



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS ARARANGUÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E  
COMUNICAÇÃO

Armando Mendes Neto

**A influência das novas tecnologias da informação e comunicação na  
produção de cerveja artesanal**

Araranguá

2022

Armando Mendes Neto

**A influência das novas tecnologias da informação e comunicação na  
produção de cerveja artesanal**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Tecnologias da Informação e Comunicação.

Orientador: Prof. Roderval Marcelino, Dr.  
Coorientador: Prof. Bruno Pansera Espíndola, Dr.

Araranguá

2022

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

Mendes Neto, Armando

A influência das novas tecnologias da informação e comunicação na produção de cerveja artesanal / Armando Mendes Neto ; orientador, Roderval Marcelino, coorientador, Bruno Pansera, 2022.  
80 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação, Araranguá, 2022.

Inclui referências.

1. Tecnologias da Informação e Comunicação. 2. Cerveja Artesanal. 3. Tecnologias da Informação e Comunicação. 4. Controle de qualidade. 5. Processo de produção. I. Marcelino, Roderval . II. Pansera, Bruno. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação. IV. Título.

Armando Mendes Neto

**A influência das novas tecnologias da informação e comunicação na  
produção de cerveja artesanal**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por  
banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. João Bosco da Mota Alves, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Vilson Gruber, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Martin Augusto Gagliotti Vigil, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão  
que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Tecnologias da  
Informação e Comunicação da Universidade Federal de Santa Catarina.

---

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

---

Prof. Roderval Marcelino, Dr.

Orientador(a)

Araranguá, 09 de dezembro de 2022.

Este trabalho é dedicado aos meus familiares e a todos que colaboraram para esta pesquisa.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, meu agradecimento aos meus pais Pedro Paulo (in memoriam) e Maria Luiza, por todos os ensinamentos e apoio em todos os momentos de minha vida. Ao meu filho Pedro, por me inspirar a cada dia para alcançar meus objetivos pessoais e profissionais. Ao meu professor e orientador Prof. Roderval Marcelino, pelo conhecimento compartilhado, correções e suporte em todas as fases de pesquisa. Ao meu coorientador Prof. Bruno Pansera, pela dedicação e parceria para a conclusão do artefato. E finalmente, a todos os colegas e amigos que, de uma forma ou de outra, foram importantes para a conclusão deste trabalho.

## RESUMO

A produção de cerveja artesanal no Brasil vem crescendo a passos largos, porém ainda utiliza de diversos meios manuais no processo de fabricação, dificultando a padronização e o controle de qualidade. É essencial que alguns processos sejam manuais, justamente para a caracterização como um processo artesanal, entretanto, muitas variáveis deste processo perdem sua padronização nos diversos processos realizados, fazendo com que a produção não tenha um padrão de qualidade satisfatório. Este trabalho tem como objetivo utilizar as Tecnologias de Informação e Comunicação para auxiliar e facilitar o usuário leigo ou cervejeiro amador na produção de cerveja artesanal, mantendo a qualidade e padrões equivalentes à de um cervejeiro experiente. Com a utilização de tecnologias computacionais o processo foi monitorado e controlado em todas as suas etapas, facilitando a análise e mensuração de valores, bem como proporcionando uma maior qualidade ao produto. Para sua realização, foi desenvolvida uma plataforma computacional para o controle e gerenciamento dos dados de produção, bem como a construção do hardware necessário as etapas dos processos. Para tal controle e monitoramento, foram utilizados sistemas embarcados, atuadores, sensores e plataformas de sistemas embarcados. Já os aspectos metodológicos, foram organizados em etapas, de acordo com a *Design Science Research Methodology* (DSRM), que visa a operacionalização e construção de conhecimento a partir do desenvolvimento de artefatos para a resolução de problemas. Com isso, o projeto promoveu a melhoria do processo produtivo de cerveja artesanal, padronizando a qualidade, sem perder as características de um produto artesanal.

**Palavras-chave:** Tecnologias da Informação e Comunicação. Cerveja Artesanal. Controle de qualidade. Processo de produção.

## ABSTRACT

The production of craft beer in Brazil has been growing at a rapid pace, but it still uses several manual means in the manufacturing process, making standardization and quality control difficult. It is essential that some processes are manual, precisely for characterization as an artisanal process, however, many variables of this process lose their standardization in the various processes carried out, causing the production to not have a satisfactory quality standard. This work aims to use Information and Communication Technologies to assist and facilitate the lay user or amateur brewer in the production of craft beer, maintaining the quality and standards equivalent to that of an experienced brewer. With the use of computer technologies, the process will be monitored and controlled in all its stages, facilitating the analysis and measurement of values, as well as providing a higher quality to the product. For its accomplishment, a computational platform will be developed for the control and management of the production data, as well as the construction of the necessary hardware for the steps of the processes. For such control and monitoring, embedded systems, actuators, sensors and embedded systems platforms will be used. The methodological aspects were organized in stages, according to the Design Science Research Methodology (DSRM), which aims to operationalize and build knowledge from the development of artifacts to solve problems. It is expected that this project promotes the improvement of the craft beer production process, standardizing the quality, without losing the characteristics of a craft product.

**Keywords:** Information and Communication Technologies. Craft Beer. Quality control. Production process.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Monumento Blau .....	24
Figura 2 - Etapas do processo de produção de cerveja .....	28
Figura 3 - Número de Registro de Cervejarias ao ano .....	31
Figura 4 - Número de registros de cervejarias nas dez primeiras Unidades da Federação .....	32
Figura 5 - Pesquisas relacionadas à Cerveja Artesanal .....	35
Figura 6 - Pesquisas relacionadas à Cerveja Artesanal e Automação .....	36
Figura 7 - Pesquisas relacionadas à Cerveja Artesanal e Controle.....	37
Figura 8 - Pesquisas relacionadas à Cerveja Artesanal e Tecnologia.....	37
Figura 9 - visão geral das etapas envolvidas no desenvolvimento da pesquisa.....	42
Figura 10 - Visão Geral do Protótipo .....	47
Figura 11 - Raspberry Pi Model 3B.....	48
Figura 12 - Placa ABelectronics IO Pi Plus .....	48
Figura 13 - Sensor de temperatura NTC 3950 .....	49
Figura 14 - Sensor Ultrassônico JSN-Sr04t.....	50
Figura 15 - Sensor de chamas .....	50
Figura 16 - Válvula solenoide de água e válvula de gás.....	51
Figura 17 - Bomba de recirculação do mosto cervejeiro.....	52
Figura 18 - Usina de ignição de fogão .....	52
Figura 19 - Fogareiro e panela utilizados no projeto.....	53
Figura 20 - Fluxograma aplicação e hardware .....	55
Figura 21 - Caixa plástica e seus componentes .....	56
Figura 22 - Bancada metálica, componentes e fogareiros.....	57
Figura 23 - Amostras manuais.....	60
Figura 24 - Densímetro flutuante .....	61
Figura 25 - pH em solução aquosa.....	63
Figura 26 Medição de cor com espectrofotômetro.....	64
Figura 27 - Bureta digital .....	66

Figura 28 - Ebuliômetro em metal.....	67
Figura 29 - Tela principal .....	69
Figura 30 - Sensor de Gás e Sinalizador Sonoro Sonoro .....	70

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estudos recentes publicados no PPGTIC.....	20
Tabela 2 - Produção Mundial de Cerveja em 2018 e 2019.....	30
Tabela 3 - Densidades analisadas.....	62
Tabela 4 - Análises pH .....	63
Tabela 5 - Análises Cor .....	65
Tabela 6 - Acidez Total.....	66
Tabela 7 - Teor Alcoólico.....	68

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRABE	Associação Brasileira de Bebidas
API	Application Programming Interface
CSS	Cascading Style Sheets
DSRM	Design Science Research Metodology
EBC	European Brewery Convention
HTML	HyperText Markup Language
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEEE	Instituto de Engenheiros Eletrotécnicos e Eletrónicos
IFC	Instituto Federal Catarinense
IOB	Internet Of Beer
IOT	Internet of Things
KPI	Key Performance Indicator
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
NTC	Negative Temperature coefficient
NTIC	Novas Tecnologias da Informação e Comunicação
PPGTIC	Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação
RSL	Revisão Sistemática de Literatura
SRM	Standard Reference Method
SVG	Scalable Vector Graphics
WI-FI	Wireless Fidelity
WLAN	Wireless Local Area Network

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
1.1	PROBLEMA E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	17
1.2	OBJETIVOS	18
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivo Geral</b>	<b>18</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>18</b>
1.3	ADERÊNCIA DO OBJETO DE PESQUISA AO PPGTIC	19
1.4	METODOLOGIA	20
1.5	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	22
<b>2</b>	<b>PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CERVEJA</b>	<b>22</b>
2.1	CERVEJA NO BRASIL	25
2.2	CERVEJA ARTESANAL	26
2.3	ETAPAS DO PROCESSO	28
2.4	MERCADO DA CERVEJA	30
<b>3</b>	<b>ESTADO DA ARTE</b>	<b>32</b>
3.1	REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	33
3.2	PROCEDIMENTOS ADOTADOS	33
3.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA	34
3.4	ANÁLISE DESCRITIVA	38
<b>4</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>41</b>
4.1	IDENTIFICAR O PROBLEMA	43
4.2	OBJETIVOS PARA A SOLUÇÃO	44
4.3	PROJETAR E DESENVOLVER	45
<b>4.3.1</b>	<b>Protótipo</b>	<b>45</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Desenvolvimento</b>	<b>54</b>

4.4	DEMONSTRAR	55
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E AVALIAÇÕES</b>	<b>58</b>
5.1	COLETA DE DADOS	59
<b>5.1.1</b>	<b>Parâmetros na qualidade físico-química</b>	<b>59</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Parâmetros no processo de fabricação</b>	<b>69</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>73</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>75</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de produção de cerveja, segundo historiadores, teve origem por volta de 8000 a.C, sendo desenvolvido juntamente com processos de fermentação de cereais. Seu aparecimento está muito ligado ao armazenamento de cereais para a produção de pães, no qual constatou-se que a massa feita para preparar o alimento, quando molhada, entrava em processo de fermentação (ABRABE, 2014).

Conforme os processos foram aperfeiçoados, novas fórmulas e regras foram implementadas, para uma padronização e melhor qualidade ao produto, já que o uso de ingredientes estranhos como folhas de pinheiro, cerejas silvestres e ervas, era corriqueiro. Assim, surgiu a Lei da Pureza, na Alemanha em 1516, que limitava a sua produção na utilização de apenas quatro insumos: água, malte, lúpulo e o fermento; com este sendo acrescentado mais tarde, pois ainda não era conhecido (SILVA, 2010, p.36).

Com o melhoramento nos processos de fabricação e na qualidade do produto, o mercado cervejeiro teve uma evolução significativa. Tal aceitação, é devido aos seus atributos sensoriais, benefícios a saúde, diversidade de apresentação e seu valor nutritivo. Ainda que seja recente a produção de cerveja no Brasil, em muitos países, seu mercado é consolidado e em crescente evolução.

Conforme a Bath-Hass-Group (2019), a produção de cerveja mundial é liderada pela China, com 38 bilhões de litros, seguido dos EUA e o Brasil, com 21 e 14 bilhões de litros, respectivamente. De acordo com a Global Craft Beer Market – Growth, Trends and Forecasts (2018), o mercado de cervejas artesanais foi responsável por US\$ 38 bilhões em 2018, com um crescimento esperado de 14% durante o período de 2018 a 2023.

A tendência do mercado cervejeiro brasileiro é passar por uma profunda mudança, pois os consumidores estão mais interessados em experimentar produtos diferenciados (PINTO et al., 2015). Tal mercado vem ganhando espaço na preferência dos consumidores, pois apresenta uma fórmula de produção diferenciada, com aromas e combinações que atraem os consumidores (BRAGANHOLA, 2018).

A produção de cerveja artesanal no país, seja em microcervejarias ou em médias produções, está em grande crescimento e com serviços cada vez mais qualificados. De acordo com a Associação Brasileira de Bebidas (ABRABE - 2018), as microcervejarias se caracterizam, na maior parte das vezes, pela produção de pequenas quantidades de cerveja, desenvolvidas com ingredientes especiais, maior quantidade de malte por hectolitro e em micro indústrias de origem familiar.

O número de microcervejarias brasileiras ainda é pequeno, porém o mercado está se desenvolvendo, no entanto existem alguns entraves nesse ramo como a falta de equipamentos de qualidade para a produção em pequena escala, dificuldade na aquisição de matérias primas e excesso de impostos (VENTURINI FILHO, 2010). A tendência de crescimento das cervejas especiais, importadas ou artesanais, é muito maior do que a da tradicional pilsen industrializada (MEGA; NEVES; ANDRADE, 2011). No Brasil, conforme o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2019), alcançou-se a marca de 1209 cervejarias registradas em 26 Unidades da Federação.

Para o desenvolvimento do mercado de cervejas artesanais, estão sendo utilizados meios tecnológicos para o processo de produção, porém em uma escala muito baixa. Características como a padronização da produção e controle de variáveis para um aumento de qualidade, ainda são pequenas, com os produtores trabalhando com processos manuais para o desenvolvimento do produto.

Esta pesquisa procurou aplicar as Tecnologias de Informação e Comunicação no processo de produção, visando automatizar o controle e monitoramento das variáveis, bem como monitorar os principais parâmetros utilizados no processo de produção, como temperatura da água, volume, tempo estimado em cada processo, acionamento de gás e parâmetros de segurança. Com isso, além da aplicação das características essenciais de cada cervejeiro, a tecnologia seria inserida na automatização de alguns processos, visando eficiência, padronização de sabor, redução de perdas de produção, bem como o aumento do lucro e sustentabilidade do negócio.

Para o controle de variáveis do sistema, foram utilizados sensores para a captação dos dados e atuadores, conforme valores informados pelo usuário perante

determinadas receitas de cerveja. Através disso, foram realizadas medições de temperatura, volume de água, acionamento de gás, bem como tempo decorrido por cada processo, facilitando a visualização das principais condições dos processos e almejando uma melhor qualidade ao produto final.

Neste contexto, a pesquisa buscou avaliar qual impacto que as Novas Tecnologias da Informação e Comunicação (NTICs) teriam na produção de cerveja artesanal, bem como prover auxiliar e facilitar o usuário leigo ou cervejeiro amador na produção de cerveja artesanal, mantendo a qualidade e padrões equivalentes à de um cervejeiro experiente, utilizando um sistema de monitoramento e controle de variáveis empregadas no processo de produção. Esse estudo foi realizado em parceria com o Instituto Federal Catarinense – Campus Santa Rosa do Sul, que auxiliou nos principais processos e em trabalhos técnicos dos professores da área agrícola.

## 1.1 PROBLEMA E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

A produção de cerveja artesanal vem crescendo exponencialmente nos últimos anos. Conforme o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2019), o crescimento da atividade cervejeira no Brasil vem avançando de forma sustentada nos últimos vinte anos, com uma taxa média de 19,6% de crescimento anual.

Mesmo com a atividade produtiva em alta, o processo de produção de cerveja artesanal, em sua maioria, vem utilizando de meios manuais e repetitivos para a entrega do produto final, dificultando o aumento de escala, a manutenção da qualidade, a equalização de sabores e a padronização do produto final. Salienta-se também a dificuldade em cervejeiros inexperientes utilizarem processos manuais e alcançarem parâmetros e qualidades similares a cervejeiros profissionais.

Diante de tais dificuldades, visa-se desenvolver uma plataforma web e um ambiente embarcado que possibilite o controle e o gerenciamento de variáveis que eram realizadas de formas manuais, facilitando e agilizando processos que não necessitam de um diferencial humano, ou seja, um “toque” do mestre cervejeiro.

Assim, utilizando a Novas Tecnologias da Informação e Comunicação pode-se facilitar usuários ou cervejeiros inexperientes nos processos de produção, agilizando e facilitando as etapas envolvidas.

