

## **SUPERVISÃO DE VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS E ELÉTRICAS NA REFRIGERAÇÃO DO LEITE PRODUZIDO PELO PEQUENO PRODUTOR RURAL**

WESLEY MATHEUS ARAÚJO DA SILVA<sup>1</sup>, VITORIA BORGES SANTANA<sup>2</sup>, MANOEL ALVES CORDEIRO NETO<sup>3</sup> e GERÔNIMO BARBOSA ALEXANDRE<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Estudante extensionista, IFPE, Garanhuns-PE, wmas@disente.ifpe.edu.br;

<sup>2</sup>Estudante extensionista, IFPE, Garanhuns-PE, vbs@disente.ifpe.edu.br;

<sup>3</sup> Prof. EBTT, M. Sc. Engenharia Elétrica, IFPE, Garanhuns-PE, manoel.neto@garanhuns.ifpe.edu.br

<sup>4</sup> Prof. EBTT, M. Sc. Engenharia Elétrica, IFPE, Garanhuns-PE, geronimo.alexandre@garanhuns.ifpe.edu.br

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
15 a 17 de setembro de 2021

**RESUMO:** Nesse artigo propomos realizar a automação de um tanque de refrigeração de leite. Para realizarmos isso elaboramos um estudo teórico na área para identificarmos as principais necessidades do setor. Ao realizarmos, elaboramos o esquemático do sistema e identificamos os sensores necessários. Para facilitar o controle do tanque aplicamos a tecnologia IoT, através da internet enviamos os dados obtidos pelos sensores para a plataforma ThingSpeak, onde o proprietário e o operador do tanque poderão acessar as informações em tempo real de qualquer lugar. Podemos apresentar como resultados mais relevantes a eficiência em controle de perdas e melhor aproveitamento do planejamento das rotas de coleta do leite nas fazendas produtoras. Podemos constatar através desse projeto que através da tecnologia o setor agrícola poderá crescer significativamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Automação, IoT, leite, inovação.

### **SUPERVISION OF PHYSICAL-CHEMICAL AND ELECTRICAL VARIABLES IN THE REFRIGERATION OF MILK PRODUCED BY THE SMALL RURAL PRODUCER**

#### **ABSTRACT:**

In this article we propose to carry out the automation of a milk cooling tank. To accomplish this, we prepared a theoretical study in the area to identify the main needs of the sector. When we do, we draw the schematic of the system and identify the necessary sensors. To facilitate the control of the tank we apply IoT technology, through the internet we send the data obtained by the sensors to the ThingSpeak platform, where the owner and the operator of the tank can access the information in real time from anywhere. We can present as the most relevant results the efficiency in loss control and better use of the planning of the milk collection routes in the producing farms. We can see through this project that through technology the agricultural sector can grow significantly.

**KEYWORDS:** Automation, IoT, milk, innovation.

#### **INTRODUÇÃO**

A indústria de laticínios é um importante ramo da agropecuária brasileira. O leite representa 24% do valor bruto da produção (VBP) gerado pela pecuária (Zoccal, 2017). Para que o leite possa ser utilizado pela indústria o produtor deve tomar uma série de medidas imposta pela EMBRAPA dentre essas medidas uma diz que o leite deve ter sua temperatura reduzida para 4°C em até duas horas após a ordenha, para realizar essa tarefa os produtores utilizam tanques de refrigeração, esses equipamentos nada mais são que grandes “geladeiras” que ligam e desligam de acordo com a temperatura do leite armazenado.

Através desses tanques a quantidade de leite desclassificado por acidez diminuiu bastante visto que antes da popularização desses tanques o leite era armazenado em latões de até 50 litros muitas vezes

exposto a altas temperaturas que aumentavam a acidez do leite diminuindo assim sua qualidade. Apesar do grande avanço proporcionado por esses tanques ainda há muito que ser melhorado, como por exemplo: Implantação de um sistema inteligente que calcule a quantidade de energia gasta pelo tanque, medição e monitoramento em tempo real do pH do leite visando diminuir as perdas por acidez, disponibilização desses dados em plataforma de fácil acesso para o proprietário, desenvolvimento de um sistema de avaliação da qualidade do leite antes dele ser adicionado ao tanque evitando a contaminação do leite refrigerado. Neste projeto estamos desenvolvendo os três últimos sistemas mencionados como exemplos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A presente pesquisa caracteriza-se como teórico-experimental. Inicialmente, na fase teórica, realizou-se a revisão bibliográfica por meio de livros, artigos e sites acadêmicos e especializados para compreensão do problema e paralelamente foram feitas consultas de protótipos já desenvolvidos (academicamente) e produtos já comercializados, a nível nacional e internacional. Por meio desta pesquisa foi possível avaliar erros e acertos em projetos semelhantes e dessa forma modificar alguns detalhes no trabalho. Além disso, foi iniciado o desenvolvimento do código em C a ser utilizado no protótipo.

