



REVISTA BRASILEIRA DE MECATRÔNICA
 FACULDADE SENAI DE TECNOLOGIA MECATRÔNICA

Diagnóstico de máquina de chave ferroviária (MCH) através da corrente elétrica

Railway key machine diagnostics through electric current

Humberto Aparecido Brufatto Pereira^{1, i}

Leandro Cardoso da Silva^{2, ii}

Nelis Evangelista Luiz^{3, iii}

Erick Toshio Yamamoto^{4, iv}

Ricardo Hovacker Baldaconi^{5, v}

Carlos César Pestana^{6, vi}

Edson Pereira da Silva^{7, vii}

Norberto Goncalves Neto^{8, viii}

Data de submissão: (20/04/2022) Data de aprovação: (02/11/2022)

RESUMO

A dinâmica de uma grande metrópole como São Paulo é muito complexa em relação a mobilidade. Para atender essa demanda o sistema metro-ferroviário é vital para o transporte da sua população, e quando esse sistema falha, vemos o caos que se instala na vida das pessoas e das empresas. Este estudo tem o objetivo de apresentar uma metodologia de monitoramento dos equipamentos responsáveis pela mudança de via dos trens, utilizando sensores de efeito hall e criando alertas de anomalias. Esses alertas darão à equipe de manutenção tempo hábil para realizar as intervenções antes que a falha se concretize de fato. O monitoramento também trará outro benefício: será possível programar as manutenções,

¹ Pós-graduando em Projetos de Mecânica Industrial na Faculdade de Tecnologia SENAI “Roberto Simonsen”. e-mail: humberto.brufatto@viamobilidade.com.br

² Docente e Me. em Engenharia Mecânica da Faculdade de Tecnologia SENAI “Roberto Simonsen”. E-mail: leandro.cardoso@sp.senai.br

³ Docente e Doutor em Engenharia Metalúrgica da Faculdade SENAI de Tecnologia Industrial. E-mail: nelis.evangelista@sp.senai.br

⁴ Docente e Me. em Automação Industrial da Faculdade SENAI de Tecnologia Industrial. E-mail: erick.yamamoto@sp.senai.br

⁵ Docente e Me. em Tecnologia Nuclear da Faculdade SENAI de Tecnologia Industrial. E-mail: riardo.hovacker@sp.senai.br

⁶ Docente e Especialista em Projetos da Faculdade SENAI de Tecnologia Industrial. E-mail: carlos.pestana@sp.senai.br

⁷ Docente e Me. em Engenharia da Produção da Faculdade SENAI de Tecnologia Industrial. E-mail: edson.psilva@sp.senai.br

⁸ Docente e Me. em Engenharia da Informática da Faculdade SENAI de Tecnologia Industrial. E-mail: norberto.neto@sp.senai.br

conforme a condição, a partir da coleta da quantidade de acionamentos feitos em determinado período, reduzindo assim os custos de manutenção.

Palavras-chave: Mobilidade; Trem; AMV; Máquina de Chave Ferroviária; MCH.

ABSTRACT

The dynamics of a large metropolis like São Paulo is very complex in terms of mobility. To meet this demand, the metro-railway system is vital for the transport of its population, and when this system fails, we see the chaos that settles in the lives of people and companies. This study aims to present a methodology for monitoring the equipment responsible for changing lanes of trains, using hall effect sensors and creating anomalies alerts. These alerts will give the maintenance team time to carry out interventions, before the failure actually materializes. Monitoring will also bring another benefit: it will be possible to schedule maintenance, according to the condition, from the collection of the number of activations made in a given period, thus reducing maintenance costs.

Keywords: Mobility; Train; AMV; Railway Key Machine

1 INTRODUÇÃO

A introdução a seguir elucida o estudo de caso realizado em campo.