Para isso, foram utilizados dispositivos embarcados de baixo custo, que facilitem usuários inexperientes nos processos produtivos, a fim dar maior qualidade ao produto final. Por meio de uma plataforma web, serão disponibilizados valores em tempo real ao usuário bem como a realização do controle e monitoramento dos dados, conforme o processo vá evoluindo. A utilização do monitoramento e atuação nas principais variáveis dos processos também foi essencial para o desenvolvimento do projeto, que contribuiu para a pergunta essencial do projeto: “Qual o impacto que a utilização de novas tecnologias de informação e comunicação terá na produção de cerveja artesanal por um usuário leigo ou cervejeiro amador?”.

## 1.2 OBJETIVOS

Nas seções abaixo, estão descritos o objetivo geral e os objetivos específicos da pesquisa.

### 1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar o impacto da utilização de novas tecnologias de informação e comunicação na produção de cerveja artesanal por usuários inexperientes.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

O desenvolvimento da pesquisa pretendeu alcançar os seguintes objetivos específicos:

- Identificar e analisar os processos necessários para a produção de cerveja artesanal.
- Desenvolver um sistema para o controle e monitoramento dos dados necessários à produção.

- Comparar os processos automatizados com processos realizados manualmente, por usuários experientes.
- Analisar os dados obtidos e avaliar a influência que o sistema traz na produção de cerveja artesanal.

### 1.3 ADERÊNCIA DO OBJETO DE PESQUISA AO PPGTIC

O programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação (PPGTIC) está segmentado na área de Tecnologia e Inovação, sendo dividido em três linhas de pesquisa: Tecnologia, Gestão e Inovação; Tecnologias Educacionais e Tecnologias Computacionais.

A linha de pesquisa adotada pelo autor, foi a Tecnologia Computacional, que de acordo com PPGTIC (2020), “O objetivo da linha é desenvolver modelos, técnicas e ferramentas computacionais auxiliando na resolução de problemas de natureza interdisciplinar”. A escolha, foi devido ao impacto que a utilização de técnicas e o desenvolvimento de artefatos podem trazer para a produção de cerveja artesanal.

Em seu âmbito interdisciplinar, tal pesquisa tem foco nas tecnologias que serão utilizadas para o melhoramento da produção, bem como o estudo de diversas áreas que fazem parte do processo, como: engenharia da computação, tecnologia da informação e comunicação, hardware, engenharia de alimentos, agronomia, entre outros. Destaque para a agronomia, pois envolve processos produtivos e insumos para a produção, utilizando a tecnologia para auxiliar e melhorar a qualidade do produto.

Além destes aspectos, é conveniente mencionar que outros estudos do programa (PPGTIC) foram realizados utilizando microcontroladores, sensores e atuadores, para o monitoramento e controle nos processos de produção e armazenamento. Entre eles, conforme tabela 1, cita-se o estudo de FERRAZ FILHO (2018), que propôs aplicar a tecnologia computacional para a agricultura de precisão, ABREU (2018), que objetivou uma arquitetura de hardware e software para suprir a demanda energética em abrigos de cultivo automatizado, bem como

CROTTI (2020), que avaliou a utilização das novas tecnologias de informação e comunicação na qualidade das frutas conservadas em atmosfera controlada.

Tabela 1 - Estudos recentes publicados no PPGTIC

<b>Título</b>	<b>Autor</b>	<b>Ano</b>
Agricultura de precisão em casas de vegetação: controle e gestão de cultivo em produção de mudas	Braz da Silva Ferraz Filho	2018
Um sistema de controle de energia sustentável para abrigos de cultivo	Cristiano S. P. de Abreu	2018
Impacto da utilização das novas tecnologias da informação e comunicação na qualidade de frutas conservadas em atmosfera controlada	Yuri Crotti	2020

Fonte: elaborada pelo autor, 2022.

#### 1.4 METODOLOGIA

Este trabalho é classificado como uma pesquisa tecnológica, que de acordo com Cupani (2011), possui como foco a operacionalização e construção de conhecimento a partir do desenvolvimento de artefatos para a resolução de problemas. Possui também, caráter interdisciplinar, abrangendo tecnologias da informação e comunicação, engenharia da computação e agronomia.

Em sua abordagem, este estudo predomina a abordagem quantitativa, que de acordo com Richardson (1999), busca a medição de variáveis, estatísticas e comparações. Já em sua natureza, é caracterizada como pesquisa aplicada, que conforme Cervo, Bervian e Silva (2007), o pesquisador busca soluções com finalidades práticas e resolução de problemas específicos.

Com relação aos objetivos, esta pesquisa é considerada explicativa, como menciona Marconi e Lakatos (2001), visa explicar causa e efeito através de medições e controle de variáveis, normalmente realizando testes, buscando obter respostas para problemas com base em resultados experimentais. Em aspectos procedimentais, o estudo é de caráter bibliográfico, referindo-se a aspectos de fundamentação teórica e experimental.

Para uma melhor organização desta pesquisa, buscou-se a divisão em etapas, para uma melhor visualização dos processos envolvidos na produção de cerveja. A metodologia utilizada foi baseada na *Design Science Research Methodology* (DSRM), que conforme Peffers et al. (PEFFERS, 2007), é desenvolvida a partir de seis etapas procedurais, que são sugeridas na ordem especificada:

- 1) Identificação do problema e sua solução.
- 2) Definição dos objetivos para a solução.
- 3) Projetar e desenvolver o sistema.
- 4) Demonstração do sistema.
- 5) Avaliação do sistema.
- 6) Comunicação.

No que se refere à abordagem, neste estudo predomina a quantitativa, pois busca a medição de variáveis, estatísticas e comparações. Quanto a sua natureza, a pesquisa é classificada como aplicada, pois utiliza recursos computacionais para manutenção da qualidade de frutas.

Em relação aos objetivos, esta pesquisa é considerada explicativa, pois explica a causa e efeito através de medição e controle de variáveis, normalmente realizando testes, buscando obter respostas para problemas com base em resultados experimentais.

Com relação aos procedimentos, o trabalho é de caráter bibliográfico, no que se refere à fundamentação teórica, e experimental.

## 1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A pesquisa foi organizada em 6 capítulos, conforme divisão dos tópicos.

O capítulo 1 faz uma introdução ao tema de pesquisa, contextualizando o leitor dos problemas e justificativa da pesquisa que serão abordados. Menciona também, seus objetivos, justificativa, aderência ao programa, metodologia utilizada, bem como a organização do trabalho.

Os capítulos 2, 3 e 4, abordam os principais conhecimentos necessários para o desenvolvimento da pesquisa.

O capítulo 2 traz o processo de produção de cerveja, com estudos sobre o desenvolvimento de técnicas e seus processos de produção e controle, bem como as principais etapas envolvidas.

O capítulo 3 aborda o estado da arte, com estudos e abordagens atuais no processo de fabricação de cerveja artesanal. Através de revisão sistemática das literaturas envolvidas, bem como análises estatísticas, pode-se delinear o assunto e verificar quais são os temas mais atuais utilizados nos processos de produção de cerveja artesanal.

Já o capítulo 4, explana sobre a metodologia utilizada na condução das tarefas e as tecnologias utilizadas. A Design Science trouxe uma separação de atividades bem delineadas para a construção do artefato pretendido.

O capítulo 5 apresenta os resultados e discussões da pesquisa, com seus testes e validações. Pode-se comparar parâmetros utilizados nos processos manuais e realizados por cervejeiros experientes, com a utilização do sistema automatizado sendo utilizado por usuário inexperiente ou cervejeiro amador.

Por fim, o capítulo 6 apresenta as conclusões, com a análise dos dados e sugestões para trabalhos futuros.

## 2 PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CERVEJA

A descoberta e o desenvolvimento de técnicas no processo de produção de cerveja representam uma grande conquista da humanidade, com vários autores

indicando a fabricação da cerveja como a pedra angular da chamada “Revolução Neolítica”, cerca de 12.000 anos a.C, caracterizada pela transição da caça e coleta para a vida em assentamentos estáveis (CABRAS; HIGGINS, 2016).

Para muitos historiadores, o homem abandonou a vida nômade ao desenvolver técnicas de agricultura e o cultivo e armazenamento de grãos, permitindo sua fixação em pequenos grupos. Assim, os primeiros campos de cultura de cereais surgiram, com os agricultores colhendo e transformando os grãos em farinha, surgindo a lenda de que a fixação do homem no campo foi pela necessidade de produzir pão e cerveja. (MORADO, 2009).

O processo de produção de cerveja, segundo historiadores, começou por volta de 8000 a.C, com os Sumérios. Estava diretamente ligada à produção de pão, quando as antigas civilizações constataram que a massa feita para preparar o alimento, quando molhada, entrava em processo de fermentação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BEBIDAS, 2018). Segundo Morado (2009), esta semelhança advém de ambos serem feitos de grãos (cevada, trigo, arroz e aveia), água e fermento, apresentando o mesmo valor nutricional.

Além de ser utilizada na alimentação, a cerveja era comercializada como mercadoria e moeda de troca, muitas vezes aplicada como remédio para os olhos e a pele, pagamento de salários e ainda, oferenda aos deuses. A cerveja, nesta época, causava um “estado de êxtase” que foi considerado como um exercício espiritual de comunhão com divindades.

Um dos registros mais antigos da produção de cerveja é conhecido como *Monumento Blau*, uma peça suméria esculpida há cerca de 4.000 anos a. C. A peça, conforme demonstrada na Figura 1, mostra a cerveja sendo oferecida à Deusa Nin-Harra, conhecida como deusa da fertilidade, que realizava rituais para satisfazer o desejo e saciar o coração, preparando a bebida todos os dias para outros deuses. (MORADO, 2009).

Figura 1 - Monumento Blau



Fonte: Opa Bier – História da cerveja no mundo, 2015<sup>1</sup>.

Quando surgiu, a cerveja deteriorava de forma muito rápida, por não conter lúpulo em sua composição. Conforme as técnicas foram aprimoradas, descobriu-se que o lúpulo tinha propriedades antissépticas, que adicionado a cerveja, mantinha suas características de sabor por mais tempo, melhorando a sua estabilidade (REBELLO, 2009).

Conforme afirma Santos (2009):

O lúpulo é um excelente conservante e a sua utilização possibilitou o armazenamento da produção e a distribuição da cerveja em grandes quantidades. Além disso, as cervejarias poderiam ficar mais distantes e próximo de áreas com mananciais de águas mais limpas, dando uma qualidade maior a cerveja.

Uma descoberta que trouxe profundas mudanças na conservação de alimentos foi a de Louis Pasteur, com seus estudos sobre a levedura e processos de fermentação. Em meados de 1800, descobriu que a levedura era um organismo vivo, abrindo as portas para a compreensão e o estudo da conversão do açúcar em etanol e CO<sub>2</sub>. Com isso, comidas e bebidas fermentadas foram compreendidas e produzidas em escalas maiores. (LET IT BREW, 2019).

Seu processo de produção, normalmente consiste na trituração de cereais, imersão, germinação, fervura e fermentação. É caracterizada por ser uma bebida

---

<sup>1</sup> Disponível em: <https://opabier.com.br/blog/historia-da-cerveja-no-mundo/>. Acesso em 25 de agosto de 2021.

com baixo teor alcoólico, feita principalmente de cevada e outros ingredientes, como: lúpulo, água, açúcar, trigo, amido e fermento. Ingredientes adicionais, como flores de lúpulo e arroz, são frequentemente utilizados na fase de fervura para a criação de sabores diferentes (XU, 2007).

Após a Revolução Industrial no final do século XVIII e com desenvolvimento tecnológico e amadurecimento no processo de produção, a utilização de meios manuais de fabricação foram substituídos pela fabricação em massa. Os produtores de cerveja se tornaram profissionais mais organizados, começando a impulsionar o desenvolvimento de seus mercados. Assim, instalações dos cervejeiros que faziam parte de suas tavernas foram transformadas em atividades separadas, embora conectadas por interesses econômicos correlatos (MEUSSDOERFFER, 2009).

De modo geral, a cerveja pode ser dividida em dois grandes grupos: cervejas do tipo *Ale*, com destaque para a *Stout* e *Porter*, e cervejas do tipo *Lager*, como a *Bock*, *Munich* e a *Pilsen*. As cervejas do tipo *Ale*, tem uma fermentação superficial, ligeiramente ácidas, com sabor pronunciado de lúpulo, geralmente de cor clara e com teor alcoólico entre 4% e 8%. Já as cervejas do tipo *Lager*, têm uma fermentação profunda, sabor mais suave, cor clara e teor alcoólico entre 4% e 5%. (SIQUEIRA, P. B. et al. p. 491–498, 2008).

## 2.1 CERVEJA NO BRASIL

A história da cerveja no país começa com os Índios, antes mesmo do descobrimento do Brasil em 1500, com os povos indígenas utilizando algumas técnicas milenares para produção de uma espécie de cerveja, a *cauim*. Segundo Hugo (2013), se tratava de um fermento a base de milho e mandioca, sendo muitas vezes misturado com suco de frutas. As mulheres eram responsáveis por mastigar a mandioca cozida e devolvê-la para potes de cerâmica, na qual as enzimas presentes na saliva fermentavam o conteúdo dos potes e transformava em uma bebida leve, com pouco teor alcoólico (MONTELEONE, 2019).

Porém, a história da cerveja no Brasil é comumente contada a partir da entrada da bebida vinda da Europa com os colonizadores, a partir da metade do século XVII (SANTOS, 2013). A cerveja, segundo Morado (2009):

foi primeiramente trazida pela Companhia das Índias Orientais, no século XVII, junto com os holandeses. Com a saída dos holandeses do país em 1654, o produto sumiu por quase 150 anos, reaparecendo apenas em 1808, quando a Família Real portuguesa desembarcou no Brasil Colônia. Na verdade, a cachaça era a bebida alcoólica mais popular no Brasil antigo. Além dela, eram importados licores da França e vinhos de Portugal, especialmente para atender à nobreza.

De acordo com Santos (2004), ao tempo da Colônia, os portos eram fechados aos navios estrangeiros, só tendo sido abertos com a chegada da família real portuguesa em 1808. Assim, a cerveja consumida anteriormente era contrabandeada para o Rio de Janeiro, Recife e Salvador.

As matérias primas essenciais para o processo de fabricação de cerveja no Brasil foram sofrendo algumas alterações para o seu aperfeiçoamento. Atualmente, segundo Normas Brasileiras e o Decreto 9.902, de 8 de julho de 2019, art.36:

Cerveja é a bebida resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada malteada ou de extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção adicionado de lúpulo ou extrato de lúpulo, hipótese em que uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte poderá ser substituída parcialmente por adjunto cervejeiro.

## 2.2 CERVEJA ARTESANAL

Ao longo dos séculos, avanços importantes permitiram produzir cerveja de forma mais sofisticada e eficiente. A proliferação de variedades especiais de lúpulo esteve por trás da popularidade das cervejas artesanais, observada nos últimos anos em todo o mundo.

Conforme Guido (2019), as cervejas artesanais estão passando por um período sem precedentes de crescimento, com mais de 150 estilos de cerveja reconhecidos atualmente e que estão interpretando cervejas históricas e com estilos únicos. Com isso, a cerveja artesanal está impactando diversas regiões, trazendo desenvolvimento econômico e gerando uma excelente cadeia de valor aos produtos e serviços disponibilizados.

Também chamadas de “especiais” ou “gourmet”, as cervejas artesanais são produzidas com foco na variedade de cores, aromas e gostos, utilizando técnicas e receitas tradicionais. São geralmente produzidas em pequenas quantidades, por empresas familiares que atendem principalmente a região onde estão inseridas, fortalecendo a economia local e gerando empregos (MESTRE CERVEJEIRO, 2017).

O termo “Cervejaria Artesanal” geralmente se refere a uma cervejaria capaz de produzir baixos volumes de cerveja, muitas vezes feitos com ingredientes tradicionais – para emular estilos históricos – mas também com a adição de ingredientes não tradicionais, como um sinal de distinção do mestre cervejeiro. Algumas características de uma cervejaria artesanal são a produção anual (até 6 milhões de barris), de ter menos de 25% de seu capital controlado por outra empresa da indústria do álcool e ter características sensoriais decorrentes da fermentação de ingredientes de cervejas tradicionais ou novas (BAIANO, 2020).

