

Benefícios da implementação de um sistema de treinamento de ensino a distância para mecânicos de manutenção

Benefits of implementing a distance learning training system for maintenance mechanics

Beneficios de implementar un sistema de capacitación a distancia para mecánicos de mantenimiento

Recebido: 23/06/2023 | Revisado: 04/07/2023 | Aceitado: 07/07/2023 | Publicado: 12/07/2023

Lucas do Couto Silva

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4393-0701>

Instituto Educacional de Minas Gerais, Brasil

E-mail: l.couto02@gmail.com

Eric Valero Carvalho da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0385-7619>

Instituto Educacional de Minas Gerais, Brasil

E-mail: evcdasilva@gmail.com

Resumo

Com a crescente demanda por serviços mecânicos em todo o mundo, a importância da capacitação e do treinamento adequados para mecânicos tornou-se cada vez mais evidente. No entanto, muitas empresas do ramo ainda enfrentam dificuldades em contratar profissionais qualificados e nem sempre são capazes de fornecer um treinamento de qualidade devido à falta de tempo e recursos. Através de um estudo de caso, este trabalho visa evidenciar os benefícios da utilização de uma plataforma EAD, alimentada com vídeos e imagens e documentos de manutenções realizadas em equipamentos mecânicos com a finalidade de melhorar a qualidade do aprendizado da mão de obra recém-contratada da empresa, potencializando a médio e longo prazo os resultados de produção. O estudo apresenta a implementação de uma plataforma para qualificar o colaborador egresso. Com isso, nota-se que este método é uma maneira eficiente de potencializar o treinamento dos mecânicos, já que eles teriam acesso a distância, a um banco de dados com informações importantes do trabalho que seria realizado por ele posteriormente, permitindo ao profissional conhecer os obstáculos na manutenção, diminuindo a taxa de erros no processo, visando o ganho de tempo e aumento da produção.

Palavras-chave: Manutenção mecânica; Treinamentos; Ensino a distância.

Abstract

With the growing demand for mechanical services across the world, the importance of proper education and training for mechanics has become increasingly evident. However, many companies in the field still face difficulties in hiring qualified professionals and are not always able to provide quality training due to lack of time and resources. Through a case study this work aims to highlight the benefits of using an EAD platform, fed with videos and images and documents of maintenance performed on mechanical equipment in order to improve the quality of learning of the company's newly hired workforce, enhancing the medium and long term production results. The study presents the implementation of a platform to qualify the former employee. With this, it is noted that this method is an efficient way to enhance the training of mechanics, since they would have access at a distance, to a database with important information about the work that would be carried out by them later, allowing the professional to know the obstacles in maintenance, reducing the rate of errors in the process, aiming at saving time and increasing production..

Keywords: Mechanical maintenance; Trainings; Distance learning.

Resumen

Con la creciente demanda de servicios mecánicos en todo el mundo, la importancia de una educación y capacitación adecuadas para los mecánicos se ha vuelto cada vez más evidente. Sin embargo, muchas empresas del rubro aún enfrentan dificultades para contratar profesionales calificados y no siempre son capaces de brindar capacitación de calidad por falta de tiempo y recursos. A través de un estudio de caso este trabajo tiene como objetivo resaltar los beneficios de utilizar una plataforma EAD, alimentada con videos e imágenes y documentos de mantenimiento realizados a equipos mecánicos con el fin de mejorar la calidad de aprendizaje de la fuerza de trabajo de nueva incorporación a la empresa, potenciando los resultados productivos a mediano y largo plazo. El estudio presenta la implementación de una plataforma para calificar al ex empleado. Con ello, se advierte que este método es una forma eficiente de potenciar la formación de los mecánicos, ya que tendrían acceso a distancia, a una base de datos con

información importante sobre los trabajos que realizarían posteriormente, permitiendo al profesional conocer los obstáculos en el mantenimiento, reduciendo la tasa de errores en el proceso, con el objetivo de ahorrar tiempo y aumentar la producción.

Palabras clave: Mantenimiento mecánico; Entrenamientos; Educación a distancia.

1. Introdução

Uma plataforma EAD (Educação à Distância) é um ambiente virtual de aprendizagem que proporciona aos alunos e professores a oportunidade de interagir de forma síncrona (referem-se a interações em tempo real, onde os participantes estão envolvidos simultaneamente, interagindo e se comunicando instantaneamente) ou assíncrona (são interações em que os participantes não estão envolvidos no mesmo momento), independentemente do local onde se encontram. Através da plataforma, é possível disponibilizar conteúdos educacionais, realizar atividades de ensino e aprendizagem, fornece suporte técnico e pedagógico, bem como avaliar o desempenho dos alunos. (Preece et al., 2004).

No ano de 2021, o ensino híbrido começou a ganhar as práticas pedagógicas dos professores em ambientes escolares, enquanto outras áreas de pesquisa começaram a realizar estudos sobre essa abordagem. Assim, com o avanço da pandemia, torna-se impossível a resignificação não só da modalidade de ensino, mas de toda a complexidade englobada pelo sistema educacional do país. (Freitas & Lacerda, 2021).

A plataforma EAD pode ser acessada através de dispositivos eletrônicos, como computadores, smartphones e tablets, e oferece recursos como videoaulas, fóruns de discussão, chat online, videoconferências, exercícios interativos, entre outros. Através desses recursos, é possível promover a interação entre os alunos e o professor, além de estimular o engajamento dos estudantes nas atividades de aprendizagem.

Outro benefício dessa ferramenta é que ela também pode ser customizada de acordo com as necessidades da instituição que a contratou, permitindo a criação de cursos personalizados e a adaptação dos conteúdos para diferentes públicos. Além disso, a plataforma pode ser utilizada tanto para a educação formal, como no ensino superior, quanto para a educação corporativa, em treinamentos e capacitações profissionais.

As plataformas EAD já são muito utilizadas no meio empresarial administrativo, no entanto, na área da mecânica, em foco para o profissional que faz parte da execução de manutenção, a aplicação de treinamentos online ainda é pouco utilizada, limitada a programas de vídeo conferência como 'Microsoft teams' e 'Google meet' para estudo da parte teórica e posteriormente o treinamento prático presencial. A proposta deste artigo é fazer um estudo de caso e mostrar os benefícios da implementação de uma nova ferramenta para a preparação do mecânico de área, aplicando uma nova interação do profissional recém-contratado com o cotidiano da empresa, através de uma plataforma online alimentada com conteúdo educativo relacionado a função que será exercida.

As tarefas realizadas por um profissional que executa manutenção em um equipamento são repetitivas e mantêm um padrão, mesmo quando é necessário a aplicação de uma corretiva. Essas tarefas rotineiras desempenham um papel fundamental na preservação do bom funcionamento dos equipamentos. No entanto, por mais que as atividades de um mecânico possam ser repetitivas, há uma infinidade de equipamentos e conjuntos mecânicos, com particularidades únicas. Logo, um dos grandes desafios da indústria é encontrar um profissional que já tenha trabalhado com os equipamentos específicos utilizados em seu ramo de atuação, às vezes perdendo um bom profissional, por não poder fornecer treinamento ou esperar a adaptação do mecânico no cotidiano da empresa. Com a melhora na eficiência do treinamento online para mecânicos pode acelerar a preparação desse profissional para exercer a função na qual foi contratado.

