



**UNIVÉRTIX – CENTRO UNIVERSITÁRIO  
SOCIEDADE EDUCACIONAL GARDINGO LTDA. – SOEGAR**

**TRABALHOS DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ENGENHARIA MECÂNICA – 2022/02**



**COORDENAÇÃO DE CURSO: PROF. ESP. MATEUS ZANIRATE DE MIRANDA  
PROFESSORA RESPONSÁVEL: PROF<sup>A</sup>. M. SC. RENATA APARECIDA FONTES**

**MATIPÓ, 2022**

## **TRABALHOS PRESENTES NESTE VOLUME**

A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE MOTORES DE ARRANQUE
A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA DO ALTERNADOR NO AUTOMÓVEL
AVALIAÇÃO DO TEMPO DE UTILIZAÇÃO E DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL DE EMPILHADEIRAS UTILIZADAS EM UM ARMAZÉM DE CAFÉ DA ZONA DA MATA MINEIRA
BANCADA DIDÁTICA PARA ANÁLISE DE VIBRAÇÕES MECÂNICAS
DETERMINAÇÃO DA ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO PARA SUBSTITUIÇÃO DO CONJUNTO SEDE/VÁLVULAS E AUMENTAR A DISPONIBILIDADE FÍSICA DAS BOMBAS
DIMENSIONAMENTO DE UMA BOMBA D'ÁGUA DE PVC

# **A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE MOTORES DE ARRANQUE**

**Acadêmicos:** Diego Luís dos Santos e Thaynan Tonon Pereira

**Orientador:** Carlos Eduardo Marques Cerqueira

**Linha de Pesquisa:** Robótica e Automação

## **RESUMO**

A manutenção é um conjunto de cuidados e procedimentos técnicos necessários para o bom funcionamento de máquinas. Existem vários tipos de manutenção, sendo um deles a preventiva, que é um meio para reduzir ou evitar a falha ou queda de desempenho, que deve obedecer a um plano preventivo elaborado. O estudo tem como objetivo relatar um caso de manutenção corretiva em um motor de arranque de veículo da marca Corolla. O motor de arranque transforma a energia elétrica que recebe da bateria em energia mecânica para girar o motor a combustão, tem a função de acionar o motor do veículo até que tenham início as explosões e este poderá funcionar por si mesmo. Trata-se de uma pesquisa de estudo de caso. O proprietário do veículo compareceu em uma auto mecânica da Zona da Mata Mineira, relatando que o seu carro estava virando pesado após a partida, dizendo que poderia ser algum problema na bateria. Após a realização do teste, foi possível constatar que o defeito estava no motor de arranque. A manutenção corretiva é a ocorrência de falha em momento inesperado. O trabalho corretivo tem um custo maior que o trabalho preventivo. Portanto, a manutenção preventiva é a melhor opção em custo benefício, de modo a prevenir falhas e garantir o aumento da vida útil do veículo. Quando não se realiza a manutenção insistindo em utilizar o veículo, aumenta-se a possibilidade de ocorrência de danos de peças, gerando um custo consideravelmente alto. Assim sendo é função da engenharia promover e garantir essa manutenção.

**PALAVRAS-CHAVE:** Manutenção Preventiva; Manutenção Corretiva; Motores De Arranque; Custo Benefício.

## **INTRODUÇÃO**

Entende-se manutenção como conjunto de cuidados e procedimentos técnicos necessários ao bom funcionamento e para o reparo de máquinas, equipamentos, peças, moldes e ferramentas (DE ALMEIDA, 2018).

Trata-se de uma forma de evitar gastos desnecessários, pois, permite se antecipar aos problemas e preveni-los (DE ALMEIDA, 2018).

A realização de manutenções não é direcionada apenas a máquinas e equipamentos que estão em operação. É importante, também, na concepção de um projeto, a disposição de peças, a acessibilidade dos conjuntos e, até mesmo, o dimensionamento de peças que devem obedecer a critérios para facilitar as operações de manutenção futuras (DE ALMEIDA, 2018).

Vários podem ser os tipos de manutenção a serem utilizados. A manutenção planejada pode ser dividida em dois tipos: corretiva e preventiva. Assim, após os estudos feitos, deverá ser identificado o melhor tipo de manutenção a ser aplicado, em especial, quando se trata de motor de arranque (DA SILVA, 2020).

Segundo Ataídes (2019), manutenção preventiva é um meio para reduzir ou evitar a falha ou queda do desempenho, obedecendo um plano preventivo elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo.

Manutenção corretiva é utilizada para corrigir falhas momentâneas e/ou para corrigir problema que ocorreu em uma peça ou rolamento e que causou paralisação do maquinário. Considere-se uma manutenção que pode ser caracterizada com a quebra ou ruptura de um item interno do equipamento (SALES, 2020).

Segundo Lima (2018), é necessário manter a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos em alta, sendo dever da manutenção garantir esse perfil por meio da engenharia, estudos frequentes, avaliações de taxas, modos de falhas, planos de manutenção e estoque de materiais para manter uma produção contínua.

Segundo Alves (2009 *apud* DOS SANTOS, 2019) o motor de arranque é um motor elétrico de corrente contínua, compacto, mas, ao mesmo tempo, suficientemente potente para arrancar o motor de combustão. Sua função é acionar o motor do veículo até que tenham início as explosões e este poderá funcionar por si mesmo.

Portanto, este trabalho teve como objetivo relatar um caso de manutenção corretiva em motor de arranque de um veículo da marca Corolla atendido em uma oficina de elétrica da cidade de Raul Soares, na Zona da Mata Mineira.

Conhecer sobre a manutenção em motores de arranque é importante para identificar o momento correto de se fazer a manutenção e reduzir custos. Baseado neste estudo, será possível entender o melhor momento de se fazer a manutenção, evitando aumento de gasto e maiores riscos de danos ao motor do veículo da marca Toyota Corolla.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **MOTOR DE ARRANQUE**

O motor de arranque ou motor de partida transforma a energia elétrica que recebe da bateria em energia mecânica para girar o motor a combustão e vencer a

resistência do movimento, causada pela compressão dos cilindros, atrito e o peso das peças internas, como pistões, bielas e virabrequim (LALLI, 2019).

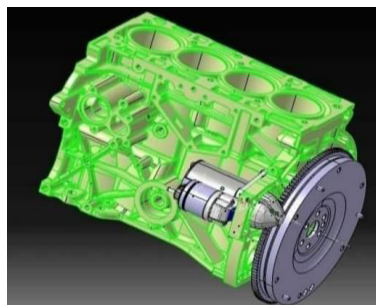
## **FUNCIONAMENTO DE MOTOR DE ARRANQUE**

O motor de arranque tem um único objetivo colocar o motor térmico. Nesse caso, o motor de um automóvel, em funcionamento, conforme figura 1:

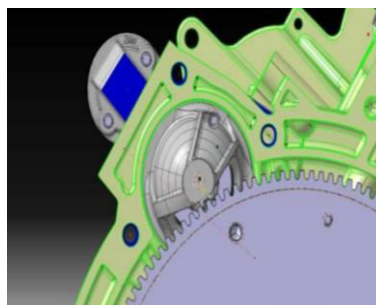


**Figura 1:** Motor de arranque  
**Fonte:** Valeo Sistemas Automotivos

O Motor de partida fica acoplado ao bloco do motor térmico (figura 2) e próximo à cremalheira (figura 3), para que, em seu movimento de avanço do pinhão, ele engrene com facilidade para transferência de movimento de rotação.



**Figura 2:** Aplicação Do Motor De Partida Vista 1  
**Fonte:** Valeo Sistemas Automotivos



**Figura 3:** Aplicação Do Motor De Partida Vista 2  
**Fonte:** Valeo Sistemas Automotivos

Ele coloca o motor principal em funcionamento, por meio da transformação de energia elétrica da bateria do veículo em energia mecânica. Esta energia é transferida à cremalheira do veículo e, posteriormente, coloca-o em movimento. O motor de arranque tem seu funcionamento dividido em 3 estágio:

- Primeiro estágio: estado de repouso. Sem receber energia elétrica ele se encontra sem rotação e recuado, ou seja, não está engrenado na cremalheira.
- Segundo estágio: a chave é acionada na ignição e o motor de partida tem no seu rotor iniciando o movimento de rotação, o arrastador inicia o engrenamento a cremalheira.
- Terceiro estágio: O motor de partida passa a ter seu torque total e o motor a combustão tem seu movimento iniciado.

### **MANUTENÇÃO CORRETIVA**

É um conjunto de procedimentos executados na finalidade de atender o mais rápido possível a produção, a máquina ou o equipamento que parou. Porém, nem sempre o “mais rápido possível” ocorre a tempo de se evitar os prejuízos causados pela parada inesperada do equipamento (ANDRADE, 2019).

### **MANUTENÇÃO PREVENTIVA**

Conhecida como manutenção planejada e controlada, a manutenção preventiva é realizada em datas predeterminadas, tendo como objetivo manter a máquina ou equipamento em corretas condições de funcionamento, evitando paradas imprevistas (LODDI, 2020).

O planejamento é possível utilizando a documentação das operações de manutenção corretiva realizadas e também na utilização de informações sobre a vida útil das peças fornecidas pelo fabricante (DE ALMEIDA, 2018).

### **MANUTENÇÃO PREDITIVA**

Com a manutenção preditiva é possível indicar as reais condições de funcionamento da máquina de acordo com dados obtidos a partir de fenômenos apresentados por ela no momento em que alguma peça começa a se desgastar ou alguma regulagem é necessária (LIMA, ARANHA e SPERANDIO, 2021).

Este tipo de manutenção se baseia nas inspeções periódicas, em que fenômenos como temperatura, vibrações, ruídos excessivos, etc., são observados por instrumentos específicos (ESPINDULA, 2021).

## **RELATO DE CASO**

Trata-se de uma pesquisa do tipo estudo de caso. Como uma das estratégias da pesquisa qualitativa, encontramos o estudo de caso. Comumente empregada na sociologia, em áreas da saúde, economia e administração, ela vem sendo utilizada com destaque no campo das pesquisas educacionais. O estudo de caso possibilita ao pesquisador compreender um fenômeno a partir de seu contexto real (MONTEIRO *et al.*, 2018).

O proprietário do veículo Corolla compareceu a uma oficina da Zona da Mata Mineira no dia 05/07/2022 relatando que seu carro estava “virando meio pesado após a partida”. Alegou que deveria ser algum problema na bateria e, possivelmente, poderia estar descarregada ou com pouca carga. Informou, ainda, que ela estava na garantia, pois havia sido trocada há poucos meses.

Foi feito um teste com auxílio de um carregador de bateria, em que se constatou que estava em perfeito estado e, assim, foi possível perceber que o problema estava no motor de arranque. O cliente escolheu como opção não fazer o reparo de imediato, ou seja, uma manutenção preventiva, trocando buchas, escovas e uma lubrificação. Ele decidiu, assim, ir embora e permanecer com o problema. A manutenção preventiva proposta ao proprietário teria o custo de R\$ 120,00.

Após dois meses, o cliente retornou à oficina e seu carro não funcionava mais após dar a partida. Segundo o proprietário, o veículo funcionava apenas pelo tão famoso “tranco”, ou seja, soltar o carro engrenado em uma marcha mais fraca, pisando na embreagem rapidamente, assim ele dá um salto, fazendo com que o carro funcione.

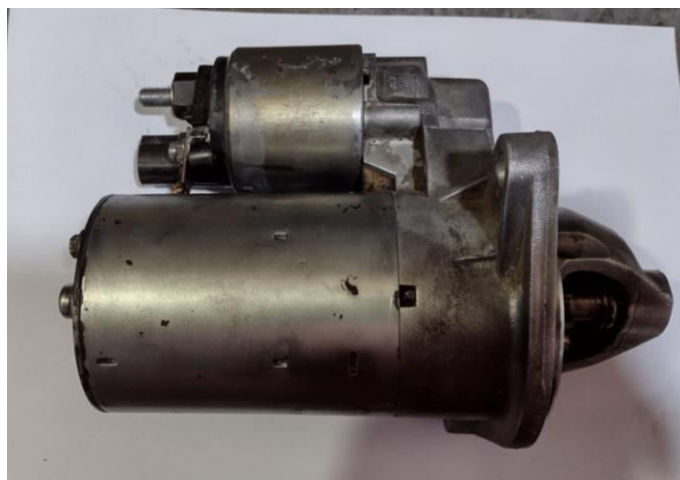
Pelo fato de já saber qual o problema do carro, que era o motor de partida, o veículo foi elevado com auxílio de um macaco hidráulico — ferramenta de funcionamento hidráulico voltada a levantar pesos com esforço mínimo, para a retirada do motor de arranque. Foi necessário remover a bateria para que evitar o risco de curto e carregá-la pelo fato de ter sido muito forçada pelo mau funcionamento do motor de arranque.

O motor de arranque é retirado, colocado em uma bancada a realização do seu reparo. Para tanto, é desmontado peça por peça e, após a retirada da tampa do mancal de fechamento, foi possível observar o causador de todo transtorno e danificação do motor.

Como já havia informado anteriormente ao proprietário, as escovas e buchas estavam gastas. Além disso, o desgaste associado à insistência do cliente em continuar utilizando o carro ocasionou danos em mais componentes como, por exemplo, uma das engrenagens da planetária quebrou. Ou seja, a parte de um conjunto de engrenagens utilizadas para transferir o torque do motor às demais partes da máquina e com o giro contínuo do motor fizeram com que a planetária quebrasse (FIGURA 1).



**Figura 1:** Peças Danificadas Do Motor De Arranque.  
**Fonte:** Elaborada Pelos Autores



**Figura 2:** Motor De Arranque Após Manutenção  
**Fonte:** Elaborada Pelos Autores



Foi detectado que o coletor não foi totalmente danificado. Assim, ocorreu o processo de lixamento deixando o coletor em uma condição melhor, para retornar ao funcionamento normal.

Após a troca da planetária e da engrenagem, iniciou-se a montagem, realizando a troca do suporte de escovas e buchas. Assim foi possível que o motor voltasse a rodar corretamente no eixo e funcionando perfeitamente.

Para todo o reparo foi necessário um tempo de 00:50 (cinquenta minutos) e gerou um custo de R\$300,00.

## **DISCUSSÕES**

A manutenção preventiva é importante para que o proprietário previna qualquer dano futuro em seu veículo. É realizada para manter a função do sistema em condições compatíveis em requisito desempenho e confiabilidade. A manutenção preventiva é realizada em intervalos determinados previamente ou dependendo de critérios destinados a reduzir a probabilidade de falha ou degradação do funcionamento de um componente (BENETOLI, 2021).

Segundo Souza (2021), a manutenção preventiva tem como finalidade reduzir e/ou evitar falhas, prevendo o baixo desempenho do equipamento. Envolve tarefas de inspeção, substituição de componentes e possíveis reformas.

A bateria tem um período de vida, que quando ela descarrega pode ocasionar alguns problemas no automóvel. O proprietário do veículo quando chegou à oficina relatou essa possibilidade, porém ela se encontrava em perfeito estado. Os fabricantes consideram o fim de uma vida de uma bateria o momento em que sua capacidade de armazenamento cai abaixo de 80% de sua capacidade nominal (DENTON, 2018).

Segundo Benetoli (2021), quando ocorrem falhas por conta da falta de manutenção, desencadeia-se uma grande influência negativa na qualidade e produtividade do veículo. Pelo fato de o proprietário optar por não realizar a manutenção, quando retornou à oficina relatou que o veículo já não funcionava mais ao dar partida.

O proprietário relatou, ainda, que devido ao não funcionamento estava realizando o “tranco”. O tranco é uma condição que força o motor do veículo a girar, mimetizando a função do motor de arranque. Após o tranco, se o problema for só a bateria descarregada é possível restabelecer o funcionamento do motor

(MATEAZZO, 2022). Neste estudo foi realizado o teste na bateria e constatou-se que estava em perfeito estado, concluindo-se que o problema se encontrava no motor de arranque.

O proprietário do veículo foi alertado sobre problema de seu carro. Na ocasião, deveria ter sido realizada uma manutenção preventiva. No entanto, ele preferiu não realizar o reparo imediato, retornando à oficina após dois meses, quando foi necessária a manutenção corretiva. Por manutenção corretiva entende-se o processo de corrigir as falhas após sua ocorrência o que terá um desempenho menos que o esperado (ONOHARA, 2019).

Segundo Ataídes (2019), as desvantagens da manutenção corretiva são a ocorrência de falha em um momento inesperado e a possibilidade de uma falha em um componente que possa desencadear falhas em outros componentes. Uma porcentagem significativa desses problemas pode ser evitada caso feita a manutenção preventiva desses equipamentos.

Segundo dos Santos (2019), o motor de partida é uma peça que não demanda muita manutenção, mas, com o tempo, pode apresentar defeitos. Isso ocorre quando o proprietário do veículo opta por não realizar uma revisão preventiva.

O motor de arranque foi retirado para a realização do reparo. Foi verificada peça por peça e detectado que uma das engrenagens da planetária havia se quebrado. Engrenagens planetárias são acionamentos mecânicos com pelo menos uma engrenagem que, quando conectada a outras, gira em torno de uma engrenagem adjacente (ATHAYDE JUNIOR, 2021).

Segundo Silva (2021), mancal é como um dispositivo fixo fechado, onde é apoiado em um eixo e tem como função comportá-lo. Existem dois tipos para esse propósito: o mancal de deslizamento, no qual há uma bucha de material macio entre a base do mancal e o eixo, serve para baixas rotações; e o mancal de rolamento, adequado para maiores rotações. Após retirada do mancal foi possível observar o que causou o problema no veículo.

Segundo Pereira (2021), a manutenção preventiva tem uma vantagem em relação aos custos, o valor de uma manutenção recorrente tem um custo baixo comparado à intervenção corretiva.

Segundo Muduc (2021), o trabalho corretivo custa cerca de 3 a 4 vezes mais que o planejado. Algumas peças serão desperdiçadas, pois, quando danificadas,

muitas vezes não haverá possibilidade de serem recuperadas, necessitando a substituição por já não conseguirem exercer a sua função. Quando realizada a manutenção corretiva, o proprietário irá ter um gasto maior, como no estudo de caso, por não optar por um reparo imediato.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Mediante o exposto, o motor de arranque é uma peça que não necessita de muita manutenção. Todavia, com o tempo, pode apresentar defeitos que negligenciados acarretam o mal funcionamento da peça.

É notório que a manutenção preventiva, em casos como este, possui melhor custo-benefício, pois previne futuras falhas, aumentando a vida útil do motor e garantindo o bom funcionamento do veículo.

É importante citar que, quando não se realiza a manutenção, insistindo na utilização do veículo, aumenta-se a susceptibilidade de ocorrência de danos às peças, gerando um custo consideravelmente alto.

Assim sendo, é função da engenharia proporcionar planos de manutenção, evitando falhas e estoque de materiais, mantendo melhor disponibilidade de máquina

## **REFERÊNCIAS**

ANDRADE, R. M. Manutenção autônoma-benefícios do roteiro eletrônico de inspeção do operador: estudo de caso Braskem. 100fl. 2019. Orientado por Vasco Costa. **Tese de Doutorado** (Mestre em Ciências Empresariais) – Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2019.

ATHAYDE JUNIOR, P. G. W. *et al.* Projeto Preliminar de um Redutor Planetário com Múltiplas Entradas. 90fl. 2021. Orientado por Andrea Piga de Joinville. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharel em Engenharia Automotiva). Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville, 2021.

BENETOLI, P. H. Laboração De Um Plano De Manutenção Preventiva Para Um Auto Center Especializado Em Suspensão Automotiva. 43fl. 2021. Orientado por João Mário Mendes de Freitas. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Curso de Engenharia Mecânica) – FEPESMIG, fundação de ensino e pesquisa do sul de minas, Varginha, Minas Gerais, 2021.

DA SILVA, L. L. **Uma Abordagem Sobre A Manutenção Preventiva Como Meio Para Diminuir A Manutenção Corretiva**. Pitágoras, 2020.

DE ALMEIDA, P. S. **Manutenção Mecânica Industrial: Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada**. Saraiva Educação SA, 2018.

DE ATAIDES, L. S. A importância do plano de manutenção preventiva para o equipamento motosserra. 36fl. 2019. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Curso de Formação de Oficiais) - Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Brasília, 2019.

DENTON, T. **Veículos elétricos e híbridos**. Editora Blucher, 2018.

DOS SANTOS, C. H. F. Relatório de estágio curricular na empresa reunidas transportes. 27 fl. 2019. Orientado por Érico Candineli Braz. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Curso Técnico Integrado em Eletrônica). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Natal, Rio Grande do Norte, 2019.

ESPINDULA, L. G. Manutenção Preditiva E A Indústria 4.0 Um Estudo De Caso Da Implementação De Um Sistema De Monitoramento On-Line De Ativos. 45fl. 2021. Orientado por Cleber Caetano Thomazi. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, 2021.

LALLI, F. **Conheça o motor de partida**. Carro, 2019. Disponível em: <https://revistacarro.com.br/conheca-o-motor-de-partida/>. Acesso em: 10.out.2022.

LIMA, H. M. A. análise de confiabilidade e falhas através do fmea em motores de partida pneumáticos de motores de ciclo otto turbinados e aspirados movidos a gás natural. 78 fls. 2018. Orientado por Rudson de Souza Lima. **Monografia** (graduação de engenharia mecânica). Universidade Federal Rural do Semiárido. CARAÚBAS, Rio Grande do Norte, 2018.

LIMA, A. L. da C. D.; ARANHA, V. M.; SPERANDIO, E. G. **Manutenção preditiva aplicada a ambientes de missão crítica de supercomputação utilizando inteligência artificial: Uma revisão sistemática de literatura**. SIINTEC, 2021. Disponível em: <https://pdf.blucher.com.br/engineeringproceedings/siintec2019/82.pdf>. Acesso em: 10.out.2022.

LODDI, W. P. Análise do sistema de manutenção preventiva de aparelhos de ultrassonografia em hospital de alta complexidade, ensino e pesquisa. 100fl. 2020. Orientado por Altacílio A. Nunes. **Tese de Doutorado** (Mestre em Ciências) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 2020.

MATEAZZO, A. S. Ensino de conceitos básicos de Termodinâmica utilizando um motor de combustão interna. 138fl. 2022. Orientado por James Alves de Souza. **Dissertação de Mestrado** (Pós-Graduação De Mestrado Profissional Em Ensino De Física) – Universidade Federal de São Carlos, Campus Sorocaba, Sorocaba, 2022.

MONTEIRO, L. *et al.* Estudo de caso: uma metodologia para pesquisas educacionais. **Ensaio Pedagógico**, v. 2, n. 1, p. 18-25, 2018.

MUDUC, S. Análise de custo-benefício da manutenção corretiva versus manutenção preventiva das infraestruturas da Guarda Nacional Republicana. 134fl. 2021. Orientado por David Pascoal Rosado. **Tese de Doutorado** (Administração da Guarda Nacional Republicana) – RCFTIA, Lisboa, 2021.

