

ENGENHARIA DE SEGURANÇA E DE MANUTENÇÃO NOS PROJETOS DE DISPOSITIVOS VISANDO AUMENTAR VIDA ÚTIL DAS HASTES DE CILINDROS ODS (09)

Felipe David de Castro (Universidade de Taubaté)

Diego José Rodrigues Marques (UNITAU)

Márcia Regina de Oliveira (UNITAU)

Kátia Celina Silva Richetto (UNITAU)

Valter João de Sousa (Universidade Taubaté)

Marco Rogério Silva Richetto (SENAI/UNESP)

Roque Antônio Moura (UNITAU/FATEC SJC)

Messias Borges Silva (UNESP / USP-EEL)

Resumo

A Engenharia de Segurança e a de Manutenção têm um papel fundamental na vida útil das máquinas. Ambas as áreas trabalham para garantir que as máquinas sejam operadas de forma segura e eficiente, o que, indiretamente contribui para prolongar sua vida útil. Identificar perigos, a avaliação de riscos e o desenvolvimento de medidas de controle mitigam os riscos associados às máquinas. A literatura é pacífica quanto aos benefícios da manutenção preventiva que além evitar falhas, torna as máquinas mais seguras e sem paradas inesperadas, além de reduzir o desgaste, e dar uma percepção de maior segurança aos operadores. Um ambiente agressivo pode acelerar ou aumentar os riscos de avarias e acidente, como o caso de escavadeiras hidráulicas no processo de mineração. Nesse sentido, o objetivo deste projeto é criar um anteparo de proteção para a região mais vulnerável de uma escavadeira, as hastes dos cilindros. O dispositivo proposto tem como principal objetivo prevenir avarias nas hastes de cilindros de escavadeiras hidráulicas, decorrentes do ambiente agressivo da mineração, aumentando significativamente a eficiência operacional e sua produtividade na obtenção de insumos para construção civil. A metodologia adotada contou com literatura técnica, manuais e entrevistas com fabricantes e fornecedores das máquinas, culminando na elaboração de um dispositivo tipo caneleira para proteger as hastes. Como resultado, há benefícios para a segurança e produtividade que alcançam redução na força laboral, menor consumo de óleo lubrificante por reduzir riscos de vazamentos e consequentemente menor potencial de risco da contaminação do solo pelo óleo hidráulico. Conclui-se que o anteparo tipo caneleira nas hastes dos cilindros, atua como uma barreira protetora, impedindo que sólidos, pedras e outros materiais abrasivos entrem em contato com as hastes. Finalmente, ao se investir na segurança e na manutenção preventiva, as empresas podem prolongar a vida útil de suas máquinas e reduzir os custos operacionais.

Palavras-chave: Caneleira protetiva. Escavadeira. Haste dos cilindros. Projeto mecânico.

Introdução

A engenharia de segurança e manutenção nos projetos de dispositivos visando aumentar vida útil das hastes de cilindros são fatores de vanguarda no gerenciamento e manutenção de equipamentos móveis, como as escavadeiras hidráulicas, utilizadas por construtoras, mineradoras e no agronegócio.

Treinamento e desenvolvimento de sistemas de proteção nos equipamentos, datam da primeira guerra mundial quando começou-se a pensar em sistemas para que os equipamentos pudessem ficar por mais tempo em operação e executarem sua atividade de forma segura e contínua, sem necessidade frequente de reparos e paradas por avaria na máquina (Veloso, 2009).

Ainda conforme Veloso (2009), o significado de manutenção foi desenvolvido em um momento muito difícil da humanidade como mecanismo de prevenção de falhas. Atualmente, a manutenção é um setor estratégica em diversas áreas, como na indústria, transporte, energia, construtoras e mineradoras. Baseada nas atividades técnicas e análises de frequências, a manutenção da escavadeira hidráulica cuida da limpeza, verificação dos elementos de máquinas, troca de reparo e vedadores minimizando impactos ambientais como risco de contaminação de óleo no solo a e falhas operacionais que podem colocar os operadores em risco.

Revisão da Literatura

Atualmente a busca pela redução de custos e desperdícios tem se tornado um dos alvos principais de uma empresa, entendendo-se que desperdícios são todos os insumos consumidos ou não de forma eficiente (Sordi, 2016).

Segundo Rudenko (1976) todo o processo de produção na indústria, depende principalmente de uma seleção eficiente na operação, como por exemplo, escavadeiras hidráulicas pesadas utilizadas para escavar e retirar materiais em diversas atividades econômicas.

