

ESTUDOS E PESQUISAS – ANAIS ELETRÔNICOS



I SPDE Seminário de Pesquisa e Desenvolvimento

*1º Encontro dos
Institutos SENAI e do
Centro de Inovação Sesi*



MAI. 2024



Firjan – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro

Presidente

Eduardo Eugenio Gouvêa Vieira

1º Vice-Presidente Firjan

Luiz César Caetano

2º Vice-Presidente Firjan

Carlos Erane de Aguiar

1º Vice-Presidente CIRJ

Carlos Fernando Gross

2º Vice-Presidente CIRJ

Raul Eduardo David de Sanson

Diretor de Competitividade Industrial e Comunicação Corporativa

João Paulo Alcantara Gomes

Diretora de Gestão de Pessoas, Diversidade e Produtividade

Adriana Torres

Diretor Executivo Firjan Sesi SENAI

Alexandre dos Reis

Diretora de Compliance e Jurídico

Gisela Pimenta Gadelha

Diretora de Finanças e Serviços Corporativos

Luciana Costa M. de Sá

Diretor de Educação

Vinícius Cardoso

GERÊNCIA REGIONAL DE PESQUISA E SERVIÇOS TECNOLÓGICOS

Gerente Regional de Pesquisa e Serviços Tecnológicos

Carla Santos de Souza Giordano

Equipe Técnica

Carlos Eduardo M. de Brito

Gabriela Maria Amorim Padilha

Raquel Coelho Reis

Apoio

Andrea da Silva Alcantara

Bruna Sally de O. Fernandes

Bruno C. Affonso Gonçalves

Daisy Margareth A. de Sá Pimentel

Damian Horacio Jose Gomez

Daniel de Salles e Silva

Denilson Gonçalves Rabello

Jana Pereira Chaves

Lilian R. Lima Gonçalves

Luiza Dias Maria Pureza

Paulo Roberto Furio

Ricardo Marques Diniz

Tatiana de F. M. Dunshee de Abranches

PROJETO GRÁFICO

GERÊNCIA GERAL DE REPUTAÇÃO E COMUNICAÇÃO

Gerente Geral de Reputação e Comunicação

Karla de Melo

Gerente de Comunicação Corporativa e Eventos (interina)

Amanda Zarife

Gerente de Publicidade e Marca

Fernanda Marino

Equipe Técnica

Ana Paula Bartolomeu

Caroline Wolguemuth

Danielle Pascoalino

Ficha Catalográfica

S471

Seminário de Pesquisa e Desenvolvimento (1. : 2023 : Rio de Janeiro)

I SPDE Seminário de Pesquisa e Desenvolvimento; 1º encontro dos Institutos SENAI e do Centro de Inovação Sesi / Firjan SENAI Sesi. – Rio de Janeiro: [s.n], 2024.

65 p. : il., color. – (Estudos e Pesquisas) (Anais eletrônicos)

Artigos-resumo apresentados no I SPDE realizado entre os dias 16 e 22 de outubro de 2023

Inclui bibliografia

1. Desenvolvimento tecnológico. 2. Inovação tecnológica. 3. Indústria. 4. Rio de Janeiro. I. Firjan SENAI. II. Firjan Sesi. III. Título.

CDD 303.483

Daisy Margareth Alcáçova de Sá Pimentel – CRB-7 nº 4217

MAI. 2024

www.firjan.com.br
Av. Graça Aranha, 1
Centro, Rio de Janeiro

Sumário

MENSAGEM DA GESTÃO	7
APRESENTAÇÃO	8
ARTIGOS-RESUMO: PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DOS INSTITUTOS SENAI E DO CENTRO DE INOVAÇÃO SESI	10
Aplicação da soldagem automatizada a laser para selagem de <i>Permanent Downhole Gauge</i> (PDG).....	11
Desenvolvimento de uma calculadora de eficiência energética com múltiplos módulos: uma abordagem interativa para a economia de energia na indústria	14
Determinação da vida-fadiga de um aço estrutural: análise por meio da técnica de termografia	17
Diagnóstico nacional para economia circular da cadeia do plástico	20
Digitalização do processo de inspeção dimensional de placas de aço.....	23
Estação ambiental com sensoriamento remoto para monitoramento e coleta de resíduos sólidos em cursos hídricos.....	26
Estudo de monitoramento de esteira transportadora através de sensores sem fio.....	28
Identificação de falhas em tubos flexíveis	32
Inovação em revestimentos e aditivação de polpas celulósicas para produção de embalagens mais sustentáveis para a indústria.....	35
Produção fotoeletrocatalítica de hidrogênio, utilizando perovskitas de nióbio como semicondutores, assistida pela plasmônica.....	38
Projeto Arandu: bioeconomia Brasil-Alemanha.....	42
Simulador híbrido de ponte de rolante	45
Submarino Classe Tupi: treinamento avançado e seguro.....	48
ARTIGOS-RESUMO: TREINAMENTOS INTERNACIONAIS DOS INSTITUTOS SENAI E DO CENTRO DE INOVAÇÃO SESI	52
Capacitação internacional em tecnologias de inspeção não destrutiva no contexto da Indústria 4.0.....	53
Experiência internacional do curso mega data: <i>Federated Machine Learning</i>	56
Modelagem dinâmica da população de gatos de rua: avaliação das campanhas de adoção e castração.....	59
Tecnologias habilitadoras para IoT nas indústrias	62

Mensagem da Gestão

Em 2023, promovemos o I Seminário de Pesquisa e Desenvolvimento (I SPDE) dos Institutos SENAI e do Centro de Inovação SESI, o marco inicial de um encontro que pretendemos ter de forma recorrente. O seminário ocorreu na Semana Nacional de Ciência e Tecnologia, enquanto ocorriam em todo o país diversos eventos sobre o tema. O I SPDE foi a nossa iniciativa para divulgar a importância da ciência e disseminar o conhecimento obtido em pesquisa e serviços tecnológicos.

O evento foi uma excelente oportunidade para promover a interação entre as nossas unidades de operação e a troca de conhecimento entre os nossos colaboradores, reforçando, assim, a divulgação interna das competências que possuímos e das realizações que atingimos.

Como consequência, ampliamos as nossas estratégias de fortalecimento do espírito de integração que tanto buscamos e reforçamos nos últimos tempos, ao evidenciar a sinergia entre as áreas e permitir a combustão criativa para futuros projetos integrados.

Carla Giordano

Gerente Regional de Pesquisa e Serviços Tecnológicos

Apresentação

O I SPDE dos Institutos SENAI e do Centro de Inovação SESI ocorreu na Semana Nacional de Ciência e Tecnologia, entre os dias 16 e 22 de outubro. O evento teve os seguintes objetivos: estimular a disseminação do conhecimento adquirido nas pesquisas e projetos realizados pelos Institutos; estimular a publicação de artigos e o reconhecimento dos pesquisadores e colaboradores; promover a troca de conhecimento e aproximação entre os Institutos de Pesquisa e Serviço Tecnológico.

O Seminário destina-se aos colaboradores da Gerência Regional de Pesquisa e Serviços Tecnológicos (GRT) e foi organizado pelo Núcleo de Inovação Tecnológica (NIT). Em sua primeira edição, contou com a participação dos

Institutos SENAI de Inovação (ISI) Química Verde, ISI Sistemas Virtuais e Produção e ISI Inspeção e Integridade, dos Institutos SENAI de Tecnologia (IST) Solda e IST Química e Meio Ambiente, além do Centro de Inovação SESI de Saúde Ocupacional (CIS SO).

O Seminário contou com apresentações de artigo-resumo de pesquisa e desenvolvimento tecnológico por parte dos Institutos envolvidos e com apresentações sobre os treinamentos internacionais de alguns colaboradores dos Institutos no ano de 2023, como forma de trocar experiência e discutir sobre a possibilidade de aplicações e sinergia em projetos e serviços futuros.



ARTIGOS- RESUMO

Pesquisa e desenvolvimento tecnológico dos Institutos SENAI e do Centro de Inovação SESI

Aplicação da soldagem automatizada a laser para selagem de *Permanent Downhole Gauge* (PDG)

Andrey de Moraes Barcelos Casanova¹; Paulo Roberto da Silva²; Uenderson Felipe Souza Fonseca³; Thiago Ferreira da Silva⁴; Pedro Werner Schuenck⁵

Resumo

A soldagem a laser é uma técnica importante para o processo de união de materiais metálicos. Um feixe de laser de alta intensidade é aplicado nas superfícies das peças que se deseja unir, ocorrendo a fusão local. Processos de soldagem podem ser realizados de maneira mecanizada/automatizada ou manual. Na técnica automatizada, uma das formas de soldagem se dá por meio de um robô, controlado por uma programação realizada previamente em um computador, conferindo alta precisão de soldagem, possibilidade de repetibilidade, alta velocidade de produção e alta qualidade da junta soldada. Sendo uma técnica com alta versatilidade, é amplamente utilizada na fabricação de peças industriais, sendo comumente empregada nas áreas aeroespaciais, petrolífera, submarina e automotiva. O presente trabalho teve como objetivo a soldagem de selagem em um instrumento *permanent downhole gauge* (PDG), com o intuito de garantir a vedação hermética do componente para operação poços de extração do setor do petróleo subaquáticos em que se tem pressões extremas.

PALAVRAS-CHAVE: PDG. Soldagem a laser. Solda de selagem.

Introdução

Permanent Downhole Gauges (PDGs) ou manômetro permanente de fundo de poço, em português, é um instrumento alocado em fundo de poços de extração de petróleo, com intuito de fornecer informações em tempo real sobre os reservatórios. Os primeiros PDGs são datados da década de 1960 e foram aperfeiçoados ao longo das últimas décadas. É estimado que tal ferramenta proporciona um aumento na produção entre 15 e 18% em poços submarinos (ENYEKWE, *et al.*, 2014).

Muitas são as vantagens quanto à instalação dos PDGs, entre elas: a possibilidade de monitoramento de pressão do reservatório; a medição de temperatura, permitindo entender o gradiente térmico dos poços em diferentes alturas; a detecção de vazamentos e integridade dos poços; a assistência na prevenção de acidentes; a minimização nas perdas da extração; e, ainda, o monitoramento de injeção de fluidos nos poços que, por muitas vezes, recebem água ou gás para estimular a produção (ROLAND N. H. 2007).

Desde o início das implantações de PDGs, entre as décadas de 70 e 80, grandes falhas ocorreram por falta de tecnologia adequada para o encapsulamento dos sensores/cabos. As estatísticas apontam para falhas ocorridas dentro dos poços, em condições com alto grau de pressão e alto nível de corrosão. Porém, durante a segunda fase de desenvolvimentos desses manômetros, no final da década de 80, uma grande quantidade de modificações, como a introdução de aço inoxidável para o encapsulamento dos sensores/cabos, garantiu integridade mesmo quando sob pressão (BEZERRA, M. F. C. *et al.*, 1992).

Visto a importância do componente, técnicas de soldagem mais modernas devem ser aplicadas para a selagem dos componentes internos, tal como a soldagem a laser.

A soldagem a laser, quando comparada às outras técnicas de soldagem a arco, é uma tecnologia bastante recente e possui muitas vantagens, como maior velocidade de soldagem, baixo aporte térmico, cordão de solda estreito, pequena zona termicamente afetada (ZTA) e precisão no posicionamento da região a ser soldada. Nessa técnica, existem duas opções de soldagem: com metal de adição ou autógena (sem metal de adição) (SVENUNGSSONA, *et al.*, 2015).

1 Analista de Serviços Tecnológicos. Instituto SENAI de Tecnologia Solda. acasanova@firjan.com.br.
2 Especialista de Serviços Tecnológicos. Instituto SENAI de Tecnologia Solda. pprsilva@firjan.com.br
3 Técnico em Soldagem. Instituto SENAI de Tecnologia Solda. ufonseca@firjan.com.br
4 Técnico de Serviços Tecnológicos. Instituto SENAI de Tecnologia Solda. thipsilva@firjan.com.br
5 Coordenador de Serviços Tecnológicos. Instituto SENAI de Tecnologia Solda. pschuenck@firjan.com.br

A soldagem a laser permite que não haja contato mecânico do operador com a peça de trabalho, proporcionando bastante automação, podendo ser, inclusive, automatizada em um robô, com operação controlada a distância por meio de uma programação realizada em um computador (JÄGER, M *et al.*, 2008). O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de parâmetros de soldagem a laser, fazendo uso de um robô com célula de soldagem autógena, para a realização de uma solda de selagem da carcaça de PDG fabricado em aço inox, protegendo os cabos/sensores internos e, assim, garantindo seu funcionamento quando aplicado em um poço de extração, bem como a criação e a aprovação da documentação de um procedimento de soldagem.

Desenvolvimento e resultados

O presente trabalho possuiu algumas necessidades especiais devido às características intrínsecas à produção dos PDGs. O PDG é fabricado em aço inox, usinado com formato adequado para receber internamente os cabos/sensores capazes de conferir a possibilidade de monitoramento dos poços.

O PDG se divide em duas partes para a inserção dos sensores/cabos no seu interior. Após inserido, é feita a fixação de ambas as partes por meio de rosqueamento. Feito isso, é necessário realizar uma solda de selagem na região superior à rosca, no intuito gerar a estanqueidade e então selar hermeticamente toda a parte interna do dispositivo. Para isso, foi necessário adotar algumas premissas para a utilização do processo de soldagem a laser como o mais adequado. São elas:

- a) Garantir uma penetração suficiente da solda, a fim de haver a resistência a pressão, garantir a estanqueidade e impedir que o desrosqueamento;
- b) A temperatura durante a soldagem não ultrapassar 100°C para não comprometer o bom funcionamento da parte eletrônica dos PDGs;
- c) Necessidade de uma ZTA não extensa para não ocorrer uma modificação microestrutura do material de base;
- d) Não inserção de material de adição na soldagem, para garantir a mesma geometria já definida durante a usinagem da carcaça.

Metodologia

Inicialmente, foram desenvolvidos corpos de prova com formato, tamanho e metal de base similares ao do PDG, a fim de serem realizados testes até que fossem encontrados os parâmetros adequados para soldagem do dispositivo real.

Para a soldagem, foi utilizado o robô de soldagem TruLaser Robot 5020, pertencente ao IST Solda e instalado em suas dependências.

A parte a ser soldada do PDG tem configuração cilíndrica. Visto a incapacidade de o robô realizar a soldagem por toda a circunferência necessária, foi desenvolvido um aparato para fixação dos corpos de prova. Esses corpos, após fixados, giram em torno do seu próprio eixo, permitindo que fosse soldada toda a circunferência enquanto o robô podia se manter fixado na mesma posição, conferindo a possibilidade da selagem na totalidade da rosca.

Testes foram conduzidos, envolvendo os parâmetros de possível variação no robô de soldagem e corpo de prova, sendo eles: vazão de gás, potência do laser, distância de trabalho do laser, velocidade de rotação (o que se traduz em velocidade da soldagem), centralização do laser na junta, sentido de rotação do corpo de prova e, ainda, o tipo de limpeza realizada previamente.

Após encontrado os parâmetros ótimos, as soldas de selagem foram aplicadas em corpos de prova destinados aos ensaios selecionados. Para garantir que a soldagem ocorreu de forma adequada, assegurando a integridade exigida, foram realizados: ensaio visual por inspetor de soldagem, ensaios de macrografia - a fim de definir a profundidade de penetração e a observância de possíveis descontinuidades entre a junta soldada e o metal de base -, dureza Vickers, líquido penetrante, ensaio de corrosão e ensaios de integridade após aplicação de pressão interna e externa.

Resultados e discussões

Após todos os testes de soldabilidade, ainda foram necessárias adequações na usinagem das peças, com intuito de garantir uma junta com a menor distância possível entre os dois lados da junta a ser soldada. As soldagens foram realizadas efetivamente nos PDGs. Esses, após soldados, passaram pelos ensaios que não fossem destrutivos, tendo, assim, a sua liberação para uso em poços de extração.

Todo o processo de adequação dos parâmetros, usinagem e ensaios realizados tiveram como objetivo, a qualificação do procedimento de soldagem. Gerando, assim, toda documentação necessária que comprove a capacidade técnica dos operadores de soldagem, das técnicas aplicadas na soldagem, a aprovação dos ensaios e então a liberação das peças após inspeção para aplicação em campo.

Conclusão

Todos os PDGs soldados foram aprovados nos ensaios e liberados para uso em campo. A soldagem a laser se mostrou um processo adequado para a união do instrumento, podendo facilmente ser substituída por técnicas mais antigas e promissoras para a substituição na confecção de novos instrumentos. Além disso, o processo garantiu a integridade dos componentes eletrônicos do PDG e a penetração necessária para que a selagem exigida pelo projeto fosse alcançada. Ademais, a soldagem a laser também proporcionou maior rapidez na produção, eliminando custos de envio do material para outros países para a realização da selagem, transformando esse procedimento de soldagem em PDGs, pioneiro no Brasil. Por fim, o procedimento de soldagem foi aprovado pelo inspetor competente para uso futuro.

Referências

- BEZERRA, M. F. C.; DA SILVA, S. F. **Permanent downhole gauges: A key to optimize deepsea production**. Texas: 24th Annual Offshore technology Conference, 1992.
- ENYEKWE, A. E.; AJIENKA, J. A. **Comparative analysis of permanent downhole gauges and their applications**. Nigéria: Society of petroleum Engineers, 2014.
- Horne, R. N.; **Listening to the reservoir - Interpreting data from permanent downhole gauges**. California: Journal of Petroleum Technology, 2007.
- JÄGER, M.; HUMBERT, S.; HAMPREACHT, F. A. **Sputter tracking for the automatic monitoring of industrial laser-welding process**. Liverpool: IEEE Transactions on industrial Electronics, 2008.
- SVENUNGSSON, J.; CHOQUET, I.; KAPLAN, A. F. H. **Laser welding process – a review of keyhole welding modelling**. Trollhättan: 2015.

Desenvolvimento de uma calculadora de eficiência energética com múltiplos módulos: uma abordagem interativa para a economia de energia na indústria

Beatriz B. F. Ramos⁶, Cristiano L. Santos⁷, Felipe A. Hollanda⁸, Helder C. Gonzalez⁹, Leandro B. Guimarães¹⁰

Resumo

Nos últimos anos, a questão energética tem se tornado um dos principais temas debatidos em âmbito global. Diante desse contexto, projetos destinados à gestão de energia representam uma contribuição significativa para a economia do país. O Projeto proposto contempla o desenvolvimento de uma calculadora de Eficiência Energética, implementada através de um software computacional, com armazenamento em nuvem e quatro módulos independentes, permitindo que os usuários personalizem suas análises e escolham as áreas de foco mais pertinentes para suas operações voltadas ao setor industrial. Este trabalho se alinha com pesquisas anteriores sobre Eficiência Energética industrial, destacando a importância da personalização das soluções para atender às necessidades específicas das empresas brasileiras.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência Energética. Equipamentos Elétricos. Internet das Coisas. Armazenamento em Nuvem.

Introdução

A crescente demanda por energia, aliada às preocupações com as mudanças climáticas e a volatilidade dos preços dos combustíveis fósseis (ANEEL, 2023), têm impulsionado governos e organizações a buscarem alternativas mais sustentáveis e econômicas para atender às necessidades energéticas da sociedade (LAMPIS, 2022). No contexto brasileiro, a diversificação da matriz elétrica atrelada à economia de energia se revela como uma necessidade imperativa, não apenas para garantir a segurança energética do país, mas também para contribuir significativamente para a redução das emissões de Gás de Efeito Estufa (GEE) (QUEIROZ *et al.*, 2020). O setor industrial brasileiro é identificado como o principal consumidor de energia elétrica do país (EPE, 2023), tornando a otimização desse setor fundamental para a redução de custos operacionais e a mitigação dos impactos ambientais.

O Projeto "Desenvolvimento de uma Calculadora de Eficiência Energética com Múltiplos Módulos" visa identificar oportunidades de economia de energia, promovendo a redução do consumo energético sem comprometer a qualidade dos sistemas e processos industriais. Suas metas incluem a redução de custos, a diversificação da geração de energia elétrica através de fontes renováveis e a promoção da responsabilidade corporativa, estimulando inovações e garantindo qualidade nos serviços.

A calculadora de Eficiência Energética está em fase de desenvolvimento e será implementada através de software com armazenamento em nuvem, oferecendo quatro módulos independentes que permitem ao usuário personalizar sua análise. Ela servirá como uma ferramenta valiosa para identificar e otimizar processos com potencial de melhoria no consumo de energia.

Além disso, o projeto busca a disseminação dessa tecnologia para Pequenas e Médias Empresas (PMEs), capacitando-as para implementar práticas mais sustentáveis em relação à eficiência energética.

A transferência tecnológica resultante garantirá a acessibilidade e a relevância dessa solução no mercado industrial brasileiro.

Essa abordagem está alinhada com as atuais tendências em Eficiência Energética e gestão de recursos, contribuindo para o avanço do setor industrial do país e para uma economia mais eficiente e sustentável.

6 Analista Serviços Tecnológicos II, IST Química e Meio Ambiente, bbramos@firjan.com.br

7 Especialista Serviços Tecnológicos I, ISI Automação Industrial, crlsantos@firjan.com.br

8 Especialista Serviços Tecnológicos II, ISI Automação Industrial, fhollanda@firjan.com.br

9 Coordenador Serviços Tecnológicos, IST Química e Meio Ambiente, hgonzalez@firjan.com.br

10 Especialista Serviços Tecnológicos II, IST Química e Meio Ambiente, bbramos@firjan.com.br

Discussão e resultados

Metodologia

O setor industrial, embora seja um grande consumidor de energia elétrica, carece de práticas ideais de eficiência energética (PIRES *et al.*, 2020). Em resposta a essa lacuna, programas e projetos vêm sendo desenvolvidos para promover o uso racional e eficaz da energia elétrica. Nesse contexto, o Instituto SENAI de Tecnologia Química e Meio Ambiente (IST QMA) e o Instituto SENAI de Inovação em Sistemas Virtuais de Produção (ISI SVP) desenvolveram este Projeto focado em boas práticas de Eficiência Energética.

O projeto resultou na criação de uma calculadora de Eficiência Energética com quatro módulos independentes. O ISI SVP foi responsável pelo desenvolvimento do aplicativo e armazenamento em nuvem, enquanto o IST QMA se dedicou à identificação de processos com potencial de melhoria e à implementação de Ações de Eficiência Energética (AEE) (POTENZIALIZZE, 2023; MATSUURA *et al.*, 2018). Relatórios detalhados serão elaborados para documentar o desenvolvimento do projeto, incluindo a medição da eficiência antes e após os processos otimizados.

Os quatro módulos oferecidos pela calculadora são os seguintes:

- 1) Modalidade Tarifária: Estima a modalidade tarifária mais adequada com base no perfil de consumo de energia do cliente, possibilitando o reenquadramento tarifário para redução da fatura;
- 2) Aplicação em Equipamentos: Permite a sugestão de economia por meio da troca ou aquisição de equipamentos mais eficientes;
- 3) Banco de Capacitores: Avalia a necessidade de implementação de bancos de capacitores para reduzir geração e pagamento adicionais por consumo reativo na rede de distribuição, com base em dados do Módulo 1;
- 4) Memória de Massa: Permite a inserção de dados de consumo ativo e reativo em intervalos de 15 minutos ao longo de um mês, fornecidos pela concessionária, para auxiliar os outros módulos da calculadora.

Serão observados três grandes grupos de ações, que podem ser divididos em:

- 1) Equipamentos: Inclui avaliações de horários de funcionamento, dimensionamento de motores, métodos de partida, manutenção preventiva e uso de equipamentos eficientes;
- 2) Iluminação: Aborda o uso de lâmpadas eficientes, aproveitamento da iluminação natural e avaliação das necessidades de iluminação em diferentes ambientes;
- 3) Qualidade de Energia: Engloba a observação da demanda contratada, a modalidade tarifária adequada e o monitoramento de oscilações de tensão que afetam o desempenho dos equipamentos.

Esse projeto representa um avanço na promoção da eficiência energética na indústria brasileira, contribuindo para a redução de custos e o uso responsável dos recursos elétricos.

Resultados

O Projeto encontra-se em fase de desenvolvimento e espera trazer impactos substanciais na avaliação e promoção da eficiência energética no setor industrial brasileiro.

Através da aplicação dos módulos da calculadora, espera-se alcançar oportunidades significativas de economia de energia em processos industriais, a fim de atingir resultados voltados à redução dos custos operacionais e na à maximização da eficiência energética.