Através de um estudo de caso este artigo visa evidenciar os benefícios da utilização de uma plataforma EAD, alimentada com vídeos e imagens e documentos de manutenções realizadas em equipamentos mecânicos com a finalidade de

melhorar a qualidade do aprendizado da mão de obra recém-contratada da empresa, potencializando a médio e longo prazo os resultados de produção. O sistema online de treinamento, além de servir de treinamento para mecânicos recém-contratados, pode dar suporte para todos os profissionais da empresa, com registros baseados em atividades anteriores, que podem ser amplos como ferramental e materiais utilizados, até alertas e soluções de percalços que podem ocorrer durante uma atividade de específica.

2. Metodologia

Neste estudo de caso, foram realizadas análises de duas situações distintas de manutenção mecânica. A primeira situação envolveu uma atividade prática de manutenção em um redutor octogonal de transmissão de velocidade, proposta a uma turma de alunas em fase final de treinamento para mecânicos em uma instituição de ensino. Os participantes foram divididos em quatro grupos, sendo dois grupos que tiveram acesso a um vídeo demonstrativo da manutenção do redutor, enquanto os outros dois grupos realizaram a manutenção sem assistirem ao vídeo. Todos os grupos tiveram acesso aos desenhos técnicos do equipamento antes da atividade.

Os grupos que assistiram ao vídeo puderam visualizar as informações presentes no desenho técnico de forma audiovisual, além de observar as peças internas e o método de montagem e desmontagem do redutor. Desde o início, foi perceptível que esses grupos apresentaram uma maior facilidade na escolha das ferramentas a serem utilizadas.

Os resultados indicaram que os grupos que assistiram ao vídeo demonstrativo apresentaram um tempo médio mais satisfatório, representando uma melhoria de 35% em comparação aos dois primeiros grupos que não tiveram acesso ao vídeo e levaram mais tempo para concluir a manutenção.

Esses resultados surpreendentes destacam a importância de fornecer instruções claras e concisas aos alunos antes de realizar tarefas práticas. Fica evidente que os grupos que assistiram ao vídeo instrucional foram capazes de realizar a manutenção com maior eficiência e rapidez, o que é fundamental em um ambiente de trabalho real. Além disso, a melhoria na eficiência da manutenção pode ter um impacto significativo nos custos operacionais e na satisfação do cliente.

No segundo caso, foi realizada uma análise de falha em uma empresa de grande porte do setor de mineração. A análise focou nos erros cometidos pelos profissionais durante a atividade de manutenção e apontou a necessidade de um treinamento mais efetivo, proporcionando conhecimento prévio sobre a manutenção adequada do equipamento. Trata-se de um estudo de caso descritivo, pois “visa observar, registrar, analisar, classificar e interpretar os dados sem interferência, sem manipulação do pesquisador” (Assis, 2018, p. 18).

Esses dois estudos de caso destacam a importância do conhecimento prévio adquirido por meio de registros e treinamentos para a melhoria da eficiência da aprendizagem prática. Ao fornecer informações precisas e visuais, os mecânicos são capazes de compreender melhor o processo e realizar a tarefa com maior confiança e competência. É importante ressaltar que a melhoria na eficiência da manutenção não se deve a uma diferença na capacidade de cada profissional, mas sim ao acesso à informação prévia sobre a maneira correta de realizar a manutenção em um equipamento específico.

3. Revisão Bibliográfica

A gestão da manutenção tem sido um desafio constante para as empresas ao longo dos anos, especialmente com a evolução das tecnologias e a necessidade de se manter competitivo em um mercado cada vez mais exigente. Diversos estudos têm destacado a importância da capacitação da mão de obra como fator crítico para o sucesso da gestão da manutenção, visto que uma equipe bem treinada é capaz de atuar com mais eficiência e eficácia na prevenção de falhas e na redução dos custos de manutenção. (Barbosa, 2017; Silva, 2020).

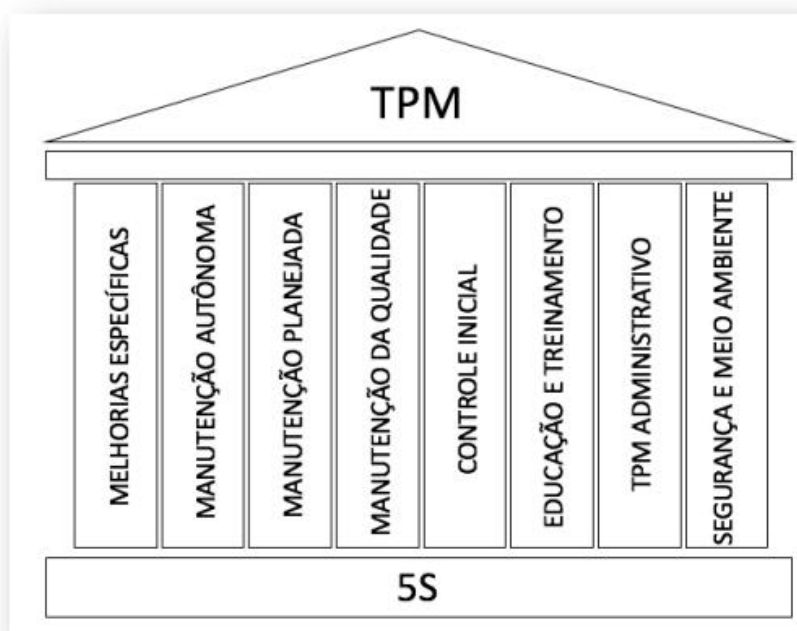
Ao longo dos anos, várias abordagens e metodologias de gestão da manutenção foram desenvolvidas, como a Manutenção Corretiva, Preventiva e Preditiva. Cada uma delas apresenta suas particularidades e vantagens, e a escolha da melhor abordagem depende das características específicas de cada empresa e dos seus equipamentos. No entanto, é consenso entre os especialistas que a capacitação da mão de obra é um aspecto fundamental em todas as abordagens de gestão da manutenção. (Kardec, 2009).

A evolução do conceito de manutenção se deu ao longo do tempo, deixando de ser considerada apenas uma parte inevitável da produção para ser vista como uma questão fundamental durante todo o processo produtivo. Essa evolução foi potencializada no período pós-guerra com o desenvolvimento de várias metodologias focadas em aumentar a produtividade e reduzir gastos, como a Manutenção Produtiva Total (TPM) (Barbosa, 2017; Silva, 2020).

3.1 Manutenção Produtiva Total

A Manutenção Produtiva Total (TPM) é uma metodologia de gestão da manutenção que foi desenvolvida no Japão na década de 1970 e se concentra em aumentar a eficiência dos equipamentos e processos produtivos. A TPM é composta por oito pilares inter-relacionados, que juntos formam um sistema integrado de gestão da manutenção. Na Figura 1 a seguir, uma breve descrição de cada um dos oito pilares da TPM:

Figura 1 - Os 8 pilares do TPM.