Equipadas com um braço articulado, uma caçamba e um sistema hidráulico, as escavadeiras hidráulicas são utilizadas em uma ampla gama de aplicações, incluindo a construção civil, mineração, agricultura e aterros sanitários.

As escavadeiras hidráulicas são máquinas versáteis e eficientes acopladas as novas tecnologias, como sistemas de controle remoto e sensores inteligentes, que as torna mais seguras e fáceis de operar. Na indústria de mineração por exemplo, os diâmetros dos sólidos (pedras) pode chegar até 1000 mm, demonstrando ser este, um ambiente agressivo e de serviço severo conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1. Escavadeiras hidráulicas para mineração modelo 6020B



Fonte: Cat (2022).

A Norma Regulamentadora (NR) 12 estabelece os requisitos mínimos para a segurança de máquinas e equipamentos, visando inclusive prevenir acidentes de trabalho, protegendo a saúde e a integridade física dos trabalhadores. E que indiretamente, impacta para o aumento da vida útil de máquinas e equipamentos, estabelecendo requisitos mínimos para operação e manutenção, evitando assim desgastes prematuros. De forma direta, a NR 12 contribui para manter a produtividade minimizando paradas não programadas das máquinas e redução de custos, ao se antecipar e prevenir acidentes de trabalho considerados custos operacionais. Na atividade de mineração um dos índices mais alto de manutenção é a região da haste que se arranha pelo contato com os sólidos removidos, conforme ilustra a Figura 2 (Brasil, 2023; Cat, 2022).

Figura 2. Áreas vulneráveis das escavadeiras de mineração



Fonte: Cat (2022).

O objetivo deste projeto prevê o desenvolvimento de um dispositivo protetor para eliminar riscos de avaria e aumentar a percepção de trabalho seguro, o que impacta de forma indireta ou secundariamente no aumento de vida útil da máquina (Shigley, 2011; Niemann, 2002; Norton, 2013).

Segundo o fabricante, Caterpillar (2023), as hastes dos cilindros são componentes essenciais para o funcionamento de diversos equipamentos, como máquinas industriais, veículos e guindastes ao transmitir força e movimento.

O bom funcionamento dos cilindros e evitar avarias nas hastes usando de inspeções periódicas para identificar possíveis danos, troca de vedações e outros componentes desgastados, lubrificação adequada, inspeção regulares por não exceder as limitações e a pressão de trabalho hidráulico (Figura 3), sendo necessário que a atividade de manutenção seja realizada por um técnico ou operadores qualificados, no melhor entender das novas competências e habilidades profissionais voltadas para a Indústria 4.0 (Moura *et al.*, 2022).

Figura 3. Manômetro de um sistema hidráulico



Fonte: Bovenau (2023).

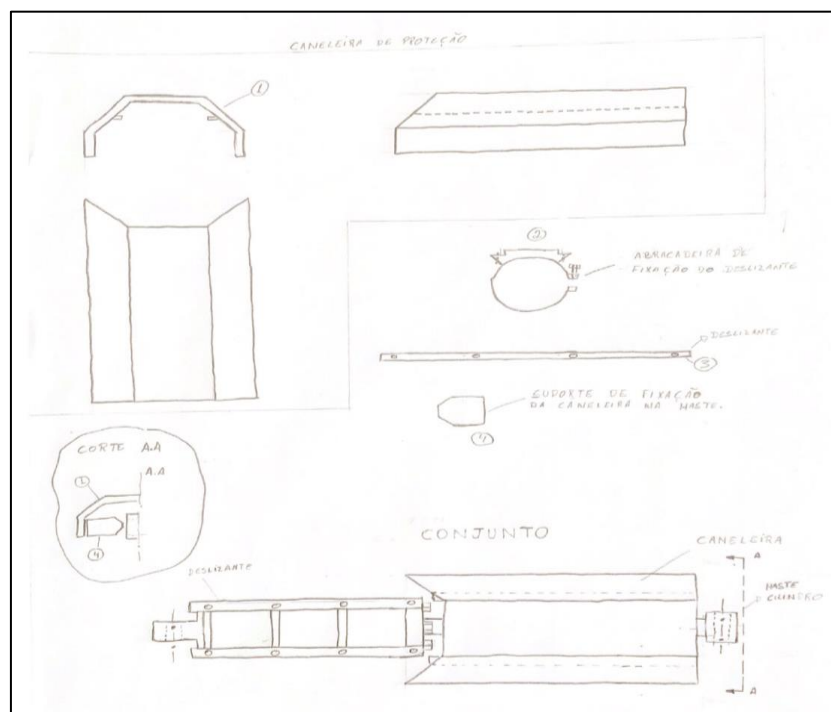
Segundo Fialho (2019), um sistema hidráulico é um sistema que usa fluido para transmitir energia. O fluido é bombeado sob pressão para um atuador, que é um dispositivo que converte a energia do fluido em movimento ou força, monitorado em um manômetro. Os sistemas hidráulicos são usados em uma ampla gama de aplicações, incluindo máquinas, veículos e indústrias. Os sistemas hidráulicos também têm algumas desvantagens como o custo, complexidade e risco de vazamento.