ONOHARA, E. Y. Manutenção automotiva preventiva: na ótica do proprietário da oficina. 29fl. 2019. Orientado por Cristiano Henrique Antonelli da Veiga. **Trabalho de conclusão De Curso** (Bacharel em Ciências Contábeis) – Universidade Federal De Uberlândia, Uberlândia, 2019.

PEREIRA, M. C. *et al.* Projeto Para Implementação Da Manutenção Preventiva: Review com estudo de caso simulado. **Revista Científica e-Locução**, v. 1, n. 20, p. 27-27, 2021.

SALES, N. dos S. A importância da padronização da manutenção corretiva e preventiva como redução de tempo. 52fl. 2020. Orientado por Elaine Carvalho de Lima. **Monografia**. (Graduação em Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Centro, Manaus, 2020.

SILVA, R. de O. *et al.* A importância dos mancais e rolamentos como elementos de máquinas. 46fl. 2022. Orientado por Savio Raider Matos Sarkis. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Centro, Manaus, 2021.

SOUZA, S. N. da S. Geração de energia elétrica a gás natural no município de Caapiranga-AM. 2021. 45 f. **Monografia**. (Graduação em Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Centro, Manaus, 2021.

# **A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA DO ALTERNADOR NO AUTOMÓVEL**

**ACADÊMICOS:** Matheus de Souza Lalau, Thaylon Tonon Pereira

**ORIENTADOR:** Carlos Eduardo Marques Cerqueira

**LINHA DE PESQUISA:** Robótica e Automação

## **RESUMO**

A manutenção envolve todos os procedimentos fundamentais para manter ou realocar um objeto em uma posição na qual possa executar a função exigida. Com a preocupação de evitar defeitos e paradas inesperadas deve ser feita a manutenção preventiva, que ocorre de maneira periódica de modo planejado e controlado. Quanto maior o investimento em manutenção preventiva, menor a probabilidade de que uma manutenção corretiva seja realizada, resultando em menores custos de manutenção. Este trabalho tem o objetivo de relatar casos reais de defeitos sinalizados pelo alternador, comparando o custo em diferentes situações de manutenção. Portanto, consiste em um estudo descritivo com abordagem quantitativa e pode ser caracterizada como um estudo de caso. O alternador é um componente mecânico que fornece corrente ao carro, garante o funcionamento em todas as condições de desempenho do veículo e do consumidor, além de auxiliar no carregamento da bateria. No presente trabalho, foram relatadas três diferentes situações em que o alternador do veículo revelou problemas, sendo necessários reparos em uma auto elétrica. Esses casos foram analisados nos meses de maio a julho 2022 na cidade de Raul Soares-MG. Percebeu-se, portanto, que a manutenção preventiva se mostrou a melhor opção para reduzir custos futuros com manutenção e reparo, além de garantir maior confiabilidade ao carro.

**PALAVRAS-CHAVE:** Manutenção; Alternador; Automóvel.

## **INTRODUÇÃO**

Segundo a norma NBR 5462/1994, a manutenção envolve todos os procedimentos fundamentais para manter ou realocar um objeto em uma posição na qual possa executar a função exigida (ABNT, 1994).

Com a preocupação de evitar defeitos e paradas inesperadas, deve ser feita a chamada manutenção preventiva, a qual necessita ocorrer periodicamente de modo planejado e controlado (ALMEIDA, 2018).

É notório que um motorista que não realiza manutenções preventivas periodicamente sofrerá 38% a mais de danos em seu veículo quando comparado àqueles que procuram a manutenção regularmente. Nestas situações, além da chance de avarias ser muito superior, o valor gasto com manutenção do automóvel será muito maior (MOTORTEC AUTOMECHANIKA MADRID, CETRAA, 2019).

De acordo com Correia (2016), quanto maior o investimento em manutenção preventiva, menor a probabilidade de que uma manutenção corretiva seja realizada, resultando em menores custos de manutenção. Assim, a manutenção preventiva deve ser vista como um investimento, não um custo.

Os automóveis possuem peças que podem sofrer desgastes naturalmente ou em razão do constante uso do equipamento (SILVA, PIROLA, CANENSE, 2017). Dentre essas, encontram-se os alternadores. Os alternadores são responsáveis por fornecer corrente elétrica necessária para o funcionamento de todos os sistemas elétricos, tal como recarregar a bateria do veículo (BARCHI, 2018).

Dentre as causas de problemas nos alternadores estão a sobrecarga elétrica ou térmica resultante, falta de ventilação, irradiação inapropriada de calor e componentes defeituosos no sistema elétrico (OLIVEIRA, SIMEÃO, 2018).

Portanto, objetiva-se, com este trabalho, relatar casos reais de defeitos sinalizados pelo alternador, comparando o custo em diferentes situações de manutenção.

Diante de excessivos custos da manutenção em meio à crise econômica, este trabalho é importante para advertir o quanto uma avaliação preventiva, em especial do alternador, pode propiciar procedimentos mais econômicos e rápidos quando o veículo for encaminhado à oficina para reparos.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **Manutenção**

De acordo com Gregório (2018, *apud* SANTOS, 2022), manutenção é uma palavra derivada do latim, que significa “manter o que se tem.” A manutenção pode ser um conjunto de medidas técnicas e administrativas destinadas a manter ou restaurar um item em uma condição em que possa desempenhar uma função requerida. A capacidade necessária de um elemento é o conjunto de capacidades fundamentais para executar uma ação específica (GREGÓRIO, 2018, *apud* SANTOS, 2022).

Para melhorar o entendimento do conceito de manutenção, é necessário entender a diferença entre defeito, falha e pane.

Segundo a norma NBR 5462/1994, a definição de defeito é “Qualquer desvio de uma característica de um item em relação aos seus requisitos”. “Um defeito pode, ou não, afetar a capacidade de um item em desempenhar uma função requerida”.

O conceito de falha é o “Término da capacidade de um item desempenhar a função requerida.” Após ocorrer a falha, irá ocorrer a pane, situação em que a máquina é incapaz de realizar qualquer função determinada (ABNT, 1994).

Em conformidade com Fernando Neto (2021), a manutenção é classificada de maneira diferente dependendo de como e quando é executado o reparo, por exemplo: antes de acontecer um defeito, após o defeito ou a falha ou inclusive posterior à pane.

Segundo Dall' Agnese (2020), os principais tipos de manutenção são definidos como preventiva e corretiva. A manutenção inicial é realizada antes que o dispositivo se torne defeituoso, isso geralmente é recomendado pelo fabricante e informa sobre as etapas necessárias e os intervalos de tempo que você precisa executar. A segunda é feita quando o aparelho apresenta um erro e requer correção imediata. Tendo isso em vista, pode-se entender que a manutenção preventiva é mais segura em relação a corretiva.

A melhor maneira de evitar tratar uma falha como uma opção é eliminar a possibilidade de que a falha ocorra sob qualquer condição ou situação (BRAIDOTTI, 2016).

## **MANUTENÇÃO PREVENTIVA**

Como aponta Lopes (2019), manutenção preventiva é uma abordagem consciente de reparos feitos com o objetivo de evitar ou reduzir o número de ocorrências de falhas inesperadas no equipamento. Ela é benéfica economicamente nos gastos de peças necessárias para a reparação da máquina e na preparação antecipada dos recursos exigidos para não carecer no momento da execução do reparo.

Os serviços de manutenção para máquinas não defeituosas — ou seja, máquinas em condições de funcionamento ou sem defeitos — podem ser descritos como manutenção preventiva, conforme afirma Candido (2018). Os benefícios de manutenção eficiente abrangem:

maior segurança, maior confiabilidade, melhor qualidade [...], custos operacionais menores [...], maior vida útil da tecnologia de processo e 'valor final' maior (porque instalações bem conservadas são, geralmente, mais fáceis de serem vendidas no mercado de segunda mão) (SLACK *et al.*, 2016, p. 607).

Em consonância com Kardec e Nascif (2009), a manutenção preventiva garante a gestão das melhores práticas, equilíbrio de recursos e previsibilidade do



consumo de materiais. O tempo de inatividade do equipamento, por outro lado, é uma prática rotineira. Na manutenção preventiva, destacam-se três pontos: intervalos predeterminados, critérios específicos e redução da probabilidade de falhas (TELES, 2019).

Para Teles (2019), os custos de manutenção preventiva podem se tornar altos se usados equivocadamente, pois esse tipo de manutenção resulta apenas em equipamentos cujas falhas estão diretamente relacionadas à idade do equipamento. Aplica-se apenas a 11% dos dispositivos.

## **ALTERNADOR E SEUS COMPONENTES**

Segundo Bosch (2005), um alternador é um componente mecânico que fornece corrente ao carro, garante o funcionamento em todas as condições de desempenho do veículo e do consumidor, além de auxiliar no carregamento da bateria.

De acordo com Polatti (2019), o alternador do carro usa a rotação da máquina primária para carregar a bateria do veículo. Portanto, é responsável por converter a energia cinética do motor em energia elétrica, para alimentar as cargas do sistema (eletrônicos e outros componentes do veículo que requerem energia elétrica). Como resultado, o alternador fica exposto a altas temperaturas e ambientes externos afetados. Além de que, por estar conectado ao motor, o alternador deve suportar às forças centrífugas e abrasivas devido à rotação, continuando a operar silenciosamente (DIAS, 2015).

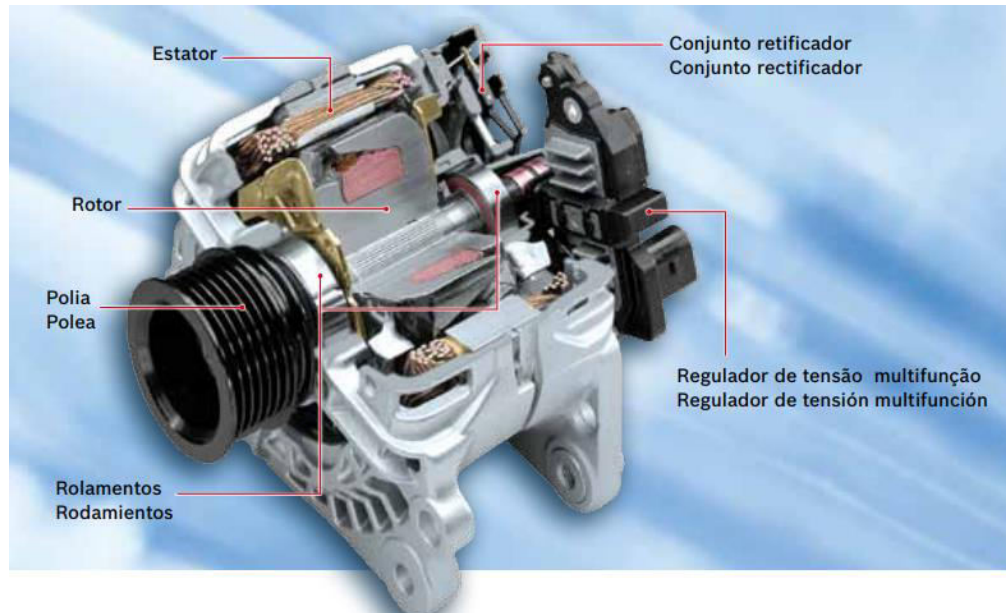
À medida que os veículos estão se tornando cada vez mais tecnológicos, muitos acessórios elétricos são anexados ao veículo, incluindo: reguladores de vidros, travas elétricas, condicionadores de ar, direção hidráulica e muitos outros aparelhos que necessitam de energia elétrica para funcionar. Quanto mais dispositivos elétricos existem, mais energia elétrica é consumida (BOSCH, 2012).

Diante dessas afirmações, fica nítida a necessidade de um sistema de geração de energia, para atender a todos os requisitos de segurança e atingir o bom funcionamento do veículo (POLATTI, 2019).

É recomendado a revisão no alternador e na bateria pelo menos uma vez por ano, para evitar avarias e garantir maior segurança, economia de combustível e bom funcionamento. Se o alternador falhar, o automóvel dependerá da bateria, que será totalmente sobrecarregada e descarregada dentro de algumas horas. A manutenção

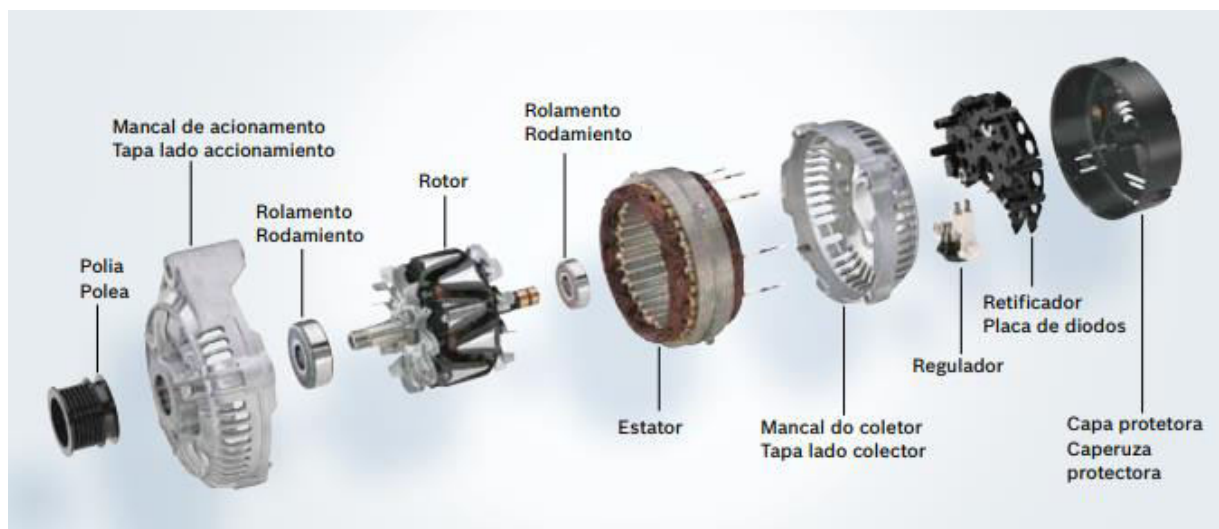
preventiva e alguns cuidados de rotina podem prolongar a vida útil de ambos os tipos de equipamentos (BRUNETTI, 2012).

São apresentados, nas Figuras 1 e 2, os principais componentes de um alternador:



**Figura 1** – Principais componentes de um alternador veicular (Conjunto)

**Fonte:** Catálogo BOSCH, 2012



**Figura 2** – Principais componentes de um alternador veicular (separados)

**Fonte:** Catálogo BOSCH, 2012

## METODOLOGIA

De acordo com os meios de análise, o trabalho exibido consiste em um estudo descritivo com abordagem quantitativa e pode ser caracterizada como um estudo de caso. Trata-se da análise e descrição, claramente detalhadas, de um acontecimento ou um fenômeno investigado (PEREIRA *et al.*, 2018).

O trabalho foi realizado precisamente em uma oficina Auto Elétrica, localizada na cidade de Raul Soares, município da Zona da Mata Mineira, a aproximadamente 220 KM da capital Belo Horizonte.

Neste trabalho foram relatadas três diferentes situações em que o alternador do veículo apresentou problemas e necessitou de reparos na referida oficina. Esses casos foram analisados entre os meses de maio a julho 2022.

### **Caso 1**

O primeiro caso ocorreu no dia 07/05/2022, quando um cliente — que habitualmente realiza manutenções periódicas a cada 3 meses — procurou a oficina para uma avaliação, pois iria realizar uma viagem longa com seu veículo *Siena Celebration* 2009.

Foram checados todos os equipamentos do carro, entre eles o alternador. todos os seus componentes foram verificados em uma bancada. Constatou-se apenas a necessidade de lubrificação do rolamento.

Após a lubrificação, o alternador foi reinstalado e o carro permaneceu em perfeitas condições de funcionamento para a viagem do cliente. Assim, ele não correu riscos de ser surpreendido com falhas no referido dispositivo ao longo do caminho. O serviço durou aproximadamente 01:20h para ser concluído e o custo foi de R\$ 80,00.

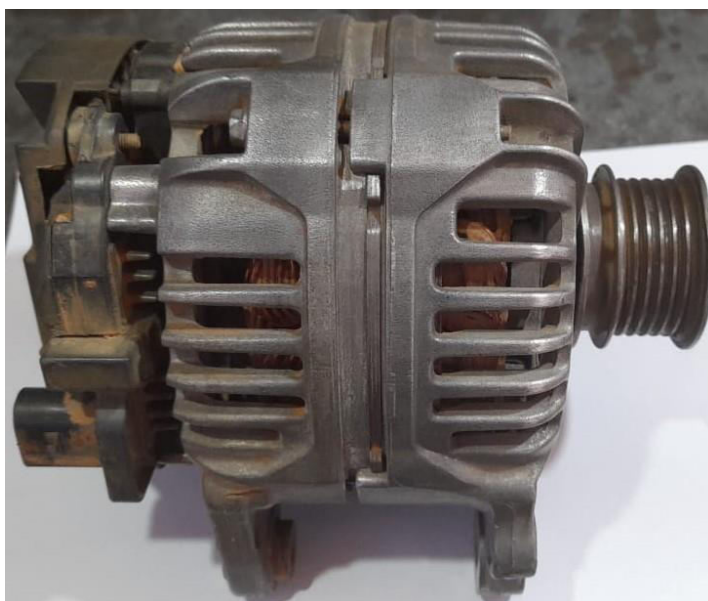


Figura 3 – Alternador conservado.  
Fonte: Arquivo pessoal

## Caso 2

O segundo caso ocorreu no dia 21/06/2022. Por volta das 10:00h da manhã, o proprietário do veículo Palio Fire 2008 compareceu à oficina e queixou-se que seu carro “apresentava um ruído estranho ao dirigir”.

Ao abrir o capô, foi observado que, ao ligar o carro, o barulho era proveniente do alternador. Este foi retirado e levado para a bancada onde foi desmontado.

Verificou-se que os rolamentos estavam muito desgastados e sem lubrificação, o que possivelmente ocasionava o ruído relatado pelo proprietário.

Foi realizada a substituição dos rolamentos do alternador e este foi realocado no veículo.

O serviço levou cerca de 01:40h para ser executado e teve um custo de R\$ 160,00.



Figura 4 – Rolamentos com desgaste.  
Fonte: Arquivo pessoal

## Caso 3

O terceiro caso aconteceu no dia 02/07/2022. O proprietário de um veículo Gol Geração 2 relatou que seu carro estava apresentando um ruído. Contudo, decidiu continuar a dirigir, mesmo após a luz de indicação da bateria do painel acender.

De acordo com o relato do proprietário, “eu estava seguindo para a casa da minha mãe e o carro deu um grande tranco e um barulho alto”. Imediatamente, após o ocorrido, o proprietário encaminhou o automóvel para a oficina.

Quando o capô foi aberto detectou-se, rapidamente, que a correia do alternador havia se rompido e os rolamentos apresentavam-se totalmente travados.

O alternador foi retirado, levado para a bancada e desmontado. Com esse procedimento, foi possível detectar que o rotor do alternador estava desgastado e girando fora do centro e as escovas do regulador estavam quebradas.

Foi necessário realizar a substituição dos seguintes componentes: rolamentos, rotor, regulador e correia.

O serviço demorou 02:30h para ser finalizado e custou R\$780,00.

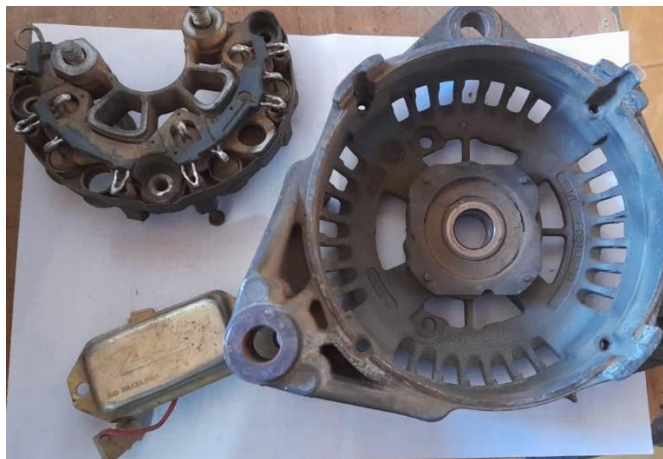


Figura 5 – Rolamentos com desgaste.  
Fonte: Arquivo pessoal

## DISCUSSÕES

Em uma auto elétrica, são efetuados todos os tipos de manutenção em automóveis, como substituição ou restauração de peças, instalação de equipamentos e acessórios, monitoramento e diagnóstico de falhas. Entre os serviços fornecidos ressalta-se a manutenção em alternadores, motor de arranque, troca de correias, e outros (NASCIMENTO, PEREIRA, 2018). A auto elétrica em questão é uma empresa familiar onde toda a gestão e serviços prestados são realizados pelos proprietários.

Para condução dos casos, foi essencial desmontar os alternadores para identificar os componentes defeituosos em cada caso (ROCHA, 2022).

O primeiro caso é referente a um veículo Siena Celebration ano 2009. Nesse caso o proprietário foi até a oficina realizar uma manutenção preventiva, já que o carro não apresentava nenhum tipo de problema. Slack, Brendon-Jones e Johnston (2016) abordam que quanto mais frequentemente os reparos preventivos são feitos, menos prováveis são as falhas. Assim, ainda segundo os autores, quando a manutenção é feita de forma periódica reduz a chance de falha, além de aumentar a vida útil do equipamento.

Ao ser feita uma análise do carro e ser examinado o alternador, foi constatado que poderia ser realizada apenas uma lubrificação nos rolamentos. Segundo a NSK

(2018), o objetivo da lubrificação do rolamento é reduzir o atrito e o desgaste interno para evitar falhas prematuras. Tal como acontece com todos os tipos de manutenção, a manutenção preventiva possui algumas desvantagens, que, conforme Gregório e Silveira (2018), podem gerar custos desnecessários com a substituição de peças funcionais. Além do custo de mão de obra ao realizar a manutenção preventiva precocemente, também se considera a introdução de defeitos inexistentes devido a erro humano, peças faltantes e danos durante partidas e paradas.

Já no segundo caso, a manutenção foi feita no primeiro sinal de irregularidade. O proprietário do veículo Palio Fire ano 2008 relatou que percebeu um ruído ao dirigir. Esse ruído era proveniente dos rolamentos do alternador, que, de acordo com Vasconcelos (2016), quando defeituoso, como qualquer outro componente do dispositivo, tem uma frequência característica em função da localização do defeito e isso justifica o barulho evidenciado pelo proprietário.

Os rolamentos são um dos componentes mais sensíveis a falhas, pois enfrentam problemas como: desalinhamento e desequilíbrio, montagem inadequada, lubrificação deficiente, sobrecarga imprevista, desgaste por contaminação, fadiga superficial das pistas ou elementos rolantes (CARVALHO, 2019) podendo, assim, ocasionar maior vibração na peça. Conforme Oliveira (2021), essas vibrações podem ser as causas desses ruídos, além de afetar o consumo de energia e afetar a qualidade, podendo, dessa forma, danificar seriamente o equipamento, tornando-o inutilizável.

