

Proposta de um *framework* para monitoramento das atividades de eletricitistas de linha viva: um estudo de caso na CEMIG

Alexandre P. Silva¹, Frederico G. C. Dutra²

Programa de Pós-Graduação em Tecnologia da Informação e Comunicação e Gestão do Conhecimento – Universidade FUMEC, BR ^{1,2}

alexandresilva.professor@gmail.com, frederico.dutra@fumecc.br

Resumo. Os acidentes de trabalho representam um problema não só no Brasil, como também em todo o mundo. A Organização Internacional do Trabalho (OIT) estima que 2 milhões de pessoas morrem no mundo a cada ano de causas relacionadas ao trabalho. No Brasil no ano de 2023 houve 2.089 acidentes envolvendo eletricidade com 781 mortes. O objetivo desta pesquisa é apresentar uma proposta de *framework*, baseado no método Design Science Research (DSR), para o monitoramento das atividades executadas em linha viva por eletricitistas que atuam nas redes de distribuição de energia elétrica da CEMIG, por meio de visão computacional e inteligência artificial. Como metodologia, esta pesquisa se apresenta como de natureza aplicada, com abordagem qualitativa, de caráter exploratório, procedimentos técnicos e pesquisa bibliográfica, documental, além do estudo de caso. Espera-se que, após o cumprimento das etapas propostas no *framework*, as atividades executadas em linha viva sejam desenvolvidas com mais segurança, reduzindo o risco de não conformidades e acidentes. Como proposta de continuidade, o *framework* proposto pode ser aplicado a outras atividades que não envolvam somente a linha viva.

Abstract. Workplace accidents are a significant issue not only in Brazil but also worldwide. The International Labour Organization (ILO) estimates that 2 million people die each year from work-related causes globally. In Brazil, in 2023, there were 2,089 accidents involving electricity, resulting in 781 deaths. The objective of this research is to propose a *framework*, based on the Design Science Research (DSR) method, for monitoring activities performed on live lines by electricians working in CEMIG's electrical distribution networks, using computer vision and artificial intelligence. As a methodology, this research is applied nature, with a qualitative approach, exploratory character, technical procedures, and bibliographic and documentary research, in addition to a case study. It is expected that, after implementing the steps outlined in the *framework*, activities performed on live lines will be carried out more safely, reducing the risk of non-compliance and accidents. As a proposal for future work, the proposed *framework* can be applied to other activities beyond live line work.

1. Introdução

Um novo modelo de manufatura surgiu no mundo contemporâneo, caracterizado por inúmeros tipos de tecnologias, sendo estas físicas ou digitais, como computação em nuvem, robôs colaborativos, realidade aumentada, internet das coisas e a inteligência artificial (IA). É usado o termo Indústria 4.0 para descrever esta inovadora fábrica que envolve aumento na mecanização e automação, além da digitalização e sistemas de tecnologia da informação que se comunicam entre si (Ustundag; Cevikcan, 2018).

O avanço da tecnologia abre novas oportunidades e melhorias em todas as áreas. A denominada Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), é a área que utiliza ferramentas para facilitar a comunicação e alcançar um objetivo em comum. As TIC permitem a interação num processo contínuo, rico e insuperável que disponibiliza a construção criativa e o constante aprimoramento em direção a novas melhorias (Tezani, 2011).

Neste campo tecnológico se apresenta a visão computacional, parte integrante da inteligência artificial. A máquina pode mapear o ambiente em seu campo de visão, compreender o que está sendo sentido e realizar ações apropriadas por meio de programas computacionais (Besl; Jain, 1985). Continuando no contexto tecnológico, a IA se configura como uma solução promissora a causar grande impacto como algumas das inovações mais onipresentes na história da humanidade (Clifford, 2018). A IA pode ser entendida como um segmento da ciência da computação que procura simular a capacidade humana de pensar, tomar decisões, resolver problemas, dotando *softwares* e robôs de uma capacidade de automatizarem diversos processos (Teixeira et al., 2019).

Diante das várias possibilidades que a IA apresenta para a melhoria de processos, a prevenção de acidentes no mundo ocupacional se apresenta como um relevante campo de oportunidades.

Segundo a Organização Internacional do Trabalho (OIT), quase 2 milhões de pessoas morrem no mundo a cada ano de causas que estão relacionadas ao trabalho (OIT, 2021). Analisando dados do Brasil, especificamente em relação a acidentes envolvendo eletricidade, segundo o Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica de 2024, tendo como ano base os dados de 2023, houve 2.089 acidentes envolvendo eletricidade, sendo que destes, 781 resultaram em óbito (Abracopel, 2024). É importante utilizar a atual capacidade das máquinas para aplicar as técnicas de IA, que permitam às empresas, de maneira antecipada e de forma eficiente, identificar os perigos nos processos produtivos e avaliar os riscos no qual os trabalhadores estão expostos (Villalobos, 2019).

