

## **AUTOMAÇÃO DE PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL**

### ***AUTOMATION OF CRAFT BEER MANUFACTURING PROCESS***

Rodolfo Colosio de Freitas<sup>1</sup>

Lucas Antonio Alves de Godoi<sup>2</sup>

#### **RESUMO**

Este trabalho de pesquisa da área de Engenharia Elétrica, subárea de automação, tem a finalidade de permitir o monitoramento, definição de estágios do processo para se prover uma maior autonomia ao processo de brassagem para reduzir a intervenção humana e melhorar a produtividade na produção de cerveja artesanal em pequena escala. Através de um controlador e um algoritmo para fazer o controle de temperatura para o processo de fabricação de cerveja artesanal permitindo a definição de rampas de aquecimento, temporizadores e acionamento de bomba de circulação em uma panela de inox com sensor de temperatura, fazendo uso de internet das coisas (IoT), com o intuito de permitir acionar e monitorar o processo a distância. Simplifica-se assim o processo de brassagem eliminando a necessidade de acionar ou não um fogão dispensando a supervisão de uma pessoa durante o processo. Além de diminuir as visitas ao local. Inicialmente será realizado um estudo de eletrônica de potência e definir circuitos e métodos de controle a serem realizados, em seguida será levantado a forma de comunicação e componentes necessários à realização da integração do circuito de potência com a rede internet através do protocolo 802.11, elaboração do circuito, sua fabricação e adquirir os componentes para sua montagem. Em seguida, testes do circuito e qualquer intervenção necessária no projeto para corrigir erros detectados na fase de protótipo, elaboração de um gabinete para se posicionar o dispositivo e realizar seu teste.

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Elétrica no Centro Universitário UNIFAFIBE, Bebedouro, SP. E-mail: rodolfocolfre@outlook.com

<sup>2</sup> Docente no Centro Universitário UNIFAFIBE, Bebedouro, SP. E-mail: proflgodoi@gmail.com

Palavras-chave: brasagem, controle de temperatura, automação industrial, cerveja artesanal, IOT.

### **ABSTRACT**

*This research of Electrical Engineering, subarea of automation, seeks to develop a temperature control for the craft brewing process allowing the definition of heating ramps, timers and activation of the circulation pump in a stainless steel pot with sensor temperature, making use of internet of things (IoT), in order to allow to trigger and monitor the process from a distance. This simplifies the brazing process by eliminating the need to start a stove or not, dispensing the supervision of a person during the process. In addition to reducing visits to the site. Initially, a study of power electronics will be carried out and to define circuits and control methods to be carried out, then the form of communication and components necessary to carry out the integration of the power circuit with the internet network through the 802.11 protocol, elaboration of the circuit, its manufacture and acquire the components for its assembly. Then, circuit tests and any necessary intervention in the project to correct errors detected in the prototype phase, elaboration of a cabinet to position the device and perform its test.*

*Keywords: brazing, temperature control, industrial automation, craft beer, IOT.*

## **1 INTRODUÇÃO**

A ideia principal deste trabalho de pesquisa é permitir o monitoramento ajustes e informações do processo automatizado de brassagem reduzindo consideravelmente a intervenção em microprodução de cerveja artesanal dispensando o controle de temperatura manual durante o processo.

A brassagem consiste no processo de mosturação, clarificação ou filtragem, lavagem e fervura, o processo de clarificação nem sempre é necessário, podendo assim não ser realizado de acordo com o resultado desejado (COSTA, 2013).

Durante a mosturação o malte moído é adicionado a água aquecida, sendo que a temperatura deve ser controlada e pode variar de 62 °C a 72 °C, e o tempo pode variar de 60 a 90 minutos, esses fatores dependem do estilo de cerveja desejado, se faz esse tipo de rampa de aquecimento para se produzir quantidades diferentes de

enzimas  $\beta$ -amilase e  $\alpha$ -amilase, isso propicia diferentes tipos de açúcares fermentáveis que serão utilizados na fermentação através de ação microbiana (COSTA, 2013).