Metodologia

A metodologia adotada contou com pesquisa na literatura técnica, manuais e entrevistas com fabricantes e fornecedores das máquinas, culminando na elaboração de um dispositivo tipo caneleira para proteger as hastes.

Partindo dos fatos, o projeto de um dispositivo que proteja e revista as hastes dos cilindros hidráulicos é uma espécie de caneleira que será instalada na ponta da hastes, construído a partir de uma chapa cortada em cinco pedaços e soldadas em formato de colchete para aumentar a resistência aos impactos, e que deslizará ao longo da camisa do cilindro hidráulico, conforme croqui ilustrado na Figura 4.

Figura 4. Croqui do dispositivo tipo caneleira.



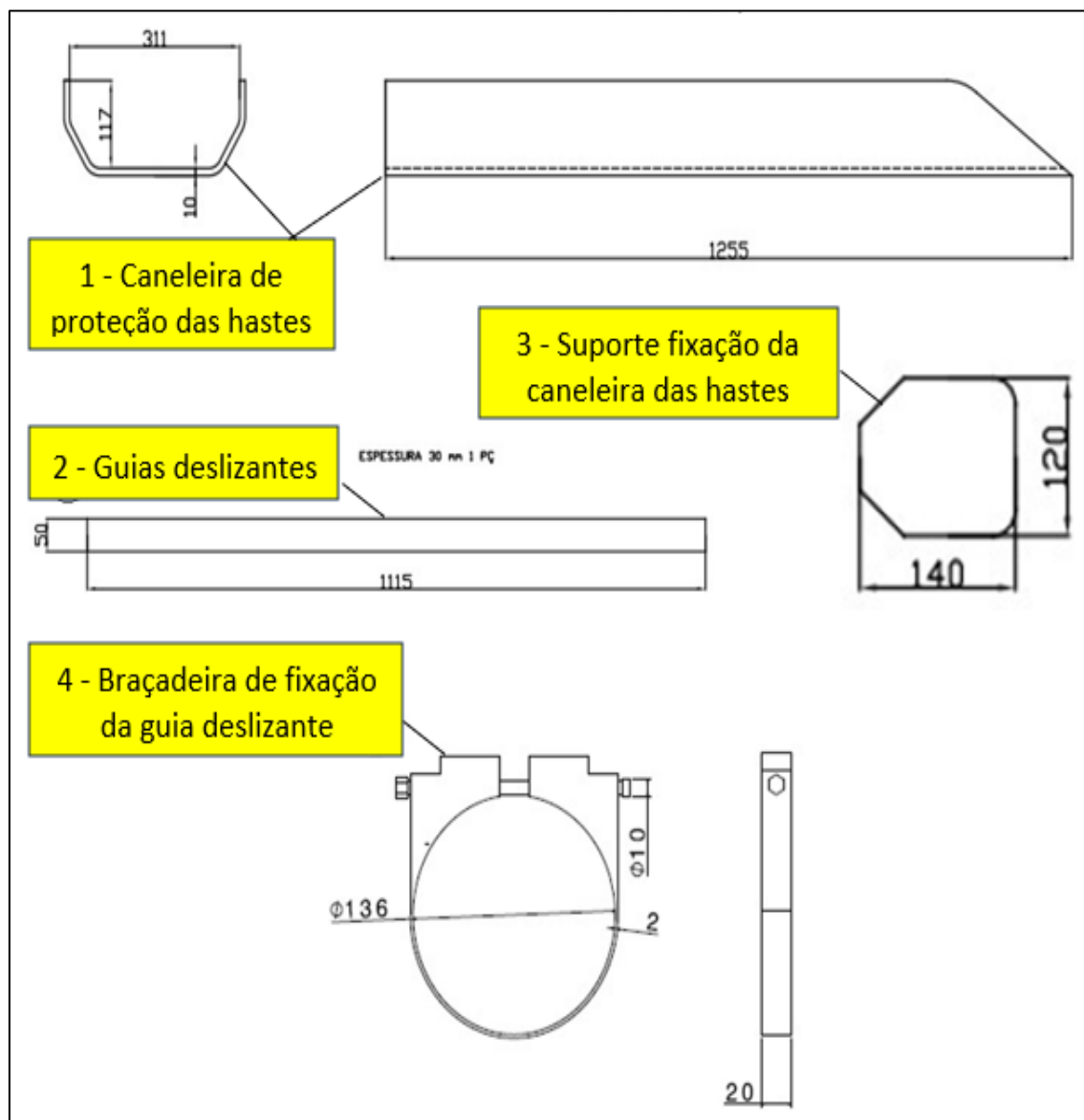
Fonte: Próprios Autores (2023).