Na tentativa de obter respostas dos motivos que levam um acidente acontecer, a Sociedade Espanhola de Saúde e Segurança no Trabalho constatou que o fator humano está por trás de 80% dos acidentes de trabalho, e que determinadas características cognitivas ou de personalidade predispõe ao trabalhador, em maior ou menor medida, a ter determinados comportamentos, maximizando ou minimizando a possibilidade de sofrer um acidente (SESST, 2018).

A automação industrial associada a diferentes aplicações da IA, cujo objetivo é evitar erros humanos, tem sido amplamente discutida no mundo científico (Gobbo Junior et al., 2019). Dentro da área da segurança do trabalho já foram desenvolvidos diversos

projetos, em especial na indústria da construção civil, em que os acidentes do trabalho continuam com números bastantes elevados (Gnoni et al., 2020). A IA permite reconhecer comportamentos inseguros (Park; Lee; Khan, 2020), além de identificar o uso de equipamentos de proteção individual em lugares onde este uso é obrigatório (Balakreshnan, 2020).

Neste contexto, a tecnologia possui um grande campo de atuação na prevenção dos acidentes de trabalho. O uso da IA chega nos ambientes laborais e já pode ser considerada a novidade mais promissora para a gestão dos ambientes de trabalho e dos trabalhadores (Moore, 2020). Algumas soluções de IA já são aplicadas nos ambientes de trabalho visando a preservação da segurança dos trabalhadores, por exemplo, o uso de método baseado em *deep learning* para a detecção em tempo real de um capacete de segurança no canteiro de obras (Lian; Seo, 2022), ou uma nova solução usando machine learning para aumentar a visibilidade de um operador de guindaste em ambientes operacionais industriais complexos (Golcarenenji et al., 2022).

Para fazer uma conexão entre a aplicação da tecnologia nos ambientes de trabalho visando a melhoria da segurança do trabalho, o método Design Science Research (DSR) é usado, pois traz uma abordagem metodológica que se concentra na concepção de artefatos com o objetivo de solucionar questões do mundo real, satisfazer as necessidades humanas e colaborar para o incremento de uma ciência prescritiva (Dresch; Lacerda; Antunes Júnior, 2020).

Diante do exposto, o estudo apresenta o seguinte problema de pesquisa: Como propor um *framework* para o monitoramento das atividades dos eletricitistas que laboram em Linha Viva, utilizando inteligência artificial e a visão computacional?

Dessa forma, este artigo tem como objetivo analisar os processos e atividades de manutenção em Linha Viva (LV), com o intuito de propor um *framework* para o monitoramento das atividades de eletricitistas de LV utilizando inteligência artificial.

Esta pesquisa foi dividida em 4 seções além das referências bibliográficas, sendo a introdução, como já apresentada, os procedimentos metodológicos, resultados e por último as considerações finais.

2. Procedimentos metodológicos

Do ponto de vista da forma da abordagem do problema, a pesquisa é qualitativa, pois considera que existe uma relação entre o mundo e o sujeito que não pode ser fielmente traduzida em números (Gil, 1994). O autor ainda afirma que, do ponto de vista de sua natureza, a pesquisa pode ser caracterizada como aplicada, pois, objetiva gerar conhecimentos para aplicações práticas dirigidas à solução de problemas específicos (Gil, 1994). Este estudo classifica-se como qualitativo, pois procura aprofundar em fatos e processos que são específicos dos trabalhadores que atuam no Sistema Elétrico de Potência (SEP).

Em relação aos objetivos, a pesquisa é de caráter exploratório, pois objetiva proporcionar maior familiaridade com um problema, envolvendo, por exemplo, levantamento bibliográfico, assumindo em geral a forma de pesquisas bibliográficas e estudo de casos. A pesquisa exploratória busca ainda aprofundar conceitos preliminares,

sendo esses muitas vezes inéditos (Sampaio; Perin, 2006). Para Richardson (1985), a pesquisa exploratória busca conhecer as características de um fenômeno para, dessa forma, procurar explicações das causas e consequências do referido fenômeno. Sendo assim, o estudo em questão se caracteriza como exploratório, pois busca soluções para o monitoramento de eletricitas de linha viva durante o desenvolvimento de suas atividades, buscando a prevenção de acidentes do trabalho.

Quanto aos procedimentos técnicos, esta pesquisa é classificada como bibliográfica, documental e de estudo de caso. Bibliográfica, pois é elaborada a partir de material já publicado como livros, artigos científicos, entre outros. Documental, pois analisa documentos internos da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), sendo também um estudo de caso dentro da empresa.

3. Resultados

Neste capítulo são descritos os requisitos básicos que uma ferramenta deve conter, usando a IA, inserida em todo o processo descrito no framework proposto, usando o método *Design Science Research* (DSR).

Cabe ressaltar que essa pesquisa apresenta uma proposta, ainda a ser complementada com mais detalhes técnicos de como as tecnologias, por exemplo o *machine learning*, será treinado e validado.

3.1 Especificação da ferramenta

A pesquisa visa oferecer um conjunto básicos de requisitos para o desenvolvimento de uma ferramenta que possa servir como uma “parceira” das equipes de eletricitas de LV, com o objetivo de propor não apenas um *framework*, mas também os requisitos mínimos desejáveis para fundamentar a elaboração de uma especificação de uma ferramenta que auxilie os eletricitas na segurança da execução de suas tarefas, por meio do monitoramento das atividades no Sistema Elétrico de Potência (SEP).

