

SRSCP – PROTÓTIPO DE SOLUÇÃO DE SEGURANÇA DE CARGAS PERECÍVEIS

Leandro Fraiha Paiva¹, Paulo Eduardo Cardoso¹, Renan Guilherme Nespolo²

¹Aluno do Curso de Big Data do Agronegócio, FATEC Bebedouro, leandro.paiva@fatec.sp.gov.br

²Professor do Curso de Big Data do Agronegócio, FATEC Bebedouro, paulo.andrade19@fatec.sp.gov.br

²Professor do Curso de Big Data do Agronegócio, FATEC Bebedouro, renan.nespolo01@fatec.sp.gov.br

RESUMO

O transporte de produtos perecíveis exige cuidados e monitoramento constantes para garantir sua qualidade e segurança, especialmente considerando o impacto significativo do desperdício de alimentos na cadeia de suprimentos. A refrigeração é fundamental para a conservação dos alimentos, mas é essencial manter as condições adequadas ao longo de toda a cadeia do frio para evitar perdas e deterioração. Nesse contexto, o projeto propõe a criação de um protótipo de Solução Redundante de Segurança de Cargas Perecíveis (SRSCP). A solução visa o monitoramento da temperatura interna utilizando dois tipos distintos de sensores, o sistema oferecerá conectividade sem fio, além de interoperabilidade, possibilitando uma gestão eficiente da cadeia de distribuição de produtos perecíveis. A integração da solução visa minimizar perdas e otimizar a gestão de riscos. Ao fornecer dados precisos e atualizados, a solução permitirá uma tomada de decisões proativas e uma melhor preservação da qualidade dos alimentos ao longo de sua jornada até o consumidor final.

Palavras-chave: Transporte Produtos Perecíveis, Monitoramento Ambiental; Tecnologia IoT.

1 INTRODUÇÃO

A quantidade de alimento desperdiçada ao longo da cadeia de suprimentos seria suficiente para alimentar 870 milhões de pessoas. Dentro de uma perspectiva ambiental esses desperdícios globais de alimentos impactam anualmente em: emissão de 3,3 bilhões de toneladas de gases de efeito estufa na nossa atmosfera, uma vez que esses alimentos consumiram recursos naturais durante suas etapas de produção, Esse desperdício atinge um montante de 750 bilhões de dólares por ano e impacta o uso da terra uma vez que terras agrícolas são liberadas para pastagem que afetam a degradação do meio ambiente, ocasionando declínio sobre a biodiversidade (Nolétto, 2018).

As falhas na cadeia do frio podem causar perda de peso, mudanças de cor e textura, além de iniciar processos de degradação causados por microrganismos e fungos nos alimentos. Uma vez que o alimento seja exposto a uma temperatura inadequada, haverá uma redução da qualidade do produto que é irreparável. E mesmo com todos os protocolos atendidos os equipamentos podem ainda apresentar falhas de funcionamento de refrigeração, termômetros ou travas (Codex Alimentarius, 1976; Jedermann et al., 2009).

Deste modo o presente estudo busca apresentar um protótipo de valor mínimo (MVP) de uma solução para o monitoramento da temperatura da carga em tempo real e poder comunicar o motorista caso um dos sensores apresente anomalias quanto a medição de temperatura.

As principais contribuições do presente trabalho são: 1. Apresentar o protótipo capaz de monitorar cargas frias; 2. Utilizar sensores distintos e garantir redundância no sensoriamento; 3. Embarcar no veículo uma saída de comunicação para ação rápida em caso de anomalias de temperatura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A presente seção está segmentada em: 2.1 Gestão de Riscos; 2.2 Transportes de Cargas Frias; 2.3 Microcontrolador ESP8266 e 2.4 Metodologia.

