém as turbinas de geração eólica geralmente alcançam a altura de 75 metros.

A velocidade do vento não é constante em relação ao perfil da atmosfera. Segundo Martins (2008), a velocidade do vento é nula próximo da superfície e praticamente geostrófica na atmosfera livre. Na camada limite atmosférica, que se

compreende entre 100 e 3000 metros de altura, há um comportamento diferente do restante da atmosfera (Figura 2).

Figura 2 - Camada limite do vento superficial



Fonte: Martins et al. (2008).

Os ventos contidos na camada entre a superfície e a atmosfera livre, estão na estaõ camada superficial, zona onde os ventos sofrem forte interferência da rugosidade do solo e conseqüentemente tem suas velocidades alteradas.

Segundo Roballo et al (2008), duas leis são de grande importância para o regimento de ventos compreendidos na camada superficial: A Lei Logarítmica e a Lei da Potência.

A Lei Logarítmica relaciona a velocidade do vento na altura desejada de projeto com a altura na qual foram obtidos os dados de velocidade média, como segue na fórmula abaixo:

$$v(z) = \frac{v^x}{k} * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)(1)$$

Onde:

$v(z)$ : velocidade do vento na altura desejada (m/s)

$v^x$ : velocidade de atrito (m/s)

$k$ : constante de Von Karman

$z^0$ : comprimento de rugosidade

z: altura vertical.

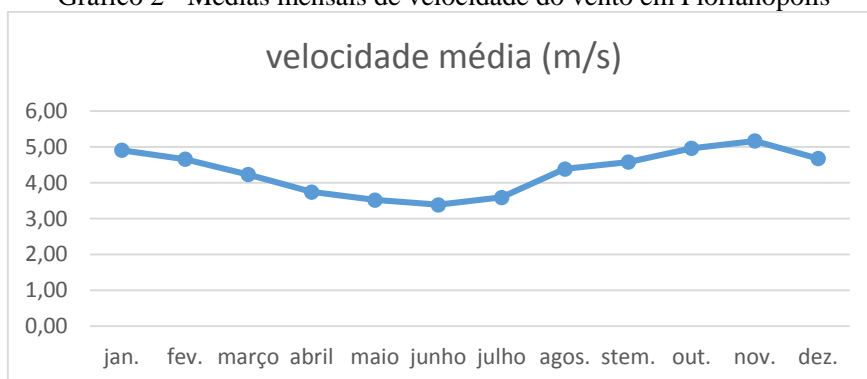
Os dados obtidos pela fórmula representam apenas a variação da velocidade de acordo com a altura, ainda deve-se comparar os resultados obtidos com os dados de velocidades médias de vento no local desejado. O BDMEP, Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa, através do INMET, disponibiliza dados referentes aos regimes de ventos em diferentes localidades no Brasil. Na Tabela 4, velocidades médias mensais em m/s, os dados foram coletados na estação meteorológica do aeroporto OMM 83897, na parte continental de Florianópolis.

Tabela 4 - Médias mensais de velocidade do vento em Florianópolis

ano/mês	jan.	fev.	março	abril	maio	junho	julho	agos.	stem.	out.	nov.	dez.
2006	5,89	4,50	5,19	3,53	4,20	4,65	3,83	5,37	5,77	6,20	6,79	5,93
2007	7,01	6,00	5,03	4,11	3,95	4,42	4,25	5,05	5,23	5,54	6,41	6,06
2008	5,86	4,78	4,93	4,09	4,06	3,78	3,83	5,09	5,28	5,63	5,05	6,09
2009	5,42	5,06	4,84	5,27	3,92	4,04	4,20	5,12	5,17	6,50	6,19	6,14
2010	3,49	5,11	3,72	3,72	3,68	3,31	3,54	4,27	3,72	4,76	4,41	3,80
2011	4,84	4,28	3,98	3,10	4,05	2,94	4,01	3,75	4,69	4,60	4,96	4,26
2012	3,98	4,64	3,80	3,21	2,59	2,74	3,06	4,03	4,55	4,01	4,25	4,54
2013	4,72	4,21	3,35	2,91	3,28	3,14	3,38	3,60	3,68	4,39	4,33	3,48
2014	3,57	3,99	3,84	4,28	3,16	2,59	2,99	3,67	3,54	4,17	4,62	3,79
2015	4,28	3,99	3,60	3,20	2,28	2,25	2,80	3,87	4,13	3,80	4,62	2,64
média	4,90	4,66	4,23	3,74	3,52	3,39	3,59	4,38	4,58	4,96	5,16	4,67

Fonte: Adaptado de BDMEP.

Gráfico 2 - Médias mensais de velocidade do vento em Florianópolis



Fonte: Adaptado de BDMEP.

A velocidade média do vento está intimamente ligada a energia que será transmitida as pás do aerogerador. Segundo Martins et al (2007). A potência contida no vento é transmitida as hélices do aerogerador pelo fluido de velocidade  $u$  que atravessa perpendicularmente a área do gerador. Essa potência pode ser calculada com a seguinte fórmula:

$$P = \frac{1}{2} * \rho A u^3 \quad (2)$$

$P$ : Potência

$\rho$ : Densidade do ar atmosférico

$A$ : Área de intercepção das pás

$u$ : velocidade do vento

Visto que é o vento que transmite energia as pás do aerogerador, o cálculo da densidade do ar é de suma importância, que pode ser obtido através da equação 3:

$$p(z) = \frac{\rho_0}{RT} * e^{-\frac{gz}{RT}}$$

Onde:

- $\rho(z)$  é a densidade do ar (em kg/m<sup>3</sup>) em função da altitude  $z$ ;
- $p_0$  é a pressão atmosférica ao nível do mar (em kg/m<sup>3</sup>);
- $T$  é a temperatura do ar (em K);
- $g$  é a aceleração da gravidade (em m/s<sup>2</sup>);
- $R$  é a constante específica do ar (em J/K mol). (MARTINS et al, 2007).

Quando há interesse em investimentos em turbinas eólicas, o parâmetro a ser estudado é o fator de capacidade. O fator capacidade é a relação de energia que pode ser produzida no tempo, pelo o que o gerador produziria se funcionasse a todo tempo em plena capacidade. (EPE, 2016).

O Brasil apresenta boa competitividade no setor da energia eólica, o que se deve aos altos fatores de capacidade apresentados nos leilões de energia, a média dos fatores de capacidade de todos os leilões brasileiros é de 0,53. (EPE, 2016).

### 3.3.3 Reutilização de água.

A instrução normativa ABNT NBR 13969:1997 discorre sobre o reuso de efluentes, determina as classes de usos de acordo com a nobreza da qualidade de água exigida, os parâmetros a serem controlados para cada classe de utilização e possíveis tratamentos para cada caso:

“- classe 1: Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes: turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 200 NMP/100 mL;

sólidos dissolvidos totais inferior a 200 mg/L; pH entre 6,0 e 8,0; cloro residual entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L. Nesse nível, serão geralmente necessários tratamento aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido por filtração convencional (areia e carvão ativado) e, finalmente, cloração. Pode-se substituir a filtração convencional por membrana filtrante;

- classe 2: lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes: turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 500 NMP/100 mL, cloro residual superior a 0,5 mg/L. Nesse nível é satisfatório um tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção. Pode-se também substituir a filtração por membranas filtrantes;

- classe 3: reuso nas descargas dos vasos sanitários: turbidez inferior a 10, coliformes fecais inferiores a 500 NMP/100 mL. Normalmente, as águas de enxágüe das máquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão, sendo necessário apenas uma cloração. Para casos gerais, um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção satisfaz a este padrão;

- classe 4: reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual. Coliforme fecal inferior a 5 000 NMP/100 mL e oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/L. As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.” (ABNT NBR 13969:1997)

### **3.3.4 Coleta de água da chuva:**

A norma NBR 15527:2007 é a instrução a ser seguida para o dimensionamento de coleta de água da chuva para fins não potáveis. Basicamente, a norma dita os parâmetros a serem atendidos e o modelos de cálculos para vazões e reservatórios (Quadro 1).

Quadro 1 - Parâmetros de qualidade da água da chuva para fins não potáveis

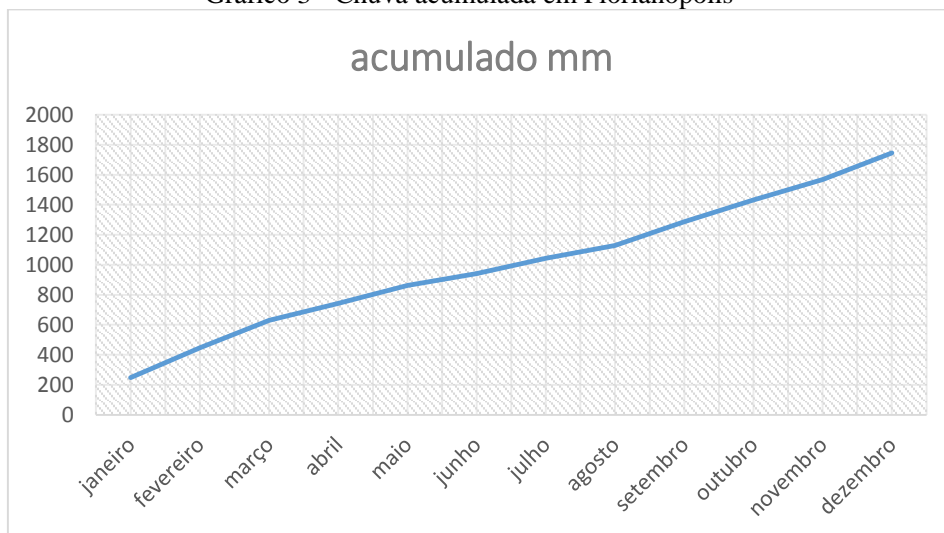
Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre <sup>a</sup>	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT <sup>b</sup> , para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	< 15 uH <sup>c</sup>
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
NOTA Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
<sup>a</sup> No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.		
<sup>b</sup> uT é a unidade de turbidez.		
<sup>c</sup> uH é a unidade Hazen.		

Fonte: NBR 15527:2007.

A norma traz também, o modelos de cálculo de volume de reservatórios: Método de Rippl, da Simulação, Azevedo Neto, prático Alemão prático Inglês e prático Australiano.

De acordo com GIACCHINI (2016), a base de cálculo para o método Rippl, é a elaboração do diagrama de massa a partir das médias históricas mensais (Gráfico 3).

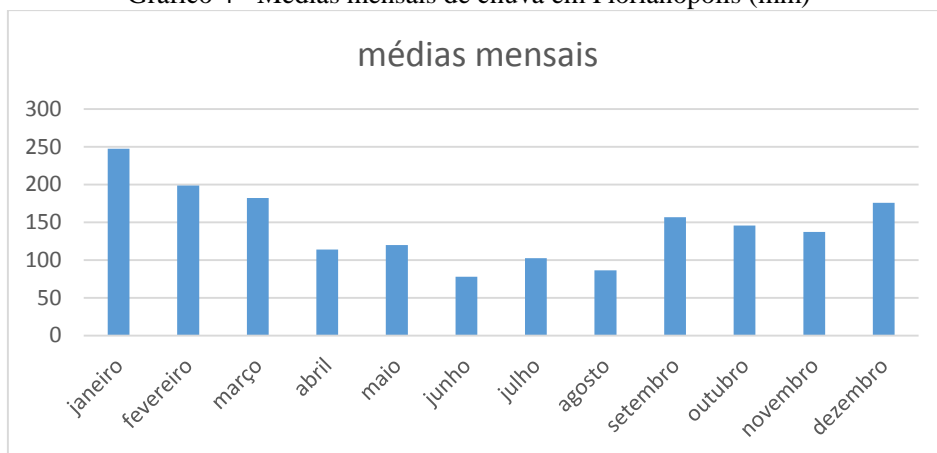
Gráfico 3 - Chuva acumulada em Florianópolis



Fonte: Adaptado de BDMEP

Os dados de chuva são referentes a média mensal pluviométrica dos últimos 30 anos da estação meteorológica de Florianópolis OMM 83897, que embasam o cálculo das médias mensais anual (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Médias mensais de chuva em Florianópolis (mm)



Fonte: Adaptado de BDMEP.

Para a aplicação do método de Rippl, deve-se considerar duas hipóteses nos cálculos de volume do reservatório. Primeiramente que o reservatório encontre-se no nível máximo no tempo  $t=0$ , e que adotando-se uma sequência histórica de dados pluviométricos, a mesma não se altera (GIACCHINI, 2016).