Cabe reforçar que esta pesquisa é também um estudo de caso, com uso de sistema integrado de visão computacional, utilizando IA, com filmagem de atividades e treinamento da ferramenta, por meio de padrões certos e errados, para que essa ferramenta auxilie nas atividades dos eletricitas.

A proposta é que o conjunto de dados (Dataset) a ser usado no experimento seja a filmagem de atividades de forma correta, por exemplo, todos os trabalhadores usando os equipamentos de proteção necessários e executando as atividades. Caso haja qualquer inconsistência, a câmera detectará e avisará o encarregado. A técnica de IA a ser usada será a *Machine Learning* e/ou *Deep Learning*, sendo o algoritmo abastecido com dados de várias atividades realizadas pelos eletricitas. A partir daí a ferramenta proposta irá aprender o que está conforme ou não, auxiliando o supervisor da atividade e o Técnico de Segurança do Trabalho (TST) na detecção de não conformidades.

O sistema será otimizado preponderantemente para o ambiente externo, já que essas atividades sempre são executadas neste tipo de ambiente. O modelo de algoritmo deve ser desenvolvido com base na arquitetura Yolov8®, que já é bastante utilizada em

dispositivos de detecção, principalmente na detecção de EPIs na indústria da construção civil.

Este modelo será empregado tanto para classificar dados extraídos de quadros de imagem quanto para detecção dos objetos de segurança e para estimativa de procedimentos exigidos dos eletricitistas.

Inicialmente, o modelo irá prever a conformidade em seis categorias, a serem detalhadas ao longo do capítulo. Quando o modelo detectar uma categoria “não seguro”, ele irá gerar um alarme e um relatório com registro de data e hora, permitindo integração e adoção em tempo real.

As atividades executadas em Linha Viva serão filmadas com uma ou mais câmeras, antes e durante a execução, conforme explicitado nas Figuras 1 e 2.