No Brasil, Vieira (2018) afirma que a produção e o consumo de cervejas artesanais são singularizados a consumidores mais exigentes em termos de qualidade sensorial, que visam um produto diferenciado, sem se importar com o preço deste. Alguns fatores influenciam no aumento do consumo, como aumento da renda da população brasileira e a exigência de um produto sofisticado e especial. Barlow (2018) afirma que as cervejas de massa são percebidas como sem sabor e “sem graça”, enquanto as cervejas artesanais apresentam alta qualidade, sabor diferenciado e estilo.

Grande parte desse público consumidor é de gerações mais jovens, nascidas a partir de 1990. Conforme Fromm (2017), essa “nova geração” de bebedores de cerveja artesanal é mais liberal, confiante, com capacidade de expressão elevada e de mente aberta, geralmente comprando produtos de um nicho de mercado e que agreguem valor e contribuam também em questões sociais específicas.

## 2.3 ETAPAS DO PROCESSO

De modo geral, as etapas do processo de produção de cerveja enquadram-se em: maltagem, mosturação, filtragem, fervura, resfriamento, fermentação, maturação e envase. Conforme demonstrado na Figura 2, as etapas são sequenciais e ativadas conforme a finalização da etapa anterior, com parâmetros sendo medidos as propriedades e características da cerveja desejada.

Figura 2 - Etapas do processo de produção de cerveja



Fonte: Micro Ambiental, 2021.

Na primeira etapa, há a maltagem ou malteação, que conforme afirma Kunze (1997), é o controle do umedecimento com água e posterior germinação. Tais condições são controladas pela temperatura do grão com o intuito de formação das enzimas necessárias a hidrólise dos polissacarídeos e do amido presente no grão. Esta etapa tem influência direta na rapidez das transformações físico-químicas, como o rendimento, a clarificação e a qualidade do produto final (STEWART; RUSSELL, 1998)

O próximo passo do processo é a mosturação, também chamada de brassagem ou maceração. Esta etapa tem como objetivo principal embeber os grãos moídos com água quente para que ocorra a hidratação do endosperma e a ativação das enzimas. Essas, têm a função de transformar o amido do grão em açúcares menores que podem ser utilizados pelas leveduras, transformando-os em álcool e CO<sub>2</sub> (PEREIRA, 2020).

Após a solubilização do amido (na mosturação), é realizada uma filtração do mosto cervejeiro. Aqui, ocorre a sedimentação natural de todas as partículas presentes no mosto, as quais são resultantes da aglutinação da casca com resíduos do processo. É efetuada a remoção do mosto limpo, por gravidade e através dos bagaços nas tintas de filtração, que possuem um fundo falso tipo peneira (PICCINI et al., 2002).

Na quarta etapa, fervura, o mosto é filtrado e submetido à fervura, que visa a inativação de enzimas, esterilização do mosto, coagulação proteica e extração de compostos amargos e aromáticos do lúpulo. O mosto é mantido em fervura até atingir uma concentração desejada de açúcar para o início da fermentação, que corresponde a uma média entre 60 e 90 minutos (VENTURINI FILHO, 2010).

Após isso, há o resfriamento do mosto para posterior fermentação. Para isso, o mosto deve estar em uma temperatura entre 25°C e 35°C, com a utilização de tubos de metais ou de alumínio para ocorrer a troca de calor.

A próxima etapa e uma das mais importantes no processo de produção de cerveja é a fermentação. Seu principal objetivo é a conversão dos açúcares em etanol e gás carbônico pela levedura, sob condições anaeróbias. Conforme Pickerell (1991), todos os carboidratos fermentáveis são metabolizados pela levedura alcohólica. Tais leveduras produzem compostos de aroma e sabor da cerveja, nos quais os teores desses compostos variam com os padrões de crescimento celular e são influenciados pelas condições do processo.

Na penúltima etapa, também chamada de maturação, é onde os sabores e aromas da bebida são aprimorados com os resíduos de levedura sendo precipitados no fundo do balde e os “*off-flavors*” são eliminados ou amenizados. Seu tempo de maturação depende do tipo de cerveja a ser produzida, podendo levar de 7 a 40 dias (OLIVEIRA, 2019).

A última etapa no processo de produção é o envase. É realizado após os períodos de fermentação e maturação, com a finalidade de engarrafar a cerveja no recipiente escolhido, podendo ser em garrafa ou barril. Deve-se ter muito cuidado com a limpeza das garrafas, pois a contaminação no momento do envase pode

estimular a fermentação de açúcares mais complexos, elevando a pressão da garrafa e podendo causar explosões (CENTRAL BREW, 2020).

## 2.4 MERCADO DA CERVEJA

O mercado cervejeiro mundial contribui consideravelmente para a economia dos países, gerando emprego e renda a economia e um crescimento ao setor produtivo. Os principais países produtores de cerveja, conforme *The Barth Report* (2020), são China, EUA, Brasil, México e Alemanha, respectivamente; produzindo mais da metade do volume mundial.

Abaixo, conforme ilustrado na tabela 2, temos a produção de cerveja nos principais países, sendo contabilizada por hectolitro (100 litros) e divulgada em 2018 e 2019.

Tabela 2 - Produção Mundial de Cerveja em 2018 e 2019

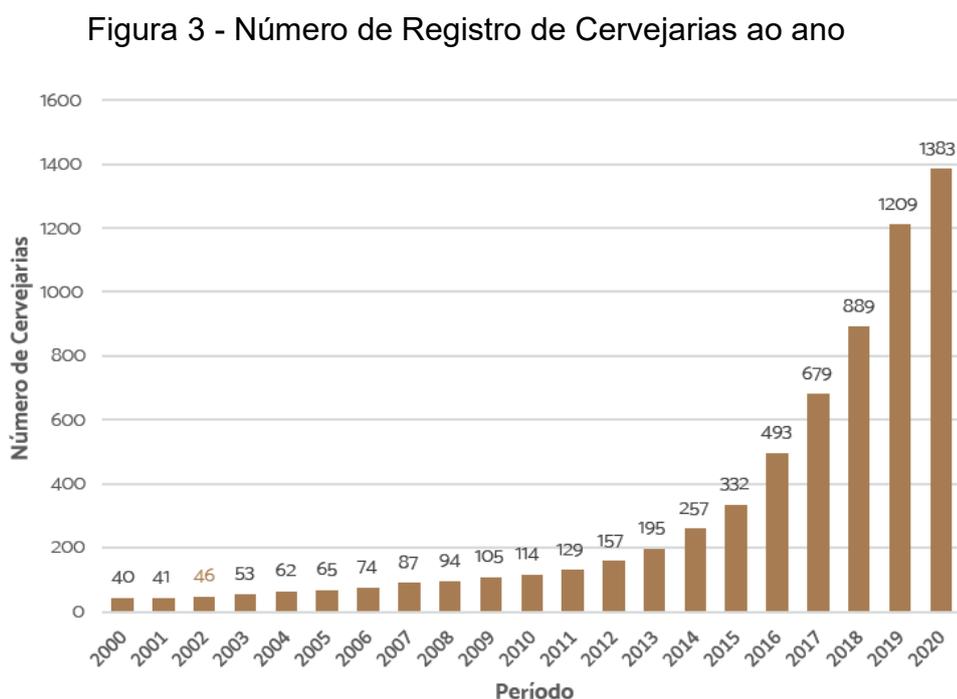
<b>PAÍS</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
China	381.200.000 hl	376.530.000 hl
USA	214.487.000 hl	210.884.000 hl
Brasil	141.379.000 hl	144.772.000 hl
México	119.800.000 hl	124.200.000 hl
Alemanha	93.652.000 hl	91.610.000 hl

Fonte: The Barth Haas Report, 2020.

A líder mundial na produção da bebida é a China, com surpreendentes 376.530.000 hl produzidos, mesmo após ter sofrido uma pequena queda, em relação aos dados de 2018. Após isso, seguem países como USA, Brasil, México e Alemanha, respectivamente como demonstrado na figura acima.

O Brasil, terceiro do ranking mundial, vem crescendo e fazendo parcerias significativas no setor. Conforme Pokrivcak (2019), na segunda metade do século XX, tivemos algumas tendências que levaram a esse crescimento, como: expansão das maiores cervejarias em novas regiões, a consolidação da indústria e suas aquisições e fusões, e a entrada no mercado de capitais. Com isso, o setor vem ganhando força e o número de registros de cervejarias vem crescendo a cada ano.

O registro de cervejarias é realizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) que têm como funções, as formalidades administrativas e autorizações de funcionamento, considerando capacidades técnicas e condições higiênico sanitárias. Conforme demonstrada pela Figura 3, o registro de cervejarias vem crescendo significativamente, com os dados sendo disponibilizados entre 2000 e 2020 (BRASIL, 2021).



Fonte: Anuário da Cerveja, 2020.

Conforme demonstra a figura acima, em 2020, alcançou-se a marca de 1383 cervejarias registradas pelo MAPA, com todas as Unidades Federativas possuindo ao menos, uma cervejaria. A maior concentração de cervejarias é na região Sul e Sudeste, por ter um histórico relacionado a produção e comercialização, bem como um alto consumo da população dos Estados (BRASIL, 2021).

Na figura 4, temos o número de registros de cervejarias nas dez primeiras Unidades da Federação. Nota-se que as regiões de maiores concentrações

continuam crescendo gradativamente e regiões como o Nordeste e o Centro-Oeste, tiveram crescimento elevado.

Figura 4 - Número de registros de cervejarias nas dez primeiras Unidades da Federação

Nº	UF	2017	2018	2019	2020	Crescimento médio
1	São Paulo	124	166	241	285	32,4%
2	Rio Grande do Sul	142	184	236	258	22,4%
3	Minas Gerais	87	116	163	178	27,7%
4	Santa Catarina	78	104	148	175	31,3%
5	Paraná	67	93	131	146	30,4%
6	Rio de Janeiro	57	62	78	101	21,4%
7	Espírito Santo	11	17	34	41	58,4%
8	Goiás	21	25	28	33	16,3%
9	Bahia	7	12	20	26	56,0%
10	Rio Grande do Norte	6	9	20	20	57,4%

Fonte: Anuário da Cerveja, 2020.

É possível observar na figura acima, que o crescimento médio das Unidades Federativas se encontra elevado e com projeções otimistas para o setor. Impactos da pandemia foram avaliados e apesar de alguns cancelamentos de registros, o crescimento foi satisfatório.

### 3 ESTADO DA ARTE

Este capítulo irá demonstrar as produções científicas mais relacionadas a utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação aplicadas aos processos de produção de cervejas artesanais. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática da literatura com intuito de demonstrar os estudos mais recentes do tema pesquisado e quais tecnologias e processos estão sendo utilizados no contexto atual.

### 3.1 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Para aprofundarmos os estudos de um determinado tema, procuramos produções científicas e trabalhos correlatos, a fim de esclarecimentos necessários para o delineamento da pesquisa. Sendo assim, com a finalidade de encontrar estudos semelhantes ao tema, escolheu-se a Revisão Sistemática de Literatura.

A Revisão Sistemática de Literatura (RSL), segundo Medina e Pailaquilén (2010), pode ser definida como um método para identificação de um tema central de uma pesquisa, no qual utiliza critérios bem definidos para a busca de produções científicas relevantes de um determinado assunto. Ideia semelhante têm Cook *et al* (1997), que a definem como uma investigação científica realizada sobre um tema central que utiliza procedimentos e critérios bem definidos para buscar resultados de produções científicas.

Nas próximas seções, temos a identificação dos procedimentos adotados para a realização da pesquisa, baseadas na Revisão Sistemática da Literatura. A seção 3.2 aborda os procedimentos adotados para a realização da pesquisa. Na seção 3.3 são apresentadas as análises estatísticas da revisão utilizada. Finalmente, na seção 3.4, são apresentadas as análises descritivas dos trabalhos pesquisados.

### 3.2 PROCEDIMENTOS ADOTADOS

Para a exploração dos dados da pesquisa, foram utilizadas como fonte de informação as bases de dados: GALE Academic Onefile, IEEE Xplore, Scopus e Web of Science. O acesso foi realizado pelo Portal Capes em <http://www.periodicos.capes.gov.br>, através do acesso do Instituto Federal Catarinense.

A GALE Academic OneFile é uma base de dados dirigida a bibliotecas acadêmicas, fornecendo milhões de artigos de mais de 17.000 periódicos acadêmicos, incluindo mais de 11.000 periódicos revisados por pares (GALE ACADEMIC ONEFILE, 2021).

A biblioteca digital IEEE Xplore fornece acesso à *web* a mais de cinco milhões de documentos de texto completo, com algumas das publicações mais

citadas do mundo em Engenharia Elétrica, Ciência da Computação e Eletrônica (IEEE XPLORE, 2021).

A Scopus é um banco de dados de citações e resumos de fonte neutra, com curadoria por especialistas independentes no assunto, possibilitando analisar e compartilhar informações nas ciências, artes e humanidades, contendo uma ampla variedade de conteúdo (SCOPUS, 2021).

A última base pesquisada foi a Web of Science, que é considerada uma das maiores plataformas de pesquisa da atualidade, que possibilita analisar e compartilhar informações nas ciências, artes e humanidades, contendo uma ampla variedade de conteúdo (WEB OF SCIENCE, 2021).

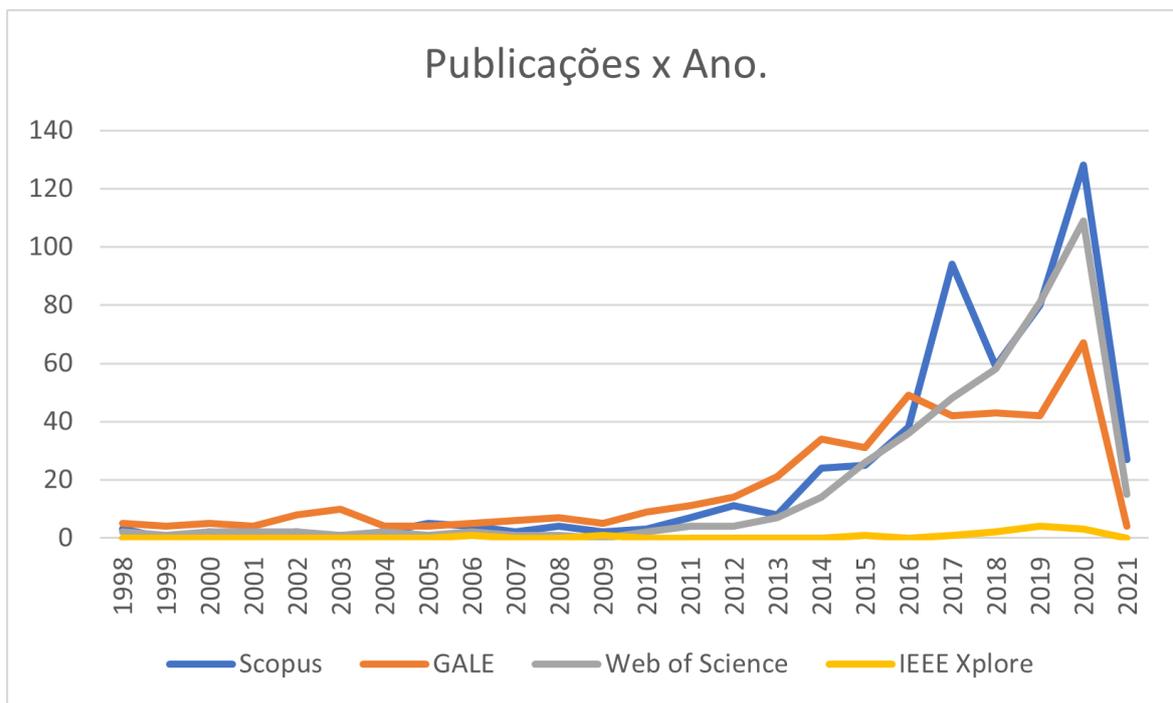
O objetivo da pesquisa é identificar as produções científicas que apliquem as Tecnologias de Informação e Comunicação no auxílio de produção de cerveja artesanal, seja em sua utilização ou no uso de técnicas.

