

O PROCESSO DE REPOTENCIALIZAÇÃO DE ROLAMENTOS PARA REDUÇÃO DO USO DE RECURSOS NATURAIS

Helen Martins Santos¹
Lucas Francelino de Jesus²
Lucas Vinicius Costa Lopes³
Leandro Oliveira⁴
Sandra Helena da Silva de Santis⁵

RESUMO: A crescente demanda por práticas sustentáveis na indústria tem impulsionado a busca por alternativas que equilibrem eficiência produtiva, redução de custos e preservação ambiental. Nesse contexto, a repotencialização de rolamentos se apresenta como uma alternativa eficaz para minimizar o uso de recursos naturais e mitigar os impactos ambientais associados à fabricação de novos rolamentos. Este estudo, de natureza qualitativa e fundamentado em revisão bibliográfica, analisou o potencial desse processo na promoção da sustentabilidade industrial. Os dados evidenciam que a repotencialização pode reduzir significativamente as emissões de dióxido de carbono e a necessidade de matérias-primas, com economia que pode ultrapassar 70% em relação ao custo de produção de peças novas. Além dos benefícios ambientais, destaca-se a melhora no desempenho operacional, a diminuição de paradas não planejadas e o fortalecimento de práticas alinhadas à economia circular. Dessa forma, conclui-se que a repotencialização de rolamentos se apresenta como uma solução viável para indústrias que buscam inovação, economia e compromisso ambiental.

7261

Palavras-chave: Repotencialização de rolamentos. Sustentabilidade industrial. Redução de custos. Impacto Ambiental.

ABSTRACT: The growing demand for sustainable practices in industry has driven the search for alternatives that balance production efficiency, cost reduction, and environmental preservation. In this context, bearing repowering emerges as an effective solution to reduce the consumption of natural resources and lessen the environmental impact associated with manufacturing new components. This qualitative study, based on a comprehensive literature review, explores the potential of this process in promoting industrial sustainability. The findings indicate that repowering bearings can significantly cut carbon dioxide emissions and reduce the demand for raw materials, achieving cost savings of over 70% compared to the production of new parts. Beyond environmental advantages, the process also contributes to improved operational performance, fewer unplanned shutdowns, and supports the adoption of circular economy practices. Thus, bearing repowering stands out as a viable solution for industries seeking innovation, cost-efficiency, and environmental responsibility.

Keywords: Bearing repowering. Industrial sustainability. Cost reduction. Environmental impact.

¹Acadêmico, Tecnóloga em Gestão da Produção Industrial, Fatec Ferraz de Vasconcelos.

²Acadêmico, Tecnólogo em Gestão da Produção Industrial, Fatec Ferraz de Vasconcelos.

³Acadêmico, Tecnólogo em Gestão da Produção Industrial, Fatec Ferraz de Vasconcelos.

⁴Mestre em Ciências na área de Tecnologia Nuclear, Faculdade de Tecnologia de Ferraz de Vasconcelos.

⁵Mestre em ciências na área de Materiais e Processo- Universidade São Paulo, Faculdade de Tecnologia de Ferraz de Vasconcelos.

1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com práticas que adotam a preservação ambiental tem impulsionado diversas indústrias a adotarem práticas responsivas sobre o meio ambiente. De acordo com a Confederação Nacional da Indústria (CNI), a sustentabilidade além de ser uma responsabilidade ambiental, também é uma estratégia para aumento da competitividade e redução de custos industriais. Além disso, a adesão a padrões internacionais, como o GHG Protocol (Greenhouse Gas Protocol) tem sido uma estratégia adotada por empresas que buscam quantificar e mitigar suas emissões de gases de efeito estufa.

Segundo Nogueira, Casalinho e Dilly (2009), tanto indivíduos quanto organizações enfrentam desafios ambientais e buscam soluções que reduzam seu impacto no meio ambiente. Nesse contexto, componentes como rolamentos, essenciais para maquinários industriais, vêm sendo repensados, com o objetivo de prolongar sua vida útil e minimizar o consumo de recursos naturais.