De acordo com a norma, o cálculo do volume do reservatório deve seguir o seguinte procedimento.

$$S(t) = D(t) - Q(t)$$

$$Q(t) = C * P * A$$

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

$$\text{Sendo que } \sum D(t) < \sum Q(t)$$

Onde:

$S(t)$  = volume de água no reservatório no tempo  $t$ ;

$D(t)$  = demanda ou consumo no tempo  $t$ ;

$Q(t)$  = volume de chuva aproveitável no tempo  $t$ ;

$C$  = coeficiente de escoamento superficial;

$P$  = Precipitação da chuva;

$A$  = Área de captação.

### 3.4 Insumos

A lei de pureza da cerveja, REINHEITSGEBOT, que data de 23 de abril de 1516 determinava que a cerveja deveria ter apenas água, malte e lúpulo em sua composição, o fermento foi acrescentado posteriormente, pois naquela época não havia conhecimento de sua existência, as fermentações ocorriam de forma espontânea. A



fermentação espontânea pode ocorrer devido a leveduras selvagens e bactérias que estão presentes no ar atmosférico. (CARVALHO et al. 2006).

Na contramão da lei da pureza, a legislação brasileira permite que a cerveja tenha em sua composição adjuntos cervejeiros, que discorre sobre o assunto na lei 8.918, de julho de 1994, na seção III, das bebidas alcoólicas fermentadas.

§ 2º Malte é o produto obtido pela germinação e secagem da cevada, devendo o malte de outros cereais ter a designação acrescida do nome do cereal de sua origem.

§ 4º Parte do malte de cevada poderá ser substituído por adjuntos cervejeiros, cujo emprego não poderá ser superior a quarenta e cinco por cento em relação ao extrato primitivo.

§ 5º Consideram-se adjuntos cervejeiros a cevada cervejeira e os demais cereais aptos para o consumo humano, malteados ou não-malteados, bem como os amidos e açúcares de origem vegetal. (Lei 8.918, 1994).

Segundo D'Ávila et al (2009), os adjuntos cervejeiros são utilizados pois a produção nacional de maltes não supre a demanda das cervejarias brasileiras, além disso os adjuntos não passam pela hidrólise enzimática, o que reduz o custo energético como um todo.

Ainda nono inciso da Lei 8.918, é dada a definição de lúpulo, que é utilizado para dar aroma e amargor a cerveja:

I - lúpulo são os cones da inflorescência do **Humulus lupulus**, em sua forma natural ou industrializada, aptos para o consumo humano; e  
II - extrato de lúpulo é o resultante da extração, por solvente adequado, dos princípios aromáticos ou amargos do lúpulo, isomerizados ou não, reduzidos ou não, devendo o produto final estar isento de solvente. (Lei 8.918, 1994).

O fermento não citado na mesma lei, não faz parte da composição da maioria das cervejas, na verdade, ele é quem faz a cerveja. Cervejeiros são responsáveis por apenas criar as condições ótimas para atuação dos fermentos.

### 3.4.1 Malte.

O malte que é utilizado na elaboração da cerveja, é a cevada que passou pelo processo de malteação. De acordo com Hlathy (2007), é definida em quatro etapas: maceração, germinação, secagem e crivagem.

O processo é de extrema importância para a produção de cerveja, os resultados de um bom processo de malteação se propagam até a cerveja elaborada. Segundo Kunze (1999), a hidratação dos grãos de malte possibilita a sintetização de enzimas e disponibiliza as reservas nutritivas do endosperma para que se realize a germinação.

Terminada a etapa de germinação, o malte é levado a secagem. Fase que pode ocorrer em temperaturas entre 20°C e 100°C, dependendo da coloração desejada para o malte está sendo processado.

A malteação deve ser realizada de forma a otimizar a produção de enzimas no grão. Na produção da cerveja, as enzimas serão responsáveis por quebrar polímeros (amido e proteínas), em moléculas menores e fermentáveis (LEWIS e YOUNG, 2002 apud ABOUMRAD e BARCELLOS, 2015).

Existem outros tipos de maltes que não o de cevada, que também são utilizados para a fabricação de cerveja, que veem a ser adjuntos cervejeiros, como o malte de trigo.

Na fabricação artesanal de cerveja, pouca influência o cervejeiro pode ter nos gastos energéticos na produção de malte, sua principal contribuição em causar menos impactos devido a malteação, é selecionar bons e mais próximos fornecedores da matéria prima. A produção de cerveja e a aquisição de matéria prima são maiores responsáveis pela produção de carbono no que diz respeito ao produto final. Porém, é necessário considerar as distâncias entre os fornecedores de matéria prima e consumidores finais (KORONEOS et al., 2008 apud TROMMER, 2014).

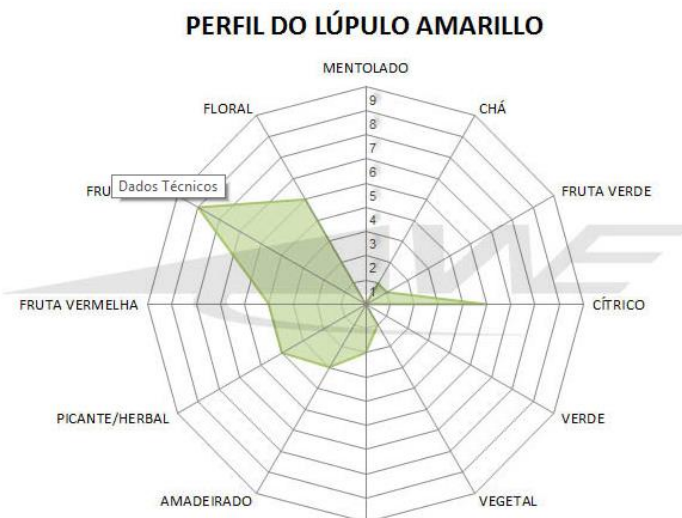
O bagaço do malte de cevada é um subproduto da produção de cerveja, que pode servir para alimentação de gado ou disposto como adubo. (TROMMER, 2014).

### **3.4.2 Lúpulo**

São os lúpulos que conferem o amargor e aroma as cervejas. Seus aromas variam do herbal ao floral, e são determinantes na criação de alguns estilos de cervejas. (MORADO, 2009).

Na Figura 3, uma representação típica dos aromas presentes em uma variedade de lúpulo:

Figura 3 - Perfil do lúpulo



Fonte: WE Consultoria

As substâncias que conferem o amargor característico são conhecidos como alfas-ácidos, que não são solúveis em água, por isso devem passar pelo processo de isomerização, que ocorre na etapa da fervura do mosto. Já o aroma, é obtido pelos óleos essenciais que se encontram no lúpulo, esses são voláteis, então devem ser adicionados ao final da fervura ou na etapa de maturação. (NOGUEIRA, 2010).

A Tabela 5 representa a composição química do lúpulo e suas respectivas quantidades.

Tabela 5 - Composição do lúpulo

<b>Componente</b>	<b>Quantidade</b>
Água	8-14%
Proteínas	12-24%
Resinas totais	12-21%
Ácidos-alfa	4-10%
Ácidos-beta	3-6%
Taninos	2-6%
Celulose	10-17%
Cinzas	7-10%
Óleos essenciais	0,5-2,0%

Fonte: REINOLD, 1997.

Fonte: Reinold, 1997 apud Kuky 2008

Os lúpulos mais utilizados no Brasil para a fabricação artesanal de cerveja, são em formato de pellets. Segundo Nogueira (2010), Pellets são as flores processadas e embaladas, onde o peso final pode corresponder a 90% ou 45% do peso original das flores.

Segundo Tschope (2001), o lúpulo utilizado na fabricação da cerveja corresponde à flor da planta do lúpulo (*humulus lupulus*), que é uma trepadeira natural das zonas temperadas do hemisfério norte (Figura 4).

Os principais regiões mundiais produtoras de lúpulos são Alemanha, Estados Unidos, República Tcheca, China e Ucrânia. (TSCHOPE, 2001). Entretanto o Brasil já possui algumas experiências no ramo.

De acordo com o portal de notícias G1, a primeira experiência com o cultivo de *humulus lupulus*, deu-se na serra da Mantiqueira, no município de Gonçalves-MG. No local, foram cultivadas espécies nativas da Europa em estufas, mas as mudas não resistiram a alta pluviosidade da serra. Apesar da desistência do cultivo, e as mudas terem sido encaminhadas para a compostagem, em meio a esse processo, contra estatísticas, uma modificação genética ocorreu e se desenvolveu uma planta adapta as condições da serra da Mantiqueira. Apesar do sucesso no cultivo do lúpulo, a mesma não está disponível ao mercado, ela é destinada a uma cervejaria local.

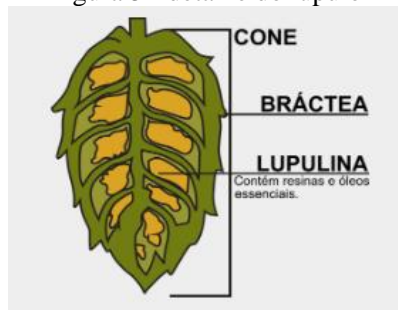
É na lupulina (Figura 4) que se encontram as substâncias requeridas na produção da cerveja, os compostos amargos e os óleos essenciais que dão o aroma:

Figura 4 - Flor do Lúpulo



Fonte: God Save The Beer

Figura 5 - detalhe do lúpulo



Fonte: quimicavolatil

Segundo a Biotec do Brasil, há planos de combinar a produção de maçã e erva-mate que ocorrem na serra Catarinense, com a produção de lúpulo. A intenção é criar uma fazenda modelo para desenvolver 5 variedades da planta.

A planta do lúpulo tem vida produtiva de 12 a 25 anos, que são cultivados em parreiras de 5,5 a 7 metros. (MARCOS et al, 2011). A insolação diária é um fator importante para o sucesso da produção, são necessários de 13 a 15 de luz por dia, motivo pelo qual as produções se dão em países de altas latitudes.

### 3.4.3 Fermento

A levedura, ou fungo *Saccharomyces Cerevisiae*, é o microorganismo responsável pela fermentação da cerveja. Suas atividades metabólicas ocorrem tanto na presença ou ausência de oxigênio, respiração e fermentação respectivamente. (TSCHOPE, 2001; KUNZE, 2006)

A principal categorização de leveduras é dada pela localização das mesmas durante o processo fermentativo, as leveduras de baixa fermentação (largers) se depositam no fundo do fermentador, enquanto as de alta fermentação (ales), permanecem na superfície do líquido. (KUNZE, 2006).

## 3.5 Compostagem

De acordo com a NBR 13591:1996, a compostagem é um processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável, ela se dá em condições aeróbicas. O processo de compostagem acontece em duas fases, degradação e maturação.

Na fase ativa, conhecido também de bioestabilização da matéria orgânica, ocorre a elevação da temperatura do meio devido a atividade microbológica. Essa etapa tem duração de 60 a 70 dias. Nos primeiros dias, a temperatura alcança temperaturas de entre 50°C e 60°C, e acaba atingindo a temperatura de 60°C a 70°C, nos primeiros 15 dias. O processo se mantém nessa faixa por alguns dias e depois reduz gradativamente a temperatura entre 35°C e 45°C, na qual ocorre a fase de maturação. (TEIXEIRA et al., 2004).

A temperatura deve permanecer entre 35°C e 70°C durante todo o processo e deve ser verificada diariamente. É o parâmetro que indicará se o processo de bioestabilização está ocorrendo adequadamente. (TEIXEIRA et al., 2004).

Baixas temperaturas podem indicar oxigenação ineficiente, umidade excessiva, ausência de espaços vazios para o oxigênio. (SOUZA et al., apud 2001 WAGEN, D.R.B, FREITAS, I. C, V, 2010).

A relação carbono/nitrogênio é essencial para o sucesso da compostagem, que deve ser aproximadamente igual a 30. Muito a cima desse valor, o crescimento dos microrganismos fica limitado e conseqüentemente a degradação da matéria orgânica ocorrerá em um tempo superior ao esperado. Caso a relação C/N seja muito inferior ao indicado, acelera a decomposição de matéria orgânica e são formadas regiões anaeróbicas. Maus odores serão exalados do sistema devido a liberação de nitrogênio em forma de amônia. (TEIXEIRA et al., 2004).

Segundo Teixeira (2004), a aeração fornece o oxigênio necessário aos microrganismos para as atividades de decomposição da matéria orgânica. A aeração deve ser realizada durante todo o processo da fase ativa e pode se dar através do revolvimento da leira de compostagem.

### 3.6 Economia Ambiental.

A técnica utilizada para a avaliação de possíveis investimentos é do tempo de retorno do investimento (payback). Essa ferramenta é versátil e de fácil aplicabilidade, o que a torna frequente no mundo dos negócios.