A disponibilidade da calculadora representará um avanço importante, pois espera-se que empresas de todos os tamanhos tenham acesso às ferramentas necessárias para melhorar a eficiência energética e, conseqüentemente, sua competitividade no mercado nacional. Além do mais, a economia de custos proporcionada pela redução do consumo de energia pode ser direcionada para outros investimentos ou para a diminuição dos preços dos produtos, tornando as empresas mais atrativas para os consumidores. Por fim, o projeto "Desenvolvimento de uma Calculadora de Eficiência Energética com Múltiplos Módulos" tem o potencial de promover a sustentabilidade corporativa, ajudando as empresas a cumprirem metas ambientais e a alinharem suas operações com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas.

Conclusão

À medida que avançamos em direção a um futuro no qual a conscientização ambiental e a eficiência energética são imperativos inegociáveis, projetos como o «Desenvolvimento de uma Calculadora de Eficiência Energética com Múltiplos Módulos» desempenha um papel importante para a sociedade. Os resultados esperados deste projeto têm o potencial de redefinir a forma como as indústrias brasileiras encaram o consumo de energia elétrica, com implicações significativas para a economia, o meio ambiente e a sustentabilidade corporativa.

A identificação de oportunidades de economia de energia e a subsequente redução dos custos operacionais são objetivos de destaque. Por meio da aplicação dos módulos da calculadora, as empresas podem tomar medidas práticas para otimizar seus processos, tornando-se mais competitivas no mercado e contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas.

Além disso, a Calculadora representa uma ferramenta inclusiva, disponível não apenas para as grandes corporações, mas também para as Pequenas e Médias Empresas (PMEs). Isso democratiza o acesso à eficiência energética, permitindo que um espectro mais amplo de empresas participe da transição para práticas sustentáveis. É fundamental destacar que os resultados esperados deste Projeto não se limitam apenas à economia financeira e à redução das emissões de gases de efeito estufa. Eles abrem as portas para uma mentalidade mais abrangente de sustentabilidade e responsabilidade ambiental nas operações industriais.

A eficiência energética é uma parte essencial dessa transformação, e o Projeto em questão representa um passo significativo na direção certa. À medida que se avança, a expectativa é que mais projetos e iniciativas semelhantes surjam, construindo um futuro no qual a eficiência energética não seja apenas uma meta, mas uma parte integrante da cultura empresarial.

Referências

ANEEL. ANEEL dados abertos. Disponível em: <<https://dadosabertos.aneel.gov.br/>>. 2023

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt>>. Acessado em: setembro de 2023.

LAMPIS, A. et al. **Energy transition or energy diversification? Critical thoughts from Argentina and Brazil.** Energy Policy 171, 2022.

MATSUURA, I. S. F., SEABRA, J. E. A., CHAGAS, M. F.; SCACHETTI, M. T. **RenovaCALC: A Calculadora do Programa Renovabio**, Congresso Brasileiro Sobre Gestão do Ciclo de Vida, 2018.

QUEIROZ, J. V.; BORGES, K. K.; QUEIROZ, F. B. P. **Barriers to expand solar photovoltaic energy in Brazil.** Independent Journal of Management & production (IJM&P), 2020.

PIRES, F. L. C.; SOUTO R. S.; SILVA P. H. P. **Energy efficiency actions in Brazil's industrial sector**, Revista Tecnologia, 2020.

POTENCIALIZEE - **Programa Investimentos Transformadores de Eficiência Energética na Indústria**, Disponível em: <<https://www.programa-potencializee.com.br>>. Acessado em: setembro de 2023.

Determinação da vida-fadiga de um aço estrutural: análise por meio da técnica de termografia

Maria Clara Teixeira¹¹, Felipe Lopes¹², Talita Goulart¹³, Ana Beatriz Fonseca¹⁴, Eric Romani¹⁵

Resumo

Um estudo experimental foi realizado para investigar a evolução da temperatura e a dissipação de energia térmica sob teste de fadiga por frequência ultrassônica. O aumento da temperatura está relacionado à energia dissipada durante o teste de fadiga. Segundo a literatura, a dissipação de calor é uma propriedade do material, independente da geometria dos corpos de prova e da frequência de carregamento. Com base nisso, corpos de prova foram submetidos a diferentes níveis de tensão e condições de carregamento intermitente com a técnica termográfica infravermelha para obtenção da curva de temperatura – número de ciclos. Todos os testes foram realizados com razão de carregamento em condição totalmente invertida. Os dados obtidos foram utilizados para calcular a dissipação de calor por ciclo como parâmetro de dano por fadiga. Os resultados demonstraram que a inspeção por termografia associada à fadiga pode auxiliar no monitoramento da vida em serviço de um componente mecânico.

PALAVRAS-CHAVE: Vida útil. Câmera termográfica. Energia de dissipação.

Introdução

A fadiga é um dano progressivo ao material sob tensão cíclica, sendo considerado um processo irreversível no qual as deformações plásticas se acumulam no material que está sob repetidos ciclos de carregamento. A fadiga é classificada em regimes de ciclo baixo (LCF), ciclo alto (HCF) e ciclo muito alto (VHCF), dependendo do número de ciclos até a falha (SURESH, 1998; DOWNLING, 2012).

A estimativa da vida à fadiga de materiais metálicos é um campo de estudo em constante evolução, predominantemente fundamentado na análise de dados experimentais para a criação de um modelo. Tradicionalmente, a avaliação da vida em fadiga é realizada por meio da curva S-N, um método amplamente utilizado e solidamente estabelecido na literatura, desenvolvido por Wöhler. Contudo, é importante ressaltar que a curva S-N pode ser influenciada por diversas variáveis operacionais, tais como frequência, temperatura, níveis de tensão e condições ambientais (SURESH, 1998; DOWNLING, 2012; LEE e BASARAN, 2022). Para que o processo de fadiga ocorra, é necessário que uma quantidade de energia, em forma de trabalho mecânico, seja transmitida ao corpo de prova. Nesse processo, uma porção dessa energia é retida na amostra, enquanto outra porção é liberada na forma de calor. É essa energia liberada que conduz ao aumento da temperatura durante o ensaio de fadiga. Quando a temperatura da amostra se estabiliza, isso indica que toda a energia foi devidamente dissipada. Após uma análise abrangente, Meneghetti e Ricotta (2012) observaram que a dissipação de calor (Q_{cyc}) é uma característica intrínseca do material, não sofrendo influência da frequência operacional ou da geometria do corpo de prova.

Com o propósito de investigar a variação de temperatura, a resistência à fadiga do material e seu comportamento conforme os princípios termodinâmicos durante ensaios de VHCF, este estudo delimitou os seguintes objetivos:

- 1) Realizar testes experimentais para diferentes níveis de tensão e medir temperaturas ao longo do teste (curva T-N) por termografia infravermelha (IR);
- 2) Efetuar o cálculo da dissipação de calor por ciclo (Q_{cyc}) para cada amostra que apresentar falha e utilizar esse valor como um indicador de dano devido à fadiga.

11 Pesquisador QMS II, ISI Inspeção e Integridade. macteixeira@firjan.com.br
12 Pesquisador QMS II, ISI Inspeção e Integridade. frlopes@firjan.com.br
13 Pesquisador QMS III, ISI Inspeção e Integridade. tagsilva@firjan.com.br
14 Pesquisador QMS II, ISI Inspeção e Integridade. abfonseca@firjan.com.br
15 Coordenador, ISI Inspeção e Integridade. eromani@firjan.com.br

Desenvolvimento e resultados

Procedimento experimental

O material investigado neste estudo é o aço AISI 4340, amplamente empregado em várias aplicações mecânicas. As Tabelas 1 e 2 apresentam informações sobre sua composição química (limitando-se aos elementos principais) e propriedades mecânicas, em que LRM é o limite de resistência mecânica, LE o limite de escoamento e E o módulo de elasticidade. Além disso, o aço possui uma densidade de 7.870 kg/m^3 e uma capacidade térmica específica de $475 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$.

Tabela 1: Composição química com os principais elementos (% em peso).

Aço	Fe (%)	C (%)	Cr (%)	Mo (%)	Ni(%)
AISI 4340	95,1	0,38	1,51	0,24	1,75

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 2: Propriedades mecânicas.

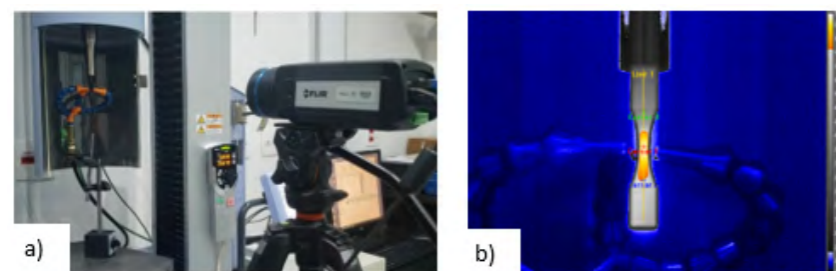
Aço	LRM (MPa)	LE (MPa)	E (GPa)
AISI 4340	900	760	207

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para conduzir os testes com precisão, foi essencial aplicar uma camada de tinta preta em spray sobre os corpos de prova, com o intuito de aumentar sua emissividade. Essa etapa se faz necessária para garantir uma monitorização mais acurada da temperatura.

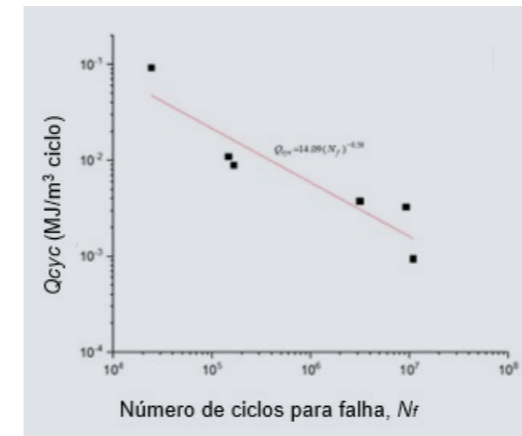
Os experimentos foram realizados na máquina de testes VHCF modelo Shimadzu situada na PUC-Rio e câmera IR modelo A655SC do ISI Inspeção e Integridade (Figura 1a). A temperatura foi monitorada em três pontos da seção útil do corpo de prova, conforme observado na Figura 1b.

Figura 1: a) Ilustração da máquina de fadiga ultrassônica USF2000A e câmera IR modelo FLIR A655SC; b) Termograma da superfície da amostra.



Resultados e discussões

Com os resultados dos corpos de prova testados, o Q_{cyc} foi calculado e associado ao número de ciclos para falha (N_f), a fim de obter um critério de falha mais geral. Os resultados revelam que N_f diminui linearmente com o aumento de Q_{cyc} , conforme observado na Figura 2. Foi obtida a função de fadiga como $Q_{cyc} = C(N_f)^m$, em que C e m são constantes do material. Para o material em estudo, foram encontrados valores de C e m iguais a 14,09 e -0,56, respectivamente.



A Tabela 3 apresenta os resultados do ensaio de fadiga para cada condição de carregamento, número de ciclos até a ruptura experimental e estimados ($N_{f,pre}$) e Q_{cyc} a partir da equação encontrada. Percebe-se que os resultados apresentam dispersão, mas dentro do esperado para ensaios de fadiga.

Figura 2: Curva $Q_{cyc} - N_f$

Tabela 3: Resultados dos corpos de prova que falharam.

σ_a (MPa)	N_f (ciclos)	Q_{cyc} (MJ/ m ³ ciclos)	$N_{f,pre}$ (ciclos)
405	2,42E+04	9,34E-02	7,77E+03
405	1,46E+05	1,10E-02	3,54E+05
405	1,66E+05	8,97E-03	5,10E+05
360	3,14E+06	3,78E-03	2,39E+06
360	9,16E+06	3,27E-03	3,09E+06
360	1,09E+07	9,46E-04	2,83E+07

Conclusão

Uma função de fadiga foi obtida a partir da curva $Q_{cyc} - N_{f_i}$ demonstrando que o N_f aumenta quando Q_{cyc} diminui. Os valores de $N_{f,pre}$ obtidos a partir da equação apresentaram ordens de grandeza semelhantes, levando em consideração a dispersão comum dos ensaios de fadiga. Esses resultados demonstram que a inspeção por termografia tem potencial para estimar a vida útil de um componente mecânico que está sujeito a ciclos de tensão.

Referências

- DOWNLING, Norman E. **Mechanical Behavior of Materials: Engineering Methods for Deformation, Fracture and Fatigue**. Harlow: Pearson Education, 2012.
- LEE, Hsiao Wei; BASARAN, Cemal. **Predicting high cycle fatigue life with unified mechanics theory, Mechanics of Materials**. Mechanics of Materials, v. 164, 2022.
- MENEGHETTI, Giovanni; RICOTTA, Mauro. **The use of the specific heat loss to analyze the low- and high- cycle fatigue behavior of plain and notched specimens made of a stainless steel**. Engineering Fracture Mechanics, v. 81, p. 2-16, 2012.
- SURESH, Subra. **Fatigue of Materials**. New York: Cambridge University Press, 1998.

Diagnóstico nacional para economia circular da cadeia do plástico

Nicolis A. de Araujo¹⁶, Karollyne Monsores¹⁷, Thiago Santiago¹⁸, André Melo¹⁹, Camila Marçal²⁰, Leandro Bronzato²¹, Helder Cerqueira Gonzalez²²

Resumo

Somente em meados da década de 80 iniciou-se, de fato, as análises da evolução do modelo de negócio econômico adotado pelas empresas. Comportamento associado à necessidade de se repensar as estratégias, de modo a garantir competitividade dos segmentos industriais e de recursos naturais, pressionando a aplicação do conceito de economia circular frente ao modelo tradicional de economia linear. Nesse contexto, ocorreu a execução do projeto intitulado como "Diagnóstico Nacional para Economia Circular - Capítulo 1: Cadeia do Plástico", culminando como impulsionador para um ciclo de Programas de Estudos de Circularidade a nível nacional. Esta foi uma iniciativa conjunta de várias empresas, Institutos SENAI, associações e universidades para compreensão da circularidade do plástico no Brasil. Iniciativa que visa à promoção de mudanças nas cadeias produtivas industriais de fabricação, transformação, consumo e pós-consumo do plástico por meio do conceito de circularidade, da qualificação profissional e do desenvolvimento tecnológico, buscando alcançar um novo cenário econômico para o setor, alinhado as diretrizes globais de sustentabilidade. Uma das principais respostas desse estudo foi destacar a importância da educação ambiental em todos os segmentos envolvidos para o êxito da economia circular de materiais.

PALAVRAS-CHAVE: Economia Circular. Plástico. Educação Ambiental. Boas Práticas.

Introdução

A Economia Circular, em sentido oposto à Economia Linear, pode ser definida como um sistema regenerativo, no qual a entrada de recursos, a produção de resíduos e as emissões, juntamente com as perdas de energia são minimizadas pela desaceleração, redução e fecho dos ciclos de materiais e energia. A Economia Circular indica que a magnitude dos fluxos de materiais e energia entre o ambiente e a economia deve ser minimizada à custa de um aumento da circulação mais continuada dos fluxos dentro da economia, diminuindo a atual dependência de mais recursos do ambiente (ECODEBATE, 2022). Visando facilitar o diagnóstico da economia circular do plástico, o projeto se estruturou nas seguintes fases:

- 1) Arranjo Metodológico: Nesta etapa foi realizada a definição de técnicas e metodologia a serem aplicadas nas pesquisas de campo e elaboração dos materiais. Envolveu o mapeamento de metodologias existentes aplicadas; o desenvolvimento de metodologia padronizada a ser aplicada ao estudo; e a elaboração de questionários específicos para os diferentes *stakeholders*;
- 2) Pesquisa Nacional de Circularidade: Nesta etapa foi realizada a Pesquisa de Campo, a partir de entrevistas com cerca de 44 agentes do setor do plástico, assim como o levantamento da literatura científica associada à circularidade do plástico no Brasil e no cenário internacional. Em paralelo, sendo aplicada uma Trilha de Design Circular, que se tratou de um processo imersivo no qual um conjunto de empresas do setor do plástico trabalharam sob a sua cadeia de valor, iniciando desde a extração da matéria-prima até a destinação final do produto. Essa trilha resultou em desafios práticos para essas empresas e uma listagem de possíveis oportunidades/soluções;
- 3) Desafio de circularidade e Ações Direcionadoras: Esta etapa foi destinada à seleção de indicadores de circularidade obtidos a partir do estudo desenvolvido com base em literatura, Pesquisas de Campo,

16 Analista Sênior, IST Química e Meio Ambiente. niaraujo@firjan.com.br
17 Pesquisadora, bolsista, IST Química e Meio Ambiente. kgcmnsors@pesquisador.firjan.com.br
18 Pesquisador Sênior, ISI Química Verde. tsgomes@firjan.com.br
19 Analista Junior, ex-colaborador.
20 Pesquisadora, ex-colaboradora.
21 Especialista, IST Química e Meio Ambiente. leguimaraes@firjan.com.br
22 Coordenador, IST Química e Meio Ambiente. hgonzalez@firjan.com.br

Trilha de Design Circular e práticas de economia circular atualmente empregadas. Tais indicadores foram direcionadores para a estipulação da meta de circularidade e para a implementação de futuros projetos de Economia Circular. Nesta etapa foi realizado o mapeamento dos indicadores de circularidade aplicáveis ao cenário nacional; a compilação dos resultados dos projetos; a definição da meta direcionadora; e a lista de ações e soluções direcionadoras para a meta de circularidade segmentadas entre PD&I, Consultoria e Educação;

- 4) Apresentação dos Resultados: Nesta última etapa foi entregue o Workshop para apresentação dos resultados obtidos nas etapas 1, 2 e 3. Envolveu a apresentação da metodologia desenvolvida para a Pesquisa; a apresentação dos resultados obtidos nas etapas de Pesquisa; a apresentação dos Indicadores de Circularidade identificados e meta direcionadora; a apresentação do resultado do *roadmap* de soluções para a meta; a proposição de possíveis etapas seguintes do programa; e o documento final do projeto.

Desenvolvimento e resultados

Metodologia

Para o desenvolvimento deste estudo, na etapa da pesquisa de campo foram separados os seguintes grupos de classificação:

- 1) Ramos de atuação: Petroquímicas; Transformadores, sendo composto por todas as empresas que trabalham com extrusão, moldagem, injeção etc.; Gestores de resíduos; e Redes de Varejo e Serviço, que inclui empresas de venda de bens, comércio com consumidor final etc.;
- 2) Localização no país: região Norte, região Nordeste, região Centro-Oeste, região Sudeste e região Sul;
- 3) Tamanho da empresa: Microempresa (até 19 empregados), Empresa de médio porte (de 20 a 99 empregados), Empresa de médio porte (de 100 a 499 empregados) e Grandes empresas (500 ou mais empregados).

Esses grupos permitiram a amplitude da coleta de dados para as etapas que se seguiram, assim como para as discussões e conclusões deste estudo.

Quanto às perguntas da pesquisa de campo, foram estabelecidos macro indicadores qualitativos com base nas dimensões fundamentais para análise de circularidade de plástico existente nas empresas, como seguem:

- 1) Qualificação: Este indicador visou conhecer as informações gerais de cada empresa, classificá-la de acordo com o arranjo metodológico definido e quanto ao tamanho da empresa;
- 2) Entrada/consumo de materiais plásticos em cada empresa: Quanto ao consumo de materiais plásticos, uma boa compreensão da empresa quanto ao volume de plástico consumido é fundamental para entender como repercute o plano de Economia Circular e quais os possíveis reflexos, como no caso do gerenciamento de resíduo sólido;
- 3) Ecodesign e Inovação: No que diz respeito ao ecodesign e à inovação, buscou-se compreender a visão da empresa quanto à pretensão e/ou execução de aplicações desses conceitos em seus produtos plásticos;
- 4) Estratégias de desenvolvimento sustentável – Capacitação: Em virtude da estratégia de desenvolvimento sustentável adotada pelas empresas, investigou-se a internalização dos conceitos de economia circular a partir da existência de setores e/ou funcionários, capacitação e estratégia comercial alinhados aos conceitos da circularidade;
- 5) Planos de Ação – Boas Práticas: A avaliação dos planos de ação e das boas práticas já desenvolvidas indica a maturidade da transição circular e propicia o monitoramento desse progresso, avaliando as empresas no entendimento da sua situação atual;
- 6) Gestão de Resíduos Plásticos: Quanto ao gerenciamento dos resíduos plásticos, investigou-se o conhecimento dos resíduos gerados e as ferramentas de otimização disponíveis, além das maneiras de mensuração efetiva dessas iniciativas;
- 7) Circularidade versus Consumo – Mercado e Consumidores: No que diz respeito à relação entre mercado e consumidores, buscou-se entender a sustentabilidade dos produtos/processos e o retorno por parte do consumidor.

Conclusões

Com a realização do diagnóstico para conhecimento da circularidade dos plásticos foi possível acompanhar a realidade das empresas que complementam a cadeia do plástico por meio da etapa da pesquisa de campo, desde as petroquímicas até as empresas de transformação, partindo dos gestores de resíduos e finalizando nas empresas de Varejo que possuem contato mais direto com os consumidores, possibilitando compreender como a economia circular é aplicada, suas lacunas para a implementação, necessidades quanto a capacitações internas, polímeros mais utilizados e informações que ajudaram a conhecer profundamente essa temática no cenário nacional. Pode-se observar que as empresas enxergam várias vantagens na implementação de iniciativas circulares, já que possibilitam vantagens benéficas para a maior parte das companhias. E quanto às barreiras, foi de destaque a inexistência de políticas públicas e educação ambiental desde a base escolar para incentivos não só das empresas, mas para que grande parte da população também possua a visão ambiental e sustentável. Quanto à geração de resíduos, reuso e reciclagem, as empresas possuem uma expectativa de meta de aterro zero, parceiros para reciclagem e o reuso de rebarbas plásticas nos processos quando possíveis. Com as respostas coletadas em várias regiões do país foi possível produzir um mapeamento de boas práticas e um *roadmap* de soluções com plano de ação diante das dificuldades observadas para iniciativas da circularidade do plástico, assim como foi realizado um *benchmark* internacional para conhecimento e para agregar as práticas realizadas fora do cenário nacional. Podendo-se concluir que a circularidade dos plásticos está inserida na vivência das empresas alojadas no Brasil, ainda num movimento tímido, mas com metas mensuráveis de confiabilidade.

Referências

- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2017**. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe_2017.pdf>, 2017.
- AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA BRASIL (ACV Brasil). 2022. Disponível em: <<https://acvbrasil.com.br/>>. Acesso em: 11 maio. 2022.
- BOTICÁRIO. Grupo Boticário. Disponível em: <<https://www.boticario.com.br/sustentabilidade/>>. Acesso em: 15 setembro 2022.
- CNI – Confederação Nacional da Indústria. Economia circular: **Oportunidades e desafios para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2018.
- ECODEBATE. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2019/01/25/economia-circular-pode-ajudar-paises-a-combater-mudancas-climaticas-diz-relatorio-divulgado-no-forum-economico-mundial/>. Acesso em 12 de março de 2022.
- FIRJAN - Federação das Indústrias do Rio de Janeiro. **Trilha do Design Circular. Aliança Agenda.Tech. 2022**. Notas de participação. Não paginado.
- ISO 14040. Disponível em: <<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-14.040-Gest%C3%A3o-Ambiental-avaliac%C3%A3o-do-ciclo-de-vida-principios-e-estrutura.pdf>>. Acesso em: 11 maio. 2022.
- INPI. Instituto Nacional da Propriedade Industrial Disponível em: <<https://busca.inpi.gov.br/pepi/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp>>. Acesso em: 11 mai. 2022.
- LEITE, P. R. **Logística Reversa: meio ambiente e competitividade**. 2ª ed. São Paulo/SP: Pearson Prentice Hall, 2009.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos** - Ministério do Meio Ambiente, 2022a. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/agendaambientalurbana/lixao-zero/plano_nacional_de_residuos_solidos-1.pdf>. Acesso em: 19 maio. 2022
- ONU - Organização das Nações Unidas. **Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <<https://odsbrasil.gov.br/>>. Acesso em: 9 jun. 2022.
- LANO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – PDS. Disponível em: <https://www.rio.rj.gov.br/web/planejamento/pds>. Acesso em 10 de junho de 2022.
- PLASTICO. 2022. Disponível em: <<https://www.plastico.com.br/economia-circular-bopp-e-reciclavel-mas-enfrenta-problemas/>>. Acesso em: 11 maio. 2022.
- UNILEVER. **Rethinking plastic packaging**. Disponível em: <<https://www.unilever.com/planet-and-society/waste-free-world/rethinking-plastic-packaging/>>. Acesso em: 20 maio. 2022b.