Em seguida, foram feitas simulações do protótipo e do código em softwares específicos, como o Fritzing, Quickcad, Proteus e a própria plataforma do microcontrolador utilizado. Após essa etapa, foi elaborada uma lista de materiais a serem utilizados na confecção do protótipo. O orçamento está listado na Tabela 1. A princípio, o microcontrolador escolhido para realizar o projeto foi o Arduino Uno R3, porém o mesmo não atendia as necessidades do projeto devido ao seu número limitado de portas. Dessa forma, escolheu-se o Arduino MEGA devido ao seu amplo número de saídas e entradas digitais. Porém esse microcontrolador ainda não era aplicável devido à necessidade de conexão Bluetooth e WiFi. Sendo assim, foi escolhido o ESP32/Esspressif Devkit ESP-WROOM-32 V1.0 como microcontrolador do projeto, pois além de possuir uma grande quantidade de portas disponíveis, torna possível a conexão sem fio. Este microcontrolador se mostrou uma ferramenta muito útil para solucionar o problema que motivou a criação do projeto, já que além de ter um custo baixo e a capacidade de se comunicar de forma wireless, também pode ser programado através do Arduino Software (IDE), que é open source, tornando possível uma grande customização para que se atenda a todos os pré-requisitos do projeto.

Com os materiais em mãos, foi realizada a montagem do protótipo, que por sua vez foi submetido a testes e assim sofreu algumas alterações, assim como o código montado anteriormente. O medidor experimental foi desenvolvido no Laboratório de Eletrônica e Circuitos Elétricos, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco campus Garanhuns. O protótipo final deverá ser calibrado e validado inicialmente em laboratório, depois será utilizado em oficina experimental a ser utilizado por estudantes e professor do IFPE e instituições da região e por fim será feita a instalação e testes de aceitação nos tanques de 1000 litros cedidos pelas empresas parceiras do projeto: a Associação dos Moradores e Produtores Rurais de Campo Grande e Região, a Fazenda Marcos Rogério Rocha Malta e o Laticínio Belo (Povoado Campo Grande / Águas Belas – PE).

Dentre os sensores utilizados podemos destacar:

**DS18B20:** O Sensor de Temperatura DS18B20 Prova D'água do Tipo Sonda é um dos componentes mais utilizados em projetos que envolva medição de temperatura em ambientes úmidos ou em recipientes com líquido. O sensor é revestido por um material à prova d'água e sua ponta é encapsulada em aço inoxidável.(OLIVEIRA, 2019).

**JSN-SR04T:** O JSN-SR04T é um sensor de distância ultra-sônico à prova d'água, fácil de usar, com uma faixa de 25 a 450 cm.(FELIPE,2019).

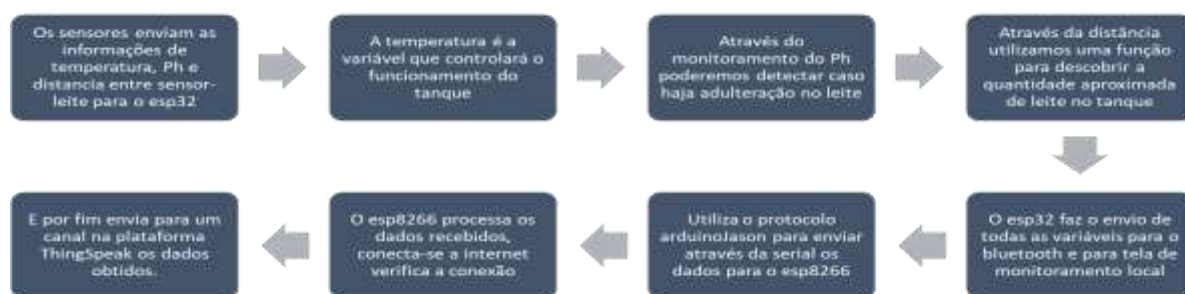
**PH-4502C:** O Sensor de pH Arduino é um sensor muito funcional e prático desenvolvido especialmente para trabalhar em conjunto com microcontroladores, podendo atuar em inclusive com o Raspberry Pi.

De forma simplificada, pH significa potencial hidrogeniônico (quantidade de prótons H<sup>+</sup>), possibilitando indicar a neutralidade, acidez ou mesmo a alcalinidade de uma solução líquida.(USINAINFO).

**Nokia 5110:** é um display com ótima relação custo x benefício para o seu projeto, pois se trata de um display gráfico monocromático com resolução de 84×48 pixels, e com ele você pode ter em uma mesma tela gráficos e texto.(FELIPEFLOP).