Apenas depois que os rendimentos equipararem o investimento aplicado é que haverá lucros reais, e que se pode dizer que o investimento está tendo retorno financeiro. (SENAC, 2004).

O tempo de retorno de um investimento pode ser calculado da seguinte maneira:

$$FCC(t) = -I + \sum_{j=1}^t \frac{(R_j - C_j)}{(1+i)^j}; \quad 1 \leq t \leq n$$

Onde:

FCC(t): valor presente do capital, ou seja, o fluxo de caixa descontado ao valor presente acumulado até o período t;

I= investimento inicial (em módulo), ou seja, -I é o valor algébrico do investimento, localizado no instante zero (início do primeiro período);

R<sub>j</sub> = receita do ano j;

C<sub>j</sub> = custo proveniente do ano j;

i = taxa mínima de atratividade (TMA)

j = índice genérico que representa os períodos

## 4 A produção.

### 4.1 Local do projeto.

O projeto piloto de produção fica localizado no Rio Tavares, Florianópolis. O terreno possui área de 1296 m<sup>2</sup> e uma residência no mesmo local, de onde vem os suprimentos de água e energia elétrica.

A bancada de produção está contida em uma área de 52 m<sup>2</sup>, sendo que apenas 20 m<sup>2</sup> são cobertos e destinados integralmente à produção de cerveja.

### 4.2 Processo de Produção

O processo de fabricação da cerveja é basicamente dividido em duas partes: a parte quente e a parte fria.

A parte quente, que corresponde ao primeira processo de elaboração do mosto, conhecida também como brassagem, possui duração próxima de 7 horas.

E a parte fria, onde ocorre a fermentação, maturação e carbonatação da cerveja, tem duração de aproximadamente 25 dias e se passa principalmente nos fermentadores e barris.

Os insumos básicos para a produção de cerveja são água, malte, lúpulo e levedura. A brassagem é iniciada com a moagem dos grãos, que realizada por dois cilindros maciços de INOX de 3/2 polegadas de diâmetro, os mesmo são movidos por dois motores de vidro elétrico automotivo de 0,016 KW cada.

O processo de “cozimento” do malte é realizado na panela mash (panela central da Figura 6), que é a etapa de elaboração do mosto (líquido rico em açúcares fermentáveis), que acontece a uma temperatura entre 60°C e 72°C, na qual as grandes cadeias de amido compostas no malte passam pela quebra enzimática por conta das Alpha e Beta Amylases, transformando-as em pequenos açúcares fermentáveis, especialmente maltose. Após a quebra enzimática, a temperatura é elevada a 75°C, para a etapa denominada de “mash out”. O processo ocorre com constante agitação para a homogeneização da temperatura, o agitador é composto por duas pás de aço INOX e um terceiro motor de vidro elétrico.

Após a quebra enzimática, há uma fase descanso de 10 minutos, tempo suficiente para a sedimentação dos grãos de malte (cama de grãos), que por meio da recirculação do próprio líquido, é funciona como meio filtrante para a retirada de partículas da solução, deixando-o límpido e com turbidez baixa. Para a recirculação é utilizada uma bomba sanitária Chugger de 0,029 Kw. O mesmo conjunto é utilizado para bombear o líquido para a panela de fervura.

É adicionada à panela de mash, a água de lavagem da primeira panela (Figura 6) a 75°C para aumentar a eficiência do processo, pois essa água irá ajudar solubilizar moléculas ainda presentes nos grãos de malte. Importante não deixar a temperatura elevar a cima de 76.7°C nessas etapas, pois os taninos da casca se voltam mais solúveis sobre essa temperatura, dependendo do PH do mosto. Isto poderia levar a uma adstringência na cerveja (PALMER; 2006).

Na panela de fervura, o mosto é esterilizado devido à alta temperatura. Nessa etapa são eliminadas algumas substâncias não desejáveis da cerveja, como DMS. Nessa etapa também ocorre o processo de isomerização dos alfa-ácidos dos lúpulos adicionados e adição dos lúpulos aromáticos, que fornecerão a cerveja amargor e aroma respectivamente.

Passados ao menos 60 minutos de fervura, o mosto é resfriado há uma temperatura de aproximadamente 20°C e direcionado a bombona de plástico alimentício que servirá como fermentador, na qual é realizada a oxigenação por agitação e encaminhada para alguma das duas geladeiras que compõem a parte fria do processo produtivo.

A fermentação é realizada por fungos do tipo *Saccharomyces cerevisiae*, que inicialmente passa por um período de replicação celular à presença de oxigênio e posteriormente a fermentação alcóolica anaeróbica. A etapa ocorre em aproximadamente uma semana, com temperatura de próxima de 18°C, sendo que nos últimos dois dias a temperatura é elevada a 20°C para a “parada do diacetil”, um subproduto da fermentação.

Terminada a atividade celular, a temperatura é reduzida para a maturação e sedimentação de partículas do fermento e posterior transferência da cerveja para os barris de INOX para a carbonatação da mesma.





## 5 Descrição do equipamento.

A elaboração de uma cerveja pode ser dividido em duas principais partes: A quente contém os processos iniciais de mosturação, na qual há uma grande dependência de energia, seja em forma de gás ou elétrica. E parte fria, que ocorre dentro das geladeiras para o controle apurado da temperatura. No projeto, são utilizadas três painéis de inox para a etapa da parte quente, que são apresentadas na Figura 6.

Figura 6 - Parte quente, bancada de produção

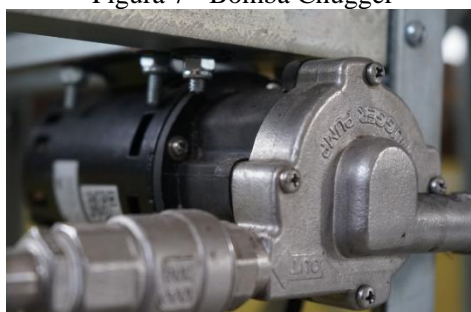


Fonte: Acervo próprio

Da direita para a esquerda são apresentadas as painéis de “água de lavagem”, mosturação e fervura. As três painéis utilizam gás GLP como fonte de energia.

Visto que as painéis de mosturação e fervura se encontram no mesmo nível, a transferência do mosto é efetuada pela bomba sanitária Chugger.

Figura 7 - Bomba Chugger



Fonte: Acervo próprio

Antes de seguir para a parte fria, o mosto é resfriado através do trocador de calor de 40 placas (Figura 8) onde corre água a temperatura ambiente, e é encaminhado ao segundo estágio de refrigeração, no trocador de calor de 20 placas (Figura 8) que funciona com gelada. Ambos são fabricados em INOX 304, e utilizam água da rede e gelo para baixar a temperatura do mosto.

Figura 8 - Trocadores de calor de 40 e 20 placas



Fonte: Acervo próprio

A parte fria contém as geladeiras e o freezer (Figura 9), onde as temperaturas de trabalho são controladas através de TIC-17RGTi (Figura 10).

Figura 9 - Parte fria (fermentação, maturação e carbonatação)



Fonte: Acervo próprio.

A geladeiras centrais (Figura 9) são utilizadas para os processos de fermentação e maturação das cervejas elaboradas, que ocorrem em aproximadamente 25 dias.

A geladeira da esquerda fornece o gelo necessário ao trocador de calor de placas do segundo estágio e refrigera o estoque de lúpulos utilizados, além de ser utilizada após a maturação da cerveja, para reduzir a temperatura aproximadamente a zero e sedimentar ao máximo as leveduras presentes no fermentador. Essa geladeira deve permanecer sempre a baixas temperaturas, do contrário descongelará.

A direita (Figura 9), o freezer é utilizado para a carbonatação da cerveja e armazenamento do produto final.

Tanto a geladeira da esquerda, quanto o freezer horizontal permanecem sempre ligados, mesmo quando o processo fermentativo não está ocorrendo. Na Figura 10, os controladores de temperatura utilizados nas geladeiras e freezer.

Figura 10 - Controlador de temperatura



Fonte: Acervo próprio

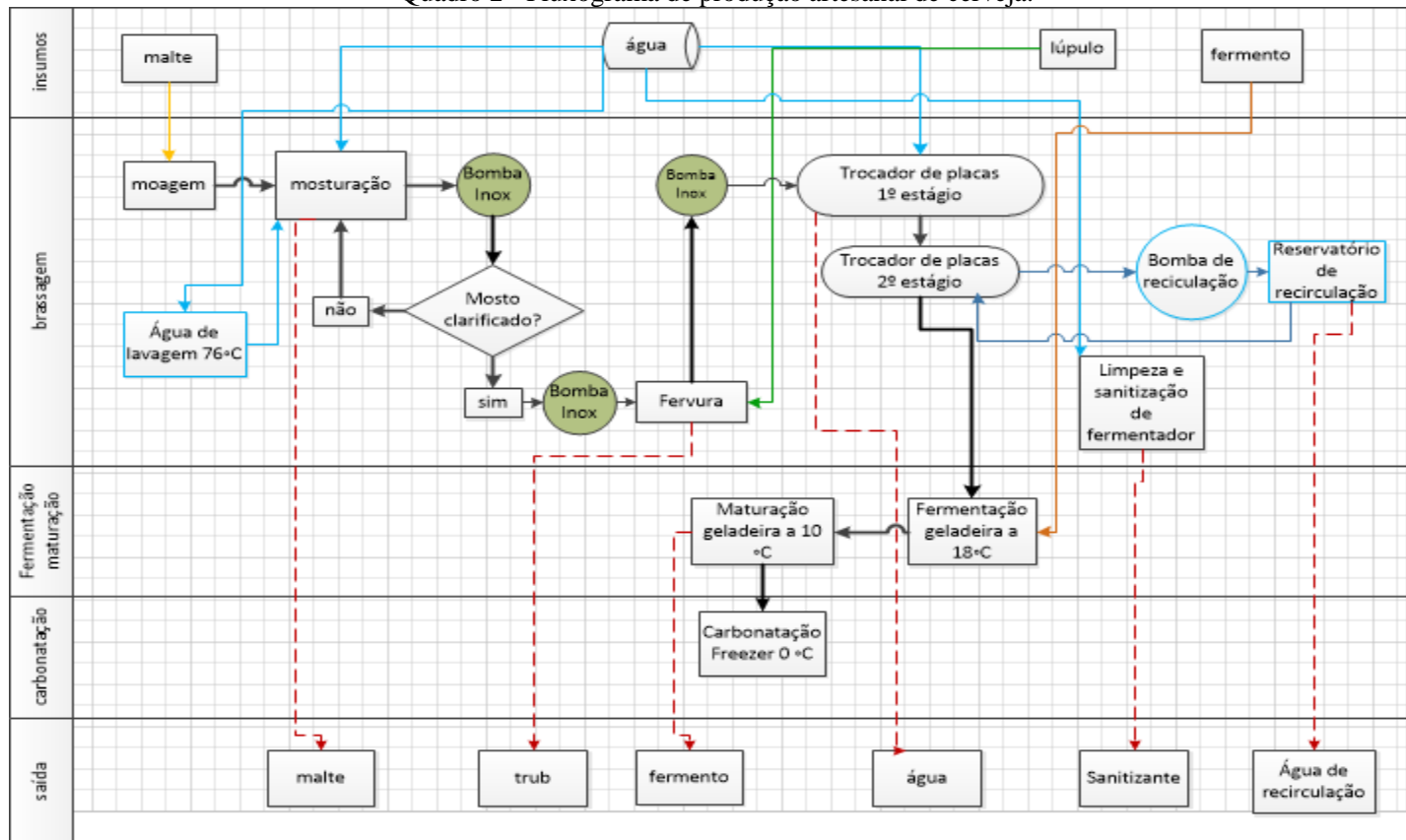
O controlador de temperatura funciona ligando os aparelhos quando a temperatura se encontra a cima da temperatura desejada, para a fermentação e maturação.

## **6 Metodologia**

O trabalho tem como objetivo geral reduzir os consumos e impactos ambientais em um projeto piloto de micro cervejaria artesanal, assim, faz-se necessário possuir uma base de dados para cálculos de eficiência e definição de metas de redução de consumos.

O fluxograma abaixo demonstra os pontos do processo onde são utilizados insumos, água, energia e gás:


Quadro 2 - Fluxograma de produção artesanal de cerveja.



Fonte: Elaboração própria

Os dados foram coletados em duplicada para cada uma das fases do processo, as duas bateladas de produção ocorreram em dois dias consecutivos por questão de logística. Foi utilizada a mesma receita (Figura 11) com volume final de 50 litros, que serão fermentadas em diferentes geladeiras para a verificação da diferença de seus consumos para uma temperatura externa semelhante.