No alternador, especificamente nos rolamentos, a vibração acelera os problemas e a sua deterioração. A própria vibração pode causar alguns danos se essas causas não forem tratadas (SOUZA, 2019). Assim sendo, é preciso a substituição desses rolamentos desgastados e o adicionamento de novos rolamentos, tornando, então, fundamental a manutenção ao menor sinal de anomalia.

Entre os componentes mecânicos, os rolamentos são um dos elementos de conexão mais importantes e mais usados entre os componentes com movimento de rotação. Sua falha geralmente leva ao tempo de inatividade do equipamento, resultando em perdas significativas em qualquer operação (VASCONCELOS, 2016; OLIVEIRA, 2021). Assim, no terceiro caso, houve negligência do proprietário do

veículo Gol Geração 2. Este ignorou totalmente a sinalização de um problema que se iniciou pequeno e evoluiu para uma situação mais complexa.

O atraso em ser feita a manutenção desencadeou complicações no alternador acarretando avarias em várias peças cruciais para o funcionamento do equipamento e, conseqüentemente, do funcionamento total do veículo. Além disso, outros inconvenientes ocorrem, como a demora para realização do reparo e os altos custos para a substituição das peças defeituosas. Um problema se iniciou com um ruído vindo dos rolamentos — assim como no segundo caso — e que teve sua origem a partir de pequenas fissuras sob a superfície dos elementos rolantes. Isso vai se propagando ao longo da superfície, produzindo vibrações perceptíveis e aumentando os níveis de pressão sonora (CARVALHO, 2019). Conforme mencionado por Souza (2019), as vibrações aceleram os problemas e a deterioração do equipamento e a própria vibração pode causar alguns danos se essas causas não forem tratadas.

Quando o motor está em funcionamento, ele aciona, por uma correia, vários equipamentos, dentre eles o alternador. Quando é acionado, este fornece energia elétrica para todos os consumidores e recarrega a bateria (CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 2013). No primeiro olhar para o problema, notou-se a correia do alternador rompida, possivelmente, a causa do rompimento pode ter sido fim da vida útil, a sobrecarga na transmissão ou tensionamento incorreto (CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2021). Os rolamentos foram afetados pelos elevados desgastes que impossibilitaram o movimento destes e, assim, exigindo o máximo da correia. A correia teve que ser substituída por uma nova, assim como os rolamentos.

Nesse caso, o rotor e o regulador também estavam avariados. Segundo Oliveira e Simeão (2018), o rotor tem a função de criar um campo magnético que gera corrente elétrica, as principais falhas encontradas nos rotores são os curtos-circuitos entre os fios da bobina que reduzem ou, até mesmo, eliminam completamente a capacidade de gerar corrente. Curtos-circuitos em estruturas de aço também podem ser encontrados em rotores, inutilizando as peças. Esses defeitos geralmente são causados pelo envelhecimento do isolamento do fio de cobre ou pelo manuseio incorreto das peças.

A função do regulador é proteger os equipamentos que utilizam a energia gerada pelo alternador, controlando a tensão produzida em cada faixa de rotação do

motor. Assim, limita esta tensão para evitar picos de corrente que podem danificar cargas elétricas, também evita que a bateria do carro seja sobrecarregada (OLIVEIRA, SIMEÃO, 2018).

As principais causas de falhas nos rotores e reguladores de um veículo podem ocorrer devido à entrada de contaminantes abrasivos levando à obstrução da rotação do rotor e ao rompimento de sua bobina e, também, à entrada de componentes metálicos externos em contato com a bobina do rotor, causando a ruptura e a queima das escovas do regulador de tensão. Essas falhas geram superaquecimento no alternador (MAHLE, 2020). Quando defeituosos, a lâmpada indicativa do painel acende, alertando o motorista da revisão necessária. Todavia, no caso em questão, o proprietário ignorou totalmente a recomendação.

No presente trabalho, foram comparados os custos de cada peça que precisou substituir tendo em vista os diferentes tipos de manutenção utilizado. Na tabela a seguir, contém os preços do serviço geral do alternador, levando em conta o tempo de execução. Esse método foi utilizado como critério de comparação dos casos existentes.

**Tabela 1** – Custo e tempo de serviço no alternador.

SITUAÇÃO	CUSTO MANUTENÇÃO	TEMPO DE SERVIÇO	CUSTO POR MINUTO
	R\$		R\$
CASO 1	80,00	01:20	1,0
	R\$		R\$
CASO 2	160,00	01:40	1,6
	R\$		R\$
CASO 3	780,00	02:30	5,2

**Fonte:** Arquivo pessoal

Pode se notar, pela tabela, que, no segundo, caso houve um custo com diferença mínima comparado com o primeiro; tanto no preço quanto no tempo do serviço. Já no terceiro caso é nítido o custo superior do preço e tempo comparando as outras situações. É possível verificar que os valores da manutenção corretiva são superiores à preventiva em todas as cenários, comprovando a relevância de se fazer manutenção preventiva periodicamente.

O proprietário deve saber o momento de se fazer a manutenção preventiva de maneira correta, pois algumas desvantagens podem ocorrer se usada de maneira ineficiente. Como abordado por Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018), manutenção preventiva pouco frequente custará menos, mas resultará em maiores chances de se fazer manutenção corretiva, e, portanto, sendo mais caro. Por outro



lado, a manutenção preventiva muito frequente é mais cara, mas diminuirá os custos necessários de ter que fornecer manutenção por falha. No entanto, monitorando, constantemente, um equipamento criam-se condições para reduzir custos de manutenção e evitar reparos desnecessários e paradas inesperadas, possibilitando, assim, a máquina operar de maneira segura e por maior tempo. As falhas nas máquinas são exacerbadas na proporção de sua gravidade, permitindo que grandes reparos sejam evitados quando o problema for identificado (ONOHARA, 2019 *apud* WYREBSKI, 1997; ALMEIDA, 2000; KARDEC, NASCIF, 2009; SILVA et al, 2013).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que realizar a manutenção preventiva não deve ser visto como um gasto dispendioso, mas sim como uma medida para reduzir custos futuros com manutenção e reparo, além de garantir maior confiabilidade para o carro. Negligenciá-la pode afetar algumas partes do veículo que precisam ser substituídas, podendo-se chegar a um efeito bola de neve que degrada os componentes do veículo, além de colocar em risco a vida do motorista tendo em conta a possibilidade de um acidente por falta de manutenção prévia.

Uma maneira de conscientizar os proprietários de veículos sobre a realização de manutenção preventiva é os fabricantes e revendedores exporem regularmente comparações de custos entre manutenção preventiva e manutenção corretiva, problemas potenciais e desgaste em termos de custo e segurança.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Paulo Samuel. **Gestão da Manutenção Aplicado às Áreas Industrial, Predial e Elétrica**. 3. Ed. São Paulo: Saraiva Educação S.A, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR-5462: Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT. 1994.

BARCHI, Fernando Felipe. **ANÁLISE DE CAUSA RAIZ EM ALTERNADOR VEICULAR**. 2018. 33 f. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

BOSCH, Robert. **Manual de tecnologia automotiva**. 25. ed. São Paulo: EdgardBlücher. 2005.

BOSCH, **Alternadores, Motores de Partida e Principais Componentes**. São Paulo: BOSCH, 2012.

BRAIDOTTI, José Wagner. **A falha não é uma opção**: Aprenda com entender, tratar e eliminar a ocorrência de uma falha funcional. 2. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2016.

BRUNETTI, Franco. **Motores de Combustão Interna**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2012.

CATÁLOGO da fabricante NSK Brasil Rolamentos. 2013. Disponível em: [https://www.nsk.com.br/upload/file/Catálogo%20Geral%20NSK\(1\).pdf](https://www.nsk.com.br/upload/file/Catálogo%20Geral%20NSK(1).pdf). Acesso em 01 out. 2022.

CANDIDO, Alisson Luís. **Manutenção preventiva e preditiva na indústria de alimentos**. Orientador: Jonathan Oliveira Nery. 2018. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Centro universitário do sul de minas, Varginha, 2018.

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 7., 2013, Itatiaia, RJ. **Otimização da polia do alternador para motores automotivos de veículos de passeio** [...]. Penedo: ABCM, 2013. 11 p.

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 11., 2021, Recife. **Sistema de Manutenção Centrada na Confiabilidade: um estudo de caso em um moinho martelo de uma indústria de reciclagem** [...]. Recife: APREPO, 2021. 12 p.

CORREIA, Filipe Emmanuel Porfírio. **Sistema para manutenção preventiva de academias de ginástica**. Orientadora: Vanessa Batista Schramm. 2016. 44 f. Monografia (Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, 2016.

CARVALHO, Danilo. **Desenvolvimento de um sistema de baixo custo para detecção precoce de desgaste em rolamentos de motores de indução trifásicos usando análise de vibrações**. Orientador: José Luís Duarte Ribeiro. 2019. 150 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Porto Alegre, 2019.

DALL' AGNESE, Marco Antônio. **Análise da confiabilidade da manutenção em tratores de uma empresa de produção agrícola**. Orientador: Juan Pablo Raggio Quintas. 2020. 20 f. Monografia de Trabalho de Conclusão do Curso (Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

DIAS, Anderson Luiz. **Funcionamento e detalhes do alternador do sistema elétrico dos automóveis com motor de combustão interna**. 2015. Disponível em: <https://carrosinfoco.com.br/2015/05/funcionamento-e-detahes-do-alternador-do-sistema-eletrico-dos-automoveis-com-motor-de-combustao-interna/>. Acesso em 02 jun. 2022.

GREGÓRIO, Gabriela Fonseca Parreira; SILVEIRA, Aline Moraes. **Manutenção Industrial**. Porto Alegre: SAGAH, 2018.

LOPES, Carla Sofia Oliveira. **Gestão da Produção e da Manutenção Preventiva de Equipamentos na Indústria Automóvel**. Orientador: José Manuel Torres Farinha. 2019. 186 f. Tese (Engenharia e Gestão Industrial) - Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, 2019.

MAHLE. **Manual de falhas prematuras em alternadores e motores de partida**. 2020. Disponível em [https://www.mahle-aftermarket.com/media/local-media-latin-america/catalogs/brasil/pdf-catalogos/2019-manual-de-falhas-prematuras-letrika\\_web.pdf](https://www.mahle-aftermarket.com/media/local-media-latin-america/catalogs/brasil/pdf-catalogos/2019-manual-de-falhas-prematuras-letrika_web.pdf). Acesso em 12 set. 2022.

MOTORTEC AUTOMECHANIKA MADRID e CETRAA destacam a importância da conscientização para a correta manutenção dos veículos. **CETRA**, Madri, 5 mar, 2019. Disponível em: <https://www.cetraa.com/motortec-automechanika-madrid-y-cetraa-destacan-la-importancia-de-concienciar-para-el-correcto-mantenimiento-de-los-vehiculos/>. Acesso em: 05 mai. 2022.

NASCIMENTO, Lydianara; PEREIRA, Graziela Fátima. **ANÁLISE DO IMPACTO DA UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA NA DIMINUIÇÃO DE CUSTOS: Estudo de caso em uma Auto Elétrica**. 2018.

NETO, Felipe Fernandes. **Plano de lubrificação de caldeira à biomassa e de seu sistema de alimentação**. 2021. 95 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2021.

OLIVEIRA, Geraldo do Carmo; SIMEÃO, Juliano Daniel. Alternadores, uma fonte eficiente de energia automotiva. *In*: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, n. 5. 2018, Maceió. **Anais [...]** Maceió, 2018.

OLIVEIRA, Leomar Pereira. **Análise de Vibração em Mancais Rotativos para Manutenção Preditiva, utilizando Coletor/Analisador de Vibrações**. Orientador: Profa. Dra. Marinés Chiquiquirá Cavajal Bravo Gomes. 2021. 48 p. Monografia – Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, 2021.

ONOHARA, Edson Yassuo. **Manutenção automotiva preventiva: na ótica do proprietário da oficina**. Orientador: Cristiano Henrique Antonelli da Veiga. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Contábeis) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

PEREIRA, Adriana Soares; SHITSUKA, Dorlivete Moreira; PARREIRA, Fabio José; SHITSUKA, Ricardo. **Metodologia da pesquisa científica**. Santa Maria: UFSN, NTE, 2018.

POLATTI, Matheus; VOGELSANGER, Eduardo. **Desenvolvimento de um gerador síncrono de baixo custo a partir de um alternador automotivo**. Orientador: Thiago de Paula Machado Bazzo. TCC (Curso de Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

ROCHA, Jéferson da. **Análise de falhas na geração de protocolo de comunicação com a ECU de alternadores que utilizam reguladores**

**multifunção.** Orientador: Manoel Henrique Alves. Monografia de Trabalho de Conclusão do Curso (Engenharia Mecânica) - Centro Universitário Ritter dos Reis, Porto Alegre, 2022.

SANTOS, Maicon Willian Moreira. **Análise de falhas de uma frota de equipamentos móveis em uma mineradora do estado de minas gerais.** Orientador: Zirlene Alves da Silva Santos. 2022. 70 f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2022.

SILVA, Emmanuel Marques; PIROLA, Erika Nogueira; CANENSE, Emiliano Joel Estigarribia. Quanto custa andar de carro: um estudo comparativo entre veículos nacionais. **Gestão Contemporânea**, Vila Velha, v. 7, n. 1, p. 82-112, abr. 2017. Disponível em: <http://revistaadmmade.estacio.br/index.php/gestaocontemporanea/article/viewFile/9139/47967374>. Acesso em: 10 mai. 2022.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção.** 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2016.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção.** 8ª ed. São Paulo: Atlas, 2018.

SOUZA, Elisson David Rebouças. **Desenvolvimento Experimental de uma Bancada para Estudo da Dinâmica de Sistemas Rotativos.** Trabalho de Conclusão (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal Rural do SemiÁrido – UFRS, Caraúbas, 2019.

TELES, Jhonata. **Bíblia do RCM:** O guia completo e definitivo da manutenção centrada na confiabilidade na era da indústria 4.0. São Paulo: Érica, 2018. Brasília: Engeteles, 2019.

VASCONCELOS, N. **Técnicas de análise de defeito em rolamentos. Técnica tradicional, nova tecnologia e perspectivas de uso na açominas.** Congresso Brasileiro de Tecnologia em aço. Belo Horizonte, 2016.

# **AVALIAÇÃO DO TEMPO DE UTILIZAÇÃO E DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL DE EMPILHADEIRAS UTILIZADAS EM UM ARMAZÉM DE CAFÉ DA ZONA DA MATA MINEIRA**

**Acadêmicos:** Ronaldo de Araújo Filho e Yuri Teixeira de Souza

**Orientador:** Cassiano Anthony de Melo Rocha

**Linha de Pesquisa:** Veículos automotivos, materiais rodantes, transportadores e elevadores

## **RESUMO**

Desde a revolução industrial, no século XX, até os dias atuais, a necessidade de movimentar cargas pesadas nas indústrias cresceu. Com o crescimento do setor industrial, a demanda por agilidade e necessidade de produção em largas escalas, têm-se o aumento dos setores de logística interna em indústrias de commodities, onde comumente são utilizadas empilhadeiras para a movimentação de matéria prima. Com a adesão da cultura de preservação do meio ambiente, as empresas vêm adotando políticas não somente internas, mas também incentivos dos órgãos públicos responsáveis para minimizar os impactos ambientais gerados pela emissão de gases poluentes durante processo produtivo de beneficiamento de grãos. O objetivo do estudo foi analisar dados de abastecimento de GLP em empilhadeiras movidas a combustão interna com diferentes horas rodadas em uma empresa localizada na Zona da Mata Mineira. Sendo utilizado o teste ANOVA, com o intuito de analisar diferenças estatísticas no grupo avaliado e para identificar quais empilhadeiras apresentaram diferenças estatísticas significativas, fez-se necessário a aplicação do teste de Tukey de forma complementar. Constata-se que as máquinas que possuíam um tempo maior de horas rodadas apresentaram um consumo elevado de combustível em relação a máquina com menos horas rodadas, e, conseqüentemente, uma maior emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa. A partir disso, a empresa poderá colocar planos de ações em prática, como por exemplo a troca por novas empilhadeiras, o que trará retornos financeiros e ambientais em virtude da redução do consumo de GLP e a redução da emissão de gases poluentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** gás liquefeito de petróleo; glp; empilhadeiras; commodities agrícolas; consumo.

## **INTRODUÇÃO**

Com o avanço da tecnologia, as empresas vêm adaptando seus processos visando manter uma produtividade alta, com um custo operacional reduzido, e conseqüentemente um produto competitivo no mercado (SILVA, 2017). O mercado cafeeiro segue no mesmo ritmo, e um dos exemplos são as operações internas dentro dos armazéns de cafés com a substituição da estocagem de sacarias de 60kg para *big bags* autônomos com capacidade de 1.500kg, que são transportados por empilhadeiras. Este tipo de modernização reduz a mão de obra humana, aumentando a produtividade e a segurança dos colaboradores (EMBRAPA, 2017).

As empilhadeiras são máquinas versáteis e amplamente utilizadas em serviços de içamentos de cargas, movimentações de pallets, etc. Existem quatro tipos de combustíveis que são utilizados para o funcionamento dessas máquinas: a gasolina, o diesel, o gás liquefeito de petróleo (GLP) e a energia elétrica. Os mais utilizados são gasolina e o GLP, derivados do petróleo. Porém, são fontes de energia não renováveis e apresentam grandes impactos ao meio ambiente, devido ao processo de combustão (LIMA, 2021).

Atualmente, existe uma grande preocupação ambiental. Com isso, diversos países têm acordado metas para redução de emissões de CO<sub>2</sub> (RIBEIRO E GONÇALVES, 2020). Especula-se que equipamentos com mais horas trabalhadas apresentariam um maior consumo de combustíveis e consequentemente maior emissão de gases poluentes, dentre eles o CO<sub>2</sub>. Dessa forma, já que as empilhadeiras utilizam combustíveis derivados de petróleo, a utilização desses equipamentos contribuem negativamente em relação ao impacto ambiental (CAMPOS; LUNA; QUINTELLA, 2018).

Tendo em vista as preocupações ambientais e a redução dos custos operacionais na utilização de empilhadeiras, objetivou-se com esse trabalho realizar um levantamento do tempo de utilização (horímetro) e do consumo de combustível (litros consumidos) de empilhadeiras utilizadas em um armazém de café da Zona da Mata Mineira.

Este trabalho tem como relevância reduzir o gasto operacional, onde o tempo de utilização dos equipamentos e gasto de combustível são fatores importantes para diminuir os custos de produção, além de reduzir os impactos ambientais.

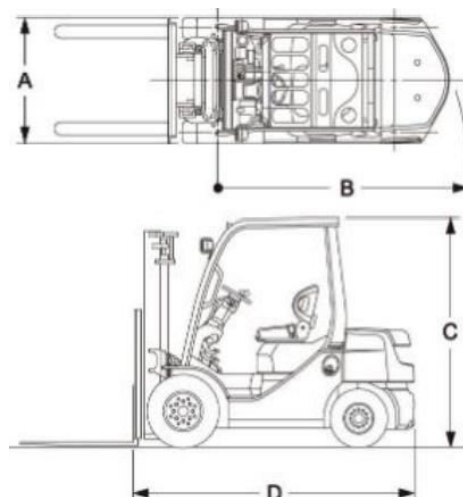
## **FUDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **EMPILHADEIRAS**

Com o avanço da revolução industrial no século XX, teve-se a necessidade de realizar movimentações de cargas pesadas de forma ágil para atender o grande aumento de produção imposto na época. Através de garfos capazes de içar materiais para dentro de veículos, a empilhadeira garante a agilidade nas movimentações de estoque (PORTSIDE, 2015).

Seu funcionamento se baseia no princípio da alavanca de primeiro grau, onde tem-se um peso denominado potente que é capaz de elevar outro peso denominado

resistente (a carga), suportado por um ponto de apoio intermediário (ANDRIETTA, 2018). A estrutura da empilhadeira é ilustrada na Figura 1:



**Figura 1** - Estrutura da empilhadeira.  
**Fonte:** Toyota (2022)

## GÁS LIQUEFEITO DO PETRÓLEO (GLP)

Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), ou popularmente conhecido, o “gás de cozinha”, por conta da utilização principal na cocção de alimentos, é um derivado do petróleo que possui a queima considerada muito limpa, com baixíssima emissão de poluentes, quando comparada aos demais derivados. Isso por ser fruto da separação das frações mais leves do petróleo durante o refino, que é uma mistura de gases formada por hidrocarbonetos (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2019).

É composto por propano ( $C_3H_8$ ); propeno ( $C_3H_6$ ); isobutano ( $C_4H_{10}$ ); n-butano ( $C_4H_{10}$ ); e buteno ( $C_4H_8$ ), sendo principalmente por propano, propeno e butano (ANTUNES, 2007), como apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1:** Composição típica do GLP.

Constituinte	Valor Médio %	Valor Mínimo %	Valor Máximo %
Etano	3,1	0	7
Propano	23,7	0	56
Propeno	24,9	14	34
iso-Butano	16,9	11	31
n-Butano	16,9	5	25
Butenos	12,4	0	16
Butadieno	0,2	0	0,6
Pentanos	1,4	0	2,2
Pentanos+	0,5	0	0,8

**Fonte:** PORTELA (2007).

O GLP é um combustível gasoso à pressão ambiente, inflamável e naturalmente inodoro. Para que se possa identificar, com facilidade, qualquer vazamento, são adicionados compostos a base de enxofre em sua composição (FRANCISCO, 2022).

Quando submetido a pressão, o GLP se liquefaz, fazendo com que seu processo de engarrafamento e abastecimento seja prático, rápido e seguro, permitindo acomodar grande quantidade de energia em pequenos espaços. Devido a essas características, é o mais indicado para ser utilizados em ambientes fechados, como a cozinha da sua casa, ou em outras aplicações industriais sensíveis a poluentes, como na fabricação de alimentos, vidros etc. (PETROBRAS, 2022).

Esse combustível se popularizou rapidamente, onde é muito utilizado em residências e nos automóveis por ser um combustível altamente inflamável, e possuir um custo inferior se comparado à gasolina e ao etanol (FRANCISCO, 2022).

## **MOTORES A COMBUSTÃO**

O processo de combustão interna em motores acontece internamente. Constituído por pistão, virabrequim e biela. O movimento intercalado do pistão dentro do cilindro é transformado em força de movimento rotativo através do virabrequim e da biela (MAUTONE, 2019).

Os motores a combustão externa surgiram no século XVIII, movidos a vapor e utilizados em máquinas estacionárias. No século XIX, apareceram os motores a combustão interna. Este sistema possui vantagens sobre as máquinas a vapor pela sua eficiência, versatilidade, menor peso por cavalo vapor, partida inicial rápida e possibilidade de adaptação em outras máquinas (MAUTONE, 2019).

O engenheiro Beau de Rochas publicou em 1862 estudos teóricos e determinou alguns princípios termodinâmicos baseado no motor de ciclo Otto. Estes motores usavam como combustível o gasogênio ou o gás de carvão, com ignição feita por centelha elétrica. A primeira aplicação do motor de ciclo Otto em veículos foi em 1889, como combustível a gasolina (DURANGO, 2018).