Fonte: Autores.

Pilar de Melhorias Específicas

Esse pilar tem como objetivo estabelecer um sistema de melhoria contínua dos processos produtivos. Ele visa melhorar a eficiência da produção, reduzir os custos, aumentar a qualidade dos produtos e serviços através de melhorias específicas, e garantir a satisfação dos clientes. (Nakajima, 1989).

Pilar de manutenção Autônoma

Esse pilar tem como objetivo envolver os operadores na manutenção dos equipamentos e processos produtivos. Ele visa capacitar os operadores para que eles possam realizar atividades de manutenção preventiva, como limpeza, lubrificação e inspeção de equipamentos, a fim de aumentar a eficiência e a disponibilidade dos equipamentos. (Nakajima, 1989).

Pilar de Manutenção Planejada

Tem como finalidade estabelecer um sistema de manutenção planejada, que permita o agendamento das atividades de manutenção de forma a minimizar a interferência na produção e com isso, aumentar a confiabilidade dos equipamentos e reduzir as paradas de produção não planejadas. (Nakajima, 1989).

Pilar de Controle Inicial

Esse pilar tem como objetivo reduzir a variabilidade do processo produtivo. Ele visa estabelecer controles estatísticos de processo e garantir que os equipamentos estejam sempre em conformidade com os padrões estabelecidos. (Nakajima, 1989)

Pilar de Melhoria da Qualidade

Esse pilar tem como objetivo estabelecer um sistema para prevenção de defeitos e melhoria contínua da qualidade dos processos produtivos. Ele visa envolver os operadores nas atividades de manutenção, para que eles se tornem capazes de detectar e solucionar problemas em seus próprios equipamentos e processos, melhorando a qualidade e a eficiência da produção. (Nakajima, 1989)

Pilar de Treinamento e Capacitação

Esse pilar tem como objetivo capacitar os funcionários para que eles possam desempenhar suas atividades de forma mais eficiente e segura. Ele visa estabelecer um sistema de treinamento e capacitação contínua, para que os funcionários possam se desenvolver e acompanhar as mudanças tecnológicas. (Nakajima, 1989)

Pilar de Segurança, Saúde e Meio Ambiente

Esse pilar tem como objetivo garantir a segurança e a saúde dos funcionários, bem como a preservação do meio ambiente. Ele visa estabelecer normas e procedimentos para garantir um ambiente de trabalho seguro e saudável, bem como minimizar os impactos ambientais das atividades produtivas. (Nakajima, 1989)

Pilar de Administração da TPM

Esse pilar tem como objetivo estabelecer um sistema de gestão da TPM, que permita o monitoramento e a avaliação contínua dos resultados obtidos. Ele visa garantir que a TPM seja implementada de forma eficiente e que os resultados sejam medidos e monitorados regularmente. (Nakajima, 1989).

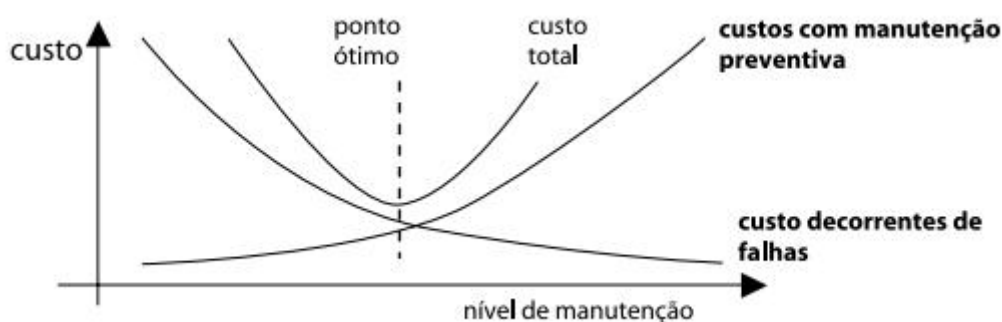
De acordo com Mesquita Filho (2010), a TPM tem como foco a melhoria humana e material de uma empresa. Logo, A aplicação da plataforma EAD tem relação direta com o sexto pilar da TPM, Treinamento e Capacitação, o que demonstra que o nível do conhecimento do mecânico em relação ao processo de manutenção de um equipamento, tem impacto direto na produção. Uma boa manutenção é a chave para uma operação eficiente e confiável. Quando o equipamento é mantido de forma adequada, ele tem um menor risco de falhas, o que significa menos tempo de inatividade e maior produção. Isso também permite que as empresas evitem custos elevados de reparos e substituições, além de manter a qualidade do produto consistente. Portanto, a manutenção adequada é essencial para a eficiência operacional e rentabilidade da empresa. (Mesquita Filho, 2010)

3.2 Custos relacionados a indisponibilidade dos equipamentos

Os custos relacionados à indisponibilidade de equipamentos podem resultar em perda de produção, não-qualidade dos produtos, recomposição da produção e penalidades comerciais, além de possíveis consequências negativas para a imagem da empresa (Mirshawa & Olmedo, 1993). De acordo com Cattini (1992), a falta de manutenção pode levar a custos associados à indisponibilidade e deterioração dos equipamentos. Chiu e Huang (1996) desenvolveram um modelo matemático que sugere que a manutenção preventiva é mais vantajosa em termos de relação custo-benefício em comparação a situações em que o processo produtivo é afetado pela falta de manutenção. É importante, portanto, definir a melhor política de manutenção para otimizar os custos de produção.

O gráfico clássico ilustrado na Figura 2 mostra a relação entre os custos de manutenção preventiva e os custos decorrentes de falhas, incluindo o custo de peças, mão de obra e, principalmente, o custo de indisponibilidade do equipamento. Conforme ilustrado no gráfico, investimentos crescentes em manutenção preventiva reduzem os custos decorrentes de falhas e, portanto, diminuem o custo total de manutenção.

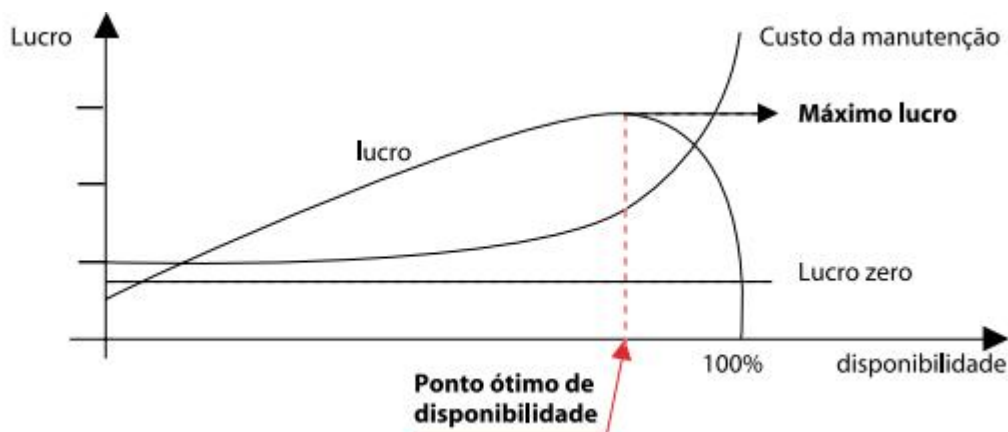
Figura 2 – Gráfico da relação entre os custos de manutenção preventiva e os custos decorrentes de falhas.