Figura 11 - Receita de produção de cerveja estilo APA

<b>Type:</b> All Grain	<b>Date:</b> 12 Nov 2016			
<b>Batch Size:</b> 50,00 l	<b>Brewer:</b> Guto			
<b>Boil Size:</b> 56,06 l	<b>Asst Brewer:</b>			
<b>Boil Time:</b> 60 min	<b>Equipment:</b> Graubier			
<b>End of Boil Vol:</b> 54,17 l	<b>Efficiency:</b> 74,00 %			
<b>Final Bottling Vol:</b> 48,00 l	<b>Est Mash Efficiency:</b> 77,0 %			
<b>Fermentation:</b> Ale, Two Stage	<b>Taste Rating:</b> 30,0			
<b>Taste Notes:</b>				
Ingredients				
Amt	Name	Type	#	%/IBU
8,00 kg	Pilsner (2 Row) Bel (3,9 EBC)	Grain	1	76,1 %
1,50 kg	Vienna Malt (6,9 EBC)	Grain	2	14,3 %
0,50 kg	Carared (39,4 EBC)	Grain	3	4,8 %
0,50 kg	Melanoiden Malt (39,4 EBC)	Grain	4	4,8 %
0,01 kg	Carafa III (1034,3 EBC)	Grain	5	0,1 %
8,00 g	Hallertau Magnum [12,60 %] - Boil 60,0 min	Hop	6	5,2 IBUs
20,00 g	Cascade [7,50 %] - Boil 30,0 min	Hop	7	5,9 IBUs
10,00 g	Citra [12,00 %] - Boil 30,0 min	Hop	8	4,7 IBUs
20,00 g	Cascade [7,50 %] - Boil 15,0 min	Hop	9	3,8 IBUs
10,00 g	Citra [12,00 %] - Boil 15,0 min	Hop	10	3,1 IBUs
30,00 g	Amarillo [9,20 %] - Boil 5,0 min	Hop	11	2,8 IBUs
30,00 g	Cascade [7,50 %] - Boil 5,0 min	Hop	12	2,3 IBUs
2,0 pkg	Safale American (DCL/Fermentis #US-05) [50,28 ml]	Yeast	13	-

Fonte: Programa BeerSmith

Água: Consumo de água será verificado a partir de leitura do hidrômetro que está na entrada da micro cervejaria, deve ser realizada a sua leitura no início e no final de cada um dos processos que consomem água. Sendo que a água utilizada para limpeza pode ser deduzida por balanço de massas:

$$Consumo\ total = C.Brassagem + C.Refrigeração + C.Limpeza$$

$$C.Limpeza = Consumo\ total - C.Brassagem - C.Refrigeração$$

Energia: Os consumos de energia elétrica serão calculados a partir de suas potências e tempo de uso.

Conhecendo-se a potência de cada equipamento e seu respectivo tempo de uso, é possível calcular o quanto de energia elétrica que foi utilizada:

$$Consumo(KWh) = Potência(KW) * \Delta t(h)$$

O tempo será medido manualmente para cada equipamento utilizado.

Gás: O gás é utilizado apenas na etapa da brasagem, seu consumo será calculado pela diferença do peso inicial e final do botijão.

O dispêndio de energia humana será obtido através do controle do tempo exigido em cada uma das atividades relacionadas a produção.

## 7 Diagnóstico.

Foram realizados dois experimentos em bancada. A mesma receita foi utilizada em ambos os experimentos, bem como a quantidade de insumos. Entretanto houverem diferentes consumos de energia, água e gás em cada batelada.

As bateladas foram realizadas em dias consecutivos, 14 e 15 de Novembro, com a finalidade de obter temperaturas atmosféricas similares nos processos de fermentação e maturação, pois a temperatura ambiente influencia no consumo de energia da geladeira (Casa Eficiente: Consumo e Geração de Energia (Vol.2), 2010).

### 7.1 Consumo de gás.

Como mencionado, o experimento utiliza três queimadores de gás de alta, sendo que dois são compostos de oito caulins e são utilizados nas panelas de mosturação e lavagem. O terceiro, é o queimador GB 13 1, que possui maior poder de queima como é exigido na fervura.

O mesmo botijão de gás é utilizado para os três queimadores. Assim para a quantificação do consumo, o mesmo foi pesado antes e depois de sua utilização (Tabela 6). A sua utilização exige muito esforço do operador, pois a troca e deslocamento do botijão deve ser realizada de acordo com o queimador de gás a ser utilizado, trocas que ocorrem ao menos 3 vezes por batelada produzida.

Tabela 6 - Consumo de gás

Consumo gás (kg)						
	batelada 1			batelada 2		
	peso inicial	peso final	consumo	peso inicial	peso final	consumo
mosturação	20,3	19,6	0,7	28,3	27,5	0,8
lavagem	17,3	16,8	0,6	27,5	26,9	0,6
fervura	18,6	16,8	1,8	26,9	25,3	1,6
total			3,1			3
custo R\$			15,26			14,77

Fonte: Elaboração própria.

## 7.2 Consumo de água.

Consumo de água foi mensurando a partir da leitura do hidrômetro localizado na entrada da bancada de produção e por pesagem na etapa de refrigeração. Na Tabela 7, os consumos específicos de cada etapa.

Tabela 7 - Consumo de água

Consumo de água (litros)		
	Batelada 1	Batelada 2
	Consumo	Consumo
Leitura inicial	29490	29780
Brassagem	72	72
Refrigeração	128,6	132,4
Limpeza	50,4	37,6
Descarga	8	0
Sanitização	21	20
Leitura final	29770	30042
Gasto total	280	262

Fonte: Elaboração própria.

Além do consumo em cada batelada semanal, há consumos realizados em outras atividades: descarga, pia do banheiro, mangueira do jardim, limpeza do banheiro... Essas atividades não ocorrem necessariamente durante a brassagem de cada batelada de cerveja, mas são essências para a produção como um todo.

O consumo total mensal mensurado foi de 1,205 m<sup>3</sup>, para uma produção de aproximadamente 100 litros, ou seja, o consumo foi de 12,05 litros de água para cada litro de cerveja. De acordo com EC (1997), uma cervejaria eficiente deve utilizar de 4 a 7 litros de água para cada litro de cerveja produzido, logo o valor amostrado está muito a cima do desejável.

Muitos desses usos, como lavação do chão, rega de plantas, descarga, são pouco nobres. Segundo a ABNT NBR 13969:1997, essas atividades são de classe 2 e 3, e pode ser utilizado água de reuso para suprir essa demanda.

## 7.3 Consumo de Energia.

Visto que diversos aparelhos elétricos estão ligados ao mesmo relógio, o consumo de energia foi evidenciado a partir da potência (KW) de cada aparelho e o tempo de utilização (horas).

Além do consumo dos aparelhos utilizados na brassagem, há diversos outros aparelhos eletrônicos que são utilizados no auxílio da fabricação. Porém os dois aparelhos que mais consomem energia são:

- Freezer horizontal: Utilizado no armazenamento da cerveja para o consumo final, consumo de 41,6 kWh/mês.



- Geladeira Duplex (400 litros): Armazenamento de insumos sensíveis a temperatura (lúpulo) e gelo que é necessário para o segundo estágio de refrigeração. (58,1 Kwh/mês).

A produção ocorre quinzenalmente, devido a capacidade limitada pelas geladeiras utilizadas para fermentação e maturação. Assim, para efeito de cálculos, deve-se dividir os consumos mensais da geladeira Duplex e do Freezer horizontal entre as duas bateladas mensais.

Os consumos específicos de cada batelada são representados na Tabela 8.

Tabela 8 - Consumos específicos de energia

equipamento	batelada 1				batelada 2			
	potência (KW)	tempo (min)	tempo (h)	consumo	potência (KW)	tempo (min)	tempo (h)	consumo
moedor	0,080	65,0	1,083	0,087	0,080	43,0	0,717	0,057
motor brassagem	0,040	70,0	1,167	0,047	0,040	89,0	1,483	0,059
bomba recirculação	0,037	18,0	0,300	0,011	0,037	19,0	0,317	0,012
bomba transferencia	0,037	30,0	0,500	0,019	0,037	29,0	0,483	0,018
bomba refrigeração	0,037	15,0	0,250	0,009	0,037	16,0	0,267	0,010
bomba 2ª refrigeração	0,035	15,0	0,250	0,009	0,035	16,0	0,267	0,009
geladeira Branca	0,120	12424,3	207,072	24,849				0,000
geladeira Azul					0,150		234,720	35,208
carbonatação freezer				20,8				20,8
geladeira duplex				29,05				29,05
	total dias	25,340	total	74,88	total dias	25,030	total	85,22
	Energia P. Fria	99,758	%		energia P. Fria	99,805844	%	

Fonte: Elaboração própria.

É notável que o maior consumo de energia elétrica é dado pela parte fria da produção (geladeiras e freezer), que são responsáveis pelas etapas de fermentação, maturação e carbonatação.

Como verificado nos cálculos, independentemente da batelada realizada, a parte fria do processo é responsável por aproximadamente 99,8% do consumo energético. Logo, desejando-se diminuir gastos com energia elétrica, é necessário buscar fontes alternativas de energia elétrica, ou trabalhar com a eficiência dos equipamentos utilizados na parte fria (Tabela 8).

Verifica-se que os dois principais consumos de energia são referentes a geladeira azul e a geladeira Duplex.

#### 7.4 Trabalho Humano.

Segundo Farinatti (2006), o dispêndio de energia humana em uma atividade física pode ser calculada a partir da massa do operador e do gasto metabólico por atividade (Tabela 9).

Tabela 9 - Cálculo de dispêndio de energia humana para cada atividade

atividade	classificação	MET	tempo (horas)	cálculo (kcal)	Kwh
varrição	varrer garagem, calçada	4	0,30	93,60	0,11
deslocar botijão	em pé, esforço moderado/pesado pesos 22kg	4	0,02	5,18	0,01
moagem	em pé, esforço moderado	3	0,80	187,20	0,22
transferencia para a panela	em pé, esforço pesado	3,5	0,03	9,01	0,01
supervisionar mosturação	em pé, esforço leve	1,8	0,50	70,20	0,08
deslocar botijão	em pé, esforço moderado/pesado pesos 22kg	4	0,02	5,18	0,01
esquentar panela lavagem	em pé, esforço moderado	3	0,20	46,80	0,05
recirculação	em pé, esforço leve	1,8	0,30	42,12	0,05
sanitização	em pé, esforço moderado	3	0,35	81,90	0,10
deslocar botijão	em pé, esforço moderado/pesado pesos 22kg	4	0,02	5,18	0,01
transferencia para fervura	em pé, esforço leve	1,8	0,70	98,28	0,11
limpeza panela de mosturação	limpeza pesada	3	0,40	93,60	0,11
adição lúpulo	em pé, esforço leve	1,8	0,25	35,10	0,04
refrigeração	em pé, esforço moderado	3	0,28	65,52	0,08
oxigenação	em pé, esforço pesado	3,5	0,08	22,66	0,03
limpeza geladeira	em pé, esforço moderado	3	0,50	117,00	0,14
transferência para fermentação	em pé, esforço pesado	3,5	0,05	13,65	0,02
carbonatação	em pé, esforço moderado	3	0,35	81,90	0,10
limpeza geral	em pé, esforço moderado	3	0,42	98,28	0,11
		total	5,57	1172,36	1,36

Fonte: Elaboração própria.

O principal gasto energético do operador é realizado na etapa de moagem, que ocorre devido a duração da atividade e gasto metabólico moderado. Apesar de o deslocamento de botijão de gás GLP não ser uma atividade com grande dispêndio de energia, é uma atividade que coloca o operador em risco.

## 7.5 Consumo total de energia.

Obtidos os consumos energéticos específicos de cada etapa, pode-se converter as unidades de consumo, para uma a unidade universal de energia (Joules). Os consumos obtidos em cada fonte de energia são dispostos na Tabela 10.

Tabela 10 - Conversões de energias utilizadas para Joules

(Para 50 litros)	quant.	para Joules	Joules	total
gás (kg) (11500 kcal/kg)	3,05	4,82E+07	1,47E+08	4,40E+08
energia (kwh)	80,05	3,60E+06	2,88E+08	
energia humana (kcal)	1172,36	4,19E+03	4,91E+06	

Fonte: Elaboração própria.

Verifica-se que o consumo energético é de 880 MJ/hl, muito superior ao que consta nas referências sobre o assunto, de 498 MJ/hl para pequenas cervejarias, aproximadamente 77% superior.

## 7.6 Resíduos obtidos.

Além dos resíduos recicláveis comuns a qualquer tipo de produção, como embalagens, sacolas, papeis, entre outros A produção de cerveja demonstra outros resíduos orgânicos peculiares: bagaço do malte, trub e fermento excedente.