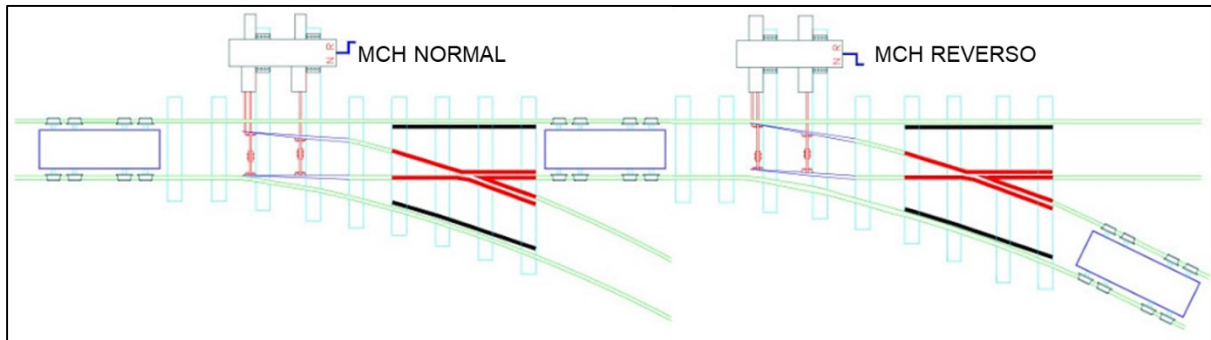
1.1 Problema de pesquisa

Os motores elétricos são amplamente utilizados em vários seguimentos da indústria, para a realização das mais diversas tarefas. Em sua grande maioria são motores de corrente alternada, ao qual possui uma construção e manutenção com menor complexidade e custo em comparação aos motores de corrente contínua. Então, por que o sistema metro-ferroviário usa motores de corrente contínua para acionamento dos AMVs (Aparelhos de Mudança de Via) sendo que o custo de aquisição e manutenção são maiores? Pelo fato de poder ter uma fonte de energia ininterrupta de corrente contínua quando o sistema principal de alimentação elétrica apresentar algum tipo de anomalia, ou seja, enquanto a alimentação principal estiver indisponível, o sistema de AMV será alimentado por um banco de baterias capaz de fornecer uma autonomia de aproximadamente 6 horas de operação, dando tempo hábil para as equipes de manutenção restabelecerem o fornecimento de energia principal, aumentando assim a confiabilidade do sistema.

Como exposto, existe a preocupação do sistema metro-ferroviário em garantir o fornecimento de energia para o funcionamento dos AMVs, mas também se faz importante garantir o bom funcionamento do MCH (Máquina de Chave) responsável efetivamente pela movimentação do AMV, pois se a MCH apresenta uma falha, esta não tem um sistema de redundância.

Os motores da MCH são responsáveis pela movimentação das pontas de agulha do AMV, as quais direcionam o trem para uma rota em normal ou reverso (entenda “reverso” como desvio a direita ou esquerda). A figura 1 ilustra esse funcionamento.

Figura 1 – ilustração de MCH em modo normal e reverso.



Fonte: Elaborado pelo autor adaptado de Rede Noticiando (2018)

As MCHs são equipamentos eletromecânicos, compostos basicamente por um motor elétrico responsável por produzir a força motriz do acionamento, um conjunto de engrenagens para multiplicar a força do motor elétrico e realizar o movimento linear das pontas de agulha do AMV. Visto todo este conjunto de mecanismos interagindo para realizar essa movimentação, podemos afirmar que qualquer tipo de esforço extra, tal como: travamento de objeto, falta de lubrificação, quebra de componente, entre outros, causam uma dificuldade da movimentação linear da ponta de agulha do AMV, a qual será transmitida ao motor elétrico responsável pelo acionamento de todo o conjunto. Desta forma, durante as medições de acompanhamento, será possível comparar através do gráfico de corrente do motor saudável como parâmetro para indicar que algo está acontecendo com a MCH, onde o responsável pelo acompanhamento poderá enviar um alerta, o que possibilitará que as equipes de manutenção atuem antes de uma falha severa que impossibilite o acionamento da MCH.

1.2 Objetivos

Desenvolver uma metodologia de trabalho e com custo socioeconômico interessante de implantação onde seja possível através de análise da corrente elétrica detectar antecipadamente uma falha da MCH.

1.3 Justificativa

Durante as rotinas de acompanhamento e medições da corrente elétrica do motor da MCH, o responsável pelo acompanhamento poderá enviar um e-mail para a equipe de manutenção alertando que constatou uma curva da corrente elétrica divergente da curva de referência, o que possibilitará que as equipes de manutenção atuem antes de uma falha severa que impossibilite o funcionamento da MCH.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Dentre os tipos de falhas da MCH podem ser definidas como:

- a) Falhas abruptas, aparecem de repente, sem qualquer indicação prévia;
- b) Falha intermitente, que acontecem esporadicamente;
- c) Falha incipiente, defeito que se desenvolve gradualmente ao longo do tempo.

O objetivo é trabalhar na falha incipiente monitorando de forma online ou periódica, o comportamento dinâmico da MCH.

As origens das falhas pontuais da MCH podem ser categorizadas da seguinte forma (ASSADA, 2013, p. 23):

- a) Falhas causadas por componentes na máquina de chave;
- b) Falhas causadas por componentes externos;
- c) Falhas causadas por erro humano e desalinhamento;
- d) Falhas causadas por temperatura, onde a dilatação do trilho pode forçar o movimento da fundação e as mudanças de umidade;
- e) Falhas causadas por uma obstrução.

Os motores elétricos devem trabalhar dentro da corrente nominal e tipo de regime de trabalho compatível com a aplicação conforme NBR 17094 (ABNT, 2018).

O sistema metro-ferroviário funciona como um “carrossel”, ou seja, um trem só inicia a movimentação quando o espaço à frente for liberado pelo outro trem. Logo, as MCHs mais críticas que devem ser monitoradas são as das estações terminais, pois qualquer falha que ocorrer vai interferir diretamente no intervalo entre trens ou vai paralisar o carrossel.

