

SISTEMA AUTOMATIZADO PARA MEDIÇÃO DE NÍVEL DE GRANÉIS SÓLIDOS EM ARMAZÉNS PLANOS

AUTOMATED SYSTEM FOR MEASURING THE LEVEL OF SOLID BULK IN FLAT WAREHOUSES

Cauã Henrique Andrade Camposⁱ
Diogo Domacil de Oliveira da Costaⁱⁱ
Humberto de Sousa Megdaⁱⁱⁱ
Roberto Blanco Lorenzo^{iv}
Sérgio Luiz da Conceição Matos^v

RESUMO

Este trabalho desenvolve um protótipo automatizado para medir níveis de granéis sólidos em armazéns planos, usando sensores de radar VEGAPULS 6X, modelado no MATLAB/Simulink. O sistema visa substituir métodos manuais, oferecendo medições precisas, alertas automáticos e monitoramento em tempo real, aumentando a segurança, reduzindo custos e otimizando a logística. Os resultados fornecerão base técnica para aplicação prática futura.

Palavras-chave: Granéis sólidos; sensor de radar; automação; medição de nível.

ABSTRACT

This work develops an automated prototype to measure levels of bulk solids in flat warehouses, using VEGAPULS 6X radar sensors, modeled in MATLAB/Simulink. The system aims to replace manual methods, offering accurate measurements, automatic alerts, and real-time monitoring, enhancing safety, reducing costs, and optimizing logistics. The results will provide a technical basis for future practical application.

Keywords: Bulk solids; radar sensor; automation; level measurement.

1 INTRODUÇÃO

A medição de nível em armazéns graneleiros planos é crucial para a gestão de estoques e segurança operacional. Métodos manuais ainda utilizados são imprecisos e arriscados. Tecnologias como sensores ultrassônicos, capacitivos e, principalmente, os de radar têm sido aplicadas para superar essas limitações. Os sensores de radar destacam-se por sua precisão e robustez em ambientes adversos, sendo os mais indicados para uso industrial. Normas de segurança e estudos reforçam a necessidade da automação, tornando os sensores de radar integrados a sistemas supervisórios a solução mais eficiente e segura.

1.1 Problema de pesquisa

A medição manual de níveis em armazéns graneleiros ainda é comum, mas apresenta desvantagens como baixa precisão, riscos operacionais, exposição humana a acidentes e inconsistências no controle logístico.

1.2 Objetivo(s)

O presente projeto tem como objetivo o desenvolvimento de um protótipo de sistema automatizado para medição do nível de grânéis sólidos em armazéns planos, utilizando sensores de radar como tecnologia principal. Esse protótipo será desenvolvido na forma de uma simulação utilizando o software MATLAB, com o intuito de representar o funcionamento do sistema de maneira realista e viável durante a fase de projeto.

1.3 Justificativa

Sensores de radar oferecem robustez e precisão em ambientes industriais severos, como armazéns com poeira e variações de temperatura. A automação dessa medição pode melhorar a segurança, reduzir falhas humanas e otimizar a gestão logística e de estoques.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A automação da medição de nível em armazéns de grânéis sólidos é fundamental para a segurança e eficiência operacional. Sensores ultrassônicos e capacitivos, embora de baixo custo e fácil instalação, podem ter sua precisão afetada por poeira, vapores e variações de temperatura. Em contrapartida, sensores de radar, por utilizarem ondas eletromagnéticas, apresentam maior estabilidade e confiabilidade em ambientes adversos. Estudos, como o de Zini et al. (2023), confirmam a eficácia de sensores de radar na faixa de 76–81 GHz em condições severas. Casos industriais também evidenciam melhorias com a adoção dessa tecnologia. O sensor VEGAPULS 6X é citado como referência, embora o protótipo deste trabalho será desenvolvido com base em simulações no MATLAB.

Grânéis sólidos são materiais como grãos agrícolas e fertilizantes, cuja medição pode ser feita por sensores de nível por radar, enquanto o controle e monitoramento de seu transporte em ambientes industriais é realizado por sistemas supervisórios.

2.1 Justificativa Científica e Técnica

A escolha pela tecnologia de radar se justifica por sua confiabilidade e precisão em ambientes industriais hostis. Mesmo sem adotar diretamente o modelo VEGAPULS 6X, as soluções da VEGA servem de referência tecnológica para este projeto, especialmente quanto ao desempenho em situações de alta complexidade (VEGA, 2025).

3 METODOLOGIA

3.1 Descrição dos materiais e métodos

O projeto será realizado em ambiente de simulação virtual, com o intuito de explorar as possíveis possibilidades, a fim de viabilizar o projeto. Os materiais que serão utilizados no desenvolvimento do projeto, referem-se principalmente a recursos computacionais e bibliotecas de simulação: Software

MATLAB; Simulink; MATLAB app designer e Signal Processing Toolbox.

O sensor será posicionado virtualmente no tripper, permitindo leitura contínua do nível de carga sob sua área de atuação.

3.2 Comunicação com a sala de controle

Será implementado um sistema lógico que simula a emissão de sinais digitais de alerta quando o nível atingir valores críticos definidos previamente.

3.3 Técnicas de análise e ferramentas utilizadas

Para análise do funcionamento do sistema simulado, serão utilizadas as seguintes estratégias:

Validação de consistência dos dados

Análise de tempo de resposta

Simulação de condições ambientais adversas

Representação gráfica dos dados

3.4 Orçamento estimado

O orçamento estimado para o projeto incluindo todos os custos operacionais é de R\$ 23.614,00.