Para a busca na base de dados, foram utilizados alguns termos para a filtragem dos estudos, objetivando um alinhamento ao tema de pesquisa proposto. Para isso, foram utilizadas as seguintes palavras chaves: *craft beer*, *automation*, *control e technology*, utilizadas em língua inglesa para uma maior abrangência.

### 3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O primeiro passo para o levantamento das produções relacionadas ao tema, foi a inserção do termo “Craft Beer” (Cerveja Artesanal) nas quatro bases de dados escolhidas. Obteve-se um total de 1397 publicações relacionadas ao assunto, sendo 530 na base Scopus, 434 na base GALE, 420 na base Web of Science e 13 na base de dados IEEE Xplore. Conforme observado na Figura 5, temos a evolução das pesquisas relacionadas ao tema em questão, com as produções entre os anos de 1998 e 2021, separadas por base.

Figura 5 - Pesquisas relacionadas à Cerveja Artesanal



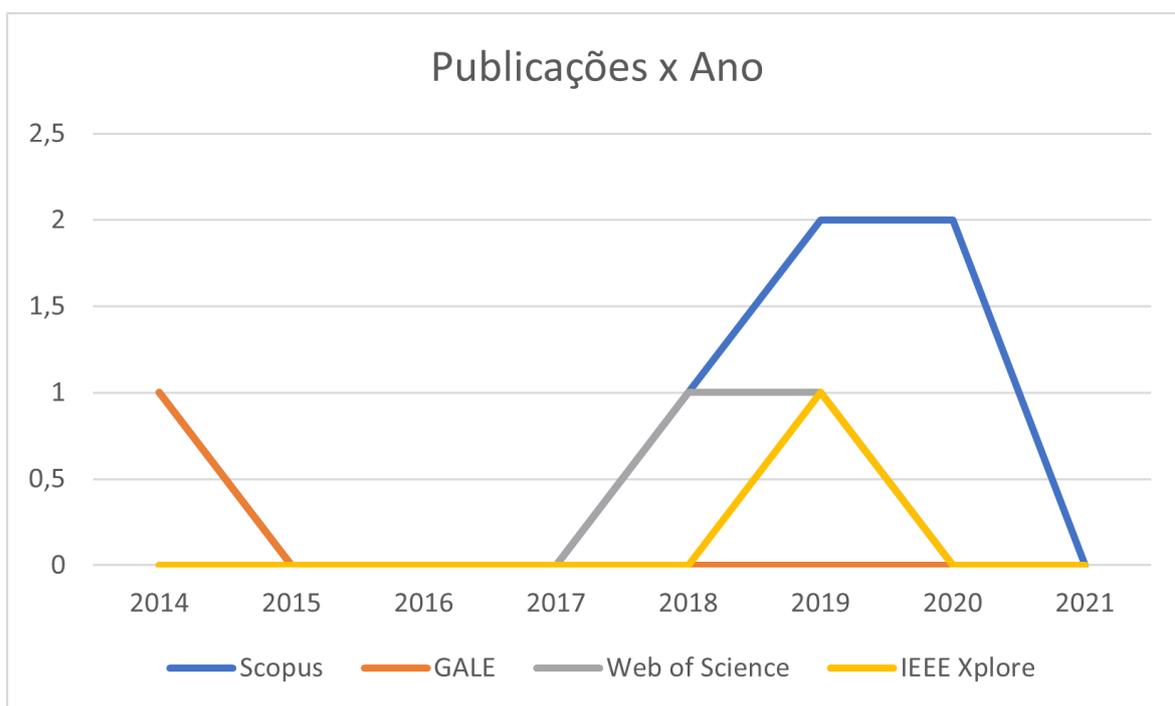
Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

O Gráfico da Figura 5, mostra que as primeiras publicações do tema foram realizadas no final dos anos 90, tendo um leve crescimento até 2010. A partir desse ano, as publicações tiveram um crescimento expressivo, devido ao aquecimento do setor e aumento da produção de cervejas artesanais. Nota-se que o ano com mais pesquisas relacionadas ao tema foi em 2020, com um total de 307 produções, sendo 128 da Scopus, 109 da Web of Science, 67 da GALE e 3 do IEEE Xplore. Em 2021, quando a pesquisa foi finalizada, foram realizadas 46 publicações, tendo uma baixa considerável mediante a pandemia do COVID-19.

A próxima etapa da revisão, foi a adição do segundo termo à pesquisa, com inserção da palavra “*automation*” (automação), baseado nas tecnologias envolvidas na automatização no processo de produção de cervejas artesanais. Tal termo combinado a “*craft beer*” (cerveja artesanal), utilizando o conectivo “AND” (“*craft beer*” AND “*automation*”), resultou em um total de 10 publicações, sendo 6 da base Scopus, 2 da Web of Science, 1 das bases Gale e IEEE Xplore, conforme demonstrado na Figura 6.

Nota-se, que as publicações de cerveja artesanal com a expressão automação, são de baixa pesquisa e utilização em relação à pesquisa central (cerveja artesanal). Isso deve-se ao fato de os processos e meios de produção serem ainda predominantemente manuais e familiares, utilizando pouca tecnologia ou interação homem/computador.

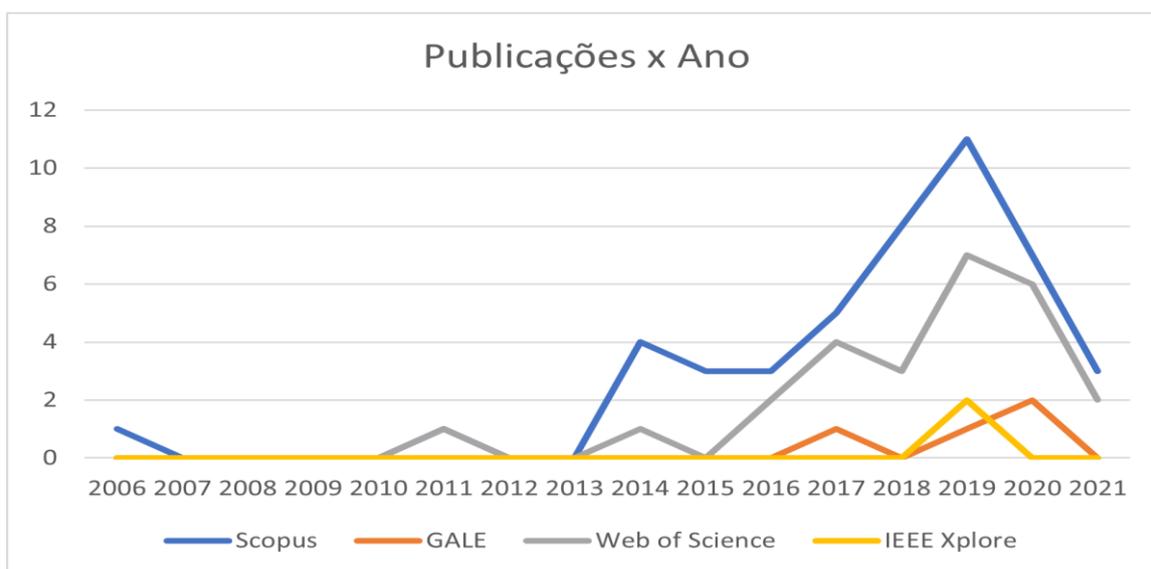
Figura 6 - Pesquisas relacionadas à Cerveja Artesanal e Automação



Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

Nas demais etapas, seguiu-se a mesma forma utilizada acima, porém utilizando as palavras “*control*” (controle) e “*technology*” (tecnologia), seguido da palavra-chave “*craft beer*”. Na primeira pesquisa, formou-se o descritor booleano “*Craft beer*” AND “*control*”, referindo-se aos principais controles realizados na produção de cerveja artesanal. O termo resultou em 78 publicações, sendo 46 da base Scopus, 26 da Web of Science, 4 da GALE e 2 do IEEE Xplore, conforme demonstrado na Figura 7.

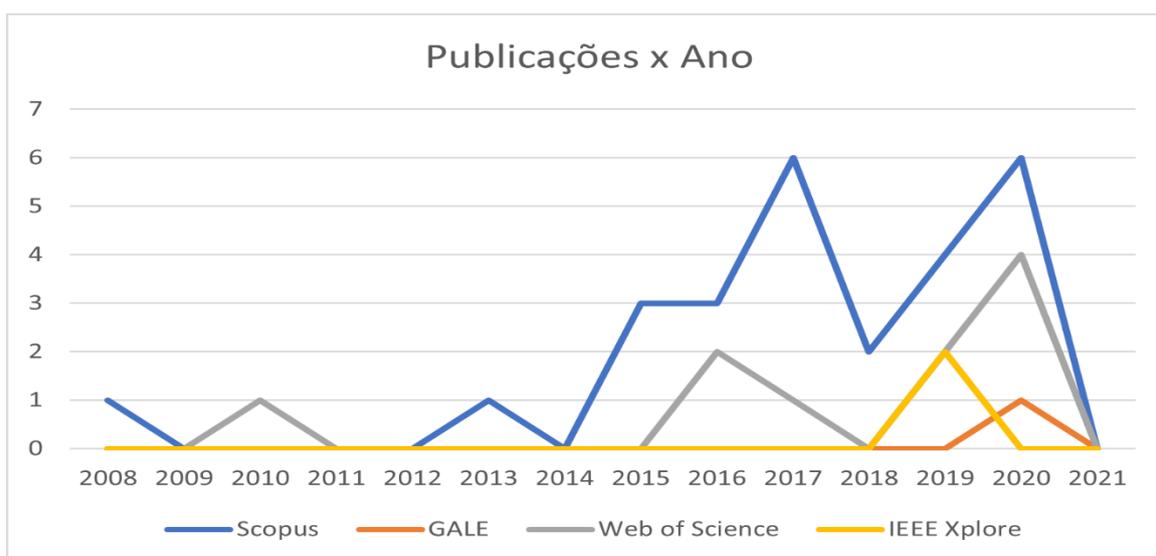
Figura 7 - Pesquisas relacionadas à Cerveja Artesanal e Controle



Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

Finalizando a busca, foi inserida a palavra “*technology*” à palavra-chave “*craft beer*”, formando o descritor booleano “*craft beer*” AND “*technology*”, referindo-se as principais tecnologias utilizadas na produção de cerveja artesanal. O termo resultou em 39 publicações, sendo 26 da base Scopus, 10 da Web of Science, 2 da IEEE Xplore e 1 da GALE, conforme demonstrado na Figura 8.

Figura 8 - Pesquisas relacionadas à Cerveja Artesanal e Tecnologia



Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

Com base nos resultados das pesquisas realizadas, foram selecionados para uma análise descritiva os artigos com mais relação ao objetivo do trabalho. Assim, foram selecionados 7 artigos que tenham como foco a cerveja artesanal, sua automação, controle nos processos e as principais tecnologias utilizadas para sua produção.

### 3.4 ANÁLISE DESCRITIVA

Esta seção apresenta uma análise descritiva dos artigos pesquisados, selecionados a partir de sua relevância ao tema de pesquisa. Para tanto, foram efetuadas as leituras dos resumos de 45 artigos, selecionados com base nas palavras chaves escolhidas. Diante disso, escolheu-se sete publicações que mais se enquadravam ao tema e que serão comentadas a seguir.

Objetiva-se com tal análise, a exploração dos trabalhos selecionados a fim de elucidar o estado da arte na utilização das NTICS na produção de cerveja artesanal, visando entender tecnologias, técnicas e processos mais utilizados.

O primeiro trabalho selecionado foi de Tamo e Hilário (2020), intitulado *“Implementing WLAN-IoT control system for brewing fermentation through Raspberry Pi”*, que aborda os desafios no desenvolvimento de receitas de forma mais ágil e a busca para alcançar resultados padronizados e aceitáveis do produto, na produção de cerveja artesanal. Diante disso, apresenta a implementação de um sistema de controle, supervisão e armazenamento, no estágio de fermentação, realizado em uma cervejaria artesanal no Rio de Janeiro. Para a pesquisa, foi utilizado um controlador diferencial denominado *“BrewPi”* para o controle de temperatura, sensores, supervisão *WLAN* e produtos para Internet das Coisas utilizando *Wi-fi*. A cerveja produzida foi aceitável no intervalo esperado, com homogeneização no sabor, cheiro e gravidade.

Na pesquisa de Violino *et al.* (2020), denominada *“Internet of beer: A review on smart technologies from mash to pint”*, aborda a utilização de tecnologias para auxiliar em etapas cruciais em relação ao processamento, entrega, serviço e consumo, baseada na implementação de Internet das Coisas. O objetivo é revisar as tecnologias da Internet das Coisas utilizadas na fabricação da cerveja, também conhecida como *“Internet of Beer (IoB)”*, que sejam de baixo custo e que possam

ser aplicadas em cervejarias de médio e pequeno porte, desde os estágios iniciais de produção até a entrega ao cliente. Os resultados mostram uma tendência futura caracterizada pelo aumento do uso de IoB, também de código aberto, que impulse a eficiência, produtividade, qualidade e segurança ao produto final, com o monitoramento em tempo real e a tomada de decisão baseada em dados coletados. Os benefícios gerados foram desde a economia de energia e custos correlatos até o aumento de estratégias de gestão, incluindo feedbacks provenientes da análise de consumo. Finalmente, a pesquisa aborda que muitos dos aparelhos, software, hardware IoT citados podem ser transferidos para outros setores produtivos, potencialmente produzindo os mesmos benefícios.

O trabalho de Pasic *et al.* (2019), intitulado “*A KPI-based Condition Monitoring System for the Beer Brewing Process*”, aborda a complexidade no processo de produção de cerveja artesanal e quais exigências de qualidade do produto precisam ser definidas para o seu êxito. O gerente de produção é responsável por todo processo de fermentação e monitoramento de dados, para que o produto e os processos saiam de forma correta. Visando atender tais demandas, o referido trabalho tem como objetivo o monitoramento das condições dos processos e sua visualização, na fabricação de cerveja artesanal, baseado no desempenho chave de indicadores (KPIs), que auxiliam os gerentes de produção na avaliação do estado real do processo, mediante painéis específicos para cervejarias. Utiliza controle de supervisão e aquisição de dados, através de sensores de temperatura e vibração, que auxiliem o monitoramento de parâmetros relevantes, bem como as correções necessárias durante os processos de produção. Através do desempenho chave dos indicadores (KPIs), foi possível uma melhor visualização e monitoramento dos processos, sendo muito bem recebido pelos gerentes de produção.

No trabalho da Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ciencias Agropecuária; Vásquez Villalobos (2020), denominado “*Automatic control with fuzzy logic of home-made beer production in maceration and cooking stages*”, traz o processo de produção de cerveja artesanal nas etapas de maceração e cozimento do malte, utilizando um controle automático através da lógica *Fuzzy*, considerando o tempo e a temperatura do processo. O equipamento é composto de três

recipientes de aço inoxidável com capacidade 20l, um recipiente de lúpulo adicional, um cartão para aquisição de dados (microcontrolador PIC 16F877a), três sensores de temperatura LM35, 11 chaves do tipo liga/desliga e 47 regras *fuzzy* do tipo Mandani, que baseados em parâmetros pré-determinados, realizam medições e permitem manipular informações mais precisas durante o processo de produção, dando maior qualidade ao produto final. Com isso, foi possível controlar adequadamente os atuadores, bombas, aquecedores e válvulas solenoides, visando facilitar o processo de produção.

Com um estudo semelhante, Hugo *et al.* (2018), com o trabalho intitulado “*Automation of the maceration process of the malt for the production of craft beer*”, apresenta um projeto de um protótipo funcional para a realização da maceração do malte de forma automatizada. O objetivo é desenvolver um sistema que controle variáveis específicas, como valor do pH, níveis de fluido e temperatura, permitindo a visualização de um esquemático de cada elemento que compõe o sistema, bem como determinar quais componentes serão implementados para cumprir o objetivo. O projeto incluiu também o desenvolvimento de códigos de programação para a implementação dos controladores, a construção da elaboração física do sistema, bem como a comunicação e monitoramento por meio do computador. A construção do protótipo foi concluída com êxito, deixando em aberto melhorias nas instruções manipuladas pelo computador e no acréscimo de processos para o aumento de produção.