Fonte: Mirshawa e Olmedo (1993).

No entanto, a partir do ponto ótimo de investimento em manutenção preventiva, mais investimentos trazem poucos benefícios para a redução dos custos de falha e acabam elevando o custo total. Murty e Naikan (1995) estudaram os limites de disponibilidade e desenvolveram um modelo matemático para calcular o ponto ótimo de disponibilidade, como ilustrado no gráfico da Figura 3.

Figura 3 - Gráfico: Lucro x Disponibilidade.



Fonte: Murty e Naikan (1995)

A Figura 3 apresenta a relação entre o investimento em manutenção e a disponibilidade do equipamento, evidenciando que a busca pela falha zero resulta em um aumento contínuo dos custos de manutenção. Esse aumento, por sua vez, pode reduzir o lucro da operação. Cabrita (2002) destaca que encontrar o ponto ótimo de disponibilidade, em que o custo da manutenção proporciona o máximo lucro à operação, é um grande desafio na gestão da manutenção. Para tanto, é necessário considerar diversos fatores, como a importância do equipamento para o processo, o custo do equipamento e de sua reposição, as consequências da falha do equipamento no processo, o ritmo de produção, entre outros. É importante destacar que a política de manutenção não pode ser uniforme para todos os equipamentos, mas sim diferenciada para cada um deles, a fim de encontrar o ponto ótimo entre disponibilidade e custo.

De forma mais evidente do que a qualidade, a produtividade também depende do desempenho do equipamento. Entretanto, essa produtividade pode ser ainda mais afetada quando a falta de manutenção ou a manutenção ineficaz causam aumento dos tempos de produção pela redução do desempenho, mesmo não havendo uma parada efetiva do equipamento. Essa condição leva a empresa a buscar a origem da queda de produção em outros fatores, como ferramental, materiais e até operadores, elevando os custos operacionais. Pode-se dizer, portanto, que uma política inadequada de manutenção traz custos adicionais relacionados à falta de produtividade – desde as horas extras necessárias para cumprir a produção até perdas de contrato –, todos mensuráveis, além de outras perdas não mensuráveis, como o desgaste da imagem da empresa (Kardec & Nascif, 2001).

3.3 Aprendizagem Multimídia

Segundo Mayer (2014) a incorporação de informações verbais e visuais em materiais instrucionais pode levar a melhores resultados de aprendizagem. Especificamente, apresentar informações por meio de animações ou vídeos narrados pode ser particularmente eficaz porque pode ajudar os alunos a integrar informações verbais e visuais e apoiar uma compreensão mais profunda da matéria. A implementação de uma plataforma EAD, utilizando material multimídia além de melhorar o resultado de aprendizagem, tem o poder de acelerar o processo de treinamento, permitindo profissionais possam ter acesso aos conteúdos da execução da manutenção antes de iniciar o trabalho prático presencial.

O artigo "Teoria cognitiva da aprendizagem multimídia" de Mayer (2014) é apresentado uma revisão teórica da pesquisa em aprendizagem multimídia. A pesquisa se baseia na teoria cognitiva da aprendizagem multimídia, que busca explicar como o uso de múltiplas mídias (como texto, imagens, áudio e vídeo) pode afetar o processo de aprendizagem.

O autor revisa os principais conceitos da teoria cognitiva da aprendizagem multimídia, como a dualidade da modalidade (que sugere que o processo de aprendizagem é mais efetivo quando a informação é apresentada em duas modalidades, como texto e imagem), a coerência (que sugere que a aprendizagem é mais efetiva quando a informação apresentada é relevante para o objetivo de aprendizagem) e a carga cognitiva (que sugere que a aprendizagem é mais efetiva quando a quantidade de informações apresentadas não excede a capacidade de processamento cognitivo do aluno).

4. Benefícios de uma plataforma EAD

O investimento na qualidade da mão de obra influencia diretamente na qualidade da manutenção, e conseqüentemente na produção. Embora existam muitos desafios no acesso a plataformas remotas, essas atividades online são muito importantes para reduzir os prejuízos causados pela impossibilidade do ensino totalmente presencial. (Bezerra et al.,2021). É importante destacar os benefícios que a utilização de plataformas EAD traz ao treinamento de profissionais. (Yilmaz, R.). Entre eles, destacam-se:

- 1- **Flexibilidade:** As plataformas EAD permitem que os usuários assistam aos cursos a qualquer hora e em qualquer lugar, quantas vezes quiserem. Dessa forma, o treinamento pode ser adaptado à rotina de cada profissional, o que aumenta a eficiência e a produtividade.
- 2- **Praticidade:** Como muitos cursos são gravados previamente, não há risco de atrasos ou problemas de conexão. Além disso, os usuários podem assistir aos conteúdos em seu próprio ritmo, pausando ou voltando quando necessário para absorver melhor as informações.
- 3- **Preço:** Muitas plataformas de treinamento oferecem planos mensais, anuais ou por curso, com valores acessíveis a todos os públicos. Isso torna o treinamento mais acessível para empresas de diferentes tamanhos e orçamentos, permitindo que invistam na capacitação de seus funcionários de forma eficiente e econômica.

5. Estudo de Caso

Neste estudo de caso, foram realizadas análises de duas situações distintas de manutenção mecânica para demonstrar na prática os benefícios que os recursos multimídia que acompanham uma plataforma EAD pode oferecer. A primeira situação envolveu uma atividade prática de manutenção em um redutor octogonal de transmissão de velocidade, proposta a uma turma de alunas em fase final de treinamento para mecânicos em uma instituição de ensino. Os participantes foram divididos em quatro grupos, sendo dois grupos que tiveram acesso a um vídeo demonstrativo da manutenção do redutor, enquanto os outros dois grupos realizaram a manutenção sem assistirem ao vídeo. Todos os grupos tiveram acesso aos desenhos técnicos do equipamento antes da atividade.

No segundo caso, foi realizada uma análise de falha em uma empresa de grande porte do setor de mineração. A análise focou nos erros cometidos pelos profissionais durante a atividade de manutenção e apontou a necessidade de um treinamento mais efetivo, proporcionando conhecimento prévio sobre a manutenção adequada do equipamento.

Esses dois estudos de caso destacam a importância do conhecimento prévio adquirido por meio de registros e treinamentos para a melhoria da eficiência da aprendizagem prática. Ao fornecer informações precisas e visuais, os mecânicos são capazes de compreender melhor o processo e realizar a tarefa com maior confiança e competência.

