

# Controle de umidade da erva mate com o auxílio de sistema embarcado em fase final de secagem

Lucas Croda Ribeiro

Ciência da Computação – Universidade de Passo Fundo (UPF) – Campus Passo Fundo  
Passo Fundo - RS

Lucascrodaribeiro96@gmail.com

**Resumo.** Destaca-se a importância de controlar a umidade existente na erva mate e a falta de verificação da variável em fase final do processo de secagem existente na maioria das indústrias. Nesse artigo estará descrito a pesquisa e construção de um sistema embarcado de baixo custo para o monitoramento da umidade na secagem da erva mate (*Ilex Paraguariensis*) onde micro e pequenas empresas possam qualificar o produto, assim como garantir a mesma qualidade para o consumidor. Utilizando softwares para armazenamento de dados na nuvem e apresentando as informações de forma simples, o projeto como um todo tornou-se promissor para um futuro desenvolvimento em larga escala comercializável. As métricas estabelecidas para realizar a verificação da umidade durante a produção foram bem-sucedidas e seguem um padrão de coletas por intervalo de tempo. O sistema funcionou conforme esperado com a ressalva do sensor utilizado, que não desempenha um bom trabalho na função proposta.

## 1. Introdução

Apesar das variadas soluções tecnológicas existentes e as tantas mais que surgem dia a dia, pode-se encontrar lacunas a serem preenchidas nas nossas residências e empresas. Em situações de forma visionária projeta-se um software ou hardware que nos proporciona um suporte ou automação para determinada função, porém, pode-se encontrar o produto já construído e com ele as dificuldades financeiras de adquiri-lo, desistindo da compra e seguindo os passos manuais sem quaisquer verificação ou auxílio computacional para validar o processo efetuado.

Tendo em vista essas situações, o intuito é desenvolver um hardware de baixo custo para auxiliar no processo de secagem de erva mate (*Ilex Paraguariensis*), onde o mesmo tem por tarefa verificar a umidade do produto em fase final de processo com o envio das informações para um banco de dados na nuvem, e posteriormente ficarão plotados em uma dashboard.

Hoje em dia estão disponíveis muitas informações sobre erva mate e seus subprodutos, onde o carro chefe sempre foi o chimarrão e a sua própria tradição.

Com todas as pesquisas relacionando a erva mate, sendo elas focadas em analisar a composição química, o reaproveitamento dos resíduos para fabricação de adubos (Sousa, 2013), a sua genética e como consequência a melhora da mesma (Resende, Sturion, Carvalho, Simeão, Fernandes, 2000), possíveis alterações físico-química por conta de adubação (Borille, Reissmann, Freitas, 2005) e tantas outras pesquisas por ser uma fonte de diversos compostos bioativos benéficos para nossa saúde, constata-se a necessidade de um controle ainda maior em variáveis que compõe o produto no momento de sua fabricação.

Algumas destas variáveis são possíveis de ser comparadas apenas com análises realizadas em laboratório, como por exemplo resíduo de matéria exceto da composição química da erva mate, assim como a presença de outras espécies arbóreas em meio aos ramos de erva, sendo necessário o cuidado em momento de poda como também na alimentação de esteiras para a secagem da matéria prima. A umidade por sua vez é inspecionada de forma empírica (Abitante, 2007), sendo que no fim do processo de secagem testa-se as folhas e palitos para que estejam quebradiços, caso contrário a temperatura precisa ser elevada.

A variável que será abordada no presente trabalho é a que trata da umidade, onde reflete diretamente no tempo de armazenamento e se contida em excesso pode danificar o produto e apresentar inúmeros problemas para os consumidores. Conforme Resolução - RDC N° 302 publicada em 7 de Novembro de 2002 pela Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária fica explícito de que a fração de umidade na erva mate é de no máximo 10% de seu peso total, onde a amostra para fins de exemplo é de 10g/100g. Em 22 de Setembro de 2005, a portaria realiza a republicação através da Resolução - RDC N° 277, que por sua vez não esclarece de forma explícita a fração máxima de umidade contida na erva mate.

Por meio da Portaria SAES N° 663/2018, o secretário de saúde do estado do Rio Grande do Sul em exercício no período destacado aprovou o Regulamento Técnico de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Erva Mate e seus derivados, onde os funcionários e administradores precisam conhecer regras para o cuidado durante manuseio de equipamentos com o produto e demais proteções para que não haja quaisquer tipos de contaminação do produto, sendo o mesmo exigido para renovação de Alvará Sanitário por exemplo. Porém, se trata de cuidados no momento da produção, não descrevendo características físico-químicas do produto.

A erva mate (*Ilex Paraguariensis*) é cultivada e industrializada em larga escala no sul do país (Jensen, 2011), com destaque maior no Rio Grande do Sul. Entre os produtores e industrializadores de erva mate um grande número é de empresas familiares e de pequeno porte onde eu mesmo estou inserido, engrandecendo ainda mais a necessidade e proveito do trabalho desenvolvido.