A pesquisa de Rodriguez *et al.* (2019), denominada “*Development of an automatic equipment for craft beer maceration*”, menciona que os pequenos produtores de cerveja artesanal ainda não possuem equipamentos adequados para controle de alguns processos, como a maceração do malte, etapa fundamental na fabricação. Nesta fase, diferentes níveis de temperatura devem ser utilizados para degradar o amido do malte em açúcares, sendo sua regulação, uma fase crítica do processo. Diante disso, foi proposto o monitoramento automático da temperatura dos tanques, baseado em um projeto estrutural do tanque, a implementação de um controlador de temperatura em um controlador lógico programável (PLC). Os testes comprovaram uma eficiência de 69,44%, maior do que a média de 65%, indicando um açúcar ideal para a extração do malte.

No trabalho de Flores *et al.* (2018), denominado “*Simulación y control del proceso de maceración de una cervecería artesanal*”, descreve o desenvolvimento de um simulador do processo de maceração em uma cervejaria artesanal. O objetivo deste sistema é facilitar os testes dos algoritmos que serão utilizados para controlar as variáveis do sistema real. A partir das equações de balanço de massa e energia do processo, o simulador entrega a um controlador lógico programável, valores de temperatura, vazão e nível. Com base na informação recebida e utilizando algoritmos PID, o controlador gera sinais para as válvulas virtuais do simulador, permitindo validar e ajustar parâmetros de controle que serão utilizados no sistema real.

Tendo como base os artigos mencionados e explicitados anteriormente e as lacunas a explorar, o presente trabalho visa a utilização de dispositivos embarcados de baixo custo para o controle e gerenciamento dos processos de fabricação de cerveja artesanal, visando facilitar o cervejeiro nos aspectos de produção. Diferenças entre os trabalhos revisados, foram a automação total dos processos, que eram realizados somente em uma etapa, bem como a visualização total dos processos, com a utilização de uma imagem dinâmica SVG. Para isso, foi desenvolvida uma plataforma de hardware e software que proporcione a visualização dos processos pelo mestre cervejeiro, bem como a inserção de dados e características da cerveja, com o intuito de automatizar processos realizados anteriormente de forma manual. Outros aspectos importantes, foram o controle e gerenciamento dos processos em tempo real, com visualização das etapas atuais e restantes, bem como aspectos relacionados a segurança nos processos, com sensores de chama e gás e “*beeps*” sonoros quando o usuário interage com algum processo.

#### **4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

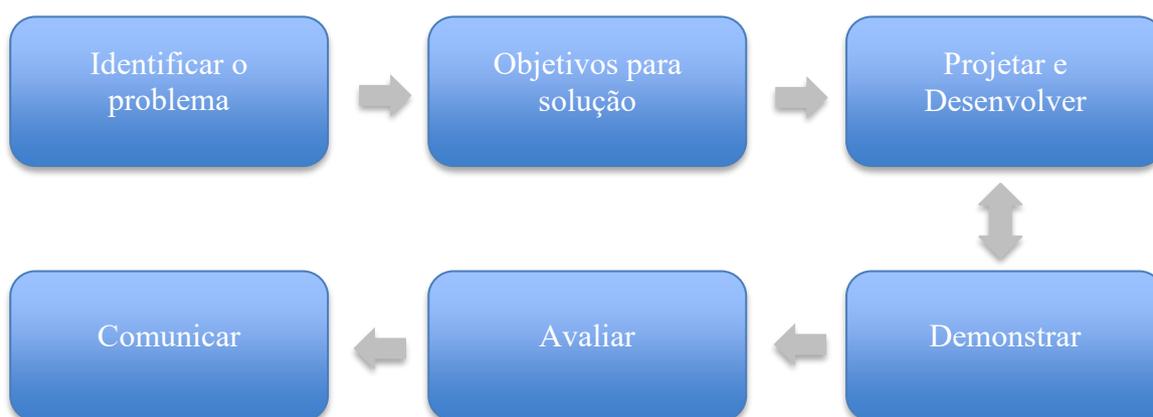
Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento do trabalho e o cumprimento dos objetivos, baseados em um fluxograma com as etapas a serem seguidas. De acordo com a natureza da pesquisa, é classificada como tecnológica, principalmente pelo desenvolvimento de

novos artefatos que nem sempre são baseados no conhecimento científico clássico (FREITAS JUNIOR ET AL; 2014).

A metodologia utilizada foi baseada na DSRM (*Design Science Research Methodology*), que conforme destacam Cagdas e Stubkjaer (2011), “consiste em um processo rigoroso de projetar artefatos para a resolução de problemas, avaliar o que foi projetado ou o que está funcionando e comunicar os resultados obtidos”. Neste contexto nasce a Design Science ou Ciência de Projeto, que segundo os autores, ao projeto cabem aspectos de “o que” e “como” as coisas devam ser, especialmente a concepção de artefatos que tenham por propósito a realização de objetivos.

A figura 9 demonstra uma visão geral das etapas envolvidas no desenvolvimento da pesquisa, com 6 etapas sendo estabelecidas, mas que podem ser executadas de acordo com as necessidades de determinado projeto. Tem como principal finalidade, simplificar a visualização das etapas, bem como dar um contexto geral dos processos envolvidos na pesquisa.

Figura 9 - visão geral das etapas envolvidas no desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

#### 4.1 IDENTIFICAR O PROBLEMA

Esta etapa é dedicada à definição do problema de pesquisa específico e sua motivação, apresentando uma justificativa para a sua investigação. Segundo Peffers et al. (PEFFERS, 2007):

é importante que a definição deste problema seja empregada na construção de um artefato que pode efetivamente oferecer a solução para este problema. Tem-se como recursos necessários para esta etapa, o estado da arte do problema e a relevância da solução apresentada.

Para a identificação do problema de pesquisa e posterior solução, foram levantadas as principais dificuldades encontradas entre os mestres cervejeiros no processo de produção de cerveja artesanal e quais aspectos seriam relevantes para melhorar o processo produtivo, bem como facilitar o acesso as informações e controle de alguns parâmetros essenciais. Em muitos casos, o processo de produção de cerveja artesanal é realizado de forma manual e repetitiva, dificultando o aumento de escala, a manutenção da qualidade e a padronização do produto final.

Neste contexto, conforme PASIC, F. et al. (2021), o processo de produção de cerveja é muito complexo, devendo cumprir exigências rigorosas sobre os processos e qualidade do produto. Assim, um monitoramento da condição do processo de fabricação de cerveja e sua visualização, desempenha um papel importante para que as informações relevantes sejam detectadas o mais cedo possível pelo mestre cervejeiro.

Outro aspecto importante na identificação do problema, foram que os artigos pesquisados no estado da arte, como mencionam HUGO, RODRIGUEZ, PASIC et al., abordam a automatização ou controle somente de um processo, dentre os diversos que serão necessários até a entrega do produto. Assim, os dados utilizados são insignificantes ou não abordam as etapas para o desenvolvimento do produto final, gerando dificuldades no monitoramento, análise e posterior exploração dos dados.

Visando suprir as lacunas encontradas e aumentar a qualidade do produto, bem como equalizar e agilizar alguns processos de produção, propôs-se o desenvolvimento de um sistema com ambiente embarcado que possibilite o controle

e gerenciamento de variáveis em tempo real, antes realizadas de forma manual, facilitando e agilizando processos que não necessitem de um diferencial humano.

## 4.2 OBJETIVOS PARA A SOLUÇÃO

Esta etapa é necessária para identificar quais objetivos teriam que ser alcançados para o desenvolvimento da pesquisa. Teria como ponto de partida o conhecimento acerca do problema, bem como a noção do que pode ser viável e tolerável, conforme escopo do projeto, tempo e custos. Para delinear os objetivos para a solução pretendida, são elencados como requisitos desta etapa, novamente o estado da arte do problema, bem como o conhecimento de algumas possíveis soluções, já previamente analisadas e apresentadas (FREITAS, 2014).

O primeiro aspecto relevante foi a identificação e análise dos processos necessários para a produção de cerveja artesanal, visando obter conhecimentos para a implantação de novas tecnologias de informação e comunicação no processo produtivo e no gerenciamento das variáveis, a fim de facilitar o mestre cervejeiro em suas brassagens. A partir disso, foram delineadas as tecnologias e melhoramentos possíveis em cada processo, baseando-se na busca pela automatização de etapas cruciais na produção de cerveja.

Após isso, foram pesquisadas quais as ferramentas tecnológicas estão sendo utilizadas no mercado a fim de desenvolver um ambiente web que integre o controle e monitoramento em tempo real dos dados necessários a produção de cerveja artesanal. Assim, ambientes embarcados e de baixo custo foram utilizados, bem como a integração com demais tecnologias existentes, como banco de dados e a utilização sensores, atuadores, válvulas solenoides e de gás. A integração entre diversas tecnologias e a comunicação entre os processos envolvidos é essencial para a solução proposta.

O terceiro objetivo abordado, foi a pesquisa a fim de comparar o modelo tecnológico proposto com os processos realizados anteriormente de forma manual, no intuito de ver potenciais melhorias e facilidades ao mestre cervejeiro. Assim, foi possível analisar as características de cada processo envolvido e em quais aspectos a tecnologia poderia beneficiar o produtor.

O último objetivo proposto foi a análise de dados para avaliar qual a influência que a plataforma poderia trazer na produção de cerveja artesanal, quando comparado aos estudos e processos realizados de forma manual. Parâmetros no processo de fabricação e na qualidade físico-química do produto foram analisados, entre eles: teor alcoólico, cor, densidade, acidez total e pH da cerveja. Aspectos de produção também foram pesquisados, como: tempo de produção, facilidade na visualização dos dados em tempo real, usabilidade do sistema, visualização das variáveis conforme os processos vão sendo conduzidos, bem como a posterior análise de dados armazenados na plataforma.

### 4.3 PROJETAR E DESENVOLVER

Esta etapa é dividida em duas fases, que são destinadas à criação do artefato, determinando-se a funcionalidade desejada, sua arquitetura e em seguida, o desenvolvimento do próprio artefato. Assim, os recursos necessários para a terceira etapa compreendem o conhecimento da teoria e qual aplicação de recursos deve ser exercida para a solução proposta.

A primeira fase da pesquisa, denominada “Projetar”, foi estruturada a Arquitetura do protótipo, a fim de compreender como o sistema deve ser organizado e qual a sua estrutura geral. Para isso, foi criado um protótipo para realizar um controle dos processos envolvidos na produção de cerveja artesanal. Assim, esse capítulo irá abordar as tecnologias utilizadas para o controle o monitoramento do experimento, como sensores, atuadores, bombas e sistemas embarcados, equipamentos utilizados para a fabricação da cerveja, bem como os principais métodos para o controle de variáveis e validação do experimento.

#### 4.3.1 Protótipo

Para atingir os objetivos apresentados no capítulo 1 e responder à pergunta de pesquisa, foi criado um protótipo visando facilitar o controle e monitoramento das principais variáveis envolvidas no processo de produção de cerveja artesanal. O propósito deste protótipo foi construir um sistema, utilizando as tecnologias de

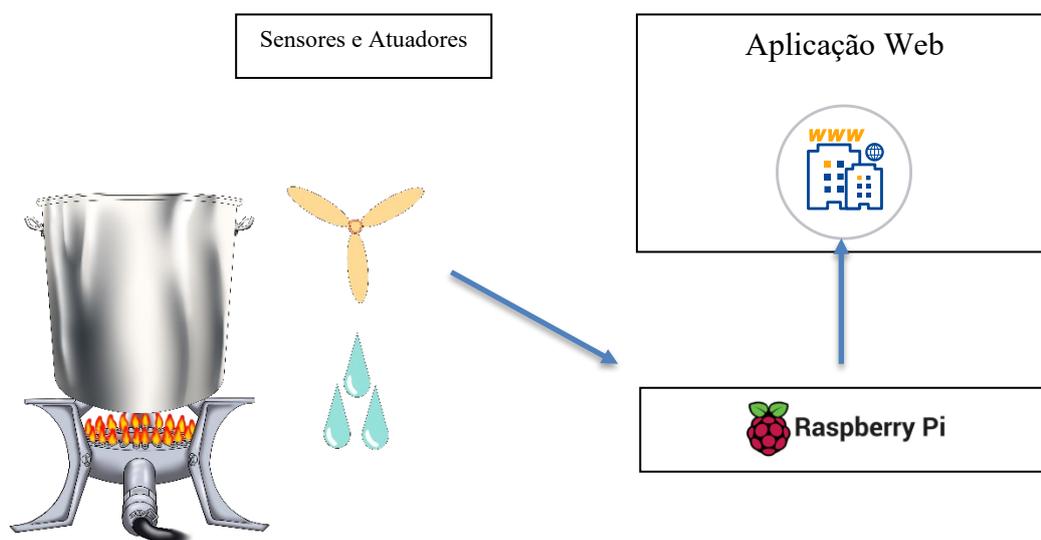
informação e comunicação, a fim de monitorar e controlar o processo de produção, visando facilitar o usuário ou cervejeiro nas brassagens realizadas. Para tanto, foram utilizados os seguintes componentes:

- Sistema Embarcado: *Raspberry Pi 3*, modelo B;
- Sensores: Temperatura, Ultrassônico, Chamas;
- Atuadores: Relés, bombas, válvulas;
- Equipamentos: Panelas, fogareiros e botijão;
- Sistema.

A Figura 10 apresenta uma visão geral do protótipo desenvolvido, com as principais tecnologias envolvidas nos processos. A primeira etapa foi a concepção do protótipo, bem como os materiais e tecnologias que seriam empregadas. A seguir, pode-se ter entendimento do ambiente e materiais utilizados e a partir disso, fazer a montagem do ambiente.

Nas panelas e fogareiros utilizados na produção da cerveja são utilizados sensores, que realizam a leitura de variáveis e enviam informações para o elemento central de processamento, denominado *Raspberry Pi*. Após análise dos parâmetros de leitura e conforme instruções inseridas pela receita do mestre cervejeiro, algumas ações são realizadas pelos atuadores. Todos os dados dos sensores e atuadores são processados e armazenados pelo *Raspberry Pi* e enviados a aplicação *web*, na qual são acessadas pelos usuários através de navegadores de internet.

Figura 10 - Visão Geral do Protótipo



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

O sistema funcionará de forma semiautomatizada, que é algo desejado para não perder o “toque” do cervejeiro artesanal, com as principais ações sendo tomadas com base na programação realizada no sistema embarcado, após parâmetros estabelecidos por cada receita. Nas próximas seções, serão apresentadas as principais tecnologias envolvidas na construção do protótipo e suas características.

#### 4.3.1.1 Raspberry Pi 3 Model B

Na construção do protótipo foi utilizada a plataforma de prototipagem *Raspberry Pi 3 model B*. É uma placa de prototipagem de baixo custo, muito utilizada para o desenvolvimento de protótipos de sistemas embarcados, por aliar o alto poder de processamento, ser portátil e ser compatível com diversas aplicações.

O *Raspberry pi* utilizado neste trabalho foi o modelo 3 B, que tem como principais especificações, um processador Quad Core 1.2GHz Broadcom, 1GB de memória RAM, conexões com internet via *wireless* e *ethernet*, 40 pinos digitais e 4

portas USBs (RASPBerry, 2022). Na figura 11, é possível visualizar a placa Raspberry Pi utilizada na pesquisa.

Figura 11 - Raspberry Pi Model 3B



Fonte: Página oficial Raspberry<sup>2</sup>.

Também foi utilizado no protótipo uma placa de expansão de número de saídas digitais. A placa utilizada foi a IO Pi Plus, ela é uma placa de expansão digital com 32 canais projetada para uso no *Raspberry Pi*. A comunicação entre o *Raspberry Pi* e a placa de expansão é realizada pelo canal I2C (ABELECTRONICS, 2022). Na figura 12, é possível visualizar a placa de expansão IO Pi Plus utilizada no projeto.