5.1 Manutenção em Redutor Ortogonal

Para um melhor entendimento dos benefícios da análise de vídeos e imagens de uma atividade de manutenção, foi proposto a uma turma de alunos que estavam na etapa final de um treinamento para mecânicos em uma instituição de ensino, uma atividade prática de manutenção em um redutor octogonal de transmissão de velocidade. A atividade foi realizada em quatro grupos, sendo que dois grupos tiveram acesso a um vídeo da manutenção sendo realizada no redutor, e os outros dois grupos realizaram a manutenção sem assistir o vídeo. (Autor)

Na Figura 4 as alunas prenderam o redutor na máquina e iniciaram o desmonte do equipamento para identificar possíveis falhas internas e análise da integridade dos componentes do redutor.

Figura 4 – Alunas do treinamento desmontando o redutor.



Fonte: Elaborada pelos autores.

A Figura 5 demonstra uma das alunas fazendo o desmonte do motor que possui o eixo de alta rotação acoplado no redutor, que faz a redução da rotação e o aumento do torque.

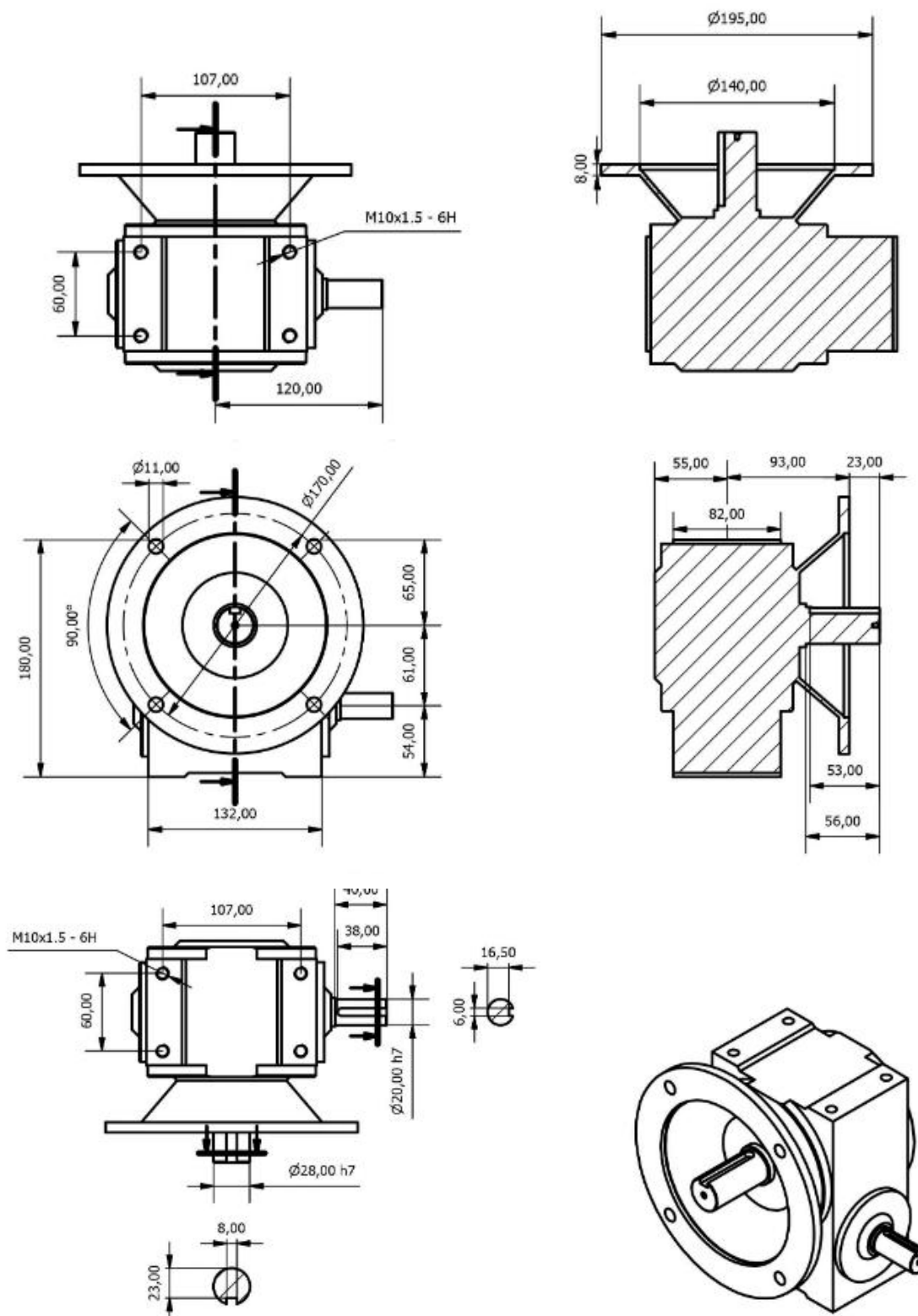
Figura 5 - Alunas do treinamento desmontando o redutor.



Fonte: Elaborada pelos autores.

A Figura 6 mostra o desenho técnico do redutor que as alunas realizaram a manutenção. Algumas das atividades realizadas foram limpeza dos componentes, troca de óleo e usinagem.

Figura 6 - Desenho técnico do modelo do redutor.



Fonte: Elaborada pelos autores.

5.1.1 Análise e discussão da manutenção do redutor ortogonal

Todos os grupos tiveram acesso aos desenhos técnicos do equipamento antes de realizarem a atividade. Os grupos que assistiram o vídeo tiveram acesso as informações presentes no desenho técnico de forma audiovisual, além de conseguirem

visualizar as peças internas e o método de montagem e desmontagem do redutor. Logo de início foi possível reparar uma maior facilidade de escolha do ferramental a ser utilizado pelos grupos que assistiram ao vídeo.

Os resultados indicam que os grupos que tiveram acesso ao vídeo demonstrando a manutenção do redutor tiveram um tempo hábil de manutenção médio de 1 hora e 18 minutos, o que representa uma melhoria de 35% em comparação aos dois primeiros grupos que realizaram a manutenção em duas horas. Os grupos sem conhecimento prévio do equipamento tiveram um tempo médio de manutenção de 1 hora e 56 minutos, enquanto os grupos que assistiram ao vídeo tiveram um tempo médio de manutenção de 1 hora e 18 minutos.

O resultado é surpreendente e destaca a importância de fornecer instruções claras e concisas aos alunos antes de realizar uma tarefa prática. É evidente que os grupos que assistiram ao vídeo instrucional foram capazes de realizar a manutenção com mais eficiência e rapidez, o que é vital em um ambiente de trabalho real. Além disso, a melhoria na eficiência da manutenção pode ter um impacto significativo nos custos operacionais e na satisfação do cliente.

Este estudo de caso demonstra que o conhecimento prévio adquirido a partir de um registro de atividade para realização de uma manutenção pode ser valiosa para melhorar a eficiência da aprendizagem prática. Ao fornecer informações precisas e visuais, os mecânicos são capazes de entender melhor o processo e realizar a tarefa com mais confiança e competência. É importante destacar que os dois grupos possuíam os mesmos conhecimentos prévios sobre mecânica, já que faziam parte da mesma turma. A melhoria na eficiência da manutenção não foi por uma diferença na capacidade de cada profissional, mas sim na informação previa sobre como realizar a manutenção corretamente em um equipamento específico.