Digitalização do processo de inspeção dimensional de placas de aço

Gustavo Lameirão de Lima²³, Felipe Araujo Holanda²⁴, Cristiano Lopes Santos²⁵, Wellington Albuquerque Falcao²⁶, Pedro Mario Barbieri Dos Santos Netto²⁷

Resumo

O Sistema de Inspeção Dimensional é um projeto desenvolvido em Parceria com o SENAI e o setor industrial, tendo como objetivo digitalizar o processo de medições em placas de aço. Com a digitalização, o processo pode se tornar mais preciso, no sentido de diminuir falhas humanas, além de trazer maior segurança aos operadores. Este estudo apresenta as etapas do desenvolvimento do projeto, em especial do aplicativo. São apresentadas as principais telas e suas respectivas funcionalidades. Por fim, apresenta-se as conclusões obtidas através do desenvolvimento e dos testes iniciais da ferramenta.

PALAVRAS-CHAVE: Inspeção Dimensional. Aplicativo Android. Trena a laser. Digitalização.

Introdução

O constante avanço de tecnologias para o aprimoramento de processos, visando tornar a fabricação mais eficiente e proporcionar condições de trabalho mais favoráveis aos operadores, ainda é um problema que assola alguns setores industriais. Sem essas melhorias, os trabalhadores podem estar sujeitos a danos físicos e, até mesmo, psicológicos devido aos riscos ergonômicos inerentes às atividades desempenhadas. Nesse sentido, com o foco em aprimorar e garantir a qualidade, segurança e confiabilidade das etapas do processo produtivo, o projeto desenvolvido busca melhorar o processo da inspeção dimensional de placas de aço, que atualmente é feito de forma manual. Em Teixeira *et al.* (2022), um estudo da Associação Americana de Ergonomia, os autores destacam que o uso de trenas a laser pode reduzir a fadiga e o risco de lesões relacionadas ao trabalho, pois não requer movimentos repetitivos de esticar e enrolar a fita. Além disso, Noyafa (2023) destaca os benefícios em se usar as trenas de medição a laser, tais como: aumento na precisão, rapidez na medição, facilidade de utilização, versatilidade e eficiência de custo. No sentido de aprimorar esse processo, surge a proposta do Sistema de Inspeção Dimensional (SID). O SID tem por finalidade digitalizar o processo de inspeção dimensional de placas de aço, através do uso de um aplicativo para dispositivos móveis (Android versão 11) em conjunto com uma trena a laser. A digitalização do processo tenta minimizar erros gerados pelo fator humano na medição, além de tornar o processo de inserção, conferência e envio de dados mais confiável. Além disso, o uso da trena a laser também pode ajudar em quesitos de segurança e saúde ocupacional, pois o funcionário pode efetuar as medições das placas em uma distância segura e em condições laborais mais adequadas. O Instituto SENAI de Inovação em Sistemas Virtuais de Produção (ISI SVP) atuou no levantamento de requisitos no desenvolvimento desde os *wireframes* até as artes finais e, por fim, na criação do aplicativo. Além do desenvolvimento do aplicativo pelo ISI SVP, o projeto também contou com o apoio do Instituto SENAI de Tecnologia em Solda (IST Solda) no desenvolvimento de um protótipo mecânico em alumínio. Esse protótipo servirá como base e guia para o dispositivo de medição, aperfeiçoando, assim, a exatidão e a conveniência das medições efetuadas. A utilização desse braço aprimora tanto o controle de qualidade quanto a eficiência do procedimento de inspeção dimensional aplicado às placas de aço.

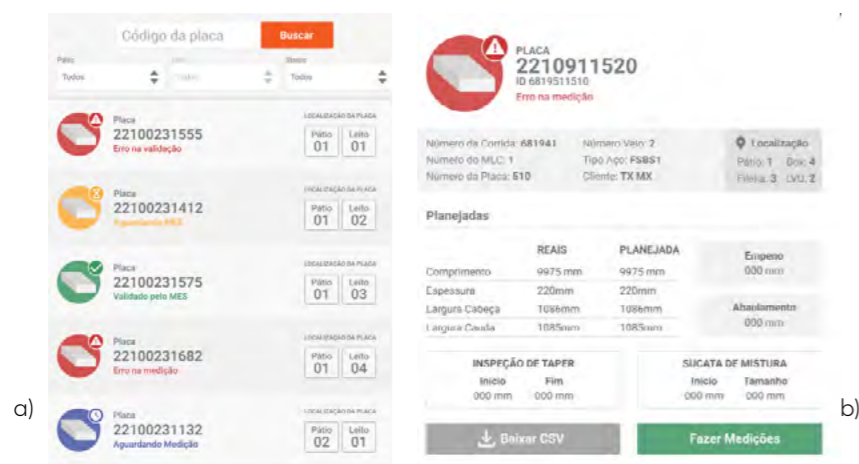
- 23 Pesquisador bolsista. ISI Sistemas Virtuais de Produção, gullima@pesquisador.firjan.com.br.
24 Especialista Serviços Tecnológicos II. ISI Sistemas Virtuais de Produção, fhollanda@firjan.com.br.
25 Especialista Serviços Tecnológicos I. ISI Sistemas Virtuais de Produção, crlsantos@firjan.com.br.
26 Analista de Serviços Tecnológicos III. ISI Sistemas Virtuais de Produção, wfalcao@firjan.com.br.
27 Analista de Serviços Tecnológicos I. ISI Sistemas Virtuais de Produção, pnetto@firjan.com.br.

Discussão e resultados

O SID conta com três partes, sendo elas: (i) trena a laser, capaz de realizar medições a distância, modelo Bosch glm 120 c x4684 (BOSCH, 2023); (ii) suporte mecânico para a trena, desenvolvido pelo IST Solda; e (iii) aplicativo, que trata da interface para visualizar, aferir e enviar dados sobre as placas de aço. O aplicativo, item de maior destaque neste estudo, foi desenvolvido de forma nativa, na plataforma Android (GOOGLE, 2023), utilizando a linguagem Java, com foco nos tablets utilizados pela empresa. De forma a atender aos requisitos solicitados, o aplicativo conta com:

- 1) Login - De forma a atender aos requisitos de segurança, o sistema conta com a autenticação através da plataforma Azure AD²⁸ (Active Directory), uma solução da Microsoft. Dessa forma, a empresa pode especificar quais usuários registrados podem ou não ter acesso ao sistema. Vale destacar que nenhuma tela interna do aplicativo pode ser acessada sem uma autenticação válida;
- 2) Placas - Listagem das placas que se encontram nos pátios, nas quais o operador deve realizar as medições necessárias. As placas devem contar com algumas informações, como dados de identificação, status de medição etc. A Figura 1(a) ilustra a exibição das placas e das opções de filtragem. Ao detalhar uma placa, é possível visualizar todas as informações que a placa possui, tais como: posição da placa no pátio, tipo do aço utilizado, detalhes da última medição, entre outros. A Figura 1(b) apresenta como essas informações são dispostas no aplicativo. Além das informações da placa, caso já tenham sido realizadas medições nesta placa, também é possível baixar um arquivo (extensão CSV). Por fim, a tela também conta com um botão para realizar medições;

Figura 1: (a) Tela de listagem de placas e (b) de detalhamento de placa.

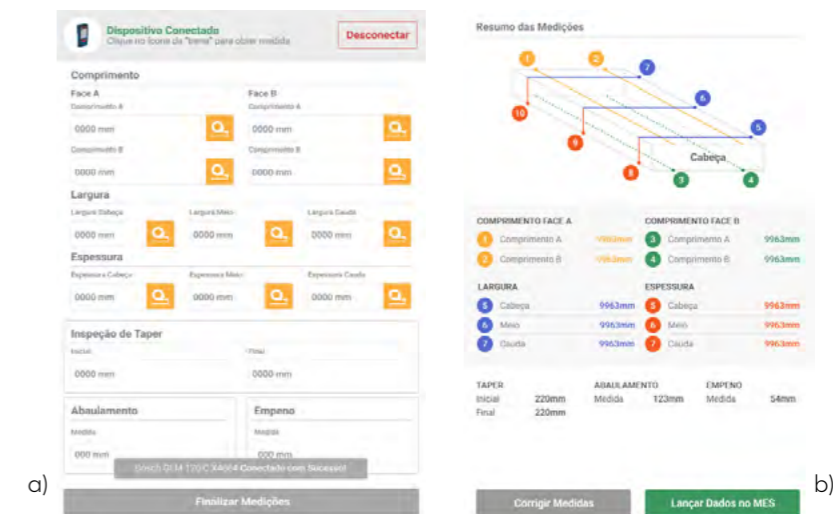


Fonte: do autor.

- 3) Medições - Escolhida uma placa, o operador pode realizar as medições. Para tal, existem duas opções de medição: (i) Manual, na qual o operador digita o valor da medição obtida através do processo de medição convencional com o uso de uma trena manual no campo referido; (ii) Automática, na qual a trena é fixada no protótipo mecânico, devidamente posicionado na placa. Para obter a medida, basta o operador apertar o botão ao lado do campo respectivo no aplicativo. Vale ressaltar que, para que seja possível realizar a medição automática com a trena, é necessário fazer o pareamento Bluetooth (BLE²⁹) entre a trena e o tablet, que é feito através do fluxo na parte superior da tela. A Figura 2(a) representa a tela que contém as informações de medição. Após realizar todas as medições, o operador pode passar para a tela final, de conferência de medições. Essa tela apresenta todos os dados informados na medição, incluindo uma legenda que indica na placa qual campo cada medição representa e qual o valor obtido.

Caso esteja tudo correto, o operador pode finalizar a etapa de medição e enviar para o sistema as informações. Caso contrário, o operador pode voltar para a tela anterior (Figura 2(a)) e realizar as devidas correções. A etapa de conferência das medições, em conjunto com os botões de envio e correção, é ilustrada na Figura 2(b). Por fim, a Figura 2(b) também mostra a legenda dos pontos de referência das medições da placa, separados por cores. Essa legenda é importante para que o operador possa garantir que as medições realizadas condizem com os pontos esperados.

Figura 2: (a) Tela de medições e (b) tela de conferência e envio de medições.



Fonte: do autor.

Conclusão

Este trabalho apresentou as etapas de concepção e desenvolvimento do projeto SID. O projeto tem como objetivo digitalizar o processo de medição de placas de aço, diminuindo as possíveis falhas humanas e trazendo uma maior confiabilidade e precisão nos resultados, além de uma maior segurança para os operadores. Para tal, o projeto conta com uma trena a laser, um suporte mecânico e um aplicativo para tablets. O estudo apresentou, em especial, o aplicativo, suas etapas de desenvolvimento e os principais módulos. Por fim, acredita-se que a mudança da medição manual para o digital irá contribuir para que os resultados do processo sejam cada vez mais precisos e seguros.

Referências

BOSCH. **Trena laser - GLM 120 C PROFESSIONAL**. Disponível em: <<https://www.bosch-professional.com/br/pt/products/glm-120-c-0601072FG0/>>. Acesso em: 28 de ago. de 2023.

GOOGLE. **Android | A plataforma que redefine o impossível**. Disponível em: <https://www.android.com/intl/pt-BR_br/>. Acesso em: 28 de ago. de 2023.

NOYafa. **Using a Laser Tape Measure for Home Improvement Projects**. Disponível em: <<https://www.noyafa.com/blog/using-a-laser-tape-measure-for-home-improvement-projects.html/>>. Acesso em: 28 de ago. de 2023.

TEIXEIRA, R. C. M. et al. **Analysis of the Reduction of Ergonomic Risks through the Implementation of an Automatic Tape Packaging Machine**. In: Int J Environ Res Public Health, 2022. doi: 10.3390/ijerph192215193, 2022.

28 Plataforma: <https://azure.microsoft.com/en-us/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-azure/>
29 BLE: <https://developer.android.com/guide/topics/connectivity/bluetooth-le?hl=pt-br>

Estação ambiental com sensoriamento remoto para monitoramento e coleta de resíduos sólidos em cursos hídricos

Gabriel Chianca³⁰, Igor Lima³¹

Resumo

O presente trabalho aborda o desenvolvimento de uma estação autônoma com energia solar para coleta de lixo em rios e afluentes. A estação foi projetada para atender diversas características de rios, atendendo a logística de transporte e implantação em áreas remotas, assim como a viabilidade financeira em regiões mais carentes e com ausência de saneamento básico adequado. A composição da estação é caracterizada por um sistema de esteira transportadora, recipiente removível de armazenamento de resíduos, sensores, sistema sonoro de segurança e transmissão de dados. Além disso, opera no sistema 24/7 de forma autônoma. Sua operacionalidade autônoma e contínua se dá através de um sistema de painéis solares com armazenamento em baterias de Lítio que garantem dois dias de autonomia operacional, mesmo em dias nublados. A estação autônoma é uma evolução tecnológica para o auxílio na luta contra a redução de escape de resíduos plásticos nos oceanos, através de tecnologias (IoT) para viabilizar ações inteligentes, monitoramento, controle, eficiência, armazenamento e destinação de resíduos sólidos coletados em corpos hídricos e seus afluentes.

PALAVRAS-CHAVE: Coleta de resíduos. Ecobarreira flutuante. IoT. Sustentabilidade.

Introdução

Todos os anos, plásticos invadem os oceanos, causando um prejuízo econômico de mais de dez bilhões de dólares, impactando o turismo, a pesca, a aquicultura e o meio ambiente. Para livrar os oceanos do plástico, precisamos não apenas limpar o que já existe, mas também impedir que novos plásticos entrem nos oceanos.

Ecobarreiras tradicionais são utilizadas como paliativos em muitos rios em várias regiões do Brasil e do mundo, e sempre apresentaram grandes desafios, sejam eles em eficiência ou ambientais. Para seu funcionamento, é necessário o monitoramento constante com pessoas no local para a avaliação do volume de resíduos. Quando as barreiras se sobrecarregam, não há condições de conter a pressão exercida pelas correntes dos rios adicionadas ao peso dos resíduos. Logo, se rompem e despejam toneladas de resíduos plásticos nos oceanos. Quando atingem um volume "visual" de capacidade, são necessárias retroescavadeiras e caminhões para a retirada dos resíduos.

A Estação de coleta HRios foi projetada com o intuito de ser uma ecobarreira flutuante mais eficiente do que as ecobarreiras convencionais. Portanto, foi desenvolvido um design que viabiliza uma produção em escala para implantação rápida nos diversos tipos de rios poluídos. A estação possui 5,5 metros de comprimento e 2,5 metros de largura, possibilitando o transporte por caminhões munck, viabilizando a logística em áreas remotas e uma operação de baixo custo.

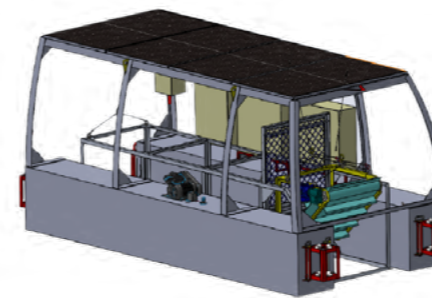
O funcionamento da estação se dá da seguinte maneira: Os resíduos que fluem com a corrente de canais fluviais são interceptados por barreiras mecânicas e pneumáticas em direção à estação HRios; Ao adentrar o filtro, os resíduos são guiados por uma esteira que funciona de maneira invertida com o objetivo de assentar os objetos abaixo da lâmina d'água; Ao chegar no limite da armazenagem de resíduos, o sistema imerge o filtro e a esteira de coleta; O filtro de coleta com armazenamento completo é retirado e um novo é posicionado para reiniciar o ciclo.

Desenvolvimento e resultados

Metodologia

O projeto teve seu escopo dividido em quatro áreas diferentes para cumprir com o funcionamento descrito e com as demandas ambientais que se fizeram necessárias. Os quatro escopos do projeto são:

- 1) Escopo Náutico: Este escopo se caracteriza por definir a estrutura principal da embarcação. Foram realizados cálculos estruturais com estipulação das massas presentes. A realização desse escopo se deu por parte da empresa parceira Bravante com o auxílio da equipe do IST Solda;
- 2) Escopo Mecânico: Este escopo se caracteriza por definir a estrutura do filtro, estrutura e funcionamento da esteira, todo o sistema de içamento, cálculos e funcionamento do sistema pneumático, sistema de ancoragem, além de todo o esquema de suporte estrutural para os sensores e sistema fotovoltaico. A realização desse escopo se deu por parte da equipe do IST Solda;
- 3) Escopo Elétrico: Este escopo se caracteriza por realizar o estudo de potencial energético necessário para o funcionamento seguro da estação, automação e sensorização do sistema, definindo todo conjunto fotovoltaico, sistema de armazenamento de energia, conjunto de sensores para fiscalização, segurança e funcionamento dos motores de maneira automatizada. A realização desse escopo se deu por parte da equipe de Eletrônica do IST Automação;
- 4) Escopo Ambiental: Este escopo se caracteriza por realizar o estudo ambiental do projeto, buscando regulamentar o mesmo e selecionar o local ideal para instalação e testes do protótipo através de análises fluviais, estudo de gerenciamento de resíduos e um estudo licenciamento ambiental. A realização desse escopo se deu por parte da equipe do IST Química e Meio Ambiente.



Para realizar a representação visual do projeto e auxiliar na fabricação, integração e instalação dos sistemas, foram desenvolvidos desenhos 3D, para realização de ensaios estruturais e posicionamento de componentes, e desenhos 2D, para o processo de fabricação.

Figura 1: Representação 3D do projeto HRios.

Conclusão

O estudo identificou que 80% de todos os plásticos encontrados nos oceanos vem dos rios e seus afluentes, o que se torna um grande desafio, pois nenhum rio é igual. Fatores como largura do rio, profundidade, velocidade do fluxo, composição de detritos, sazonalidade e marés têm uma grande influência nas estratégias de contenção e limpeza dos lixos industriais e naturais descartados em suas águas.

O objetivo de reduzir a poluição de plástico nos oceanos requer uma ação coordenada e tecnologias adequadas, tendo em vista todo o prejuízo econômico e ambiental causado pela invasão do plástico nos oceanos. Por tanto estima-se que a estação de coleta HRios contribuirá significativamente para a redução da quantidade de resíduos plásticos que adentram os mares, visto que a utilização das tecnologias desenvolvidas ajudará a manter o sistema plenamente operacional e com substituição ativa do reservatório de lixo, assim como permitir a fácil instalação em rios e afluentes diversos.

Referências

BOEHM, C. **Cerca de 80% dos resíduos encontrados nos oceanos têm origem nas cidades**, 2018. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2018-03/cerca-de-80-dos-residuos-encontrados-nos-oceanos-tem-origem-nas-cidades/>>. Acessado em: 11 de Jun. de 2023.

ECORESPONSE. **Plástico nos oceanos pode chegar a 600 milhões de toneladas em 2040**, 2020. Disponível em: <<https://www.ecoresponse.com.br/blog/noticia-interna/eco-barreiras-diminuir-poluicao-de-rios-319>>. Acessado em: 13 de Maio. de 2023.

GANDRA, A. **Plástico nos oceanos pode chegar a 600 milhões de toneladas em 2040**, 2020. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-07/plastico-nos-oceanos-pode-chegar-600-milhoes-de-toneladas-em-2040>>. Acesso em: 25 de Jun. de 2023.

30 Analista de serviços tecnológicos, IST Solda. gchianca@firjan.com.br.

31 Analista de serviços tecnológicos, IST Química e Meio Ambiente. iglima@firjan.com.br.

Estudo de monitoramento de esteira transportadora através de sensores sem fio

Felipe Rebelo Lopes³², Talita Goulart da Silva³³, Maria Clara Carvalho Teixeira³⁴,
Ana Beatriz Dantas Fonseca³⁵, Eric Cardona Romani³⁶

Resumo

As esteiras transportadoras são equipamentos muito importantes na indústria, principalmente na área de mineração. Ela está submetida a uma série de desgastes de tensão e fadiga que vão diminuindo sua vida útil, comprometendo, assim, o sistema como um todo. O estudo consiste na avaliação de técnicas de monitoramento da integridade de esteiras transportadoras utilizando sensores sem fio através de antenas e receptores. O objetivo foi detectar pontos positivos e negativos de cada uma delas, além de analisar os desafios inerentes ao sistema. Utilizando uma antena e TAGs, que são acoplados às esteiras, é possível medir de diferentes formas a frequência de ressonância após a esteira sofrer tensões externas. Os trabalhos selecionados avaliam com precisão tanto a largura quanto a profundidade de trincas que ocorreram devido à fadiga. O sistema permite o monitoramento contínuo e em tempo real das condições da esteira, possibilitando a identificação precoce de problemas, a prevenção de falhas catastróficas, a redução do tempo de inatividade e a otimização dos custos de manutenção.

PALAVRAS-CHAVE: RFID. Esteira Transportadora. Monitoramento. Integridade.

Introdução

A internet das coisas (IoT) é uma tecnologia que permite a conexão de objetos físicos, máquinas, dispositivos e equipamentos por meio de redes sem fio. Essa conexão facilita o monitoramento, a automação e a otimização das operações industriais, além de fornecer dados em tempo real para a tomada de decisões estratégicas. Ela é considerada uma das bases da indústria 4.0, que busca integrar os processos produtivos com as tecnologias digitais, como a robótica, a inteligência artificial (IA) e a computação em nuvem.

Utilizar IoT para o monitoramento da integridade de esteiras transportadoras torna-se viável a fim de otimizar a operação e manutenção desse tipo de sistema. Em muitos casos são estudados o peso transportado, a posição dos itens e a velocidade da esteira (BUFFI, NEPA e LOMBARDINI, 2015; ZENG, *et al.*, 2015; LIU, PANG e LODEWIJKS, 2016; QIAO, *et al.*, 2022; XU, *et al.*, 2022). Dessa forma, é possível realizar um controle mais refinado e não submeter a esteira a desgastes contínuos e desconhecidos. Métodos como inspeção visual, sensores de tensão e de temperatura eram amplamente empregados.

O trabalho de Wang e Wang (2010) mostra como a IoT e o Radio Frequency Identification (RFID) podem monitorar o estado das correias transportadoras. Os autores analisam os fatores que influenciam na técnica de RFID, como o posicionamento dos sensores, o ângulo de leitura das antenas e a velocidade da esteira. Eles concluem que esses fatores e sua interação afetam a precisão das medições. O estudo ajuda a identificar os melhores locais para os sensores e a avaliar o desgaste da correia.

No presente estudo são abordadas algumas técnicas emergentes para a análise da integridade de esteiras transportadoras, elencando algumas vantagens e desvantagens, bem como as lacunas que existem nesse tipo de sistema.

Desenvolvimento e resultados

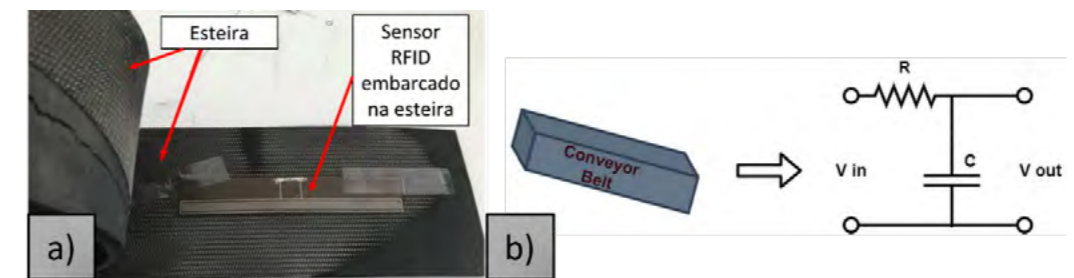
Fundamentação teórica

Atualmente existe uma série de tecnologias para monitorar a integridade de esteiras transportadoras, como os sensores ultrassônicos (DAVIS, 1987), as câmeras termográficas (YANG, ZHANG e MA, 2016), a combinação de laser e imagem 3D, drones e aprendizagem de máquina (*machine learning*) (YANG *et al.*, 2014; XIANGUO *et al.*, 2018).

No entanto, a técnica utilizando RFID apresenta um custo muito abaixo se comparada com as outras. Isso porque cada sensor pode ser comprado comercialmente por dezena de centavos de dólar, fazendo com que o sistema possa ter milhares de pontos de informação de desgaste (DEY *et al.*, 2021). Além disso, com o sensor RFID é possível detectar diversos problemas estruturais na esteira, como posição e comprimento de fissuras, humidade, temperatura, tensão, pressão, entre outros (ZOHRA *et al.*, 2020).