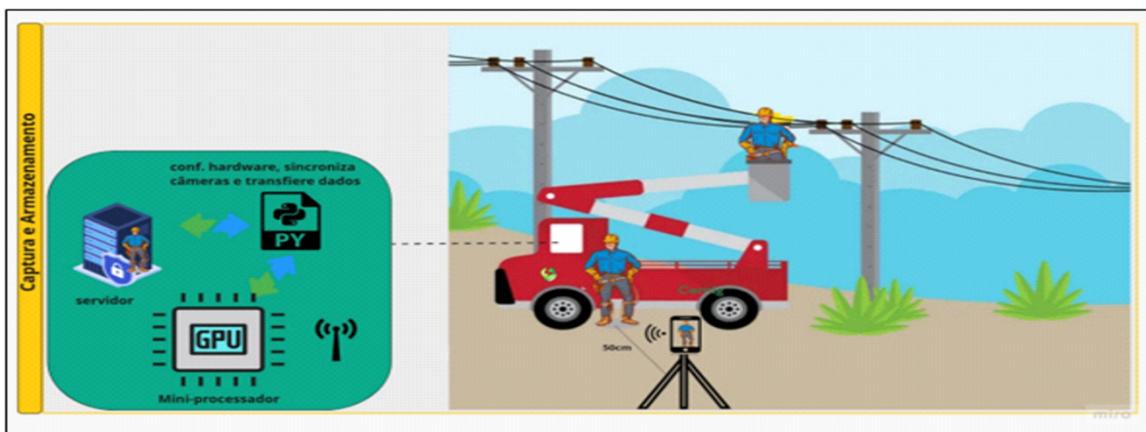


Figura 1. Proposta de filmagem de atividades com uma câmera

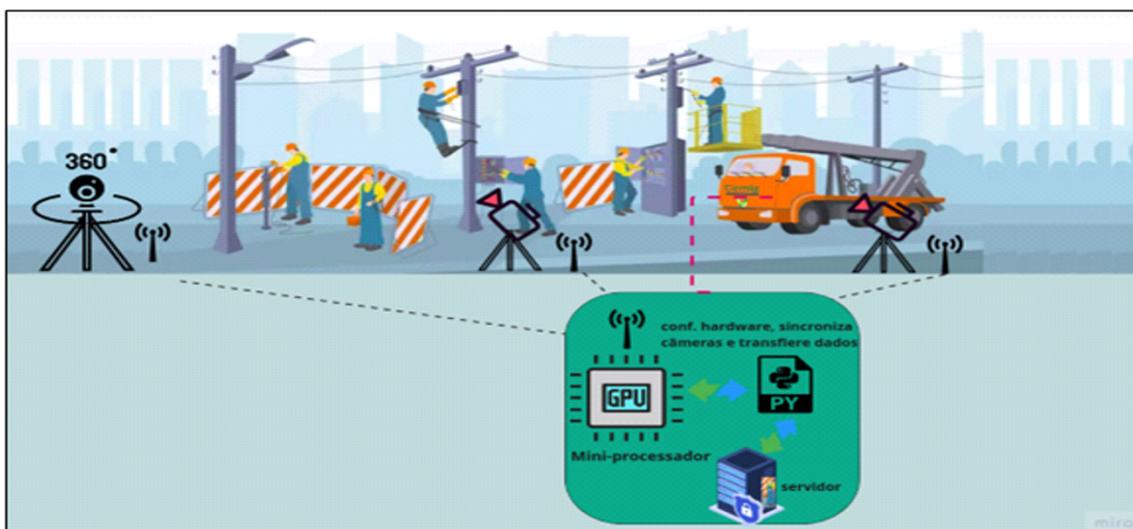


Figura 2. Proposta de filmagem de atividades com mais de uma câmera

O processo de captura de dados é dividido em duas partes: a primeira parte está focada na identificação do trabalhador e de equipamentos de proteção individual (EPI) para validação se ele está apto ou não para executar a tarefa em LV. Isso é possível com

a utilização de uma câmera utilizando visão computacional. Nesta parte, um celular por meio de um aplicativo fará o reconhecimento dos eletricitas e dos equipamentos de proteção.

A segunda parte utiliza mais de uma câmera, e está focada no monitoramento do eletricista quando está executando a tarefa planejada em Linha Viva. É necessário mais de uma câmera para a captura do máximo de requisitos possíveis de eletricista quando da realização das atividades.

A proposta é montar um kit de equipamentos, servidor, rede e processador dentro do veículo da CEMIG para receber e processar os dados (imagens e vídeos) que vêm das câmeras instaladas no ponto de trabalho, por meio de uma rede sem fio. O sistema é alimentado pela própria bateria do carro. O kit e as câmeras serão controlados por um aplicativo do celular (smartphone Android). Para acionar estas câmeras será utilizado um aparelho celular, o qual sincronizará a câmera 360° e as outras câmeras fixas. A primeira câmera será utilizada para obter imagens do solo, do ponto de trabalho (veículos, técnicos eletricitas que estão na superfície, área de sinalização, postes) e as duas câmeras restantes estão focadas no eletricista que está executando a tarefa na Linha Viva. Com um aplicativo de celular, serão enviadas as imagens ao processador, o qual processará e enviará ao servidor por meio de um algoritmo que será desenvolvido na linguagem de programação Python. O sistema é alimentado pela própria bateria do carro.

Para facilitar a instalação do módulo de aquisição de dados, será utilizada a tomada de acessórios do próprio veículo, a qual fica instalada em seu interior.

Os dados serão verificados pela ferramenta em tempo real, analisando imagens e movimentos e identificando algumas inconsistências. Para o melhor entendimento do funcionamento da ferramenta, foi feita a divisão em 5 etapas, conforme Figura 3.