Diante dessa problemática, este artigo tem como objetivo discutir a viabilidade industrial do processo de repotencialização de rolamentos e sua contribuição para a redução do uso de recursos naturais. A cada rolamento repotencializado, há uma menor demanda por matéria-prima na fabricação de novas peças. Além da questão ambiental, a busca por redução de custos na indústria é constante. Como destacado por Rodrigues e Cruz (2016), as empresas procuram minimizar gastos e maximizar a eficiência operacional. Dessa forma, a sustentabilidade industrial não apenas reduz impactos ambientais, mas também proporciona benefícios econômicos e sociais.

O processo de repotencialização dos rolamentos é crucial para a indústria, pois prolonga a vida útil desses componentes mecânicos, reduzindo a necessidade de substituições corriqueiras. Além dos benefícios financeiros, esse método evita paradas inesperadas na produção, pois rolamentos em boas condições operam com maior eficiência e menor risco de falhas, contribuindo para a eficiência do processo produtivo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico do artigo aborda, respectivamente, os conceitos referentes a recursos naturais e como é possível diminuir o seu consumo por meio de processos industriais.

Em seguida, apresenta a definição de rolamentos e sua relevância com a sustentabilidade por meio do processo de repotencialização.

Em suma, destaca-se a importância da repotencialização de rolamentos para reduzir a necessidade de recursos naturais e garantir sua preservação para o uso das futuras gerações.

2.1 RECURSOS NATURAIS

Com o avanço da sociedade nos últimos anos, a preocupação com a preservação ambiental tem se intensificado tanto entre as indústrias quanto entre a população em geral. Mediante a isso, foi perceptível o desenvolvimento de ferramentas com foco sistemático para analisar os impactos ambientais correlacionados aos processos de fabricação de produtos.

De acordo com Murbach (2016), produtos manufaturados a partir de processos industriais não produzem apenas resíduos, como também consomem recursos naturais, necessitando de infraestrutura, mão de obra, água e energia. Além disso, estes componentes produzidos geram produtos que são transportados, consumidos e, principalmente, em alguns casos, reutilizados antes do descarte final, reciclados química ou mecanicamente.

No que diz respeito a recursos naturais, Luis Venturi (2006) explora o conceito observando que um elemento ou aspecto da natureza se torna um recurso quando está em uso ou demanda. Ele menciona inclusive, que os recursos não podem ser fixados de uma vez por todas já que eles se transformam historicamente, refletindo evoluções no ambiente, necessidades sociais e condições econômicas.

7263

Godard (2002) complementa ao observar que, algo só é considerado recurso à medida que satisfaz necessidades humanas e, no caso de recursos naturais, devem ser acessíveis ou transformáveis para que desempenhem seu papel.

No setor industrial, os recursos naturais são elementos essenciais, sendo transformados para atender às demandas dos consumidores por meio da produção de bens acabados. Da mesma forma, o processo produtivo em uma fábrica de rolamentos faz uso de recursos como água, minério de ferro, combustíveis fósseis e lubrificantes derivados do petróleo. Nesse cenário, conforme apresentado pela empresa SKF (2010), fabricante de rolamentos industriais, esses componentes exercem um papel significativo na sustentabilidade, contribuindo para a otimização da eficiência energética e a mitigação dos impactos ambientais.

Nesse estudo, trazemos à tona a questão dos rolamentos projetados, que, por terem vida útil mais longa, são benéficos para as máquinas industriais, pois requerem menos manutenção,

devido seu projeto ser específico para suportar mais atrito. Com esse rolamento projetado, reduz-se a substituição frequente de peças, há diminuição do consumo de recursos naturais, bem como a emissão de CO₂.

Ademais, segundo a empresa Schaeffler (2022), cada quilograma de aço utilizado na fabricação de rolamentos gera aproximadamente 2,0 kg de CO₂, enquanto a energia consumida nesse processo pode resultar em 0,8 kg de CO₂ por kWh. O transporte rodoviário desses produtos também contribui para o impacto ambiental, adicionando 0,2 kg de CO₂ por tonelada/km transportada.

Esses dados reforçam a importância da busca por alternativas que reduzam a necessidade de fabricação de novos rolamentos e incentivem práticas sustentáveis, como a repotencialização, para minimizar as emissões de gases de efeito estufa associadas ao setor industrial.