Com a inexistência de um sistema embarcado para que possa ser verificado de forma válida e precisa a porcentagem de umidade no produto, a matéria prima poderá ser completamente descartada ou o produto permanecerá por um período muito menor com a qualidade e os benefícios esperados.

O objetivo do trabalho é pesquisar e desenvolver um controlador capaz de garantir a verificação da variável já citada e assim proporcionar uma garantia aos proprietários das empresas perante a qualidade do seu produto, assim como um investimento relativamente baixo para contar com o mesmo.

## **2. Fundamentação teórica**

O processo para fabricação de subprodutos utilizando a erva mate tem início na etapa de sapeco e secagem da matéria prima in natura.

Em alguns trabalhos científicos os processos destacados podem parecer distintos, porém, estão interligados em uma mesma máquina que realiza o processo como um todo e de forma contínua, ou seja, logo após a erva mate passar pela etapa de sapeco precisa seguir para a secagem.

## 2.1. Secagem da erva mate

Se tratando do processo total, a erva mate é devidamente extraída em lavouras de céu aberto ou em matas nativas, organizadas em um feixe e amarradas nos chamados ponchos ou raídos, como denominam os trabalhadores do processo.

Logo após a colheita da matéria prima já com uma quantia determinada de folha e madeira (Jensen, 2011) - 75% e 25% respectivamente – e pronta para o transporte, a mesma é despejada na empresa para que seja realizada o processo seguinte de forma mais rápida possível para que não haja desidratação, perda de peso e qualidade do produto.

As máquinas em sua maioria hoje utilizadas para secagem da erva mate seguem um padrão, com um cilindro metálico simples para o sapeco e outro cilindro triplo para a secagem, rotativos (Abitante, 2007), com pequenas variações de tamanhos e marcas no mercado.

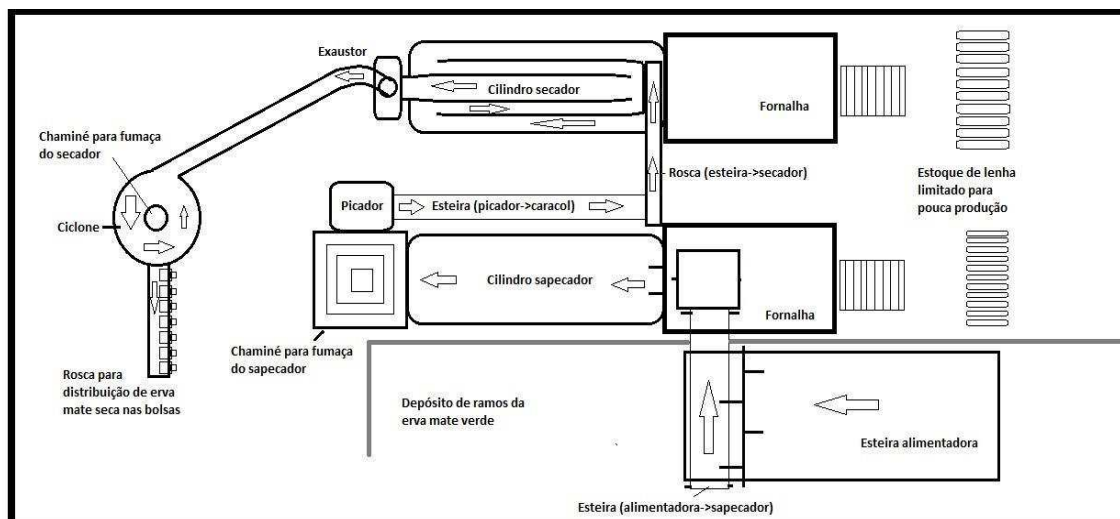
O primeiro processo importante é o sapeco, onde os galhos de erva mate seguindo o fluxo por um cilindro metálico giratório, que ao entrar no mesmo recebe o contato direto com as chamas do fogo na fornalha e seguindo até o picador onde o seu tamanho será reduzido e encaminhado para o secador. A tarefa de sapeco é determinante na cor e sabor do produto assim como inativar enzimas peroxidases e polifenoxidase, onde no início do cilindro a temperatura pode passar dos 300°C (Abitante, 2007).

A etapa consequente chamada de secagem é onde a umidade excessiva será extraída das folhas e ramos. Novamente passará por um cilindro metálico, mas esse com uma composição tripla de cilindros, onde a matéria prima percorre o processo mecânico através de sucção pneumática por exaustores no fim do cilindro, levando a matéria prima até o ciclone e onde será distribuído em bolsas para o armazenamento. Depois dessa etapa, o processo de secagem da erva mate estará completo.

Atualmente, o controle da umidade no final do processo de secagem da erva mate é controlado de forma empírica, isso por conta de tantos anos trabalhando com o produto e sabendo de que sua forma, odor e cor refletem uma boa secagem e com os níveis de umidade baixos.