Basicamente, o sensor de RFID consiste em uma antena e uma etiqueta TAG. Conforme a antena envia ondas eletromagnéticas de rádio, a TAG é ativada. Uma vez ativada, a TAG envia de volta as ondas para que a antena capte os sinais e interprete as informações obtidas. Ao utilizarmos essa TAG em algum objeto, por exemplo na esteira transportadora (Figura 1a), é possível captar as alterações da impedância eletromagnética e assim detectar possíveis anomalias no sistema.

Figura 1 – Modelo físico e teórico de esteira transportadora. a) Esteira transportadora com sensores RFID instaladas nas malhas. Imagem adaptada do trabalho de Salim *et al.* (2021). b) Representação do modelo de esteira transportadora a partir de um circuito resistor-capacitor. Fonte: Zohra *et al.* (2021).



O estudo de Salim *et al.* (2021) aborda a utilização de RFID embarcada na esteira transportadora (Figura 1a) com uma ou múltiplas antenas atuando ao mesmo tempo. Dessa forma, os autores alcançam medições de 0,5 mm de exatidão. No entanto, vale ressaltar que a velocidade de transporte que utilizaram variou de 1 a 4 m/s. Mesmo assim, os experimentos mostram-se promissores e direcionam para a utilização de vários sensores e múltiplas antenas para obter a melhor resolução possível.

O trabalho de Zohra *et al.* (2022), propõe um modelo de rede neural para monitorar a esteira transportadora. Ele detecta e prediz fissuras de 0,5 a 5 mm com alta acurácia, além de usar uma equação analítica que considera a potência recebida pela antena na presença de trincas e vários parâmetros relacionados à antena, à TAG e à distância entre elas. O experimento usa sensores com diferentes larguras de trincas como entrada para a rede neural alcançando 95% de eficácia.

Outra forma de medir a integridade estrutural da esteira transportadora é apresentada no estudo de Zohra *et al.* (2021), no qual eles representam o modelo da esteira como um circuito resistor-capacitor (Figura 1b). Nesse modelo proposto é usado o efeito das propriedades dielétricas do meio, no qual os parâmetros dos sensores (ganho da antena, ressonância e impedância) são alterados quando estão embarcados nas esteiras. Utilizando a capacitância da esteira, é possível obter sua resposta de frequência teórica e assim compará-la com a experimental. Apesar de o modelo não ser exato, ele nos proporciona um entendimento do fenômeno, podendo, assim, projetar sensores adequados, com posicionamento e sensibilidade aprimorados.

32 Pesquisador QMS II, ISI Inspeção e Integridade. frlopes@firjan.com.br.
33 Pesquisador QMS III, ISI Inspeção e Integridade. tagsilva@firjan.com.br.
34 Pesquisador QMS II, ISI Inspeção e Integridade. macteixeira@firjan.com.br.
35 Pesquisador QMS II, ISI Inspeção e Integridade. abfonseca@firjan.com.br.
36 Coordenador, ISI Inspeção e Integridade. eromani@firjan.com.br.

Resultados e discussões

O processo de monitoramento de esteira transportadora utilizando RFID possui suas vantagens e desvantagens perante as outras técnicas, o que mostra que ainda existem diversas lacunas a serem exploradas. De forma a simplificar, a Figura 2 apresenta as características encontradas no presente estudo.

Algumas das principais vantagens da tecnologia RFID são: a medição sem contato de vários parâmetros relacionados à fadiga da esteira transportadora, como temperatura, vibração e tensão, eliminando, assim, a necessidade de sensores físicos que podem desgastar e exigir manutenção; e monitoramento remoto, permitindo que equipes de manutenção avaliem a saúde da esteira transportadora sem estar fisicamente presentes.

Já nas desvantagens podemos elencar: complexidade de configurar e manter, exigindo conhecimentos especializados e treinamento para o pessoal; e segurança, pois pode ser vulnerável a problemas de segurança de dados se não forem devidamente protegidos.

E as principais lacunas enfrentadas podem ser: Utilização em ambientes extremos. A pesquisa deve abordar como os sensores RFID se comportam em diferentes condições ambientais; e desenvolvimento de sensores otimizados para aprimorar sua durabilidade e sensibilidade, especialmente em ambientes industriais agressivos

Figura 2 – Vantagens, desvantagens e lacunas para a utilização do RFID em esteiras transportadoras. Fonte: Elaborado pelos autores.



Conclusão

À medida que avançamos nessa era de digitalização industrial, a utilização de sensores IoT estrategicamente posicionados nas esteiras transportadoras permitem a coleta de dados cruciais, como temperatura, vibração, tensão e desgaste. Esses dados são, então, transmitidos em tempo real para sistemas de análise que empregam algoritmos de aprendizado de máquina para identificar tendências, anomalias e indicadores de possíveis falhas. Combinando essas tecnologias, as empresas agora podem tomar decisões informadas, otimizar seus processos de manutenção e reduzir os custos operacionais, elevando a eficiência e a confiabilidade de suas operações.

Referências

BUFFI, Alice; NEPA, Paolo; LOMBARDINI, Fabrizio. **A phase-based technique for localization of UHF-RFID tags moving on a conveyor belt: Performance analysis and test-case measurements.** IEEE Sensors Journal, v. 15, n. 1, p. 387-396, 2014.

DAVIS, G. **Modern concepts in belt rip detection for steel-cord reinforced conveyor belts.** In: 4th Int. Materials Handling Conference BELTCON. 1987.

DEY, S. et al. **A novel UHF RFID sensor based crack detection technique for coal mining conveyor belt.** IEEE Journal of Radio Frequency Identification, v. 6, p. 19-30, 2021.

LIU, Xiangwei; PANG, Yusong; LODEWIJKS, Gabriel. **Theoretical and experimental determination of the pressure distribution on a loaded conveyor belt.** Measurement, v. 77, p. 307-316, 2016.

QIAO, Wei et al. **Dual-field measurement system for real-time material flow on conveyor belt.** Flow Measurement and Instrumentation, v. 83, p. 102082, 2022.

WANG, Xing; WANG, Dong. **Experimental study on RFID performance factors of conveyor belt system using DOE methodology.** In: 2010 Second International Conference on Future Networks. IEEE, p. 139-143, 2010.

XIANGUO, Li et al. **Laser-based on-line machine vision detection for longitudinal rip of conveyor belt.** Optik, v. 168, p. 360-369, 2018.

XU, Shichang et al. **Measuring bulk material flow—Incorporating RFID and point cloud data processing.** Measurement, v. 200, p. 111598, 2022.

YANG, Yanli et al. **On-line conveyor belts inspection based on machine vision.** Optik, v. 125, n. 19, p. 5803-5807, 2014.

YANG, Wenjuan; ZHANG, Xuhui; MA, Hongwei. **An inspection robot using infrared thermography for belt conveyor.** In: 2016 13th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI). IEEE, p. 400-404, 2016.

ZHANG, Mengchao et al. **Deep learning-based damage detection of mining conveyor belt.** Measurement, v. 175, p. 109130, 2021.

ZENG, Fei et al. **Measurement of bulk material flow based on laser scanning technology for the energy efficiency improvement of belt conveyors.** Measurement, v. 75, p. 230-243, 2015.

ZOHRA, Fatema-Tuz et al. **Design and analysis of a UHF RFID crack sensor for health monitoring of mining conveyor belt.** In: 2020 27th International Conference on Telecommunications (ICT). IEEE, p. 1-5, 2020.

ZOHRA, Fatema Tuz et al. **Health monitoring of conveyor belt using UHF RFID and multi-class neural networks.** Electronics, v. 11, n. 22, p. 3737, 2022.

ZOHRA, Fatema-Tuz et al. **A Novel Mining Conveyor Belt Modelling for UHF RFID Sensor based Health Monitoring.** In: 2021 International Conference on Engineering and Emerging Technologies (ICEET). IEEE, p. 1-5, 2021.

Identificação de falhas em tubos flexíveis

Lucas Lisboa dos Santos³⁷, Luiz Gustavo Cardoso Maria³⁸

Resumo

O presente estudo teve como objetivo investigar técnicas de processamento de dados para aprimorar o monitoramento da integridade de tubos flexíveis. Foi utilizado um conjunto de dados que possuíam sinais em um intervalo de quatro segundos, contendo informações sobre a energia elétrica nos sensores dos tubos, usados para criar classificadores. Para a validação, empregamos outro conjunto de dados com sinais de 60 segundos. Os dados estavam agrupados em cinco malhas de sensores distintos, e cada malha possuía até quatro configurações possíveis, totalizando 20 combinações distintas que foram utilizadas para a geração dos classificadores e validação dos testes. Utilizamos dois tipos de classificadores: *Random Forest* e *Support Vector Machine*. Além disso, exploramos redes neurais convolucionais, redes neurais recorrentes e hibridização entre elas, incluindo extração de características relevantes para a classificação e considerações temporais. Nos testes, o classificador *Random Forest* para o grupo G01A10 que teve 100% no evento verdadeiro positivo, superando a expectativa que era de 95%.

PALAVRAS-CHAVE: Fault Detection. Machine Learning. Random Forest. Support Vector Machine.

Introdução

Este estudo se insere no âmbito da detecção de falhas em ambientes equipados com sensores, em particular em plataformas remotas no mar, denominadas *off-shore* (PONSONBY,2009). O objetivo deste estudo reside em aprimorar o monitoramento da integridade de tubos flexíveis, treinando, através de aprendizado de máquina, padrões que estabelecem o comportamento normal do sistema em questão. Para isso, foi utilizado um conjunto de sensores, apresentando uma taxa de amostragem de 2 KHz ou 1.5 KHz. Esse conjunto de dados privado, pertencente ao cliente contratante do projeto, uma empresa do segmento de Óleo & Gás, foi tratado, classificado e analisado para distinguir as características dos eventos, com o objetivo de atingir uma acurácia mínima de 95%, estabelecida pelo próprio cliente. Para isso, este trabalho aborda, ainda, o uso de diversas técnicas de Aprendizado de Máquinas para comparar a eficácia desses métodos para esse tipo de sistema.

Desenvolvimento e resultados

Análise e preparação dos dados

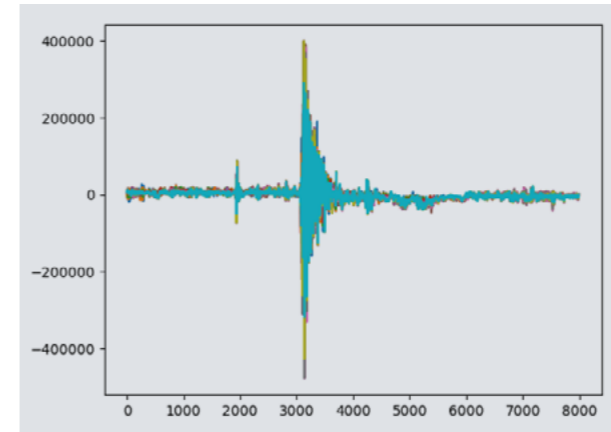
O conjunto de dados utilizado para a geração dos classificadores era composto de 735 arquivos de quatro segundos, com rotulação dos arquivos positivos e negativos. Os arquivos representam dados oriundos de sensores que podem pertencer a diferentes grupos e diferentes configurações identificados pelo nome, seguindo o modelo: <rótulo>-<Gxy> -<Cwz >-<id>-<.h5>.

No qual o rótulo informa se o evento é positivo ou negativo, G representa um aspecto físico do sensor e C a configuração do sensor, E.g.: pos-G01-A10-11.h5, decimo-primeiro arquivo positivo do grupo 01 na configuração A10. Cada combinação de grupo X configuração resultou em 20 combinações que foram treinadas individualmente para obtenção das métricas quantitativas. Utilizamos uma *resample* para padronizar a frequência dos arquivos em 2Khz. Importante notar que cada arquivo contém uma quantidade de sensores diferentes. Na Figura 1, podemos visualizar cada sensor sendo impresso com uma cor diferente; nesse caso, o arquivo contém dez sensores.

37 Pesquisador I, ISI Sistemas Virtuais de Produção. lulsantos@firjan.com.br.

38 Pesquisador II, ISI Sistemas Virtuais de Produção. lgmaria@firjan.com.br.

Figura 1: Arquivo pos-G01-A10-11.h5. Fonte: do autor.



Geração dos classificadores

Foram utilizadas técnicas de Aprendizado de Máquina (*Machine Learning* ML) para a geração dos classificadores dos eventos: *Random Forest* (RF), *Support Vector Machine* (SVM), técnicas que são utilizadas em Carvalho, 2021 para identificação de eventos em ambientes *off-shore*. Além disso, utilizamos Redes Neurais Convolucionais (CNN) e uma abordagem focada em séries temporais, como o *Long Short-Term Memory* (LSTM).

Resultados e discussões

Como métrica principal, considerou-se a classificação do evento verdadeiro positivo. A Tabela 1 apresenta os melhores resultados de acurácia obtidos pelos melhores classificadores, de acordo com o critério de classificação estabelecido.

Tabela 1 – Melhores resultados quantitativos.

Configurações	Grupos				
	G01	G02	G11	G21	G22
A10	RF-100%	RF-100%	RF-80%	RF-100%	SVM-80%
B10	RF-80%	RF-80%	RF-80%	RF-100%	RF-40%
A21-31	-	-	-	-	-
B21-31	-	SVM-50%	-	-	-
Geral	SVM-70.59%-				

Fonte: do autor.

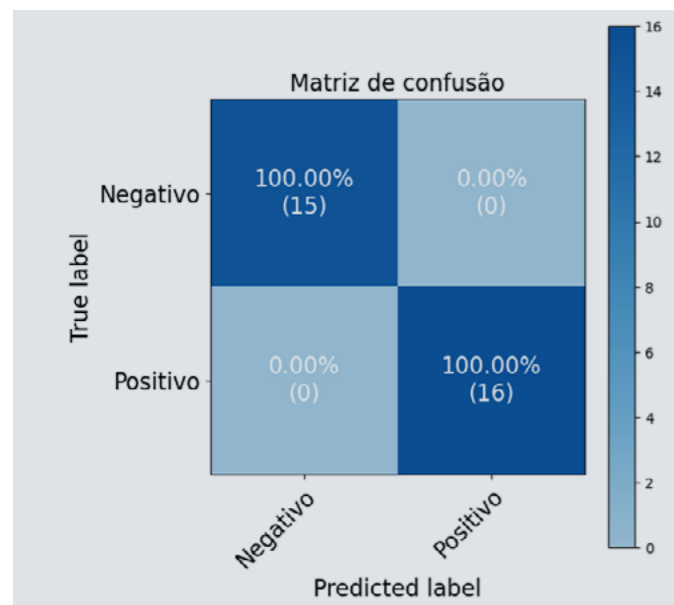
Os Grupos/Configurações A21-31 e B21-31 não apresentaram capacidade de identificação de eventos positivos, muito provavelmente pelo fato de não conter um balanceamento adequado. Já os Grupos/Configurações G01A10, G02A10, G21A10 e G22A10 apresentaram os melhores resultados quantitativos.

O Classificador geral funciona para todos os grupos/configurações. Em todos os experimentos houve uma separação de 70% para os arquivos de treinamento e 30% para os arquivos de teste de forma estratificada, garantindo que o conjunto de teste fossem arquivos diferentes dos arquivos de treinamento e mantendo seu balanceamento original.

Testes em arquivos de 1 minuto

Foram fornecidos 1560 arquivos de 1 minuto para realizar os testes com os classificadores criados anteriormente. Dessa forma, foram testados os classificadores RFG01A10 e RFG02A10. Com o grupo/configuração G01A10, dos 31 arquivos existentes, em cada arquivo foi identificado seu pico e realizada a sua classificação. Nesse caso, todos os picos positivos foram classificados corretamente, assim como os negativos, como é possível visualizar na Figura 2.

Figura 2 – Matriz de Confusão do Classificador RFG01A10.



Fonte: do autor.

Conclusão

Este trabalho teve por objetivo distinguir as características dos eventos, com expectativa de acurácia com 95%. Objetivo que foi superado com sucesso durante a etapa de testes com o classificador Random Forest, que obteve o valor de 100% no verdadeiro positivo com classificador RFG01A10, ratificando o método desenvolvido neste trabalho.

Importante ressaltar que a metodologia específica do classificador RFG01A10 faz parte de uma investigação exploratória, na qual o cliente em questão espera obter uma padronização dos seus sensores de acordo com determinado grupo/configuração eficaz na detecção de falhas. Como pesquisas futuras, sugere-se a exploração de classificadores com dimensionalidade de um único sensor; dessa forma, todos os sensores de uma malha poderiam ser testados individualmente.

Referências

CARVALHO, Bruno Guilherme et al. **Flow instability detection in offshore oil wells with multivariate time series machine learning classifiers**. In: 2021 IEEE 30th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), p. 1-6. IEEE, 2021.

PONSONBY, Will; MIKA, Frano; IRONS, Greg. **Offshore industry: medical emergency response in the offshore oil and gas industry**. Occupational medicine, v. 59, n. 5, p. 298-303, 2009.

Inovação em revestimentos e aditivação de polpas celulósicas para produção de embalagens mais sustentáveis para a indústria

Thuanny Moraes de Almeida³⁹, Giovanni Bressiani Pedroso⁴⁰, Larissa de Fátima de O. Costa⁴¹, Vivian Dias de A. Mattos⁴², Vinicius F. Brant⁴³, Antonio Augusto Fidalgo Neto⁴⁴

Resumo

Alimentos e bebidas devem ser armazenados, protegidos e transportados de maneira conveniente até o consumo. Para tanto, o uso de embalagens é extensivo e visa proteger alimentos e bebidas contra diferentes mecanismos de degradação. A proteção contra gases, água, aroma ou óleos e gorduras, por exemplo, é conseguida através de materiais de barreira que dificultam o transporte dessas substâncias através da embalagem. Como demanda adicional, esses materiais não devem servir como passivos e poluentes ambientais pós-uso. Para atender a esse objetivo, novas opções têm sido consideradas como componentes de embalagens, entre eles os biopolímeros naturais derivados de diferentes matérias-primas de biomassa. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo apresentar alternativas ambientalmente corretas para o desenvolvimento de matérias para revestimentos na produção de embalagens mais sustentáveis, de modo a solucionar e/ou mitigar os problemas ambientais associados às embalagens convencionais, atendendo, assim, a demanda da indústria e da sociedade por opções mais sustentáveis de consumo.

PALAVRAS-CHAVE: Embalagens. Sustentabilidade. Biopolímeros.

Introdução

Alimentos e bebidas devem ser armazenados, protegidos e transportados de maneira mais conveniente, cujo feito pode ser obtido através das embalagens, uma estrutura destinada a proteger os alimentos e as bebidas contra diferentes mecanismos de degradação. A proteção contra gases, água, aroma ou óleos e gorduras, por exemplo, é conseguida através de materiais de barreira que dificultam o transporte dessas substâncias através da embalagem.

Os polímeros sintéticos de origem petroquímica têm sido utilizados como materiais de embalagem devido às suas excelentes propriedades mecânicas e de barreira a vários compostos, como o oxigênio, o dióxido de carbono, o vapor de água e as gorduras, além do seu baixo custo para obtenção e produção. No entanto, esse tipo de polímero tem a desvantagem significativa de não ser biodegradável, o que resulta em um grave problema ambiental: seu acúmulo em aterros, cursos de água e no oceano (CHEN, SMITH e THOMCHICK, 2017).

Os biopolímeros naturais derivados de diferentes matérias-primas de biomassa (ou seja, resíduos florestais, resíduos agrícolas, organismos/sedimentos marinhos etc.) têm sido utilizados de forma crescente em aplicações nos setores da energia, saúde, alimentação, cosméticos, embalagens e muitos outros (KUMAR *et al.*, 2021; SHARMA *et al.*, 2018). Em particular, os polissacarídeos como a celulose e derivados, a quitina/quitosana, amido, ceras naturais e gomas constituem-se como um dos biopolímeros de maior volume e mais baratos produzidos por muitas indústrias. Complementarmente, o papel, o cartão e o cartão canelado são amplamente utilizados nos setores da embalagem e distribuição devido às suas inúmeras vantagens, incluindo o baixo custo, a dependência de matérias-primas renováveis e a natureza biodegradável (ŠIMKOVIĆ, 2008). Apesar do baixo custo e dos benefícios ambientais dos materiais à base de papel, a sua aplicabilidade é limitada devido, entre outros fatores, à sua baixa resistência à água e à sua permeabilidade ao O₂, CO₂ e gorduras, que se deve, principalmente, à elevada porosidade (FOTIE, *et al.*, 2017).

39 Pesquisador Visitante, ISI Química Verde. tmoraes@pesquisador.firjan.com.br.

40 Pesquisador QMS, IV ISI Química Verde. gbpedroso@firjan.com.br.

41 Pesquisador QMS, I ISI Química Verde. larcosta@firjan.com.br.

42 Pesquisador QMS, IV ISI Química Verde. vbrant@firjan.com.br.

43 Pesquisador Visitante, ISI Química Verde.

44 Coordenador de Pesquisa e Desenvolvimento QMS, ISI Química Verde. aaneto@firjan.com.br.

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo discutir as atuais possibilidades de materiais que agreguem maior sustentabilidade para as embalagens, tendo como premissa básica o atendimento das usuais barreiras contra umidade, oxigênio e radiação UV. Assim, aditivos de origem renovável são listados e discutidos visando avaliar a substituição de embalagens plásticas de origem fóssil e, com isso, auxiliar a apontar caminhos para a indústria que tem a embalagem como meio direto e indireto de atividade.

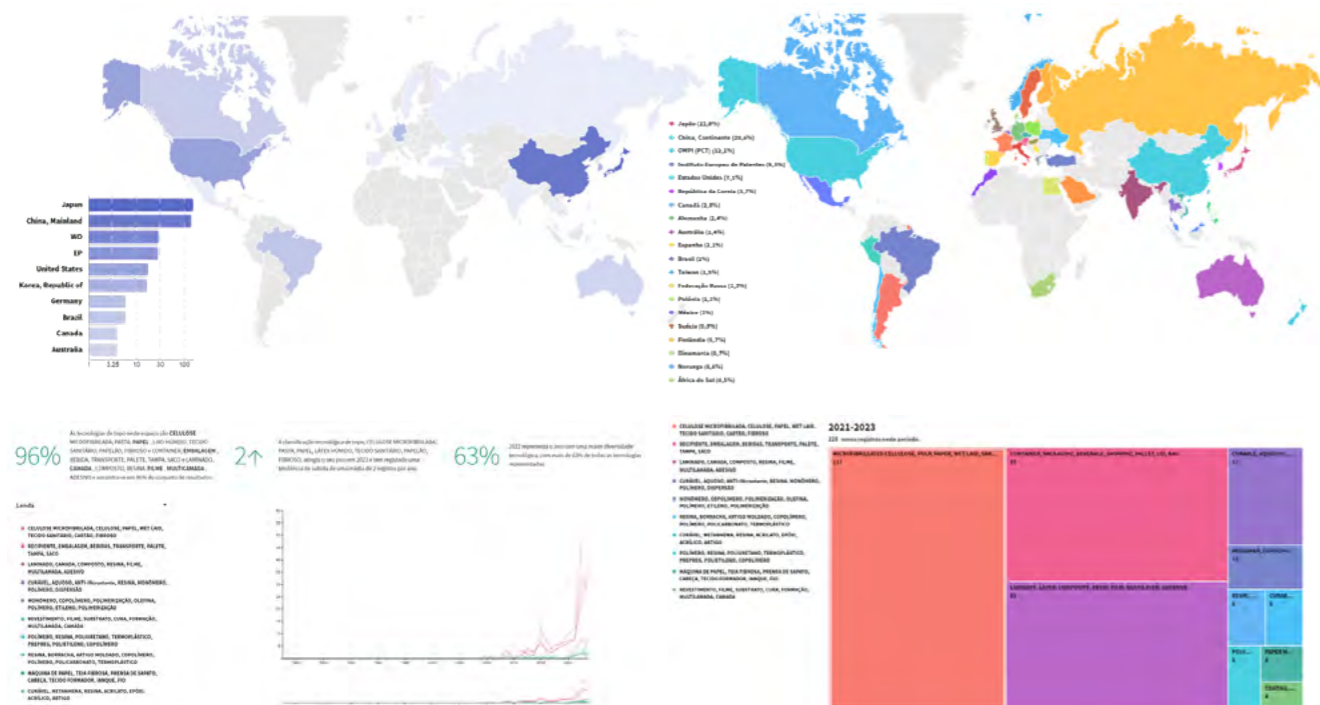
Desenvolvimento e resultados

Os principais requisitos dos materiais a serem utilizados como embalagem baseiam-se principalmente na baixa permeabilidade ao vapor de água (WVP), ao oxigênio e ao dióxido de carbono, com um bom desempenho mecânico, como o alongamento na ruptura e a transparência. Nesse sentido, a metodologia adotada inicialmente baseou-se em uma busca avançada de patentes depositadas e em trabalhos já publicados por meio de inteligência competitiva, usando o *Derwent*, *SciFinder* e *Web of Science* como plataformas auxiliares no desenvolvimento de prospecções e projetos. Como estratégia de pesquisa, adotou-se as seguintes palavras-chave: "paper bottle", "paper packaging", "oil barrier", "food", "coating". Adicionalmente, e além das bases de dados citadas acima, foram feitas buscas de artigos e publicações científicas com foco no desenvolvimento e proposição de materiais que agregam viés ambientalmente favorável às embalagens. Assim, as plataformas *ScienceDirect*, *Taylor&Francis* e *Springer* foram utilizadas e o conteúdo avaliado.