Gás Liquefeito do Petróleo (GLP), também é usado como carburante automóvel, normalmente em veículos movidos a gasolina, e é reconhecido por ser menos prejudicial para o ambiente. Isto porque, como combustível para motores de



combustão interna, é utilizado no estado gasoso, o que admite uma boa mistura com o oxigênio (DURANGO, 2018).

O sistema é bem semelhante ao da gasolina: bloco do motor, velas de ignição, sistema de ignição, pistões, sistema de lubrificação e eletricidade funcionam da mesma forma no combustível GPL. Há, porém, significativas diferenças: o próprio combustível e a forma como o carro se comporta quando alimentado a gás (menos ruidoso, por exemplo), a admissão de combustível e os sistemas de armazenamento (STANDVIRTUAL, 2022).

Ao considerar a eficiência de motores à combustão, considera-se a energia que é dissipada durante as transformações de energia. As energias perdidas no motor são das seguintes origens: do atrito das partes móveis, às perdas aerodinâmicas que acontece quando há admissão do ar pelo motor e a perda em forma de calor (BARAN, 2012).

## **METODOLOGIA**

Trata-se de um estudo comparativo com abordagem quantitativa retrospectiva. O estudo foi realizado em uma empresa privada de commodities agrícolas que possui várias filiais ao redor do mundo. A unidade que foi desenvolvido o estudo fica localizada na Zona da Mata Mineira e é voltada para o setor cafeeiro. Esta região possui um grande volume de café (EMATER, 2020), onde o produto é recebido, armazenado, processado e exportado.

Para o desenvolvimento do projeto, foram avaliadas 3 empilhadeiras com diferentes horas trabalhadas, EMP01: 4.643hrs, EMP02: 11.647hrs e EMP03: 9.097hrs, que são responsáveis pela logística interna de *big bags* autônomos com cargas de aproximadamente 1.500kg. Esses equipamentos possuem limitadores de velocidade de 14Km/h. Todas possuem a mesma especificação técnica e possuem o mesmo tipo de combustível, o GLP.

Os dados foram coletados através de formulários diários, preenchidos na parte da manhã, a fim de evidenciar a quantidade de GLP consumida na operação do dia anterior. Em todos os abastecimentos foram anotados a numeração da empilhadeira, a quantidade de horas total trabalhadas, e quantidade de litros abastecido. Foi considerado a média de combustível gasto por cada empilhadeira, em cima das horas trabalhadas por cada equipamento. Os resultados foram obtidos no período de junho a setembro de 2021.

Para a análise dos dados obtidos, utilizamos uma ferramenta de variância multivariada ANOVA, utilizado em estatísticas para estudo e análises derivados de uma compilação de dados, trazendo para uma única variável. Foi utilizado o procedimento de comparação de medias amostrais, caso haja mais de uma das variáveis, necessita-se que os testes de significância envolvendo as variáveis dependentes individualmente. (WARNE, 2014)

A metodologia escolhida foi o teste de comparação de médias, para o estudo ser capaz de analisar todas as empilhadeiras. Com esse teste é possível analisar quais medias diferem uma em relação a outra, então realizou-se o teste:  $H_0: \mu_i = \mu_j$  para todos os  $i \neq j$  (SCRIBD, 2014).

Os dados analisados utilizaram nível de 5% de significância. O teste de Tukey tem como opção a comparação das medias em  $\mu$  é a médias dos valores testados para todo  $i \neq j$ :

$$H_0: \mu_i = \mu_j$$

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j$$

O procedimento de Tukey usa a distribuição da estatística de intervalo. (SCRIBD, 2014)

$$q = \frac{\bar{y}_{\max} - \bar{y}_{\min}}{\sqrt{MSe/n}}$$

Então;  $\bar{y}_{\max}$  e  $\bar{y}_{\min}$  são as maiores e menores médias de amostra, respectivamente, de um grupo de X médias de amostra (Tabela 3), os valores de  $q_{\alpha}(p, f)$ , a porcentagem superior pontos de q, onde f é o número de graus de liberdade associados ao quadrado médio do resíduo da análise (MSe)

**Tabela 2:** Pontos percentuais da estatística (5% nível de significância)

	$p$																			
$f$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	18.1	26.7	32.8	37.2	40.5	43.1	45.4	47.3	49.1	50.6	51.9	53.2	54.3	55.4	56.3	57.2	58.0	58.8	59.6	
2	6.09	8.28	9.80	10.89	11.73	12.43	13.03	13.54	13.99	14.39	14.75	15.08	15.38	15.65	15.91	16.14	16.36	16.57	16.77	
3	4.50	5.88	6.83	7.51	8.04	8.47	8.85	9.18	9.46	9.72	9.95	10.16	10.35	10.52	10.69	10.84	10.98	11.12	11.24	
4	3.93	5.00	5.76	6.31	6.73	7.06	7.35	7.60	7.83	8.03	8.21	8.37	8.52	8.67	8.80	8.92	9.03	9.14	9.24	
5	3.64	4.60	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.80	6.99	7.17	7.32	7.47	7.60	7.72	7.83	7.93	8.03	8.12	8.21	
6	3.46	4.34	4.90	5.31	5.63	5.89	6.12	6.32	6.49	6.65	6.79	6.92	7.04	7.14	7.24	7.34	7.43	7.51	7.59	
7	3.34	4.16	4.68	5.06	5.35	5.59	5.80	5.99	6.15	6.29	6.42	6.54	6.65	6.75	6.84	6.93	7.01	7.08	7.16	
8	3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	5.92	6.05	6.18	6.29	6.39	6.48	6.57	6.65	6.73	6.80	6.87	
9	3.20	3.95	4.42	4.76	5.02	5.24	5.43	5.60	5.74	5.87	5.98	6.09	6.19	6.28	6.36	6.44	6.51	6.58	6.65	
10	3.15	3.88	4.33	4.66	4.91	5.12	5.30	5.46	5.60	5.72	5.83	5.93	6.03	6.12	6.20	6.27	6.34	6.41	6.47	
11	3.11	3.82	4.26	4.58	4.82	5.03	5.20	5.35	5.49	5.61	5.71	5.81	5.90	5.98	6.06	6.14	6.20	6.27	6.33	
12	3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27	5.40	5.51	5.61	5.71	5.80	5.88	5.95	6.02	6.09	6.15	6.21	
13	3.06	3.73	4.15	4.46	4.69	4.88	5.05	5.19	5.32	5.43	5.53	5.63	5.71	5.79	5.86	5.93	6.00	6.06	6.11	
14	3.03	3.70	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13	5.25	5.36	5.46	5.56	5.64	5.72	5.79	5.86	5.92	5.98	6.03	
15	3.01	3.67	4.08	4.37	4.59	4.78	4.94	5.08	5.20	5.31	5.40	5.49	5.57	5.65	5.72	5.79	5.85	5.91	5.96	
16	3.00	3.65	4.05	4.34	4.56	4.74	4.90	5.03	5.15	5.26	5.35	5.44	5.52	5.59	5.66	5.73	5.79	5.84	5.90	
17	2.98	3.62	4.02	4.31	4.52	4.70	4.86	4.99	5.11	5.21	5.31	5.39	5.47	5.55	5.61	5.68	5.74	5.79	5.84	
18	2.97	3.61	4.00	4.28	4.49	4.67	4.83	4.96	5.07	5.17	5.27	5.35	5.43	5.50	5.57	5.63	5.69	5.74	5.79	
19	2.96	3.59	3.98	4.26	4.47	4.64	4.79	4.92	5.04	5.14	5.23	5.32	5.39	5.46	5.53	5.59	5.65	5.70	5.75	
20	2.95	3.58	3.96	4.24	4.45	4.62	4.77	4.90	5.01	5.11	5.20	5.28	5.36	5.43	5.50	5.56	5.61	5.66	5.71	
24	2.92	3.53	3.90	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92	5.01	5.10	5.18	5.25	5.32	5.38	5.44	5.50	5.55	5.59	
30	2.89	3.48	3.84	4.11	4.30	4.46	4.60	4.72	4.83	4.92	5.00	5.08	5.15	5.21	5.27	5.33	5.38	5.43	5.48	
40	2.86	3.44	3.79	4.04	4.23	4.39	4.52	4.63	4.74	4.82	4.90	4.98	5.05	5.11	5.17	5.22	5.27	5.32	5.36	
60	2.83	3.40	3.74	3.98	4.16	4.31	4.44	4.55	4.65	4.73	4.81	4.88	4.94	5.00	5.06	5.11	5.15	5.20	5.24	
120	2.80	3.36	3.69	3.92	4.10	4.24	4.36	4.47	4.56	4.64	4.71	4.78	4.84	4.90	4.95	5.00	5.04	5.09	5.13	
$\infty$	2.77	3.32	3.63	3.86	4.03	4.17	4.29	4.39	4.47	4.55	4.62	4.68	4.74	4.80	4.84	4.88	4.93	4.97	5.01	

Fonte: Montgomery, 2012.

A partir dessa associação é possível concluir quais são as empilhadeiras estatisticamente similares, e quais são diferentes. Tornando possível que a análise de produtividade seja realizada, compreendendo então onde está a necessidade de melhorias e os ganhos de resultados.

Os dados foram analisados e como ferramenta de análise do modelo estatístico foi utilizado o programa *Microsoft Office Excel*.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

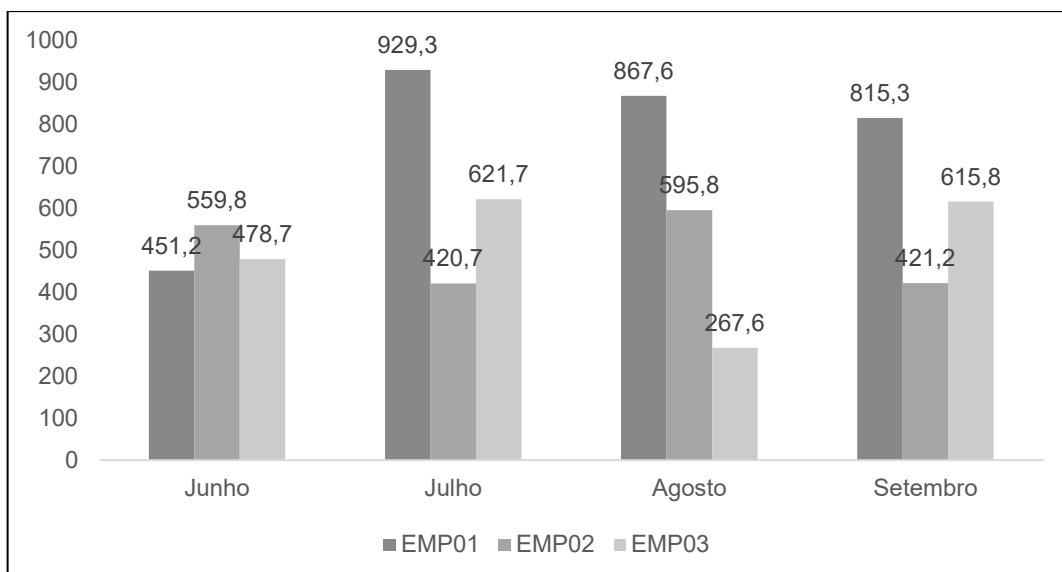
Os resultados mensais referentes ao consumo de combustível e horas trabalhadas das empilhadeiras avaliadas estão discriminados na Tabela 3:

**Tabela 3:** Dados Coletados das empilhadeiras

Máquina	EMP01		EMP02		EMP03	
Mês	Litros consumidos	Horas trabalhadas	Litros consumidos	Horas trabalhadas	Litros consumidos	Horas trabalhadas
Junho	451,2	66,1	559,8	76,7	478,7	66,3
Julho	929,3	152,4	420,7	56,3	621,7	87,5
Agosto	867,6	142,9	595,8	83,4	267,6	35,8
Setembro	815,3	118,9	421,2	57,2	615,8	85,3
<b>Total</b>	<b>3063,4</b>	<b>480,3</b>	<b>1997,5</b>	<b>273,6</b>	<b>1983,8</b>	<b>274,9</b>

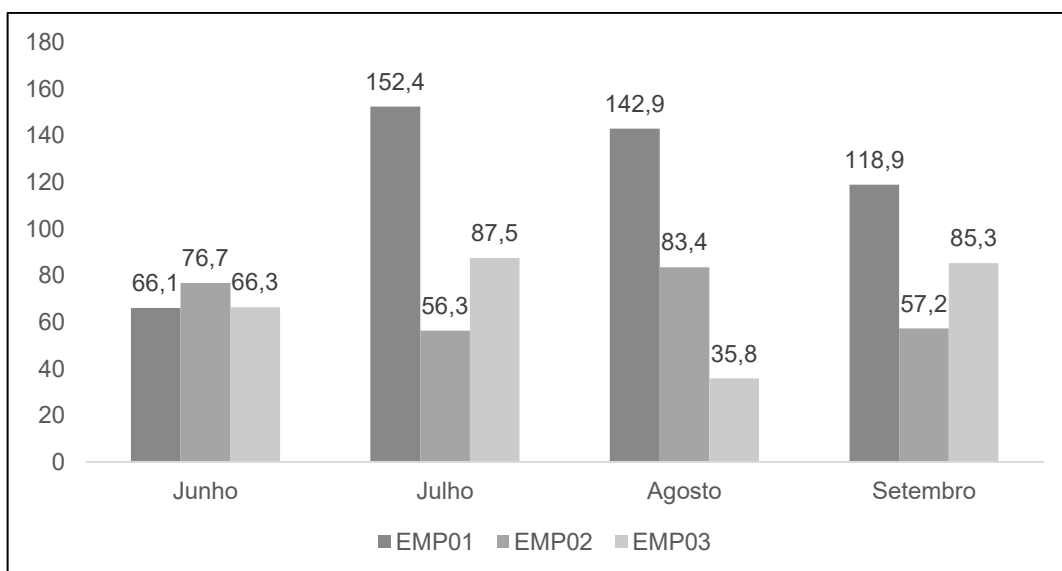
Fonte: Arquivo Pessoal

Nas Figuras 2 e 3, pode-se observar os resultados de Horímetro e litros consumidos por cada máquina e como estão distribuídos em cada uma das variáveis.



**Figura 2:** Litros de GLP consumidos por máquina.

**Fonte:** Elaborado pelos autores



**Figura 3:** Horímetro por máquina.

**Fonte:** Elaborado pelos autores

Ao realizar uma análise das Figuras 2 e 3 é destaca-se que a máquina EMP01 houve um aumento significativo de horas trabalhadas e uma elevação no consumo de GLP, em relação às demais máquinas no período de julho a setembro. Observou-se que, por ser uma empilhadeira com um Horímetro menor, os operadores tinham a preferência de utilização.

**Tabela 4:** Consumo de combustível (Ltrs/Hr)

Mês	EMP01	EMP02	EMP03
Junho	6,83	7,30	7,22
Julho	6,10	7,47	7,11

Agosto	6,07	7,14	7,47
Setembro	6,86	7,36	7,22
<b>Total</b>	<b>6,38</b>	<b>7,30</b>	<b>7,22</b>

Fonte: Arquivo Pessoal

Considerando os horímetros iniciais das máquinas EMP01: 4.643hrs, EMP02: 11.647hrs e EMP03: 9.097hrs, podemos concluir que as empilhadeiras com um maior tempo de utilização (EMP02 e EMP03), apresentaram um consumo de 12,6% e 11,6%, respectivamente, superior em relação a EMP01, evidenciado na Tabela 4.

Segundo a COPAGAZ, uma empilhadeira a gás pode variar o gasto de combustível entre 4 litros e 8 litros por hora, onde, se comparado com as máquinas em estudo o consumo está dentro do esperado, porém, próximo ao limite identificado.

No mês de agosto a EMP03 apresentou 0,33 Ltrs/Hr maior em relação a empilhadeira EMP02, possivelmente sendo influenciada pelas atividades executadas, tendo em vista que, para o içamento da torre da empilhadeira eleva-se o giro do motor gerando pressão no sistema hidráulico, no qual a rotação do motor e a velocidade média de deslocamento do veículo influencia no gasto de combustível (LYRA, 2012).

Para verificar se existem significativas diferenças entre as três empilhadeiras foi aplicado o teste de ANOVA nos dados coletados. Ao realizar o teste, foi observado que como o valor de resposta (Valor-P) foi menor do que 0,05, significa que existem diferenças estatísticas significativas em pelo menos uma das máquinas e para identificar quais das máquinas são diferentes, foi aplicado o Teste de Tukey. O valor obtido no teste foi de 0,00329, e conforme o critério adotado, umas das máquinas é estatisticamente diferente. Pode-se observar o teste abaixo:

**Tabela 5:** Teste de ANOVA

<i><b>Fonte da variação</b></i>	<i><b>SQ</b></i>	<i><b>gl</b></i>	<i><b>MQ</b></i>	<i><b>F</b></i>	<i><b>Valor-P</b></i>	<i><b>F crítico</b></i>
<b>Entre os grupos</b>	1,80635	2	0,90318	11,52867	0,00329	4,25649
<b>Dentro dos grupos</b>	0,70508	9	0,07834			
<b>Total</b>	2,51143	11				

Fonte: Elaborado pelos autores

Foi utilizado o teste de Tukey de forma complementar, que permite que seja analisada a comparação múltipla entre as médias de valores das respostas das empilhadeiras para cada uma das variáveis do estudo. Esse teste é utilizado quando tem o objetivo de comparar a diferença entre as médias para poder identificar quais

grupos diferem estatisticamente uns dos outros. (SOUSA, 2012). Foi adotado 95% de nível de confiança familiar para o teste aplicado.

Para a verificação do teste de Tukey, quando o valor resposta representar resultado for menor do que 0,05 representa que existem diferenças estatísticas entre a comparação da média das máquinas e quando o resultado for maior que do 0,05, significa que não existe diferença estatística entre as empilhadeiras.

**Tabela 6:** Teste de Tukey.

	<b>EMP01</b>	<b>EMP02</b>	<b>EMP03</b>
<b>EMP01</b>		0,005021	0,00796
<b>EMP02</b>	6,092		0,9468
<b>EMP03</b>	5,645	0,4466	

**Fonte:** Elaborado pelos autores

Ao analisarmos a Tabela 6, é possível identificar que a EMP02 e EMP03 apresentam diferenças estatísticas entre as médias dos dados obtidos em relação a EMP01, pois o Valor-P entre elas é de 0,005021 e 0,00796, respectivamente menor que 0,05.

Ao identificar que a EMP02 e EMP03 apresentaram diferenças estatísticas em relação à EMP01, que possui um horímetro menor, entende-se que existe uma oportunidade para substituição das frotas mais antigas pelas mais novas, que irá impactar diretamente na redução de custos operacionais e redução da emissão de gases de efeito estufa, uma vez que essas empilhadeiras estão consumindo mais GLP que a EMP01.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados obtidos através dos estudos permitiram que, através de ferramentas de análise de dados, fosse possível demonstrar com o apoio da metodologia aplicada que o tempo de utilização das máquinas influencia na diferença do consumo de GLP entre as empilhadeiras observadas. Com o teste de Tukey foi possível obter a confirmação de que as empilhadeiras que possuem um horímetro maior consomem mais combustível que a empilhadeira com um horímetro menor.

Trabalhos como este permitem a elaboração de planos de ação, como por exemplo a troca por novas empilhadeiras, o que trará retornos financeiros e ambientais em virtude da redução do consumo de GLP e a redução da emissão de gases poluentes.

## REFERÊNCIAS

ANDRIETTA Matheus. **Estudando o Funcionamento das Alavancas**. Info enem, 12/12/2018; site. Disponível em: <https://infoenem.com.br/estudando-o-funcionamento-das-alavancas-fisica-enem/> Acesso em 04 de julho de 2022.

BARAN, Renato. **A introdução de veículos elétricos no Brasil**: avaliação do impacto no consumo de gasolina e eletricidade. Rio de Janeiro, UFRJ, 2012.

BARBOSA, Josino José; PEREIRA, Tiago Martins; OLIVEIRA, FLP de. **Uma proposta para identificação de outliers multivariados**. Ciência e Natura, v. 40, n. 40, 2018.

CAMPOS, A.T.; LUNA, S.; QUINTELLA, C.. **Prospecção tecnológica sobre o impacto ambiental causado pela concentração irregular do teor de enxofre em diesel no Brasil**. Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2018.

COPAGAZ. **Empilhadeira a Gás: como funciona, vantagens e cuidados**. Disponível em: <https://www.copagaz.com.br/blog/empilhadeira-a-gas/#:~:text=O%20volume%20de%20g%C3%A1s%20industrial,e%204%20kg%20por%20hora>. Acesso em 17 de novembro de 2022

DURANGO, Deisson Alexander Zuleta. **Influência da temperatura, velocidade e força no desgaste e no coeficiente de atrito de materiais para válvulas e sedes de válvulas de motores flex-fuel**, Escola Politécnica, São Paulo, 2016.

EMATER. **Minas gerais devem alcançar produção recorde de café**. 2020. Disponível em: [https://www.emater.mg.gov.br/portal.do/site-noticias/minas-gerais-deve-alcançar-produção-recorde-de-café-na-safra-2020/?flagweb=novosite\\_pagina\\_interna&id=25195](https://www.emater.mg.gov.br/portal.do/site-noticias/minas-gerais-deve-alcançar-produção-recorde-de-café-na-safra-2020/?flagweb=novosite_pagina_interna&id=25195) . Acesso em 28 de agosto de 2022.

EMBRAPA. **O relatório internacional de tendências do café do bureau de Inteligência competitiva do café, de janeiro de 2017, destaca que a sacaria de juta está sendo substituída por big bags de polipropileno**. EMBRAPA, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/9309531/embalagens-tradicionais-de-café-de-sacarias-de-juta-de-60-kg-estão-sendo-substituídas-por-big-bags-com-capacidade-de-uma-tonelada-ou-mais> .Acesso em 02 de agosto de 2022.

FRANCISCO, W.C. **Gás de Petróleo Liquefeito** Disponível em:<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/gas-petroleo-liquefeito.htm>. Acesso em 02 de julho de 2022.

IMAN. **Comparação entre Equipamentos de Movimentação de Materiais**. Disponível em: <https://www.imam.com.br/consultoria/artigo/pdf/comparacao-entre-equipamentos.pdf>. Acesso em 17 de novembro de 2022.

LIMA, Cassiano Araujo de. **TELEMETRIA: Avaliação da produtividade de empilhadeiras em operações logísticas**. São José dos Campos, UFSP, 2021.

LYRA, Gabriel Albuquerque de. **Consumo de combustível de duas colhedoras de cana-de-açúcar em função da velocidade e rotação de motor**. Orientador: LANÇAS, Kleber Pereira, 2012. 66 (f.). Categoria: Tese, UNESP, Botucatu, 2012.

MAUTONE. **Motores a combustão interna**. 2019. Disponível em: [http://mautone.eng.br/apostilas/motores\\_combustao\\_interna/MCI\\_02D\\_Componentes.pdf](http://mautone.eng.br/apostilas/motores_combustao_interna/MCI_02D_Componentes.pdf). Acesso em: 28 de agosto de 2022.

MME/EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2029**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites/pt/publicacoesadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-422/PDE%202029.pdf>. Acesso em: 01 de julho de 2022.