### 7.6.1 Bagaço do malte.

O bagaço do malte encontra-se com a umidade elevada ao final do processo de mosturação devido a água absorvida pelos grãos. Na Tabela 11, os pesos aproximados de grãos:

Tabela 11 - Bagaço de malte e absorção de água.

	batelada 1	batelada2
peso inicial (Kg)	10,7	10,7
peso final (kg)	18,4	18,1

Fonte: Elaboração própria

### 7.6.2 Trub.

O trub (Tabela 12), é formado pela coagulação de proteínas e resquícios dos lúpulos utilizados na etapa da fervura e do mosto que não foi encaminhado ao fermentador.

Tabela 12 - Trub produzido

	batelada 1	batelada2
peso (kg)	1,32	1,41

Fonte: Elaboração própria

### 7.6.3 Fermento excedente.

Em uma batelada de produção sempre há produção de fermento excedente, que provem da parte inicial da fermentação, na qual há presença de oxigênio que favorece a replicação do fermento. Nas duas bateladas foram gerados aproximadamente 1,5 litros de fermento, misturado com cerveja, não foi possível identificar ao certo a massa excedente produzida.

## **8 Metas de reduções.**

Foi estipulado para o projeto em questão, uma redução de 25% de energia, água e força humana. Os insumos, que são adquiridos de empresas terceirizadas, serão selecionados com vistas a minimizar o custos energéticos decorrentes de seu transporte.

### **8.1 Fontes alternativas de energia.**

A resolução normativa 482/2012 da ANEEL estabelece condições gerais para microgeração residencial de energia ligada diretamente à rede. Assim, serão estudadas duas fontes alternativas de energia para o projeto, solar fotovoltaica e eólica.

#### **8.1.1 Energia solar.**


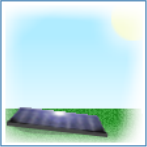
A energia solar pode ser obtida com eficiência com a disposição de painéis fotovoltaicos voltados para o norte (no caso do hemisfério sul), a inclinação ótima depende da latitude que será implantado o sistema, no caso de Florianópolis 27 °.

A Residência possui apenas metade de sua cobertura voltada para o norte, sendo que praticamente 1/3 está constantemente sob sombra da torre da caixa da água. Dessa forma, a área disponível para painéis fotovoltaicos é de apenas 36 m<sup>2</sup>.

A orientação do detalhado da residência é de 31° em relação a perpendicular que orienta ao sentido Norte (orientação ótima para placas fotovoltaicas). A inclinação do telhado que é de 15°, ou seja, há uma diferença de 12° graus em relação a latitude, que afetará diretamente na eficiência das placas fotovoltaicas.

O local escolhido para a implantação das placas fotovoltaicas são de coordenadas 27°39'31" S e 48°28'47". O dimensionamento do sistema de energia fotovoltaico foi realizado com o software Solarius-PV (Figura 12), que a partir dos dados de entrada (economia requerida, latitude, temperaturas mínimas e máximas, entre outros), fornece o número de placas e potência a ser instalada, bem como o inversor de corrente necessário para a instalação.

Figura 12 - Modelagem de painéis fotovoltaicos

Positioning and solar radiation on the modules plane		Generator composition	
Azimuth [°]	31	Module	CANADIAN SOLAR - CS6P-240M
Tilt [°]	7	Type of material	Si Monocrystalline
		Peak power [W]	240.0
Annual solar radiation [kWh/m²]	1 311.36	Inverter	SMA - SUNNY BOY 1200
		Phase type	Single-phase
		Nominal power [W]	1 200
		Nr. of MPPT	1
		Nr. of inverters	1
		Nr. of modules	4
		Arrays per inverter	1
		Modules/array	4
Surfaces		Summary	
Number of available surfaces	1	Total annual energy [kWh]	942.49
Total available surface [m²]	24.00	Total power [kW]	0.960
Total used surface [m²]	24.00	Inverter sizing factor [%]	125.00 ✓
Modules total surface [m²]	6.44		

Fonte: Solarius-PV

As placas fotovoltaicas escolhidas para o orçamento foram os módulos da marca CANADIAN SOLAR, pois são de fácil aquisição no Brasil e possuem preço competitivo para a potência exigida. O inversor, SUNNYBOY 1200, é o inversor de potência requerida presente no banco de dados do software, para o orçamento. Foi escolhido o inversor da marca UP, também de 1200 watts de potência e compatível com o sistema fotovoltaico. Na Tabela 13, o detalhamento do orçamento.

Tabela 13 - Orçamento para aquisição do sistema fotovoltaico

	Quantidade	Preço uni.	Preço
Módulos	4	R\$ 850,00	R\$ 3 400,00
inversor	1	R\$ 509,00	R\$ 509,00
cont. Carga	1	R\$ 200,00	R\$ 200,00
materiais	1	R\$ 200,00	R\$ 200,00
mão de obra	2	R\$ 200,00	R\$ 400,00
		total	R\$ 4 709,00

Fonte: Elaboração própria

Os módulos fotovoltaicos possuem o valor mais representativo, logo, pensar em aumentar o número de placas, elevar a potência de projeto, não trará ganhos significativos em relação aos custos de instalação.

A potência total instalada será de 960 watts, ou seja, o preço de instalação é de R\$4900,00/KW. Tendo o objetivo de analisar a atratividade do projeto (Tabela 14), é preciso ir além dos benefícios sociais e econômicos da alternativa avaliada, pois caso o retorno financeiro seja abaixo da inflação, não existe um ganho real com o mesmo. Ainda nesse contexto, é relevante avaliar o aumento do preço da energia elétrica ao longo dos anos.

Para o cálculo de tempo de retorno do investimentos considera-se:

- Investimento inicial: R\$: 4709,0
  - Taxa mínima de atratividade: 10%
- Custo anual: R\$: 50,00
- Aumento do preço da energia elétrica: 6% ao mês

Tabela 14 - Tempo de retorno de investimento dos painéis fotovoltaicos

período	fluxo de caixa	fluxo descontado	saldo
0	561,2	511,20	4197,80
1	594,9	495,34	3702,46
2	630,6	479,81	3222,66
3	668,4	464,61	2758,04
4	708,5	449,77	2308,28
5	751,0	435,27	1873,01
6	796,1	421,14	1451,87
7	843,8	407,36	1044,50
8	894,5	393,95	650,55
9	948,1	380,90	269,66
10	1005,0	368,20	-98,55

Fonte: Elaboração própria

Assim, o tempo de retorno do investimento é 10 anos. Ao primeiro momento parece demasiadamente longo, entretanto a durabilidade do equipamento é estimada em 25 anos ou mais.

### 8.1.2 Energia Eólica.

A geração efetiva de energia elétrica por conta da força dos ventos não depende exclusivamente de sua intensidade, mas de sua frequência também. O projeto é localizado em uma região onde o plano diretor não permite a construção de residências com mais de dois pavimentos, nem habitações multifamiliares, o que torna o local propício a receber os ventos com pouca influência de construções.

Os dados obtidos de velocidade média dos ventos para o projeto provem da meteorológica da estação meteorológica de Florianópolis (Tabela 15), que fica localizada na parte continental da cidade.

Tabela 15 - Características da estação OMM83897

Estação	Florianópolis -SC (OMM: 83897)
latitude (graus)	-27,58
longitude (graus)	-48,58
altitude (metros)	1,84
início de operação	01/12/1921

Fonte: BDMEP.

A altura da estação é de 1,84 metros e as médias mensais dos últimos 10 anos indicam que a velocidade média anual é de 4,31 m/s. Porém o local onde se estuda instalar o aerogerador (Tabela 15), 9 metros de altura. Logo convêm calcular a velocidade média anual dos ventos para a altura desejada.

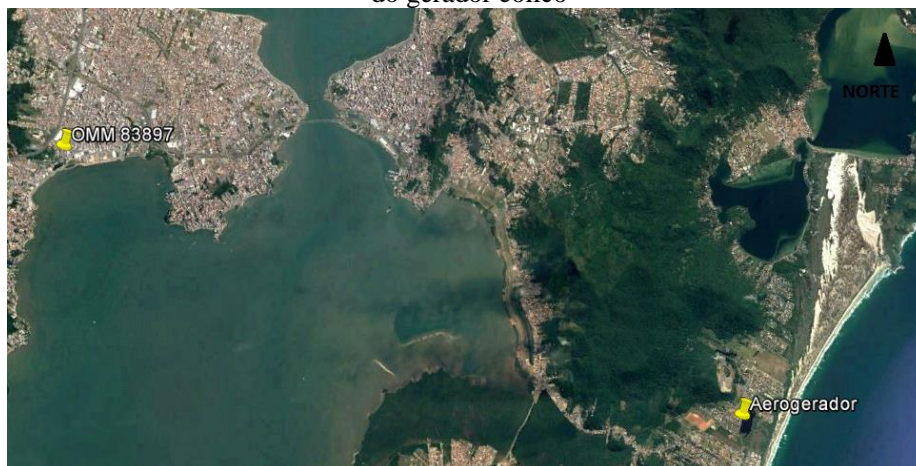
A correção da velocidade média pode ser obtida pela equação da lei logarítmica:

$$v(z) = \frac{v^x}{k} * \ln\left(\frac{z}{z^0}\right)$$

$$v(z) = \frac{v^x}{k} * \ln\left(\frac{1,8}{0,2}\right)$$

A velocidade do vento é depende do comprimento de rugosidade do local a ser instalado o gerador eólico, o mesmo vale para o local de aquisição dos dados que compõem a série histórica de intensidades.

Figura 13 - distância entre as coletas de dados e local do potencial para instalação do gerador eólico



Fonte: Google Earth.



Figura 14 - Localização da OMM 83897



Fonte: Google Earth.

Figura 15 - Localização do aerogerador



Fonte: Google Earth.

A estação meteorológica (Figura 14) está a aproximadamente 12km do local que se estuda instalar o aerogerador.

O clima urbano é o mesoclima, que é componente do macroclima que sofre interferência microclimáticas, derivadas da proximidade do solo e dos ambientes urbanos (LOMBARDO, 1985 apud SAYDELLES, 2005, p.46).

O comprimento de rugosidade depende do entorno analisado: vegetação, construções, entre outros. Na Tabela 16, Manwell propõe comprimentos de rugosidade específicos para cada localidade.

Tabela 16 - Comprimentos de rugosidade específicos

<b>escrção do terreno</b>	<b>z0 (milímetros)</b>
Muito lisa, gelo ou lama	0,01
Calmo, mar aberto	0,20
Mar agitado	0,50
Neve	3,00
Gramado	8,00
Pastagem áspera	10,00
Campo de pousio	30,00
Plantações	50,00
Algumas árvores	100,00
Muitas árvores, cercas vivas e poucas construções	250,00
Florestas	500,00
Subúrbio	1500,00
Centro da cidade, com prédios altos	3000,00

Fonte: adaptado de Manwell 2002.

Devido à proximidade dos locais, a velocidade média anual do vento no local de instalação do aerogerador foi obtida a partir do cálculo da velocidade do vento a altura de 50 metros na estação meteorológica. Admitiu-se que a velocidade do vento é uniforme para a região de Florianópolis. Dessa maneira, a variação local é determinada pela diferença dos comprimentos de rugosidade de cada região.

Segundo Manwell (2002), a lei logarítmica permite explorar a velocidade dos em diferentes altitudes a partir da seguinte relação:

$$\frac{U(z)}{U(r)} = \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) / \ln\left(\frac{zr}{z_0}\right)$$

### 8.1.2.1 Velocidade média anual a 50 metros de altura, OMM 83897

- $U(r) = 4,31$  m/s
- $Z(0) = 250$  mm (muitas árvores, cercas vivas e poucas construções)
- $z = 1,84$  m (altura da estação meteorológica)
- $z(r) = 50$  m

$$\frac{U(z)}{U(r)} = \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) / \ln\left(\frac{zr}{z_0}\right) \quad \rightarrow \quad \frac{U(z)}{4,31} = \ln\left(\frac{50}{0,25}\right) / \ln\left(\frac{1,84}{0,25}\right)$$

$$U(50) = 11,47 \text{ m/s}$$

### 8.1.2.2 Velocidade média anual 9 metros de altura, local aerogerador

- $U(r) = 11,47$  m/s
- $Z(0) = 1500$  mm (subúrbio)
- $z = 9$  m (altura do gerador eólico)
- $z(r) = 50$  m (altura de referência)

$$\frac{U(z)}{U(r)} = \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) / \ln\left(\frac{zr}{z_0}\right) \quad \rightarrow \quad \frac{U(z)}{11,47} = \ln\left(\frac{9}{1,5}\right) / \ln\left(\frac{50}{1,5}\right)$$

$$U(9) = 5,85 \text{ m/s}$$

A velocidade média anual do vento é importante para a modelagem das turbinas eólicas a serem estudadas. As turbinas escolhidas são da marca Air Breeze, que possui geradores eólicos destinados a microgeração. Os geradores escolhidos possuem potência nominal de 550 e 1000 watts.