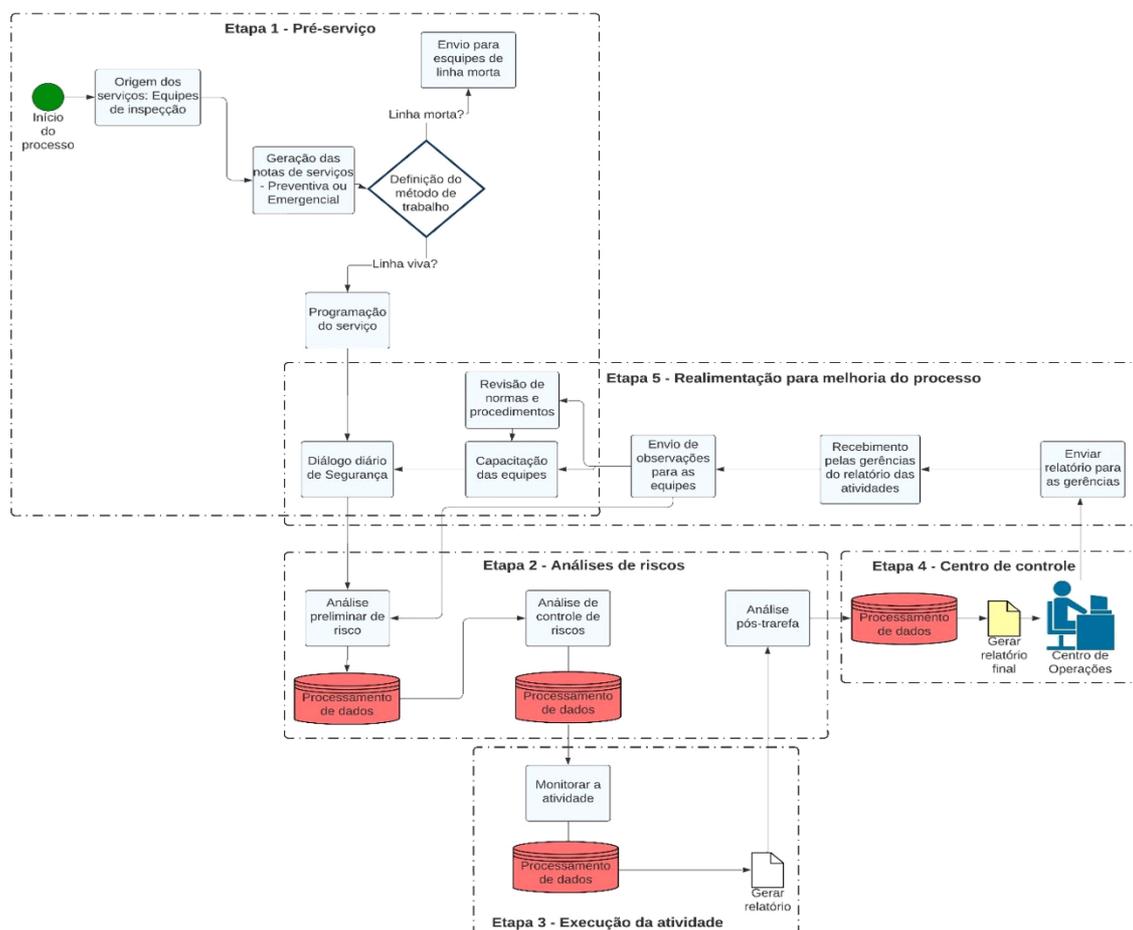


Figura 3. Visão sistemática do *framework* proposto

Com o intuito de propor um framework que subsidie a concepção de uma ferramenta que auxilie os eletricitistas, por meio de monitoramento das atividades no sistema elétrico de potência (SEP), a pesquisa busca fornecer o máximo de requisitos para esta concepção. Dessa forma, ao considerarmos a necessidade intrínseca de precisão na construção do artefato em questão, percebe-se que o modelo (*framework*) desenvolvido demonstra ser não apenas aplicável, mas também passível de generalização. Essa aplicabilidade é fundamentada nas premissas da DSR, que englobam a utilização eficiente dos fundamentos teóricos, da base de conhecimento e dos procedimentos de pesquisa. Contudo, ressalta-se que o êxito desta pesquisa está interligado à habilidade do pesquisador em selecionar procedimentos pertinentes para a construção do framework e na escolha de métodos aceitáveis para justificar essa proposição, conforme ilustrado na Figura 4.

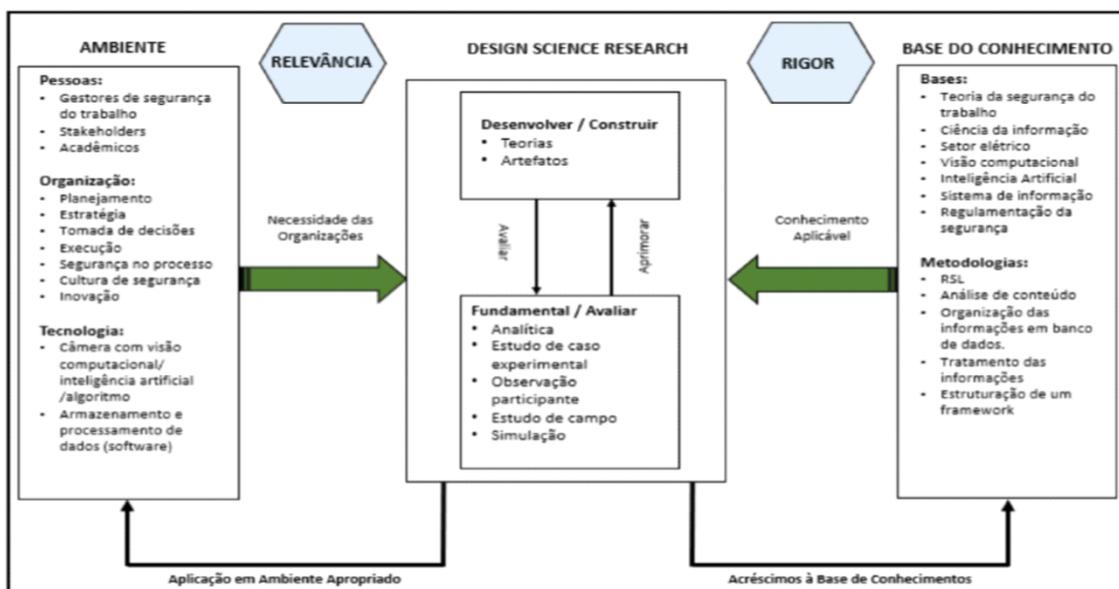


Figura 4 – Relevância e rigor do *framework* proposto

Cabe ressaltar que a proposta de construção do *framework* se sustenta não apenas na ausência de sucesso da comunidade acadêmica em definir uma linguagem comum para a compreensão das empresas do setor elétrico para determinar seus propósitos. Primordialmente, alicerça-se na carência de consolidação dos modelos de mensuração que tenham como foco principal à segurança do trabalho e por conseguinte, a gestão das informações.