Silva (2020) destaca que as emissões de CO₂ estão diretamente associadas a atividades industriais, principalmente aquelas que envolvem a queima de combustíveis fósseis e processos produtivos de alta intensidade energética. Na fabricação desses componentes, as emissões tornam-se ainda mais expressivas, já que, para cada unidade produzida, o equivalente ao dobro de seu peso é liberado na forma de dióxido de carbono. Esse cenário reforça a necessidade de adoção de estratégias que visem a redução das emissões, seja por meio da otimização dos processos industriais, seja pela busca de matérias-primas e fontes de energia mais sustentáveis.

7264

Além disso, a inovação de rolamentos com maior durabilidade, contribui para a sustentabilidade industrial, reduzindo a demanda de recursos naturais e as emissões de CO₂ relacionadas à sua fabricação. Investir em rolamentos de alta qualidade e longa vida não só melhora o desempenho das operações industriais, como também reforça o comprometimento com práticas responsáveis com o meio ambiente.

2.2 ROLAMENTOS

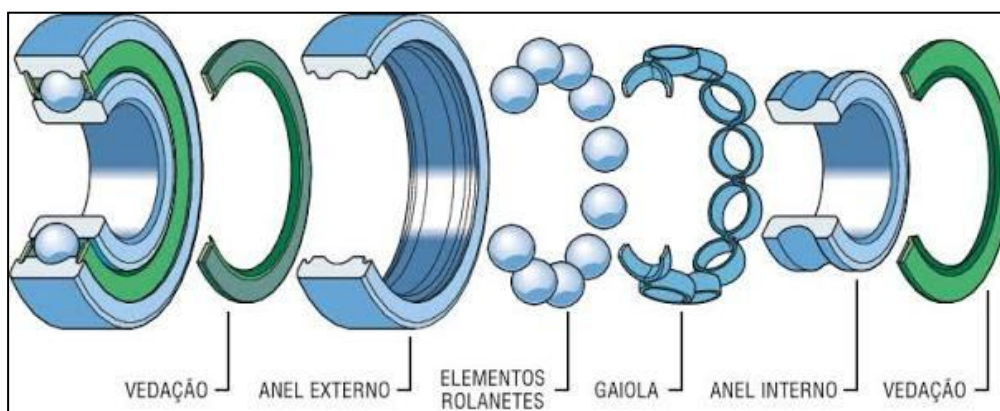
Os rolamentos são componentes importantes para o funcionamento eficaz de diversas máquinas industriais. Conforme Macintyre (1997), sua função principal é reduzir o atrito entre as partes móveis, garantindo eficiência, confiabilidade e durabilidade dos equipamentos. Entretanto, seu desgaste gerado por ações externas ao longo do tempo exige substituições, o que gera custos elevados e impacto ambiental significativo.

Conforme destaca Lins (2020), cada tipo de rolamento é projetado com características específicas para diferentes aplicações, altas rotações, altas cargas, necessidade de

desalinhamento em eixos ou mancais, além de dimensionais variados, miniaturas, grandes e extragrandes. Ademais, suas características foram e são criadas com o intuito de suportar cargas axiais, radiais ou combinadas.

De acordo com NSK (2013), existem diversos tipos de rolamentos, porém, alguns elementos básicos estarão nele, como: elemento rolante, gaiola, anéis internos e externos, conforme apresentado na Figura 1. A combinação desse conjunto mecânico permite o funcionamento com alta precisão e eficiência, suportando diversos tipos de cargas em diferentes pontos.

Figura 1: Elementos dos rolamentos industriais



Fonte: Belmiro e Carreteiro (2006, p. 22)

7265

A durabilidade de um rolamento e de seus componentes dependem da condição de operação em que está sendo utilizado. Com o tempo de operação, os desgastes desses componentes são inevitáveis, devido à repetibilidade de seu uso ou lubrificação inadequada. Diante desse contexto, a repotencialização de rolamentos se torna viável para recuperação desses componentes já desgastados devido ao atrito mecânico.