Após a conclusão do processo de mostura se inicia o processo de lavagem, que consiste em lavar o malte que está contido em um cesto dentro da panela de brassagem para se extrair açúcares residuais do malte a uma temperatura de 80°C, então se remove esse cesto de malte e se inicia o processo de fervura (COSTA, 2013).

No processo de fervura ocorre a esterilização do mosto e os açúcares presentes são caramelizados pela ação da temperatura, nesse processo se adiciona o lúpulo, também na fervura amilases e proteases são inativadas que se precipitam em forma de flocos que não são desejados na fermentação, e se pode fazer uso da bomba de circulação para remove-los com o uso de um processo semelhante a centrifugação conhecido como *whirpool*, que facilita o assentamento destes flocos ao centro (COSTA, 2013).

O intuito, portanto, é desenvolver um sistema de controle que possa acionar ou não a bomba de recirculação de acordo com cada processo, fazer o controle das temperaturas baseadas no tempo e permitir criar uma lista de comandos para um ESP-8266 através de uma rede Wi-Fi para reduzir a dependência do sistema de intervenção humana, sendo necessária apenas para adicionar ou remover ingredientes.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 ESP12E (ESP8266)

Segundo platformio a plataforma espressif8266 da Espressif uma empresa privada de semicondutores. Este microcontrolador possui suporte Wi-Fi, possui 11 pinos gpio e 80MHZ de clock, é destinado a desenvolvimento e aplicação de dispositivos conectados à rede.

## 2.2 Visual Studio Code

Segundo Microsoft é um editor de código fonte leve e poderoso disponível para Windows, macOS e Linux, além de possuir suporte para várias linguagens de programação e um rico ecossistema de extensões para outras linguagens de programação.

## 2.3 PlatformIO

PlatformIO se trata de uma ferramenta de uso profissional multiplataforma, multi-arquitetura e com múltiplos frameworks para desenvolvimento de sistemas embarcados. (PlatformIO)

## 2.4 Brassagem

A brassagem se trata do processo de mosturação, clarificação ou filtragem, lavagem e fervura para fabricação de cervejas. A criação do mosto se baseia em extrair açúcares e promover ações enzimáticas no malte, e adicionar o lúpulo, para então se iniciar o processo de fermentação. (Costa, 2013)

## 2.5 Motor monofásico

O motor de indução monofásico e se assemelha aos motores polifásicos de gaiola de esquilo, porem divergem na disposição dos enrolamentos do estator. (Toro,

## 2.6 Blynk

Blynk foi desenvolvido para a internet das coisas, permite o controle remoto, captura de dados de sensores e armazenar dados. (Blynk)

## 2.7 DS18B20

O sensor de temperatura DS18B20 é um sensor com uma boa facilidade de conexão, precisão em suas medições e que permite ser interligado com vários sensores do mesmo modelo pelo menos pino do microcontrolador por cada sensor possuir um código serial único de 64 bits. (usinainfo)

## 2.8 Tiristor Triac

Segundo A. Blicher (2011) Um tiristor é qualquer chave semicondutora com quatro camadas. da qual sua ação biestável depende da estrutura de regeneração p-n-p-n. O SCR (silicon-controlled rectifier) é um tiristor de três terminais anodo, catodo e controle (gate), seu funcionamento varia em ligado, em que o acionamento do componente é realizado através da inserção de corrente positiva no terminal gate, fazendo que o mesmo passe a conduzir, desde que o catodo e o anodo estejam polarizados diretamente. onde existe corrente no gate, e passa a conduzir entre o catodo e o anodo, enquanto no estado desligado não possui corrente no gate e não conduz entre o catodo e o anodo, ele pode conduzir em ambas as direções, ou seja, é capaz de conduzir tanto no ciclo negativo quanto no ciclo positivo.