5.2 Análise de Falha

Nessa seção será apresentada uma análise de falha de uma empresa de grande porte do setor de mineração. Em seguida, será feita uma análise da falha cometidas pelos profissionais que exerceram a atividade, apontando os erros que poderiam ser evitados caso houvesse um treinamento mais efetivo, proporcionando conhecimento prévio da manutenção correta do equipamento. Por fim, questionamentos são gerados a partir de uma comparação em uma realidade onde os mecânicos saberiam o passo a passo do trabalho a ser realizado. Trata-se de um estudo de caso descritivo, pois “visa observar, registrar, analisar, classificar e interpretar os dados sem interferência, sem manipulação do pesquisador” (Assis, 2018, p. 18).

5.2.1 Análise de falha de acoplamento de transmissão de alta rotação do TC94

(Transportador de correia)

A Análise de falha é um método sistemático utilizado para identificar as causas raiz de um problema ou falha em um sistema, equipamento ou processo. A análise de falha busca identificar as causas subjacentes que levaram à ocorrência da falha, com o objetivo de prevenir sua recorrência no futuro. Para isso, são utilizadas técnicas e ferramentas específicas para coleta e análise de dados, como diagramas de Ishikawa, análise de árvore de falhas, análise de causa raiz, entre outras. A análise de falha é amplamente utilizada em áreas como manutenção, engenharia, produção, qualidade e segurança, visando melhorar a confiabilidade e a eficiência dos sistemas e processos.

Logo, foi feito o levantamento de dados que se deu pelo registro de análise de falhas presentes nos bancos de dados da empresa do qual foram extraídos relatórios referentes ao segundo semestre de 2016, do dia 16/09/2016. Estes relatórios e levantamentos estão presentes em ordem nas figuras a seguir. A Figura 7 é a parte inicial do documento que apresenta informações básicas como o horário e a data da manutenção realizada e o começo das informações do motivo da falha do equipamento e como o problema foi solucionado.

Figura 7 - Análise de falha do acoplamento.

INFORMAÇÕES BÁSICAS				
EQUIPAMENTO	DATA/HORA INICIAL	DATA/HORA FINAL	DURAÇÃO	STATUS
41-TC-94	16/09/16 - 09:00	16/09/16 - 23:30	14,5hs	<input type="checkbox"/> Preliminar <input checked="" type="checkbox"/> Concluída
DESCRIÇÃO DA OCORRÊNCIA				
Quebra do acoplamento de baixa do acionamento do TC94.				
RELATO DA OCORRÊNCIA				
<p>Agosto: relatórios de análise de vibração não indicavam anomalias. 08/09: trocado tambor de acionamento. Foi reaproveitado o acoplamento que estava instalado; realizado inspeção neste acoplamento e o mesmo estava sem desgaste. 14/09: inspeção com equipamento em funcionamento realizada no acionamento não detectou nenhuma anomalia: vibração, ruído anormal, soltura do anel de fixação. 16/09: quebra do acoplamento por soltura dos elementos elásticos e posterior quebra dos alojamentos.</p>				
INFORMAÇÕES LEVANTADAS				
DESCRIÇÃO	FOTO 1			
Gráfico ao lado mostra 10 minutos antes da falha a média da taxa foi de 1.099 t/h. Não há indicativo de sobrecarga.				
DESCRIÇÃO	FOTO 2			
Foto ao lado mostra o acoplamento com desgaste e quebra nos alojamentos dos elementos elásticos e sem estes.				

Fonte: Dados da empresa.

A Figura 8 é a continuação do documento que foi demonstrado na Figura 7. Nesta imagem é possível ver as marcas da falha causadas no acoplamento.

Figura 8 – Análise de falha do acoplamento.

DESCRIÇÃO	FOTO 3
<p>Foto ao lado mostra acoplamento lado tambor com o anel de fixação dos elementos. Vê-se que há marcas que o anel foi soldado ao acoplamento. Em destaque também, vê-se um dos parafusos de trava do anel com desgaste e quebrado.</p>	
DESCRIÇÃO	FOTO 3
<p>Foto ao lado mostra o acoplamento lado tambor com o pedaço do alojamento que quebrou me destaque.</p>	

Fonte: Dados da empresa.

A Figura 9 apontam os erros na manutenção anterior, que causou a quebra do acoplamento e o local que a solda foi realizada, travando o elemento de máquina.

Figura 9 - Análise de falha do acoplamento.




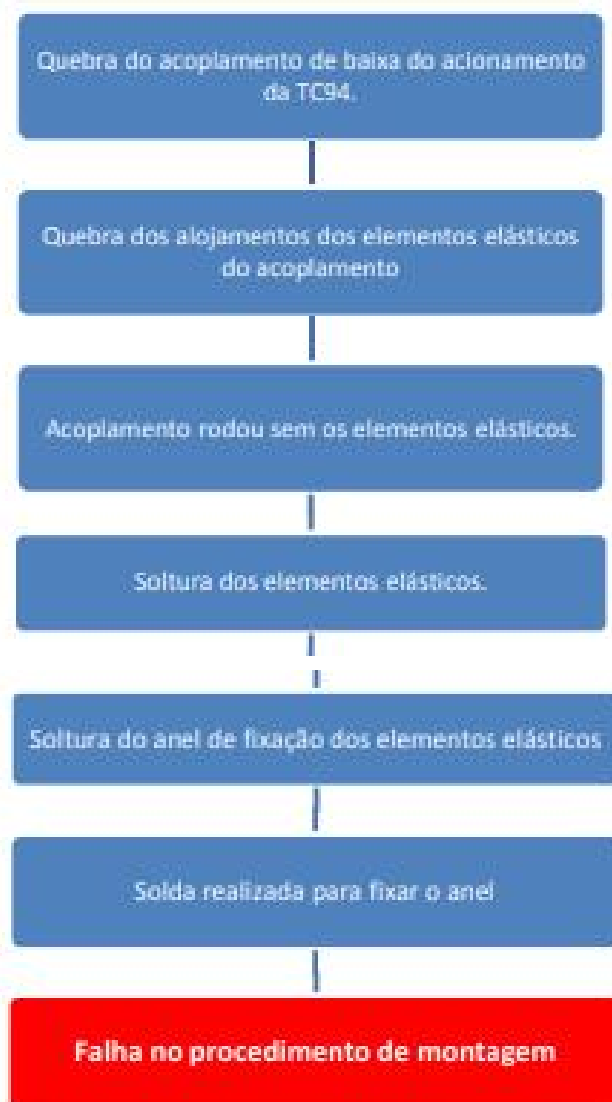
DESCRIÇÃO	FOTO 3
<p>Foto ao lado mostra em detalhe um dos parafusos danificados (cabeça do parafuso). O acoplamento possui 6 parafusos (3 em cada parte) para impedir o deslocamento do anel que fixa os elementos elásticos.</p>	
<p>Foto ao lado mostra acoplamento danificado desmontado com as duas partes e o anel de trava dos elementos elásticos. Os círculos em vermelho são os pontos onde foram realizadas soldas fixando o acoplamento do anel de trava. A parte de alojamento dos elementos do acoplamento é fabricada em ferro fundido, que não é um material de boa soldabilidade.</p>	
<p>Foto ao lado mostra acoplamento novo que foi instalado para substituição do que danificou. Vê-se que há parafusos que limitam e impedem o deslocamento do anel de contenção dos elementos elásticos.</p>	

Figura 9 Análise de falha do acoplamento. Fonte: Dados da empresa.