2.1 Gestão de Riscos

O transporte de produtos perecíveis é uma questão crucial para qualquer empresa de logística. Esses produtos são altamente sensíveis e demandam cuidados específicos para evitar danos ou contaminação ao longo do trajeto. Por essa razão, o transporte desses itens é rigorosamente regulamentado, com o intuito de preservar a qualidade dos produtos e, conseqüentemente, a saúde dos consumidores finais. A seguir, são apresentadas algumas sugestões para a abordagem teórica da pesquisa. É essencial estar atento a essas diretrizes e utilizar os recursos adequados é essencial para garantir o sucesso da operação (Opentech, 2024).

De forma geral, produtos perecíveis exigem condições especiais para transporte, armazenamento e manuseio, assegurando que cheguem ao destino em perfeitas condições. Exemplos comuns incluem: alimentos frescos como frutas, vegetais, carnes, peixes e laticínios; produtos agrícolas como flores, plantas vivas e hortícolas; produtos farmacêuticos, incluindo drogas e vacinas que necessitam de controle de temperatura; itens biológicos como amostras de laboratório e órgãos para transplante; e produtos de origem animal como ovos, leite e derivados.

2.2 Transporte de Cargas Frias

Os principais fatores para um transporte eficiente de carga refrigerada incluem a embalagem, o manuseio, o acondicionamento e o transporte das mercadorias, todos ajustados conforme as especificidades de cada produto. A regulamentação desse tipo de transporte no Brasil é estabelecida pela Norma NBR 14701, em vigor desde 2002.

Conforme as diretrizes, o veículo deve iniciar o processo de resfriamento cerca de 15 minutos antes da partida, atingindo a temperatura adequada para o tipo de mercadoria a ser transportada. As temperaturas exigidas (ABC Cargas, 2022) são: congelados entre -12°C e -18°C; refrigerados entre 4°C e 10°C; e aquecidos acima de 65°C.

Nesse contexto, o transporte de alimentos destinados ao consumo humano está sujeito a uma fiscalização rigorosa. Os principais aspectos monitorados são o tempo de transporte, as condições de higiene e o controle adequado da refrigeração. Esses alimentos devem ser transportados em embalagens completamente fechadas, resistentes e impermeáveis, contendo um registro da temperatura durante toda a viagem (Evans, 2008).

2.3 Microcontrolador ESP8266

ESP8266 e ESP32 são uma série de microcontroladores de baixo custo e baixo consumo de energia criados e desenvolvidos para serem utilizados nas mais diversas aplicações IoT existentes hoje. Por possuírem um módulo integrado WiFi e Bluetooth (o segundo somente disponível no ESP32) e uma antena integrada, tornam-se perfeitos para implementações com conectividade a curta distância ou à internet. Isso se torna a principal vantagem em relação ao Arduino, que precisa de um módulo WiFi ou Bluetooth externo para poder realizar conexões do mesmo tipo. Em algumas versões do ESP8266 (figura 1(a)) e do ESP32, o seu design é criado para que possa ser colocado numa protoboard, como se fosse um CI, para que seja fácil construir protótipos em um Microcontrolador (Wiki Ada, 2019).

2.3.1 Sensor de Umidade e Temperatura DHT11

O Sensor de Umidade e Temperatura DHT11 (Figura 1(b)) é um componente versátil amplamente utilizado em projetos de automação residencial, monitoramento ambiental e controle climático. Com suas especificações notáveis, como faixa de umidade de 20% a 90%, precisão de $\pm 5\%$ e faixa de temperatura de 0°C a 50°C com precisão de $\pm 2^\circ\text{C}$, o DHT11 oferece medições confiáveis. Compatível com plataformas populares como Arduino, Raspberry Pi e ESP32, é fácil de usar e oferece uma integração perfeita em uma variedade de projetos. Sua interface digital simplifica a leitura de dados e sua construção robusta garante durabilidade (Maker Hero, 2024).