## 2.9 internet das coisas (IoT)

A internet das coisas é uma evolução da internet, se refere a tendência de vários itens como carros, vestimentas e eletrodomésticos se conectarem a internet, isso os permite enviar e receber informações a distância. (Davies, 2020)

## 3 METODOLOGIA

Com a necessidade de realizar o controle de temperatura para certos intervalos de tempo, para que assim fosse possível selecionar certas ações enzimáticas de acordo com a receita da cerveja desejada conforme a figura 1, se decidiu por fazer uso de uma resistência elétrica como fonte de calor para a panela de brassagem, dessa forma com o uso de um borne relé seria possível realizar o controle de

temperatura fazendo uso de um sistema de controle ON/OFF, que mantem a temperatura do mosto na temperatura desejada, com apenas um desvio de menos um grau celsius para a temperatura de set-point, pois quando a temperatura de set-point fosse alcançada a resistência seria desligada, e religando apenas quando a temperatura do mosto fosse igual a um grau abaixo da temperatura de set-point.

#### QUADRO 1: Ações enzimáticas em função da temperatura do mosto

Enzima	Faixa ideal de temperatura	Faixa de PH	Função da enzima
Phytase	30-52°C	5.0 – 5.5	Diminuição do PH do mosto
Debranching	35-45°C	5.0 – 5.8	Solubilização de amidos
Beta Glucanase	35-45°C	4.5 – 5.5	Gelatinização, auxiliando a liberação de açúcares fermentáveis
Peptidase	45-55°C	4.6 – 5.3	Produz maior quantidade de proteínas solúveis no mosto
Protease	45-55°C	4.6 – 5.3	Quebram proteínas que geram a turvação da cerveja
Beta Amylase	55-65°C	5.0 – 5.5	Produz maltose
Alpha Amylase	68-72°C	5.3 – 5.7	Produz açúcares diversos, incluindo a maltose

Fonte: Costa (2013)

Para auxiliar o processo enzimático pode ser desejado a recirculação do mosto, o que consiste em fazer uso de um motor monofásico acoplado a uma bomba, a qual deve ser acionada de acordo com o processo, para criar ou não um *whirlpool*, que se trata de criar uma corrente de movimento circular dentro da panela para favorecer a sedimentação de partículas em suspensão, isso pode variar de acordo com o posicionamento da mangueira atóxica, este passo é opcional o comando da bomba foi incluído ao sistema de controle do projeto, incluindo a possibilidade de desabilitar a bomba durante o processo devido a possibilidade de falha ou vazamento da bomba durante o processo.

Para realizar os comandos e comunicação com uma interface de fácil uso, se optou pelo uso de um microcontrolador ESP8266 o qual estava inserido em uma placa de desenvolvimento NodeMcu, todo o processo é de responsabilidade do ESP8266 caso a interface ou o microcontrolador perca conexão com a internet, o processo não

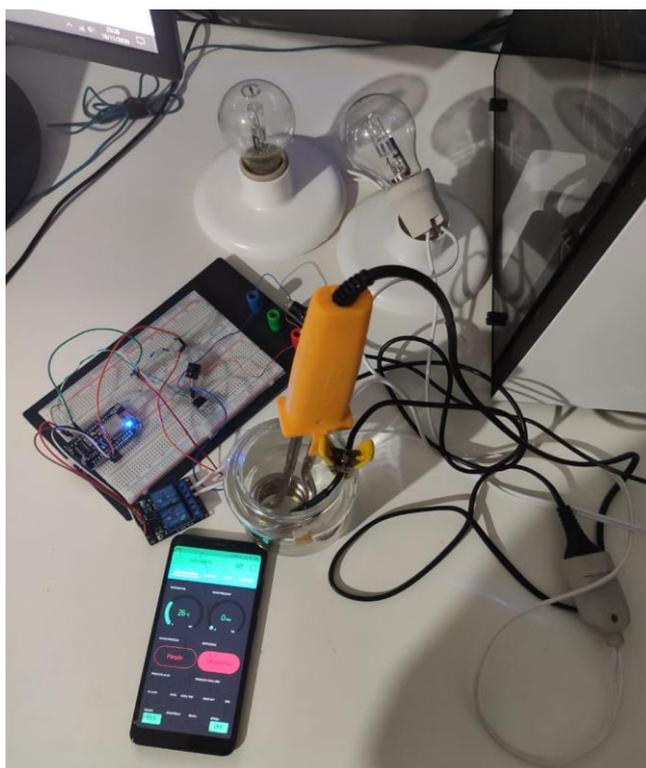
seria interrompido, assim a função da interface seria alimentar o microcontrolador no início do processo e receber informações sobre ao longo do processo.