Figura 12 - Placa Abelectronics IO Pi Plus



Fonte: Página oficial da Abelectronics.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Disponível em: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-3-model-b/>

<sup>3</sup> Disponível em: <https://www.abelectronics.co.uk/p/54/io-pi-plus>

#### 4.3.1.2 Sensores e Atuadores

Esta etapa, tem como objetivo especificar os principais sensores e atuadores utilizados nesta pesquisa. Um sensor, conforme Silveira (2016), “é um dispositivo que faz a detecção e responde com eficiência a algumas entradas provenientes do ambiente físico”. Alguns exemplos são sensores de temperatura, umidade, de gás, bem como de movimento.

O primeiro sensor utilizado na pesquisa, foi de temperatura, para medir a variação térmica conforme determinado processo envolvido. O modelo utilizado foi o NTC 3950 de 10K, por ser compatível com o sistema embarcado utilizado, ser de baixo custo, bem como utilizar uma ampla faixa de trabalho ( $-20^{\circ}\text{C}$  a  $105^{\circ}\text{C}$ ). Abaixo, conforme figura 13, o sensor de temperatura utilizado no projeto.

Figura 13 - Sensor de temperatura NTC 3950



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Após isso, foi utilizado o sensor ultrassônico, para o cálculo da distância do mosto e do sensor e posterior medição do volume da panela, baseados em seu raio e altura. Foi utilizado o sensor ultrassônico JSN-Sr04t a prova d'água, muito utilizado em projetos de sistemas embarcados, com alcance de 25cm a 2,5m. Abaixo, conforme figura 14, o sensor ultrassônico utilizado.

Figura 14 - Sensor Ultrassônico JSN-Sr04t



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Por fim, utilizou-se o sensor de chamas, para detectar a presença de fogo ou fontes de calor, a fim de dar maior segurança ao projeto. Foi utilizado o modelo padrão utilizado em sistemas embarcados, que utiliza um tamanho de onda 760 a 1100nm, medidos através de um sensor infravermelho. Abaixo, conforme figura 15, o sensor de chamas utilizado.

Figura 15 - Sensor de chamas



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Após as principais leituras realizadas pelos sensores, foram utilizados atuadores para o acionamento dos dispositivos, com base em uma entrada ou critério a ser seguido. Um atuador, conforme UNIVAL (2020), “são dispositivos que produzem movimento, convertendo energia pneumática, hidráulica ou elétrica, em

energia mecânica”. Os principais atuadores utilizados na pesquisa, foram válvulas solenoides de água, válvulas de gás, bomba de recirculação de água e usina, para a geração de faíscas e acionamento do fogareiro.

Os primeiros atuadores utilizados, foram as válvulas de água e de gás, acionando as mesmas pelos relés conectados ao *raspberry pi*, conforme as entradas e critérios determinados pelo usuário. Seu acionamento e fechamento é realizado de forma automatizada, conforme volume de água determinado e quantidade de gás utilizada em cada receita. Abaixo, conforme figura número 16, válvula solenoide de água e válvula de gás.

Figura 16 - Válvula solenoide de água e válvula de gás



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Um atuador muito utilizado para clarificar o líquido e reduzir as partículas sólidas do mosto cervejeiro, foi a bomba de recirculação. Com isso, pode-se melhorar a separação do mosto dos grãos e de suas cascas, deixando o líquido mais claro e homogêneo. Seu acionamento é realizado de forma automática, conforme tempo determinado pelo usuário. Abaixo, conforme figura 17, a bomba de recirculação do mosto cervejeiro.

Figura 17 - Bomba de recirculação do mosto cervejeiro



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Por fim, foi utilizada a usina de ignição, para o acionamento da faísca geradora do fogo e acendimento dos fogareiros. Foi utilizada para gerar mais segurança e praticidade no acendimento e preparação do mosto. Abaixo, conforme figura 18, usina de ignição de fogão utilizada no projeto.

Figura 18 - Usina de ignição de fogão



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

#### 4.3.1.3 Equipamentos Cervejeiros

Os principais equipamentos utilizados para o processo de produção de cerveja vão sendo adquirido aos poucos, conforme tamanho da produção pretendida, custo e perfil do mestre cervejeiro. Conforme Central Brew (2020), “No início, é natural que o cervejeiro se adapte, utilizando recursos que já tem em casa ou adquirindo alguns utensílios mais econômico”.

Na pesquisa, foram utilizados fogareiros, painelas, fundo falso, conexões, mangueiras, pá cervejeira e equipamentos de filtragem de grãos. Abaixo, conforme figura 19, temos um fogareiro e uma panela utilizada no processo de produção.

Figura 19 - Fogareiro e panela utilizados no projeto



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Já na segunda fase da pesquisa, denominada “Desenvolver”, foi realizado o desenvolvimento da aplicação, bem como a comunicação com banco de dados, sensores e atuadores.

### 4.3.2 Desenvolvimento

O sistema foi desenvolvido com o intuito de melhorar a visualização e o controle dos dados dos processos em tempo real, facilitando o mestre cervejeiro na tomada de decisão, bem como consulta e análise das informações posteriormente.

Para o desenvolvimento da aplicação e visualização dos dados através dos navegadores web, foram as seguintes tecnologias:

- *Raspbian*, como Sistema Operacional.
- *Python*, como linguagem de programação.
- *HTML, CSS e JavaScript*, como tecnologias para o desenvolvimento web.
- *APIs* de baixo nível, para comunicação com o hardware.

O Sistema Operacional utilizado na pesquisa foi o *Raspbian*, por ser gratuito e otimizado para o Sistema Embarcado utilizado, o *Raspberry Pi*. É um conjunto de programas e utilitários que fazem o *Raspberry Pi* funcionar, com mais de 35000 pacotes e desenvolvido com ênfase na estabilidade e melhor desempenho possível (RASPBIAN, 2022).

A linguagem de programação utilizada para o desenvolvimento do sistema foi *Python*, por ser de fácil entendimento e com diversas bibliotecas. A biblioteca *flask*, utilizada na pesquisa, é destinada a pequenas aplicações e com requisitos simples que possam ser armazenados e gerenciados em sistemas embarcados.

No desenvolvimento web, foram utilizadas as tecnologias HTML, CSS e JavaScript. A linguagem de marcação de hipertexto (HTML) foi utilizada para a construção da página web, o Javascript foi utilizado para mostrar informações dinâmicas do ambiente e o CSS para estilização da página.

Por fim, foram utilizadas *APIs* de baixo nível, para a comunicação do sistema com o hardware utilizado. A aplicação de *Threads* para o encadeamento de processos, bem como soluções utilizando *timers* para visualização de dados em tempo real foram necessários.

Figura 20 - Fluxograma aplicação e hardware



Fonte: elaborada pelo autor, 2022.

O fluxograma da figura 20, demonstra de forma geral, as ações efetuadas desde a utilização da aplicação pelo usuário, até a busca de dados pelo hardware (sensores e atuadores).

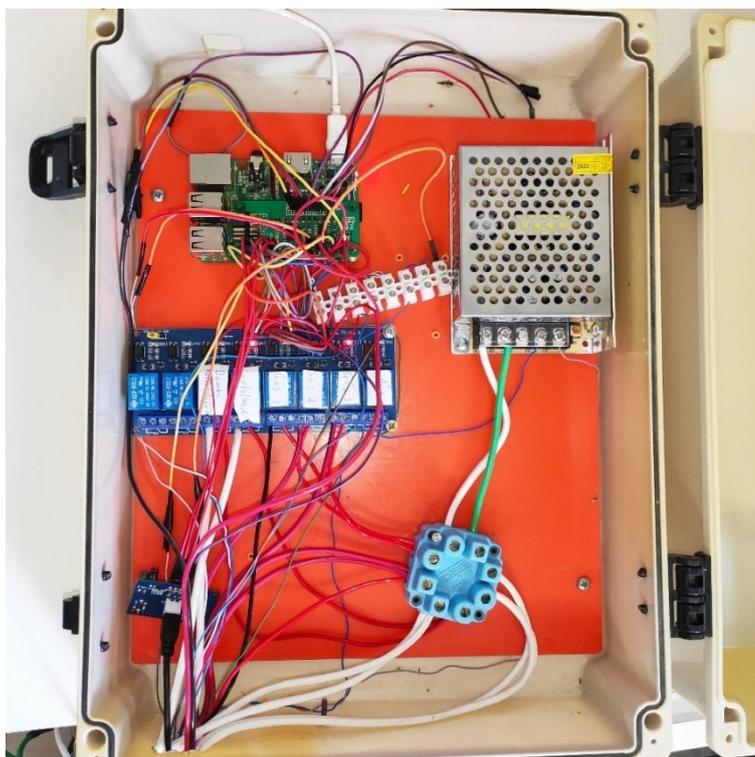
#### 4.4 DEMONSTRAR

Esta etapa é destinada a demonstração do uso do artefato, resolvendo uma ou mais instâncias do problema por meio de um experimento ou simulação, estudo de caso, prova formal ou outra atividade apropriada. A principal função desta etapa inclui o conhecimento efetivo de como usar o artefato para a resolução do problema.

A primeira etapa foi a concepção e montagem dos dispositivos de acionamento dos componentes, acoplados no interior de uma caixa plástica

hermética. Sua utilização foi devido a segurança do ambiente e facilidade para manuseio e testes de sensores e atuadores. Abaixo, conforme figura 21, está o protótipo e seus componentes.

Figura 21 - Caixa plástica e seus componentes



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Os principais componentes utilizados na montagem foram:

- Microcontrolador Raspberry Pi, Modelo 3b.
- Placa Abelectronics IO Pi Plus.
- Conectores de cabos de fio – 8 saídas.
- Fonte de alimentação 12V.
- Jumpers para conexão.
- Conector principal sensor ultrassônico.
- 8 relés para acionamentos dos atuadores.

Após isso, foram realizadas a adequação e utilização do espaço para a realização e testes do experimento. O protótipo foi montado em uma bancada

metálica, nas estruturas do laboratório de pesquisas aplicadas da UFSC, em Araranguá. Na figura 22, é possível observar a bancada e equipamentos utilizados no experimento.

Figura 22 - Bancada metálica, componentes e fogareiros



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Com a bancada e componentes de hardware prontos, partiu-se para a inserção de sensores e atuadores nas painelas e fogareiros utilizados na pesquisa.

Os principais sensores e atuadores utilizados, foram:

- **Sensores:**
  - **Ultrassônico:** foi utilizado para medição da distância da água no interior da panela e o componente, calculando assim, o volume pretendido do mosto cervejeiro.
  - **Temperatura:** utilizado para a medição da temperatura das painelas.

- **Chamas:** utilizado para identificar se a chama do fogareiro está acesa ou apagada.
- **Atuadores:**
  - **Válvula solenoide (água):** utilizada para o acionamento automático da água utilizada na panela do mosto cervejeiro.
  - **Válvula de gás:** faz a abertura/fechamento do gás utilizado nos fogareiros.
  - **Usina de ignição:** utilizada para a geração de faísca e posterior acendimento do fogo.

As últimas etapas dos procedimentos metodológicos denominados “Avaliar” e “Comunicar”, serão apresentadas no capítulo abaixo, resultados e avaliações. Têm como principais objetivos, observar e mensurar como o artefato atende à solução do problema, bem como apresentar e divulgar a relevância da solução empregada.

## 5 RESULTADOS E AVALIAÇÕES

O presente capítulo é dedicado à análise dos dados coletados nos processos de produção de cerveja, sejam em processos manuais ou automatizados. Foram divididos nas seguintes categorias: parâmetros no processo de fabricação e parâmetros na qualidade físico-química. No processo de fabricação, foram utilizados como facilitador no processo de produção: facilidade de utilização, segurança, tempo de duração e consumo de gás. Já os parâmetros na qualidade físico-química, demonstraram como tais índices poderiam ser alcançados utilizando o sistema, em comparação a produção de cerveja artesanal realizada por cervejeiros experientes. Estes, foram: densidade, pH, cor, acidez total e teor alcoólico.

Nas próximas seções, serão apresentados os resultados provenientes da pesquisa, evidenciando como a utilização de tecnologias da informação e comunicação pode auxiliar e facilitar o processo de produção de cerveja artesanal por usuários inexperientes ou cervejeiros amadores.

## 5.1 COLETA DE DADOS

Os dados coletados para a pesquisa, foram baseados em processos manuais e automatizados. Como mencionado na seção anterior, as análises basearam-se nas seguintes categorias: parâmetros na qualidade físico-química e parâmetros no processo de fabricação.

O experimento manual foi realizado por um cervejeiro experiente, Prof. Bruno Pansera do Campus Santa Rosa do Sul, que ministra aulas sobre o assunto no Instituto Federal Catarinense Santa Rosa do Sul e com mais de 400 brassagens realizadas de forma manual. A intenção do experimento manual era interpretar e analisar os principais parâmetros para servir de base para a automatização, utilizando usuários inexperientes no processo.

O experimento automatizado foi realizado por alunos do Instituto Federal Catarinense, com pouca experiência na produção de cerveja e sem acesso anterior ao sistema e tecnologias empregadas nos processos de produção. Abaixo, segue a análise dos parâmetros na qualidade físico-química.

As duas brassagens, manual e automatizada, utilizaram como receita padrão uma cerveja do tipo *Belgian Blond Ale*, com 30 litros e utilizando os mesmos ingredientes.

### 5.1.1 Parâmetros na qualidade físico-química

A análise físico-química consiste em um conjunto de ensaios e experimentos realizados em uma amostra ou produto.

“Dessa forma, permite averiguar a presença de contaminantes ou analisar se a amostra está em conformidade com parâmetros exigidos pela legislação vigente. Nesse tipo de análise, são feitos ensaios de densidade, cor, rigidez dielétrica, tensão interfacial, pH, turbidez, entre outros.” (CSTQJR, 2022).

As amostras foram subdivididas em categorias “A” e “B”, sendo realizadas 3 de cada letra, totalizando 6 amostras. As de letra “A” foram as cervejas produzidas de forma manual; já as de letra “B”, automatizadas. Abaixo, conforme figura 23, temos as análises das amostras manuais.

Figura 23 - Amostras manuais



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

O primeiro parâmetro analisado foi a densidade do mosto cervejeiro, que será analisada na seção abaixo.

#### 5.1.1.1 Densidade

Nesta seção, será analisada a densidade do mosto cervejeiro, seja em processo manual ou automatizado. Conforme Novais (2021), a densidade determina a quantidade de massa presente em um determinado volume, sendo muito utilizada na determinação de propriedades da matéria ou no controle de qualidade. O autor também relata que quanto maior a densidade de um líquido, maior a sua força peso; assim, objetos ou fluídos de maior densidade possuem uma força peso maior e, por isso, direcionam-se para o fundo dos recipientes em questão.

A análise foi realizada utilizando um densímetro flutuante de massa específica, conforme listrado na figura 24.

Figura 24 - Densímetro flutuante



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

O densímetro utilizado acima, conforme figura 24, mede a densidade dos líquidos em relação à água, tendo sua escala entre  $1000 \text{ kg/m}^3$  e  $1100 \text{ kg/m}^3$ . Tendo a água uma densidade igual a  $1000 \text{ kg/m}^3$ , quando o amido do malte é convertido em açúcar, sua densidade irá aumentar. A maioria das cervejas apresentam uma densidade final entre  $1005 \text{ kg/m}^3$  e  $1015 \text{ kg/m}^3$ .

Abaixo, conforme tabela 3, temos as densidades analisadas, sejam em processos manuais, sendo representadas pela letra "A", sendo automatizadas, representadas pela letra "B".

Tabela 3 - Densidades analisadas

<b>DENSIDADE</b>			
1 <sup>a</sup>	1012 kg/m <sup>3</sup>	1B	1012 kg/m <sup>3</sup>
2 <sup>a</sup>	1012 kg/m <sup>3</sup>	2B	1012 kg/m <sup>3</sup>
3 <sup>a</sup>	1012 kg/m <sup>3</sup>	3B	1012 kg/m <sup>3</sup>

Fonte: elaborada pelo autor, 2022.

Nota-se, que o parâmetro está dentro do limite desejado (1005 à 1015kg/m<sup>3</sup>), tendo o processo automatizado atingido os mesmos parâmetros realizados pelo cervejeiro profissional.