Resultados e discussões

Foram localizadas cerca de 435 patentes depositadas da mesma família das palavras-chave pesquisadas desde 1997 com 41% sendo Japão e China os principais depositantes, sendo estes países com potenciais mercados abertos para invenções. O Brasil aparece na 11ª colocação, com apenas 2% de mercado. A pesquisa também apresentou uma tendência em tecnologia, com 96% dos resultados voltados para um grupo de tecnologias no qual as palavras-chave pesquisadas estão inseridas. As palavras-chave também estão entre as três principais tecnologias nos últimos três anos, com 220 novos registros nesse período (Figura 1).

Figura 1: Dados obtidos para as patentes depositadas com as palavras-chave pesquisadas.



Fonte: Adaptado de derwentinnovation.com

Também foram encontrados cerca de 218.000 trabalhos publicados com o mesmo tema central de embalagens sustentáveis. Na temática de revestimento com propriedades de barreira, foram encontrados mais de 1.000 resultados, concentradas na Ásia e Estados Unidos (52% das patentes ativas) e com foco em embalagens sustentáveis como principal tecnologia. E a inventividade está centrada na ordem das camadas que conferem propriedades de barreira, sendo essas camadas/revestimentos já reportadas na literatura, com base nas plataformas de pesquisas utilizadas, como amido, quitosana, lignina, metilcelulose, PLA, entre outros (ŠIMKOVIC, 2008). Assim, e com o objetivo de converter a embalagem em oportunidade de inovação sustentável para a indústria, há trabalhos sendo produzidos, globalmente, e que direcionam o mercado. Aqui, buscou-se abordagens que tenham ação de barreira sem perda de propriedades mecânicas dentro do viés comercial. Por exemplo, o amido é biopolímero de grande volume de produção, de baixo custo, renovável e biodegradável e pode ser degradado sem a formação de resíduos tóxicos (CHI, et al., 2020). A quitina, o segundo biopolímero mais abundante na Terra, vem igualmente sendo avaliada, assim como a quitosana. Outros materiais, como alginato (polissacárido natural extraído de algas marinhas) passível de ser usado no formato de películas e materiais lignocelulósicos, são também foco de boa parte dos trabalhos técnicos. Aqui, a mistura de lignina e de outros materiais biopoliméricos tem atraído a atenção devido à sua grande disponibilidade, boas propriedades mecânicas e biodegradabilidade. Não menos importante, o uso de ceras vem sendo proposto de forma crescente, e a cera de carnaúba tem mostrado viabilidade, sobretudo no formato de partículas micrométricas produzidas em processo de emulsificação. Outros polímeros naturais abundantes, como a metilcelulose, merecem destaque, pois têm baixa permeabilidade ao oxigênio e aos lípidos e não representam uma ameaça para o ambiente. O poli (ácido láctico) - PLA - pode ser utilizado para revestir papel e cartão, para conferir propriedades de barreira e tem uma boa transparência ótica, o que o torna adequado para aplicações de embalagem.

Conclusão

O desafio de produzir embalagens de papel inovadoras (e verdadeiramente sustentáveis e com propriedades mecânicas) é evidente. Para tal, uma estratégia de construção multicamada é a via principal, pois combina características químicas desejáveis do biofilme celulósico, cera, amido, quitosana e alginato, bem como a adição de amido, cargas e cera foram também avaliadas com sucesso relativamente à pasta. Nesse caso, cada via experimental poderá ter em consideração propriedades como a atividade antioxidante, a resistência à permeação de CO₂ ou ainda a resistência à umidade. Por fim, é importante ressaltar que somente um estudo que considere todos os prós e contras relacionados ao uso dos materiais adicionados na preparação da polpa, bem como dos aditivos utilizados como elementos de barreira citados acima, pode dar conta da complexidade do tema.

Referências

CHEN, M; SMITH, Paul M.; THOMCHICK, Evelyn. **Qualitative insights into buyer-supplier relationship attributes in the US biofuels industry**. Pensilvânia: Renewable Energy Focus, 2017.

CHEN, Min; SMITH, Paul M.; WOLCOTT, Michael P. **US biofuels industry: a critical review of the opportunities and challenges**. Pensilvânia: Bioproducts business, 2016.

FOTIE, G; RAMPAZZO, R; ORTENZI, M.A.; CHECCHIA, S; FESSAS, D; PIERGIOVANNI, L. **The Effect of Moisture on Cellulose Nanocrystals Intended as a High Gas Barrier Coating on Flexible Packaging Materials**. Milão: Polymers 2017, 9, 415.

CHI, K; WANG, H; CATCHMARK, J. M. **Sustainable starch-based barrier coatings for packaging applications**. Pensilvânia: Food Hydrocolloids, 2020.

KUMAR R, VERMA A, SHOME A, SINHA R, SINHA S, JHA PK, KUMAR R, KUMAR P, SHUBHAM, DAS S, et al. **Impacts of Plastic Pollution on Ecosystem Services, Sustainable Development Goals, and Need to Focus on Circular Economy and Policy Interventions**. Bihar: Sustainability. 2021.

SHARMA, Bhasha; MALIK, Parul; JAIN, Purnima. **Biopolymer reinforced nanocomposites: A comprehensive review**. Delhi: Materials Today Communications, 2018.

ŠIMKOVIC, I. **What could be greener than composites made from polysaccharides?** Bratislavia: Carbohydrate polymers, 2008.

Produção fotoeletrocatalítica de hidrogênio utilizando perovskitas de nióbio como semicondutores assistida pela plasmônica⁴⁵

Andreza D. M. Mendonça⁴⁶, Izabella H. W. S. Rezende, Victor G. P. Saide⁴⁷, José Carlos Netto Ferreira

Resumo

Na produção de hidrogênio a partir da clivagem da água por fotocatalise e fotoeletrocatalise, as perovskitas de nióbio podem ser empregadas como materiais semicondutores que desempenham um papel crucial na conversão da energia solar em energia química, como na decomposição da água em hidrogênio e oxigênio, usando a luz visível como fonte de energia. A presença da banda plasmônica em semicondutores (absorção na região do visível) pode aumentar significativamente a eficiência na captação de luz solar. Neste trabalho, foram sintetizados niobatos a partir do método sol-gel com a finalidade de obter filmes finos por meio da técnica de *spin-coating*. Além disso, foram sintetizados niobatos dopados com nitrato de prata em diferentes proporções (10, 15, 20, 25 e 30% m/m). Esses materiais foram caracterizados por microscopia eletrônica de varredura, difração de raios-x e espectroscopia no UV-visível em modo de reflectância difusa. Os resultados indicaram as principais diferenças entre o material "puro" e o material dopado, com destaque para a presença da banda plasmônica com absorção no visível para os materiais dopados.

PALAVRAS-CHAVE: Nióbio. Perovskitas. Plasmônica. Hidrogênio.

Introdução

O Brasil abriga as maiores reservas globais de nióbio, o que proporciona uma base sólida para o desenvolvimento de novos fotocatalisadores baseados em perovskitas de nióbio (Lopes *et al.*, 2015). Esses fotocatalisadores atuam como semicondutores e desempenham um papel crucial na produção de hidrogênio, o que tem sido extensivamente investigado. Nesse contexto, a essência dessa proposta reside na obtenção de hidrogênio (H₂) verde através do processo de clivagem da molécula de água por fotocatalise e por fotoeletrocatalise, métodos que utilizam a luz visível como fonte de energia. A singularidade dessa abordagem reside na implementação de fotocatalisadores plasmônicos, que se fundamentam nas perovskitas de nióbio obtidas através do método sol-gel. O método sol-gel, empregado para fabricar os semicondutores, é uma técnica versátil de processamento de materiais. Esse procedimento envolve a criação de um sol, uma dispersão coloidal de partículas em um líquido, que subsequentemente passa por gelificação e, eventualmente, a solidificação desse material (Abdalla, 2022; Avcioglu *et al.*, 2022). Além disso, esse método pode ser utilizado para obter filmes finos, ampliando ainda mais suas aplicações. O projeto atual busca desenvolver um dispositivo nacional avançado para converter energia solar em H₂ verde em conjunto com a startup parceira *Green Fuel*, que impulsionará o dispositivo. Esse enfoque busca maximizar a eficiência e a eficácia da conversão da energia solar em hidrogênio, contribuindo, assim, para uma abordagem mais sustentável na produção de energia.

45 A pesquisa foi desenvolvida com fomento CNPq.

46 Pesquisador visitante, ISI QV. admendonca@pesquisador.firjan.com.br.

47 Pesquisador QMS II, ISI QV. vsaide@firjan.com.br.

Desenvolvimento e resultados

O desenvolvimento dos experimentos compreendeu as seguintes etapas: síntese das perovskitas de nióbio (niobatos) pelo método sol-gel e dopagem empregando nitrato de prata; produção de filmes finos por *spin-coating*; e caracterização desses materiais.

Síntese e dopagem dos niobatos via sol-gel

Os niobatos foram sintetizados a partir de oxalato de nióbio amoniacal e nitrato de sódio como precursores metálicos. A síntese ocorreu da seguinte maneira (Adaptado de ABDALLA *et al.*, 2022): 4,47 g de oxalato amoniacal de nióbio foram dissolvidos em 50 mL de peróxido de hidrogênio (35%) sob agitação constante. Após completa dissolução, foram adicionados 2,77 mL de ácido nítrico (65%). Finalizada a etapa, 0,849 g de nitrato de sódio foram adicionados ao sistema (para os semicondutores dopados, após adição do nitrato de sódio, foi adicionado nitrato de prata nas proporções de 10, 15, 20, 25 e 30% m/m). Após 15 minutos de agitação, foram adicionados 7,47 g de ácido cítrico anidro (como agente quelante). A solução foi aquecida e mantida a 65 °C até a formação de um líquido amarelo opaco, sem efervescência. Após esfriar, foi feita a adição de hidróxido de amônio (25%) à solução até pH 7. A solução final foi então levada à estufa e mantida a 130°C até completar a formação de um gel. Por fim, o material seguiu para tratamento térmico, dividido em duas etapas: 1º ciclo de pré-tratamento a 400° C, durante três horas (taxa de 5°C.min⁻¹) e 2º ciclo de calcinação a 700° C, durante quatro horas (taxa de 5°C.min⁻¹).

Caracterizações dos fotocatalisadores

Após o tratamento térmico, os materiais obtidos foram caracterizados por difração de raiosx (DRX), microscopia eletrônica de varredura (MEV) e reflectância difusa (RD).

Preparação dos filmes

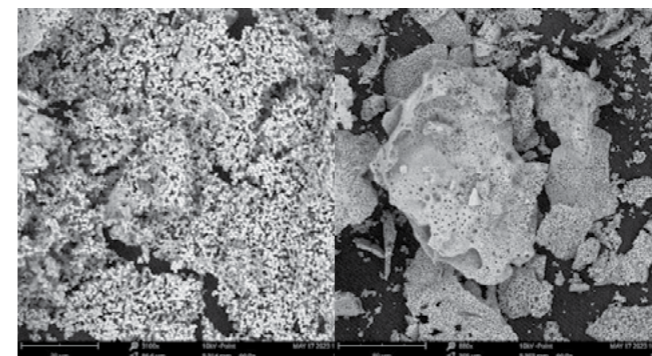
Uma parte do gel obtido pelo método sol-gel foi empregada na preparação de filmes finos por *spin-coating* (Adaptado de HUR *et al.*, 1994): os géis foram depositados em substratos (discos de quartzo) com o *spin-coater* em dois estágios de velocidade de rotação (1.000 rpm por 10 segundos, seguido de 6000 rpm por 20 segundos). Foram realizadas três deposições e, após cada deposição, o filme foi seco a 200°C em placa de aquecimento por cinco minutos. Depois, os filmes seguiram para o tratamento térmico dividido em duas etapas conforme descrito acima.

Resultados e discussões

Após o tratamento térmico foi possível observar diferença entre as colorações dos niobatos produzidos: os niobatos puros apresentaram coloração branca, enquanto os niobatos dopados apresentaram coloração rosada em diferentes intensidades que não tiveram relação com o aumento da proporção de nitrato de prata.

Na Figura 1, são apresentadas imagens ampliadas que correspondem às partículas de niobato puro obtidas por MEV. As micrografias demonstram uma variação uniforme no tamanho das partículas aglomeradas.

Figura 2: Micrografias por MEV dos niobatos puros com ampliação de 880 e 3100x, respectivamente.



Os difratogramas de DRX apontaram a pureza e a cristalinidade da fase de interesse dos materiais obtidos (Figura 2a). As amostras dopadas com prata apresentaram linhas de difração correspondentes à prata metálica em 38°, 44° e 64°, não observadas no niobato puro. Os espectros de reflectância difusa (Figura 2b) indicaram que todas as amostras dopadas com prata apresentaram banda plasmônica com absorção na região do visível. Além disso, o cálculo do bandgap indicou uma redução de E_g de 3,3 eV (niobato puro) para 1,6 eV (niobato dopado).

Figura 2. (a) Difratoograma de DRX e (b) espectros de reflectância difusa dos niobatos sintetizados.

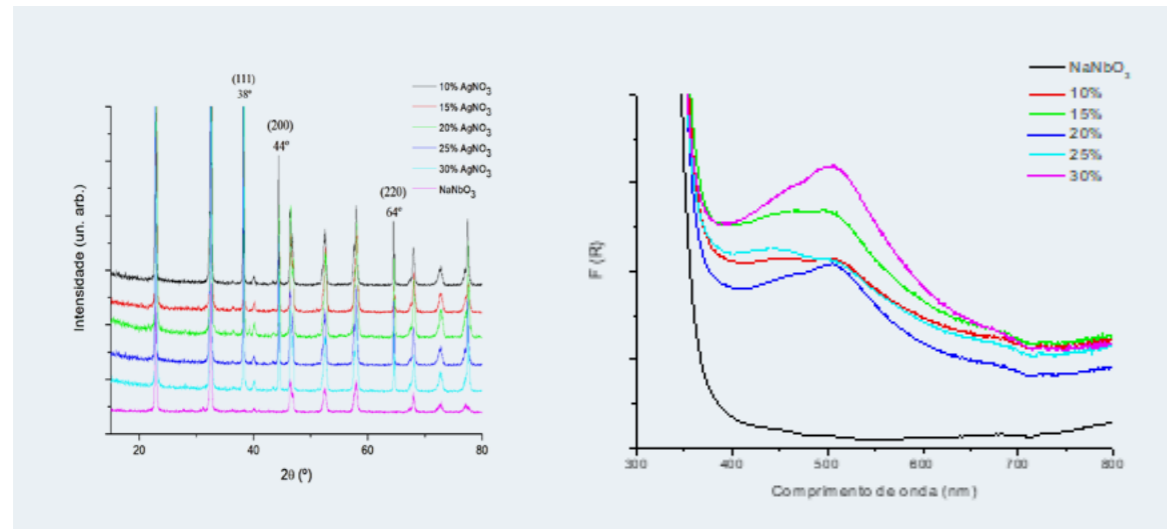
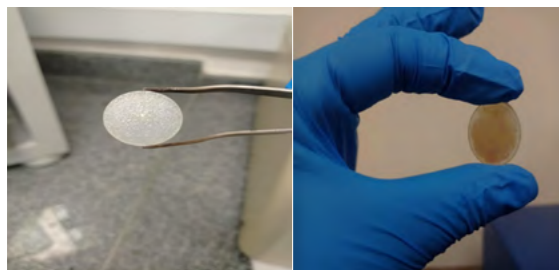
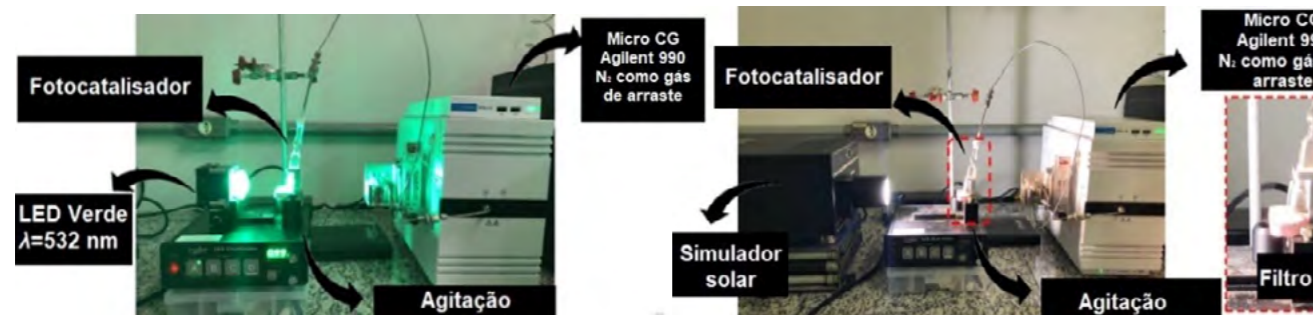


Figura 3. Filme após rotação em spin-coater e filme após tratamento térmico, respectivamente.



A partir da técnica de *spin-coating* foi possível obter os filmes finos dos géis obtidos pelo método sol-gel (Figura 3). Como mencionado, o aumento da concentração de nitrato de prata não foi um fator determinante para a intensidade da cor rosada dos semicondutores dopados após o tratamento térmico, confirmado pelos espectros de reflectância difusa. Alguns testes preliminares indicaram que o tratamento térmico está influenciando na intensidade da cor dos semicondutores dopados mais do que a porcentagem de nitrato de prata. A partir dos ensaios fotocatalíticos será possível verificar de forma mais clara a influência da concentração de prata e do tratamento térmico na eficiência do semicondutor. Esses testes serão realizados em um fotorreator por meio da fotodegradação do corante rodamina B (Figura 4).

Figura 4. Esquema geral de um fotorreator (a) com sistema de LED verde e (b) com lâmpada de Xe e simulador solar (filtro).



Conclusão

Foi possível obter niobato de sódio e niobato de sódio dopado com prata a partir do método sol-gel. Os resultados indicaram que os niobatos dopados apresentaram coloração rosada e banda plasmônica, sugerindo seu potencial como fotocatalisadores na produção de hidrogênio. Como perspectivas futuras, planeja-se realizar ensaios de fotodegradação para avaliar a atividade fotocatalítica dos semicondutores, empregando uma solução de rodamina B como corante e a conclusão das análises de caracterização, como as micrografias dos materiais dopados. Adicionalmente, há planos para aprimorar a preparação e as propriedades dos filmes obtidos. Em relação ao dispositivo final a startup parceira, que já vende eletrolisadores de água para motores veiculares e estacionários, guiará o empreendimento visando a produção escalonável para os setores de transporte e fertilizantes.

Referências

- ABDALLA, J. V. P. **Desenvolvimento de catalisadores para síntese de metanol a partir de CO₂**. Porto Alegre: UFRGS, 2022.
- AVCIOGLU, C.; AVCIOGLU, S.; BEKHEET, M. F.; GURLO, A. **Solar hydrogen generation using niobium-based photocatalysts: design strategies, progress, and challenges**. Berlin: Materials Today Energy, 2022.
- HUR, N. H.; PARK, Y. K.; WON, D. H.; NO, K. **Effect of substrates on the growth and properties of LiNbO₃ films by the sol-gel method**. Taejon: Journal of Materials Research, 1994.
- LOPES, O. F.; DE MENDONÇA, V. R.; SILVA, F. B. F.; ELAINE C. PARIS, E. C.; RIBEIRO, C. **Óxidos de nióbio: uma visão sobre a síntese do Nb₂O₅ e sua aplicação em fotocatalise Heterogênea**. São Carlos: Quim. Nova, 2015.

Projeto Arandu: bioeconomia Brasil-Alemanha

Gustavo Silva de Miranda⁴⁸, Bruna Farjun⁴⁹, Raquel Galvao⁵⁰, Thiago Santiago Gomes⁵¹,
Thiago Wolff⁵², Ivone Ventura⁵³, Antonio Fidalgo⁵⁴

Resumo

O "Projeto ARANDU" representa uma parceria estratégica entre o Instituto SENAI de Inovação em Química Verde, o SENAI Departamento Nacional e a Câmara de Comércio e Indústria de Trier, Alemanha. Seu foco principal é a promoção da bioeconomia por meio de um modelo de negócios inovador. A iniciativa visa não apenas desenvolver esse modelo, mas também replicá-lo em outros institutos, ampliando seu impacto. Para atingir esse objetivo, estão em andamento acordos de parceria estratégica e prospecções de novos projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Duas missões técnicas à Alemanha foram realizadas, permitindo a troca de conhecimento e o fortalecimento das relações bilaterais. Além disso, o projeto inclui a realização de um estudo de mercado abrangente e o treinamento de "bioscouts", profissionais de dentro da organização responsáveis por identificar e avaliar oportunidades de melhorias, projetos e negócios em bioeconomia. Esse estudo visa identificar tendências e oportunidades no setor, fornecendo uma base sólida para estratégias futuras. Em resumo, o "Projeto ARANDU" é uma iniciativa inovadora que busca fortalecer a colaboração Brasil-Alemanha na bioeconomia, com potencial para transformar positivamente as indústrias e o cenário de pesquisa em ambas as nações, promovendo a inovação e o desenvolvimento econômico sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Inovação. Sustentabilidade. Pesquisa aplicada. Novos negócios.

Introdução

A bioeconomia, uma abordagem econômica sustentável centrada em recursos, processos e tecnologias de base biológica, embora globalmente reconhecida, permanece subutilizada e pouco difundida no contexto empresarial brasileiro. Esse cenário desafiador se estende a projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação, tornando a bioeconomia um campo incipiente no Brasil (Tišma *et al.*, 2022). Nesse contexto, este projeto assume a missão de impulsionar a bioeconomia brasileira por meio de estratégias que abrangem missões internacionais, acordos de parceria, treinamento de pessoal e estudos de mercado. O objetivo central deste projeto é, portanto, criar produtos e serviços mais sustentáveis nas empresas participantes, fortalecendo a colaboração entre entidades de pesquisa e desenvolvimento e o setor produtivo. De forma tangível, os objetivos específicos do projeto são: fortalecer parcerias estratégicas com a Alemanha e melhor conhecer seu ecossistema de inovação na área de bioeconomia; avaliar o mercado brasileiro; e formar profissionais dentro das empresas abéis em identificar e avaliar oportunidades de melhorias, projetos e negócios, os *bioscouts*. Os resultados alcançados incluem a formação de uma rede de *scouts* de inovação, a integração de conceitos de inovação e bioeconomia nas políticas das empresas participantes e a melhoria do posicionamento dessas empresas por meio de uma presença mais forte em plataformas nacionais e internacionais de bioeconomia e inovação. Além disso, as missões internacionais têm o propósito de explorar as práticas de inovação em empresas alemãs, investigando suas parcerias com universidades, colaborações com centros de tecnologia, estratégias de gestão da inovação e investimentos nesse campo. Essa abordagem visa fomentar potenciais oportunidades de cooperação, com base em experiências anteriores que geraram diálogos promissores com empresas Alemãs, como a BitBurger e a Zahnen Technik.