Neste contexto, após uma análise sistemática abrangente, cujo propósito primordial pode ser caracterizado como geração ou aprimoramento de conceitos, visando a resolução de problemas, celebra-se a concepção desta proposta. Este *framework* é concebido com a finalidade de proporcionar aos gestores das organizações, uma orientação para identificar as abordagens mais apropriadas na avaliação da segurança do trabalho nas empresas, por meio da integração das diversas abordagens existentes em um processo de atividades em Linha Viva.

3.2 Etapa 1: Pré-serviço

Nesta etapa o processo é iniciado. Primeiramente, as equipes de inspeção fazem vistorias nas redes da Cemig, com o intuito de identificar possíveis problemas que necessitem de intervenção. Após identificados, são emitidas notas de serviços, classificando a intervenção, se a mesma será emergencial, ou seja, tem prioridade e deve ser executada o mais rápido possível, ou preventiva, que pode ser programada.

3.3 Etapa 2 – Análise e riscos

Já nesta etapa, são feitas as análises de riscos. A primeira é a análise preliminar de riscos (APR), que é executada antes da saída da equipe para a execução do serviço. Atualmente essa análise pode ser feita tanto via aplicativo quando por meio de preenchimento de formulário. Aqui é buscado junto as equipes que cada vez mais se use o aplicativo, até que seja totalmente eliminado o formulário em papel. Oreg (2006) afirma

que um projeto que envolva transformação digital (TD) implica mudanças tanto culturais quanto organizacionais, sendo que transformações dessa natureza, além de complexas, normalmente geram resistência na maior parte dos profissionais envolvidos, seja por motivos emocionais, cognitivos ou comportamentais.

Nessa etapa já deve haver o processamento dos dados, onde verifica-se se todos os membros da equipe estão aptos a seguir para a execução da atividade do dia, se os equipamentos estão em condições de serem usados. Sugere-se que o processo de verificação seja executado por reconhecimento facial, juntamente com inteligência artificial, utilizando-se um aplicativo no smartphone do supervisor.

3.4 Etapa 3 – Execução da atividade

Na etapa de execução da atividade, todas as ações dos eletricitistas são monitoradas por meio de uma câmera usando inteligência artificial e visão computacional. Todos os dados são processados em tempo real, sendo que qualquer problema é emitido um alerta para as equipes, devendo a atividade ser paralisada e só retornar após a inconsistência ser sanada. Após a execução de toda a atividade, é gerado um relatório e a equipe se reúne novamente para a análise pós-tarefa.

Nesta etapa, a ferramenta deverá indicar o uso correto dos EPIs pelos eletricitistas ao iniciar um serviço, e manter o monitoramento durante as atividades de manutenção. Consiste em fazer o monitoramento do eletricitista, executando a tarefa em LV, para alertar à equipe se o executor da tarefa está realizando movimentos inadequados que podem gerar alguma não conformidade ou acidente. O celular fica sincronizado com uma ou mais câmeras. Uma câmera será utilizada para obter imagens ao redor do ponto de trabalho (veículos, técnicos eletricitistas que estão na superfície, área de sinalização, postes) e as demais câmeras restantes estão focadas no eletricitista que está executando a tarefa na Linha Viva. Por uma interface do celular serão enviadas as imagens ao processador, o qual processará e enviará ao servidor por meio de um algoritmo.

Para a identificação dos EPIs usados pelos eletricitistas de LV, devem ser identificados 6 tipos de EPI: Capacete; Luvas isolantes; Luvas de vaqueta; Sapato de segurança; Óculos de segurança; Mangas isolantes. A Figura 5 mostra um eletricitista tendo seus equipamentos de proteção identificados pela câmera de monitoramento.