Com dados históricos de manutenção e paradas da empresa que se mantêm anônima, o problema de segurança e de manutenção repousam sobre as explosões para retirada do minério de pedra como ocorre na britagem do granito, que acabam por atingir as hastes dos cilindros. Para evitar as manutenções corretivas, a engenharia de segurança e manutenção, recorre aos indicadores chave de desempenho como o tempo médio entre falhas e o tempo médio de reparos, identificando os pontos mais frequentes que dão causa as paradas inesperadas com base nas informações da equipe técnica.

Tempo médio de reparo é o tempo médio necessário para reparar um sistema após uma falha, calculado dividindo o tempo total gasto em reparos pelo número de falhas ocorridas. Tempo médio entre falhas é o tempo médio que um sistema pode operar antes de falhar. O MTBF é calculado dividindo o tempo total de operação pelo número de falhas ocorridas.

O desenho de um dispositivo de segurança e proteção das hastes e indiretamente que aumenta a vida útil dos pistões, tipo caneleira, será soldada na extremidade da haste próximo ao olhal da haste. Internamente a caneleira terá caneletas por onde as barras de nylon se deslizarão, conforme ilustra a Figura 5.

Figura 5. Desenho em 2D do dispositivo (caneleira) usando *software Inventor*.



Fonte: Próprios Autores (2023).

Para a fabricação do dispositivo de proteção foram utilizados dois materiais, um não ferroso (*nylon*) e outro material ferroso (aço).

O nylon será usado no trilho por onde vai deslizar a caneleira de proteção, o processo de fabricação será consistido por corte através de serra circular de bancada, após o corte da chapa de nylon a próxima etapa do processo será de furação, que será realizado por uma furadeira de bancada.

O *nylon* é um polímero sintético feito de petróleo, forte e durável que pode ser usado em uma variedade de aplicações na indústria como batentes, guias, engrenagens conforme ilustra a Figura 6.

Figura 6. Itens fabricados em *nylon* para a indústria.



Fonte: Incoplast (2023)

O aço SAE 1020 é um tipo de aço com baixo teor de carbono, geralmente entre 0,15% e 0,25%, ou seja, aço macio e maleável, com alta resistência e durável (Compraço, 2023).

O corte de chapas metálicas será através do processo oxicorte manual as chapas serão traçadas para que o processo de corte seja realizado, o oxicorte manual é um método muito empregado no corte preciso de materiais metálicos, sendo muito comum no setor industrial. A chapa será cortada em 5 faixas de acordo com as especificações do projeto (Esab, 2023).

Os especialistas da Esab (2023), alertam que a preparação da superfície é uma etapa importante para garantir uma soldagem bem-sucedida. A superfície dos

materiais a serem unidos deve estar limpa e livre de contaminantes. Durante o processo de soldagem ocorrerá:

- *Aquecimento, quando o metal de adição e os materiais a serem unidos são aquecidos até o ponto de fusão;*
- *Fusão, quando o metal de adição é derretido e fundido com os materiais a serem unidos;*
- *Resfriamento, quando a solda é resfriada até que esteja sólida.*

A montagem com solda é um processo versátil e eficaz que pode ser usado para unir uma ampla gama de materiais comumente empregado na construção civil, fabricação e manutenção de máquinas e equipamentos.

Resultados e Discussão

O dispositivo visa evitar que as pedras tenham impacto direto nas hastes, diminuindo assim as ocorrências de manutenção corretiva e tornando o equipamento mais produtivo.

Houve também uma redução no consumo de óleo hidráulico, custos de reparo e de mão de obra, conforme demonstra a Tabela 1.

Tabela 1.Comparação antes e após a adoção do projeto

Itens	Antes	Após	Ganhos (%)
Consumo óleo hidráulico (litros)	435	386	8,9%
Custo com reparos (US\$)	1000K	994K	6%
Produtividade da escavadeira (horas)	1682	1905	12%
Mão de obra (horas)	53	46	15%
Percepção de atividade segura	Não	Sim	-
Proteção nas hastes dos cilindros	Não	Sim	-

Fonte: Próprios Autores (2023).

