

Análise Econômica da Substituição de Motores Elétricos de Indução

Trifásicos: Retorno Financeiro e Eficiência Energética

Amadeu Felipe dos Santos

Estudante de Engenharia Elétrica, Jaboatão dos Guararapes, Brasil, felipedmjal@gmail.com

José Roberto Alves

Estudante de Engenharia Elétrica, Jaboatão dos Guararapes, Brasil, joseroberto.alves@yahoo.com.br

RESUMO

A análise da eficiência de motores elétricos de indução trifásicos é importante devido ao seu impacto significativo no consumo de energia em aplicações industriais. Conforme mencionado por Debastiane (2017), os motores possuem uma vida útil consideravelmente longa, podendo operar por até 17 anos, dependendo de sua utilização e potência. Motores ineficientes resultam em desperdício de energia, aumentando os custos operacionais e causando impactos ambientais negativos. Além disso, a eficiência dos motores afeta a confiabilidade e a vida útil dos equipamentos. Ao analisar a eficiência dos motores elétricos, é possível identificar oportunidades de melhoria, reduzindo o consumo de energia, os custos operacionais e promovendo a sustentabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência energética; Motores trifásicos; Recondicionamento; Motores PREMIUM.

ABSTRACT

The analysis of efficiency in three-phase induction electric motors is important due to their significant impact on energy consumption in industrial applications. As mentioned by Debastiane (2017), these motors have a considerably long lifespan, being able to operate for up to 17 years depending on their usage and power. Inefficient motors result in energy wastage, increasing operational costs and causing negative environmental impacts. Furthermore, motor efficiency affects equipment reliability and

lifespan. By analyzing the efficiency of electric motors, it is possible to identify improvement opportunities, reduce energy consumption, lower operational costs, and promote sustainability.

KEYWORDS:Energy Efficiency, Three-Phase Motors, Reconditioning, PREMIUM Motors.

1 INTRODUÇÃO

Com base no último Balanço de Energia Útil (BEU) realizado no ano de 2005 pelo Ministério de Minas e Energia e no relatório da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), cerca de 25% do consumo elétrico no setor industrial é destinado aos motores elétricos. Considerando a importância desse setor, o rendimento dos motores tem se aprimorado devido a melhorias em sua construção e à instalação de dispositivos de medição, proteção, comando e análise de carga, entre outros. No entanto, mesmo com o avanço tecnológico, muitas empresas ainda possuem motores de baixo rendimento e sistemas ultrapassados. Devido à longa vida útil dos motores de indução trifásicos (Oliveira, 2018), intervenções frequentes em suas manutenções podem resultar em mau desempenho econômico. Com o intuito de abordar essa questão, normas foram elaboradas para regulamentar a fabricação, comercialização e recondicionamento de motores elétricos (Brasil, 2017).

O uso diário dos equipamentos de instalações industriais, como motores, bombas e compressores, afeta a demanda de energia, assim como os requisitos do sistema elétrico. Com valores tão expressivos de consumo, foram estabelecidos pela Lei de Eficiência Energética, a Portaria MME/MCT/MDIC nº 553 de 8 de dezembro de 2005, os níveis de consumo e eficiência energética para motores trifásicos de forma específica. Em 2009, entrou em vigor, na mesma portaria, a proibição da fabricação ou importação de máquinas motrizes que não atendiam aos níveis de rendimento estabelecidos por ela. Além disso, a Portaria Interministerial nº 1 de 2017 estabeleceu os níveis mínimos de eficiência energética para motores de indução trifásicos tipo gaiola de esquilo IR3, sendo válidos para todos os motores que serão comercializados. Em um esforço para alcançar a eficiência energética, menos

recursos naturais devem ser usados para produzir energia elétrica, causados em menos danos ao meio ambiente.

O consumo de energia elétrica das indústrias corresponde a quase 40% de toda a energia elétrica gerada no Brasil, como mostra a figura a seguir:



Figura 1. Distribuição de consumo Fonte: EPE

2. Motores Elétricos de Indução Trifásico – Fundamentação Teórica

O motor elétrico é uma máquina que converte energia elétrica em energia mecânica para uso. Com os enrolamentos revestidos de cobre, a corrente elétrica é convertida fluindo através deles em magnetismo. Os motores elétricos são divididos em três grupos: motores de corrente contínua, motores de corrente alternada e os motores universais. O objeto de estudo abordado neste artigo será o motor de indução trifásico tipo gaiola, pois é o mais utilizado entre indústrias.