Os dados de geração de energia foram analisados através do software Alwin (Tabela 17), que avalia o custo/benefício da implantação da turbina através do fator de capacidade (fc).

Tabela 17 - Fator de capacidade e produção média mensal de aerogedores.

	fc	kwh/mês	custo
airbreeze 550	0,146	80,3	R\$ 3590,00
airbreeze 1000	0,043	43	R\$ 5890,00

Fonte: Software Alwin

Valores típicos de fator de capacidade para turbinas eólicas são de 20% a 40% (Renewable Energy Research Laboratory, University of Massachusetts at Amherst). Dessa maneira, nenhuma das duas turbinas estudadas demonstraram fatores de capacidade atrativos para a sua implantação.

## 10 Fontes alternativas de água

Apesar de terem sido gastos 1,21 m<sup>3</sup> de água no consumo mensal total, aproximadamente 542 litros foram utilizados para a fabricação de cerveja propriamente dita.

Assim 55,2% dos usos de água não estão diretamente ligados a produção, o que representa 668 litros. Essas demandas são relacionadas a limpeza de copos, chão, descarga, irrigação de jardim e horta.

Supondo que 30% desses usos são relacionados as pia da área de fabricação e do banheiro, restam que 467 litros mensais podem ser provenientes de águas de reuso ou de captação d'água da chuva.

### 10.1 Captação d'água da chuva

O dimensionamento de sistema captação d'água da chuva foi realizado de acordo com o método de Rippl (Tabela 18), que corresponde a um dos seis modelos normatizados.

Considera-se que o consumo mensal d'água da chuva seja de 500 litros por mês e o coeficiente de Runoff de 0,8.

Admite-se também que os dados de chuvas médias mensais não se alteram no tempo.

Tabela 18 - Cálculo do volume do reservatório

	P(mm)	Dm (m <sup>3</sup> )	Ac (m <sup>2</sup> )	Vchuva (m <sup>3</sup> )	Dm-Vchuva
janeiro	247,4	0,5	30	5,94	-5,44
fevereiro	198,8	0,5	30	4,77	-4,27
maço	182,2	0,5	30	4,37	-3,87
abril	113,9	0,5	30	2,73	-2,23
maio	119,9	0,5	30	2,88	-2,38
junho	78	0,5	30	1,87	-1,37
julho	102,5	0,5	30	2,46	-1,96
agosto	86,5	0,5	30	2,08	-1,58
setembro	156,7	0,5	30	3,76	-3,26
outubro	145,6	0,5	30	3,49	-2,99
novembro	137,3	0,5	30	3,3	-2,8
dezembro	176	0,5	30	4,22	-3,72

Fonte: Elaboração própria

A demanda de água é muito baixa em relação ao potencial de captação, logo não há necessidade de dimensionamento de reservatório para suprir a demanda dos períodos de seca.

Visto que os dados pluviométricos são mensais, é interessante possuir capacidade de reserva para um mês. O sistema de descarte de primeira água deve

ser de 72 litros, visto que a norma exige 2 mm/m<sup>2</sup> para sistemas de coleta d'água da chuva em meios urbanos.

Ainda, a norma indica que apesar d'água da chuva ser utilizada estritamente para fins não potáveis, é exigido uma concentração de cloro residual entre 0,5 e 3,0 mg/L. Assim, ao adquirir o sistema de coleta, é preciso providenciar a bomba dosadora de cloro.

Por fim, o sistema contará com uma cisterna vertical de 500 litros e um reservatório superior de 250 litros, de onde o fornecimento de água dar-se-á pela força gravitacional. Na Tabela 19, a especificação dos custos de implantação do sistema de captação de água da chuva.

Tabela 19 - Orçamento do sistema de coleta d'água da chuva

coleta d'água da chuva	
cisterna 500l	R\$ 730,00
caixa d'água 250 l	R\$ 179,00
separador folhas	R\$ 49,90
dosadora cloro	R\$ 279,00
sistema de descarte	R\$ 69,00
bomba	R\$ 159,00
tubulações	R\$ 100,00
suporte caixa d'água	R\$ 225,00
total	R\$ 1790,90

Fonte: Autoria própria.

Mensalmente ocorrerá a economia de 467 litros. O investimento necessário é muito alto para economia contabilizada, que para a tarifa de 10,22 R\$/m<sup>3</sup>, deve ser de 4,77 R\$/mês.

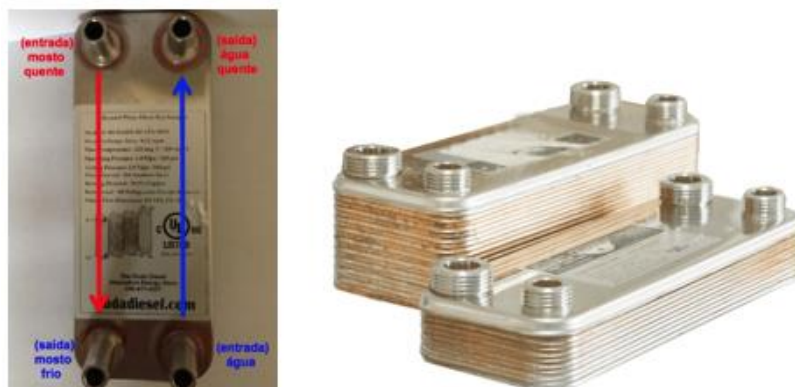
## 10.2 Água de Reuso

De acordo com o item 7.2 do diagnóstico, o maior consumo de água ocorre em detrimento da refrigeração do mosto, que ocorre no trocador de calor de placas de 1º estágio, como consta no fluxograma de produção.

O trocado de calor, por motivos toxicológicos é fabricado em placas de aço inoxidável. No processo de refrigeração não contato direto com o mosto, a troca de calor acontece por meio das 40 placas contidas no trocador de calor.

Segundo a empresa, Plate Beer Wort Garden Hose Chiller, o sistema funciona em contra-fluxo, assim é mantido maior diferença de temperatura durante a refrigeração, o que otimiza a troca de calor (Figura 16).

Figura 16 - Trocadores de Calor



Fonte: Indupropil.

Durante as bateladas realizadas no experimento, foi quantificada a quantidade de calor trocada pelo sistema (Tabela 20). Visto que a temperatura de saída não é constante ao decorrer da refrigeração, para quantificar o calor trocado a água utilizada foi direcionada para bombonas de plástico de 60 litros (peso de 2,6kg), onde foi medida a temperatura e pesada a água correspondente.

Tabela 20 - Saída d'água de refrigeração

bombona	batelada 1		batelada 2	
	peso (kg)	temp. (°C)	peso (kg)	temp. (°C)
1	54,4	52	49,7	47
2	22	47	29,4	50
3	34,2	46	35,2	48
total (kg)	110,6	49,1	114,3	48,1

Fonte: Elaboração própria.

Foi calculada a média ponderada das temperaturas de cada batelada e estimada a quantidade de calor trocada a partir da temperatura d'água inicial, que foi de 26 °C para ambos os dias.

Caloria é quantidade de energia necessária para se elevar a temperatura uma grama de água em um grau Celsius, e consequentemente o calor específico da água

é de 1 cal/(g\*°C). Assim, pode-se calcular a quantidade de calor trocada através da seguinte expressão:

$$Energia (Kcal) = m (Kg) * 1 \left( \frac{cal}{g} * °C \right) * \Delta t$$

·Batelada1:  $Energia = 110,6 * 1 * (49,1 - 26) \rightarrow Energia = 2554,9 Kcal$

·Batelada2:  $Energia = 114,3 * 1 * (48,1 - 26) \rightarrow Energia = 2526,0 Kcal$

Assim, aproximadamente 112 litros de água e 2500 Kcal são desperdiçados a cada batelada, sendo que possui alto potencial para reaproveitamento.

A água utilizada para a refrigeração é obtida diretamente do sistema de distribuição da CASAN, sem nenhum tipo reservatório residencial. Segundo a norma técnica NBR 12218/1994, a pressão dinâmica mínima nas tubulações distribuidoras deve de no mínimo 100 kpa, aproximadamente 10 metros de coluna d'água, assim a pressão do próprio sistema de distribuição seria suficiente para levar água a reservatórios superior de pouca altura.

De acordo com os dados obtidos pelas bateladas realizadas, a vazão requerida para a etapa de refrigeração é de 8,42 L/min, ou  $1,40 * 10^{-4} m^3/s$ .

A economia mensal de 225 litros acarretará nos custos previstos para aquisição do sistema de coleta de água da chuva (Tabela 21).

Tabela 21 - Orçamento para reaproveitamento d'água de refrigeração

item	preço
caixa d'água 500 litros	R\$150,31
tubulação	R\$39,90
bomba da caixa	R\$48,90
estrutura	R\$240,00
total	R\$479,11

Fonte: Elaboração própria.

A economia mensal é de 225 litros, ou de apenas R\$ 2,30. Do ponto de vista financeiro, tal economia não justifica a implantação sistema de reuso da água de refrigeração.

### 10.3 Seleção de insumos.

Dentre as diversas partes constituintes da gestão ambiental, está o ciclo de vida do produto, que considera os impactos relacionados desde a seleção dos insumos até os resíduos gerados pelo consumo mesmo. O projeto visa realizar experiências com a aquisição de insumos locais, ou ao menos a redução dos insumos importados que despendam de tanta energia em seu transporte.

No processo de fabricação da cerveja, a grande maioria dos insumos são importados, vindos da Europa e Estados Unidos. Principalmente os lúpulos, que dão aroma e amargor a cerveja, são oriundos de clima temperado e possuem difícil adaptação ao clima brasileiro. Porém, há estudos de espécies que estão cultivadas com sucesso na serra Gaúcha e interior do estado de São Paulo.

No Brasil há fabricação de maltes por parte da Agrária, no Paraná. Porém essa cooperativa produz apenas malte Pilsen.

Em relação a leveduras, atualmente o Brasil já possui alguns laboratórios que realizam a produção de cepas, como o laboratório da Bio4, que possuem preços competitivos com as leveduras importadas.

Contudo, atualmente já é possível produzir uma cerveja utilizando predominantemente matérias primas brasileiras, minimizando impactos associados a transporte de insumos e estimulando o mercado local.

### **10.3.1 Malte**

Apesar de o Brasil produzir somente o malte Pilsen, o mesmo é utilizado como malte base para cervejas claras, escuras e especiais. Ele está presente em maior porcentagem nos principais estilos de cervejas.

Sua importância é devido ao seu potencial enzimático, que é a sua capacidade de converter moléculas de amido, que é um polímero natural, em moléculas menores e fermentáveis.

Atualmente no Brasil, os principais maltes Pilsen oferecidos no mercado são de origem brasileira, belga ou alemã. Ou seja, desconsiderando o malte brasileiro, os outros possuem uma maior pegada ambiental em relação ao transporte.

O Brasil é detentor de quatro maltarias, sendo que dessas, duas estão sob controle da empresa AMBEV (Maltaria Navegantes e Maltaria Passo Fundo).

No ramo da nanoprodução artesanal, podem ser encontrados maltes pilsen da empresas Agromalte e Maltaria do Vale.

Apesar da diferença do preço entre os maltes internacionais e nacionais ser de aproximadamente 11%, de acordo com pesquisa realizada junto aos fornecedores, o malte Pilsen está na maioria das vezes presente nas receitas em quantidades muito relevantes. Além disso, a aquisição de produtos nacionais estimula a economia brasileira e evita o dispêndio de energia extra com o transporte marítimo.

### **10.3.2 Lúpulo**

Apesar de haver algumas iniciativas no país, o Brasil ainda não dispõe de produtores nacionais de lúpulos voltados ao comércio, e a vasta maioria dos desse insumo são encontrados em forma de pellets, muito aquém de sua forma natural, em flores.

Os Ácidos-alfa são responsáveis pelo amargor desejado a cerveja. Cada espécie, e mesmo cada lote possuem diferenças na quantidade de Ácidos-alfa na sua composição. Deve-se ter conhecimento da quantidade relativa desses ácidos ao elaborar a receita de cerveja, que serve para calcular o amargor desejado para o estilo desejado, que é dado em IBUs. Essa porcentagem é obtida laboratorialmente, distante das atividades do nano cervejeiro artesanal.