PETROBRAS. **Gás liquefeito de Petróleo (GLP)**. Disponível em: <https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/produtos/domesticos/gas-liquefeito-de-petroleo-glp/>, Acesso em 02 de julho de 2022.

PORTELA, L. DE S.. **Estudo de Catalisadores de Níquel para a Produção de Hidrogênio a partir do Gás Natural e GLP**. Rio de Janeiro, UFRJ, COPPE, 2007.

PORTSIDE. **História da Empilhadeira**. Disponível em: <http://www.portside.com.br/historia-da-empilhadeira/>. Acesso em: 04 de julho de 2022.

RIBEIRO, Sandra e GONÇALVES, Francisco. **Emissões de CO2 e a intervenção do Estado: o caso de Portugal**. European Academic Publisher, 2020.

SCRIBD. **Design and Analysis of Experiments by Douglas Montgomery: A Supplement for Using JMP**. 2014. Disponível em: [https://pt.scribd.com/book/332788500/Design-and-Analysis-of-Experiments-by-Douglas-Montgomery-A-Supplement-for-Using-JMP?utm\\_medium=cpc&utm\\_source=google\\_search&utm\\_campaign=3Q\\_Google\\_DSA\\_NB\\_RoW&utm\\_term=&utm\\_device=c&gclid=CjwKCAiAmuKbBhA2EiwAxQnt76kRXbZRndmKXDTqZ\\_slCHT3ZGP5SIP-xDXVyYQE3J\\_CEAkL5TdZXBoCWIMQAvD\\_BwE](https://pt.scribd.com/book/332788500/Design-and-Analysis-of-Experiments-by-Douglas-Montgomery-A-Supplement-for-Using-JMP?utm_medium=cpc&utm_source=google_search&utm_campaign=3Q_Google_DSA_NB_RoW&utm_term=&utm_device=c&gclid=CjwKCAiAmuKbBhA2EiwAxQnt76kRXbZRndmKXDTqZ_slCHT3ZGP5SIP-xDXVyYQE3J_CEAkL5TdZXBoCWIMQAvD_BwE). Acesso em 19 de novembro de 2022.

SILVA, Manoel Messias Domingos da. **Análise da viabilidade de inovação tecnológica do processo de produção de uma empresa metal – mecânica**. Maceió, UFBA, 2017.

SOUSA, Clayton Albuquerque de; LIRA JUNIOR, Mario Andrade; FERREIRA, Rinaldo Luiz Caraciolo. **Avaliação de testes estatísticos de comparações múltiplas de médias**. Revista Ceres, v. 59, p. 350-354, 2012.

STANDVIRTUAL. **Como funciona um carro a GPL?**. Disponível em: <https://www.standvirtual.com/blog/como-funciona-carro-gpl>. Acesso em 04 de julho de 2022.

TOYOTA. **Especificações empilhadeira 8fb10-j35**. 2021. Disponível em: <https://toyotaempilhadeiras.com.br/wpcontent/uploads/2020/07/Especificacao%20C3%A7%20C3%A3o-T%20C3%A9cnica-8FBJ10-30.pdf>. Acesso em: 27 de agosto de 2022.



**WARNE. A primer on multivariate analysis of variance (MANOVA) for behavioral scientists. Practical Assessment, Research and Evaluation. (2014).**  
Disponível em:  
[https://www.researchgate.net/publication/286916848\\_A\\_primer\\_on\\_multivariate\\_analysis\\_of\\_variance\\_MANOVA\\_for\\_behavioral\\_scientists](https://www.researchgate.net/publication/286916848_A_primer_on_multivariate_analysis_of_variance_MANOVA_for_behavioral_scientists) . Acesso em 19 de novembro de 2022.

## **BANCADA DIDÁTICA PARA ANÁLISE DE VIBRAÇÕES MECÂNICAS**

**Acadêmicos:** Giovanni Marcondes Stoppa De Paiva e Mateus Viana Braga  
Medeiros

**Orientador:** Rafael Nascimento Lopes

**Linha de Pesquisa:** Fabricação e processo mecânico

### **RESUMO**

O estudo de vibrações geralmente é realizado de forma experimental, pois promovem uma melhor compressão do comportamento de um equipamento durante o seu funcionamento. Atualmente existem inúmeros métodos de análises vibratórias. Este estudo teve como objetivo a construção de uma bancada didática para serem realizados testes com diferentes tipos de carga e com isso ser possível fazer os estudos dessas vibrações. Neste estudo ocorreu também a análise das temperaturas dos mancais, onde foi possível identificar variações dessas temperaturas. A coleta dos dados foi obtida com dois tipos de ferramentas. O primeiro, um coletor de vibrações que foi inserido aos mancais de rolamento e, segundo, uma câmera termográfica para coletar as temperaturas. Os dados foram coletados em uma bancada semelhante a construída, pelo fato de os aparelhos de coleta terem um valor agregado alto. Baseando-se em normas técnicas nacionais e internacionais, foi possível fazer a comparação entre os diferentes resultados em que a bancada foi submetida e, com isso, concluindo que é possível realizar estudos de vibrações em uma bancada didática. É de suma importância ressaltar que esses tipos de estudos são fundamentais para realização de uma análise antes que os equipamentos possam vir a falhar, o que poderia causar uma grande avaria e deixar o equipamento parado por mais tempo do que uma possível manutenção preventiva.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bancada, vibração, sistema, balanceamento, desbalanceamento

### **INTRODUÇÃO**

O estudo de vibrações mecânicas consiste em analisar o comportamento vibratório do equipamento voltado para a manutenção. É necessário reforçar que a análise de vibrações não repara as falhas, mas sim identifica possíveis origens das suas causas e suas consequências (COSTA, 2013).

Para se estudar vibrações mecânicas, devem ser realizadas análises experimentais, pois estas promovem uma melhor compreensão do comportamento de um equipamento durante o seu funcionamento. Há inúmeros métodos de análises vibratórias e dispositivos para realizar estes estudos, um exemplo é o acelerômetro. Esses dispositivos reagem diretamente à dinâmica da estrutura e com isso torna-se possível visualizar em tempo real ou não, alguns dados que mostram o seu

movimento oscilatório, indicando prováveis falhas (CARVALHO e ALBERNAZ, 2019).

Algumas vibrações são indesejadas, como uma máquina que transmite vibrações através do solo para outras máquinas dentro de uma oficina, ou a vibração que as irregularidades de uma estrada provocam aos automóveis. Assim é necessário reduzir ao máximo essas vibrações, pois em grande parte elas podem causar malefícios, como por exemplo, o trincamento de rolamentos que acontecem devido a essas situações. E existem casos em que essa vibração é estritamente indispensável, como ocorre nos britadores, máquinas de lavar, máquinas de barbear dentre outros. Vale ressaltar que esses estudos estão intimamente ligados com o tipo de manutenção preditiva, uma vez que a maior causa de desgaste de peças móveis é, além do atrito, o movimento vibratório ao qual elas estão submetidas (ARAUJO, 2014).

De acordo com Marques e Brito (2019), manutenção preditiva é a verificação do equipamento durante o seu funcionamento, uma intervenção só é realizada quando o responsável pela manutenção identificar possíveis falhas nos equipamentos.

Para que uma máquina possa ter seu funcionamento correto e sua manutenção realizada de forma adequada é necessário um conhecimento prático dos procedimentos a serem seguidos. Com isso, uma bancada didática para análises de vibrações pode proporcionar aos universitários uma aplicação prática dos conhecimentos teóricos adquiridos (GARDIM, 2018). Porém, o custo do equipamento para realizar esses testes é muito alto. Conjuntos de medição mais básicos, compostos por um transdutor e uma placa de aquisição de dados, podem custar milhares de reais. Portanto, algumas instituições de ensino superior não possuem recursos suficientes para adquirir tais dispositivos, assim os alunos não têm a oportunidade de entrar em contato com tecnologia mais avançada (LIMA, 2014).

A proposta deste trabalho foi construir uma banca de vibrações e avaliar dados obtidos através de análises de vibrações e temperatura de mancais de em um sistema balanceado e na presença de desbalanceamento.

Vale ressaltar que estes trabalhos são fundamentais para realizar análise de um equipamento antes que ele possa vir a falhar, o que causaria uma grande avaria.

Identificar prováveis falhas no sistema e a vida útil do equipamento antes da falha é essencial para que possam ser realizadas as devidas manutenções.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

É necessário ter um bom entendimento sobre o estudo de vibrações para entender o funcionamento da bancada. Logo iremos descrever alguns conceitos iniciais sobre vibrações, rolamentos, desbalanceamento, máquinas rotativas e as vibrações que elas estão sujeitas.

### **Teoria da vibração**

De acordo com Kelly (2018), as vibrações são causadas através de oscilações que ocorrem em um sistema mecânico ou estrutural em torno de uma posição. As vibrações são desencadeadas quando um elemento inercial é movido da posição de equilíbrio devido a energia introduzida no sistema por uma fonte externa, chamada trabalho. Uma força de retorno, ou uma força conservativa exercida sobre um elemento de energia potencial, traz o elemento de volta ao equilíbrio. Ele também ressalta, vibrações são classificadas de acordo com o número de graus de liberdade necessários para sua modelagem, o tipo de excitação a que são submetidas e os pressupostos utilizados na modelagem. Vibrações de sistemas que possuem graus de liberdade finitos são chamadas de vibrações discretas do sistema. Um sistema com um grau de liberdade é chamado de um grau de liberdade. Um sistema com dois ou mais graus de liberdade é chamado de sistema com vários graus de liberdade. Um sistema com um número infinito de graus de liberdade é chamado de sistema contínuo ou sistema distribuído.

### **Desbalanceamento**

O desbalanceamento é uma das fontes mais comuns nos problemas de vibração. É um defeito gerado por concentração de massa em algum ponto ao redor do eixo de rotação de um rotor. Esse excesso de massa causa mudanças na gravidade, afastando o eixo principal de inércia do eixo de rotação. É um fenômeno que devido a distribuição assimétrica de massa provoca vibração excessiva do rotor. (SOUZA, 2005).

## **Rolamentos**

De acordo com Lima (2014), os rolamentos são componentes essenciais de máquinas que possuem um eixo de rotação para transmitir movimento. Os rolamentos, mesmo que sejam geometricamente perfeitos, podem acabar gerando vibrações devido às variações de conformidade ou até mesmo com os esforços entre seus componentes no tempo. Essas variações desses esforços estão relacionadas com o número de elementos girantes, esferas ou rolos. Com o passar do tempo, esses esforços tendem a causar fadiga nos componentes do rolamento.

## **Vibrações em rolamentos**

Nas análises das vibrações de rolamentos, é fundamental avaliar as magnitudes dos espectros de frequências e o valor rms. O valor de rms serve para indicar o nível de energia das vibrações do equipamento. Os impactos gerados pelos defeitos de rolamentos são caracteristicamente breves, de curta duração, que de maneira inevitável exibem fatores de crista bastante altos, isto é, valores de pico elevados e valores rms reduzidos. Com isso, as medidas de amplitude mais correspondentes para distinguir-se a severidade de um defeito de rolamento são aceleração das vibrações e os referentes fatores de crista. Esses sinais podem ser de pico, ou pico a pico, e necessitam ser retirados do histórico da forma de onda (WEBER *et al.*, 2009).

## **Máquinas rotativas**

De acordo com Pereira (2005), as máquinas rotativas mais comuns, também chamadas de rotores, são turbocompressores, turbinas de aeronaves e turbinas para geração de energia elétrica. O autor também ressalta que a grande capacidade dos rotores em gerar energia vem da alta velocidade a que seus eixos são submetidos, associado a essa alta velocidade estão altas cargas devido a inércia de seus componentes e potenciais problemas de vibração e instabilidade dos rotores.

As máquinas rotativas estão presentes em praticamente todas as indústrias e estão cada vez mais submetidas a esforços significativos, altas rotações e operação contínua, causando fadiga ou alterando as características da operação para a qual foram projetadas. Portanto, é necessário monitorar periodicamente o funcionamento dessas máquinas (GARDIM, 2018).

## **Vibrações em máquinas rotativas**

A vibração na máquina rotativa pode ser facilmente detectada pela análise de vibração, que é realizada usando equipamento especial para este fim. Os problemas observados ao analisar essas vibrações podem ser decorrentes de desequilíbrio, desalinhamento, defeitos nos rolamentos, defeitos estruturais e sistema de fixação ruim (CYRINO, 2017).

Qualquer sistema que contenha máquinas rotativas em utilização pode apresentar ou desenvolver problemas característicos como desalinhamento, falta de rigidez, correias frouxas ou desgastadas, desalinhamentos, entre outros. Monitorar os níveis de vibração nesse sistema é de suma importância, pois as falhas mencionadas alteram a amplitude da vibração (SILVA, 2012).

## **METODOLOGIA**

O trabalho realizado trata-se de uma pesquisa descritiva com abordagem quantitativa, no qual foi realizado a construção de um protótipo de uma bancada como representação de uma outra bancada, onde foram realizadas análises de vibrações e temperatura de acordo com a vibração que o sistema está sujeito.

A pesquisa descritiva visa descrever as características de uma população, experiência ou fenômeno, e essa prática é necessária para os objetivos propostos (GIL, 2008). Já a abordagem quantitativa fornece elementos estatísticos que fornecem dados para análise (MARCONI e LAKATOS, 2010).

O experimento teve início em abril de 2022 foi concluído em novembro do mesmo ano. Durante o período do estudo foi montada uma bancada de amostragem conforme a figura 1, na empresa Solutec Implementos Agrícolas, localizada na cidade de Divino – MG, com a proposta de ser doada para a Univértix. No entanto, devido ao alto custo dos equipamentos para mensurar a capacidade da bancada exercer sua função, esses testes não foram feitos.

**Figura1:** Componentes da bancada de amostragem produzida em Divino-MG.



**Sendo:** Mancal LA (Lado acoplado) e Mancal LOA (Lado oposto ao acoplado)  
**Fonte:** Arquivo Pessoal

Então, dessa forma, foram realizados testes pela empresa VibraMec, localizada na cidade de Varginha – MG, em uma bancada com componentes semelhantes a construída, para mostrar que uma bancada desta natureza é capaz de realizar esses testes.

Os componentes da estrutura das bancadas foram apresentados na Tabela 1.

**Quadro 1:** Estruturas das bancadas com as características de cada material utilizado nas suas construções.

MATERIAIS	TIPO		DIMENSÃO/POTÊNCIA	
	Bancada 1	Bancada 2	Bancada 1	Bancada 2
Eixo	Aço ASTM 1020	Aço ASTM 1020	1"	1"
Motor	Baixa rotação	Baixa rotação	0,25 CV	1,5 CV
Mancais	P tipo UC205	GBR SN505	1"	1"
Rolamento	UC205-16	SKF 6304-2Z	1"	1"
Acoplamento	Elástico - Cruzeta Cz Cr Az 2	Elástico - Cruzeta Cz Cr Az 2	1"	1"
Base da Bancada	Aço ASTM A36	Aço ASTM A36	60x20 cm	60x20 cm
Rotor	---	---	---	200 mm
Disco Balanceado	Aço ASTM A36	---	160 mm	---

**Sendo:** Bancada 1 – produzida em Divino pela empresa Solutec Implementos Agrícolas e Bancada 2 produzida em Varginha pela empresa VibraMec.

**Fonte:** Arquivo Pessoal.

Foram realizados dois tipos de testes: o primeiro com o sistema alinhado e balanceado e o segundo com o sistema alinhado e desbalanceado, gerando um aumento na temperatura e vibração nos mancais. O desbalanceamento do sistema foi provocado através de duas massas de 2,1 gramas inseridas no rotor do conjunto.

As medições de vibrações são necessárias para ser feito o monitoramento das condições das máquinas (ISO 10816-1/1995).

De acordo com a norma NBR 10082/1987 que fala sobre vibrações mecânicas em máquinas para sistemas rotativos, os pontos de coletas devem ser preferencialmente os mancais de rolamento. No trabalho em questão os dados foram coletados nos pontos que a norma cita. Ela também ressalta que, para ser realizada a avaliação do grau de severidade do sistema, devem ser considerado três critérios, são eles: magnitude de vibração, variação da magnitude de vibração e avaliação da severidade por meio de análise espectral do sinal. A magnitude de vibração consiste na vibração máxima em cada mancal, onde essa vibração é avaliada de acordo com uma zona de classificação (A, B, C e D) para cada classe de montagem.

A Tabela 2 representa as zonas de magnitude de vibração e suas devidas classificações.

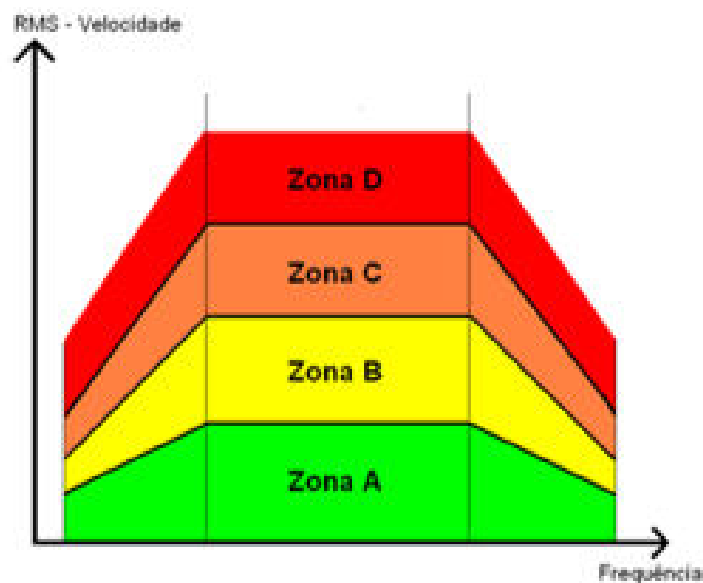
**Quadro 2:** Classificação das zonas da magnitude de vibração.

Zona A	Máquinas novas, em comissionamento ou revisadas.
Zona B	Vibração dentro desta zona é considerada aceitável para operação de longo tempo
Zona C	Vibração nesta zona não é permitida para operação em longo tempo. Normalmente a máquina pode ser operada por um certo período nesta condição até aplicação de ações corretivas
Zona D	Vibração com energia suficiente para danificar a máquina

**Fonte:** ISO 10816-1/1995

A Figura 2 representa um gráfico da classificação das zonas de acordo com a magnitude de vibração.





**Figura 2:** Gráfico das classificações das zonas de classe de montagem.  
**Fonte:** ISO 10816-1/1995

Já a variação da magnitude de vibração consiste na alteração da ordem de um desvio padrão para cima ou para baixo do valor de referência. Essa alteração pode ser considerada significativa no seu estado de funcionamento. Quando tal efeito ocorre, é necessária uma investigação fazendo um comparativo com os históricos de vibração anterior para identificar a causa raiz da vibração. E por último, a avaliação da severidade por meio de análise espectral do sinal. Esse critério é aplicado apenas em equipamentos com rolamentos e motores elétricos, pois o método em questão é destinado para identificar e avaliar fontes de vibração com pouca energia, mas caso estejam presentes no espectro de frequências podem evoluir rapidamente e causar danos (NBR 10082/1987).

A Tabela 3 mostra a definição das classes de classificação das máquinas.

**Quadro 3:** Definição das classes de classificação de máquinas.

<b>Classe: I</b>	Partes individuais de motores e máquinas, integralmente conectadas à máquina completa em sua condição de operação normal (p. ex. motores elétricos de até 15 kW).
<b>Classe: II</b>	Máquinas de tamanho médio sem fundação especial (motores elétricos de 15 kW a 75 kW), motores ou máquinas montados rigidamente sobre fundação especial (até 300 kW).
<b>Classe: III</b>	Grandes turbinas ou motores grandes e outras máquinas grandes com massas rotativas montadas sobre fundação dura e pesada, e relativamente rígida.
<b>Classe: IV</b>	Grandes turbinas ou motores grandes e outras máquinas grandes com massas rotativas montadas sobre fundações relativamente moles (p.ex. conjunto de turbogerador e turbinas a gás com produção maior do que 10 MW).

Fonte: ISO 10816-1/1995

A Figura 3 evidencia uma tabela das faixas de severidade de vibração, onde as duas primeiras colunas estão representando as variações das amplitudes de vibração e com isso é possível fazer classificação da zona de severidade de acordo com a classe da máquina.

**Figura 3:** Faixas de severidade de vibração e exemplos de suas aplicações a máquinas pequenas (classe I), médias (classe II), grandes (classe III) e turbo máquinas (classe IV).

Faixas de severidade de vibração		Exemplos de avaliação de qualidade para classes diferentes de máquinas			
Faixa	Velocidade efetiva $v$ (mm/s) nos limites da faixa	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV
0,28	0,28	A	A	A	A
0,45	0,45				
0,71	0,71				
1,12	1,12	B	B	A	A
1,8	1,8				
2,8	2,8	C	C	B	B
4,5	4,5				
7,1	7,1	D	D	C	C
11,2	11,2				
18	18				
28	28			D	D
45	45				
71	71				

Fonte: NBR 10082/1987.

Para a coleta dos dados foi utilizada a câmera termográfica da marca FLIR. De acordo com Instrutemp (2022), esse equipamento consegue captar imagens através da radiação infravermelha emitida por qualquer corpo que esteja acima do zero absoluto. Como esse tipo de luz não pode ser vista a olho nu, o sensor da câmera altera sua resistência elétrica com o objetivo de receber essa radiação. Dessa forma, essa resistência se torna capaz de igualar e identificar essa temperatura a uma cor predefinido. E a sobreposição das cores é capaz de gerar uma imagem a olho nu. Um aparelho desse tipo custa em média R\$ 4000,00 reais. A captura de imagens foi realizada nos mancais de rolamento. Com foco de temperatura nos mancais de rolamento, que foram denominados pelos pontos “Sp1” e “Sp2”.

Também foi utilizado um PRUFTECHNIK VIBXPERT II, que, realizada a captura das vibrações nas direções vertical, horizontal e axial, foram analisados dois mancais. Tal equipamento tem como procedimento a determinação da sequência de medição, partindo do ponto acionado até o ponto acionador.

O método de monitoramento de temperatura é considerado um princípio fundamental de condições e uma das primeiras formas de monitorar condições baseadas em instrumentos (MACHINERY LUBRICATION, 2018).