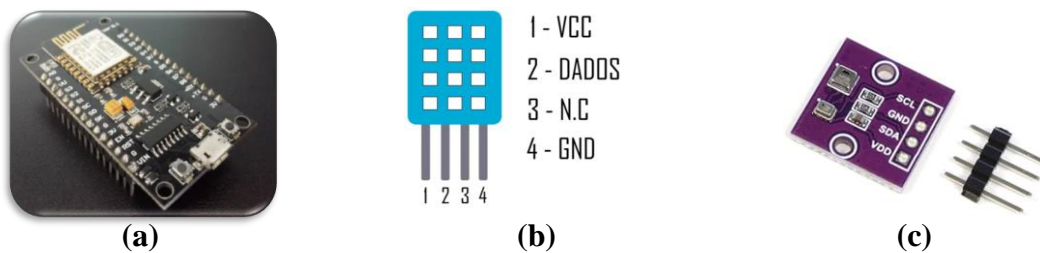
Com uma faixa de medição de temperatura de 0°C a 50°C, o Sensor de Umidade e Temperatura DHT11 é capaz de monitorar eficazmente as variações térmicas em diversas aplicações. Seja para garantir o conforto em ambientes internos, controlar processos industriais ou monitorar condições climáticas externas, essa faixa de

temperatura permite uma análise abrangente das condições ambientais (Maker Hero, 2024).

2.3.2 Componentes de Sensoriamento

O Módulo de Pressão Atmosférica, Temperatura e Umidade DHT20 + BMP280, como o próprio nome indica, possui dois sensores digitais que proporcionam medições de alta precisão integrados em um circuito simples de fácil conexão e baixo consumo, ideal para projetos que necessitam de monitoramento ambiental como: estufas, estações meteorológicas. No entanto, também podem ser úteis para projetos que envolvam IoT e automação residencial. O sensor de temperatura redundante BMP280 contempla uma faixa de sensoriamento de temperatura de temperatura: 0,01 °C; precisão de temperatura de 1°C; e taxa de amostragem de 157 Hz. O sensor BMP280 é apresentado na Figura 1 (b).

Figura 1 – Microcontrolador ESP8266(a); Sensor de Umidade e Temperatura DHT11(b); e Módulo de Pressão Atmosférica, Temperatura e Umidade BMP280(c).



Fonte: (Maker Hero, 2024).

2.4 Metodologia

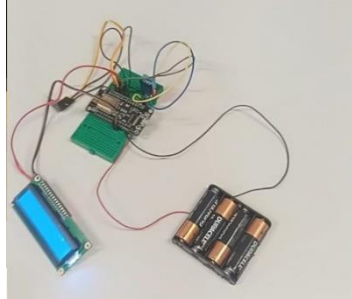
Na presente seção é apresentada a construção do protótipo de Solução Redundante de Segurança de Cargas Percíveis (SRSCP). Na construção, dois sensores DHT11 e BMP280 foram colocados no compartimento de cargas para o sensoriamento de temperatura, caso um dos sensores apresente anomalias na medição um sinal é passado para o motorista como alerta para a verificação das condições de armazenamento. A prototipação da solução é apresentada na figura 2(a) e o IP para acessar os testes é apresentado na figura 2(b).

2.4.1 Componentes utilizados

Micro controlador ESP8266: Este micro controlador é ideal devido à sua capacidade de conectividade Wi-Fi, que permite enviar dados para um servidor ou nuvem para monitoramento remoto. Sensores: DHT11, para medir a temperatura e umidade;

BMP280, outro sensor de temperatura, com sua medição realizada por meio de pressão atmosférica e utilizado para realizar comparação de temperaturas com o DHT11.

Figura 2 – Prototipagem do SRSCP(a) Endereço IP do microcontrolador (b).



(a)

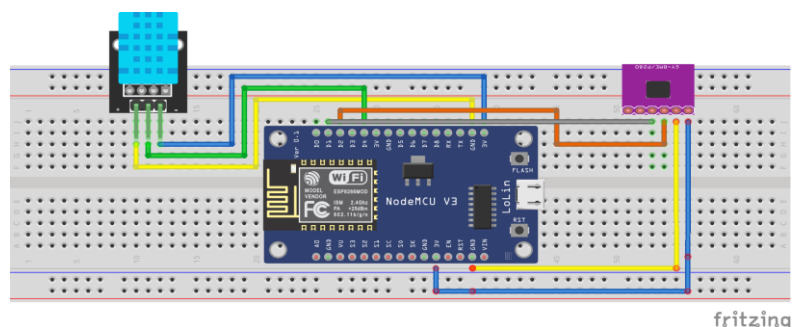


(b)

Fonte: Elaborada pelo autor.