Vale lembrar que a erva mate se trata de uma planta que possui ciclos de floração e semente, onde os mesmos tem influência direta na quantia de água pertencente nas folhas comparado a épocas que a mesma está em estado maduro, essencial para a colheita. Os meses de perturbação nessa variável caminham entre novembro e fevereiro. Pequenas alterações nos períodos podem ocorrer por conta de ações da natureza.

Na figura 1 está detalhado o processo e fluxo que o produto irá percorrer durante o processo completo.



**Figura 1. Processo de secagem com fluxo.**

**Fonte: Autoria própria.**

Dessa forma, o processo de secagem como um todo se torna a principal etapa em manter a qualidade do produto.

As etapas posteriores utilizando a erva mate depende do produto final que será industrializado, sendo o tradicional chimarrão ou quaisquer outros já citados. Por sua vez, cuidados com a sanidade contemplam a qualidade do produto até chegar para o consumidor.

Por conta da umidade refletir diretamente na qualidade do produto é que justifica a importância do controle no fim do processo de secagem, onde posteriormente será armazenado no estoque e caso ocorra a remoção insuficiente da umidade, consequentemente evita a inativação das enzimas e a estabilização por completo do produto, onde pode resultar em uma concentração de taninos, tais compostos fenólicos oxidados que alteram a cor e sabor do produto quando consumido através de sua infusão.

## 2.2. Legislação referente a erva mate

Como citado anteriormente, a resolução mais recente da ANVISA em que aprova o “Regulamento Técnico para Café, Cevada, Chá, Erva Mate e Produtos Solúveis” (RDC – Nº 277, de 22 de setembro de 2005) onde não relata de forma explícita a umidade para erva mate, sendo a mesma revoga a RCD – Nº 302, de 7 de novembro de 2002 que cita o valor máximo de 10% de umidade na erva mate.

Diante deste cenário, é de responsabilidade da indústria que fabrica a sua erva mate seguir as boas práticas para fabricação e controle de variáveis como a umidade. Essa posição não garante ao consumidor nacional de que ao comprar produtos com erva mate na sua composição terá uma regra clara defendendo a qualidade do produto.

Se tratando de chás, uma bebida muito semelhante com a erva mate antes do processo de trituração pós secagem, e diretamente com a *Camellia Sinensis*, é permitido o máximo de 7% de umidade em pacotes prontos para venda, mas o intervalo aceito no processo de secagem é de 2,5 a 3,5% (b.u.) (Temple e van Boxtel, 2000). Essa diferença é adquirida entre o processo de armazenamento e industrialização, sendo o mesmo em que a erva mate estaria sujeita por conta da semelhança na composição de folhas e talos, assim como o processo de secagem.

Para que exista uma variável como base e levando em consideração as informações coletadas, trabalha-se com uma faixa de umidade na fase final de processo de secagem da erva mate entre 3,5 a 4,5%, sabendo que a mesma será elevada em torno de 4 pontos percentuais entre seu armazenamento e processo de industrialização.

### **2.3. Medidores de umidade para sólidos**

No mercado atual existem alguns modelos de medidores de umidade para sólidos que são utilizados em vários segmentos, inclusive no ramo alimentício.

A solução desenvolvida se assemelha a alguns equipamentos disponíveis no mercado nacional e internacional, conseguindo citar o da empresa brasileira Marrari Automação e seu equipamento UmiMate. O mesmo realiza leituras de segundo em segundo prometendo entregar uma medição real da umidade, contando também com um sistema de armazenamento e apresentação dos dados coletados.

Outra opção no mercado se trata do M75, equipamento que também é fabricado pelo grupo Marrari mas não instalado em linha de produção, mas com a retirada de amostras para a verificação. O mesmo é retirado para exemplo de seu valor, que hoje em um site paralelo de venda custa R\$ 13.500,00 reais<sup>1</sup>. Esses dados foram coletados para tratar sobre a maior diferença entre o projeto a ser desenvolvido e os equipamentos já existentes.

Muitas vezes as empresas procuram melhorar o seu processo de fabricação ou contar com equipamentos que auxiliem na qualidade do produto que fabricam, porém, por conta do alto custo de soluções tecnológicas acabam desistindo da aquisição. Com relação direta à micro e pequenas empresas que trabalham no ramo de erva mate, a aquisição de equipamentos como os citados se trata de uma realidade que não às pertence, e que com a falta de uma legislação que faça ser necessário a comprovação da umidade do produto o equipamento segue em segundo plano.

Em momento algum se despreza ter o controle absoluto da umidade real do produto, por mais que a forma empírica venha entregando uma boa qualidade, se existisse no mercado um produto semelhante e com um custo menor para a empresa, tal variável seria valorizada da forma necessária e o investimento seria viável para as mesmas por conta da possível melhora na qualidade final do produto.