Considerações Finais

Este projeto atingiu seu objetivo ao aumentar a percepção de segurança pelos operadores e diminuir as ocorrências de manutenção corretiva, redução do consumo de óleo hidráulico e um menor potencial de vazamentos de óleo com contaminação do solo. Com a redução das intervenções de manutenção, houve ganho produtivo pois

o tempo médio entre falhas aumentou. A utilização do projeto proposto aumenta a vida útil e evita avarias nas hastes dos cilindros por contato de sólidos ou rochas com as hastes.

Conclui-se que, com base no exposto, há vantagens na utilização do dispositivo, por proporcionar uma maior segurança ambiental, maior produtividade e um menor necessidade de intervenções corretivas de manutenção, o que tornará o uptime da escavadeira hidráulica maior e consequente custos operacionais relacionados à segurança e a manutenção menores.

Finalmente, ao se investir na segurança e na manutenção preventiva, as empresas podem prolongar a vida útil de suas máquinas e reduzir os custos operacionais.

Referências

BRASIL. 2023. Norma Regulamentadora número 12. NR-12. Disponível em: [NR-12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS \(www.gov.br\)](http://www.gov.br/nr-12-seguranca-no-trabalho-em-maquinas-e-equipamentos) Acesso em 25.ago.2023.

BOVENAU. Equipamentos, máquinas e dispositivos hidráulicos. 2023. Disponível em www.bovenau.com.br. Acesso em 26/05/2023.

FIALHO, A. B. Automação hidráulica; projetos, dimensionamento e análise de circuitos. 7.ed. São Paulo: Érica, 2019.

CAT. 2022. Escavadeiras hidráulicas para mineração e similares. Disponível em: https://www.cat.com/pt_BR/products/new/equipment/hydraulic-mining-shovels/hydraulic-mining-shovels/18436200.html Acesso 20/set/2023

CATERPILLAR. Ferramentas de penetração no sol. Revista eletrônica. Disponível: https://parts.cat.com/pt/catcorp/get?utm_campaign=7011g000000ogzngaw_cisd_south_america2023_as_get0423_google_responsive_paid_search_intent_pt_7011g000000ogzrqaw&utm_source=google&utm_medium=search&utm_content=7011g000000ogzngaw_cisd_south_america2023_as_get0423_google_responsive_paid_search_intent_pt_7011g000000ogzrqaw_cpc_keyword&utm_term=intent&gclid=CjwKCAjwmbqoBhAgEiwACIjzEKF5yjGf4z3k-OQOUkknf4CCRuUACMJzhjrXdaqRGHycn3YmfBKz_RoC_hwQAvD_BwE Acesso 20/set/2023

COMPRAÇO. Catálogo digital. Disponível em: <https://compraco.com.br/blogs/aco-na-industria-brasileira/chapa-de-aco-sae-1020> Acesso 20/maio/2023

ESAB. Processo e instrumentação para soldagem. Revista eletrônica. Disponível em: https://www.esab.com.br/br/pt/education/blog/processo_soldagem_mig_mag_gmaw_cfm Acesso em: 20/05/2023

INCORPLAST. Site comercial. Disponível em: <https://incomplast.com.br/nylonpa/> Acesso em: 20/05/2023.

MOURA, R.; RICETTO, M.; LUCHE, D.; TOZI, L. AND SILVA, M. (2022). New Professional Competencies and Skills Learning towards Industry 4.0. In *Proceedings of the 14th International Conference on Computer Supported Education - Volume 2:*

CSEDU, ISBN 978-989-758-562-3, pp. 622-630. ISSN 2184-5026. DOI: <http://dx.doi.org/10.5220/0011047300003182>

NIEMANN, G. Elementos Máquinas. Volume I e 2. Editora Edgar Blusher, 2002.

NORTON, Robert L. Projeto de máquinas; uma abordagem integrada. 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

RUDEKNO, N. Máquinas de elevação e transporte. Livros Técnicos e Científicos editora, SA, 1976.

SHIGLEY, M. Projeto de Engenharia Mecânica. 7º Edição. Reimpressão 2011.

SORDI, G. Dimensionamento da viga principal de uma ponte rolante. Centro Universitário UNIVATES, 2016.

VELOSO, N. Gerenciamento e Manutenção de Equipamentos Móveis. 1ª edição. São Paulo. Editora Sobretema. 2009. ISBN-10: 8561111011. ISBN-13: 978-8561111014.