3 METODOLOGIA

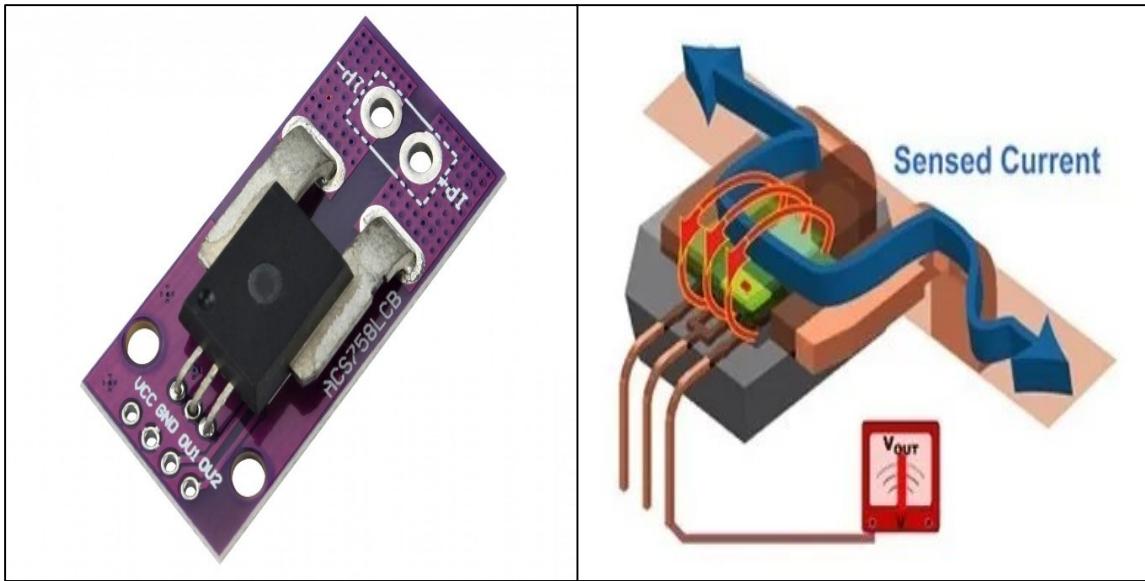
O mercado oferece diversos fabricantes e modelos de MCH para o sistema metro-ferroviário. Este estudo está sendo feito na MCH modelo MD-2000 fabricada pela DIMETRONIC.

Os materiais utilizados foram:

- Sensor de efeito hall ACS758LCB-050B;
- Microprocessador Arduino Nano;
- Programa Microsoft Excel.

Para mensurar essa corrente elétrica utilizaremos sensores de efeito hall, juntamente com um microprocessador para enviar os dados para uma planilha Excel onde serão tratados. O sensor de efeito hall foi escolhido por ter uma isolamento galvânica entre a parte de potência e a parte responsável pela leitura, aumentando assim o nível de proteção para o sistema de medição.

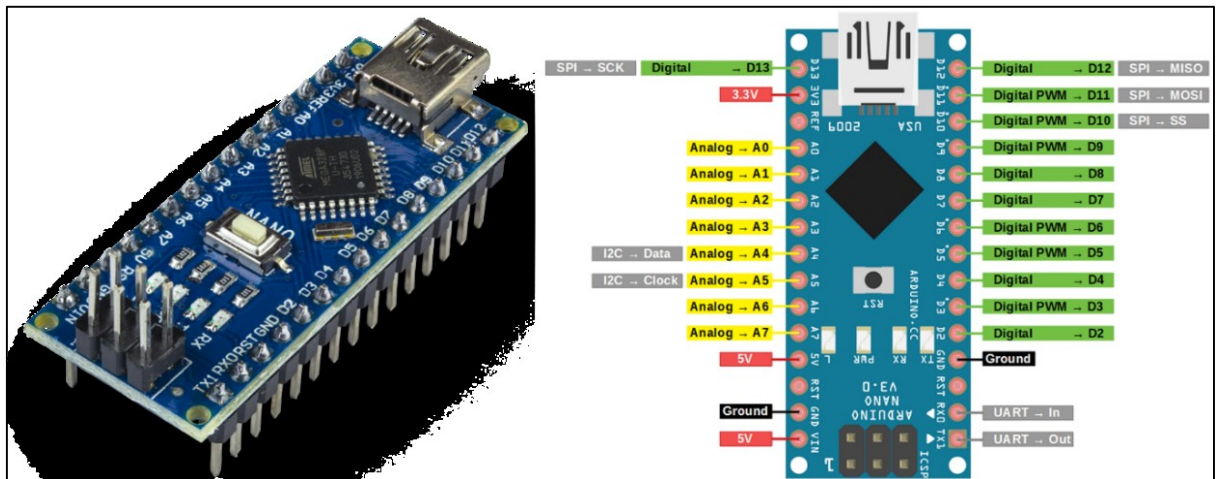
Figura 2 – Sensor de corrente por efeito hall



Fonte: USINAINFO (2022); MERCADO LIVRE (2022)

O microprocessador utilizado na captura dos dados foi um Arduino Nano, pois tem um custo-benefício interessante por possuir um bom conversor de analógico para digital de 10 bits, ser de fácil utilização e ter um preço bem acessível.