Levando em conta essa possibilidade, a pesquisa busca desenvolver um hardware de baixo custo com microcontroladores que seja capaz de medir a umidade e de forma simples apresentar para os administradores, sendo possível acompanhar o histórico e até mesmo em tempo real, e assim tomar as medidas necessárias para corrigir a produção.

### **3. Trabalhos relacionados**

Os trabalhos relacionados que serviram como base de informações, dados técnicos e de pesquisas para complementação são os seguintes destacados.

ESTUDO DA SECAGEM DE ERVA MATE (*Ilex Paraguariensis*), de Daniel Pilatti.

O trabalho de Daniel consiste em obter dados e avaliar os efeitos da secagem bem como a modelagem matemática do processo. Dentre os processos, tem-se desde a medição da espessura, gramatura e de alguns equipamentos para secagem. Posteriormente coletas de

---

<sup>1</sup> M75 disponível para venda em: <<https://www.mfrural.com.br/detalhe/160084/medidor-de-umidade-para-materiais-a-granel-cavaco-maravalha-eucalipto-pinus>>

amostras para determinação de massa seca e cálculos para determinação da umidade real em fim de processo.

Com ensaios e diferentes temperaturas adotadas, os resultados auxiliaram em encontrar a melhor temperatura e velocidade do ar na secagem. Concluiu-se então que a melhor condição se trata de 75°C e velocidade de 2 m/s.

**MODELAGEM DINÂMICA E ANÁLISE DE UM SISTEMA DE CONTROLE DE UMIDADE DE FOLHAS DE ERVA-MATE EM SECADORES CONTÍNUOS DE ESTEIRA**, de André Luís Abitante.

A pesquisa mostra um processo distinto se comparada, mas o problema relacionado a umidade tem semelhança. No trabalho de André pode-se verificar o desenvolvimento da automação de esteiras para que seja controlado a umidade em processo da erva mate, que por não se tratar de um secador cilíndrico existe essa possibilidade. Realizando a pesquisa de necessidade de um sistema, tem prosseguimento com escolha do sistema a ser adotado.

Como resultado, o controlador PID adotado para controle mostrou-se ideal para o controle das esteiras por sua rápida resposta e estabilidade, concluindo assim um bom desempenho e atendeu as necessidades.

**MONITORAMENTO, COM ARMAZENAMENTO DE DADOS EM NUVEM, DAS VARIÁVEIS DE AMBIENTES DE ESTOQUE DE PEÇAS AERONÁUTICAS**, de Augusto Carvajal Quinaglia.

O desenvolvimento do sistema de monitoramento para peças aeronáuticas se assemelha com o que se propõe, pois a tecnologia e softwares utilizados seguem a mesma linha. No desenvolvimento realizado por Augusto, tem-se um sistema com sensor e microcontroladores que coleta dados de temperatura e umidade ambiente, armazena e mostra os mesmos com acesso remoto para que seja realizado o controle da variável na sala e manter a qualidade das peças.

Dentre os resultados, tem-se favorável a utilização do microcontrolador e a validade dos dados, concluindo que por conta de ser um dos menores investimentos conforme a literatura e entregando 99% dos pacotes de dados o sistema como um todo atendeu a sua finalidade proposta.

### **3.1. Considerações finais**

Em cada um dos trabalhos acima citados existe a obtenção de dados válidos na pesquisa, onde são utilizados para comparação dos dados estudados para uma melhor pesquisa.

Com uma relação direta, o trabalho de Augusto apresentou tecnologias que puderam ser empregadas na pesquisa mesmo que a aplicação final fosse distinta. Porém, todos os trabalhos tem uma relação com a pesquisa geral, com dados significantes e que contribuíram para a análise do processo.

## **4. Metodologia**

Neste item destaca-se a metodologia empregada para a realização do trabalho.

### **4.1. Busca por controladores e respectiva programação**

Trabalhos científicos com pesquisas detalhadas levando em consideração características físico-químicas da erva mate, faixa de umidade estável e assuntos relacionados foram

analisados para complementar a justificativa para a escolha da porcentagem ideal no produto, tendo em vista a falta da legislação como já citado.

Posteriormente foi levantado possíveis microcontroladores - Arduino UNO e componentes - e demais periféricos que poderiam fazer parte do projeto, levando em consideração a faixa de umidade que precisa ser validada e a sua precisão.

Com o controlador definido, o próximo era escolher um repositório online juntamente com sua comunicação para que fosse possível salvar as informações em um banco de dados, e assim ser projetados em uma dashboard para fácil visualização.

#### 4.2. Estudo de viabilidade para instalações físicas

Depois de ter o circuito e programação do controlador realizados para que o sistema embarcado pudesse funcionar de acordo com o proposto, cria-se um suporte para acoplar a caçamba na indústria, onde fosse possível coletar as amostras do produto para verificação da umidade sem que a produção precisasse ser interrompida ou até mesmo um colaborador para somente a função de retirada na produção, ou seja, foi projetado um equipamento para ler os dados em tempo real com a produção no seu fluxo normal.