A Figura 10 demonstra a árvore de falha da quebra do acoplamento. Árvore de falha é um diagrama de sequência de eventos que permite através de lógica dedutiva aplicada de trás para diante chegar-se às causas-raiz de uma dada falha.

Figura 10 – Árvore de Falhas.



FATORES PESSOAIS			
<input type="checkbox"/>	Falha na comunicação	<input checked="" type="checkbox"/>	Falta de conhecimento
<input type="checkbox"/>	Negligência do Empregado	<input type="checkbox"/>	Capacidade inadequada
<input type="checkbox"/>	Imprudência do Empregado	<input type="checkbox"/>	Tensão
<input type="checkbox"/>	Imperícia do Empregado	<input type="checkbox"/>	Outros – Especificar:
<input type="checkbox"/>	Fator pessoal de Insegurança	<input type="checkbox"/>	Não há fatores pessoais
<input type="checkbox"/>	Motivação incorreta		
CAUSA FUNDAMENTAL			
Conclui-se que ao soldar o anel às duas partes do acoplamento, ao operar a solda quebrou o anel deslocou-se. Assim os elementos elásticos saltaram-se o acoplamento quebrou. Assim a causa fundamental foi a falha na montagem do anel de fixação dos elementos elásticos.			

Fonte: Dados da empresa.

De acordo com a análise de falha do acoplamento nota-se que a falha do equipamento se deu exclusivamente a uma falta de conhecimento do profissional em realizar a manutenção de forma correta. Foi possível concluir que o profissional responsável pela atividade não tinha conhecimento amplo sobre elementos de máquina, fazendo com que ele tomasse uma decisão errada na manutenção, danificando o equipamento. Cada tipo de elemento de máquina possui sua característica de funcionamento, juntamente com o tipo de ferramenta utilizada para manuseá-lo. Um erro na escolha da ferramenta e em que situação utilizar cada elemento de máquina pode trazer riscos altos de falha no maquinário.

5.2.2 Análise e discussão da falha do acoplamento

Para entender a análise de falha do acoplamento é necessário ter conhecimento sobre a classificação dos elementos de máquina, componentes mecânicos utilizados em diversas áreas da indústria e que são divididos em elementos de fixação, transmissão, apoio, elásticos e vedação. Cada grupo com suas próprias características e aplicações específicas.

Dentre os elementos de transmissão, estão os acoplamentos, que são componentes importantes na transmissão de torque e movimento entre dois eixos. Existem diversos tipos de acoplamentos disponíveis no mercado, cada um projetado para atender a uma aplicação específica. Esses inúmeros tipos de acoplamentos ainda podem ser divididos em dois grandes grupos, os rígidos e os flexíveis. Assim como o nome sugere, os rígidos, são aqueles que não possuem nenhuma flexibilidade ou capacidade de absorção de choques. Eles são ideais para aplicações que exigem alta precisão de transmissão, como em máquinas-ferramenta ou sistemas de posicionamento. No entanto, sua rigidez pode ser prejudicial em aplicações onde há uma maior quantidade de vibração ou choque, pois pode gerar tensões excessivas nos componentes. Já os acoplamentos elásticos possuem algum grau de flexibilidade, o que lhes permite absorver choques e vibrações e proteger os componentes da transmissão de torque. Esses acoplamentos são mais adequados para aplicações em que a precisão não é o fator mais importante, mas a capacidade de absorção de choque é crucial para evitar falhas prematuras.

Para entender a falha cometida na manutenção do acoplamento elástico mencionado, é importante conhecer as características e diferenças entre esses dois tipos de acoplamentos. Compreender essas diferenças permitirá uma análise mais precisa do problema e, conseqüentemente, uma melhor visão da aplicação da plataforma EAD para evitar falhas futuras.

Na análise de falha é possível identificar que não houve sobrecarga no acoplamento, e que a falha ocorreu apenas por erro de manutenção. A cinta metálica tem a função apenas de manter os elementos elásticos do acoplamento em seus alojamentos, o que permite a compensação de forças durante a rotação. Os executantes da montagem, falharam após optarem por soldar a cinta ao invés utilizar os parafusos que evitam o deslocamento axial da mesma.

Após a soldagem o acoplamento se tornou rígido e toda força a ser compensada foi direcionada a solda, que além de ser a escolha errada, também foi feita em um material de ferro fundido, que não é indicado para soldagem, fazendo a união se romper com facilidade.

No momento da transmissão do torque na partida do motor, ocorre a quebra da solda, permitindo o deslocamento axial da cinta, fazendo com que os elementos elásticos saiam dos seus alojamentos. Na falta dos elementos elásticos ocorreu a quebra das garras do acoplamento, não permitindo a transmissão do torque e velocidade

É notável que o erro na montagem foi exclusivamente por falta de conhecimento da atividade de manutenção e do conteúdo de elementos de máquina, no caso, tipos de acoplamento. A falta de preparo dos profissionais envolvidos na atividade foi o que resultou em uma tomada de decisão incorreta e uma perda significativa no tempo de produção do equipamento.

A iniciativa de uma empresa aplicar uma plataforma EAD em seu método de treinamento para mecânicos pode ser estruturada através de análise de falhas como essa abordada neste tópico. Os profissionais que se candidatam a cargos de execução normalmente apresentam no currículo formação de mecânicos ou técnicos em mecânica, o que deveria garantir, em teoria, conhecimentos prévios necessários para realizar manutenções com excelência. Mas não é a realidade do mercado. Profissionais em sua maioria chegam com uma defasagem grande no conhecimento técnico básico, levando a empresa a constantes falhas no processo e perdas significativas de produção.

A ideia da utilização de uma plataforma EAD é diminuir essa defasagem profissional com uma nova abordagem no treinamento, buscando capacitar a mão de obra para a atividade que ela irá exercer. Além da melhora na capacitação profissional utilizando conteúdos técnicos, vídeos, imagens e interações com o usuário, as plataformas EAD podem organizar e armazenar dados importantes da empresa, permitindo uma melhora na organização de arquivos. Documentos como análises de

falha, desenhos técnicos, apresentações e registros importantes relacionados o determinado equipamento podem auxiliar no cotidiano geral de todos os funcionários da empresa relacionados a parte de manutenção.