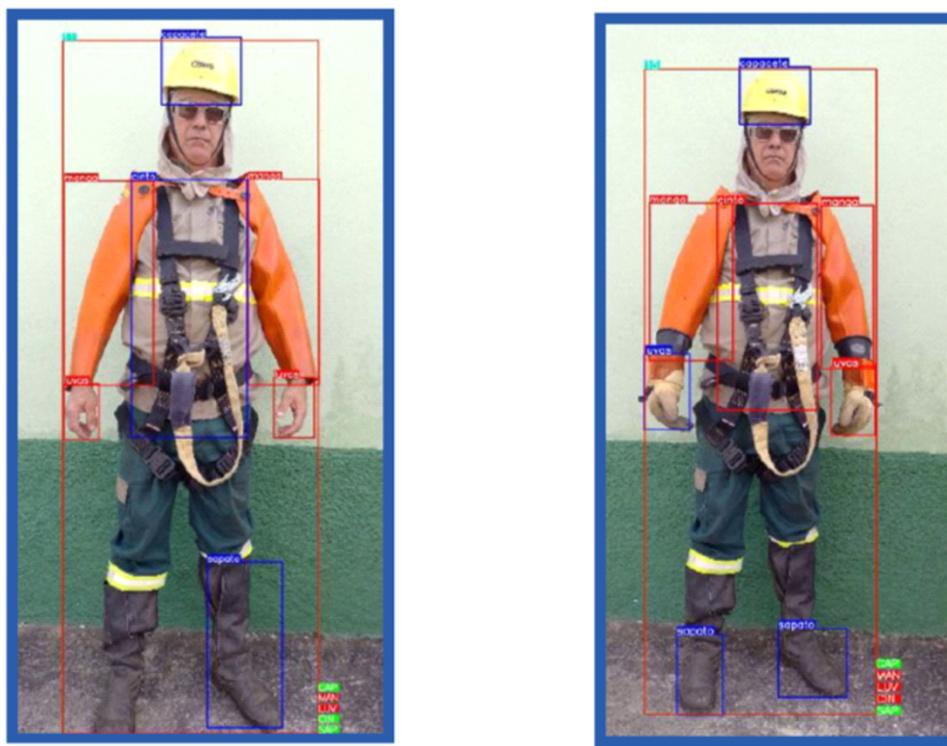


Figura 5 – Equipamentos básicos de proteção individual

Recomenda-se fazer as imagens em local fechado ou semifechado, com boa iluminação e alta nitidez. Assim, é possível garantir uma imagem de qualidade e obter bons resultados ao enviar o modelo inteligente para realizar as tarefas programadas.

Como um dos requisitos preventivos, a ferramenta deve ser capaz de interpretar a delimitação de área a ser trabalhada, conforme ilustrado na Figura 6.



Figura 6 – Delimitação de área com cones

3.5 Etapa 4 – Centro de controle

Terminada essa fase, o relatório, juntamente com a análise pós-tarefa são enviados para um centro de controle de segurança do trabalho, onde os dados são consistidos e analisados por profissionais no centro.

Neste centro deve ser possível acompanhar todas as atividades por meio do monitoramento das câmeras, sendo possível também intervir, caso seja necessário. É gerado então um relatório final e enviado para as gerências, com todas as inconsistências encontradas e observações anotadas pelas equipes.

O centro de controle da segurança será o “guardião” das informações de segurança, onde os dados e informações gerem conhecimento com foco na segurança das equipes, fazendo toda a gestão das informações que são geradas no processo. Este tipo de centro ainda não existe na Cemig, sendo uma proposta deste modelo.

3.6 Etapa 5 – Realimentação para melhoria do processo

Realimentando o processo, essa etapa busca a melhoria contínua de tudo que envolve a execução das atividades de Linha Viva. Os relatórios gerados e analisados pelo centro de controle da segurança são então enviados, via email, em arquivo pdf para as gerências das equipes. Essas gerências, por meio de seus supervisores analisam os relatórios, enviam as observações para que as equipes tomem conhecimento do que é necessário melhorar no processo. Essas melhorias identificadas são usadas então para melhorar a capacitação das equipes, além de indicarem a necessidade de revisão de normas e procedimentos, que também servirão de subsídios para a capacitação das equipes. Além do mais, podem se tornar assuntos dos DDS, onde há o início efetivo da execução das atividades.

4. Considerações Finais

Em tempos recentes, a tecnologia vem sendo implantada nos ambientes de trabalho, permitindo mais segurança na execução das atividades, como por exemplo melhorias de ferramentas, evolução dos equipamentos de proteção com materiais mais resistentes, mas ainda assim estamos longe de atingir um nível que torne todos os ambientes de trabalho seguros, haja visto o grande número de acidentes de trabalho que ainda nos assola, aqui sendo referido não só o Brasil, mas o mundo como um todo.

Nos últimos anos está havendo um aumento expressivo da aplicação da tecnologia, aí incluído a visão computacional, inteligência artificial, entre outras, e continuaremos a assistir essa aplicação também para melhorias dos ambientes de trabalho.

A proposta apresenta os principais requisitos necessários para que as atividades executadas em linha viva sejam feitas com o máximo de segurança possível. Dessa forma, foram propostas algumas funcionalidades para que a ferramenta possa atender aos requisitos de segurança da atividade, como o preenchimento da análise de risco, identificação de EPI, reconhecimento facial do trabalhador, entre outras.

Com a ferramenta funcionando, o algoritmo vai aumentando constantemente sua acurácia frente às não conformidades. Espera-se, dessa forma, uma diminuição das não

conformidades e do tempo gasto nas inspeções, culminando na prevenção de acidentes de trabalho envolvendo atividades em Linha Viva.

Diante do exposto, os objetivos da pesquisa foram atingidos, pois foram especificados os requisitos básicos para a concepção de uma aplicação que utilize IA no reconhecimento de padrões mínimos de segurança nas atividades desenvolvidas por eletricitistas de linha viva, com vista na redução das não conformidades. Foram também descritos os principais os procedimentos e equipamentos de uso dos profissionais de linha viva no desenvolvimento de suas atividades, sendo propostos critérios e funcionalidades para que a ferramenta possa identificar possíveis não conformidades nas atividades desenvolvidas por eletricitistas de linha viva, além da proposição do próprio *framework* de todo o processo.

Como limitações ao estudo realizado, é válido citar o desafio técnico e até de custos de implementação de todas as etapas do *framework* proposto, para serem equacionados à medida que a pesquisa avança. A própria resistência dos trabalhadores a adotarem novas tecnologias em seus ambientes de trabalho também se torna outro tópico desafiador a ser solucionado.