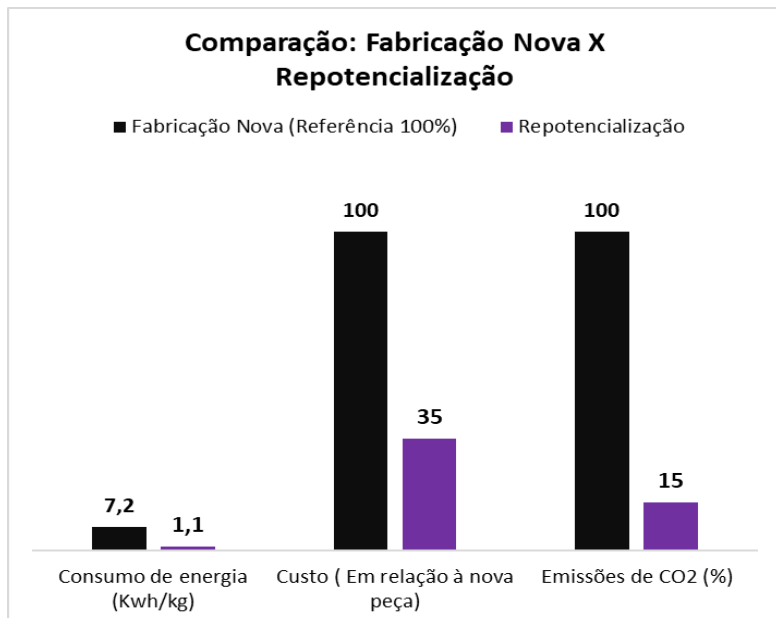
2.3 REPOTENCIALIZAÇÃO DE ROLAMENTOS

De acordo com a American Roller Bearing Company (2016), a repotencialização de rolamentos é uma prática ecologicamente correta, permitindo que os rolamentos sejam repotencializados, aumentando significativamente sua vida útil.

Segundo Schaeffler (2022), repotencializar é preservar. O procedimento consiste na recuperação e condicionamento de rolamentos já utilizados em campanhas anteriores que apresentam imperfeições, o que reduz de maneira significativa o consumo de recursos naturais,

uso de energia e emissões de carbono quando comparado a novas peças. Essa redução pode ser observada no Gráfico 1, que apresenta uma comparação entre a fabricação nova e a repotencialização em relação ao consumo de energia, custo e emissões de CO₂.

Gráfico 1: Comparação entre fabricação nova e repotencialização



Fonte: Autor (2024)

Em adição, a empresa SKF estima que a repotencialização pode reduzir em até 90% as emissões de CO₂ associadas à fabricação de novos rolamentos, tornando-se um paliativo essencial para empresas que buscam reduzir ou minimizar seus impactos que agridem o meio ambiente. Além disso, a Schaeffler (2022) destaca que 80% do aço removido no processo de usinagem pode ser reciclado, contribuindo para a economia circular e reduzindo a demanda por novas matérias-primas.

Empresas que adotam esse processo reduzem significativamente seus custos operacionais, pois a restauração de um rolamento que já foi utilizado representa uma fração do valor de uma peça nova fabricada. Além do ganho monetário, há impactos positivos na gestão dos recursos naturais, pois menos minérios, dentro outros recursos naturais são utilizados.

De acordo com as Nações Unidas (2023), a economia global consome recursos naturais em um ritmo crescente. Sem medidas corretivas, estima-se que, até 2060, a extração de matérias-primas aumentará em 60% em relação a 2020, o que pode comprometer a disponibilidade desses insumos no longo prazo.

Nesse contexto, Silva (2021) ressalta que a repotencialização de rolamentos é uma alternativa eficiente para restaurar as condições operacionais e prolongar a vida útil desses componentes, contribuindo tanto para a eficiência mecânica quanto para a sustentabilidade ambiental. Além das aplicações em máquinas industriais, esse método também é amplamente utilizado nos setores ferroviário, aeroespacial e automotivo. A recuperação desses componentes não apenas reduz custos operacionais, mas também minimiza o consumo de matéria-prima, tornando-se uma solução sustentável para diversas indústrias.

O processo de repotencialização envolve etapas estruturadas para restaurar a funcionalidade de componentes desgastados. Inicialmente, realiza-se uma inspeção detalhada para identificar desgastes, falhas e avaliar a viabilidade da recuperação. Em seguida, os rolamentos passam por um processo de limpeza profunda, removendo contaminantes que possam comprometer seu desempenho. Caso necessário, componentes danificados, como elementos rolantes ou gaiolas, são substituídos para garantir o funcionamento adequado.