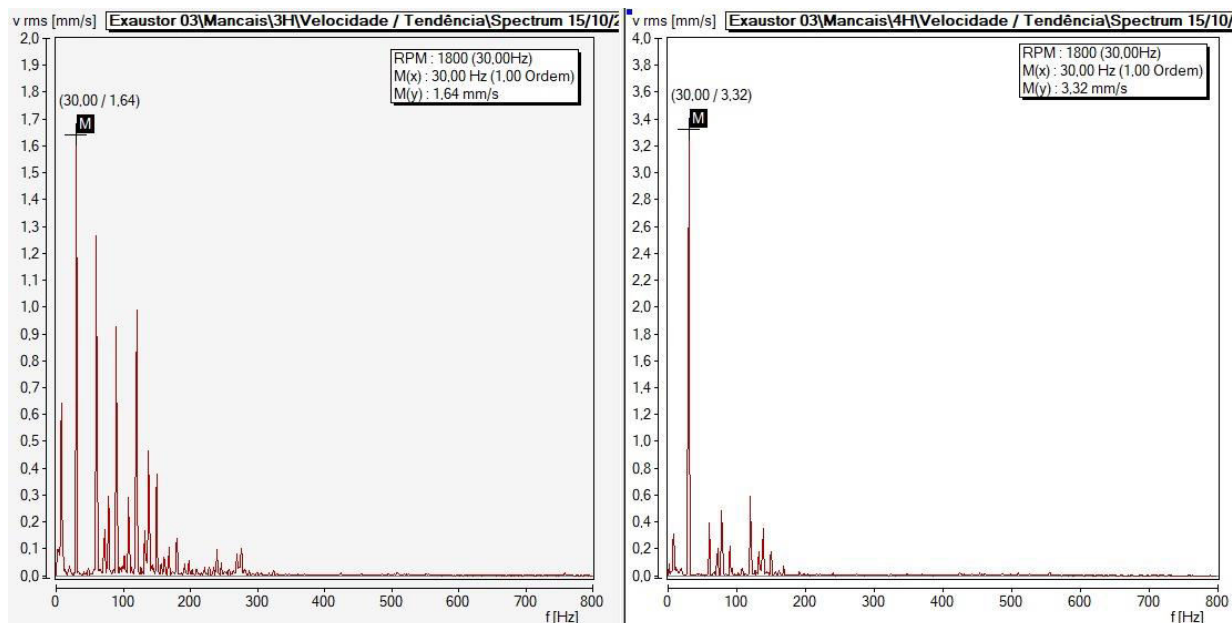
Os dados foram obtidos através de gráficos e imagens termográficas, onde eles mostram o quanto cada mancal vibrou e sua diferença de temperatura com o sistema balanceado e desbalanceado.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

De acordo com o que foi abordado no trabalho, dentre as variáveis que podem ser monitoradas de forma intrusiva nas indústrias, a que proporciona o maior volume de informação é a de vibração, podendo assim detectar falhas antes que elas ocorram. Por meio do monitoramento preditivo, podem-se identificar possíveis problemas como: empenamentos de eixos, folgas, desbalanceamentos, desalinhamento, defeitos de mancais de rolamentos, entre outros (OLIVEIRA, 2021).

A Figura 4 evidencia a coleta de dados feita nos mancais LA (lado acoplado) e LOA (lado oposto ao acoplado) com o sistema balanceado, no qual foram obtidos

dados de vibração de 1,64 mm/s para o mancal LOA e 3,32 mm/s para o mancal LA, há uma frequência de 30 Hz e uma rotação de 1800 rpm.



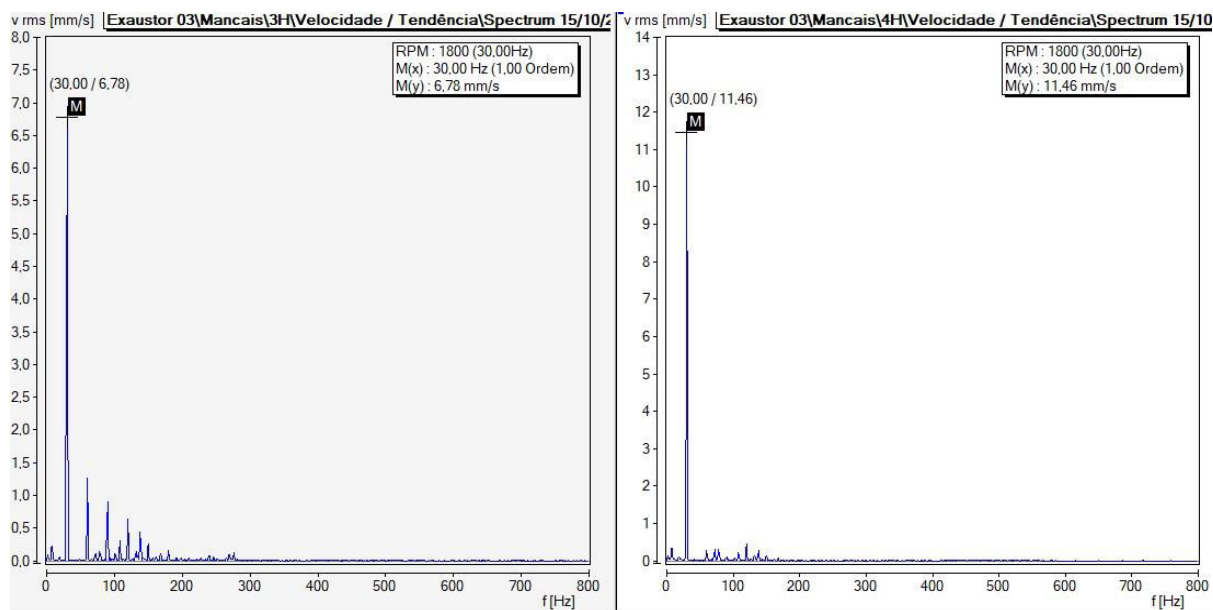
**Figura 4:** Sistema balanceado.

**Sendo:** O mancal 3H LOA (Lado oposto ao acoplado) e o mancal 4H LA (Lado acoplado).

**Fonte:** Vibramec.

Avaliando esses dados obtidos e baseando-se no que diz a NBR 10082/1987 e a ISO 10816-1/1995 podemos concluir que os dados obtidos referentes ao mancal LOA estão dentro dos padrões aceitáveis para operação. Já o mancal LA, usando o método de análise descrito acima com os valores obtidos, essa vibração é enquadrada na Zona C, onde já foi identificada uma vibração prejudicial ao sistema, mas podendo operar enquanto o planejamento de manutenção é feito.

A Figura 5 evidencia a coleta de dados feita nos mancais LA (lado acoplado) e LOA (lado oposto ao acoplado) com o sistema desbalanceado. Ao causar o desbalanceamento no sistema, nota-se o aumento na amplitude de vibração nos mancais que, antes era de 1,64 mm/s para o mancal LOA foi para 6,78 mm/s e de 3,32 mm/s para o mancal LA foi para 11,46 mm/s.



**Figura 5:** Sistema desbalanceado.

**Sendo:** O mancal 3H LOA (Lado oposto ao acoplado) e o mancal 4H LA (Lado acoplado).

**Fonte:** Vibramec.

Usando o método baseando-se no que diz a NBR 10082/1987 e a ISO 10816-1/1995 os dois mancais são enquadrados na Zona D. Nela tem que ser feito a parada imediata do equipamento, porque a energia de vibração coletada já é suficiente para danificar o equipamento em operação.

Pôde-se notar que, com o desbalanceamento do sistema, as amplitudes de vibração dos dois mancais aumentaram de maneira significativa, ocorrendo a mudança das zonas de severidade. Isso ocorreu porque com o sistema balanceado, o mancal LOA estava enquadrado na zona B e o mancal LA na zona C. Com esse desbalanceamento, os mancais foram reclassificados para zona D, e baseando-se nas normas citadas, quando um equipamento opera nessa zona de classificação, o equipamento deve ser parado imediatamente.

De acordo com Antares (2021), o aumento excessivo das vibrações nos mancais pode gerar falhas. A falha de um rolamento pode acarretar diversos problemas dentro de uma indústria, como: redução da eficiência na produção, maior custo com manutenção corretiva, interrupções não planejadas, dentre outros.

De acordo com Menna (2007), mancais de rolamento exercem a função de suportar cargas estáticas e dinâmicas nas partes móveis ou estacionárias do equipamento. Ele ainda ressalta que os impactos desses defeitos nos demais

componentes, desencadeiam a degradação que acabam agravando-se pela própria vibração iniciada pelos defeitos.

A Figura 6 representa uma faixa com intervalos de operação baseando nas temperaturas dos mancais.



**Figura 6:** Faixa de operação das temperaturas dos mancais.

**Fonte:** Machinery Lubrication.

De acordo com Machinery Lubrication (2018), a zona 3, classificada como “Working Range”, é considerada a faixa normal de trabalho. A Figura 7 mostra a equação que representa a conversão do valor em Fahrenheit para Celsius.

$$\frac{C-0}{100-0} = \frac{F-32}{212-32}$$

$$\frac{C}{100} = \frac{F-32}{180}$$

**Figura 7:** Equação da convenção de Fahrenheit para Celsius.

**Fonte:** Machinery Lubrication.

A Figura 8 evidencia as temperaturas dos mancais Sp1 e Sp2 com o sistema totalmente balanceado. Os mancais foram definidos como “Sp1” e “Sp2” para fins de identificação.



**Figura 8:** Temperatura dos mancais com o sistema balanceado.

**Sendo:** O mancal Sp1 LA (Lado acoplado) e o mancal Sp2 LOA (Lado oposto ao acoplado).

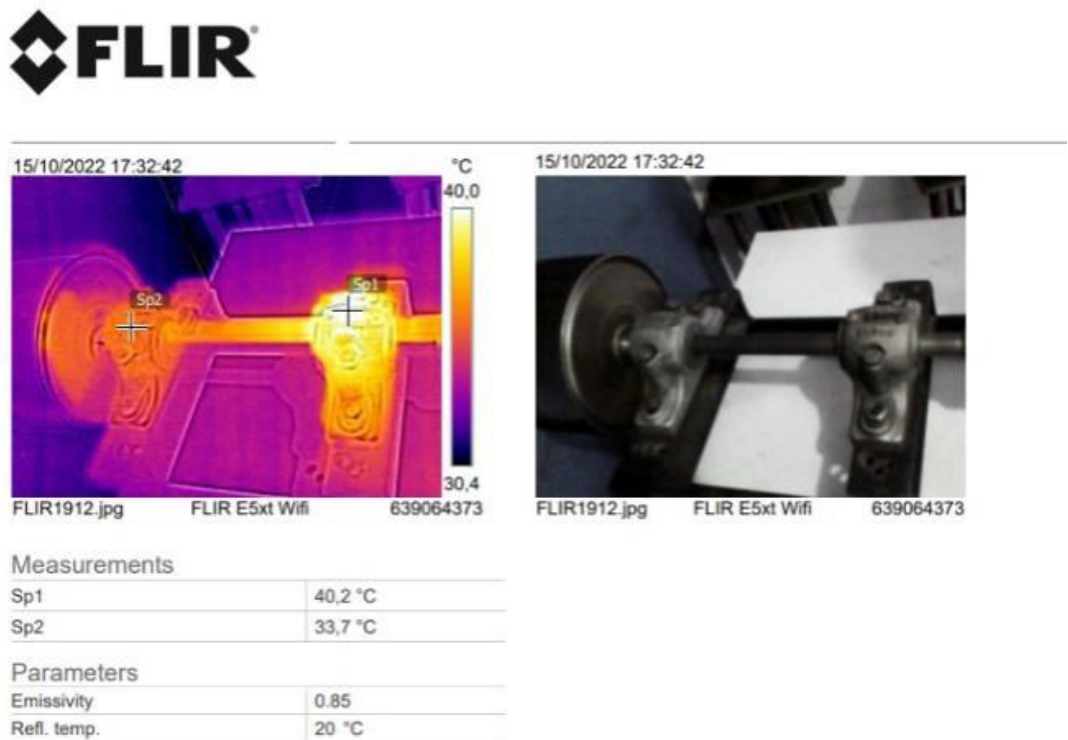
**Fonte:** Vibramec.

Foram obtidas as temperaturas de 31,8 °C para o mancal Sp1 e de 31,6 °C para o mancal Sp2. Utilizando o mesmo método de análise do sistema balanceado, os dois mancais ainda estariam operando na faixa normal de trabalho, visto que o limite máximo da zona 3 é de 55 °C. Os valores para os pontos C e D seriam de 25 °C e 55 °C respectivamente. Com isso evidenciando que os valores obtidos com o sistema balanceado estariam dentro dos parâmetros de funcionamento normal.

De acordo com Menna (2007), a lubrificação do rolamento tem como finalidade a redução do atrito, sendo também responsável por evitar a corrosão e proteger contra contaminantes sólidos e água. Ele também ressalta que o superaquecimento acontece com o equipamento em funcionamento induzindo alterações na coloração da peça. A falha do rolamento decorre pela alteração dimensional e redução da folga interna resultando no travamento ou a quebra da gaiola. Entre os principais motivos de superaquecimento estão: lubrificação deficiente, excesso de carga em operação, pré-carga excessiva na montagem, rotações acima do limite de projeto do rolamento, folga interna do rolamento, contaminação do lubrificante e desvio na geometria de eixo ou de caixa de mancais.

A Figura 9 garante as temperaturas dos mancais Sp1 e Sp2 com o sistema totalmente desbalanceado.

**Figura 9:** Temperatura dos mancais com o sistema desbalanceado.



**Figura 9:** Temperatura dos mancais com o sistema desbalanceado.  
**Sendo:** O mancal Sp1 LA (Lado acoplado) e o mancal Sp2 LOA (Lado oposto ao acoplado).  
**Fonte:** Vibramec.

Com o sistema desbalanceado foram obtidos os valores de 40,2 °C para o mancal Sp1 e de 33,7 °C para o mancal Sp2. Pôde se notar um aumento de 8,4 °C na temperatura do mancal Sp1. Essa diferença no aumento de temperatura ocorrida em Sp1 é devido a uma falha de lubrificação do rolamento provocada intencionalmente para poder gerar o aumento da temperatura, quando submetido ao desbalanceamento em conjunto com o aumento da amplitude de vibração.

Esse superaquecimento no mancal do rolamento “Sp1” ocorreu pelo fato de lubrificação deficiente, assim após a detecção da deficiência é possível fazer o reparo antes que o equipamento possa vir a apresentar problemas.

Utilizando o mesmo método de análise do sistema balanceado, os dois mancais ainda estariam operando na faixa normal de trabalho, visto que o limite máximo da zona 3 é de 55 °C.

Após a obtenção de todos os dados com o sistema balanceado e desbalanceado, eles foram analisados, e foi possível identificar que o mancal LA, apesar de estar com uma falha de lubrificação, se enquadra na zona 3, de acordo



com Machinery Lubrication (2018), que é considerada uma faixa normal de trabalho em relação a temperatura, juntamente com o mancal LOA. Mas quando analisamos a vibração que ambos sofreram vemos que eles se enquadram na zona D, de acordo com a ISO 10816-1/1995, onde a vibração contém energia suficiente para danificar a máquina, assim deve ser feita uma parada imediata para as devidas manutenções.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta deste trabalho foi construir e analisar dados de vibrações e temperaturas de uma bancada didática. Foi possível comprovar que dá para serem realizados estudos e testes em uma bancada didática. Essa bancada custou aproximadamente R\$1800,00. Porém o alto custo dos equipamentos impossibilitou a coleta de dados na bancada construída. Com isso os dados foram coletados pela empresa VibraMec em uma bancada semelhante a construída.

Após a coleta de dados, foi possível identificar as mudanças de vibrações e de temperaturas em que os mancais estão sujeitos em um sistema balanceado e desbalanceado. Assim proporcionando a identificação de prováveis falhas e realização das devidas manutenções antes que o equipamento possa vir a sofrer danos maiores.

Uma proposta futura de trabalho é a construção de ferramentas para coleta de dados usando uma interface de baixo custo.

## REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10082:** Vibração mecânica de máquinas com velocidades de operação de (600 a 12000 rpm) – BASES PARA ESPECIFICAÇÃO E PADRÕES DE AVALIAÇÃO. Rio de Janeiro, p. 1-16. 1987

ARAÚJO, Adriano Tavares. **Estudo das técnicas de medição do auto amortecimento de cabos condutores.** Projeto de graduação - Universidade de Brasília Faculdade de Tecnologia Departamento de Engenharia Mecânica, Brasília, p. 01-72, novembro. 2014.

ARAÚJO, Roberto Bezerra de. **Detecção de Falhas em Rolamentos por Análise de Vibração.** Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Mecânica Comissão de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, São Paulo, p. 01-152, julho. 2004.

CARVALHO, João Marcelo Cardoso; ALBERNAZ, Claudia Márcia Ribeiro Machado. **Desenvolvimento de uma interface de baixo custo para uma bancada didática de análise de vibrações mecânicas**. IX COEN – Congresso de Engenharias da UFSJ Interconexão, Rio de Janeiro, p. 01-13, setembro. 2019.

COSTA, Guilherme Alan Souza. **Análise vibratória de fundações de máquinas sobre estacas**. Dissertação (Mestrado em Estruturas; Geotecnia; Construção Civil) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro Centro de Tecnologia e Ciências Faculdade de Engenharia. Prof. Dr. Marcus Peigas Pacheco, 2013. f 146. Rio de Janeiro. 2013.

CYRINO, Luís. **Diagnóstico de falhas das vibrações**. Disponível em: <<https://www.manutencaoemfoco.com.br/diagnostico-de-falhas-das-vibracoes/>> Acesso em 16 de nov. de 2022

FREESCALE. **Digital Output Accelerometer MMA7455L**. NXP, 2009

GARDIM, Roberto. **Desenvolvimento de uma bancada didática de análise de vibrações**. Trabalho de conclusão de curso Guarapuava. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ CAMPUS GUARAPUAVATECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL. Prof. Dra. Viviane Teleginski Mazur, 2018. f 42.

GIL, António Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6ª Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO10816-1 - Mechanical vibration: Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts**. San Diego, CA: Machinery Information Management Open Systems Alliance (MIMOSA), 12-15, 1995.

INSTRUTEMP. Instrutemp Instrumentos de Medição, c2022. O que é uma câmera termográfica e quando ela pode ser útil. Disponível em: <https://instrutemp.com.br/camera-termografica-o-que-e/sem-categoria/>. Acesso em 01 de nov de 2022.

JIM FITCH. **Machinery Lubrication**, c2018. Be Alert to heat as both a Contaminant an a Symptom. Disponível em: <https://www.machinerylubrication.com/Read/31381/heat-contaminant-symptom/>. Acesso em 16 de nov. de 2022.

KELLY, Graham. **Vibrações Mecânicas: Teorias e Aplicações**. [Editora CENGAGE]: Cengage Learning Brasil, 2018.

LIMA, Israel Antônio Macedo De. **Proposição de uma bancada didática para análise de vibração em manutenção preditiva**. Monografia de Graduação em Engenharia Mecânica - Universidade de Brasília. Brasília. Maria Alzira de Araújo Nunes, 2014. f 83 2014.

MARQUES, Ana Claudia; BRITO, Jorge Nei. **Importância da manutenção preditiva para diminuir o custo em manutenção e aumentar a vida útil dos**

**equipamentos**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 5, n. 7, p. 8913-8923, julho. 2019.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª Ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MCROBERTS, M. **Arduino Básico**. 2ª ed. Novatec. São Paulo, 465p., 2015.

OLIVEIRA, Leomar Pereira de; *et al.* **Análise de Vibração em Mancais Rotativos para Manutenção Preditiva, Utilizando Coletor/analizador de Vibrações**. Gears n'bricks, v. 2, n. 2, Goiás 2021.

PEREIRA, J. C. **Introdução à Dinâmica de Rotores**. UFSC, Florianópolis: Notas de Curso, 2005.

SILVA, Bruna Tavares Vieira da. **Bancada para análise de vibração: Análise de falha em máquinas rotativas** Dissertação (Mestrado) - Universidade de Taubaté, Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica, Taubaté, 2012.

SOUZA, Walter dos Santos. **Desenvolvimento de um sistema aplicativo em LabVIEW para o monitoramento de máquinas rotativas com um modo de balanceamento de rotores**. Universidade Federal do Pará Centro Tecnológico Coordenação do Colegiado do Curso de Engenharia Mecânica, Pará, 2005.

WEBER, Abílio José; *et al.* **Telecurso: profissionalizante de Mecânica: manutenção**. Rio de Janeiro: Fundação Roberto Marinho, 2009.

# **DETERMINAÇÃO DA ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO PARA SUBSTITUIR O CONJUNTO SEDE/VÁLVULAS E AUMENTAR A DISPONIBILIDADE FÍSICA DAS BOMBAS**

**ACADÊMICOS:** Rafael Ribeiro Gomes e Wederson Duarte Da Cruz

**ORIENTADOR:** Mateus Zanirate de Miranda

**LINHA DE PESQUISA:** Fluidos, termo-ciência e energia

## **RESUMO**

A manutenção ocupa uma importante função no aumento da eficiência da produção, disponibilizando recursos e está diretamente relacionada ao rendimento deste processo. Trata-se de um conjunto de procedimentos que garantem maior qualidade e garantia de desempenho dos ativos de uma empresa. A concorrência entre as organizações, para atender cada vez melhor o cliente, obriga as empresas a estarem sempre aprimorando seus processos produtivos para garantir maior eficiência na produção, sem que haja desperdício de matéria prima. O presente trabalho teve o objetivo de definir através de um estudo de confiabilidade qual a melhor estratégia para efetuar a substituição do conjunto sede/válvula, se é através de uma manutenção corretiva ou preventiva. Trata-se de uma pesquisa descritiva com abordagem quantitativa e retrospectiva, onde o recorte temporal utilizado para realização do estudo foi a partir de dados de julho 2019 a junho 2020. As variáveis que foram trabalhadas são: número de paradas das bombas, tempo e motivo de cada parada. Os dados obtidos serão processados estatisticamente através do *software Reliasoft®* partindo do princípio que atualmente não existe uma estratégia de manutenção baseada em confiabilidade para os conjuntos sede de válvulas. O papel estratégico da manutenção hoje é buscar a eficácia em suas manutenções a fim aumentar a disponibilidade dos equipamentos e aumento da produção com o menor custo possível. Avaliando os resultados encontrados, conclui-se que, para este componente, melhor estratégia para a empresa apresentada é a troca do conjunto sede/válvulas em manutenção corretiva, estratégia que após o resultado do trabalho será aplicada em EB2.

**PALAVRAS-CHAVE:** Manutenção, Mineroduto, Bombas Deslocamento Positivo.

## **INTRODUÇÃO**

A manutenção ocupa uma importante função no aumento da eficiência da produção, disponibilizando recursos e está diretamente relacionada ao rendimento deste processo. Trata-se de um conjunto de procedimentos que garantem maior qualidade e garantia de desempenho dos ativos de uma empresa (SOARES, 2021).

Segundo a norma NBR 5462/1994, termo manutenção tem grande importância para as empresas, pois são admitidas várias técnicas e ações a fim de manter ou recolocar um equipamento em seu estado, para que possa desenvolver suas funções. Dessa forma, a manutenção ocupa um papel crucial para o aumento da

eficiência produtiva, pois ela garante a disponibilidade dos equipamentos e instalações com segurança e confiabilidade dentro dos custos almejados (XAVIER, 2005).

A concorrência entre as organizações, para atender cada vez melhor o cliente, obriga as empresas a estarem sempre aprimorando seus processos produtivos para garantir maior eficiência na produção sem que haja desperdício de matéria prima. Nesse contexto, a manutenção faz a prevenção de avarias, garantindo a produção de bens e serviços de alta qualidade, com baixo custo de produção (VIANA, 2002).