Já os óleos essenciais, que são responsáveis pelos aromas da cerveja, não requerem essa análise. Eles estão presente no lúpulo em uma menor quantidade nas flores de lúpulo (Tabela 5) e conseqüentemente em maior quantidade nas receitas, principalmente naquelas que se deseja um aroma mais marcante.

Assim, no presente trabalho, foi proposto a construção de uma parreira de lúpulos aromáticos. Foram escolhidas cinco espécies de lúpulo visando a variabilidade de estilos de cerveja que elas podem vir a oferecêr.

Em escala do agronegócio, as mudas devem ser plantas em linhas, parreiras paralelas, com distância de aproximadamente um metro em elas, e espaçamento de 3 a 3,5 metros entre as linhas de parreira, que deve possuir entre 4 e 6 metros de altura (Figura 17).

Figura 17 - Parreira de *humulus lupulus*



Fonte: mplantasyvida

No experimento, a parreira possui 4,90 metros de altura e 4 metros de comprimento, foi construída na direção norte/sul, de forma que as plantas recebam luminosidade nos dois lados (Figura 18). As plantas foram dispostas a uma distância de um metro.

Figura 18 - Parreira construída



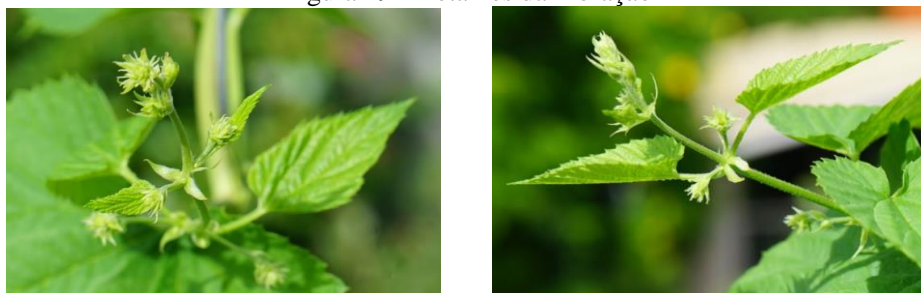
Fonte: Acervo próprio

As variedades escolhidas foram inicialmente duas espécies: Hallertau Mittelfruh e Goldings. Essas se adaptaram muito bem ao clima e solo da região de Florianópolis. Foram plantadas em 18/12/2016 e após dois meses já apresentam sinais de floração (Figura 19), que devem ser colhidas entre o início e meio de outono.

Confirmada a adaptação das duas primeiras plantas, outras três foram obtidas: Chinook, Saaz e Cascade. Com essas espécies variadas, propõe-se a elaboração de diversos estilos de cerveja.

O interesse é buscar uma nova fonte lúpulos aromáticos para a produção artesanal de cerveja. A produção média de lúpulo é de 1800 kg/ha (Pavlovic, 2006). Seguindo os parâmetros de cultivo fornecidos pelo Guia del cultivo del lúpulo, elaborado por S.A.E. Fomento del Lúpulo da Espanha, deve-se possuir uma área de cultivo de aproximadamente 15m<sup>2</sup> para o crescimento das cinco plantas. Dessa maneira, espera-se a produção anual de 2,7 kg, aproximadamente 570 gramas de cada planta, sendo que pode haver variações para cada espécie.

Figura 19 - Detalhes da Floração



Fonte: Acervo próprio

Visto que a produção de cerveja ocorre aproximadamente 2 vezes ao mês, ou 24 bateladas por ano, haverá disposição de 112 gramas para cada batelada de 50 litros. Alguns estilos demandam de quantidade similar de lúpulos aromáticos, entretanto alguns estilos (IPA, APA, Pale Ale...) exigirão a complementação com lúpulos comerciais.

Possuir a própria produção de lúpulos traz benefícios além do toque de artesanidade e localidade do produto, também pode ter atrativos financeiros.

Na Tabela 22, os preços médios dos lúpulos plantados de 3 empresas do sul do Brasil, preços dados em R\$/Kg.

Tabela 22 - Preços dos lúpulos de diferentes fornecedores

estilo	Empresa 2	Empresa 1	Empresa 3	média
Saaz	R\$ 412,00	R\$ 316,70	R\$ 478,00	R\$ 402,23
Cascade	R\$ 316,00	R\$ 145,40	R\$ 338,00	R\$ 266,47
E. K. Golding	R\$ 392,20	R\$ 235,18	R\$ 538,00	R\$ 388,46
Hallertau MITTELFRÜH	R\$ 260,80	R\$ 135,58	R\$ 298,00	R\$ 231,46
Chinook	R\$ 321,60		R\$ 318,00	R\$ 319,80

Fonte: Elaboração própria.

De acordo com as referências, os lúpulos comerciais são vendidos em formato de pellets, que são produzidos a partir das flores da planta *humulus lupulus*. Os pellets em questão, possuem 90% do peso real das flores colhidas. Considerando o exposto, o preço médio dos lúpulos é de 321,68 R\$/Kg e produção anual de lúpulos de 2,7 quilos, assim produção anual de lúpulos deve representar uma economia anual de 781,68 reais.

Na Tabela 23, o detalhamento dos custos envolvidos na construção da parreira de lúpulos.

Tabela 23 - Orçamento da construção da parreira

item	preço (R\$)
mudas	R\$ 250,00
estrutura	R\$ 265,00
arames	R\$ 38,00
terra adubada	R\$ 90,00
total	R\$ 643,00

Fonte: Elaboração própria.

- Investimento inicial: R\$: 643,0
- Taxa mínima de atratividade: 10%
- Custo anual de manutenção: R\$: 150,00

O tempo de retorno do investimento da obra pode ser verificado na Tabela 24, que é pouco superior a um ano.

Tabela 24 - Tempo de retorno do investimento na parreira de lúpulos.

periodo	fluxo de caixa	fluxo descontado	saldo
0	781,0	581,00	62,00
1	781,0	528,18	-466,18
2	781,0	480,17	-946,35

Fonte: Elaboração própria

## **11 Ações de redução de insumos e energia aplicadas.**

As principais mudanças realizadas na produção artesanal de cerveja foram:

- Mudança do fornecimento de energia para as panelas de mosturação e água de lavagem, de gás GLP para resistências elétricas de baixa densidade de 3Kw cada.
- Construção de abrigo de gás externo a área de produção;
- Construção de leira de compostagem para a valorização do bagaço do malte, trub e fermento excedente.
- Troca da geladeira azul, por modelo mais nove e eficiente.
- Mudança na gestão das etapas fermentação, maturação, sedimentação e carbonatação. Ações de gestão que possibilitaram o aumento da capacidade produtiva de 100 para 200 litros mensais. A etapa de maturação será dividida em dois momentos, 7 dias a 10°C nas geladeiras centrais e 7 dias na geladeira Duplex, utilizando assim, a totalidade da capacidade produtiva.
- Fornecedores de insumos, escolha pelo malte Pilsen Nacional, no lugar do Belga ou Alemão.
- Construção de parreira própria para a produção de lúpulos, principalmente os de características aromáticas.

## 12 Verificações

### 12.1 Mudança de gás GLP para resistência e logística.

Os consumos de energia foram verificados em mais uma batelada de cerveja. As principais economias reportadas são referentes a energia (Tabela 25).

Tabela 25 - Consumo relativo as resistências e geladeira nova

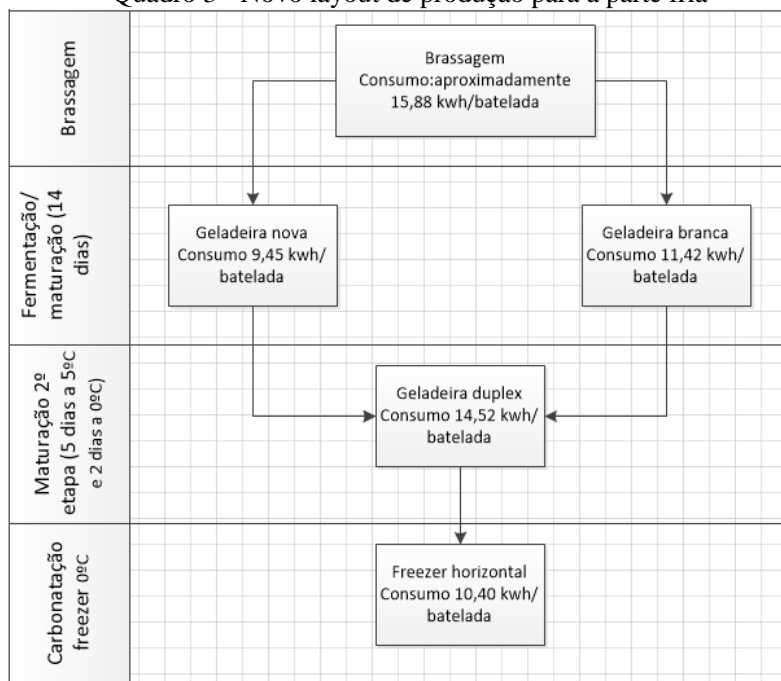
equipamento	batelada de verificação				
	potência (KW)	tempo (min)	tempo (h)	Consumo (kwh)	custo R\$
moedor	0,080	63,00	1,050	0,084	0,05
resistencia mosturação	3,000	61,00	1,017	3,050	1,86
motor brassagem	0,040	70,00	1,167	0,047	0,03
bomba recirculação	0,037	19,00	0,317	0,012	0,01
resistência lavagem	3,000	52,00	0,867	2,600	1,59
bomba transferencia	0,037	29,00	0,483	0,018	0,01
bomba refrigeração	0,037	17,00	0,283	0,010	0,01
bomba 2ª refrigeração	0,035	15,00	0,250	0,009	0,01
geladeira nova	0,090	12997,80	104,97	9,45	11,89
carbonatação freezer				10,4	6,34
geladeira duplex				14,52	8,86
	total dias	15 dias	total	50,25	30,65
	<b>Energia Parte Fria</b>	<b>88,399</b>	<b>%</b>		

Fonte: Elaboração própria.

Visto que, uma das geladeiras antigas foi mantida, deve-se realizar a média dos consumos de energia das duas geladeiras que são utilizadas para a fermentação e maturação. Entretanto, todos os outros consumos de energia serão considerados consumos fixos do processo.

Dessa maneira, propõe-se a mudança do layout de produção (Quadro 3**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), de forma a otimizar o uso da geladeiras e freezers.

Quadro 3 - Novo layout de produção para a parte fria



Fonte: Elaboração própria.

Dessa maneira a produção pode ser realizada semanalmente, e nenhum um aparelho será subutilizado. Porém, há um novo dispêndio de energia para a transferência de fermentadores das geladeiras de fermentação para a segunda etapa da maturação (Tabela 26). A atividade foi realizada em poucos minutos, entretanto exigiu grande esforço.

O fermentador pesa 2,6 kg e o líquido interno aproximadamente 50 kg. Segundo Farinatti (2006), para atividades de caminhar, descer escadas ou rampas, ficar de pé, carregando objetos de 45kg ou mais, o MET é igual 8,5.

Tabela 26 - Dispêndio extra de energia

atividade	classificação	MET	tempo (horas)	cálculo (kcal)	Kwh
transferência fermentador	Em pé com 45 kg ou mais	8,5	0,02	13,26	0,02

Fonte: Elaboração própria

## 12.2 Compostagem.

A leira de compostagem foi construída com dimensões de 2x1 metros, a massa de bagaço de malte, trub e excedente de fermento foi misturada com grama corta e folhas de abacateiro.

Após 3 semanas de experimento com revolvimento diário para a oxigenação, e abastecimento semanal com novos resíduos orgânicos, a temperatura não

alcançou o patamar dos 50 °C e era notável a presença do mau odor de amônia e presença de vetores (Figura 20). Houve ocorrência de moscas e roedores da espécie *Rattus Rattus*, provavelmente atraídos pelo malte, que é um cereal.

Figura 20 - Leira de compostagem



Fonte: Acervo próprio

Após 4 semanas o projeto de compostagem foi abandonado e o substrato enterrado.

### 12.3 Economia de energia.

As união da mudança da gestão de produção com a inovação do equipamento (geladeira nova), trouxeram grandes avanços na economia de energia (Tabela 27).

Tabela 27 - Consumo em Joules do novo layout

(Para 50 litros)	quant.	Conversão para Joules	Joules	total
gás (kg) (11500 kcal/kg)	1,8	4,82E+07	8,67E+07	2,76E+08
energia (kwh)	51,23	3,60E+06	1,84E+08	
energia humana (kcal)	1185,98	4,19E+03	4,97E+06	

Fonte: Elaboração própria.