A interface escolhida para o desenvolvimento foi a Blynk, pela simplicidade no seu uso e funcionamento confiável, permitindo uma comunicação via nuvem com o microcontrolador.

Para indicar os processos na plataforma foi utilizado indicadores que simulam leds, onde cada led se ascenderia como um indicador dos processos, demonstrando uso de bomba, resistência e estado do processo.

Ao decorrer do desenvolvimento foi optado por montar uma pequena planta de demonstração, para que fosse possível testar os acionamentos com segurança, e monitorar a temperatura de um pequeno recipiente o qual teria seu aquecimento através de um ebulidor de mil watts ligado em série com lâmpadas para limitar sua potência em 40 watts, para que fosse possível sua utilização com um recipiente tão pequeno, como demonstrado na figura 1.

**FIGURA 1 – Planta para testes do sistema de controle**



Fonte: Autoria Própria

Com o teste inicial realizado, foram adicionados processos extras, como mash in, mash, mash two, mash out e boil, com a intenção de permitir ao usuário combinar várias ações enzimáticas a produção de uma mesma receita, por conveniência foi adotada a nomenclatura em inglês dos processos, onde o mash significa mostura, o software permite o uso de 4 passos de mash, isso permite quatro processos enzimáticos por receita sem que haja intervenção do usuário. O controle manual da resistência e da bomba foi adicionado, tanto para realizar a limpeza da panela com o uso de água em altas temperaturas, quanto para permitir o uso da bomba para evacuar o mosto para um fermentador.

O segundo teste foi realizado em ambiente climatizado a 23 graus celsius, e o processo foi configurado com o processo de mash in em 25 graus celsius e 6 minutos de temporizador e bomba habilitada como demonstrado na figura 2, o processo de mash em 29 graus celsius temporizador em 4 minutos com bomba desabilitada, o processo de mash two em 30 graus celsius e 2 minutos de temporizador com bomba habilitada, o processo de mash out com 32 graus e 3 minutos de temporizador com bomba desabilitada, o processo de boil tem como funcionalidade de ferver o mosto ao final do processo, porem por questão de conveniência e segurança o processo foi limitado a contar o tempo de fervura a partir de 45 graus e com um temporizador curto, por a resistência apenas se desligaria ao final do temporizador, todos os processos se comportaram como o previsto e o software foi considerado apto para produção de cerveja.

**FIGURA 2 – Interface do Blynk monitorando teste**

Fonte: Autoria Própria

Devido a um problema de comunicação do ESP8266 com a nuvem em caso de perda de alimentação por parte do microcontrolador, foi criada uma rotina de inicialização, a qual forçava o Blynk a zerar todas as variáveis que deveria fornecer ao microcontrolador e obrigar o usuário a entrar com as informações novamente, pois sem essa rotina o usuário poderia acreditar que já havia programado informações as quais não estavam sendo entregues ao microcontrolador, o que poderia causar problemas na utilização da automação da panela de brassagem.