O mineroduto trata-se de padrão de fluxo de sólidos granulares misturados com um líquido, geralmente água, que funciona como meio de transporte. As polpas de minério de ferro são bombeadas com bombas de deslocamento positivo do tipo pistão (bombas dedicadas ao bombeamento de líquidos pesados e viscosos em altas pressões) e por estarem diretamente ligadas ao processo produtivo da empresa, devem estar sempre em perfeitas condições. Para isso, é interessante manter esses equipamentos bem mantidos, de forma eficiente evitando assim custos desnecessários (CHAVES, 2012).

Esse tipo de bomba apresenta grande número de peças de desgaste e necessita que esteja em perfeitas condições de operação, para garantir um alto nível de disponibilidade, com alta confiabilidade (ELETROBRÁS, 2009).

Diante do exposto, o presente trabalho teve o objetivo de definir, através de um estudo de confiabilidade, qual a melhor estratégia para efetuar a substituição do conjunto sede/válvula, se é através de uma manutenção corretiva ou preventiva.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **MINERODUTO**

Um mineroduto é um duto que transporta minério, geralmente por longas distâncias, até o processamento final do material. São utilizados para transportar minério com o menor impacto ambiental em relação aos meios de transporte mais convencionais (FURST, 2018). O uso de dutos em seu formato atual, com tubos metálicos, hermeticamente fechados e mecanismos de bombeamento para acionamento de produtos como petróleo, gás e pastas de minério, surgiu em 1865 nos EUA. Hoje, eles representam um sistema de transporte seguro, que abrange cinco continentes e é essencial para a economia global (FOGLIATTI, 2004).

## **BOMBAS**

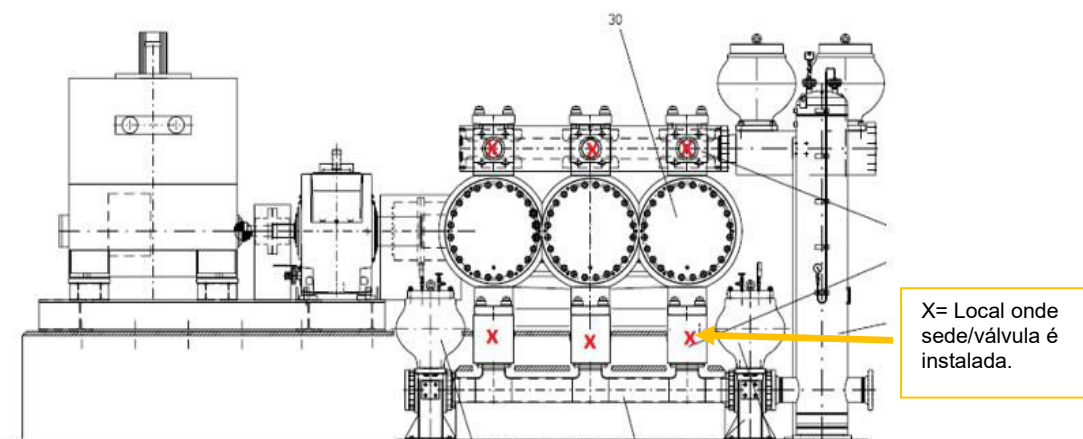
As bombas são classificadas como máquinas de fluxo, cuja função é efetuar o escoamento do fluido de um ponto a outro, através da conversão de energia. Nelas o trabalho mecânico é uma forma de energia em que o meio de operação é um fluido que interage com um elemento rotativo e não se encontra confinado. Além disso, segundo o autor o fluido de trabalho altera seu nível de energia após sofrer efeitos dinâmicos transferidos à medida que trespassa pela máquina (ANCINES, 2012).

As bombas hidrostáticas são caracterizadas pela transferência de energia na forma de energia de pressão. A variação da energia cinética é muito pequena e pode ser ignorada. Aumentar o limite de fluxo significa aumentar a pressão sem reduzir significativamente o fluxo, o que teoricamente, não tem limite de pressão superior e pode aproveitar a quantidade de energia (capacidade) "ilimitada". No entanto, para evitar danos físicos ao sistema hidráulico, a capacidade máxima é limitada pela válvula limitadora de pressão (LINSINGEN, 2001).

As situações em que são utilizados sistemas hidráulicos são as mais variadas, cada uma com sua exigência de carga, velocidade, precisão de posicionamento, tempo de resposta, dentre outros. Para atender a essas necessidades, foram projetados tipos diferentes de bombas, cada uma com características distintas (FONSECA, 2013).

Estas características são determinadas pelo princípio de movimento utilizado. Como tal, as bombas hidrostáticas são classificadas em bombas de deslocamento positivo de engrenagem, de palheta, de pistão e de parafuso. Bombas de pistão e de palhetas de deslocamento positivo podem ser construídas para permitir fluxo variável a uma taxa de rotação (ou velocidade) constante. As bombas construídas dessa maneira são chamadas de bombas deslocamento de transformação. Conforme Fonseca (2013), existem dois grupos de bombas de deslocamento positivo: as bombas rotativas e as bombas alternativas.

Já as bombas alternativas, modelo utilizado para transporte nessa empresa, são compostas basicamente de uma camisa de pistão, válvulas de descarga e sucção, válvulas essas que foram analisadas nesse trabalho, pistão ou diafragma de acordo com a forma construtiva (SANTOS, 2007). Na Figura 01 é mostrada uma bomba alternativa de pistão com diafragma, modelo GEHO TZPM 2000, do fabricante Weir Minerals Netherlands.



**Figura 1:** Desenho da bomba GEHO TPZM 2000.  
**Fonte:** Adaptado de Weir (2006).

Segundo o manual da bomba GEHO TZPM 2000, os componentes que estão em contato direto com a polpa de minério de ferro são classificados como peças de desgaste, devem ser de fácil acesso para inspeção e reparação. Ainda segundo a Weir (2006), as peças de desgaste - componentes sujeitos a trocas regulares - são as sede/válvulas de sucção e de descarga identificados na Figura 1.

## MANUTENÇÃO

A manutenção é formada por um conjunto de ações que ajudam no bom e correto funcionamento de um equipamento, também está relacionada com a conservação periódica, ou seja, com os cuidados e consertos que são feitos entre determinados períodos com o intuito de preservar, reparar ou repor algo que está estragado ou que não funciona corretamente, consertando para que volte a desenvolver a função requerida inicialmente (BENTO,2012).

Em geral, a diferença entre os tipos de manutenção está no propósito de cada ação. Isso porque a prevenção, como o nome sugere, é feita antes que ocorra um problema, enquanto o reparo é feito quando algo está impedindo o funcionamento da máquina ou do equipamento (BENTO,2012).

## MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A manutenção preventiva é a manutenção realizada com o objetivo de prevenir problemas. Em geral, as intervenções planejadas são realizadas pela equipe de manutenção, evitando assim quebras de equipamentos e máquinas (KREMER E KOVALESK, 2008).

Sua principal vantagem é que, ajuda a minimizar a possibilidade de danos e desgastes, ao realizar esses procedimentos e verificações. Além disso, reduz custos associados à substituição de peças e componentes, e diminui riscos de parada, interrupção de máquinas de produção e causando grandes perdas.

Por outro lado, como a manutenção preventiva ocorre mesmo quando não há danos nos equipamentos, às vezes, possível que um gerente incorra em custos desnecessários (KREMER E KOVALESK, 2008).

### **MANUTENÇÃO CORRETIVA**

A manutenção corretiva é encontrar maneiras de reparar problemas ou danos que os elementos já possuem. Como resultado, trata-se de uma manutenção não programada e, na maioria das vezes, envolve ações mais drásticas, como a substituição de peças e componentes danificados ou desgastados (COSTA, 2021).

Se realizada sem planejamento, essa manutenção gera custos elevados para as empresas e pode afetar a capacidade de produção, entregas e lucros mensais. No entanto, a manutenção corretiva, muitas vezes, pode ser evitada com a manutenção preditiva (COSTA, 2021).

### **MANUTENÇÃO PREDITIVA**

A manutenção preditiva funciona como a manutenção preventiva. O que as separa é a forma como as ações são codificadas. No trabalho preventivo, o programa de ação é baseado em etapas sem avaliar a estrutura e condição das máquinas (COSTA, 2021).

No caso de previsão, as ações de manutenção baseiam-se na inspeção sistemática e na observação regular de alterações de parâmetros ou condições de operação de máquinas e equipamentos. Cada uma de suas máquinas e equipamentos é analisado regularmente e as atividades de manutenção são realizadas apenas quando necessário, por exemplo, em caso de desgaste, especificação de nível inferior de lubrificante, entre outros (COSTA, 2021).



Portanto, a manutenção preditiva pode determinar o momento certo para realizar determinada ação, para evitar que equipamentos danificados prejudiquem sua operação e retardem as ações de manutenção corretiva. É por isso que é a ação que mais economiza recursos da empresa, pois as ações acontecem na hora certa, sem consumir recursos desnecessários (COSTA, 2021).

## **METODOLOGIA**

Trata-se de uma pesquisa descritiva com abordagem quantitativa e retrospectiva.

A pesquisa foi desenvolvida através de dados em uma empresa de mineração da Zona da Mata Mineira. A referida empresa é uma organização global diversificada de mineração. Ela é responsável pela produção de minério de ferro, manganês, carvão, cobre, níquel, platina e diamante. Sua sede está localizada em Londres, Reino Unido, e seu escritório corporativo está situado no Brasil, em Belo Horizonte, Minas Gerais. A empresa possui operações na África do Sul, Chile, Canadá, Austrália e no Brasil.

O recorte temporal utilizado para realização do estudo foi a partir de dados de julho 2019 a junho 2020. Aos dados obtidos foi garantido sigilo e confidencialidade, sendo utilizados apenas para fins de pesquisa.

As informações que foram processadas neste estudo são referentes a válvulas aplicadas na estação de bombas 2 (EB2). A partir de dados fornecidos pela referida empresa, observou-se que o maior número de paradas ocorreu para intervir no conjunto sede/válvula das bombas.

As bombas de deslocamento positivo utilizadas nesse meio de transporte são as alternativas. Essas possuem relação inversa entre vazão e pressão, ou seja, quanto maior for a pressão gerada na câmara, menor será a vazão da bomba. Por ter essa característica, essas bombas são usadas em deslocamento de fluido viscosos (SANTOS,2007).

As variáveis que foram trabalhadas são: número de paradas das bombas, tempo e motivo de cada parada. Os dados obtidos serão processados estatisticamente através do *software Reliasoft®*.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A simulação realizada com base em dados coletados das válvulas aplicadas na estação de bombas 2(EB2), processada estatisticamente através do software *Reliasoft®*, parte do princípio que atualmente não existe uma estratégia de manutenção baseada em confiabilidade para os conjuntos sede de válvulas.

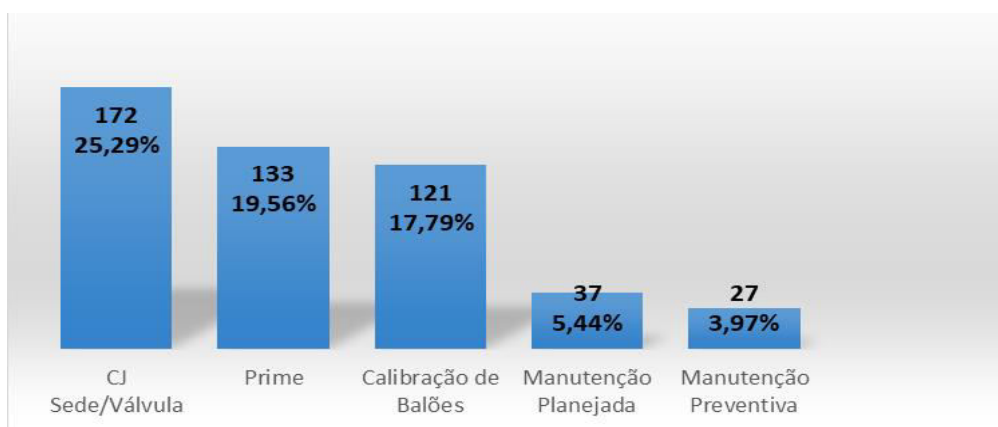
Em relação ao tempo de parada das bombas, as falhas no conjunto sede/válvulas deixaram o equipamento mais tempo parado (18,95%) conforme (FIGURA 2).



**Figura 2:** Tempo de bomba parada.

**Fonte:** Dados da empresa.

Quando avaliado o total de paradas ficou evidente que o conjunto sede/válvula também apresentou destaque (25,29%) em relação ao número de vezes que as bombas ficaram paradas (FIGURA 3).



**Figura 3:** Número de parada de bomba

**Fonte:** Dados da empresa.

Na figura 02 e 03, o termo manutenção planejada é a forma como o operador da sala de controle imputa no sistema, ou seja, quando o equipamento é parado por qualquer motivo e essa atividade está programada, eles lançam no sistema como manutenção planejada.

Nesse contexto, tem-se como problema a falta de estratégia de manutenção baseada em confiabilidade para manutenções nas válvulas instaladas nas bombas principais do mineroduto.

Segundo Motta (2001), o tempo ótimo de manutenção ressalta o papel estratégico que a manutenção deve desempenhar, no qual a receita para as empresas depende diretamente da disponibilidade de seus equipamentos. Este modelo implicará na mudança de paradigma da eficiência para o da eficácia, isto é, priorizará a busca de disponibilidade dos equipamentos, com segurança e custos adequados, procurando efetuar um reparo rápido e bem executado.

Para a avaliação da viabilidade foram utilizadas as variáveis apresentadas no Quadro 1.

**Quadro 1:** Variáveis coletadas para análise

<b>Manutenção Corretiva</b>	
Tempo total de troca de 1 válvula	2 horas
<b>Manutenção Preventiva por oportunidade</b>	
Aguarda a falha de uma das válvulas do conjunto para trocar preventivamente as outras duas;	
Tempo total para troca de 3 válvulas, sendo uma corretiva e as outras 2 preventivas	2,9 horas
<b>Valores</b>	
Custo do conjunto sede de válvula	R\$13.000,00
Preço do minério	US\$90,00
US\$1,00	R\$ 5,00
<b>Dados operacionais baseados no projeto</b>	
Vazão máxima da estação EB2	2105 m³/h
Vazão mínima da estação EB2	1850 m³/h
Porcentagem de sólido	71%
Densidade	2,31 t/m³

**Fonte:** Dados da empresa.

No Quadro 2 é apresentado o resultado da simulação corretiva no qual foi considerado um tempo disponível de 8760 horas ano por equipamento, e a estação de bombas 2 (EB2) é composta por 10 bombas.

Quadro 2: Resultados da Simulação Corretiva – Manutenção Corretiva Geral do Sistema

<b>Geral</b>	
Tempo Disponível (h)	8759,04
Tempo Indisponível Total (h)	0,96
<b>Resumo de Custo</b>	
<b>Custo Total</b>	
Custo Total do Sistema	R\$ 5.435.053,00
Quantidade de válvulas trocadas	418
<b>Resumo da Análise de Produção</b>	
<b>Produção</b>	
Produção Total	30,236 Milhões
<b>Unidades da Produção</b>	
Capacidade Máxima	30,239 Milhões
Utilização Real	99,99%

**Fonte:** Dados da empresa.

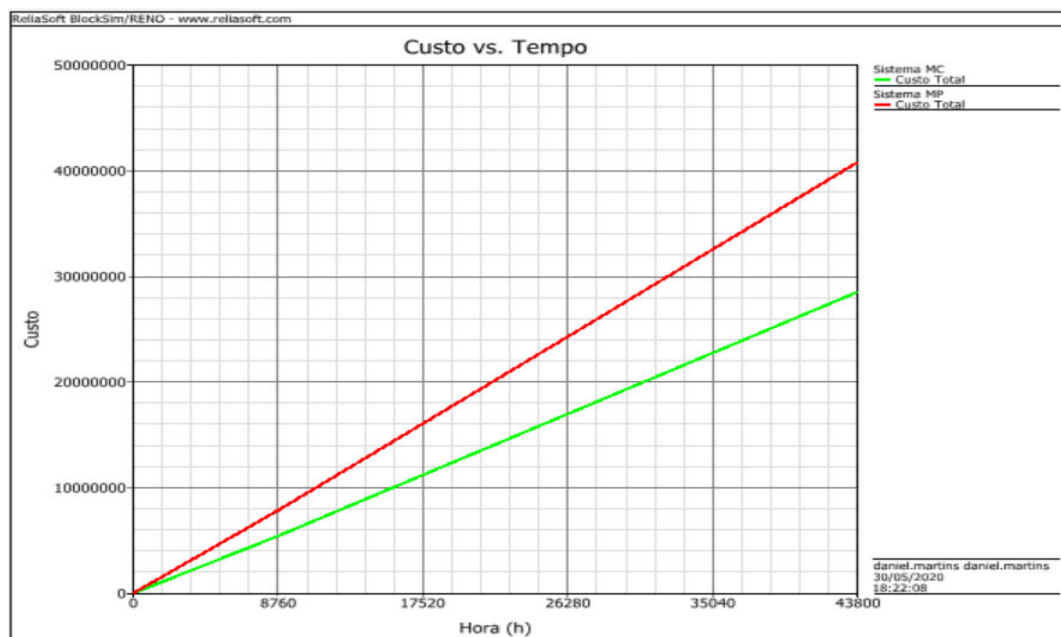
No Quadro 3 é apresentado o resultado da simulação preventiva por oportunidade e manteve as considerações do Quadro 2.

Quadro 3: Resultados da Simulação Preventiva – Manutenção Preventiva Geral do Sistema

<b>Geral</b>	
Tempo Disponível (h)	8705,38
Tempo Indisponível Total (h)	54,62
<b>Resumo de Custo</b>	
<b>Custo Total</b>	
Custo Total do Sistema	R\$ 7.854.002,00
Quantidade de válvulas trocadas	604
<b>Produção</b>	
Produção Total	30,048 Milhões
<b>Unidades da Produção</b>	
Capacidade Máxima	30,239 Milhões
Utilização Real	99,37%

**Fonte:** Dados da empresa.

A Figura 4 é a projeção de custos no período de cinco anos com base nos resultados do Quadro 2 e Quadro 3. Está nítido que há uma diferença significativa entre o custo total em manutenção preventiva (linha vermelha) e em manutenção corretiva (linha verde).



**Figura 4:** Custo vs. Tempo

**Fonte:** Dados da empresa

A disponibilidade anual do sistema usando a estratégia corretiva é maior em 53,6 horas em relação a manutenção preventiva. Isto é equivalente a uma disponibilidade para produção de 188 mil toneladas, que representa um potencial de ganho na casa de R\$ 84 Milhões. O custo anual dos componentes trocados de acordo com a estratégia corretiva também se mostrou favorável, uma vez que é menor em R\$ 2.418.949,00.

Analisando os Quadros 1 e 2 e a Figura 4, é notório que a melhor manutenção a ser aplicada neste componente, chamado sede/válvula, foi a corretiva. Os dados apresentados são contrários às afirmações de Viana (2002) e corroboram com o descrito por Xenos (1998).

Para Viana (2002), esse tipo de manutenção preditiva oferece várias vantagens para um sistema fabril, se comparada com a manutenção corretiva. Pode ser definida como os serviços realizados em intervalos de tempo predeterminados ou de acordo com critérios prescritos, destinados a reduzir a probabilidade de falhas ou a deterioração de um determinado item.

Segundo Xenos (1998), no ponto de vista do custo de manutenção, a manutenção preventiva é mais cara, pois exige a troca de peças e a reforma de componentes antes de atingirem seus limites de vida útil. Todavia, ainda de acordo o

autor, a frequência da ocorrência de falhas diminuem e há uma redução nas interrupções inesperadas de produção.

Segundo Abramam (2013), ainda se trabalha com muita manutenção corretiva não planejada e com manutenção preventiva em excesso. Entre 2002 e 2013, o tipo de manutenção mais empregada no Brasil foi a preventiva (36%), além disso, o segundo maior percentual é da manutenção corretiva (28%), já os outros tipos de manutenção, preditiva e engenharia de manutenção, foram menos utilizados, 19% e 17%, respectivamente.

O papel estratégico da manutenção, hoje, é buscar a eficácia em suas manutenções a fim aumentar a disponibilidade dos equipamentos e aumento da produção com o menor custo possível, conforme afirmação do Motta (2001).

## **CONCLUSÃO**

Avaliando os resultados encontrados, conclui-se que para este componente a melhor estratégia, para a empresa apresentada é a troca do conjunto sede/válvulas em manutenção corretiva, estratégia que após o resultado do trabalho será aplicada em EB2.

Desta forma, destaca-se a importância do trabalho do engenheiro e da engenharia de manutenção, na determinação da solução pontual de cada problema, levando em conta a especificidade de cada sistema e encontrando de maneira analítica o cenário em que haja a maior produção possível gerando o menor custo de operação.

## **REFERÊNCIAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5462: 1994** - Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ABRAMAN – **A situação da Manutenção no Brasil**. Brasil: Rio de Janeiro, 2013.

ANCINES, C. A. **Determinação experimental e numérica das curvas de funcionamento de bombas centrífugas**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

BENTO, F. da S. **O uso da manutenção preditiva como subsídio à manutenção preventiva**. Orientador: Dr<sup>a</sup> Helen Silva Gonçalves, 2012. 56f. Trabalho de Graduação, (Bacharelado em Administração) - Curso de Administração, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

**BOMBAS E SUA CURVA CARACTERÍSTICA.** Disponível em [https://www.feq.unicamp.br/images/stories/documentos/eq701\\_bombas.pdf/](https://www.feq.unicamp.br/images/stories/documentos/eq701_bombas.pdf/) Acesso em: 13 jun.2022

CHAVES, A.P. **Bombeamento de Polpa e Classificação:** Teoria e Prática do Tratamento de Minérios. 4º Edição. Oficina de Texto, 2012.

COSTA, M.A. **Gestão estratégica de manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional.** Orientador: Dr. Hernani Mota Lima. Monografia. 2013. 103f. Monografia. Engenharia de Produção. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2013.

ELETROBRÁS. **Bombas: guia básico.** Brasília: IEL/NC, 2009.

FOGLIATTI, M.C; FILLIPO, S; GOUDARD, B. **Avaliação de impactos ambientais:** Aplicação ao sistema de transporte. Editora Interciência, 2004.

FONSECA, J. G. **Descrição do sistema elevatório de abastecimento de água no município de Mossoró – RN.** Universidade Federal do Semi-Árido – UFERSA, 2013.

FOUST, A.S., WENZEL, A.L., CLUMP, W.C., MAUS, L., ANDERSON, B.L. **Princípio das Operações Unitárias.** Segunda Edição. Rio de Janeiro, 1982.

FURST, O. **Mineroduto, o que é isto, para quê serve?** 2018. Disponível em: <https://bibocaambiental.blogspot.com/2018/04/mineroduto-o-que-e-isto-para-que-serve.html> Acesso em: 13 jun. 2022.

HAYRTON. **Por que no Brasil o transporte dutoviário é tão pequeno?** 2012. Disponível em: <https://qualidadeonline.wordpress.com/2012/08/14/por-que-no-brasil-o-transporte-dutoviario-e-tao-pequeno/> Acesso em: 13 jun. 2022.