Então, o novo consumo por hectolitro é de 552 MJ, ainda a cima do valor de referência para pequenas cervejarias, que é 498,3 MJ/hl. Houve redução de 37,3% no consumo de energia para o processo.



Ainda, houve redução de custos com a introdução resistências no lugar dos queimadores de gás GLP. Os custo obtidos para o gás GLP em Florianópolis é de 4,92 R\$/Kg e de energia elétrica é de 0,61 R\$/Kwh (Tabela 28).

Tabela 28 - Comparativo de consumo gás GLP x Energia elétrica

Unidade	GLP		Energia Elétrica	
	Kg	R\$	Kwh	R\$
Consumo médio mosturação	0,75	3,69	3,05	1,86
Consumo médio lavagem	0,6	2,95	2,6	1,59

O uso de resistências elétricas se mostrou 48% mais econômico que o gás GLP. E possui a vantagem adicional de não haver mais o manuseio de botijão de gás no recinto.

### 12.3.1 Tempo de retorno.

As mudanças realizadas sugerem o aumento da capacidade produtiva de 100 litros/mês para 200 litros/mês. Intervenções que ocasionaram economia de 328 MJ/hl, o mesmo que 91,1 kwh/hl, consequente a economia mensal para a produção de 182 Kwh. As mudanças referentes as resistências acarretaram nos seguintes custos orçados na Tabela 29.

Tabela 29 - Orçamento

Item	Quantidade	Preço R\$
Resistência 1	1	R\$ 140,00
Resistência 2	1	R\$ 89,00
Disjuntor 20A	2	R\$ 8,90
Fio 6mm	20	R\$ 42,00
Geladeira	1	R\$ 900,00
	total	R\$ 1 179,90

Fonte: Elaboração própria

Apesar das mudanças ocasionarem um ônus inicial a planta de produção. É notável o rendimento obtido pela implementação do novo layout de produção e troca dos equipamentos através do tempo de retorno do investimento (Tabela 30).

- Investimento inicial: R\$: 1179,0
- Taxa mínima de atratividade: 10%
- Custo anual de manutenção: R\$: 200,00
- Aumento anual do preço da energia elétrica: 6% ao ano

Tabela 30 - Período de retorno de investimentos das intervenções

periodo	fluxo de caixa	fluxo descontado	saldo
0	1332,2	1132,24	47,66
1	1412,2	1101,98	-1054,32
2	1496,9	1071,82	-2126,14

Fonte: Elaboração própria.

Verifica-se que o tempo de retorno do investimento é de aproximadamente um ano. Após esse período, o fluxo de caixa correspondente se refere ao lucro obtido na economia de energia.

### 13 Conclusões

Produções em pequena escala são um palco interessante para realizar experimentos de eficiência, pois mudanças no layout de produção e de equipamentos exigem pouco investimento e propiciam rápidos retornos financeiros.

Particularmente Florianópolis não se apresenta como local ideal para aquisição de unidades de micro geração de energia. A média de anual de insolação é baixa, devido a sua alta latitude, e apresenta os menores índices em relação ao resto do Brasil. Quanto a energia eólica, a geografia da ilha não é favorável a micro geração de energia eólica, os fatores de capacidade dos geradores escolhidos não se encontram na faixa atrativa para o investimento.

Apesar de ser alta a relação água utilizada/cerveja produzida, os números não justificam investimentos em captação de água da chuva ou mesmo o reuso, qualquer intervenção nesse sentido deve ser tomada analisando o lado ideal, não o financeiro.

Conclui-se que em cervejarias de pequena escala, mudanças no layout de produção e aquisição de equipamentos mais modernos se demonstraram mais eficientes que investimentos em micro geração de energia.

A seleção dos insumos se mostra eficaz na redução de custos e na pegada ambiental da cerveja produzida.

## **14 Recomendações.**

- Mudança no sistema de moagem, com a intenção de diminuir o dispêndio de energia humana nesse processo.
- Avaliação de diferentes concepções de leiras de compostagem.
- Analisar o potencial de biodigestão do malte e trub e fermento excedente.

## 15 Referências Bibliográficas.

ABOUMRAD, Jean Pierre Cordeiro; BARCELLOS, Yvie Carolinne Medeiros. **Nálise e Simulação das operações de Mosturação e Fermentação no Processo de Produções de Cerveja**. 2015. 82 f. TCC (Graduação) - Curso de Escola de Engenharia, Química e de Petróleo, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015.

Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) – disponível em [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br) (Acesso em 15 de Novembro de 2016).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1997) NBR 13969: tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. Projeto, construção e operação. São Paulo.

ATLAS Solarimétrico do Brasil. Recife : Editora Universitária da UFPE, 2000.

BRASIL, **Resolução normativa nº 482**, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências . Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>> acesso em 28 de maio de 2016.

BRODERICK, H. M.; CANALES, A. M.; COORS, J. H., et al. El cervecero en la practica: um manual para la industria cervecera. 2.ed. Peru: Asociación de Maestros Cerveceros de las Américas, 1977. 550p

CARVALHO, G. B. M. ; SILVA, C. V.; SILVA, J. B. A.; **elementos biotecnológicos fundamentais no processo cervejeiro**: 1º parte- As leveduras. Revista Analítica, São Paulo, v.25, p.36 a 42, 2006.

D'AVILA, Roseane Farias et al. Adjuntos cervejeiros para produção de cerveja: características e aplicações. **Unisinos**, Pelotas, v. 2, n. 8, p.60-68, jul. 2012.

EC. Environmental Canadá. Technical Pollution Prevention Guide for Brewery and Wine Operations in the Lower Fraser Basin. DOE FRAP 97-20. 1997.

EICK, Guilherme. **Viabilidade econômica e financeira de uma pequena central hidrelétrica no Brasil**. 2010. 70 f. TCC (Graduação) - Curso de Economia, Departamento Sócio-econômico, Ufsc, Florianópolis, 2010.

FARINATTI, P. Apresentação de uma versão em português do compêndio de atividades físicas: uma contribuição aos pesquisadores em fisiologia do exercício. Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício. Vol. 2. p.177-208. 2003.

Galitsky, Christina; Price, Lynn; Worrell, Ernst, energy efficiency opportunities in the brewery industry. University of Calofórnia, Califórnia, 11 f. 2002.

GIACCHINI, Margolaine. O método de Rippl para o dimensionamento de reservatórios de aproveitamento de água da chuva. In: SOEA, 73., 2016, Foz do Iguaçu. **Artigo**. Ponta Grossa: Contecc, 2016. p. 1 - 5.

GRUBB, M.J.; MEYER, N.I. **Wind Energy: Resources, Systems and Regional Strategies**. In: JOHANSSON, T.B.; KELLY, H.; REDDY, A.; WILLIAMS, R. Renewable Energy: Sources for Fuels and Electricity. Washington, D.C: Islan Press, 1993.

HLATKY, M. Bier brauen Fuer Jedermann. Leopold Stocker. Verlag. Germany, 2007.

<http://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2016/05/variedade-brasileira-de-lupulo-e-descoberta-na-serra-da-mantiqueira.html> acesso em:07/01/2017

<http://godsavethebeer.com.br/sobre-amor-flores-e-ervejas-amargas/> acesso em:13/02/2017

[http://www.indupropil.com.br/produtos/0,79462\\_chiller-de-placas-swep-40-placas-resfriamento-de-50l-em-20-minutos](http://www.indupropil.com.br/produtos/0,79462_chiller-de-placas-swep-40-placas-resfriamento-de-50l-em-20-minutos) acesso em:09/02/2017

<http://www.quimicavolatil.com.br/2010/10/lupulo-o-sabor-satisfatorio-da-erveja.html> acesso em:23/01/2017

[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia\\_solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia_solar(3).pdf) acesso em:01/02/2017

<https://www.copergas.com.br/produtos/industrial/#.WJTSQIMrLIU> acesso em:03/02/2017

KORONEOS C; ROUMBAS G; GABARI Z; MOUSSIOPOULOS N.; **Life Cycle Assessment of Beer Productions in Greece**. Journal of Cleaner Production, 13, 433-439, 2008.

KUCK, Luiza Siede. **Cerveja: Sabor e Aroma**. 2008. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Química de Alimentos, Departamento de Ciências de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.

KUNZE, W. *Technology Brewing and Malting*, 2<sup>nd</sup> ed, Berlim, VLB, 1999.

LEWIS, M. J.; YOUNG, T. W. *Brewing*. 2<sup>a</sup>. ed. Nova Iorque: Publishers, Kluwer Academic/ Plenum, v. I, 2002.

LOMBARDO, M.A. *Ilha de Calor nas Metr6poles: o exemplo de S6o Paulo*. S6o Paulo :Hucitec,1985. 244p.

MARTINS, Fernando R.; GUARNIERI, Ricardo A. e PEREIRA, Enio B. O aproveitamento da energia e6lica. *Revista Brasileira de Ensino de F6sica*, S6o Paulo, v. 30, n. 1, mar7o, 2008.

MEGA, J.F.; NEVES E.; ANDRADE C.J.; “ **A produ76o de cerveja no Brasil**”, *Revista Citino*, 2011.

MORADO, R. **Larousse da Cerveja**. S6o Paulo. ed. LAROUSSE, 2009.

OLAJIRE, A.A.; “**The brewind industry and Environmental Challenges**“, *Journal of Cleaner Production*, 2012.

ORTIZ, Paulo Rodolfo Buffon. **An6lise do Consumo energ6tico do processo de produ76o de cerveja artesanal por bateladas**. 2014. 20 f. TCC (Gradua76o) - Curso de Engenharia Mec6nica, Ufrgs, Porto Alegre, 2014.

Palmer, J. *How to brew*.3.ed. Nova Iorque: BrewerAssociation, (2006).

Pinto, L. I. C.; Moraes, M.; Martins, F. R.; Perreira, E. B.; Fisch, G.; Silva, A.; Lyra, R. Avalia76o do Modelo BRAMS para Estimativa do Vento M6dio para o Aproveitamento da Energia E6lica. XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Bel6m-PA, 2010.

Portaria n.º 2914, de 12 de dezembro de 2011. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigil6ncia da qualidade da 6gua para consumo humano e seu padr6o de potabilidade,

e d6 outras provid6ncias. *Di6rio Oficial da Uni76o, Bras6lia*, 12 dez., 2011a.

Realizado por: Jos6 Antonio Magad6n Marcos. *Guia del Cultivo del L6pulo* - S.A.E. Fomentodel **L6pulo** Jos6 Lu6s Olmedo Nadal - Hijos de Rivera S.A. 2011

REINOLD, M. R. *Manual Pr6tico de Cervejaria*. 1.ed. S6o Paulo: Aden Editora, 1997. 213p.

RIO DE JANEIRO. MAURÍCIO TIOMNO TOLMASQUIM. (Org.). **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. Rio de Janeiro, 2016. 452 p.

ROBALLO, Suelen T. e FISCH, Gilberto. **Escoamento atmosférico no Centro de Lançamento de Alcântara (CLA): parte 1 – aspectos observacionais**. Revista Brasileira de Meteorologia, Rio de Janeiro, v.23, n.4, 510-519, dezembro, 2008.

SAYDELLES, Alexandre Pistoia. **Estudo do Campo Térmico e das Ilhas de Calor Urbano em Santa Maria-RS**. 2005. 237 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia e Geociências, Ufsm, Santa Maria, 2005

SENAC. Básico de Contabilidade e Finanças. Rio de Janeiro: SENAC, 2004.

SILEIRA R.B; ALVES M.P.A; MURARA P.; “**Estudo de caracterização da direção predominante dos ventos no litoral de Santa Catarina**” 2012

Simate, G.S., J. Cluett, S.E. Iyuke, E.T. Musapatika, S. Ndlovu, L.F. Walubita and A.E. Alvarez: The treatment of brewery wastewater for reuse: State of the art. 2011.

TEIXEIRA, L.B. et al. Processo de compostagem, a partir de lixo orgânico urbano, em leira estática com ventilação natural. Belém: Embrapa, 2004, 8 p. (Circular Técnica, 33).

TROMMER, Michael Walter. **Avaliação do processo produtivo da cerveja com abordagem de ciclo de vida**. 2014. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Unimep, Santa Bárbara D'oeste, 2014.

TSOCHPE, E. C., **Microcervejarias e Cervejarias: A História, a Arte e a Tecnologia**. São Paulo. Ed. Aden, 223p., 2001.

Wainwright, T., 1998. **Basic Brewing Science**. Magicprint (Pty) Ltd., South Africa.

WANGEN, D. R. B.; FREITAS, I. C. V. Compostagem doméstica: alternativa de aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos. Rev. Bras. de Agroecologia, v. 5, n. 2, p.81-88, 2010. março, 2008.