O segundo parâmetro analisado foi o pH, demonstrado na seção abaixo.

#### 5.1.1.2 PH

O pH é uma escala numérica adimensional utilizada para especificar a acidez ou basicidade de uma solução aquosa. Conforme Batista (2021), corresponde ao potencial hidrogeniônico de uma solução, determinado pela concentração de íons de hidrogênio, servindo para medir o grau de acidez, neutralidade e alcalinidade de determinada solução.

O pH é representado numa escala que varia de 0 a 14. Sendo assim, o pH em 7 representa uma solução neutra (por exemplo, água pura); menores que 7 são consideradas soluções ácidas (pH ácido) e maiores de 7, soluções básicas (pH alcalino).

Utilizamos para as análises, um medidor de pH digital, conforme ilustrado na figura 25. Para calibrarmos o instrumento, utilizamos em uma solução com água até atingir o pH com solução neutra, ou seja, pH em 7. Após isso, foram submetidas as análises nas amostras.

Figura 25 - pH em solução aquosa



Fonte: elaborada pelo autor, 2022.

Abaixo, conforme tabela 4, temos as análises dos pHs, sejam em processos manuais, sendo representadas pela letra “A”, sejam automatizados, representados pela letra “B”.

Tabela 4 - Análises pH

pH			
1A	4,7	1B	4,6
2A	4,6	2B	4,6
3A	4,5	3B	4,6

Fonte: elaborada pelo autor, 2022.

Nota-se, conforme tabela acima, que o pH atingiu uma média de 4,6, tendo o processo automatizado atingido os mesmos parâmetros realizados pelo cervejeiro profissional. Ressalta-se também, que os parâmetros utilizados de forma automatizada, caracterizados pela letra “B”, não tiveram discrepância alguma nas

três medições, seguindo um padrão que caracteriza uma maior qualidade ao produto quanto a produção em maior escala.

#### 5.1.1.3 Cor

A cor também é um parâmetro muito utilizado na produção de cerveja artesanal. Conforme Xavier (2022), são duas as escalas mais utilizadas para a medição da cor da cerveja: EBC (European Brewery Convention) e SRM (Standard Reference Method), com a legislação brasileira utilizando a EBC como padrão. Os tons possíveis vão de uma escala de 1 a 140, desde a mais clara e com valor menor, como uma Lager; até uma mais escura e com valor maior, como uma escura Stout.

Utilizamos para as análises, um espectrofotômetro, conforme figura 26. É um aparelho amplamente utilizado em laboratórios, cuja função é medir e comparar a quantidade de luz (energia radiante) absorvida por determinada solução.

Figura 26 Medição de cor com espectrofotômetro



Fonte: med steel, 2022.

Abaixo, conforme tabela 5, temos as análises das Cores em escalas EBCs, sejam em processos manuais, sendo representadas pela letra “A”, sejam automatizados, representados pela letra “B”.

Tabela 5 - Análises Cor

<b>Cor</b>			
1A	22	1B	24
2A	22	2B	24
3A	29	3B	25

Fonte: elaborada pelo autor, 2022.

Nota-se, conforme tabela 5, que a análise de cor atingiu a mesma média (24,33), tendo o processo automatizado atingido os mesmos parâmetros realizados pelo cervejeiro profissional. Ressalta-se também, que os parâmetros utilizados de forma automatizada, caracterizados pela letra “B”, não tiveram discrepância alguma nas três medições, seguindo um padrão que caracteriza uma maior qualidade ao produto quanto a produção em maior escala.

#### 5.1.1.4 Acidez Total

A acidez total refere-se aos ácidos orgânicos totais tituláveis na cerveja e é um parâmetro muito utilizado no processo de produção de cerveja artesanal. Para a determinação da acidez total, foram utilizados os seguinte materiais e reagentes: béquer, Erlenmeyer, bureta digital e fenolftaleína. Primeiramente transferiu-se 50 mL da amostra para um Erlenmeyer, adicionou-se 0,5 mL do indicador fenolftaleína e titulou-se até a mudança de coloração.

Abaixo, conforme figura 27, temos a bureta digital utilizada para a medição de acidez total do mosto cervejeiro.

Figura 27 - Bureta digital



Fonte: elaborada pelo autor, 2022.

Abaixo, conforme tabela 6, temos as análises das Acidez Totais, sejam em processos manuais, sendo representadas pela letra “A”, sejam automatizados, representados pela letra “B”. Quanto maior a acidez total, mais básica é a solução.

Tabela 6 - Acidez Total

<b>Cor</b>			
1A	18,3	1B	19,5
2A	18,8	2B	20,2
3A	18,1	3B	19,1

Fonte: elaborada pelo autor, 2022

Nota-se, conforme tabela 6, que a análise de acidez total atingiu um maior valor na produção automatizada em comparação a produção manual, diminuindo a acidez do líquido e aumentando a qualidade do produto e sua padronização. Observa-se também, que não houve discrepância significativa quanto a média dos parâmetros analisados, fazendo com que o sistema automatizado funcione em produções de maior escala.

#### 5.1.1.5 Teor Alcoólico.

O último parâmetro analisado foi o teor alcoólico da cerveja produzida, seja manual ou automatizada. Para isso, utilizamos uma técnica chamada ebulliometria, que se baseia nas propriedades de equilíbrio líquido-vapor de uma mistura homogênea de dois solventes voláteis miscíveis, aqui representados pela água e a cerveja.

Utilizamos para análise um equipamento denominado ebulliômetro, conforme figura 28.

Figura 28 - Ebulliômetro em metal



Fonte: elaborada pelo autor, 2022

O ebuliômetro funciona a partir do princípio de que as soluções alcoólicas têm um ponto de ebulição mais baixo que a água. Primeiro faz-se o aquecimento da água e observa-se o ponto de ebulição. Após isso, repete-se o teste com a cerveja produzida. Após calcular a diferença entre os dois pontos de ebulição, utiliza-se uma escala deslizante fornecida com o equipamento para determinar o teor alcoólico da amostra.

Abaixo, conforme tabela 7, temos as análises do teor alcoólico das amostras, sejam em processos manuais, sendo representadas pela letra “A”, sejam automatizados, representados pela letra “B”. Quanto maior a acidez total, mais básica é a solução.

Tabela 7 - Teor Alcoólico

<b>Teor Alcoólico</b>			
1A	6,1	1B	6,7
2A	6	2B	6,5
3A	6,3	3B	6,7

Fonte: elaborada pelo autor, 2022

Nota-se, conforme tabela 7, que a análise do teor alcoólico apresentou pequena diferença entre os processos manuais e automatizados, sendo uma média de 6,13 para a manual, contra 6,63 para a automatizada; porém, dentro dos parâmetros oferecidos pela receita, que é entre 6 e 7,5.

Sendo assim, as análises dos parâmetros físico-químicos utilizados no experimento foram promissoras, facilitando o usuário inexperiente ou cervejeiro amador a atingir os parâmetros utilizados por cervejeiros experientes, com auxílio das Novas Tecnologias da Informação e Comunicação em todos os processos de produção.

Na próxima seção, serão abordados parâmetros no processo de fabricação, como: facilidade na utilização da ferramenta, segurança, tempo de duração do processo, bem como consumo de gás.

### 5.1.2 Parâmetros no processo de fabricação

Os parâmetros utilizados nesta seção foram baseados na experiência do usuário no processo de produção da cerveja artesanal, bem como aspectos de segurança e qualidade nos processos.

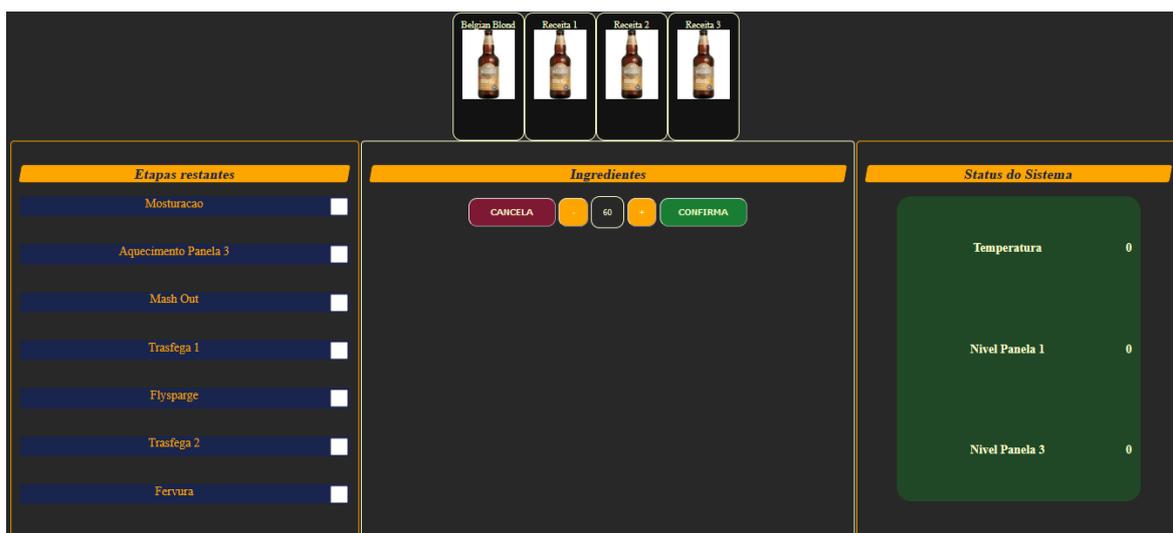
A subseção abaixo, aborda o primeiro parâmetro analisado, facilidade na utilização, seja na utilização do sistema ou visualização dos processos de produção.

#### 5.1.2.1 Facilidade na utilização

Visando facilitar o usuário na utilização do sistema, foi desenvolvida uma página web com os parâmetros pré-estabelecidos por determinada receita, na qual o usuário informaria somente a quantidade de litros de cerveja desejada.

Abaixo, conforme demonstrado pela figura 29, temos a tela principal do sistema, dividido nas seguintes categorias: receitas, etapas restantes, ingredientes e Status do sistema.

Figura 29 - Tela principal



Fonte: elaborada pelo autor, 2022.

A primeira categoria a ser selecionada pelo usuário é a receita pretendida. Para os testes do sistema e ajustes de produção, foi armazenada a cerveja do tipo *Belgian Blond Ale*, com 30 litros. Porém, o usuário pode alterar a quantidade, dependendo do volume pretendido.

Após a escolha de cerveja, os ingredientes são disponibilizados para o usuário, com a quantidade a ser produzida (em litros). Após pressionar o botão confirmar, o processo será iniciado. As categorias Etapas restantes e Status do sistema, informam o usuário dos processos já realizados ou em andamentos, bem como informações de produção, como: temperaturas das panelas e seus volumes

#### 5.1.2.2 Segurança

Outro aspecto importante durante o processo de produção foi a segurança, por tratar-se da utilização de gás, fogo, válvulas e etc. A utilização de sensores de gás e sinalizadores sonoros para avisos aos usuários foi de fundamental importância, por envolver gás inflamável no processo de produção.

Abaixo, conforme figura 29, sensor de gás e sinalizador sonoro, utilizados para informar o usuário caso ocorresse algum imprevisto.

Figura 30 - Sensor de Gás e Sinalizador Sonoro Sonoro



Fonte: elaborada pelo autor, 2022

Essa etapa foi relatada pelos usuários como muito importante, pois qualquer incidência de gás detectada pelo sensor era imediatamente informada ao usuário, através de sinais sonoros enviados pelo sinalizador. Ressalta-se também, que os diversos acendimentos dos fogareiros eram informados ao usuário através do sinalizador sonoro e mostrado na tela do sistema.

### 5.1.2.3 Tempo de duração

O terceiro parâmetro analisado foi o tempo de duração de todos os processos de produção da cerveja. Devido aos processos necessitarem de desligamentos e acendimentos dos fogareiros durante todas as etapas de produção, foi possível diminuir o tempo de duração dos processos, com a utilização do sinalizador sonoro.

Durante o processo manual, muitas vezes o cervejeiro tem que controlar diversos parâmetros ao mesmo tempo, esquecendo ou atrasando as etapas posteriores. Com isso, através da visualização das etapas do sistema, dos sensores e do sinalizador sonoro foi possível informar o usuário da ação a ser tomada em determinado momento.

Com isso, utilizando as tecnologias de informação e comunicação para auxiliar o usuário em sua produção, foi possível diminuir o tempo de duração do processo total em 21 minutos, em comparação ao processo manual, possibilitando menor tempo para a realização de todos os processos, bem como a diminuição do consumo de gás.

### 5.1.2.4 Consumo de gás

Um parâmetro importante analisado foi o consumo de gás, seja no processo manual ou automatizado. De forma manual foi utilizado um botijão de 13kg para as análises, com um consumo total de 950 gramas.

Já na forma automatizada, foi utilizado o mesmo botijão; porém, com um consumo de 850 gramas. Por tratar-se de vários acendimentos e desligamentos do fogo durante a brassagem, viu-se que a utilização dos sensores de gás e avisos de acendimentos através do efeito sonoro do sinalizador foi benéfica, diminuindo o consumo de gás em aproximadamente 10%.

#### 5.1.2.5 Alarmes

O último parâmetro analisado, foram os alarmes utilizados nos processos de produção de cerveja artesanal.

Durante o processo de aquecimento do mosto cervejeiro, bem como a sua fervura, vários desligamentos e acionamentos do fogareiro são requisitados. Com a utilização de alarmes sonoros, foi possível avisar o usuário que o fogo estava sendo desligado ou acendido, baseado em uma temperatura estipulada pela aplicação web. Assim, usuários relataram a facilidade na utilização do artefato em face ao manual, pois os parâmetros de temperatura eram utilizados com termômetros manuais, bem como alguns acionamentos e desligamentos eram cronometrados nos relógios.

Outras ações utilizadas com alarmes, foram os avisos de término de um processo, acionamento e encaixes das bombas de recirculação, bem como problemas com o gás.

Sendo assim, as análises dos parâmetros no processo de fabricação utilizados no experimento foram benéficas, facilitando o usuário inexperiente ou cervejeiro amador nos processos envolvidos, bem como a diminuição de custos na brassagem. Ressalta-se que a utilização das Novas Tecnologias da Informação e Comunicação em todos os processos de produção foi positiva, sendo aproveitada em possíveis trabalhos futuros relacionados ao tema em questão

## 6 CONCLUSÃO

Esta pesquisa teve como objetivo desenvolver um sistema que facilite o usuário leigo ou cervejeiro amador no processo de produção de cerveja artesanal, buscando equalizar parâmetros e índices utilizados por cervejeiros experientes. Desta forma, o trabalho buscou associar as novas tecnologias da informação e comunicação aos processos manuais, facilitando alguns processos e tornando a produção mais padronizada, por utilizar parâmetros e índices que podem ser replicados diversas vezes.

Durante as análises e estudos, foram comprovadas as vantagens em utilizar as novas tecnologias de informação e comunicação no processo de produção de cerveja artesanal, seja na facilidade de manuseio do sistema para o cervejeiro ou usuários durante os processos, seja para equalizar os padrões e índices utilizados por cervejeiros mais experientes durante a produção manual.

Para tanto, foi desenvolvido um protótipo com o intuito de controlar as principais variáveis durante o processo de produção, fazendo com que alcance os parâmetros pretendidos e que seja de fácil utilização por usuários inexperientes. O processo manual foi realizado no Instituto Federal Catarinense – Campus Santa Rosa do Sul. Já o experimento semiautomatizado, com a utilização das tecnologias da informação e comunicação, foi aplicado no laboratório de pesquisas aplicadas da UFSC, em Araranguá.

Como resultado, pode-se observar que os parâmetros pretendidos com a automatização do sistema de produção de cerveja artesanal foram alcançados, obtendo muitas vezes, resultados melhores que a produção de cerveja artesanal realizada manualmente por cervejeiros experientes. Em todos os parâmetros físico-químicos analisados, como densidade, pH, cor, acidez total, teor alcoólico e parâmetros no processo de fabricação foram apresentados melhores resultados em comparação aos realizados manualmente.