KREMER, C. D. KOVALESKI, J. L. **Determinação do momento ótimo para a realização da manutenção preventiva em equipamentos de uma indústria metalúrgica:** Revista interface tecnológica, Taquaritinga – São Paulo – Brasil, V.17. N.1, 2020.

LIMA, CA. **TELEMETRIA: Avaliação da produtividade de empilhadeiras em operações logísticas.** Orientador: Juliana Garcia Cespedes, 2021. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de São Paulo, Bacharel em Engenharia de Materiais. São José dos Campos, 2021.

SOARES, FR. **Sistema de tratamento de falhas para bombas de deslocamento positivo:** Orientador: Frederico Rocha Soares, 2021. 78 f. Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas, Ouro Preto, 2021.

VIANA, H. R. G. PCM- **Planejamento e Controle de Manutenção.** Qualitymark Ed, Rio de Janeiro. 2002.

SANTOS, S. L. **Bombas e Instalações Hidráulicas**. São Paulo: LCTE, 2007.

WEIR, M. N. **Manual de Instalação, Manutenção e Operação da bomba GEHO TZPM 2000**. Holanda: Netherlands, 2006.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. 1ª edição. Rio de Janeiro: INDG, 302 p.1998.



## **DIMENSIONAMENTO DE UMA BOMBA D'ÁGUA DE PVC**

**ACADÊMICOS:** Matheus Tomaz Cipriano e Paulo André de Almeida de Assis

**ORIENTADOR:** Carlos Eduardo Marques Cerqueira

**LINHA DE PESQUISA:** Fluidos, Termo-Ciência e Energia

### **RESUMO**

A água sempre foi um item de bastante necessidade para as pessoas, sem a água não é possível se fazer nada, muito menos sobreviver. Conforme o crescimento da população, surgiu a necessidade de expandir esse recurso natural para diversos lugares, para suprir as necessidades da população. No início da civilização, Arquimedes teve a ideia de criar uma bomba que possibilitaria o deslocamento da água para a população. Esse equipamento teve o nome Parafuso de Arquimedes. Com a existência dessa bomba, a distribuição da água seria facilitada, minimizando os prejuízos ocasionados. Com o passar do tempo, a engenharia vem evoluindo bastante na área de hidráulica, possibilitando o acesso de água para todos. Hoje há vários tipos de bombas — como as bombas centrífugas — cuja função é deslocar o material usando o seu eixo. Esse eixo transfere energia para as paletas, possibilitando o deslocamento do líquido. Esse eixo se movimenta através de um motor elétrico de liquidificador que é ligado a uma fonte de energia de 110 volts. Este trabalho trata-se de um estudo de caso, realizado no Centro Universitário Univértix – Matipó, no mês de outubro de 2022. Para o processo de montagem foram utilizados materiais de PVC, por exemplo, bucha de redução, tampão de esgoto, joelho, entre outros.

**PALAVRAS – CHAVE:** Bomba; Baixo custo; Experimento; PVC.

### **INTRODUÇÃO**

Desde o começo das civilizações, a água é um item de suma importância na vida das pessoas, seja para consumo direto, seja para as plantações, limpeza entre outros (CLAUDINO, 2020).

À medida que a população foi crescendo com o passar do tempo, passou-se a perceber a necessidade de direcionamento da água a diferentes locais. Esse fato foi essencial para garantir a sobrevivência nos mais diferentes habitats. Seguindo essa lógica, Arquimedes criou o primeiro equipamento que permitiu o deslocamento da água. Essa elevatória de água ficou conhecida como o parafuso de Arquimedes (PERRONE, 2019).

Nos tempos mais atuais, nos períodos de seca, algumas regiões sofrem com racionamento de água. Assim, as pessoas tendem a estocar o máximo de água possível em baldes, tanques e etc. Essa atitude não resolve o problema e pode estar relacionado à ocorrência de doenças como a Dengue e a Chikungunya, importantes problemas de saúde pública (GOMES, 2015).

O fato de a caixa d'água ficar vazia ocasiona diversos transtornos, dentre eles obrigar as pessoas a carregarem a água para casa e ter que distribuí-la manualmente, mesmo com toda a infraestrutura hidráulica (ANDRADE *et al.*, 2021). Nessas condições, a existência de bombas poderia facilitar a distribuição da água minimizando os prejuízos que são ocasionados (CAS, 2012).

Portanto, objetivou-se, com este trabalho, realizar o dimensionamento de uma bomba d'água centrífuga de PVC.

Esse tipo de bomba tem como finalidade realizar atividades mais simples de serem executadas e com um baixo custo.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Nos últimos séculos, a engenharia na área hidráulica evoluiu bastante, de modo a fazer com que os fluidos possam ser direcionados para o local desejado com maior eficiência, levando em conta o quão crítico sejam as condições para a realização, como a falta de energia, a distância, a altura, etc. (SOSOL, 2008).

Os tipos de bombas mais antigos conhecidos são as rodas de água e a parafuso. As bombas de parafuso usam o princípio de Arquimedes e seu funcionamento se trata de uma rosca dentro de um tubo que permite que o fluido na parte inferior seja elevado através da rotação desse parafuso. Essa rotação pode ser feita de forma manual ou por meio de motores. Esse tipo de bomba é utilizado até os dias atuais, sendo usada não somente para a elevação de líquidos como grãos (SILVA JUNIOR, 2019).

As rodas da água também são utilizadas até os dias atuais. Seu princípio de funcionamento é básico e se trata de uma roda com pás ou conchas, na qual o movimento da água, ao entrar em contato com as conchas, fazem essa roda girar. São utilizadas para a moenda de grãos, além de projetos alternativos para a geração de energia elétrica (DINIZ, 2018).

Sobre os modelos de bomba antiga, utilizados até os dias atuais, tem-se a bomba puxa-empurra, cujo funcionamento se assemelha ao de uma seringa, na qual ela puxa a água de um local para dentro de seu cilindro e depois ela é empurrada para fora com pressão. Para que a água siga só uma direção, há válvulas de retenção. Esse tipo de bomba é utilizado devido ao baixo custo, mas em menor escala por causa do seu processo lento (SILVA, 2018).

Com a evolução, hoje temos vários de bombas, entre as bombas hidráulicas temos as bombas centrífugas, as hidráulicas, entre outras. As bombas de engrenagens são um dos tipos mais utilizados atualmente, por serem mais versáteis em questão de pressão e vazão. Em sua construção, as únicas peças que se movimentam são as engrenagens, que bombeiam o fluido. Nem todo o fluido será bombeado de uma vez, uma pequena parcela faz a volta completa e volta ao ponto de entrada, isso propõe a evitar o atrito entre os dentes das engrenagens. (BACCHI, 2018)

As bombas centrífugas são máquinas cuja função é deslocar o líquido utilizando seu eixo. Sua rotação com suas paletas transferem a energia para o líquido, possibilitando o deslocamento deste para um local mais elevado. Dentre os tipos de motor que podem ser utilizados para rotacionar esse eixo, temos os motores elétricos, os a combustão e as turbinas. (SILVA, PINTO JUNIOR, 2019 *apud* MACINTYRE, 1997)

Sobre o local de funcionamento das bombas, podem ser a superfície ou imersa dentro do que se deseja bombear. As bombas submersas são aquelas que funcionam dentro do que se deseja bombear, normalmente são usadas em poços artesianos devido ao fato de poder ficar continuamente dentro da água, mesmo estando desligada, além de elevar a água a uma grande altura (CLAUDINO, 2020).

As bombas fazem um trabalho simples, mas exigem muito cuidado e isso envolve custos. Sua importância só é percebida quando ela falta, com isso deve-se atentar a todos os detalhes (RIBEIRO, 2019).

Um dos fatores que devem ser observados nas bombas é a manutenção. Existem diversos tipos de bombas no mercado, assim deve-se ficar atento àquelas que oferecem um melhor suporte. Entre os fatores que causam a quebra está o aquecimento da bomba. Assim, deve-se observar as condições em que ela trabalha, verificando se é possível ela se refrigerar. Os principais meios de arrefecimento são por óleo, água ou ar. Logo, é importante estar atento a esses meios para garantir um bom funcionamento dela. (CRUZ, 2019)

No caso de bombas centrífugas, pode ocorrer o dano nas paletas, devido a bolhas no processo de bombeamento, além de impurezas que acompanham o fluido. Tudo isso contribui para uma falha (AZEVEDO, 2019).

## RELATO DE CASO

Trata-se de um estudo de caso. Um estudo de caso é um tipo de pesquisa aprofundada de forma investigativa, de modo a se obter um conhecimento detalhado e amplo sobre determinado assunto (PATEL, 2022).

A pesquisa foi desenvolvida no Centro Universitário Univértix no mês de outubro de 2022.

Para montagem da bomba, foram utilizados diversos itens como: bucha de redução 50x25mm, tampão cap esgoto 40mm, tampão de cano PVC 50mm, cano de PVC 25mm 90 graus, câmara de ar, motor de liquidificador, parafusos. Também se recorreu a ferramentas auxiliares utilizadas para a montagem e ajustes necessários para que se fosse concluída a montagem e a realização do funcionamento da bomba, como a lixa, a serra, as chaves de fenda e Philips.

Em relação ao procedimento de montagem, o projeto da bomba hidráulica foi dividido em duas partes: a montagem das peças de PVC do equipamento e a parte motora da bomba.

Na etapa de montagem dos componentes de PVC, foram separadas as peças que necessitavam de preparação complementar antes a montagem, de modo a seguir uma linha contínua de montagem. Um desses componentes que passaram por esta etapa foi o rotor. Ele foi feito utilizando o tampão de cap de esgoto que foi recortado e teve a parede do cano dividida em quatro partes com um ângulo de 90 graus de cada componente do rotor. Então, a parte superior do tampão foi utilizada para a fixação de dessas pás, responsáveis para o bombeamento da água.

Já na etapa do motor da bomba, foi feita a preparação do motor a ser utilizado e a fixação de modo que ele tivesse uma refrigeração e que também tivesse uma alimentação de energia, verificando se era possível a execução da atividade.

Foi utilizado um motor de liquidificador de 1200w de potência e 15000 rpm, que, quando em funcionamento, o seu barulho chega 90 dB (para essa medição foi utilizado um aplicativo de celular em um ambiente silencioso).

O rotor foi feito com o tampão cap de esgoto 40mm, o qual foi serrado com o auxílio de uma serra circular para furadeira, de modo a serem cortadas as paletas e o fundo do rotor, sendo lixadas para se ter um acabamento melhor.



**Figura 1: Montagem do rotor**

**Fonte:** Arquivo Pessoal

Após serem tiradas todas as medidas, foi furado o fundo no centro para ser o local onde o eixo irá ser encaixado e, novamente, lixadas as rebarbas desse processo. Em seguida, foram tiradas as medidas para se ter o ponto onde elas foram coladas, após serem verificadas, estas foram coladas com cola de PVC.

Continuando o processo de montagem, para fazer a vedação traseira e impedir que a água tanto escape quanto chegue ao motor, foi utilizado o tampão de PVC 50mm. Ele também foi cortado o fundo e foi furado no centro para ser onde o eixo iria passar. Após isso, foi lixado para se ter um bom acabamento e precisão na hora de ser fixado, em seguida foram conferidos o encaixe tanto no eixo do motor quanto da redução.



**Figura 2: Parte traseira da bomba sem motor**

**Fonte:** Arquivo Pessoal

Para a saída do líquido de dentro da bomba, foi utilizada a curva de 25mm 90 graus. A peça foi cortada logo após a junta de conexão de forma perpendicular. Ao seu corte, ela foi lixada utilizando a redução 50x25mm como base, por ser o local onde foi fixado. Desse modo, obteve-se uma curvatura para um encaixe perfeito.

Com a conclusão do processo de lixa, para se ter um gabarito para o furo na redução, foi utilizada pasta de dente. Após a marcação, iniciou-se o processo de abertura do furo seguido pelo acabamento e a fixação com cola PVC (FIGURA 3).



**Figura 3: Furação para a saída da água bombeada**  
**Fonte:** Arquivo Pessoal

Foi feita uma inspeção nesses dois conjuntos que foram colados, de modo a garantir que eles estivessem preparados para a próxima etapa.

O rotor foi fixado no eixo para um teste onde se foi observado o seu posicionamento e feita uma rotação manual de modo a observar qualquer falha, para se verificar o alinhamento foi utilizado um esquadro (FIGURA 4).



**Figura 4: Rotor fixado ao eixo do motor**

**Fonte:** Arquivo Pessoal

A bomba foi fechada e novamente e foi feito um teste de rotação manual, para observar se não estava tendo contato das paletas com o casco (caracol) da bomba. Como não se teve nenhuma obstrução, foi prosseguido o processo.

Em seguida, foi realizado um teste com o motor do liquidificador ligado simulando um bombeamento sem líquido (somente ar) e sem o casco (caracol). Ele foi ligado, girando em rotação máxima. Após cinco segundos, ouve-se um “estalo”, logo em seguida, o motor foi desligado manualmente.

Observou-se, portanto, que as paletas do rotor se soltaram e foram arremessadas seguindo o movimento referente a rotação.



**Figura 5: Rotor após a remontagem**

**Fonte:** Arquivo Pessoal



Com o rotor reconstruído, foi feito um novo teste para se verificar se aguentaria a rotação. Novamente foi utilizada a cola de PVC e, agora, uma furadeira (não foi usado somente o motor), que possui um motor de 700W, uma rotação mínima de 250 rpm e máxima de 3000 rpm. Em seguida, passou-se ao teste com o rotor.



**Figura 6: Furadeira utilizada para o teste**  
**Fonte:** Arquivo Pessoal

O rotor resistiu à configuração de rotação mínima da furadeira que é de 250 rpm, com a rotação máxima de 3000 rpm. Ele também resistiu durante o tempo de teste, o que não foi muito longo (durou 20 segundos) devido ao fato de a furadeira superaquecer.

## **DISCUSSÕES**

A montagem de uma bomba d'água é mais complexa do que se aparenta. Qualquer erro de montagem ou uso de material inadequado podem comprometer o funcionamento do equipamento.

Segundo Silva (2018), em seu experimento, foram utilizados diversos componentes de PVC, servindo como motor um sistema manual, utilizando uma corda e uma roda de bicicleta para que fosse possível elevar a água para um nível superior.

Já Ziliel (2017) cita diversos materiais para a montagem de uma bomba de aríete, entre eles estão o PVC, aço galvanizado e até garrafa pet. Sobre a força motriz, esse modelo não utiliza motor.

Levando em conta que as paletas se soltaram em curto espaço de tempo após acionamento do motor, pode-se indicar que exista a necessidade de alterações no projeto inicial como, por exemplo, a redução da potência do motor, diminuindo a



rotação. Outras possibilidades podem ser em relação aos métodos de fixação das paletas para resistirem a rotação.

Avaliando a possibilidade de utilização de outros tipos de motores, em especial substituindo por equipamentos de potência inferior, é necessário associar um equipamento que possua baixa rotação, porém que tenha potência suficiente para o bombeamento do líquido. Com base no experimento de Hai (2020), foi utilizado um motor de 288W, sendo o líquido elevado a uma pequena altura e direcionado a uma pequena distância.

Para se reduzir a potência do motor pode-se adaptar um *dimmer* (muito usado para controlar a velocidade de ventiladores). Assim, para se reduzir a quantidade de energia que se chega ao motor, conseqüentemente, reduz-se a rotação, tendo com vantagem sobre a troca de motor a regulagem mais precisa para o que seria necessário no momento (BRYANT, 2020). Com uma menor rotação, o material seria menos exigido durante seu funcionamento.

No rotor, as paletas estavam coladas com cola PVC. Esse tipo de cola, apesar de ser fabricada para colar este tipo de material, possui ressalvas, em certas ocasiões. Assim, pode-se, então, ter a necessidade do uso de um *primer* — para se ter uma melhor eficiência da cola — ou também pode-se recorrer à utilização de outro tipo de cola como as instantâneas e de alta resistência e secagem (SAEZ, 2021).

Poderiam também ser utilizados outros métodos de fixação como a fixação por encaixe, na qual se furaria o rotor para que uma parte das paletas entre no rotor e seriam coladas para garantir a fixação (KITZBERGER, 2017). Assim, conseqüentemente, seria possível aumentar o grau de complexidade de montagem.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este estudo demonstrou que a construção de uma bomba d'água de PVC não é um processo simples. Vários fatores devem ser avaliados, como o local em que ela será utilizada, a capacidade de elevar água em uma altura maior e a necessidade de um motor mais potente. Além disso, há a questão de que sua fixação pode não suportar, como ocorreu neste experimento.

Apesar das dificuldades encontradas de início, com os deslocamentos das pás do rotor devido à velocidade elevada do motor utilizado, verificou-se que, após

nova montagem e com a utilização de um motor com velocidade mais baixa, o rotor se comportou de forma satisfatória, resistindo aos testes de velocidade. Demonstrou-se, portanto, que é possível a construção de uma bomba de baixo custo para elevação de água em pequenas propriedades.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, L. M., *et al*, **Análise de patologias em instalações hidráulicas e sanitárias de edificações residenciais e comerciais**, Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.7, n.11, p. 109639-109658 nov. 2021

AZEVEDO, I. A., **Análise do desgaste por abrasão de rotores em aço inoxidável AISI 304 de bombas de estação elevatória de água bruta de ETA's, variando a carga de sedimentos**, 2019, Disponível em: <http://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/1948>. Acesso em: 6 de junho 2022

BACCHI, F. H., Dimensionamento dos principais componentes de uma bomba de engrenagens aplicada a um veículo de alta performance, 2018, Disponível em: [http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/15240/1/PB\\_DAMEC\\_2018\\_1\\_04.pdf](http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/15240/1/PB_DAMEC_2018_1_04.pdf). Acesso em: 6 de junho de 2022

BERTO, R. M. V., NAKANO, D. N., A produção científica nos anais do encontro nacional de engenharia de produção: um levantamento de métodos e tipos de pesquisa. **Produção**. Rio de Janeiro, v.9. n.2. p. 65-76, 2000

BRYANT. **How Does a Dimmer Switch Work?**, 2020, Disponível em: <https://www.bryantelectricservice.com/how-does-a-dimmer-switch-work/>. Acesso em: 22 de outubro de 2022

CAS, J. F., **Procedimentos de vigilância sanitária em sistemas de abastecimento de água e posterior estudo de caso no município de Passa Sete/RS**, 2012, Disponível em: <http://repositorio.unisc.br:8080/jspui/handle/11624/1738>. Acesso em: 28 de junho 2022

CLAUDINO, C. M. A., *et al*, Bombas hidráulicas: Uma abordagem quanto as grandezas características, classificação e problemas, **Anais do V CONAPESC...** Campina Grande, Realize Editora, 2020

CRUZ, E. F., **MANUTENÇÃO DE BOMBAS HIDRÁULICAS CENTRIFUGAS: como deve ser um plano de manutenção de uma bomba centrífuga, para evitar a ocorrência de falhas como aquecimento, quebra e desalinhamento**, 2021, Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/2203/1/Eduardo%20Francisco%20da%20Cruz.pdf>. Acesso em: 6 de junho 2022

DINIZ, V. S., **Construção de um protótipo roda d'água**, 2018, Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/2230/1/DINIZ.pdf>. Acesso em: 6 de junho de 2022

FERNANDES, E. N. J., **Fabricação e estudo de bomba alternativa de dupla impulsão**, 2019, Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/42894>. Acesso em: 13 de maio de 2022

GOMES, L., **Estocar água em casa exige cuidados**, 2015, Disponível em: <https://saude.mg.gov.br/component/gmg/story/6782-estocar-agua-em-casa-exige-cuidados>. Acesso em: 3 de maio de 2022

HAI, M., **How To Make Water Pump 12V At Home, Water Pump From PVC Pipe/V13**, 2020, Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=eDUp\\_aXNSo8/](https://www.youtube.com/watch?v=eDUp_aXNSo8/). Acesso em: 9 de novembro de 2022

KITZBERGER, J. L., **Desenvolvimento de estrutura metálica para quadros gerais de baixa tensão utilizando conceitos de DFA**, Orientador: Prof. Dr. Gil Magno Portal Chagas, 2017, 62 f. Trabalho De Conclusão De Curso (Graduação) - Universidade Federal do Santa Catarina, Jaraguá do Sul, 2017

PATEL, N., **Estudo de Caso: O Que É, Exemplos e Como Fazer**, 2022, Disponível em: <https://neilpatel.com/br/blog/como-fazer-um-estudo-de-caso/#:~:text=O%20estudo%20de%20caso%2C%20tamb%C3%A9m%20conhecido%20como%20case%2C,prova%20social%2C%20atestando%20a%20veracidade%20de%20uma%20proposta/>. Acesso em 24 de outubro de 2022

PERRONE, G. C., **Parafuso de Arquimedes**, 2019, Disponível em: <https://www.ufrgs.br/amlef/2019/12/01/parafuso-de-arquimedes/>. Acesso em: 2 de maio de 2022

REIS, M. G. A., **Simulação Numérica e Otimização da Eficiência Hidráulica e da Potência Mecânica da Turbina de Arquimedes**, 2021, Disponível em: <http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/32847/1/Simula%3%a7%c3%a3oNum%3%a9ricaOtimiza%3%a7%c3%a3o.pdf>. Acesso em 6 de junho 2022

RIBEIRO, J. P. N. O., **Plano de ação baseado na manutenção preditiva e cálculo de oee em uma bomba centrífuga de reposição de água de caldeira**, Orientador: Prof Dr Wisley Falco Sales, 2019, 53 f. Trabalho De Conclusão De Curso (Graduação) - Universidade Federal De Uberlândia, Uberlândia, 2019

SAEZ, A., **A cola de PVC funciona em todos os plásticos?**, 2021, Disponível em: [https://www.ehow.com.br/cola-pvc-funciona-plasticos-info\\_260740/](https://www.ehow.com.br/cola-pvc-funciona-plasticos-info_260740/). Acesso em 23 de outubro de 2022

SILVA, C. M., PINTO JUNIOR, I. M., **Classificação de bombas hidráulicas e sua utilização como componentes de estações elevatórias, Ciências exatas e tecnológicas**, Alagoas, v. 5, n.2, p. 197-212, maio 2019

SILVA, R. A. F., **Fabricação e estudo de uma bomba hidráulica de baixo custo: bomba de corda**, Orientador: Prof. Dr. Luiz Guilherme Meira de Souza, 2018, 25 f. Trabalho De Conclusão De Curso (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018

SILVA JUNIOR, T. L., SILVA, L. M. V., PINTO JUNIOR, I. M., Bombas e suas aplicações nas engenharias, **Ciências exatas e tecnológicas**, Alagoas, v. 5, n.2, p. 223-248, maio 2019

SOSOL, **Manual experimental de instrução de manufatura e uso da bomba de água manual**, 2008, Disponível em: [http://www.dambiental.com.br/downloads/downloads\\_bomba\\_dagua\\_manual.pdf](http://www.dambiental.com.br/downloads/downloads_bomba_dagua_manual.pdf). Acesso em: 5 de junho de 2022.

ZILIEL, F. K., **Montagem e funcionamento de uma bomba de aríete**. 72p. 2017. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete, Alegrete, 2017.