Figura 3 – Arduino nano V3

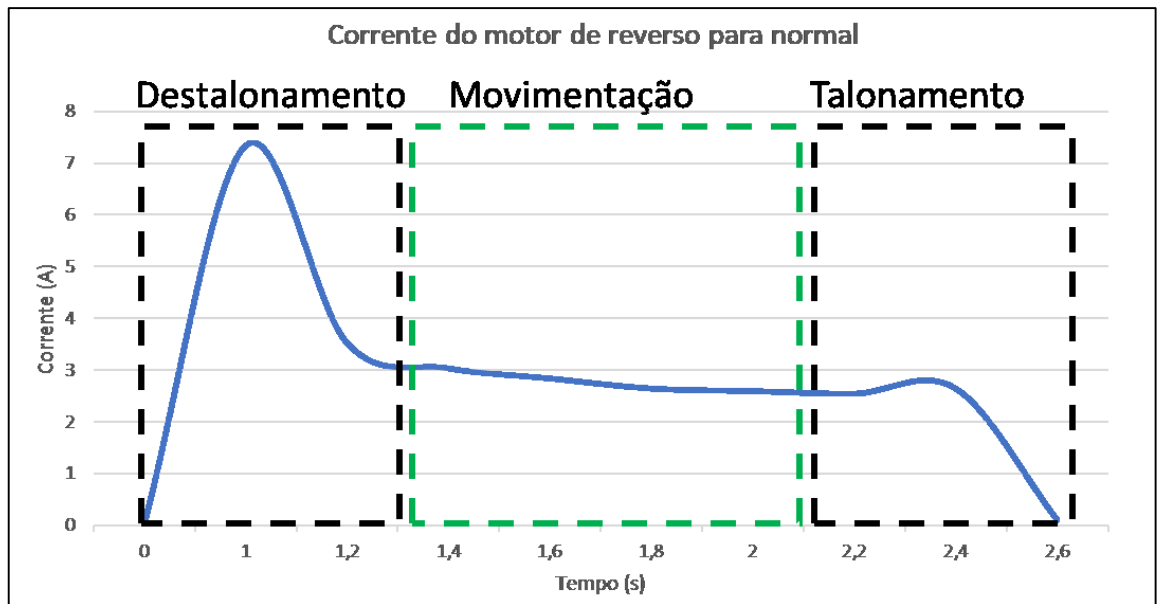


Fonte: ROBOCORE (2022); LOBO DA ROBÓTICA (2019)

O programa Microsoft Excel foi escolhido pois é amplamente utilizado e possui boa capacidade para analisar os dados e para compartilhar em outras plataformas.

A metodologia consiste em analisar a corrente elétrica em função do tempo. O ciclo de movimentação de um AMV produz uma curva característica da corrente elétrica no motor da MCH como mostra a figura 4. Esta curva característica consegue demonstrar o processo de destalonamento – movimentação – talonamento (entenda “destalonamento” e “talonamento” como destravamento e travamento mecânico respectivamente) da MCH, tanto no sentido de normal para reverso quanto no sentido contrário.

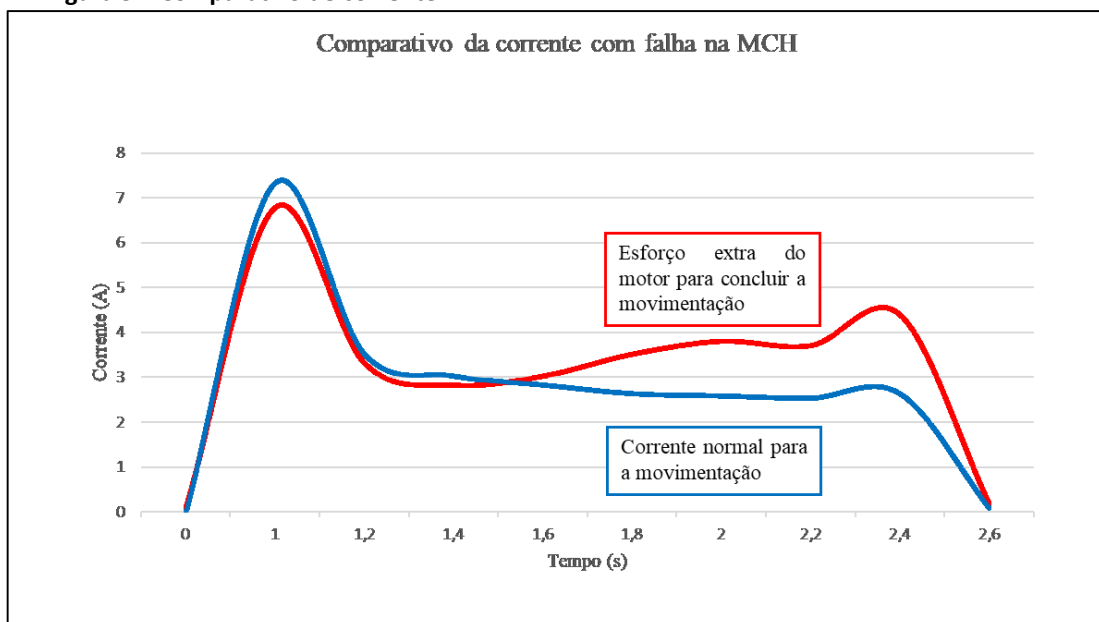
Figura 4 – Ilustração da corrente da MCH



Fonte: Elaborado pelo autor.