Conectar os sensores (DHT11, BMP280) ao micro controlador ESP8266. Certificar de seguir as especificações de pinagem de cada sensor e fazer as conexões necessárias. O esquema de conexões é apresentado na figura 3.

Figura 3 - Modelo Esquemático da conexão de todos os componentes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.4.2 Desenvolvimento da Programação

Programação do ESP8266: escrever um código para o ESP8266 utilizando a Arduino IDE. Utilizar as bibliotecas para os sensores DHT11 e BMP280: SoftwareSerial, Wire, Adafruit_GFX, Adafruit_SSD1306, Adafruit_BMP280. Configurar o ESP8266 para se conectar à rede Wi-Fi disponível. Realizar as leituras dos sensores em intervalos regulares. Enviar os dados coletados para um servidor ou nuvem através de requisições HTTP ou MQTT.

2.4.5 Monitoramento Remoto

Configurar um servidor ou utilizar uma plataforma de nuvem para receber os dados enviados pelo ESP8266. Desenvolver uma interface de usuário para visualização

das leituras em tempo real e configurar alertas caso os valores de temperatura, umidade ou pressão atmosférica ultrapassem limites predefinidos. Utilizar a conectividade Wi-Fi do ESP8266 para enviar os dados para o servidor em intervalos regulares.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da criação do protótipo são os benefícios dados como: monitoramento em Tempo Real: o sistema será capaz de realizar leituras precisas de temperatura, umidade e pressão atmosférica em intervalos regulares. E a conectividade Wi-Fi através do microcontrolador ESP8266 estabelecerá conexão com a rede Wi-Fi disponível, permitindo o envio dos dados coletados para um servidor ou plataforma de nuvem; transmissão de dados: os dados coletados serão transmitidos para o servidor ou plataforma de nuvem de forma eficiente e segura. Na parte de interface de visualização, os dados serão apresentados em uma interface de usuário acessível remotamente, permitindo o acompanhamento em tempo real das condições dentro do caminhão; alertas de Condições Anormais: O sistema será capaz de enviar alertas caso os valores de temperatura (figura 4(a)), ultrapassem limites predefinidos, permitindo uma ação imediata para evitar danos aos produtos perecíveis, como apresentado no teste da figura 4(b).

Figura 4 – Teste de Temperatura sem alerta(a) e; teste de Temperatura com alerta(b)



Fonte: Elaborada pelo autor.

Em uma segunda visão vale ressaltar que: a precisão das leituras dos sensores (DHT11 e BMP280) é crucial para a confiabilidade do sistema. Testes cuidadosos devem ser realizados para garantir que os sensores forneçam leituras precisas e consistentes. Calibrar os sensores pode ser necessário para garantir que as leituras sejam precisas em

todas as condições ambientais encontradas durante o transporte das cargas. Isso pode exigir comparações com medições de referência ou outros métodos de calibração. A confiabilidade da Conexão Wi-Fi deve a estabilidade da conexão Wi-Fi é crucial para garantir a transmissão eficiente e confiável dos dados para o servidor ou plataforma de nuvem. Falhas na conexão podem resultar em perda de dados ou atrasos no monitoramento. É importante garantir uma fonte de energia confiável para o sistema, para evitar interrupções durante o monitoramento. O uso eficiente de energia é fundamental, especialmente se o sistema for alimentado por bateria; e a segurança dos dados: Deve-se garantir que os dados transmitidos sejam protegidos contra acessos não autorizados. Isso pode envolver a implementação de protocolos de segurança, como criptografia, para proteger a integridade e a privacidade dos dados. Integração com Sistemas de Logística: o sistema pode ser integrado com sistemas de logística existentes para fornecer informações adicionais sobre o transporte das cargas, como localização do veículo, rota percorrida e condições ambientais ao longo do trajeto.