Sendo assim, a questão levantada pela pesquisa teve uma resposta positiva, confirmando que a utilização das Novas Tecnologias da Informação e Comunicação foram benéficas quanto ao processo de produção de cerveja artesanal, podendo auxiliar o usuário inexperiente ou cervejeiro amador nos processos envolvidos, com facilidade, segurança e manutenção de padrões de qualidades a serem replicados em outras brasagens.

Para trabalhos futuros, podem ser apontados a utilização de fogareiros de indução para os processos, sem a utilização de botijão de gás e dando uma maior segurança aos usuários; A utilização de sensores volumétricos de alta temperatura, em mudança aos sensores ultrassônicos utilizados no projeto; Ajustes quanto a criação de receitas por usuários e armazenamento em uma base de dados para futura utilização; E finalizando, ajustes na página *web*, com a implementação do banco de dados das receitas e dando uma maior responsividade para utilização com dispositivos móveis.

## REFERÊNCIAS

- ABELECTRONICS. **IO Pi Plus. 2021**. Disponível em: <http://www.abelectronics.co.uk/p/54/io-pi-plus>. Acesso em: 4 fev. 2021.
- ABREU, Cristiano Santos Pereira. **Um sistema de controle de energia sustentável para abrigos de cultivo**. 2018. 100 folhas. Dissertação (Mestrado em TIC) – Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BEBIDAS. **Um brinde à vida: a história das bebidas**. São Paulo: Editora DBA, 2014. Disponível em: <http://www.abrabe.org.br/abrabe/livro-digital/>. Acesso em: 14 de abr. 2020.
- BAIANO, A. Craft beer: An overview. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 20, n. 2, p. 1829–1856, 2021.
- Barlow, M. A., Verhaal, J. C. e Hoskins, J. D. (2018). **Guilty by association: Product-level category stigma and audience expectations in the us craft beer industry**. *Journal of Management*, 44(7), 2934-2960. <https://doi.org/10.1177%2F0149206316657593>
- BARTH-HASS GROUP. **The Barth Report (2017-2018)**. Abr. 2020. Disponível em: [https://www.barthhaas.com/fileadmin/user\\_upload/downloads/barth-berichte-broschueren/barth-berichte/englisch/2010-2020/barth-report-2018-2019.pdf](https://www.barthhaas.com/fileadmin/user_upload/downloads/barth-berichte-broschueren/barth-berichte/englisch/2010-2020/barth-report-2018-2019.pdf). Acesso em: 08 abr. 2020.
- BATISTA, Carolina. O que é pH? **Toda matéria, 2020**. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/o-que-e-ph/>. Acesso em: 12 set. 2022.
- BRAGANHOLE, André Rodrigo. **Competitiveness and Innovation in Micro Brewers in the Northwest of Rio Grande do Sul**. *Textos de Economia*, Florianópolis, v. 22, n. 2, p. 1-24, jul./dez., 2019. Universidade Federal de Santa Catarina. ISSN 2175-8085. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-8085.2019.e63302>.
- BRASIL. **Decreto nº 9.902, de 08 de julho de 2019**. Altera o Anexo ao Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009, que regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2019/decreto/D9902.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9902.htm). Acesso em: 23/08/2020.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anuário da Cerveja 2019**. Maio. 2020. Disponível em: [http://www.cervbrasil.org.br/novo\\_site/anuario-da-cerveja-2019](http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/anuario-da-cerveja-2019). Acesso em: 20/05/2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anuário da Cerveja 2020**. Disponível em: [http://www.cervbrasil.org.br/novo\\_site/wp-content/uploads/2021/04/anuariocerveja2.pdf](http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/wp-content/uploads/2021/04/anuariocerveja2.pdf). Acesso em: 06/10/2021.

CABRAS, I.; HIGGINS, D. M. Beer, brewing, and business history. **Business History**, v. 58, n. 5, p. 609–624, 2016.

ÇAĞDAŞ, V.; STUBKJÆR, E. Design research for cadastral systems. **Computers, Environment and Urban Systems**, 35, 2011. 7787.

CENTRAL BREW. **Processos de produção de cerveja artesanal: envase, 2019**. Disponível em: <https://centralbrew.com.br/blog/processos-de-producao-de-cerveja-artesanal-envase/>. Acesso em: 14 set. 2021.

CENTRAL BREW. **Kit básico para cervejeiro: os itens que você precisa ter em casa. Central Brew, 2020**. Disponível em: <https://centralbrew.com.br/blog/kit-basico-para-cervejeiro-os-itens-que-voce-precisa-ter-em-casa/>. Acesso em: 22 fev. de 2022.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; SILVA, Roberto da. **Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. 162 p.

COOK, Deborah J; MULROW, Cynthia D; HAYNES, R Brian. Systematic reviews: synthesis of best evidence for clinical decisions. **Annals of internal medicine**, Am Coll Physicians, v. 126, n. 5, p. 376–380, 1997

CROTTI, Yuri. **Impacto da utilização das novas tecnologias da informação e comunicação na qualidade das frutas conservadas em atmosfera controlada**. 2020. 86 folhas. Dissertação (Mestrado em TIC) – Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2018.

CUPANI, A. **Filosofia da Tecnologia: um convite**. Florianópolis, SC: Editora UFSC, 2011.

FERRAZ FILHO, Braz da Silva. **Agricultura de precisão em casa de vegetação: controle e gestão de cultivo em produção de mudas**. 2018. 128 folhas. Dissertação (Mestrado em TIC) – Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2018.

FLORES, T. J. A. et al. Simulación y control del proceso de maceración de una cervecería artesanal. **Pistas Educativas**, v. 39, n. 128, p. 487–505, 2018.

FREITAS JUNIOR ET AL. Pesquisa Científica e Tecnológica. **Revista Espacios**, Caracas, Venezuela, 35, n. 9, set. 2014. 1222. Disponível em: <http://www.revistaespacios.com/a14v35n09/14350913.html>. Acesso em: 01/02/2022.

FROM, J. **The Millennial Consumer Craves Craft Beer**. 2017. Disponível em: <https://www.millennialmarketing.com/2014/01/the-millennial-consumer-craves-craft-beer/>. Acesso em: 15. set. 2021.

GALE ACADEMIC ONEFILE. **About**. 2021. Disponível em: <https://www.gale.com/intl/about>. Acesso em: 01 abr. 2021.

GAROFALO, C. et al. The Occurrence of Beer Spoilage Lactic Acid Bacteria in Craft Beer Production. **Journal of Food Science**, v. 80, n. 12, p. M2845–M2852, dez. 2015.

GLOBAL CRAFT BEER MARKET. **Global Craft Beer Market – Growth, Trends and Forecasts (2018-2023)**. Abr. 2020. Disponível em: [https://www.researchandmarkets.com/research/c2fsvg/global\\_craft\\_beer?w=4](https://www.researchandmarkets.com/research/c2fsvg/global_craft_beer?w=4). Acesso em: 06 abr. 2018.

GUIDO, L. F. **Brewing and Craft Beer**. 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/journal/beverages>. Acesso em: 26 ago. 2021.

HUGO, Victor. **A Cerveja no Brasil**. Disponível em: <http://www.engenhariadacerveja.com.br/2013/a-cerveja-no-brasil>. Acesso em: 02 de agosto de 2021.

HUGO, V. et al. PARA LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL **Automation of the maceration process of the malt for the production of craft beer**. p. 53–61, 2018.

IEEE XPLORE. **About IEEE Xplore**. 2021. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/Xplorehelp/overview-of-ieee-xplore/about-ieee-xplore>. Acesso em: 1 mar. 2021.

JAPPUR, R. F. **Modelo conceitual para criação, aplicação e avaliação de jogos educativos digitais**. 2014. 296 folhas. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) -Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

Let It Brew. **Louis Pasteur, o homem que transformou a cerveja!** Set. 2019. Disponível em: <http://www.letitbrew.com.br/single-post/2019/09/14/louis-pasteur-o-homem-que-transformou-a-cerveja>. Acesso em: 22 fev. 2020.

KUNZE, W. **Technology brewing and malting**. Berlim: VLB, 1997. p. 433-435.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MEUSSDOERFFER, Franz. **“A comprehensive history of beer brewing”**. In: EßLINGER, H. M. (Org.). **Handbook of Brewing: process, technology, markets**. Weinheim: Verlag GmbH & Co, 2009.

MEDINA, Eugenia Urra; PAILAQUILÉN, René Mauricio Barría. Systematic Review and its Relationship with Evidence-Based Practice in Health. **Revista Latino-americana de Enfermagem**, [s.l.], v. 18, n. 4, p.824-831, ago. 2010.

MESTRE CERVEJEIRO. **Mestre cervejeiro, 2017**. O que é Cerveja Artesanal? Disponível em: <https://mestre-cervejeiro.com/o-que-e-cerveja-artesanal/>. Acesso em: 26 ago. 2021.

MONGO DB. **Built by developers, for developers**. Disponível em: <https://www.mongodb.com/>. Acesso em: 09 mar. 2022.

MONTELEONE, Joana. **Cauim, a bebida ritual dos índios, 2019**. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2019/09/06/cauim-a-bebida-ritual-dos-indios>. Acesso em: 02/09/2021.

MORADO, Ronaldo. **Larousse da cerveja**. São Paulo: Larousse do Brasil, 2009.

NOVAIS, Stéfano Araújo. **"Densidade"**; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/densidade.htm>. Acesso em 14 de outubro de 2022.

NELSON, Max. **The barbarian's beverage: A history of beer in ancient Europe**. Routledge, 2005.

OLIVEIRA, Andréa. **Período de maturação da cerveja artesanal**. Disponível em: <https://www.cpt.com.br/cursos-pequenasempresas-comomontar/artigos/periodo-de-maturacao-da-cerveja-artesanal>. Acesso em: 07 set. 2021.

PASIC, F. et al. A KPI-based Condition Monitoring System for the Beer Brewing Process. **IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA**, v. 2019- September, p. 1469–1472, 2019.

PEFFERS, K. E. A. **A design science research methodology for information systems research**. *Journal of management information systems*, 24, n. 3, 2007.

PEREIRA, Alexandre Fontes. **Mostura, brassagem ou maceração: você sabe o que é?** Disponível em: <https://www.cpt.com.br/dicas-cursos-cpt/mostura-brassagem-ou-maceracao-voce-sabe-o-que-e>. Acesso em: 01 set. 2021.

PERINAZZO, Bianca. O que são Análises Químicas? **CSTQJR, 2022**. Disponível em: <https://cstqjr.com.br/o-que-e-analise-fisico-quimica/>. Acesso em 14 out. 2022.

PICCINI, Ana Rita; MORESCO Cristiano; MUNHOS, Larissa; **CERVEJA, UFRGS**. Abr. 2002. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/alimentus1/feira/prcerea/cerveja/inicio.htm>. Acesso em: 08 set. 2021

PICKERELL, A. T. W.; HWANG, A.; AXCELL, B. C. Impact of yeast-handling procedures on beer flavor development during fermentation. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, St Paul, v. 49, p. 87 -92, 1991.

POKRIVČÁK, J. et al. Global trends in brewing Industry. **Journal of Food and Nutrition Research**, v. 58, n. 1, p. 63–74, 2019.

PPGTIC. **Linhas de Pesquisa do PPGTIC**. Abr. 2020. Disponível em: <http://ppgtic.ufsc.br/linhas-de-pesquisa/>. Acesso em: 06 abr. 2020.

RASPBERRY. **Raspberry Pi 3 Model B**. 2022. Disponível em: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-3-model-b/>. Acesso em: 09 fev. 2022.

RASPBIAN. **Welcome to Raspbian**. Disponível em <http://http://www.raspbian.org/>. Acesso em: 09 mar. 2022.

REBELLO, F. D. F. P. Produção de cerveja. **Revista Agrogeoambiental**, v. 1, n. 3, p. 145–155, 2009.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999

RODRIGUEZ, L. et al. Development of an Automatic Equipment for Craft Beer Maceration. **2019 Congreso Internacional de Innovacion y Tendencias en Ingenieria, CONIITI 2019 - Conference Proceedings**, 2019.

SANTOS, Rafael dos. **As Microcervejarias Catarinenses: da gênese à dinâmica atual**. 2013. 198 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

SANTOS, Sergio de Paula. **Os primórdios da cerveja no Brasil**. 2. ed. Cotia: Ateliê Editorial, 2004.

SCOPUS. **What is Scopus**. 2021. Disponível em: [https://www.elsevier.com/solutions/scopus?dgcid=RN\\_AGCM\\_Sourced\\_300005030](https://www.elsevier.com/solutions/scopus?dgcid=RN_AGCM_Sourced_300005030) Acesso em: 1 mar. 2021.

SIQUEIRA, P. B. et al. **O processo de fabricação da cerveja e seus efeitos na presença de polifenóis**. p. 491–498, 2008.

SILVA, Indira Cely da Costa et al. A cerveja e os principais cereais utilizados em sua fabricação. In: VIEIRA, Vanessa Bordin. **Inovação em Ciência e Tecnologia de Alimentos 3**. Belo Horizonte: Atena editora, 2019. p. 36-47.

SILVEIRA, Cristiano B. Sensor: Você sabe o que é e quais os tipos? **Citisystems**, 2016. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/sensor-voce-sabe-que-quais-tipos/>. Acesso em: 18 fev. 2022.

SIMÕES, Marcelo Godoy.; SHAW, Ian S. **Controle e Modelagem Fuzzy**. 2ª ed. revista e ampliada. São Paulo, SP: Editora Blucher, 2007.

SMITH, G. D. Beer, **A Global History**. Reaktion Books. London, 2014. 160 p.

STEWART, G. G.; RUSSELL, I. An introduction to brewing science & technology: series III: brewer's yeast. **London: Institute of Brewing**. p. 108,1998.

TAMO, A.; HILARIO-TACURI, A. Implementing WLAN-IoT control system for brewing fermentation through Raspberry Pi. **Proceedings of the 2020 IEEE 27th International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing, INTERCON 2020**, p. 23–26, 2020.

THE BARTH **report** 2020. Disponível em:  
[https://www.barthhaas.com/fileadmin/user\\_upload/downloads/barth-berichte-broschueren/barth-berichte/englisch/2010-2020/barthhaas\\_report\\_2020\\_en.pdf](https://www.barthhaas.com/fileadmin/user_upload/downloads/barth-berichte-broschueren/barth-berichte/englisch/2010-2020/barthhaas_report_2020_en.pdf).  
Acesso em: 04 de outubro de 2021.

UNIVAL. O que é um atuador? **UNIVAL**, 2020. Disponível em:  
<https://www.unival.com.br/2020/11/25/o-que-e-um-atuador/>. Acesso em: 18 fev. de 2022.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO. FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, M.; VÁSQUEZ VILLALOBOS, V. Scientia agropecuaria : revista científica de la Universidad Nacional de Trujillo. **Scientia Agropecuaria, ISSN-e 2077-9917, Vol. 1, N° 2 (Abril - Junio), 2020, págs. 125-137**, v. 1, n. 2, p. 125–137, 2010.

VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas: Ciência e tecnologia**. São Paulo. V. 1, 2010.

VIEIRA, V. A., Silva, J. D., Berbert, S. C. & Faia, V. S. (2015). **Impacto do sistema de controle sobre a venda de novos produtos**. Revista de Administração Contemporânea, 19(spe2), 221-244. <http://doi.org/10.1590/1982-7849rac20151840>

VIOLINO, S. et al. Internet of beer: A review on smart technologies from mash to pint. **Foods**, v. 9, n. 7, 2020.

WEB OF SCIENCE. **Confident research begins here**. 2021. Disponível em:  
<https://clarivate.com/webofsciencegroup/solutions/web-of-science>. Acesso em: 01 mar. 2021.

XAVIER, Raquel. Rótulo de cerveja: entenda de uma vez por todas. **Mytapp, 2022**. Disponível em: <https://www.mytapp.com.br/blog/rotulo-de-cerveja/>. Acesso em: 11 out. 2022.

Xu, P. (2007). **Beer**. Journal of Agriculture & Food Information, 8(2), 11–23.