## 4 RESULTADOS

O resultado desse processo se deu com a produção de uma receita de cerveja pilsen, com o software gravado no ESP8266, um relé foi conectado a porta gpio14 para realizar controle do relé da bomba, enquanto que o pino gpio13 foi conectado a um relé de estado sólido, o qual integra um triac com todo seu circuito de suporte, dessa forma seria possível realizar o controle da resistência, seu uso embora não necessário foi realizado devido a sua capacidade de atuar de forma repetida sem as complicações de um acionamento muito repetitivo de relé ou de um contador, que foi destinado a atuar uma resistência de 10 kw, que seria responsável por aquecer uma panela de 120 litros a conexão foi realizada com cabo de 16 mm<sup>2</sup> devido a potência da resistência, assim todo o circuito foi alimentado através de uma tomada industrial, que alimentava barramentos dentro da caixa de comando, que foram usados para derivar os circuitos de alimentação do microcontrolador, alimentação da bomba monofásica em série com o relé, e alimentação da resistência em série com o relé de estado sólido, como demonstrado na figura 4 e figura 5.

**Figura 4 – Panela de Brassagem utilizada nos processos**



Fonte: Autoria Própria.

**FIGURA 4 – Caixa de eletrônicos para controle da panela de brassagem com circuito de potência**



Fonte: Autoria Própria.

O cesto foi carregado com malte e então água foi adicionada a panela de brassagem, o processo de mash foi definido em 90 minutos a 65 graus celsius com uso de bomba de recirculação e o tempo de boil em 65 minutos.

Ao final do tempo de mash o cesto com o malte foi lavado com uso da bomba de recirculação e removido de forma manual, conforme a figura 6, e em seguida o cesto com 20 gramas lúpulo foi adicionado com início da fervura, e após 60 minutos de fervura outro cesto de 20 gramas foi adicionado para os 5 minutos finais do processo de fervura.

**FIGURA 6 – Cesto com malte já utilizado no processo**



Fonte: Autoria Própria.

Ao final do processo de fervura foi reservado o primeiro litro para cultura de leveduras, conforme a figura 7, enquanto o restante foi drenado ao fermentador.

**FIGURA 7 – Reserva para cultura de leveduras**



fonte: Autoria Própria

## 5 CONCLUSÃO

Com o intuito de realizar a automação do processo de brassagem, realizando a preparação do mosto com extração de açúcares e proporcionar ações enzimáticas, o sistema foi considerado satisfatório, mesmo em sua fase de testes se demonstrou adequado, com realização de poucas correções, e se desempenhou adequadamente durante o processo na planta, alcançou o objetivo de reduzir a intervenção humana, e permitiu o acompanhamento dos processos de forma remota.

## REFERÊNCIAS

BLICHER, A. **Thyristor Physics**. New York: Springer, 2011. 324 p.

BLYNK. **Blynk**. Disponível em: <<http://docs.blynk.cc/>>. Acesso em: 19 novembro. 2020.

COSTA, F. C. DA. **Processo de produção de cerveja artesanal**. Disponível em: <<http://www.missaosommelier.com.br/processo-de-producao-de-cerveja-artesanal/>>. Acesso em: 31 agosto. 2020.

MICROSOFT. **Documentation for Visual Studio Code**. Disponível em: <<https://code.visualstudio.com/docs/>>. Acesso em: 19 novembro. 2020.

PLATFORMIO. **Espressif ESP8266 ESP-12E**. Disponível em: <<https://docs.platformio.org/en/latest/boards/espressif8266/esp12e.html#id1/>>. Acesso em: 19 novembro. 2020.

PLATFORMIO. **PLATFORMIO**. Disponível em: <<https://docs.platformio.org/en/latest/what-is-platformio.html/>> Acesso em: 19 novembro. 2020.

DAVIES, John (ed.). **The Internet of Things: from data to insight**. Reino Unido: Willy, 2020. 240 p.

TORO, Vincent del. **Fundamentos de Máquinas Elétricas**. Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1990

USINAINFO. **SENSOR DE TEMPERATURA ARDUINO DS18B20 – COMUNICAÇÃO ONEWIRE**. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/blog/sensor-de-temperatura-arduino-ds18b20-comunicacao-onewire/>>. Acesso em: 19 novembro. 2020.