4 RESULTADOS PARCIAIS

O projeto visa desenvolver um protótipo funcional no MATLAB/Simulink para simular um sistema automatizado de medição de nível em armazéns planos. Espera-se que o sistema represente com precisão a dinâmica de enchimento e o funcionamento de sensores de radar, garantindo medições confiáveis mesmo em condições adversas. A simulação deverá permitir visualização em tempo real por meio de dashboards, otimizando o controle do tripper e reduzindo a dependência de medições manuais. Os resultados esperados incluem maior segurança, precisão, eficiência operacional e suporte técnico para futura implementação prática.

5 CONCLUSÕES PRELIMINARES

O trabalho propôs um sistema automatizado de medição de nível em armazéns planos, utilizando sensores de radar. A análise confirmou que essa tecnologia é viável e eficiente para substituir métodos manuais, oferecendo maior precisão, segurança e confiabilidade. Além disso, sua adoção contribui para a otimização do controle de estoques e da logística interna. A pesquisa apresenta uma base técnica sólida para futuras implementações práticas, atendendo às necessidades do setor por soluções seguras e modernas.

REFERÊNCIAS

BANNER ENGINEERING. *Sensor ultrassônico: princípios e aplicações*. 2024. Disponível em: <https://www.bannerengineering.com/br/pt/products/sensor-technology/ultrasonic.html>. Acesso em: abr. 2025.

IFM. *Medição de nível com sensores de radar*. 2023.

Disponível em: <https://www.ifm.com/br/pt/shared/technologies/sensores-de-nivel/radar>. Acesso em: abr. 2025.

LINCE BRASIL. *Sensores capacitivos e suas limitações*. 2023. Disponível em: <https://www.lincebrasil.com.br/artigos/sensores-capacitivos>. Acesso em: abr. 2025.

VEGA. *VEGAPULS 6X - Sensor de radar universal para medição de nível*. 2025. Disponível em: <https://www.vega.com/pt-br/produtos/produtos-de-medicao/nivel/medicao-continua/vegapuls-6x>. Acesso em: abr. 2025.

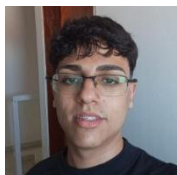
ZINI, M. et al. Radar Sensor System for Unobtrusive Level Monitoring of Granular Solids Stored in Silos. In: DI FRANZIA, G.; DI NATALE, C. (eds). *Sensors and Microsystems*. AISEM 2022. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 999. Springer, Cham, 2023. p. 147–152. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-25706-3_24. Acesso em: abr. 2025

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus pela força e saúde durante o desenvolvimento do trabalho, às famílias pelo apoio e incentivo, aos Professores Blanco e Thiago Akira pela orientação e contribuições, e ao colega Willian Cabral pelo apoio técnico nas fases iniciais. Também agradecemos a todos que colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste estudo.

SOBRE O(S)AUTOR(ES)

i CAUÃ HENRIQUE ANDRADE CAMPOS



Possui formação técnica como Operador de Processos Químicos, cursando atualmente Engenharia de Produção, e Tecnologia em Automação Industrial pelo SENAI-SP. Tem experiência na área de Operações Industriais, com ênfase em movimentação e armazenagem de produtos químicos. É auxiliar de operações na empresa Ageo Terminais, responsável pelo apoio nas atividades operacionais da planta.

ii DIOGO DOMACIL DE OLIVEIRA DA COSTA



Possui formação técnica como Operador de Processos Químicos, cursando atualmente Tecnologia em Automação Industrial pelo SENAI-SP. Tem experiência na área de Controle de Qualidade, com ênfase na inspeção de recebimento, armazenagem e embarque de commodities. É inspetor de qualidade na empresa Bureau Veritas, responsável por atividades ligadas ao controle e conformidade em operações portuárias.

ii HUBERTO DE SOUSA MEGDA



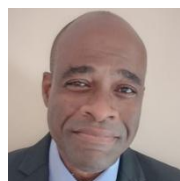
Mestre e Graduado em Engenharia, Pós-graduado em Gestão de Energia e Eficiência Energética, Licenciado em Matemática e Técnico em Desenvolvimento de Sistemas e Eletrônica. Atualmente é Professor de Educação Superior na Faculdade SENAI e Engenheiro de Operação e Medição prestador de serviços da Petrobrás.

ii ROBERTO BLANCO LORENZO



Mestre em Engenharia Mecânica pela universidade Santa Cecília (2018). Pós-graduado em Engenharia da Manutenção pela universidade Unip (2014) e graduação em Ciências da Computação pela universidade Santa Cecília (1995). Técnico em Instrumentação Industrial pela escola SENAI Santos (1984). Trabalhou em comissionamento e suporte de sistemas de automação em indústrias químicas, petroquímicas, plataformas de petróleo, papel e celulose, vidro, siderúrgica, alimentícia, farmacêutica e nuclear dentre outras. Atualmente é professor da faculdade SENAI Santos no curso de tecnologia em Automação Industrial. Tem interesse nas áreas de controle de processos, sistemas digitais de controle e redes industriais.

ii SÉRGIO LUIZ DA CONCEIÇÃO MATOS



Possui mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Santa Cecília (2018), graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade do Vale do Paraíba (2002), Pós graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Santa Cecília (2010), Licenciatura em Física pela Universidade Metropolitana de Santos (2007) e Técnico de Instrumentação pelo Senai Antonio Souza Noschese - Santos (1990). Atualmente é técnico de ensino - SENAI - Departamento Regional de São Paulo na área de Ensino Técnico e Superior de Tecnologia em Instrumentação. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica e automação, com ênfase em Medidas Elétricas, Magnéticas e Eletrônicas; Instrumentação (automação) e sistemas de controle utilizando lógicas clássicas em otimização de sistemas.