Antes mesmo de realizar a instalação do microcontrolador na caçamba destinada para as amostras, destaca-se que o material utilizado para sua construção poderia alterar os dados ou até mesmo danificar o aparelho se não houvesse um bom isolamento, isso por se tratar de um material condutivo de calor e eletricidade.

Com isso, um outro protótipo foi construído com o devido material e com algumas mudanças necessárias para seu suporte no helicóide de distribuição em final de processo. O hardware foi instalado e se tornou possível os testes de funcionamento.

Para a obtenção de dados específicos da umidade, o hardware necessita ficar instalado no fim do ciclone e início do helicóide onde toda a matéria prima despejada pelo cilindro de secagem irá passar, assim, o controle através de amostras irá relatar com mais clareza.

Na figura 2 estará destacado o melhor lugar para instalação do hardware e um detalhamento maior em relação ao processo.

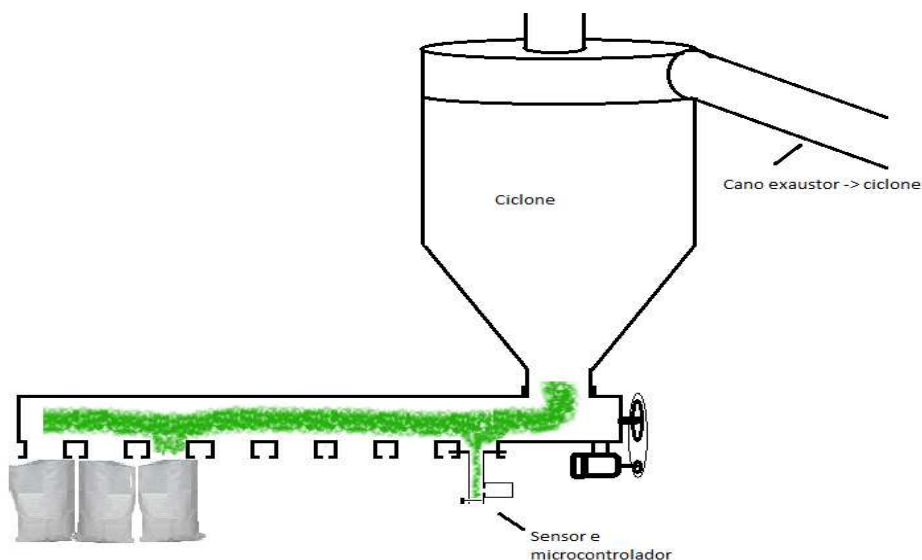


Figura 2. Local de instalação do hardware.

Fonte: Autoria própria.

## 5. Estudo de caso

Com a necessidade de comunicar esses dados com um servidor, a escolha do controlador já teve influência. Em vez de utilizar o Arduino UNO, foi escolhido a ESP-32, que se trata de um módulo de baixo consumo energético e pronto para aplicações envolvendo comunicação Wi-Fi que seria o necessário. O mesmo é a evolução do ESP8266.

Com o módulo aderido, a plataforma Adafruit IO inicialmente escolhida entrou em ação. Não se trata apenas de um banco de dados, mas uma ferramenta completa para organização e tratamento das informações. Utiliza comunicação MQTT (Message Queue Telemetry Transport) como base, onde é possível realizar uma comunicação com qualidade de rede Wi-Fi mediana. A transmissão e plotagem dos dados na dashboard é instantânea e em tempo real, onde ficara disponível por 30 dias para consultas futuras e com a possibilidade de transmitir 30 pacotes de dados em 60 segundos, com 5 dashboards diferentes e com 10 possíveis sensores. Isso tudo de forma gratuita.

Na figura 3, pode-se visualizar a dashboard do projeto no Adafruit IO.

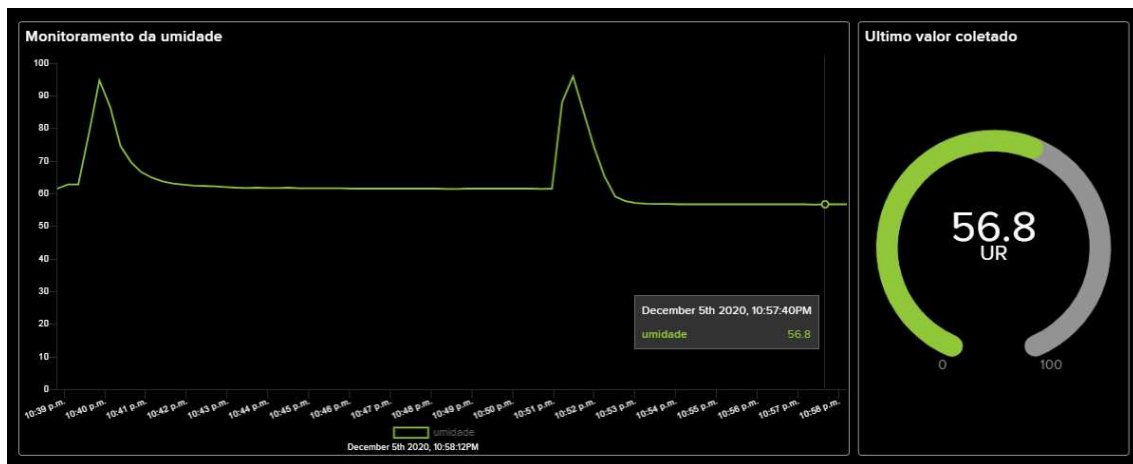


Figura 3. Dashboard no Adafruit IO.