48 Pesquisador, ISI Química Verde. gumiranda@firjan.com.br.

49 Pesquisadora, CIS Saúde Ocupacional. bffarjun@firjan.com.br.

50 Pesquisador, ISI Química Verde. rgalvao@firjan.com.br.

51 Pesquisador, ISI Química Verde. tsgomes@firjan.com.br.

52 Pesquisador, ISI Química Verde. twwolff@firjan.com.br.

53 Analista de Projetos Especiais, ISI Química Verde. ilmartins@firjan.com.br.

54 Pesquisador Chefe, ISI Química Verde. aaneto@firjan.com.br.

Desenvolvimento e resultados

Metodologia

O treinamento dos "scouts" em bioeconomia foi conduzido seguindo a abordagem da metodologia ágil de *Design Sprint*, que, de forma ativa, colaborativa e estruturada, orienta a elaboração de um projeto em um prazo curto. Para tanto, segue-se uma ordem lógica que propõe partir-se do conhecimento e diagnóstico dos desafios e oportunidades e trilhar uma caminhada voltada à ideação, à estruturação e ao planejamento de um novo projeto. O treinamento de "scouts" envolveu a participação de um tomador de decisão e dois profissionais com perfil técnico-operacional. O modelo utilizado baseou-se na metodologia desenvolvida pela CIRCO (2023) para a economia circular, que já vem sendo aplicada, com êxito, pelo IST QMA como Trilha de Design Circular. Adaptações específicas foram realizadas para aplicá-la ao contexto da bioeconomia de forma eficaz.

A pesquisa de mercado foi conduzida com uma metodologia robusta, empregando um questionário estruturado com perguntas abertas e fechadas. Essa metodologia foi aplicada de acordo com as diretrizes estabelecidas pela empresa SSK Análises, especializada em pesquisa de mercado e análise de dados. Essa abordagem permite uma análise abrangente e aprofundada das tendências e oportunidades no setor da bioeconomia.

Resultados e discussões

Este projeto alcançou resultados significativos que já demonstram uma contribuição para o avanço da bioeconomia e sustentabilidade no cenário brasileiro. Destacam-se os seguintes resultados:

1. Acordos de Parceria Estratégica: Firmamos parcerias estratégicas com a FACISC (Federação das Associações Empresariais de Santa Catarina) e a IHK Trier (Câmara de Comércio e Indústria de Trier), na Alemanha. Essas colaborações fortalecem o intercâmbio de conhecimento e oportunidades de negócios entre o Brasil e a Alemanha;
2. Treinamento de Scouts em Bioeconomia: O treinamento de "scouts" em bioeconomia foi conduzido com sucesso em Blumenau, capacitando profissionais especializados para disseminar ativamente as práticas da bioeconomia. Outros três treinamentos já estão agendados para o ano de 2023 e o primeiro semestre de 2024;
3. Parcerias em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D): Firmamos acordos de parceria no âmbito de P&D com diversas empresas de destaque, incluindo Karsten, Hospital Santa Catarina, IPEL e Ceramphix. Essas parcerias visam impulsionar a inovação, promovendo a colaboração entre entidades de pesquisa e o setor produtivo;
4. Estudo de Mercado Abrangente: Realizamos uma pesquisa de mercado que envolveu 1.000 empresas brasileiras. Os resultados revelaram um potencial significativo para o aumento de investimentos em pesquisa aplicada em bioeconomia por parte das empresas (app., 90% das empresas). É notável que a Firjan SENAI tenha se destacado como o segundo instituto mais reconhecido, logo após o SENAI SP. Essa posição é impulsionada pelas parcerias estabelecidas, consolidando a Firjan SENAI como um importante *player* no mercado de pesquisa aplicada em bioeconomia.

Esses resultados demonstram o impacto positivo deste projeto na promoção da bioeconomia e na criação de parcerias estratégicas sólidas. A pesquisa de mercado também evidencia a crescente conscientização e o interesse das empresas brasileiras na adoção de práticas sustentáveis e inovadoras. Como resultado, o projeto contribuiu para a expansão do conhecimento e das oportunidades na área da bioeconomia, fortalecendo a posição da Firjan SENAI como um centro de excelência nesse campo.

Conclusão

Em um cenário em que a bioeconomia se apresenta como uma abordagem econômica sustentável e promissora, porém ainda pouco explorada no contexto empresarial brasileiro, o Projeto Arandu emergiu como uma iniciativa transformadora. O projeto demonstra o potencial de impulsionar a bioeconomia e a sustentabilidade no Brasil, fortalecendo os laços com a Alemanha e promovendo a inovação e o desenvolvimento. Em oito meses de projeto se alcançou acordos estratégicos com a FACISC e a IHK Trier e o treinamento de "scouts" em bioeconomia, capacitando profissionais. Além disso, as parcerias em pesquisa e desenvolvimento com empresas como Karsten, Hospital Santa Catarina, IPEL e Ceramphix refletem o compromisso de impulsionar a inovação e a colaboração entre pesquisa e setor produtivo. A pesquisa de mercado, realizada com rigorosa metodologia, revelou um potencial significativo para o aumento de investimentos em pesquisa aplicada em bioeconomia por parte das empresas brasileiras. Cerca de 90% demonstraram interesse em aumentar ou amentar muito o investimento em produtos e/ou processos em bioeconomia. O reconhecimento do Instituto SENAI de Inovação em Química Verde (ISI QV), especialmente da Firjan SENAI, como um dos principais centros de pesquisa aplicada na área, demonstra o impacto positivo das parcerias estabelecidas e das atividades desenvolvidas ao longo do projeto. Nesse contexto, o Projeto Arandu representa não apenas uma colaboração bem-sucedida entre Brasil e Alemanha, mas também uma iniciativa que vem contribuindo para o fortalecimento da bioeconomia no Brasil. Esperamos que esses resultados continuem a gerar impacto e a impulsionar a inovação e o desenvolvimento sustentável, solidificando nossa posição como líderes nesse campo.

Referências

CIRCO, **Creating business through circular design**, 2023 <<https://www.circonl.nl/english/>>. Acessado em: 13 de setembro de 2023.

Vuletić, Dijana. **Economics, Ecology, and Policy for the Bioeconomy: A Holistic Approach**. Routledge **Studies in Ecological Economics**, Oxon UK, 2023.

Simulador híbrido de ponte de rolante

Lucas dos Santos⁵⁵, Erisvaldo Júnior⁵⁶

Resumo

A simulação é uma ferramenta poderosa que reduz custos, aumenta a segurança no treinamento e proporciona uma experiência de aprendizado prática e experimental. Este trabalho descreve o desenvolvimento de um Simulador de Ponte Rolante, uma aplicação de simulador híbrido que combina elementos físicos e virtuais. O simulador aborda a manipulação de cargas pesadas perigosas, que envolvem tarefas críticas em diversos setores da indústria, nas quais erros podem resultar em acidentes graves e fatais. O simulador oferece sete cenários diferentes, cada cenário simula uma situação diferente, cada uma com uma ponte rolante e carga associada. O simulador registra os erros cometidos pelos operadores durante a simulação e fornece um relatório detalhado ao final do treinamento. O sistema virtual foi desenvolvido utilizando a *engine Unity* e a linguagem de programação C#. A integração entre o sistema virtual e o hardware é feita por meio de um microcontrolador ESP32, que gerencia os comandos manuais e permite um controle preciso dos elementos físicos do simulador. Os resultados indicam que o simulador é adequado e eficaz como apoio às atividades de treinamento dos operadores de Ponte Rolante.

PALAVRAS-CHAVE: Simulação híbrida. Simulação. Ponte Rolante. Unity.

Introdução

Simulação é uma técnica que envolve a criação de um modelo abstrato ou computacional de um sistema, processo ou fenômeno do mundo real. O objetivo da simulação é entender, estudar, analisar ou prever o comportamento e as interações desse sistema sem a necessidade de experimentação direta no mundo real (SHANNON, 1992). Portanto, a essência da simulação reside na construção de um modelo que capture as características operacionais de um processo ou sistema real. Na área da educação, a simulação é utilizada como uma ferramenta pedagógica poderosa para envolver os alunos em ambientes virtuais ou cenários simulados que replicam situações reais ou abstratas, proporcionando oportunidades de aprendizado prático e experimental. O emprego da simulação proporciona uma redução de custos, aumenta a segurança no processo de aprendizado, permite a visibilidade de eventos e reprodutibilidade de operações. O conceito de simulação pode ser estendido para a classe de simuladores híbridos. Essa classe reproduz, totalmente ou parcialmente, a estrutura física do ambiente real (SHORT, 2005). Para essa finalidade é implementada a integração do sistema virtual com o sistema de hardware. O sistema virtual contempla o gerenciamento da simulação e comunicação com o sistema físico. Por outro lado, o sistema de hardware contém a parte física do simulador (assentos, botões e alavancas, por exemplo) e o software embarcado para gerenciamento das ações. Essas características tornam a simulação mais imersiva e fidedigna ao processo real, tornando a treinamento mais envolvente, relevante e eficaz. Em particular, a manipulação de cargas pesadas é predominante em diversos campos da indústria. Para essa finalidade são utilizados equipamentos de elevação, como a Ponte Rolante (também conhecida como guindaste de ponte). Portanto, operações incorretas, transferências ou elevações de cargas pesadas podem causar acidentes graves, inclusive com consequências fatais (MASULLO, 2022). Acidentes envolvendo Ponte Rolante podem causar danos graves aos operadores e empresas. As condições ambientais podem influenciar o estado fisiológico e cognitivo dos operadores e piorar o desempenho das operações de manipulação. Entre as ações relevantes para reduzir o risco de acidentes, é possível destacar a melhoria do treinamento dos operadores para aprimorar as habilidades na manipulação da Ponte da Rolante (MILAZZO, 2016).

55 Analista de Serviços Tecnológicos, ISI Sistemas Virtuais de Produção. lucssantos@firjan.com.br.

56 Especialista de Serviços Tecnológicos, ISI Sistemas Virtuais de Produção. efjunior@firjan.com.br.

Este trabalho apresenta o projeto de Simulador de Ponte Rolante. O Simulador é uma aplicação de um simulador híbrido (ambiente físico e virtual) interativo, projetado para instruir, orientar e treinar habilidades dos operadores de ponte rolante em um ambiente seguro e controlado. O Simulador foi projetado para reproduzir sete cenários, cada cenário contém uma ponte rolante e uma carga associada. Para reprodução dos cenários simulados foi utilizada a engine de jogos Unity 3D. Para o sistema de hardware foi utilizado um microcontrolador para conter a lógica de operação dos comandos da cabine do operador.

Desenvolvimento e resultados

Metodologia

Motor de jogos unity e linguagem de programação C#

Para a implementação do sistema virtual foi utilizada a Unity como motor do jogo. A Unity é reconhecida mundialmente como uma das ferramentas mais versáteis, poderosas e acessíveis disponíveis na indústria de desenvolvimento de jogos e simulações. A Unity oferece um ambiente de desenvolvimento integrado que abrange desde a criação de ativos 3D até a implementação a física da simulação. A Unity oferece recursos gráficos avançados que viabilizam a criação de ambientes de simulação altamente realistas e detalhados. A engine possui um sistema de física sólido e robusto, permitindo a simulação precisa de movimentos, colisões e interações entre os componentes da ponte rolante e as cargas. O C# foi selecionado por se tratar de uma linguagem eficiente e versátil. Além disso, é a linguagem de programação oficialmente suportada pela Unity. A estreita integração entre a Unity e o C# otimiza o desenvolvimento de código, permitindo uma conexão direta com os elementos da simulação. C# implementa gerenciamento automático de memória e recursos de depuração robustos, o que otimiza os recursos computacionais do simulador.

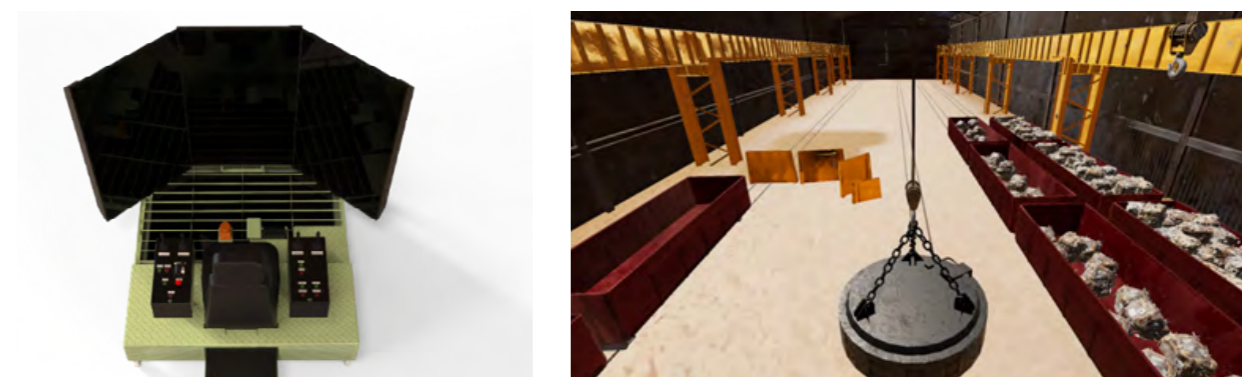
Hardware (ESP32)

O simulador de hardware utiliza diversos comandos manuais que ditam o seu funcionamento, sendo necessária a disponibilidade de um microcontrolador que tenha capacidade para processar e gerenciar tais comandos com agilidade e precisão. Para essa finalidade foi utilizado o ESP32, que é um microcontrolador fabricado pela empresa Espressif Systems. Esse microcontrolador possui alta performance, baixo consumo de energia, conexão Wireless Fidelity (WiFi) padrão 802.11 b/g/n e 34 GPIOs disponíveis.

Simulador de ponte rolante

O simulador de Ponte Rolante foi desenvolvido com uma estrutura física com a finalidade de reproduzir a cabine do operador (Figura 4). O simulador desenvolvido contou com sete cenários diferentes: Pátio de Sucata, Aciaria, Pátio de Placas, Galpão de produção, Área de Laminação a Quente, Embarque de Produto e Aços Longos. Cada cenário possui uma Ponte Rolante e uma carga associada; desse modo, cada ponte rolante implementa a física diferente. Ao longo do exercício são registrados os erros cometidos pelo operador durante a operação, como o desvio "Realizou operações com a carga em balanço". Ao cometer o erro, o operador é notificado imediatamente. Ao final da simulação é gerado um relatório contendo o nome do operador, a data do treinamento, a hora de início e fim da simulação e a duração total da simulação. Além disso, o relatório informa os erros cometidos pelo operador ao longo da simulação e as tarefas que foram efetuadas em cada cenário.

Figura 3: Simulador de Ponte Rolante. Fonte: Equipe SENAI, 2023.



Resultados e discussões

Este projeto está no estágio de implantação e ajustes nas instalações industriais. No entanto, em seu estado atual, foi possível observar que o simulador é capaz de reproduzir os sete cenários propostos para o treinamento. A arquitetura de software e hardware foi adequada para entregar uma simulação sem atrasos, com um *input lag* inferior a 150 ms, que poderia contribuir para a má experiência do operador. Os testes preliminares foram acompanhados junto com um operador de ponte rolante. Durante os testes, foi possível analisar o padrão de comportamento do operador ao utilizar o simulador, o que forneceu informações bases para realizar ajustes na física e nos comandos da ponte rolante. No que tange a geração do relatório, os operadores demonstraram satisfação em relação ao relatório gerado após o exercício da simulação. Isso ocorre pois com o relatório é possível realizar uma análise mais detalhada e justa sobre as ações realizadas pelo operador. Em relação a utilização do sistema do simulador (*User Experience - UX*), os operadores não apresentaram dificuldades em compreender e navegar no sistema, visto que ele possui uma interface simples e amigável.

Conclusão

O trabalho apresentou o Simulador de Ponte Rolante junto à descrição da sua arquitetura e tecnologia utilizada. Por meio da combinação de ambientes virtuais e elementos físicos, foi desenvolvido um Simulador de Ponte Rolante que oferece uma experiência imersiva e controlada para treinar operadores de forma eficaz e segura. A utilização da Unity como motor de jogo e a linguagem de programação C# proporcionaram uma plataforma sólida e versátil para o desenvolvimento do simulador, permitindo a criação de ambientes realistas e a simulação precisa de interações entre os componentes da Ponte Rolante. Os testes preliminares indicaram adequação do simulador às necessidades do cliente.

Referências

MASULLO, Massimiliano, et al. **Virtual Reality Overhead Crane Simulator**. Procedia Computer Science, 2022.

MILAZZO, M. F., et al. **Investigation of crane operation safety by analyzing main accident causes**. Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice, 2016.

SHANNON, Robert E. **Introduction to simulation**. Phoenix: Proceedings of the 24th conference on Winter simulation, 1992.

Submarino Classe Tupi: treinamento avançado e seguro

Lucas Severiano dos Santos⁵⁷, Luiz Maria⁵⁸, Erisvaldo Júnior⁵⁹, Lucas Lisboa dos Santos⁶⁰

Resumo

Simulação é uma ferramenta que envolve a criação de um modelo abstrato ou computacional de um sistema, processo ou fenômeno do mundo real. Nesse sentido, a simulação é uma ferramenta poderosa que reduz custos, aumenta a segurança no treinamento e proporciona uma experiência de aprendizado prática e experimental. Este trabalho descreve o desenvolvimento do projeto de modernização do Simulador de Submarino da Classe Tupi, um simulador híbrido que combina elementos físicos e virtuais. O simulador possibilita a criação de exercícios com operações configuráveis e parâmetros personalizados. Ao final de cada exercício é gerado um relatório com as interações realizadas pelos alunos. O sistema do simulador é dividido nos módulos: Estação do Instrutor e Módulo de Simulação. O Software da Estação do Instrutor foi desenvolvido utilizando a C# e o *Windows Presentation Foundation* (WPF). O módulo de simulação foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação C++. Os resultados indicam que o simulador reproduziu fielmente as dinâmicas realizadas pelo submarino real, garantindo uma experiência imersiva e eficaz.

PALAVRAS-CHAVE: Simulação híbrida. Simulação. Submarino.

Introdução

Simulação é uma técnica que envolve a criação de um modelo abstrato ou computacional de um sistema, processo ou fenômeno do mundo real. O objetivo da simulação é entender, estudar, analisar ou prever o comportamento e as interações desse sistema sem a necessidade de experimentação direta no mundo real (SHANNON, 1992). No contexto militar, as técnicas de simulação desempenham um papel crucial no treinamento de operações táticas e na instrução de ações técnicas que envolvem ambientes críticos. Nessa perspectiva, os simuladores podem atuar em diversas áreas, como voos em locais desconhecidos, navegação submarina em condições oceânicas críticas e operação de veículos blindados armados. Assim, a simulação auxilia no desenvolvimento de experiências operacionais e táticas, tempo de reação, foco, atenção e habilidades motoras no manuseio de equipamentos por parte dos operadores envolvidos nas atividades.

O conceito de simulação pode ser ampliado para englobar simuladores híbridos, que recriam, total ou parcialmente, a estrutura física do ambiente real (SHORT, 2005). Nesse contexto, é implementada uma integração entre o sistema virtual e o sistema de hardware. O sistema virtual abrange o gerenciamento da simulação e a comunicação com o sistema físico, enquanto o sistema de hardware compreende a parte física do simulador, como assentos, botões e alavancas, juntamente com o software incorporado para administrar as operações. Essas características possibilitam à simulação um maior nível de imersão e fidelidade ao processo real, tornando o treinamento mais envolvente, relevante e eficaz.

Em particular, a operação de submarinos envolve a manipulação de sistemas complexos e delicados. Portanto, erros durante as operações de navegação, mergulho ou manobras podem ter consequências graves, incluindo riscos à vida da tripulação e danos materiais significativos (STONE, 2009). Incidentes envolvendo submarinos da classe Tupi⁶¹ podem resultar em sérias consequências para a tripulação e a missão em si. Entre as medidas cruciais para reduzir o risco de incidentes, destaca-se a necessidade de aprimorar o treinamento dos tripulantes para aperfeiçoar suas habilidades na operação de submarinos da classe Tupi.

Este trabalho apresenta o projeto de modernização do Treinador de Imersão para submarinos da classe Tupi. O principal objetivo do projeto foi modernizar toda a infraestrutura eletrônica do simulador e desenvolver um novo sistema operacional para o Treinamento de Imersão, resultando em um simulador mais confiável e realista. O Simulador é uma aplicação de um simulador híbrido (ambiente físico e virtual) interativo, projetado para instruir, orientar e treinar habilidades da tripulação do submarino da Classe Tupi. O sistema do simulador é construído em dois principais módulos: Software da Estação do Instrutor e Modelo Matemático. O Software da Estação do Instrutor fornece toda a infraestrutura necessária para dar suporte à simulação. Essa infraestrutura é composta por componentes que contêm as responsabilidades e gerenciam o fluxo de chamadas para o módulo de simulação. O Módulo de Simulação contém todas as regras de negócio da simulação, o modelo matemático da dinâmica da simulação, o gerenciamento de áudio e a comunicação com os sistemas físicos.

Desenvolvimento e resultados

Metodologia

Estação do instrutor

O Sistema de Software foi desenvolvido seguindo os princípios da arquitetura em camadas. Nesse estilo arquitetural, o software é decomposto em grupos de módulos, sendo que cada grupo possui seu respectivo nível de abstração. Para a implementação do projeto, foi escolhida a linguagem de programação C# e o framework *Windows Presentation Foundation* (WPF). A linguagem C# oferece várias funcionalidades que aceleram o processo de desenvolvimento, incluindo uma linguagem de tipagem estática e de fácil compreensão e, o mais importante, uma ampla biblioteca com funcionalidades de alto nível. Além disso, o C# é uma linguagem de programação orientada a objetos (do *Inglês Object-Oriented Programming*), o que a torna altamente eficiente, flexível, escalável e fácil de manter. O framework WPF oferece uma variedade de recursos para a construção da interface gráfica. Além disso, ele oferece uma arquitetura que separa o código responsável pelo estilo visual da interface (XAML⁶²) do código que implementa o comportamento da interface. Essas características tornaram o WPF adequado para a implementação da interface gráfica do simulador. A arquitetura do simulador conta com um computador dedicado para executar o Software da Estação do Instrutor e o módulo de simulação. Esse computador está conectado à rede do simulador, que permanece conectada ao Sistema de Automação e ao Sistema de Áudio.

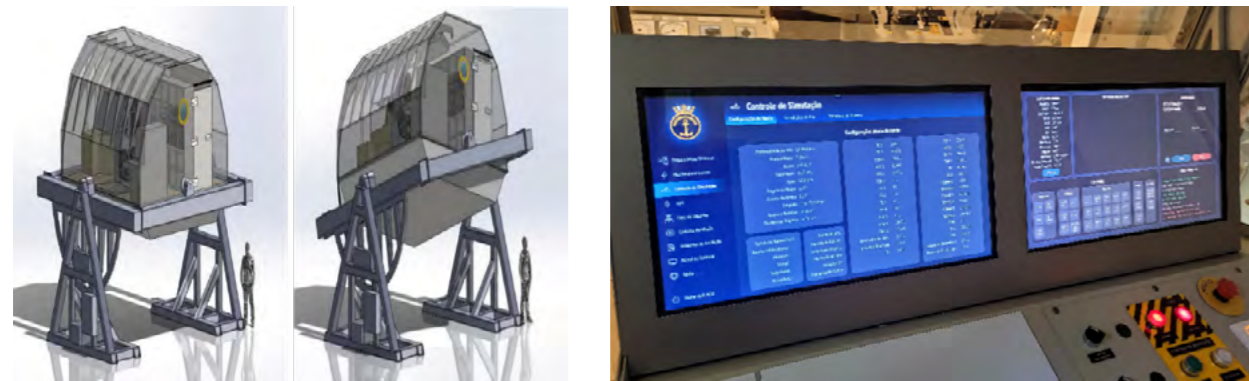
57 Analista de Serviços Tecnológicos, ISI SVP. lucssantos@firjan.com.br.
58 Pesquisador, ISI SVP. lgmaria@firjan.com.br.
59 Especialista de Serviços Tecnológicos, ISI SVP. efjunior@firjan.com.br.
60 Pesquisador I, ISI SVP. lulsantos@firjan.com.br.

61 A Classe Tupi é uma família de embarcações da Força de Submarinos da Marinha do Brasil, baseada no projeto alemão U-209-1400.
62 XAML (Extensible Application Markup Language) é uma linguagem de marcação usada para definir interfaces de usuário em tecnologias da Microsoft.