Além disso, podem ser aplicados tratamentos superficiais, como revestimentos ou processos de endurecimento, a fim de melhorar as propriedades do material e aumentar a resistência ao desgaste (ALMEIDA, 2022). Por fim, os rolamentos são remontados e submetidos a testes rigorosos para assegurar a conformidade com as normas e padrões de desempenho exigidos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa adota uma abordagem qualitativa, fundamentada em revisão bibliográfica de livros, periódicos e websites relacionados ao tema. A ênfase recai sobre o impacto ambiental por meio do processo de repotencialização de rolamentos, visando à redução do uso de recursos naturais.

Como critério de seleção, artigos de grandes empresas fabricantes de rolamentos, que adotam o processo de repotencialização como um de seus serviços foram consultados, para obter embasamento teórico assertivo. Essa condição garante que as informações consultadas e analisadas sejam de fontes relevantes para o tema, com dados atualizados sobre as práticas sustentáveis das indústrias de rolamentos. Segundo Silva (2012), entende-se por fonte de informação documentos utilizados por profissionais atuantes em instituições.

Além disso, foram incluídos dados de empresas do ramo que adotam o processo de repotencialização, analisando os benefícios ambientais desse processo, como a redução do

consumo de recursos naturais. Além do ganho sustentável, a empresa ganhará financeiramente, visto que, repotencializar um rolamento antigo, pode ser mais viável do que adquirir um novo.

O objeto de pesquisa ressalta a repotencialização de rolamentos como uma estratégia eficiente para conciliar benefícios econômicos e ecológicos. Este processo, ao recuperar componentes danificados e estender sua durabilidade, favorece a sustentabilidade na indústria e diminui a necessidade de recursos naturais (LINS, 2020).

Por fim, a metodologia empregada neste estudo estabelece uma base sólida para futuras pesquisas sobre a função da repotencialização na conservação ambiental, destacando sua importância como opção para um setor industrial mais sustentável e consciente.

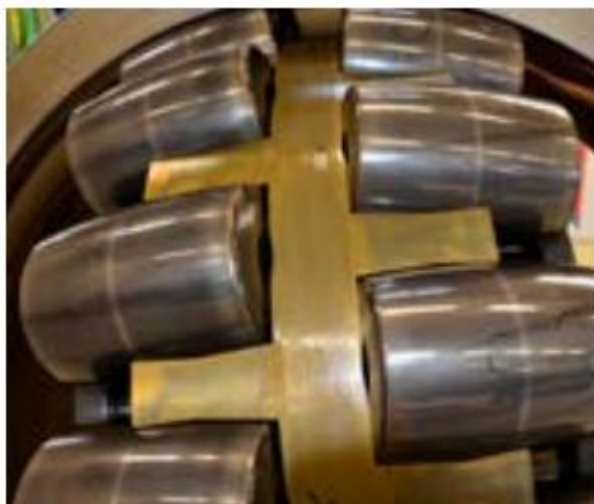
4. RESULTADOS E ANÁLISES

A fabricação de novos rolamentos requer alto consumo de recursos naturais como matérias-primas, energia e água, durante diversas etapas do processo produtivo. Além disso, esse processo gera efluentes, como resíduos líquidos e gases, incluindo dióxido de carbono (CO₂), que impactam diretamente no aumento do efeito estufa. Diante desse cenário, a repotencialização surge como uma alternativa sustentável, reduzindo significativamente esses impactos ambientais.

7268

A Figura 3 apresenta um rolamento antes do processo de repotencialização, evidenciando a oxidação dos elementos rolantes. Esse desgaste compromete a eficiência do componente mecânico, aumentando atrito e elevando os riscos de falhas operacionais.

Figura 3: Rolamento antes da repotencialização



Fonte: Repotencialização SKF (2024)

Após a repotencialização, conforme demonstrado na Figura 4, observa-se a restauração completa dos elementos rolantes, tornando-os visualmente e funcionalmente equivalentes a um rolamento novo. Esse processo não apenas recupera a funcionalidade do componente, mas também prolonga sua vida útil e mantém o desempenho mecânico.

Figura 4: Rolamento após a repotencialização



Fonte: Repotencialização SKF (2024)

Dessa forma, os rolamentos repotencializados podem operar de maneira similar a peças novas, garantindo eficiência e confiabilidade (SANTOS, 2019). Vale ressaltar que essa tecnologia é especialmente eficaz em casos de falhas iniciais identificadas por meio de monitoramento e análise das condições operacionais dos rolamentos. A antecipação na identificação de danos permite uma intervenção preventiva, evitando degradações severas e reduzindo a necessidade de substituição por componentes novos.