Durante as movimentações da MCH, quando ocorrer uma corrente superior a 15% do padrão normal para o seu funcionamento, devido ao tempo normal de atuação ser de 2 a 3 segundos conforme descrito no manual da MD2000, essa diferença estará representada no gráfico como mostra a figura 5. A partir desta informação, o responsável pelo acompanhamento das medições poderá disparar um e-mail para a equipe de manutenção, comunicando que a máquina de chave está com algum tipo de anomalia.

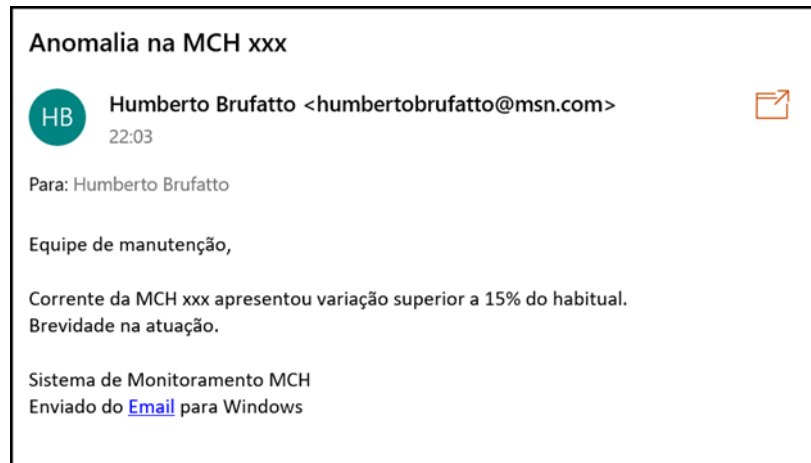
Figura 5 – Comparativo de corrente



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na figura 6 abaixo mostra o e-mail recebido pela equipe de manutenção.

Figura 6 – Ilustração de modelo de e-mail



Fonte: Elaborado pelo autor.

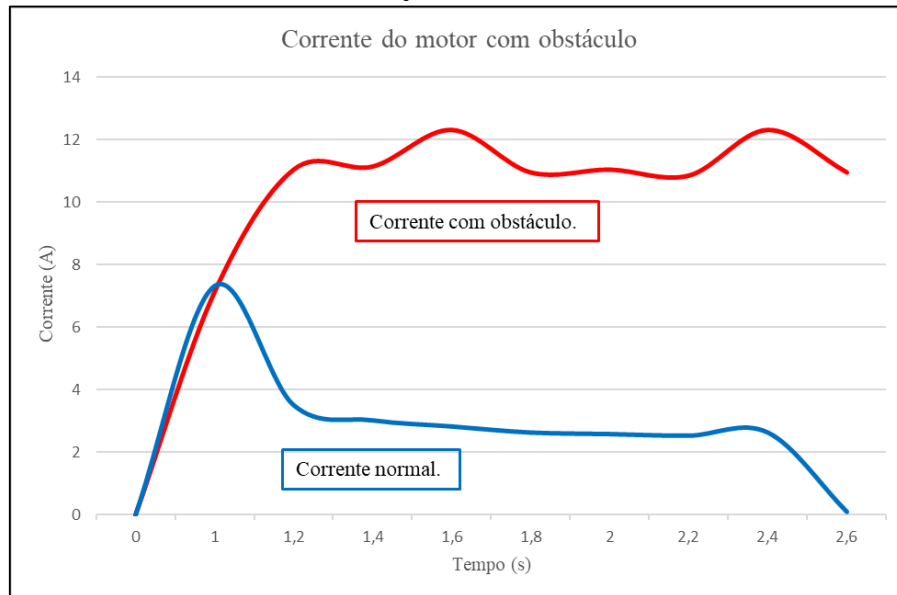
Desta forma, antes que essa falha possa tornar a MCH inoperante, a equipe de manutenção será acionada para realizar a manutenção corretiva programada. Para que essa manutenção seja realizada, os técnicos acionarão o CCO (Centro de Controle Operacional) para estabelecer uma estratégia operacional que possibilite a atuação dos técnicos durante o “horário de VALE” (nomenclatura dada para o horário de menor circulação de passageiros no sistema metro-ferroviário). Se não for possível realizar a manutenção durante o “horário de VALE”, a equipe fará após o término da operação comercial. Essas atitudes permitem realizar a manutenção de forma que não causem impacto na operação comercial e na prestação do serviço à população.

Quando ocorrer um obstáculo, o sistema de sinalização enviará um sinal para o CCO, informando que a máquina de chave está sem indicação de status (normal ou reverso). A problemática desse tipo de ocorrência é que a manutenção deve ser feita de imediato, não havendo tempo para o planejamento prévio, ocasionando a paralisação do sistema metro-ferroviário para que os técnicos possam realizar o reparo na região da MCH e restabelecer o sistema. Consequentemente, a prestação de serviço será prejudicada trazendo transtornos à população.