Fonte: Autoria própria.

A configuração da comunicação e criação de gráficos para a apresentação foram realizadas com sucesso, visto que o material disponível de documentação e FAQ é vasto e de bom entendimento, conseguindo uma ótima compatibilidade com o módulo ESP-32.

Não foi necessário configurar uma rede de transmissão de dados específica na empresa, sendo utilizada diretamente a internet transmitida por roteadores/Access point.

Na escolha do sensor a ser usado é que se encontra uma lacuna. Com muitas pesquisas de possibilidades para acoplar no microcontrolador, infelizmente não foi possível seguir a metodologia de baixo custo e com a eficácia necessária na precisão da medição. Em várias ocasiões as sondas que se aproximavam dos pré-requisitos custavam cifras três vezes maiores que o próprio controlador. Com esse empecilho, o sensor utilizado no protótipo foi o DHT22, utilizado em grande escala para estações meteorológicas e análise da umidade ambiente em salas e estufas de irrigação.

Para a construção da caçamba que coleta a amostra para verificação foi utilizado inicialmente chapa de metal, mas que por ser um material condutivo com o risco de alterar os dados ou possíveis problemas, foi substituído por chapas de PVC, ficando mais leve e de fácil fixação dos componentes. Na construção dos protótipos, inicialmente foi desenvolvido com o auxílio de meu pai uma balança de pêndulo para a coleta das amostras



com um peso específico. No segundo protótipo a abertura foi modificada e sendo realizada de forma manual, com possibilidade de automação com o auxílio de motores para a abertura.

Na estrutura já instalada da empresa, foi aberto um pequeno orifício em um local estratégico do helicóide, onde o mesmo retira da produção em linha um montante de 10%, que será trabalhado para verificação da umidade.

Na figura 4 pode-se conferir o local de instalação com o segundo protótipo.

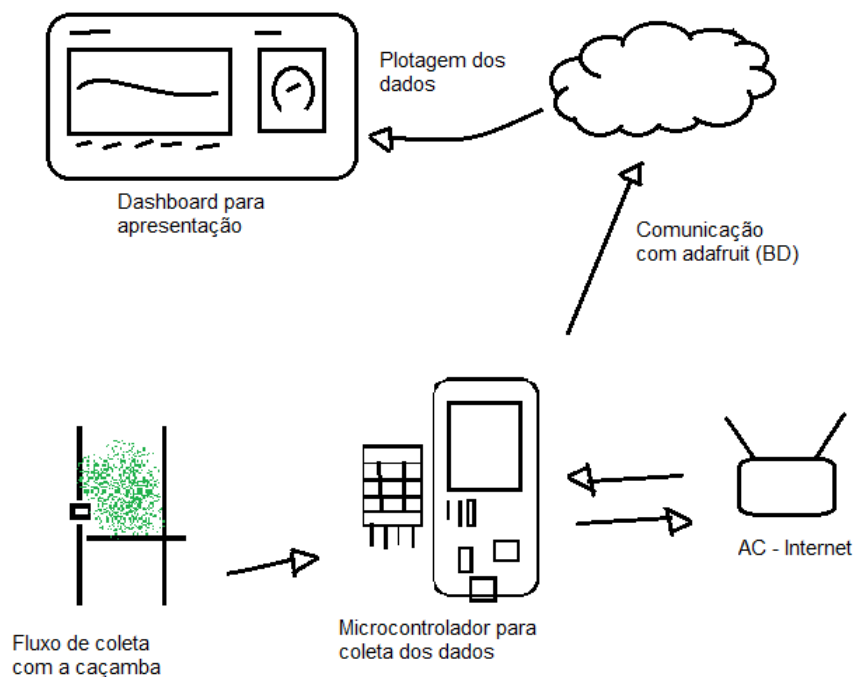


**Figura 4. Caçamba e microcontrolador instalados.**

**Fonte: Autoria própria.**

A leitura dos dados através do sensor DHT22 é realizada de 15 em 15 segundos, com aproximadamente 110g cada. A produção média por minuto na etapa de secagem é de 4400g, podendo variar por conta de épocas de floração ou se a matéria prima in natura recebeu água em sua superfície antes de iniciar o processo. Por esse fator variável, tornou-se viável coletar as amostras em relação ao tempo.

Na figura 5 descreve-se o sistema geral desenvolvido.