Foi realizado também um estudo para escolher o formato e a localização (em relação ao tanque onde será instalada) mais adequados possíveis para a sonda. Nessa etapa foi realizada uma comparação entre o medidor de energia montado e já comercializado AEOTEC Energy Meter (R\$ 350,00) em relação à medição de dados e também para calibração do sensor de corrente. Na figura 1 temos uma simulação da instalação da sonda multi-parâmetros no tanque. O medidor de energia estará conectado ao cabo de alimentação do mesmo tanque.

Fluxograma 1 – Pseudocódigo do sistema.



Fonte: autores.

Finalmente, foi desenvolvido o sistema de monitoramento remoto (online) utilizando a plataforma online Thingspeak, uma plataforma de análise IoT (Internet of Things) que permite agregar, visualizar e analisar streams de dados, de uma forma muito simples. Seu protocolo de comunicação é baseado em HTTP para envio de dados gerados no ESP32, Arduino ou qualquer outro dispositivo com recursos para comunicação em rede. Uma de suas grandes vantagens é a possibilidade de visualização dos dados enviados pelos dispositivos em tempo real, e também a possibilidade de analisá-los recorrendo ao MATLAB, software interativo de alta performance voltado para o cálculo numérico. O monitoramento remoto foi complementado pelo desenvolvimento de um aplicativo Bluetooth para monitoramento via celular.

O sistema proposto possui três estações, sendo elas: estação de comando (composta por aplicativo para celular e tela de monitoramento no local), estação de medição (sensores no tanque de refrigeração) e estação de execução (microcontrolador). A estação de medição enviará os dados obtidos para estação de execução que repassará para estação de comando onde o responsável pelo tanque poderá enviar como resposta um comando que fará ligar ou desligar o refrigerador. Sendo assim, fica garantida a redução de perdas técnicas e a degradação do produto.

Tabela 1 – Orçamento do projeto.

Material	Preço (média)
Fonte 5V	R\$15,90
Display LCD	R\$27,90
Protoboard para montagem	R\$11,60
ESP32	R\$60,00
Sensor de pressão	R\$75,00
Sensor de pH	R\$64,13
Sensor ultrassônico	R\$17,22
Sensor de temperatura	R\$15,21
Sensor de corrente	R\$48,90
<b>TOTAL</b>	<b>R\$335,86</b>

Fonte: autores.

Figura 1 – Detalhes da instalação da sonda de medição no tanque de refrigeração do leite.



Fonte: autores.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os materiais utilizados para a montagem do protótipo somam um valor total de R\$335,86, o que confirma a possibilidade da criação de um medidor de energia inteligente e uma sonda multi-parâmetros a um preço baixo, quando comparado ao valor de um medidor de objetivos próximos existente no mercado – por exemplo, o AEOTEC Energy Meter Samsung custa em média R\$ 350,00 e substituiria apenas o medidor de energia do protótipo.

Em relação ao medidor de energia, seu sensor de corrente possui precisão relativamente boa, principalmente quando analisada a questão custo-benefício; porém não é de performance idêntica à um sensor profissional de alto desempenho e pode apresentar desvios nas medições. Para amenizar essa dificuldade, a comparação dos dados obtidos pela estação de baixo custo com dados obtidos por um sensor de performance profissional, como o próprio AEOTEC Energy Meter pode ajudar a calibrar o medidor proposto aumentando o desempenho ao longo do tempo.

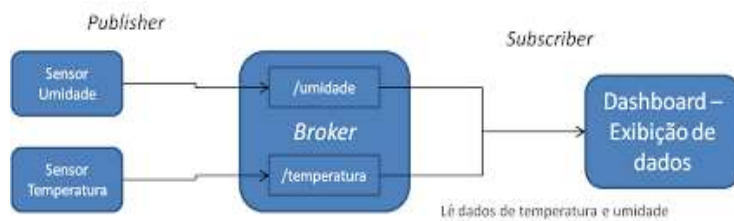
A Figura 3 ilustra uma visão geral do canal confeccionado usando a plataforma ThingSpeak, que recebe e disponibiliza os dados enviados pelos dois protótipos desenvolvidos. Esses gráficos são gerados da seguinte maneira: os sensores enviam via sinal digital ou analógico os dados obtidos para o microcontrolador que faz o processamento desses dados de acordo com o código fonte, em seguida envia via MQTT os dados processados para o canal confeccionado no ThingSpeak.

O fluxograma de dados na nuvem usando o protocolo MQTT é ilustrado na Figura 2, O *Publisher* do projeto será o microcontrolador nodeMCU que enviará os dados de todos os sensores, a plataforma ThingSpeak desempenhará o papel de *Broker* e qualquer pessoa que acessar o canal disponibilizado pelo sistema será o *Subscriber*.