De acordo com a NSK Brasil, o serviço de repotencialização permite uma redução aproximada de 26% nas emissões de dióxido de carbono (CO₂) em comparação à fabricação de um novo rolamento. Além disso, o processo pode proporcionar uma economia de até 70% nos custos industriais, tornando-se uma solução altamente viável tanto para questões ambientais quanto financeiras.

O Grupo Schaeffler destaca que a repotencialização pode ser aplicada em diversos segmentos, abrangendo setores como siderurgia, mineração, papel e celulose, transporte ferroviário e geração de energia eólica. Além da economia de recursos, esse processo também

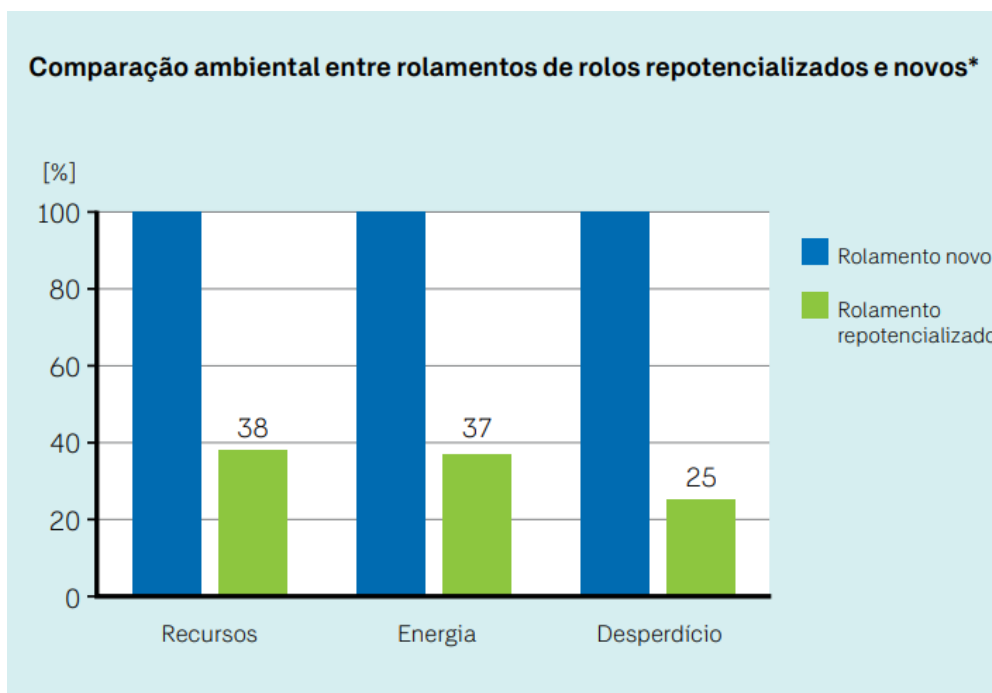
reduz significativamente o tempo de espera para reposição de peças, tornando a logística industrial mais eficiente.

Complementarmente, o grupo SKF Europa, Ásia e África (2004) afirmam que, em aplicações específicas, como em componentes de máquinas laminadoras, a economia pode alcançar até 65% no custo dos rolamentos.

Mais recentemente, a fabricante SKF (2024) reforçou a relevância desse método ao divulgar que a repotencialização pode reduzir o consumo de energia em até 90%, além de mitigar as emissões de CO₂ associadas à produção de novos rolamentos.

O gráfico 2 ilustra os pontos de economia, comparando um rolamento repotencializado com a fabricação de um novo. No processo de repotencialização, observa-se uma redução significativa no consumo de recursos naturais, utilizando apenas 38% dos insumos, além de exigir 37% menos energia e gerar 25% menos desperdício em relação à manufatura de um novo rolamento.