O sensor de corrente está inserido em serie na ligação do motor CC da MCH e consequentemente ligado ao Arduino, responsável pela captação dos dados e envio para Excel. Ao realizar as leituras de forma pontual o sistema se comportou de forma satisfatória, já quando foi deixado em modo de leitura constante, não conseguiu sincronizar os dados, junto com o comando de início de movimentação da MCH, o intervalo de tempo de comunicação entre as interfaces se mostrou prejudicial neste ponto.

A figura 7 demonstra a corrente do motor com um obstáculo no movimento da MCH.

Figura 7 – Corrente do motor com obstrução



Fonte: Elaborado pelo autor.

A MCH possui uma embreagem de segurança que protege o motor contra o bloqueio do rotor evitando que haja a queima do motor, até que o tempo limite de movimentação pré-determinado desligue o motor. A figura 8 mostra a embreagem de segurança.

Figura 8 – Embreagem de segurança



Fonte: Elaborado pelo autor.

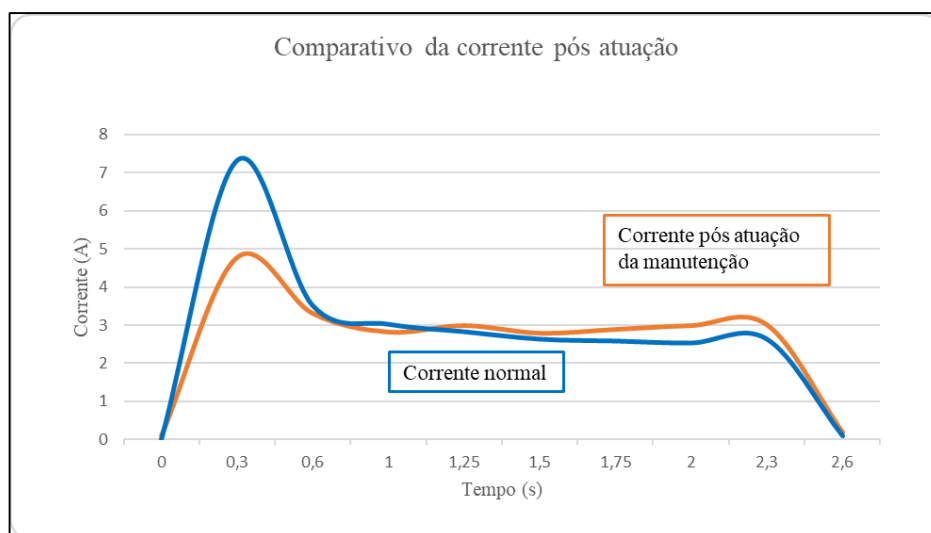
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Constatamos que o sistema online precisa de aprimoramentos para melhorar o tempo de resposta, pois atualmente a leitura dos dados passa por várias interfaces de software gerando um tempo de resposta muito lento. Já para aplicação de uma leitura pontual o sistema se mostra eficiente, visto que gera dados de curva característica de uma determinada MCH. Tais dados podem ser utilizados para elaboração de uma curva de tendência, onde quanto mais dados forem inseridos ao longo do tempo, melhor será a previsibilidade do equipamento. E a partir disso, ao analisar todo o histórico de intervenções, alguns processos poderão ser otimizados. Por exemplo: com base na coleta dos dados de performance, pode-se concluir que a lubrificação do equipamento poderá ser ampliada de 15 dias para 20 dias, ou que, para garantir a performance, o intervalo de lubrificação deverá ser reduzido para 10 dias. Isso impacta diretamente nos custos e nas estratégias de manutenção adotadas. Os testes realizados demonstram que o sistema de monitoramento funciona, pois diante de uma possível falha, o colaborador que está coletando os dados poderá emitir um e-mail para a equipe de manutenção, para que esta possa identificar e corrigir uma anomalia. Após a atuação dos técnicos, vemos na figura 9 que a curva da MCH se aproxima muito da curva padrão.

A geração automática dos alertas para a equipe de manutenção é possível com um investimento mais vultuoso no aprimoramento das interfaces de software.

Nem todas as possibilidades de falhas possíveis foram estudadas no plano de investigação devido aos custos envolvidos e indisponibilidade de material para os ensaios, pois a MCH modelo MD2000 já não é mais fabricada e suas peças sobressalentes possuem um alto custo para a aquisição.

Figura 9 – Comparativo da corrente após atuação da manutenção.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5 CONCLUSÃO

A metodologia aplicada nesse estudo mostra como aumentar a confiabilidade de um sistema complexo onde existe um ponto de fragilidade, e neste estudo, esse ponto de fragilidade é a MCH, pois quase todos os sistemas elétricos possuem redundância, porém nos AMVs o atuador MCH não tem redundância.

O sistema de monitoramento mostra-se uma ferramenta para mitigar o risco de falha durante a operação comercial, pois a atuação da manutenção antes da quebra de um componente evitará a quebra dos demais componentes. Além do mais, o sistema de monitoramento evitará que a operadora tenha outros custos adicionais decorrentes da paralisação ou degradação do sistema metro-ferroviário.

Portanto, este estudo mostra os benefícios da implementação desse sistema de monitoramento, tanto em sistemas metro-ferroviários já existentes quanto em projetos futuros.