A metodologia proposta oferece uma abordagem abrangente para o monitoramento das condições ambientais em caminhões de transporte de produtos perecíveis, utilizando tecnologias como o ESP8266 e sensores especializados. No entanto, é importante realizar testes adicionais a fim de ajustar adequadamente os sensores para garantir a confiabilidade e eficácia do sistema em condições reais de operação.

4 CONCLUSÕES

A implementação do protótipo SRSCP embarcada em caminhões de transporte de produtos perecíveis oferece uma solução robusta e eficaz para garantir a qualidade e segurança dos produtos durante o transporte. No entanto, é crucial ressaltar algumas considerações importantes: precisão e calibração dos sensores, confiabilidade da conexão Wi-Fi, segurança dos dados, uma fonte de energia confiável e eficiente, além da integração com sistemas de logística.

O projeto oferece uma solução abrangente para o monitoramento das condições ambientais em caminhões de transporte de produtos perecíveis, permitindo uma gestão eficaz e proativa dos riscos associados ao transporte desses produtos. É essencial, contudo, realizar testes e ajustes para garantir a confiabilidade e eficácia do sistema em condições reais de operação.

5 REFERÊNCIAS

ABC CARGAS Saiba como funciona o transporte de cargas refrigeradas. In: ABC Cargas. **Cargas refrigeradas: veja como funciona o transporte!** São Bernardo do Campo, SP, 21 jan. 2022. Disponível em: <https://blog.abccargas.com/cargas-refrigeradas/>. Acessado em: 3 mai. 2024.

CODEX ALIMENTARIUS. **Recommended International Code of Practice for the Processing Handling of Quick-Frozen Foods.** CAC/RCP 8p, p. 1-19, 1976. Disponível em: http://siweb1.dss.go.th/standard/Fulltext/codex/CXP_008E.pdf. Acesso em 3 mai. 2024.

AZEVEDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos.** Brasília, DF: Embrapa, 2012. 326 p.

EVANS, J. A. (Ed.). **Frozen food science and technology.** Oxford, UK: Blackwell Publ., 2008. 355 p.

FRITIZING. **Software Fritzing BETA.** Disponível em: <http://fritzing.org/download/> Acesso em: 03 mai. 2024.

JEDERMANN, R.; RUIZ-GARCIA, L.; LANG, W. **Spatial temperature profiling by semi-passive RFID loggers for perishable food transportation.** Computers and Electronics in Agriculture, v. 655, p. 145-154, 2009.

MARKER HERO. **Sensor de Umidade e Temperatura DHT11.** Marker Hero, 2024. Disponível em: <https://www.markerhero.com/produto/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11/>. Acessado em: 3 mai. 2024.

NOLÊTTO, A. P. R. **Internet of Things em logística: Uma análise do uso de embalagem inteligente para distribuição de alimentos refrigerados.** Orientador: Orlando Fontes Lima Junior. 2018. 216 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil - Transportes) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp, Campinas, 2018. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/331856/1/Noletto_AnaPaulaReis_D.pdf. Acesso em: 03 mai. 2024.

OPENTECH 5 práticas para garantir a segurança no transporte de produtos perecíveis. In: Redação Opentech. **Transporte de produtos perecíveis: 5 ações para maior segurança.** Joinville, SC, 6 mar. 2024. Disponível em: <https://opentechgr.com.br/blog/transporte-de-produtos-pereciveis/>. Acessado em: 3 mai. 2024.

PORTAL VIDA DE SILÍCIO. **O que é o ESP8266? -A Família ESP e o NodeMCU.** Portal Vale do Silício, 2024. Disponível em: <https://portal.vidadesilicio.com.br/o-que-esp8266-nodemcu/>. Acessado em : 3 mai. 2024.