Gráfico 2: Avaliação de repotencialização de rolamentos



Fonte: Repotencialização SKF (2024)

Por fim, os resultados apresentados no objeto de pesquisa demonstram que atitudes como o processo de repotencialização podem trazer benefícios para as empresas, pois estão interligadas a dois aspectos fundamentais na indústria contemporânea: redução de custos e adoção de práticas sustentáveis que preservam o meio ambiente para as gerações futuras.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que a repotencialização de rolamentos é uma solução eficiente para a indústria, proporcionando benefícios econômicos e ambientais. A revisão bibliográfica evidenciou que esse processo reduz significativamente o consumo de recursos naturais e as emissões de CO₂ associadas à fabricação de novos componentes. Além disso, a economia gerada pode alcançar até 70% nos custos industriais, tornando-se uma alternativa viável para diversos setores.

Os resultados analisados indicam que a repotencialização não apenas reduz custos operacionais, mas também contribui para o aumento da eficiência produtiva, especialmente em indústrias que utilizam rolamentos de grande porte, como mineração e transporte ferroviário. Esse processo possibilita a extensão da vida útil dos componentes, reduzindo falhas e minimizando paradas não programadas.

Além dos ganhos monetários, a repotencialização se destaca como uma prática alinhada aos conceitos da economia circular, promovendo a reutilização de materiais. O investimento em tecnologias e métodos de repotencialização fortalece a estratégia das indústrias que buscam inovação e preservação dos recursos naturais, garantindo um modelo produtivo mais consciente e responsável para as futuras gerações.

7271

Portanto, conclui-se que a adoção desse processo representa um diferencial competitivo para as empresas, permitindo não apenas a redução de custos e a otimização dos recursos, mas também um compromisso sólido com a sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

- CARRETEIRO, Ronald P.; BELMIRO, Pedro Nelson A. **Lubrificantes e lubrificação industrial**. V. II. Rio de Janeiro: Interciência, 2006. 22 p.
- GODARD, Michel. **Eficiência Energética e Redução de Custos Industriais**. Lisboa: Lidel, 2002.
- LINS, André. **Engenharia de Superfícies e Tribologia Aplicada**. Porto Alegre: Bookman, 2020.
- LUIS VENTURI, Marcos. **Processos de Reciclagem de Materiais Metálicos**. São Paulo: Blucher, 2006.
- MACINTYRE, A. J. **Bombas e Instalações de Bombeamento**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1997.
- MURBACH, Daniel. **Sustentabilidade e Gestão Ambiental na Indústria**. Florianópolis: UFSC, 2016.

NOGUEIRA, Felipe; CASALINHO, Roberto; DILLY, Adriana. **Repotencialização de Componentes Mecânicos: estudos de caso e aplicações industriais**. Campinas: Unicamp, 2009.

NSK. **Guia Técnico de Rolamentos e Manutenção Industrial**. 2013. Disponível em: <https://www.nsk.com/am-pt/tools-resources/bearings/maintenance/>. Acesso em: 10. Out 2024.

RODRIGUES, Gabriel; CRUZ, Patrícia. **Manutenção Preditiva e Gestão de Ativos Industriais**. Belo Horizonte: UFMG, 2016.

SANTOS, Eduardo. **O Impacto da Reciclagem na Indústria de Transformação**. Salvador: EDUFBA, 2019.

SCHAEFFLER. **Manual Técnico de Rolamentos: recondicionamento e desempenho**. Herzogenaurach: Schaeffler Group, 2022.

SILVA, Juliano. **Redução do Impacto Ambiental na Indústria de Manufatura**. Recife: UFPE, 2020.

SILVA, Mariana. **Eficiência Energética e Reaproveitamento de Recursos na Indústria**. São Paulo: Senai-SP, 2021.

SKF. **Recupere a vida útil completa dos rolamentos**. 2024. Disponível em: https://cdn.skfmediahub.skf.com/api/public/09415187dodf42e5/pdf_preview_medium/09415187dodf42e5_pdf_preview_medium.pdf#cid-626231. Acesso em 10. Out. 2024.

SILVA, **BUSCA E USO DE FONTES DE INFORMAÇÃO PARA O PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO: um estudo de caso em uma pequena empresa do comércio varejista**. Belo Horizonte: UFMG, 2012.

LINS, Alex. **Melhoria no processo de repotencialização de rolamentos em uma indústria metalúrgica aplicando os conceitos de métodos e processos**. 2020. Tese (Graduação em Engenharia de Produção) - Faculdade Dom Bosco, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos20/973095.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2024.