**Figura 5. Sistema completo.**

**Fonte: Autoria própria.**

## 6. Resultados

Com um estudo de funcionamento do helicóide, um orifício foi aberto na calha que originalmente teria sua queda livre de erva mate. Uma nova chapa com o corte ideal realizado foi adicionada na estrutura. O microcontrolador persistiu no local realizando as verificações de umidade durante o processo contínuo de secagem, onde o mesmo pode variar de 60 até 240 minutos, dependendo exclusivamente do montante de matéria prima in natura presente na empresa.

As leituras de dados foram realizadas no intervalo de 15 segundos, conforme relação destacada anteriormente para que fosse possível coletar 10% da vazão do processo. A amostra em questão fica em acordo com a citada em uma das resoluções destacadas na pesquisa de 100g, onde em variações pode chegar até 110g em média.

A dashboard da Adafruit IO foi eficiente perante o que era esperado no projeto, com os dados necessários sendo plotados no gráfico e também em paralelo com o último valor coletado pelo sensor. O software é completo, onde existe toda a comunicação de dados e a disponibilidade dos mesmos por um período de 30 dias para que se necessário análises posteriores possam ser realizadas.

## 7. Análise

De forma crítica, pode-se dizer que o sistema desempenhou suas funções de coleta de dados, envio e plotagem dos mesmos no software destinado para apresentar os dados remotamente e com facilidade de acesso.

Um dos problemas encontrados se trata do sensor em questão. Com as características técnicas do hardware e suas aplicações em demais pesquisas, constata-se que o mesmo é eficaz em medições de umidade ambiente e não para produtos sólidos. Em todo o período

de leitura que esteve em meio a matéria prima destacou-se pouca variação dos valores coletados.

A localização de um sensor de infravermelho ou tecnologia semelhante para verificar de forma localizada a umidade do produto não foi concluída com sucesso e por fatores econômicos tornou-se inviável a aquisição de exemplos com sondas para tentar uma solução, sendo que sensores de umidade do tipo capacitivo foram testados e falharam.

## 8. Conclusão

Com relação à proposta inicial da pesquisa, foi possível entregar um sistema embarcado de baixo custo e que realiza toda a comunicação com um software para visualização dos dados. Com o custo médio de R\$ 120,00 reais para a construção completa do circuito, pode-se dizer que com a elaboração de um sensor específico para leitura da umidade de sólidos ficará totalmente acessível para micro e pequenas empresas.

Outro fator que fica comprovado é de que com o monitoramento da umidade no final do processo de secagem e seguindo as orientações citadas da faixa ideal, o produto segue para industrialização com a certeza de mais qualidade e de rendimento máximo, pois se os níveis de umidade ficarem abaixo dos 2,5% a cor e sabor também ficarão com qualidades abaixo do esperado.

Os componentes utilizados para construção do circuito se mostraram eficientes e de fácil configuração, onde o software Adafruit IO confirmou ser o aliado ideal para a aplicação. Com a documentação e exemplos disponibilizados fica de fácil entendimento e construção de projetos.

Conclui-se este trabalho afirmando que um sensor apropriado para a leitura de umidade da erva mate não foi possível ser instalado, por não existir o hardware com a precisão necessária e com aplicação para produtos sólidos. Com características do fabricante, estima-se de que o sensor utilizado no desenvolvimento é ideal para estações meteorológicas e de ambientes controlados.

## Referências

- TEMPLE S.J., VAN BOXTEL A.J.B. “Control of fluid bed tea dryers: Controller design and tuning. Computers and Electronics in Agriculture”, 26(2), 159-170, 2000.
- Pilatti, Daniel. “ESTUDO DA SECAGEM DE ERVA MATE (*Ilex Paraguariensis*)”. Disponível em: <<http://tede.unioeste.br/bitstream/tede/1859/1/Daniel%20Pilatti%20Pereira.pdf>>, Fevereiro de 2013.
- Abitante, L. André. “MODELAGEM DINÂMICA E ANÁLISE DE UM SISTEMA DE CONTROLE DE UMIDADE DE FOLHAS DE ERVA-MATE EM SECADORES CONTÍNUOS DE ESTEIRA”. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/10367/Modelagem%20din%20amica%20e%20an%20alise%20de%20um%20sistema%20de%20controle%20de%20umidade%20de%20folhas%20de%20erva-mate%20em%20secad.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>, 2007.
- Quinaglia, C. Augusto. “MONITORAMENTO, COM ARMAZENAMENTO DE DADOS EM NUVEM, DAS VARIÁVEIS DE AMBIENTES DE ESTOQUE DE