REFERÊNCIAS

ALEGRO MICROSYSTEMS (2019-2022). **Datasheet ACS758**. Disponível em: <https://www.allegromicro.com/en/search?q=acs758>. Acesso em: 22 jan. 2022.

ASADA, Tomotsugu. **Novel condition monitoring techniques Applied to improve the dependability of railway point machines**. 2013. Tese (Doutorado) - Doctor of Philosophy to School of Engineering, University of Birmingham, Birmingham, 2013. Disponível em: <https://etheses.bham.ac.uk/id/eprint/4155/1/Asada13PhD.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17094-1: Máquinas elétricas girantes Parte 1: Motores de indução trifásicos - Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. 69 p. Disponível em: <https://www.abntcolecao.com.br/normavw.aspx?Q=QmxsMVJIQjA5YkI5dDB3SWVXT2JpbG8zMUZwRmsra0pNNysxcm5TYUFwVT0=>. Acesso em: 13 mar. 2022.

CANAL, Ivan Paulo; VALDIERO, Antônio Carlos; REIMBOLD, Manuel Martín Pérez. **Modelagem matemática de motor de corrente contínua e análise dinâmica**. Monografia (Pós-graduação em Modelagem Matemática) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, 2016. Disponível em: <https://proceedings.sbmac.org.br/sbmac/article/download/1358/1372>. Acesso em: 22 jan. 2022.

DIMETRONIC. **Manual de serviço da máquina de chave MD2000**. São Paulo: [2012?].

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Motor de corrente contínua**. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1230461/mod_resource/content/1/MCC_Resumo.pdf. Acesso em: 22 jan. 2022.

LOBO DA ROBÓTICA. **Arduino nano pinout**. Disponível em: <https://lobodarobotica.com/blog/arduino-nano-pinout/>. Acesso em 06 mar. 2022.

MERCADO LIVRE (2022) **Acs758 sensor corrente hall Acs758lcb-050b 50a Bidirecional**. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-855168220-ac758-sensor-corrente-hall-ac758lcb-050b-50a-bidirecional-_JM. Acesso em 06 mar. 2022.

REDE NOTICIANDO (São Paulo). **Curiosidades do transporte**: conheça e entenda sobre o amv. Conheça e entenda sobre o AMV. 2018. Disponível em: <https://noticiando.net/curiosidades-do-transporte-conheca-e-entenda-sobre-o-amv/>. Acesso em: 06 mar. 2022.

ROBOCORE (2022). **Placa nano v3**. Disponível em: https://www.robocore.net/placa-arduino/placa-nano-v3-com-cabo-usb-para-arduino?gclid=EAIaIQobChMI98KLxoKy9gIVFwaRCh0rmgAQEAQYASABEgJQ1vD_BwE. Acesso em 06 mar. 2022.

USINAINFO (2022). **Módulo sensor de corrente AC/DC ACS758 50A efeito hall**. Disponível em: https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-corrente-arduino/modulo-sensor-de-corrente-ac-dc-ac758-50a-efeito-hall-5467.html?gclid=EAIaIQobChMIisiw-P6x9gIVkQ2RCh3v7AixEAQYAYABEgJX8_D_BwE. Acesso em 06 mar. 2022.

AGRADECIMENTOS

Para minha esposa, pela paciência, colaboração e apoio durante toda a minha trajetória na busca por essa especialização, agora conquistada.

Para o SENAI, instituição que foi fundamental para minha capacitação profissional no meu início de carreira, e que novamente, veio contribuir para o meu desenvolvimento profissional nessa nova etapa.

Para meu professor e orientador neste trabalho, Leandro Cardoso da Silva, que me proporcionou uma troca de conhecimentos e a obtenção de aprendizados, e que ao perceber meu grande interesse nesta área de especialização, me incentivou durante essa jornada. Obrigado pela confiança e apoio.

Sobre os autores:

ⁱ HUMBERTO APARECIDO BRUFATTO PEREIRA



Possui graduação em Tecnólogo em Automação Industrial pela Fatec Adib Moisés Dib (2015), cursando atualmente a Pós-graduação em Gestão da Manutenção 4.0 pela Faculdade SENAI de Tecnologia Roberto Simonsen (2023). Tem mais de 20 anos de experiência na área de manutenção industrial. É supervisor de manutenção no Grupo CCR, sendo responsável pela manutenção das linhas 8 e 9 do sistema metroferroviário metropolitano de São Paulo.

ii LEANDRO CARDOSO DA SILVA



Graduação em Engenharia de Produção Mecânica pelo Centro Universitário Nove de Julho, Mestrado em Engenharia dos Materiais pela Universidade Presbiteriana Mackenzie e Doutorando em Engenharia Mecânica na Universidade de São Paulo. Atuação nos seguintes temas: Tem experiência industrial e acadêmica nas áreas de engenharia industrial, mecânica automobilística, materiais poliméricos, análise estrutural por elementos finitos, manutenção industrial, cadeia de suprimentos, logística, administração geral e produção, planejamento e controle da produção e gestão organizacional. Na indústria trabalhou por 14 anos em empresas multinacionais no setor automotivo na área de desenvolvimento de produto, voltados para os componentes de suspensão do motor, comandos de passagem de marcha, conjunto pedaleira, sistema de exaustão e admissão de ar para caminhões, ônibus e automóveis.