O Universo Tecnológico de Motores Elétricos

 FABRICADO PELA WEG

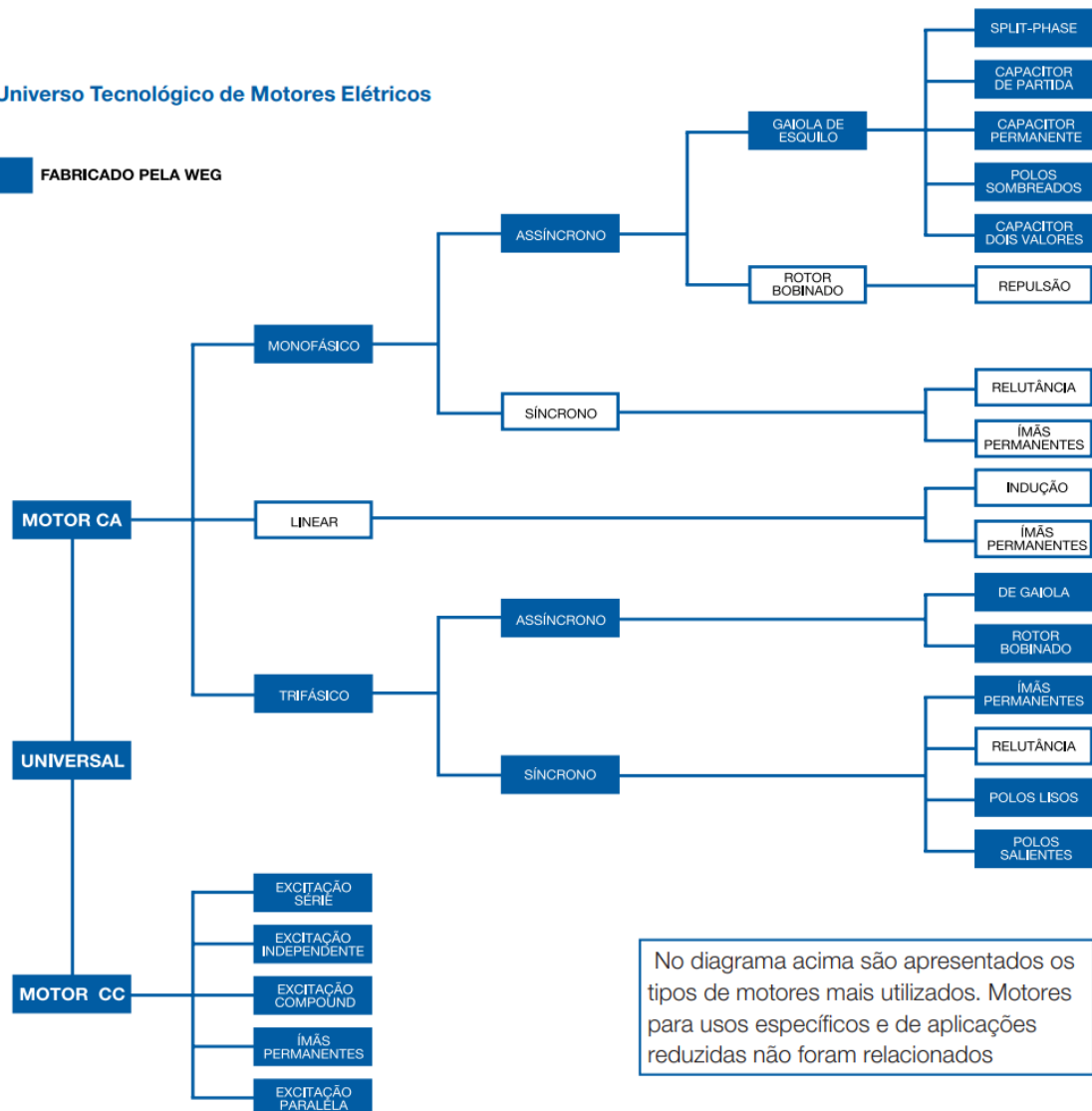


Figura 2 Tipos de motores elétricos Fonte: WEG

2.1 Princípios de funcionamento

Seu funcionamento constitui-se em dois componentes principais: estator e rotor. Segundo Mamed (2017), o estator consiste em bobinas fixas que geram um campo magnético, enquanto o rotor ou armadura é uma parte móvel que está conectada mecanicamente ao eixo do motor.