- PEÇAS AERONÁUTICAS”. Disponível em: <<https://www.sorocaba.unesp.br/Home/Graduacao/EngenhariadeControleeAutomacao/galdenoro1906/relatoriotg- corrigido.pdf>>, Dezembro de 2019.
- Jensen, Suellen. “MODELAGEM E INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL DOS PROCESSOS DE SECAGEM E EXTRAÇÃO DE ERVA-MATE (*Ilex Paraguariensis*)”. Disponível em: <[https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/25581/Jensen%2c%202011\\_-versa-o%20final.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/25581/Jensen%2c%202011_-versa-o%20final.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>, Maio de 2011.
- Sousa, A. P. “AVALIAÇÃO DO USO DA BORRA DE ERVA-MATE PARA RECUPERAÇÃO DO SOLO DE PLANTIO DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St Hil.)”. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/49110/R%20-%20D%20-%20ARON%20PINTO%20DE%20SOUSA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>, 2013.
- Resende, M. D. V., Sturion, J. A., Carvalho, A. P., Simeão, R. M., Fernandes, J. S. C. “PROGRAMA DE MELHORAMENTO DA ERVA-MATE COORDENADO PELA EMBRAPA RESULTADOS DA AVALIAÇÃO GENÉTICA DE POPULAÇÕES, PROGÊNIES, INDIVÍDUOS E CLONES”. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/297567/1/circotec43.pdf>>, 2000.
- Santos, M. Margareth. “O IMPACTO DA LEGISLAÇÃO VIGENTE SOBRE A INDÚSTRIA DA ERVA-MATE CHIMARRÃO NA REGIÃO DO ALTO URUGUAI”. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5959/000434040.pdf?sequence=1>>, 2002.
- Fiorese, M., Sandri, J., Santos, C., Page, H., Ritter, M. “TREINAMENTO DOS MANIPULADORES DE ALIMENTOS E RESPONSABILIDADE SOBRE A SAÚDE PÚBLICA DOS COMENSAIS”. Revista Extendere. Vol.2 no.2, 2014. Disponível em: <<http://periodicos.uern.br/index.php/extendere/article/view/1285/729>>.
- Esmelindro, M. C., Toniazco, G., Waczuk, A., Dariva, C., Oliveira, D. “CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ERVA-MATE: INFLUÊNCIA DAS ETAPAS DO PROCESSAMENTO INDUSTRIAL”. Ciênc. Tecnol. Aliment. Vol.23 no.2 Campinas, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v22n2/a16v22n2.pdf>>.
- Borille, A. M. W., Reissmann, C. B., Freitas, R. J. S. “RELAÇÃO ENTRE COMPOSTOS FITOQUÍMICOS E O NITROGÊNIO EM MORFOTIPOS DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St.Hil.)”. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/download/1279/1072>>, 2005.
- SOMMERVILLE, Ian. “ENGENHARIA DE SOFTWARE”. 9. edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
- Mcroberts, M. “ARDUINO BÁSICO”. 2. Ed. São Paulo: Novatec, 2015. 506 p.
- Oliveira, C. L. V. “ARDUINO DESCOMPLICADO: COMO ELABORAR PROJETOS DE ELETRÔNICA”. São Paulo, Erica 2015.

Stevan, S. L. J. “AUTOMAÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO INDUSTRIAL COM ARDUINO: TEORIA E PROJETOS”. São Paulo, Erica 2015.

ARDUINO. “ABOUT US”. 2018. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/AboutUs>>.

ADAFRUIT IO. “LEARN”. Disponível em: <<https://learn.adafruit.com/category/adafruit-io>>.

Yuan, M. “CONHECENDO O MQTT”. Disponível em: <<https://developer.ibm.com/br/technologies/iot/articles/iot-mqtt-why-good-for-iot/#:~:text=Desenvolvido%20com%20base%20na%20pilha,no%20final%20dos%20anos%2090.&text=Como%20seu%20nome%20sugere%2C%20ele.comunica%2C%20A7%2C%20A3o%20ass%2C%20Dncrona%20entre%20as%20partes.>>, Outubro de 2017.

Resolução, RDC Nº 302. “REGULAMENTO TÉCNICO PARA FIXAÇÃO DE IDENTIDADE E QUALIDADE DE ERVA MATE”. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/rdc0302\\_07\\_11\\_2002.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/rdc0302_07_11_2002.html)> , Novembro de 2002.

Resolução, RDC Nº 277. “REGULAMENTO TÉCNICO PARA CAFÉ, CEVADA, CHÁ ERVA-MATE E PRODUTOS SOLÚVEIS”. Disponível em: <<https://www.saude.rj.gov.br/comum/code/MostrarArquivo.php?C=MjIwMg%2C%2C>> , Setembro de 2005.

Portaria, SAES Nº 663/2018. “REGULAMENTO TÉCNICO DE BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO PARA ESTABELECIMENTOS INDUSTRIALIZADORES DE ERVA-MATE E DERIVADOS E LISTA DE VERIFICAÇÃO DE BOAS PRÁTICAS PARA OS ESTABELECIMENTOS INDUSTRIALIZADORES DE ERVA-MATE E DERIVADOS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL”. Disponível em: <<https://saude.rs.gov.br/upload/arquivos/carga20180856/03155626-663.pdf>>, Junho de 2018.