Como sugestão para pesquisas futuras, pretende-se relatar os desdobramentos da aplicação do *framework*, e conseqüentemente, como a visão computacional e a inteligência artificial comportam na identificação das não conformidades, tornando as atividades mais seguras. Além do mais, sugere-se a aplicação do monitoramento para atender as demais atividades que não são de linha viva, mas que também possuem riscos que necessitam de monitoramento. Que o monitoramento seja feito também em tempo real por um Centro de Controle, para as situações que a ferramenta não consiga interpretar.

Referências

- ABRACOPEL. (2024). *Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica*. Disponível em: https://abracopel.org/wp-content/uploads/2024/04/Anuario-2024-BOOK_compressed.pdf. Acesso em: 17 abr. 2024.
- Balakreshnan, B., et al. (2020). PPE compliance detection using artificial intelligence in learning factories. *Procedia Manufacturing*, 42, 511-515.
- Besl, P. J., & Jain, R. C. (1985). Three-dimensional object recognition. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 17(1), 75-145.
- CEMIG. (2017). *Norma de Distribuição: Manutenção em Redes e Subestações de Distribuição Aéreas Energizadas em Média Tensão (Linha Viva)*. Acesso em: 23 nov. 2023.
- Clifford, C. (2018, 1 de fevereiro). Google CEO: AI is more important than fire or electricity. *CNBC*. Disponível em: <https://www.cnbc.com/2018/02/01/google-ceo-sundar-pichai-ai-is-more-important-than-fire-electricity.html>. Acesso em: 6 jun. 2019.
- Dresch, A., Lacerda, D. P., & Antunes Junior, J. A. V. (2020). *Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia*. Porto Alegre: Bookman Editora.

- Gil, A. C. (1994). *Métodos e técnicas de pesquisa social* (4. ed.). São Paulo: Atlas.
- Gnoni, M. G., et al. (2020). Integrating IoT technologies for an “intelligent” safety management in the process industry. *Procedia Manufacturing*, 42, 511-515.
- Gobbo Junior, J. A., et al. (2019). Making the links among environmental protection, process safety, and industry 4.0. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 372-382.
- Golcarenenji, G., et al. (2022). Machine-learning-based top-view safety monitoring of ground workforce on complex industrial sites. *Neural Computing and Applications*, 1-14.
- Hevner, A., March, S., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS Quarterly*, 28(1).
- Liang, H., & Seo, S. (2022). Automatic detection of construction workers’ helmet wear based on lightweight deep learning. *Applied Sciences*, 12(20), 10369.
- Moore, P. (2020). *Inteligencia artificial en el entorno laboral. Desafíos para los trabajadores*. Universidad de Leicester. Disponível em: <https://www.bbvaopenmind.com/articulos/inteligencia-artificial-en-entorno-laboral-desafios-para-trabajadores/>. Acesso em: 20 fev. 2023.
- Oreg, S. (2006). Personality, context, and resistance to organizational change. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 15(1), 73-101.
- Organização Internacional do Trabalho – OIT. (2021). Disponível em: https://www.ilo.org/brasilia/noticias/WCMS_820318/lang--pt/index.htm. Acesso em: 30 abr. 2024.
- Park, C., Lee, D., & Khan, N. (2020). An analysis on safety risk judgment patterns towards computer vision based construction safety management. In *Creative Construction e-Conference*. Budapest University of Technology and Economics.
- Richardson, R. J., et al. (1985). *Pesquisa social: métodos e técnicas*. São Paulo: Atlas.
- Sampaio, C. H., & Perin, M. G. (2006). Pesquisa científica da área de marketing: uma revisão histórica. *Revista de Administração Contemporânea*, 10, 179-202.
- SESST. (2018). *El Uso de Sistemas de Inteligencia Artificial Para Reducir la Siniestralidad en el Trabajo*. Sociedade Española de Salud y Seguridad en el trabajo (SESST). Disponível em: <https://www.sesst.org/e-prevenir-a-predecirel-uso-de-sistemas-de-inteligencia-artificial-para-reducir-lasiniestralidad-en-el-trabajo/>. Acesso em: 30 dez. 2023.
- Teixeira, R. L. P., et al. (2019). Os discursos acerca dos desafios da siderurgia na indústria 4.0 no Brasil. *Brazilian Journal of Development*, 5(12), 28290-28309.
- Tezani, T. C. R. (2011). A educação escolar no contexto das tecnologias da informação e da comunicação: desafios e possibilidades para a prática pedagógica curricular. *Revista FAAC*, 1(1), 35-45. Disponível em: <http://www2.faac.unesp.br/revistafaac/index.php/revista/article/view/11/5>. Acesso em: 22 set. 2023.

Ustundag, A., & Cevikcan, E. (2018). *Industry 4.0: managing the digital transformation*. Springer Nature.

Villalobos, M. (2019). *Informe Final Proyecto. Modelo Predictivo de Factores de Riesgos Laborales con uso de Inteligencia Artificial*. Santiago, Chile: Fundación Científica y Tecnológica (ACHS). Asociación Chilena de Seguridad.