Módulo de simulação

O Módulo de Simulação consiste em um projeto autocontido que suporta todas as responsabilidades e regras de negócio relacionadas ao processo de simulação. Essas regras incluem a implementação de modelagem matemática, comunicação com o Sistema de Automação e gerenciamento do Sistema de Áudio. A linguagem de programação C++ foi escolhida para desenvolver o projeto do Módulo de Simulação. A linguagem de programação C++ oferece melhor desempenho, ou seja, requer menos ciclos computacionais e, conseqüentemente, consome menos energia. Além disso, o C++ apresenta maior eficiência no tratamento de problemas numéricos. No que diz respeito ao desenvolvimento, a linguagem selecionada oferece flexibilidade na implementação devido ao seu caráter multiparadigma (funcional ou orientado a objetos). Além disso, a linguagem oferece a capacidade de integração com sistemas baseados em C# por meio de bibliotecas de vínculo dinâmico (DLL⁶³). A Figura 1 apresenta o modelo 3D da estrutura física do simulador (esquerda) juntamente com o monitor da estação do instrutor (direita).

Figura 4: Simulador de submarino. Fonte: ISI SVP e ISI IST.



Resultados e discussões

Os testes demonstraram que os submarinistas foram capazes de criar exercícios de simulação (missão) configurando informações necessárias, como estado do mar, tipo de leito marinho, avarias e atribuição de instrutores e alunos ao exercício. Os operadores foram capazes de realizar edições e exclusões nos exercícios existentes. A escolha do C++ e C# permitiu uma integração fluída entre o módulo de simulação e a estação do instrutor, permitindo uma simulação sem atrasos. Em relação à utilização do sistema do simulador (*User Experience - UX*), os instrutores não apresentaram dificuldades em compreender e navegar no sistema, visto que ele possui uma interface simples, amigável e intuitiva. Durante os testes, o sistema demonstrou uma alta capacidade de reproduzir fielmente os sons reais que ocorrem dentro de um submarino real. A validação de áudio foi realizada em conjunto com instrutores especializados em operações de submarinos. Os testes também incluíram a validação e o ajuste do volume e da posição do áudio. O sistema de áudio utiliza um sistema de áudio Surround 5.1, permitindo que o áudio seja reproduzido em diferentes posições aumentando a imersão dos alunos. A capacidade de reproduzir e ajustar dinamicamente o áudio também foi confirmada. Os testes revelaram que os operadores não encontraram dificuldades ao realizar operações relacionadas ao áudio, o que confirmou a fidelidade dos eventos de áudio na simulação.

63 DLL (Dynamic Link Library) é um arquivo binário no Windows com código reutilizável, permitindo que programas compartilhem funções.

Conclusão

Este trabalho apresentou o desenvolvimento do projeto de modernização do Simulador de Submarino juntamente com algumas decisões arquiteturais adotadas para o projeto. Por meio da combinação de ambientes virtuais e elementos físicos, foi desenvolvido um simulador que oferece uma experiência imersiva e controlada para treinar submarinistas de forma eficaz e segura. Os testes com os usuários indicaram de forma prática que as definições arquiteturais e escolhas tecnológicas atenderam os requisitos e as necessidades do cliente.

Referências

- MASULLO, Massimiliano, et al. **Virtual Reality Overhead Crane Simulator**. Procedia Computer Science, 2022.
- MILAZZO, M. F., et al. **Investigation of crane operation safety by analyzing main accident causes**. Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice, 2016.
- SHANNON, Robert E. **Introduction to simulation**. Phoenix: Proceedings of the 24th conference on Winter simulation, 1992.
- Short, Michael, and Michael J. Pont. **Hardware in the loop simulation of embedded automotive control system**. Proceedings. 2005 IEEE Intelligent Transportation Systems, 2005.
- Stone, Robert, Antoinette Caird-Daley, and Kevin Bessell. **SubSafe: a games-based training system for submarine safety and spatial awareness (Part 1)**. Virtual reality 13, 2009.

ARTIGOS- RESUMO

Treinamentos
internacionais dos
Institutos SENAI
e do Centro de
Inovação SESI

Capacitação internacional em tecnologias de inspeção não destrutiva no contexto da Indústria 4.0

Talita Goulart da Silva⁶⁴, Felipe Rebelo Lopes⁶⁵

Resumo

Com a demanda da Indústria 4.0, tem sido cada vez mais necessária a consolidação de técnicas de inspeção não destrutiva acopladas a sistemas industriais com estruturas automatizadas e à inferência de dados. A inspeção não destrutiva é utilizada para promover a garantia da integridade e o correto funcionamento de componentes, máquinas e estruturas, promovendo operações mais seguras e eficientes na indústria. Dessa forma, de acordo com a tendência cada vez mais forte da indústria em utilizar sistemas de inspeção não destrutiva e automatizá-los, é imprescindível que o Instituto SENAI de Inovação em Inspeção e Integridade (ISI II) esteja atualizado com o mercado, observando o presente e as tendências futuras desse campo. A partir disso, foi planejado um programa para treinamento por meio do Edital de Mobilidade Internacional do Departamento Nacional do SENAI nas técnicas atuais de inspeção não destrutiva no Instituto Fraunhofer IZFP, um instituto referência para a área de ensaios não destrutivos e sistemas de sensores e dados. O treinamento visava à introdução e discussão de tópicos relevantes relacionados às técnicas de ultrassom e termografia infravermelha, além da troca de experiências entre pesquisadores.

PALAVRAS-CHAVE: Ensaios não destrutivos. Ultrassom. Termografia.

Introdução

Os ensaios não destrutivos possuem grande importância para a indústria, uma vez que permitem a inspeção de materiais sem causar nenhum tipo de dano à sua estrutura. Esses tipos de avaliação são capazes de identificar se equipamentos, componentes e estruturas diversas estão funcionando conforme o desejado ou se possuem algum tipo de defeito e não conformidade que podem prejudicar o funcionamento dessas estruturas de acordo com sua aplicação. Sendo assim, os ensaios não destrutivos são capazes de tornar os processos mais seguros, evitar falhas, garantir a qualidade necessária, além de melhorar o custo-benefício dos processos. Além disso, possuem extrema importância para a garantia do controle de qualidade de processos em inúmeras indústrias, tais como aeroespacial, óleo e gás, mineração, energia, química e automotiva.

Dessa forma, com o intuito de expandir o conhecimento dos pesquisadores do ISI II na área de inspeção não destrutiva avançada, visando à ampliação do portfólio de produtos e soluções para a indústria na área de inspeção, foi proposto um programa de treinamentos e visitas ao Instituto Fraunhofer IZFP, localizado em Saarbrücken, na Alemanha. O programa teve como objetivos gerais a capacitação dos pesquisadores do ISI II, visando à atuação na área de inspeção não destrutiva, desenvolvendo e ampliando as competências em conceitos teóricos e práticos e à ampliação da rede de relacionamento e transferência de conhecimento entre os pesquisadores do ISI II e do Instituto Fraunhofer IZFP para futuras parcerias em editais internacionais em projetos para a indústria. Existem diversas técnicas de ensaios não destrutivos que são relevantes para a indústria 4.0, e, entre elas, quatro foram o foco principal do treinamento realizado no Instituto Fraunhofer IZFP: as técnicas de ultrassom *phased array* e método de foco total (TFM), ultrassom por ar acoplado e termografia infravermelha.

64 Pesquisadora, Instituto SENAI de Inovação em Inspeção e Integridade. tagsilva@firjan.com.br.

65 Pesquisador, Instituto SENAI de Inovação em Inspeção e Integridade. frlopes@firjan.com.br.

Desenvolvimento e resultados

O programa de capacitação teve duas semanas de duração e, a partir disso, foram realizadas visitas em todo o instituto Fraunhofer, além de Institutos correlatos com a área de atuação do ISI II, como o Instituto DFKI (Instituto Alemão de Pesquisa em Inteligência Artificial) e o Instituto INM (Instituto Leibniz para Novos Materiais). Adicionalmente, a capacitação foi realizada com foco em quatro tecnologias de inspeção, sendo três relacionadas às técnicas de ultrassom (ultrassom *phased array*, TFM e ultrassom por ar acoplado) e termografia infravermelha. A capacitação abordou os princípios básicos das técnicas, além de discussões e troca de experiências sobre as tendências relevantes para os projetos na indústria, baseado no que é praticado na Alemanha e no Brasil.

Técnicas de ultrassom

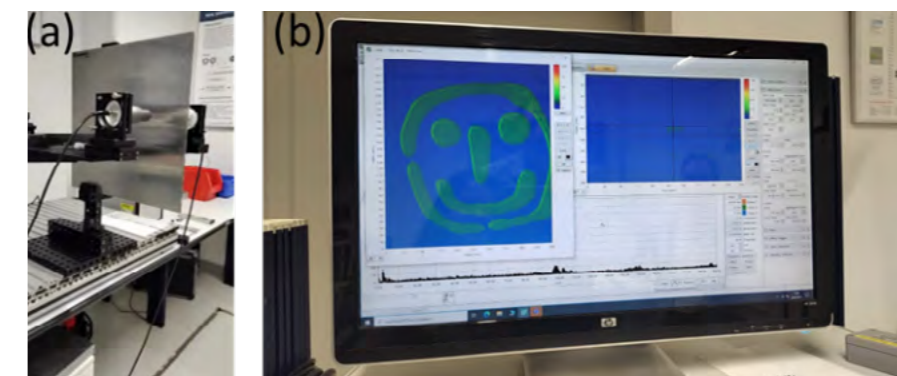
O ensaio por ultrassom é um método de inspeção não destrutiva cujo objeto é submetido a um feixe sônico de alta energia para detecção e dimensionamento de defeitos e descontinuidades e caracterização de materiais. Nesse tipo de ensaio, ondas ultrassônicas são produzidas por um cristal piezoelétrico presente em um transdutor, cuja função é permitir a transmissão das ondas para o objeto de maneira a realizar a avaliação do material. Assim, as ondas se propagam no objeto e uma parte delas é refletida de volta no transdutor. Através da variação dos sinais emitidos e recebidos pelo equipamento, é possível avaliar defeitos e descontinuidades presentes no objeto analisado. Para esse tipo de ensaio é necessária a presença de um acoplante, cuja principal função é garantir a transmissão eficiente das ondas ultrassônicas entre o transdutor e a amostra a ser inspecionada, podendo ser água, óleo, mel, entre outros fluidos. A escolha do acoplante está diretamente relacionada ao tipo de material analisado.

Existem diversas tecnologias e métodos relacionados ao ensaio por ultrassom. O *phased array* é uma técnica avançada de ultrassom cujo transdutor é composto por vários cristais piezoelétricos, sendo capaz de transmitir e receber o sinal de forma independente em diferentes tempos. Dessa forma, essa técnica possui diversas vantagens, como a redução do tempo de inspeção, uma vez que é possível fazer a varredura em uma ampla área, possuir a capacidade de ajustar o ângulo e a direção do feixe ultrassônico emitido, permitindo uma detecção mais completa dos possíveis defeitos presentes na amostra. Essa técnica tem como benefício a melhoria na sensibilidade na zona focal para inspeção da amostra, todavia, a sensibilidade possui como limitação a profundidade na área inspecionada (Caamiño e Otsuki, 2024).

O método TFM é atualmente uma das mais avançadas formas de análise para os ensaios de ultrassom. É baseada na reconstrução de uma imagem por meio da captura de uma matriz completa (FMC) e, quando comparada ao método *phased array*, possui como principal vantagem a exibição de uma imagem com amplitude focada com alta resolução, enquanto para o *phased array* ela só é altamente resolvida na área focal do feixe ultrassônico. Uma das principais vantagens dessas técnicas de ultrassom está na possibilidade de inspecionar materiais metálicos, poliméricos e compósitos (Zhang, 2016).

A técnica de ultrassom por ar acoplado possui como principal vantagem relacionada às técnicas acima a possibilidade de inspecionar os materiais sem a presença de um acoplante. Nesse caso, a inspeção é feita por meio da propagação das ondas ultrassônicas no ar. Esse tipo de técnica é amplamente utilizada para a inspeção de materiais poliméricos e compósitos, principalmente os que são compostos de várias camadas, para a detecção de defeitos como delaminações, colagem inadequada e danos por impacto (Chimenti, 2014). O resultado desse tipo de inspeção possui alta resolução, mas é uma análise mais demorada quando comparada às convencionais para que a varredura de toda a amostra possa ser feita. Na Figura 1 é possível visualizar um aparato desse tipo de equipamento e o resultado da inspeção de uma chapa de alumínio contendo um desenho que não era detectável a olho nu, para efeitos de visualização de como funciona essa análise.

Figura 5: (a) Ilustração do equipamento de inspeção por ultrassom por ar acoplado e (b) resultado demonstrativo da análise em uma placa de alumínio.



Termografia infravermelha

A técnica de termografia infravermelha também é um método de inspeção não destrutivo muito aplicado na indústria que utiliza câmeras termográficas. Essas câmeras extraem e analisam o padrão térmico dos objetos, considerando o princípio de que todo objeto a uma temperatura acima do zero absoluto emite radiação eletromagnética (Shrestha *et al.*, 2024). Essa radiação é detectada pela câmera e transformada em um sinal eletrônico que é posteriormente processado para a conversão em uma imagem térmica. As descontinuidades presentes em uma amostra podem ser detectadas uma vez que é gerado um contraste térmico em relação à área total analisada, em que falhas podem ser mais quentes ou mais frias, resultando em diferenças que são detectadas na imagem termográfica. Essa técnica pode ser dividida em duas classificações principais: a termografia passiva, em que a câmera detecta a radiação infravermelha emitida naturalmente por objetos a serem analisados; e a termografia ativa, em que há uma fonte de energia térmica no objeto promover uma diferença de temperatura entre as áreas desejadas. Uma forma comum de promover essa fonte de energia é por meio de pulsos de luz. Esse tipo de técnica é muito utilizado para a inspeção de materiais compósitos, em diversos tipos de indústrias.

Conclusão

O programa de capacitação em técnicas de inspeção voltadas para a indústria 4.0 representou uma experiência extremamente enriquecedora para os pesquisadores. Isso permitiu a aquisição de novos conhecimentos, o compartilhamento de experiências entre os pesquisadores de ambos os institutos e a identificação de oportunidades que podem ser aplicadas no ISI II para o desenvolvimento de projetos mais completos e abrangentes. Adicionalmente, foram discutidas e identificadas oportunidades de colaborações entre os dois institutos para a criação de projetos de pesquisa para a indústria no Brasil. Essa iniciativa promete contribuir significativamente para o avanço da área de inspeção não destrutiva avançada no ISI II.

Referências

CAAMIÑO, Adrian Keith; OTSUKI, Akira. **Introduction to non-destructive material characterizations**. In Non-Destructive Material Characterization Methods (pp. 1-26). Elsevier, 2024.

CHIMENTI, Dale E. **Review of air-coupled ultrasonic materials characterization**. Ultrasonics, 54(7), 1804-1816, 2014.

SHRESTHA, Ranjit; MORADI, Morteza; SFARRA, Stefano; KIM, Wontae. **Infrared thermography: philosophy, approaches, analysis—processing, and guidelines**. In Non-Destructive Material Characterization Methods (pp. 249-279). Elsevier, 2024.

ZHANG, Jie. **Defect detection, classification, and characterization using ultrasound**. In Structural Health Monitoring (SHM) in Aerospace Structures (pp. 307-323). Woodhead Publishing, 2016.

Experiência internacional do curso mega data: Federated Machine Learning

Leon de França Nascimento⁶⁶

Resumo

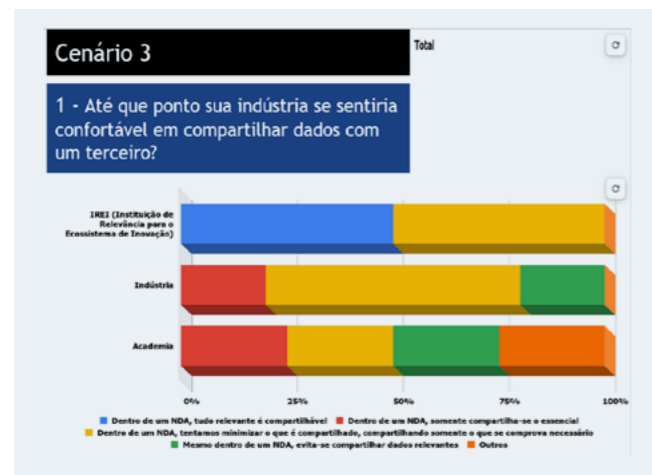
O aprendizado de máquina federado é uma nova técnica de aprendizado de máquina que busca permitir a construção de modelos de IA de maneira colaborativa, sem o comprometimento da segurança e da privacidade de dados dos seus participantes. No âmbito da pesquisa industrial praticada no Instituto SENAI de Inovação em Química Verde e, em particular, no desenvolvimento da competência da Química 4.0, essa técnica é vista como uma tecnologia com potencial de viabilizar projetos complexos de aprendizado de máquina em um contexto de desconfiança percebida em compartilhar dados por parte da indústria. Ao longo de 14 dias, um pesquisador do Química Verde teve a oportunidade de se imergir na temática em um curso internacional ofertado pela universidade de Tartu, na Estônia, no qual foram apresentados os fundamentos da técnica, assim como seus desafios, oportunidades e casos de uso reais da tecnologia. Após a participação no curso, prospecções em andamento já incorporam o aprendizado como possível solução dentro de seu caso de uso proposto.

PALAVRAS-CHAVE: Química 4.0. Aprendizado de máquina. Federated Machine Learning. LGPD.

Introdução

O programa de desenvolvimento de competências (PDC) em Tecnologias para a Química 4.0 é um projeto de desenvolvimento fomentado em parceria pelo SENAI-DN e a Firjan, cujo objetivo é a consolidação de capacidades técnicas e parque tecnológico em tecnologias que habilitem a incorporação de habilidades técnicas que viabilizem a integração do conhecimento químico laboratorial com novas técnicas digitais, como a Internet das Coisas (IoT), o Big Data e a Inteligência Artificial. Entre as atividades previstas para garantir o alcance dos objetivos desse plano de competência estão a aquisição de novos equipamentos, como câmeras hiperespectrais, simuladores moleculares, de processo e a aquisição de poder computacional apto para aplicação de técnicas de aprendizado profundo, assim como uma série de treinamentos técnicos para a equipe do Instituto SENAI de Inovação em Química Verde (ISI QV), que podem ser realizados nacional ou internacionalmente. Em 2022, realizamos um comitê consultivo inédito, voltado para compreender como a nova linha de pesquisa era percebida tanto como demanda quanto oportunidade sob a ótica de nossos parceiros industriais, acadêmicos e de outras instituições de relevância para o ecossistema de inovação, e entre os principais achados do comitê está a percepção de desconfiança em relação ao compartilhamento de dados para a confecção de modelos que podem beneficiar a produção industrial (Figura 1).

Figura 3: Percepção sobre compartilhamento de dados dos participantes do comitê consultivo do ISI QV em 2022. Slide retirado das respostas do evento ao vivo.



Dessa forma, buscamos adquirir conhecimentos em tecnologias que habilitem a confecção de modelos de IA de maneira a preservar aspectos pertinentes à segurança da informação e à privacidade dos dados dos nossos clientes. Coincidindo com essa demanda, a universidade de Tartu, na Estônia, ofertou, em sua universidade internacional de verão, o curso chamado *MegaData: Federated Machine Learning*. *Federated Machine Learning (FL)*, que em português significa Aprendizado de Máquina Federado, é uma técnica de aprendizado de máquina que visa à construção de modelos de IA de maneira colaborativa enquanto mantém a privacidade dos dados dos usuários [1]. Assim, após as aprovações pertinentes, Assim, após as aprovações pertinentes, me foi concedida a oportunidade de participar desse curso e internalizar essa tecnologia para o ISI QV e institutos de pesquisa do DR-RJ. O curso se deu de 31 de julho de 2023 a 12 de agosto de 2023, no Centro Delta da Universidade de Tartu, localizado na cidade homônima, na Estônia.

Desenvolvimento e resultados

O aprendizado de máquina federado é uma técnica que visa à construção colaborativa de modelos de aprendizado de máquina [2]. O curso ofertado teve dez dias de atividades, distribuídos ao longo de 14 dias. As atividades apresentadas buscaram unir a experiência teórica com a prática, em dias que se dividiam em sessões técnicas pela manhã e sessões práticas no período da tarde. Ao término do conteúdo, os alunos foram orientados a desenvolver um projeto real usando as técnicas aprendidas no curso.

Metodologia

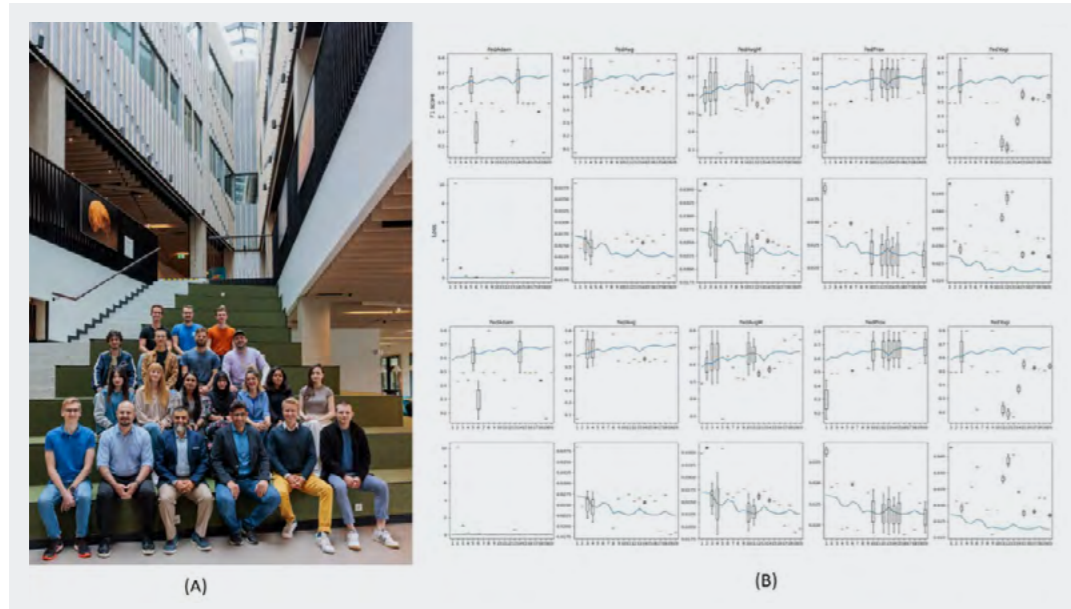
Como mencionado, o curso teve dez sessões, que foram distribuídas conforme descrito na tabela 1. A tabela 1 descreve a atividade do dia, seu propósito e metas de aprendizado previstas para aquela sessão.

Tabela 1 – Cronograma do treinamento

DATA	SESSÕES	PROPÓSITO DAS SESSÕES
31 de julho	Arrival and Welcome meeting	Apresentar aos participantes os objetivos do curso e a metodologia utilizada.
01 de agosto	Introduction to Machine Learning (ML Pipelines) ML Lifecycle and Centralized Deep Learning	Formar uma base comum sobre as técnicas de aprendizado de máquina, seus ciclos de vida e treinamento centralizado de IA.
02 de agosto	Data Privacy and Data Protection Regulation (GDPR) Introduction to Federated Machine Learning	Contextualizar os alunos em relação ao problema que o aprendizado de máquina federado busca sanar. Apresentar os conceitos base de aprendizado de máquina federado.
03 de agosto	FL Challenges FL Aggregation algorithms and applications Horizontal and Vertical Data distributions	Apresentar os principais problemas de FL em aberto na literatura Apresentar e contrastar os principais métodos de agregação de modelos em FL. Comparar e contrastar distribuições de dados em FL.
04 de agosto	Intro to open-source FL Frameworks Frameworks installation and configuration	Introduzir dois <i>frameworks open-source</i> : Flower e FEDn, que permitem acelerar o desenvolvimento de soluções de FL.
07 de agosto	FL Architectures and Communication efficiency techniques Use cases and cross-silo and cross-device	Apresentar as principais arquiteturas de FL e seus desafios atrelados à comunicação dos dados nestes contextos; Comparar comunicação entre silos e entre devices.
08 de agosto	New trends in FL and personalized modelling	Apresentar novas tendências relacionadas ao uso e à organização de FL, como modelagem personalizada em aplicações
09 de agosto	AutoML as a solution for FL optimization	Apresentar o uso de uma ferramenta AutoML como solução técnica em desafios de otimização de ambientes de FL.
10 de agosto	Wrap up with real applications and FL for medical analysis	Demonstrar um conjunto de casos de uso reais para FL.
11 de agosto	Participant projects and presentations	Demonstrar os resultados do projeto prático realizado ao longo do curso.