O ThingSpeak possui apenas uma limitação: o tempo entre upload de dados deve ser de, no mínimo, 15 segundos. Se isso for desobedecido, os dados enviados fora deste intervalo de tempo serão ignorados ou não registrados. No experimento realizado os uploads foram feitos em intervalos de 60 segundos.

Na versão gratuita da ferramenta ThingSpeak há limitações de nove gráficos simultâneos por canal, sendo oito para as medições e o nono gráfico diz respeito ao ponto de localização do medidor (coordenadas de latitude, longitude e elevação). No canal criado existe uma seção chamada “*metadata*” onde é possível inserir informações que utilizem os dados medidos para gerar arquivos do tipo JSON, XML, CSV. A ferramenta permite ao administrador a inserção de um único vídeo do YouTube (por exemplo, o link no YouTube para apresentação do canal confeccionado) e a exportação do código fonte para a plataforma Github (nuvem de compartilhamento de códigos abertos na Web).

Figura 2 – Fluxo de dados na supervisão remota.



Fonte: autores.

Figura 3 – Tela de monitoramento via internet.



Fonte: autores.

## CONCLUSÃO

Os protótipos construídos e validados apresentaram baixo custo, dados confiáveis e precisão nas medições; sendo uma ferramenta didática de apoio ao ensino-aprendizagem no ensino da Graduação em Engenharia Elétrica. O diferencial dos produtos está na supervisão remota dos dados medidos e na disponibilidade das medições para qualquer usuário conectado à internet, seja por computadores ou dispositivos móveis. Os sistemas apresentaram baixo custo quando comparado com os modelos comerciais, apresentando boa precisão e robustez.

Em relação à perspectiva de trabalhos futuros tem-se: (a) projetar e incorporar maior número de sensores; (b) projetar e incorporar um sistema especialista para detecção e diagnóstico de falhas nos sensores, nos atuadores e no tanque; (c) explorar a capacidade do ESP32 na criação de um servidor Web; (d) desenvolvimento de aplicativo Bluetooth / Web para monitoramento via dispositivos móveis. Em relação ao Plano de Trabalho 2 temos: (e) projetar e incorporar a medição de potência reativa; (f) projetar e incorporar a medição de fator de potência; (g) desenvolver o sistema de comando remoto dos eletrodomésticos caso seja detectado alguma anormalidade (por exemplo, surto de tensão, consumo acima da média); (h) explorar a capacidade do ESP32 na criação de um servidor Web; (i) desenvolvimento de aplicativo Bluetooth / Web para monitoramento via dispositivos móveis.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Pernambuco, em especial ao Departamento de Engenharia Elétrica do campus Garanhuns.

## REFERÊNCIAS

- DULES, L. F., et al. **Desenvolvimento de um sistema móvel e automático a telemetria para monitoramento de temperaturas em águas poluídas de rios e lagoas**. In: CONNEPI, 2012, Palmas – TO.
- FELIPEFLOP. **Display LCD Nokia 5110**. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/display-lcd-nokia-5110/>. Acesso em: 29 de maio de 2020.
- FELIPE, N. **SENSOR ULTRASÔNICO JSN-**. 2019. Disponível em: <https://niltonfelipe.wordpress.com/2019/05/29/sensor-ultrasonico-jsn-sr04t/>. Acesso em: 29 de maio de 2020.

OLIVEIRA, E. **Como usar com Arduino – Sensor de Temperatura DS18B20 Prova D'água do Tipo Sonda**. 2019. Disponível em: <https://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/como-usar-com-arduino-sensor-de-temperatura-ds18b20-prova-dagua-do-tipo-sonda/>. Acesso em: 29 de maio de 2020.

SANTANA, T. S., et al. **Monitoramento em tempo real de parâmetros físico-químicos: pH e temperatura, usando hardware livre**. In: VI CONIC do IF Goiano, 2017.

SULINOX, Ordenhadeiras. **Manual do proprietário: Tanque refrigerador de leite a granel**. Disponível em: [http://sulinox.com/manuais/Resfriador\\_de\\_Leite.pdf](http://sulinox.com/manuais/Resfriador_de_Leite.pdf). Acesso em: 24 mai. 2020.

TIPÁN, L. F e RUMIPAMBA, J.A. **Medidor inteligente de energía eléctrica utilizando la tarjeta electrónica Raspberry Pi**. Revista Técnica Energía. Edición nº 14, Enero 2018. ISSN 1390-5074.

USINAINFO. **Sensor de pH Arduino + Módulo de Leitura**. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/outros-sensores-arduino/sensor-de-ph-arduino-modulo-de-leitura-5316.html>. Acesso em: 29 de maio de 2020.

ZOCAL, R. **A atividade leiteira retratada no Censo Agropecuário 2017**. In: Revista Balde Branco/Ano 53 n. 646. São Paulo-SP: Balde Branco. p 16-17. 2018.