O rotor se apresenta de diversos tipos, principalmente bobinado ou do tipo gaiola de esquilo, sendo este último o mais simples e utilizado. Outro campo magnético é

criado no rotor, e a interação entre os campos magnéticos do estator e do rotor gera torque, uma força de giro que pode ser aplicada pelo eixo a uma carga (Daniel, 2017).

Em um motor de indução do tipo gaiola de esquilo, para que haja torque, deve existir uma diferença entre a rotação síncrona disposta pela rede elétrica ao enrolamento do estator e a rotação do rotor, sendo esta última menor. Essa diferença de velocidade é chamada de escorregamento, e é o escorregamento que provoca um desalinhamento entre os campos magnéticos gerados no estator e no rotor, gerado em movimento devido à tendência de realinhamento. Quanto maior o escorregamento, maior o torque gerado. Portanto, se o escorregamento fosse zero, não haveria torque no eixo do rotor (Daniel, 2017).

2.2 Aspectos Construtivos

Os motores de indução trifásicos do tipo gaiola de esquilo consistem basicamente em duas partes: o rotor e o estator.

O estator é composto por três elementos: a carcaça, que é feita de uma estrutura robusta resistente à corrosão, em ferro fundido, aço ou alumínio fundido, com superfície nervurada, cuja principal função é suportar todas as partes fixas e móveis do motor; o núcleo de estator, formado por laminações magnéticas, fixados à carcaça; e os enrolamentos, que são feitos de material condutor isolado, colocado no núcleo e conectado à rede de alimentação (Mamed, 2017).

Já o rotor é composto por quatro elementos básicos. O primeiro é o eixo, responsável pela transmissão da energia mecânica gerada pelo motor. Em seguida, temos o núcleo da placa, que é constituído por placas magnéticas fixas ao eixo, barras de curto-circuito e anel de alumínio fundido. O terceiro elemento é o ventilador, responsável por dissipar o calor acumulado na carcaça. A tampa defletora, um componente mecânico com aberturas, é instalada na parte traseira do motor, acima do ventilador. Os mancais são componentes mecânicos nos quais o eixo é fixado. A tampa dos componentes metálicos possui uma trava lateral, e a caixa de ligação é onde os terminais de conexão do motor estão conectados (Mamed, 2017).

A figura abaixo ilustra a composição de um Motor Trifásico W22:

Motor Trifásico W22



IP55

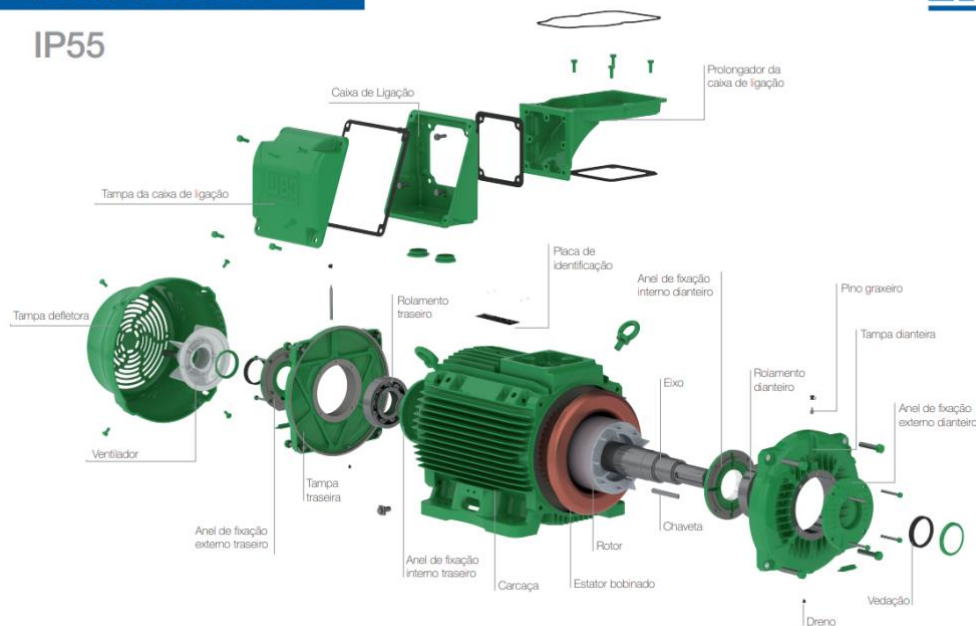


Figura 3 Vista explodida de um motor trifásico de indução fonte: WEG

2.3 Rendimento do motor

Quanto ao índice de rendimento, os motores são classificados como IR1 (standard), IR2 (baixo rendimento) e IR3 (Premium), conforme uma matéria publicada na Revista Potência em 2021.