Resultados e discussões

O curso contou com participantes de 11 nacionalidades (Figura 2a), que desenvolveram projetos diversos na área ao longo do curso. Eu desenvolvi, junto de alunos da Lituânia e República Tcheca, um projeto de avaliação do uso de algoritmos de agregação em contextos de dados complexos e não-uniformes, trabalhando em cima de dados de autodeclaração racial imagens de candidatas eleitorais brasileiros (Figura 2b).



58

Já em território brasileiro, a técnica foi proposta como uma solução para uma prospecção que envolve a captação de dados de processos de destiladores geograficamente distribuídos entre empresas, que atualmente está em proposta e em avançado estado de negociação.

Conclusão

O aprendizado de máquina federado é uma técnica importante para a nova área de competência, tendo como caso de uso principal cenários em que o compartilhamento de dados é difícil ou indesejado.

Referências

AWAYSHEH F. et al, **Next-generation big data federation access control: A reference model**, Future Generation Computer Systems, 2020.

KONEČNÝ J., et al, **Federated learning: Strategies for improving communication efficiency**, NIPS Workshop on Private Multi-Party Machine Learning, 2016

Modelagem dinâmica da população de gatos de rua: avaliação das campanhas de adoção e castração

Paulo R. M. C Junior⁶⁷, Luiz G. C. Maria⁶⁸, Marcelo C. Pereira⁶⁹

Resumo

Este artigo oferece uma introdução à modelagem de sistemas dinâmicos, utilizando a população de gatos de rua como um exemplo ilustrativo. Inicialmente, são exploradas as etapas fundamentais desse processo, que incluem a identificação de variáveis essenciais à criação de um modelo mental. Posteriormente, apresenta-se uma representação gráfica das relações por meio de diagramas de causalidade e de estoque e fluxo. Por fim, discute-se a importância de compreender a dinâmica de sistemas.

PALAVRAS-CHAVE: Dinâmica de Sistemas. Sistemas Complexos. Diagrama de Causalidade.

Introdução

Para descrever um sistema, é necessário definir um conjunto de elementos que se relacionam de alguma maneira. Em dinâmica de sistemas, busca-se tratar como essas relações são, se complementam e evoluem no tempo. Para (HARALDSSON, 2004), dinâmica de Sistemas refere-se à recriação da compreensão de um sistema e de suas retroalimentações. Segundo (PEJIC BACH, 2007), a dinâmica de sistemas é uma ferramenta poderosa que aprimora o aprendizado sobre a empresa, o mercado e competidores; retrata as limitações cognitivas na capacidade de coleta e processamento de informações da mente humana; facilita a prática de considerar opiniões; e apoia a construção de cenários "E se". Contudo, as aplicações dessa técnica podem ir além das listadas por (PEJIC BACH, 2007). Este trabalho apresenta uma possibilidade de aplicação dessa modelagem aos sistemas naturais, no caso, a população de gatos de rua. Concomitante, são discutidos os principais pontos para a elaboração de um modelo de sistemas dinâmicos como definição de hipóteses, criação do diagrama de estoque e fluxo e seleção das equações de governo.

Desenvolvimento e resultados

A modelagem de um sistema complexo começa com a identificação de elementos do sistema de interesse e a criação de um modelo mental. No exemplo da população de gatos de rua, possíveis variáveis adequadas ao sistema são o número de indivíduos da população, as taxas de nascimento, morte e porcentagem de indivíduos castrados. Nessa etapa inicial, é importante listar o máximo de variáveis relevantes ao modelo. Em um segundo momento, busca-se identificar as relações entre as variáveis. Por exemplo, a medida em que ocorre uma adoção, ou quando um gato é castrado, espera-se uma diminuição da população final de gatos de rua. Conforme se aprofunda nas relações, outras variáveis podem se mostrar pertinentes ao modelo. Dessa forma, pode-se eleger outras variáveis para completar o modelo mental e corroborar relações. No exemplo dos gatos, a limpeza da cidade, o aumento da população de humanos e a disponibilidade de comida influenciam na natalidade e mortalidade de felinos. Portanto, essas variáveis podem ser incluídas no modelo. A Tabela 1 apresenta uma possível lista de variáveis para esse mapa mental.

59

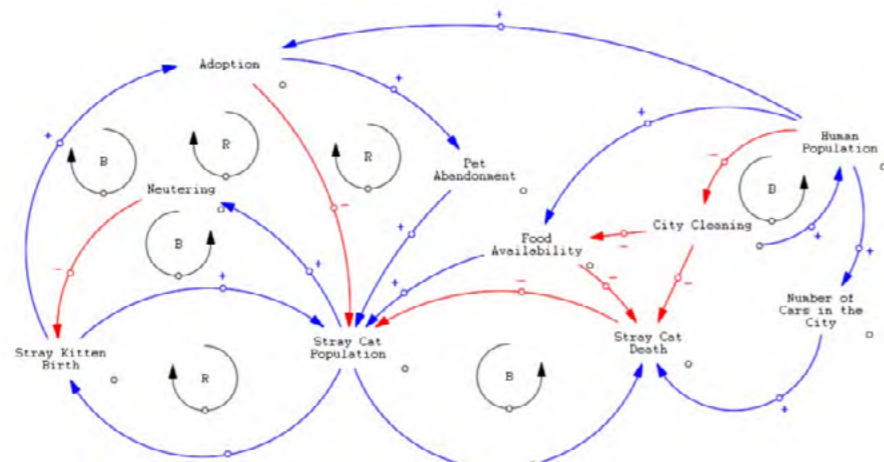
67 Analista de Serviços Tecnológicos II, ISI Sistemas Virtuais de Produção. paujunior@firjan.com.br
68 Pesquisador I, ISI Sistemas Virtuais de Produção. mardapereira@firjan.com.br
69 Pesquisador II, ISI Sistemas Virtuais de Produção. lgmaria@firjan.com.br

Tabela 1 - Listas de variáveis adotadas para a criação do modelo.

NOME DA VARIÁVEL	DESCRIÇÃO
Stray Kitten Growing	Taxa de nascimentos de gatos de rua.
Stray Cat Population	População de gatos de rua.
Stray Cat Death	Taxa de mortes de gatos de rua.
Adoption	Adoção, a população de gatos adotados.
Neutering	Castração, taxa percentual de gatos castrados.
Pet Abandonment	Abandono de pet, taxa de abandono.
Food Availability	Disponibilidade de comida. Animais e restos.
City Cleaning	Limpeza da cidade.
Human Population	População de humanos na cidade.
Number of Cars in the City	Número de carros na cidade (relaciona acidentes).

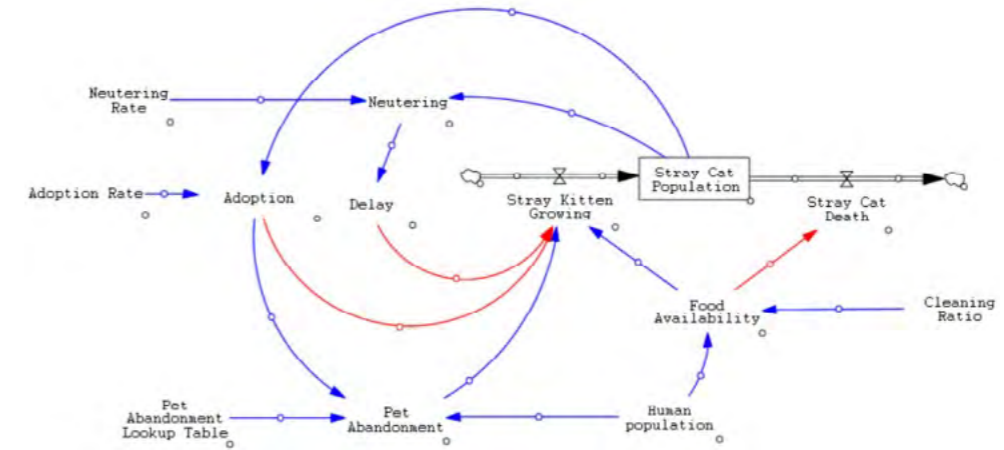
Para a solução do diagrama de ciclo causal, foi adotado o software Vensim, da Ventana Systems Inc. A Figura 6 apresenta o resultado do modelo mental contendo as variáveis tabeladas e suas possíveis relações causais. As setas em azul (+) apresentam relações nas quais o acréscimo da variável antecessora ocasiona o acréscimo da sucessora. Já as setas em vermelho (-) apresentam as relações nas quais o decréscimo da variável antecessora ocasiona o acréscimo da sucessora. As setas pretas indicam laços existentes entre as relações. Os laços de reforço ocorrem quando as relações se intensificam ao caminhar entre as variáveis. Por exemplo, mais gatos de rua induzem mais nascimentos de gatos. Da mesma forma, mais nascimento de gatos, maior a população de gatos de rua. Já os laços de balanços ocorrem quando, no caminho entre as variáveis, existe o efeito inverso. Por exemplo, se a população de gatos aumenta, teremos maior número de óbitos de gatos. E quanto mais óbitos, menos indivíduos na população. Laços do tipo balanço são esperados no modelo mental, pois é um comportamento presente no mundo real.

Figura 6 – Diagrama de casualidade no software Vensim



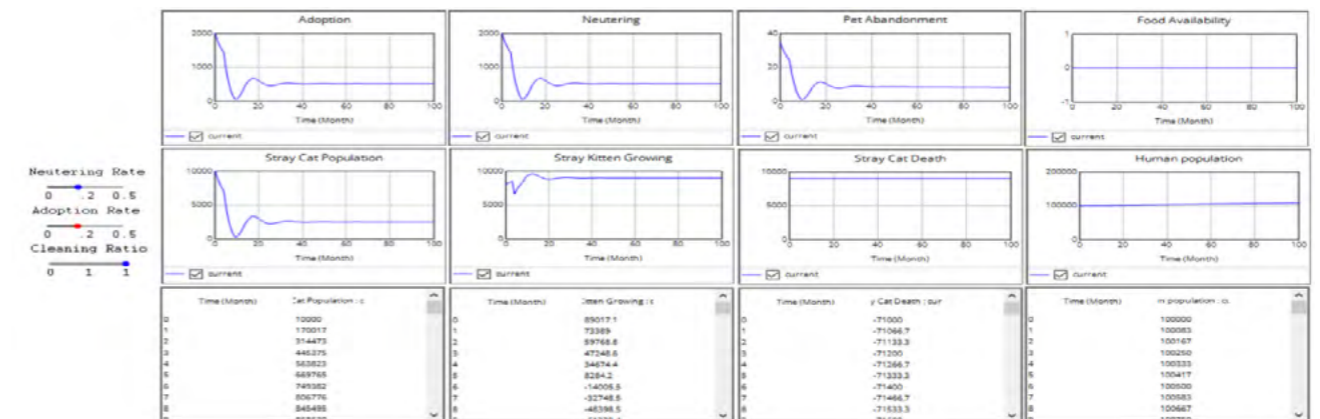
Concluído o modelo, pode-se buscar equações capazes de governar as relações estabelecidas a priori. O resultado pode ser um modelo reduzido do modelo mental inicial, como apresentado na Figura 7. Nela, está o diagrama de estoque e fluxo resultante dessa etapa para o modelo de gatos de rua. A variável "População de gatos de rua" é uma variável de estoque (acumuladora), enquanto "Crescimento de gatos de rua" e "Mortes de gatos de rua" representam taxas dinâmicas de crescimento ou decréscimo populacional.

Figura 7 – Diagrama de estoque e fluxo para o sistema



A Figura 8 apresenta gráficos de algumas das variáveis do sistema ao longo do tempo. É possível ver no painel, a possibilidade de variação em tempo de simulação as seguintes variáveis: taxa de castração, adoção e limpeza da cidade. Elas permitem validar a resposta do modelo dinâmico com teste de sensibilidade e condições extremas.

Figura 8 - Comportamento dos observáveis



O entendimento completo de um sistema complexo dificilmente é alcançado em uma primeira tentativa. São esperados mais de um ciclo de desenvolvimento, nos quais as variáveis que, porventura, foram esquecidas e as relações equivocadas afastem o resultado do modelo complexo dos valores reais. Sugere-se, então, um aprimoramento do modelo, pesquisando novas variáveis e relações, seguido de novos testes de desempenho. Esse processo deve-se repetir até que haja uma proximidade satisfatória entre o modelo e os valores reais. Quando esse estágio for atendido, o modelo de sistema se torna uma ferramenta de apoio à decisão para medidas mais assertivas de atuação com sistema real.

Conclusão

A abordagem da dinâmica de sistemas oferece uma estrutura robusta para modelar e compreender sistemas complexos, como apresentado para população de gatos de rua. Ao identificar variáveis relevantes e estabelecer relações causais, podemos visualizar o comportamento do sistema ao longo do tempo. A realização de testes permite validar o modelo e aprimorá-lo continuamente. Compreender plenamente um sistema complexo é um processo iterativo e uma ferramenta poderosa para tomar decisões informadas e eficazes em relação ao sistema real. A dinâmica de sistemas, portanto, oferece uma abordagem valiosa para lidar com a complexidade em diversos domínios, proporcionando intervenções mais efetivas e estratégias bem fundamentadas.

Referências

HARALDSSON, H. **Introduction to system thinking and causal loop diagrams**. [S.l.]: Department of Chemical Engineering, Lund University, 2004.

PEJIC BACH, M. Developing system dynamics models with "step-by-step" approach. **Journal of Information and Organizational Sciences**, v. 31, jun. 2007.

Tecnologias habilitadoras para IoT nas indústrias

Felipe Rebelo Lopes⁷⁰

Resumo

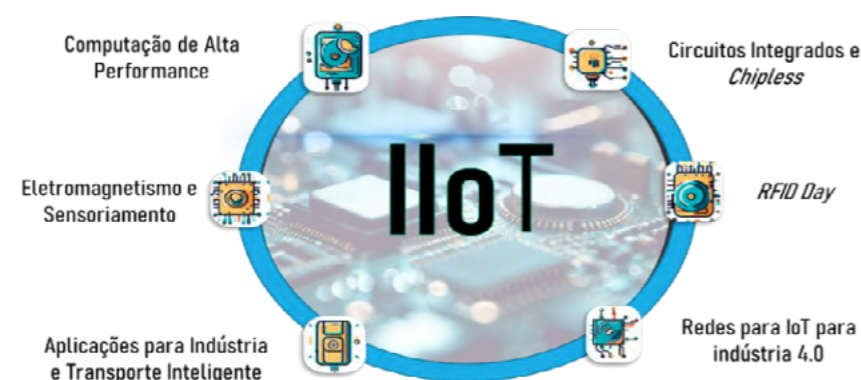
Este trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão do curso de Internet das Coisas (Internet of Things - IoT) no contexto industrial, realizado na Itália. O curso abordou a crescente importância da IoT na transformação digital e seus benefícios potenciais. A IoT permite a interconexão de dispositivos e sistemas, possibilitando o monitoramento em tempo real, coleta de dados e automação de processos industriais. Destacou-se que a IoT pode melhorar a eficiência operacional, a tomada de decisões e a manutenção preditiva nas indústrias. Novos sensores específicos para determinada aplicação e a computação de alta performance trouxeram cada vez mais a miniaturização e facilidade de adquirir dados de um sistema. Em contraponto, há a preocupação com a segurança cibernética ao implementar soluções de IoT para proteger os ativos industriais contra ameaças digitais. Com isso, foram discutidas diversas tecnologias que possibilitem que a IoT seja mais aceita nas indústrias, uma vez que são necessários alguns cuidados com segurança e sensibilidade dos sensores, apesar dessa tecnologia mostrar-se bastante promissora.

PALAVRAS-CHAVE: IoT. Chipless. Cibersegurança. RFID.

Introdução

A rápida evolução da Indústria 4.0 está transformando profundamente o setor industrial, e a Internet das Coisas (IoT) emerge como uma das forças propulsoras por trás dessa transformação. Nesse contexto, faz-se necessário entender todas as tecnologias habilitadoras para que a IoT seja melhor aceita nas indústrias. A Figura 1 apresenta os tópicos explorados com o intuito de proporcionar uma compreensão profunda dessas tecnologias em constante evolução, além de capacitar os participantes com as habilidades práticas necessárias para implementá-las de forma eficaz nos ambientes industriais em rápida mudança. A seguir, será explicitado cada um desses tópicos, destacando sua relevância e refletindo sobre como eles contribuem para capacitar as indústrias a se adaptarem e prosperarem na era da IoT.

Figura 9 – Tópicos abordados no artigo: RFID; circuitos integrados e tecnologia chipless; redes otimizadas para a Indústria 4.0; princípios do eletromagnetismo e técnicas de sensoriamento; computação de alta performance; e as aplicações inovadoras na indústria de transporte inteligente.



Desenvolvimento

No cenário em constante evolução das indústrias é fundamental a compreensão dos caminhos que podem ser traçados para que a IoT seja cada vez mais realidade na indústria 4.0, buscando, assim, maior eficiência, inovação e competitividade para as empresas. Nesse sentido, alguns tópicos são abordados nas seções seguintes, utilizando-se de exemplos de aplicações e perspectivas.

- 1) **RFID:** A tecnologia RFID (Radio-Frequency Identification) utiliza basicamente etiquetas (TAGs) eletrônicas que armazenam informações e um leitor que emite ondas de rádio para ler essas TAGs. Quando o leitor emite o sinal, as TAGs respondem transmitindo as informações armazenadas, permitindo a identificação e o rastreamento de objetos, animais ou até mesmo pessoas, tornando-a amplamente utilizada em aplicações como controle de estoque, sistemas de pagamento sem contato e segurança. A tecnologia RFID passiva utiliza TAGs que não possuem fonte de alimentação própria. Elas respondem às consultas de um leitor RFID enviando informações armazenadas na etiqueta por meio de energia transmitida pelo leitor. Já a RFID semi-passiva combina a resposta passiva da etiqueta com uma pequena bateria interna que ajuda a aumentar o alcance de leitura da etiqueta e a qualidade da comunicação com o leitor. E a RFID ativa utiliza TAGs com baterias internas que emitem constantemente sinais de radiofrequência. Essas TAGs enviam informações para leitores RFID à medida que se movem, permitindo o rastreamento em tempo real de objetos, veículos ou ativos. A energia da bateria permite um alcance de leitura mais longo e uma comunicação mais contínua em comparação com a RFID passiva. Isso a torna ideal para aplicações que requerem monitoramento em tempo real e rastreamento de longa distância, como logística e gestão de frota. Atualmente o projeto de uma TAG é pensado de acordo com os requisitos e simulado com software comerciais, a fim de encontrar o design ótimo para o sensor. E as futuras aplicações passam pela aplicação de RFID não linear e combinação de RFID com o chamado Chipless Tag, que é o RFID sem chip (El Matbouly *et al.*, 2019).
- 2) **CIRCUITOS INTEGRADOS E TECNOLOGIA CHIPLESS:** A tecnologia CT (Chipless TAG) é uma variação da tecnologia RFID tradicional que não utiliza microchips para armazenar informações. Em vez disso, ela utiliza padrões de reflexão de ondas de rádio em TAGs especiais, sem a necessidade de componentes eletrônicos complexos. As informações são codificadas nas próprias características físicas das TAGs, como ressonâncias eletromagnéticas, que refletem um sinal de leitura de RFID. Isso permite a identificação de objetos de forma única, sem a necessidade de microchips, tornando a tecnologia mais econômica e duradoura para aplicações de rastreamento e identificação. Apesar do custo desse tipo de sensor estar na casa dos R\$ 0,40 por peça, a grande desvantagem é que os sensores RFID alcançam distâncias de dezenas de metros, enquanto o CT alcança dezenas de centímetros (Barbot, Rance e Perret, 2021). Em Barbot, Rance e Perret (2021) é apresentada uma comparação entre sensores RFID e CT (Chipless Tag) investigando o impacto da linearidade sobre a faixa de alcance da leitura dos sensores. O estudo apresenta um cálculo analítico para prever a faixa de leitura em ambientes reais nas duas tecnologias.
- 3) **COMPUTAÇÃO DE ALTA PERFORMANCE:** Para a IoT, uma computação de alto desempenho é crucial, pois lida com grandes volumes de dados gerados por estes dispositivos. Por isso, a computação quântica tem emergido como uma potencial revolução nesse campo, oferecendo capacidades de processamento extremamente rápidas e eficientes. Ela pode acelerar a análise de dados de IoT complexos, resolver problemas que seriam desafiadores para computadores tradicionais e melhorar a segurança das redes por meio de criptografia mais forte. Isso promete avanços significativos na IoT, especialmente em setores que demandam análise de dados em tempo real e segurança aprimorada (Macucci, 2022).

- 4) **ELETROMAGNETISMO E SENSORIAMENTO:** Compatibilidade Eletromagnética é a capacidade de um dispositivo funcionar de forma confiável em um ambiente eletromagnético bem definido, sem influenciar o ambiente eletromagnético de maneira a ser inaceitável para outros dispositivos no mesmo ambiente. Típicas fontes de interferências são: distúrbios atmosféricos; estações de rádio e TV; linhas de transmissão; descarga eletroestática, entre outros. Por isso, é interessante criar dispositivos que possam blindar os sensores, a fim de garantir o melhor funcionamento deles. O trabalho de Klinkenbusch (2005), por exemplo, apresenta métodos analíticos de criar camadas de proteção para esses tipos de dispositivos. Além disso, para a fabricação de sensores, vem crescendo a utilização de manufatura aditiva. Seja por litografia ou FDM, essas técnicas permitem a criação de sensores com design específicos para determinada aplicação. A aplicação desse tipo de sensor pode ser exemplificada no trabalho de Genovesi *et al.* (2017) no qual trabalham com a resposta ortogonal capaz de monitorar a orientação do objeto em que o sensor está inserido.
- 5) **TRANSPORTE INTELIGENTE:** O termo transporte inteligente utiliza-se de IoTs para conectar-se e gerenciar os elementos do transporte, como infraestrutura, veículos, pessoas e cargas. Assim, os sensores podem coletar informações sobre a localização, a velocidade, o estado e o destino dos objetos e enviá-las para uma central de controle ou para outros dispositivos conectados pela rede. Dessa forma, é possível oferecer serviços como monitoramento de tráfego, navegação automática, segurança e rastreamento de ativo, eficiência e sustentabilidade.
- 6) **REDES PARA IOT NA INDÚSTRIA 4.0:** Os protocolos de comunicação permitem que as antenas RFID transmitam dados coletados para redes IoT, nas quais essas informações podem ser processadas, armazenadas e utilizadas para análises e ações em tempo real. Isso é essencial para a integração eficaz de dados RFID em ambientes de Internet das Coisas, melhorando a visibilidade e o controle de ativos e recursos. O trabalho de Ojo *et al.* (2021) avalia a performance da rede LoRa em um ambiente de vegetação densa com alteração na distância entre transmissor e receptor. Dessa forma, os autores descrevem qual a melhor disposição dos sensores em determinada região de vegetação.

Conclusão

Existem diversos desafios ainda não superados para que a IoT seja totalmente empregada nas indústrias. A convergência de tecnologias avançadas, como RFID, inteligência artificial, computação quântica e outras, oferece um grande potencial para a transformação da indústria. Enfrentar esses desafios requer um compromisso contínuo com a pesquisa e desenvolvimento, colaboração entre indústrias e regulamentação para que a IoT continue a crescer de maneira sustentável, segura e inovadora.

Referências

- BARBOT, Nicolas; RANCE, Olivier; PERRET, Etienne. **Classical RFID versus chipless RFID read range: Is linearity a friend or a foe?**. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, v. 69, n. 9, p. 4199-4208, 2021.
- EL MATBOULY, Hatem et al. **Chipless sensing system compliant with the standard radio frequency regulations.** IEEE Journal of Radio Frequency Identification, v. 3, n. 2, p. 83-90, 2019.
- GENOVESI, Simone et al. **Chipless RFID sensor for rotation monitoring.** In: 2017 IEEE International Conference on RFID Technology & Application (RFID-TA). IEEE, 2017. p. 233-236.
- KLINKENBUSCH, Ludger. **On the shielding effectiveness of enclosures.** IEEE Transactions on electromagnetic compatibility, v. 47, n. 3, p. 589-601, 2005.
- MACUCCI, Massimo. **Ultra-low-power Devices, and Application of New Materials to mm-wave Antennas and Circuits.** Enabling Technologies for the Internet of Things: Wireless Circuits, Systems and Networks, p. 181, 2022.
- OJO, Mike O. et al. **Design, Implementation and Evaluation of a LoRa Packet Generator for Forest Environments.** In: 2021 IEEE 26th International Workshop on Computer Aided Modeling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD). IEEE, 2021. p. 1-6.

Firjan SENAI
 **SESI**