iii NELIS EVANGELISTA LUIZ



6 anos de Experiência Profissional como Proprietário da Empresa de Projetos NEL. Atualmente, mantêm-se nesta empresa. 4 anos e 10 meses de Experiência Profissional na SIN – Sistema de Implante Nacional, na área de desenvolvimento. 3 anos de Experiência Profissional no Grupo Gerdau, atuando na área tecnológica de desenvolvimento de aços. 03 ano e 10 meses de Experiência Profissional na área de magistério de nível Superior no SENAI-SP. 02 anos de Experiência Profissional na área de magistério de nível Superior na Uninove.

iv ERICK TOSHIO YAMAMOTO



Doutorando em Automação Industrial. Mestre em Automação e Controle de Processos pelo IFSP; Engenheiro de Controle e Automação pelo IFSP; Professor IFSP e Senai; Pesquisador Acadêmico do IFSP com ênfase em Automação e Controle utilizando Métodos não convencionais de controle; Membro IEEE e CREA. Consultor Técnico e de Vendas Treinamentos/ Produtos da FESTO Brasil Ltda.; Engenheiro de Aplicação na National Instruments Brazil Ltda.; Consultor em Automação para residências e indústrias. Linhas de Pesquisas: Automação e Controle; Inteligência Artificial; Domótica; Aprendizado de Máquinas. Eficiência Energética

v RICARDO HOVACKER BALDACONI



Atua a mais de 12 anos como docente na área de eletrônica e programação de microcontroladores; Mestre no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN / USP) na área de Tecnologia Nuclear; Pós-graduado em Automação e Controle pelo SENAI-SP; Licenciado em Tecnologia em Mecatrônica com habilitação para formação técnica profissional pela FATEC-SP/ Centro Paula Souza; Graduado em Tecnologia em Mecatrônica pela Universidade Nove de Julho; Atualmente é professor universitário na faculdade Senai “Roberto Simonsen”. Atuou em empresas de Pesquisa e Desenvolvimento, na área de projetos embarcados, sistemas críticos, controle de acesso, segurança e automação.

vi CARLOS CÉSAR PESTANA



Mestrando em Engenharia de Materiais (USP). MBA em Gestão de Negócios (UNINOVE). Especialista em Gestão de Projetos (USP). Engenharia Mecânica (UNIP). Engenheiro Militar (CPOR). Técnico em Mecânica de Precisão (SENAI Suíço-Brasileira). Experiência Profissional: Gestão de projetos de expansão fabril; Implantação de Lean Manufacturing (Just-in-Time, Kanban, aumento de produtividade industrial); Gestão de Manutenção para plataforma marítima; Projeto manutenção para equipamentos on-shore e off-shore; Coordenação das atividades da Engenharia e acompanhamento o planejamento, projeto, fabricação, controle de prazos e custos, implantação até a produção; Coordenação das atividades de projetos, fabricação e montagem. Desenvolvimento projetos de máquinas, equipamentos, dispositivos e produtos; possui 10 anos de experiência como Professor de Ensino Superior em cursos de Graduação e Pós-Graduação.

vii EDSON PEREIRA DA SILVA



Possui Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Paulista, Engenharia de Produção pela UNIVESP, Tecnologia em Automação Industrial pela Universidade Paulista e Licenciatura em Matemática pela Universidade de Franca, Pós-Graduação em Gerenciamento da Manutenção pelo Centro Universitário da FEI, Pós-Graduação em Indústria 4.0 engenharia de implementação das tecnologias habilitadoras pela Faculdade SENAI de Tecnologia. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Manutenção Industrial onde possui experiência desde 1991 em grandes e médias empresas no setor Metalúrgico Automotivo, Madeireiro e de Alimentos como Técnico e Gestor de Manutenção, Docência no Ensino Superior na Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Simonsen no curso Superior em Manutenção Industrial, na Faculdade de Engenharia e Arquitetura do Centro Universitário Nossa Senhora do Patrocínio nos cursos de Engenharia de Produção e Automação e Controle na Fundação Indaiatubana de Educação e Cultura FIEC como Professor nos cursos Técnicos em Mecânica e Mecatrônica, no SENAI de Sorocaba como Professor de Ensino Técnico no Curso Técnico em Manutenção de Máquinas Industrial e no Curso Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica. Atualmente Coordenador de Atividades Técnicas no Ensino Superior na Faculdade SENAI SP Campus Roberto Simonsen – Brás e Professor de Pós-Graduação no curso de Engenharia de Manutenção e Confiabilidade da FACENS em Sorocaba.

viii NORBERTO GONÇALVES NETO



Formação acadêmica: Graduação em Tecnologia Mecânica pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo, Especialização em Administração Industrial pela Universidade de São Paulo, Especialização em Programa Especial de Formação Pedagógica pelo Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Mestrado profissional em Processos Industriais Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Profissional com experiência adquirida em todas as etapas da cadeia industrial, desde empresas de pequeno a grande porte, como também nas de: economia mista, nacional e multinacional, nos segmentos: automobilístico, autopeças, metalmecânica, plástico, consultivo e educacional.