6. Análise e Discussão

A análise dos dois estudos de caso evidencia claramente a importância do conhecimento prévio antes da realização de qualquer trabalho, especialmente na área de manutenção. O primeiro estudo de caso demonstrou que os grupos que tiveram acesso a um vídeo instrucional prévio sobre a manutenção do redutor apresentaram maior eficiência e rapidez na realização da tarefa, em comparação aos grupos que não tiveram acesso a essa informação prévia. Essa diferença de desempenho destaca a relevância de fornecer instruções claras e concisas aos profissionais, permitindo que eles compreendam melhor o processo e realizem a tarefa com maior confiança e competência.

O segundo estudo de caso, que analisou as falhas ocorridas em uma empresa de mineração durante atividades de manutenção, ressaltou a necessidade de um treinamento mais efetivo e do conhecimento prévio da manutenção correta do equipamento. A análise identificou erros que poderiam ser evitados se os profissionais tivessem um conhecimento mais aprofundado das práticas adequadas de manutenção. Isso evidencia a importância de fornecer aos profissionais as informações e habilidades necessárias antes de executarem suas tarefas, a fim de evitar erros e melhorar a eficiência das atividades de manutenção.

Considerando essas conclusões, a implementação de uma plataforma de ensino a distância (EAD) pode ser de grande valia para o mercado de trabalho na área de manutenção. Através dessa plataforma, é possível fornecer treinamentos online que ofereçam conhecimento prévio sobre as práticas corretas de manutenção, permitindo que os profissionais adquiram as informações necessárias antes de realizarem suas atividades. A plataforma EAD pode disponibilizar materiais de aprendizagem, como vídeos instrucionais, documentos técnicos e desenhos técnicos, que possibilitam aos profissionais visualizar e compreender os processos de manutenção de forma clara e detalhada.

Dessa forma, a implementação de uma plataforma EAD pode contribuir para o aprimoramento da eficiência da mão de obra na área de manutenção, reduzindo erros, otimizando o tempo de execução das tarefas e melhorando a qualidade do trabalho realizado. Além disso, a plataforma EAD permite que os profissionais tenham acesso ao conhecimento e treinamento mesmo à distância, o que é especialmente relevante em contextos de treinamento em larga escala ou quando a disponibilidade de recursos físicos é limitada.

Portanto, a análise desses estudos de caso reforça a importância do conhecimento prévio e sustenta a ideia de que a implementação de uma plataforma EAD pode ser uma estratégia eficaz para aprimorar o desempenho e a eficiência da mão de obra na área de manutenção.

7. Considerações Finais

Com base nas análises realizadas sobre a falha do acoplamento elástico devido à má montagem, é possível concluir que investir em capacitação profissional é essencial para evitar perdas significativas de produção. A utilização de plataformas EAD pode ser uma ferramenta importante nesse processo, oferecendo uma nova abordagem no treinamento de mecânicos e técnicos em mecânica, visando capacitar a mão de obra para a atividade que ela irá exercer.

A implementação da plataforma contribui diretamente para os 8 pilares da manutenção, potencializando não apenas um pilar, mas diferentes graus em todos os pilares. Isso é possível porque a plataforma EAD engloba desde melhoria da mão de obra até a parte de organização e administração de dados.

Com base neste artigo os estudos futuros a serem realizados são nos resultados da aplicação desta plataforma no sistema real de trabalho de uma empresa, analisando os resultados adquiridos com a plataforma após a aplicação e a aceitação da mesma no cotidiano da área de manutenção de uma empresa.

Os métodos de aprendizado por audiovisual se mostra cada vez mais presente na sociedade atual e tem real efetividade como exemplificado durante o tópico 3 desse artigo. Além disso, as plataformas EAD podem auxiliar na organização e armazenamento de dados importantes da empresa, permitindo uma melhora na gestão de informações e no cotidiano geral de todos os funcionários relacionados à manutenção. Investir em capacitação e tecnologia pode garantir um aumento na qualidade da manutenção e, conseqüentemente, na produtividade da empresa.

Referências

- Bezerra, N. P. X., Veloso, A. P., & Ribeiro, E. (2021). Resignificando a prática docente: experiências em tempos de pandemia. *Práticas Educativas, Memórias e Oralidades*, 3(2), 323917-323917.
- Assis, M. C. (2018). Metodologia do trabalho científico. Editora Universitária/UFPB.
- Barbosa, I. S. M. (2017). Implantação do Indicador de Eficiência Global de Equipamentos. OEE em uma mineradora de pequeno porte. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Federal de Minas Gerais, Congonhas, BR.
- Cabrita, M. R. (2002). Gestão da manutenção industrial: um estudo de caso. Universidade de Coimbra.
- Cattini, O. (1992) Derubando os mitos da manutenção. STS Publicações e Serviços Ltda. 123 p.
- Chiu, H-N. & Huang, B.S. (1996) The economic design of x control charts under a preventive maintenance policy. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 13 (1): 61-71.
- Freitas, T. C. D., & Lacerda, J. D. S. (2021). A “Pedagogia da Autonomia” de Freire e a “Autocomunicação de Massa” de Castells no fortalecimento do protagonismo estudantil na educação híbrida em tempos de pandemia. *Intercom: Revista Brasileira de Ciências da Comunicação*, 44, 145-158
- Kardec, A. & Nascif, J. (2009) *Manutenção: função estratégica*. (3a ed.) Qualitymark. 384 p.
- Kardec, A. & Nascif, J.A. (2001) *Manutenção – função estratégica*. (2a ed.), Qualitymark Editora Ltda.
- Kardec, A., & Nascif, J. C. (2001). *A qualidade na visão dos mestres da administração*. Atlas.
- Kardec, A., & Nascif, J. (2009) *Manutenção função estratégica*. (3a ed.) Qualitymark.
- Levitt, J. (2009) "*Handbook of Maintenance Management*." McGraw-Hill Education.
- Mayer, R. E. (2014) *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge University Press.
- Mesquita Filho, J. de. (2010) *TPM: Total Productive Management*. Universidade Estadual Paulista.
- Mirshawka, V., & Olmedo, N. L. (1993) *Manutenção – Combate aos custos da não eficácia – A vez do Brasil*. São Paulo: Editora Makron Books do Brasil Ltda., 1993.
- Murty, A. S. R. & Naikan, V. N. A. (1995) Availability and maintenance cost optimization of a production plant. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Cambridge, 12 (2): 28-35.
- Nakajima, S. (1988). *Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance*. IMC Internacional Sistemas Educativos.
- Preece, J., Nonnecke, B., & Andrews, D. (2004). "The top five reasons for lurking: Improving community experiences for everyone." *Computers in Human Behavior*, 20(2), 201-223.
- Silva, D. M. da, Andrade, I. C., Alves, J. L. S., Lourenço, R. F. B. & Vasconcelos, G. R. (2020). A manutenção dos componentes como fator crítico no processamento da soja e seus desdobramentos. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4023>
- Yilmaz, R. (2018). The Effectiveness of E-learning: An Empirical Study on Turkish University Students. *Universal Journal of Educational Research*, 6(4), 789-796.