O desempenho do motor está diretamente relacionado às suas perdas, sejam elas elétricas ou mecânicas, estabelecendo uma relação direta entre a potência de entrada e a potência entregue ao eixo do motor.

$$\eta = \frac{\text{Potência de saída}}{\text{Potência de entrada}}$$

Além disso, **segundo Anastácio (2020)**, um dos fatores que podem levar ao baixo rendimento em motores é o superdimensionamento na indústria, o que ocorre frequentemente devido à falta de conhecimento da carga, que pode variar ao longo do dia. O fator de carga de um motor é a relação entre a potência nominal e a carga aplicada ao seu eixo. Quanto menor o fator de carga, maior o desperdício de energia, além de um menor fator de potência e eficiência. O fator de carga deve estar entre

75% e 100% da potência nominal, conforme estabelecido pela ELETROBRAS (2007). Quando o fator de carga estiver fora desse intervalo, será necessário reduzir ou aumentar a potência, ou seja, o dispositivo deverá ser substituído.

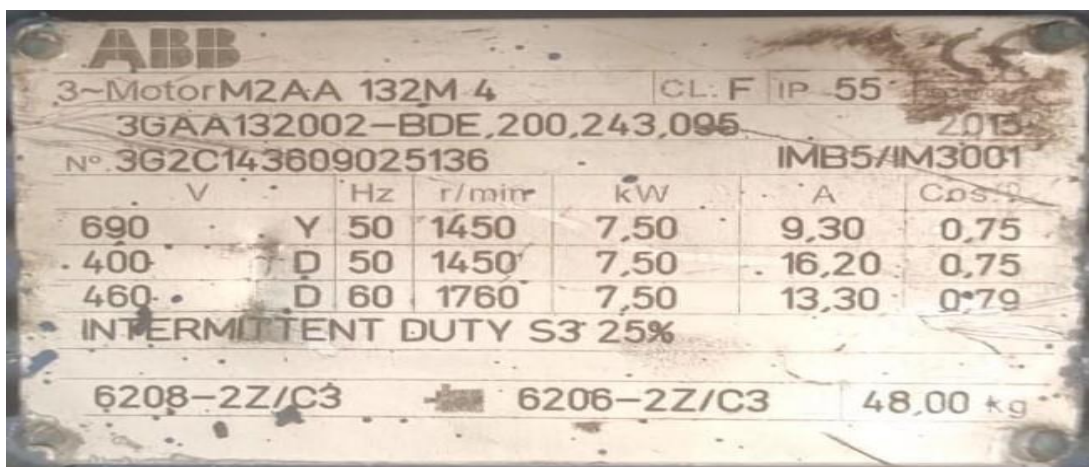
3. Recondicionamento de Motores

De acordo com Oliveira (2018), o tempo de vida útil dos motores elétricos é, em média, de 15 anos e, inevitavelmente, eles podem falhar. Uma solução deve ser escolhida para reduzir os danos ao funcionamento da ferramenta industrial: comprar um motor novo, recondicionar um motor com defeito ou adquirir um motor recondicionado.

Uma pesquisa realizada pela PUC, em 2019, observou que os motores mais antigos tendem a perder eficiência naturalmente ao longo do tempo. Além disso, estima-se que um mesmo motor perca 2% de sua eficiência a cada reparo, e o total de motores consertados corresponde a 2,8% das emissões de gases de efeito estufa na atmosfera, somente no Brasil.

3.1 Programa técnico

Para minimizar as perdas do motor, são adotadas algumas medidas visando restaurar as características originais do motor, como coletar dados do motor submetidos à análise, realizar análise elétrica, ensaios de ponto quente e balanceamento do motor.



V		Hz	r/min	kW	A	cos φ
690	Y	50	1450	7,50	9,30	0,75
400	D	50	1450	7,50	16,20	0,75
460	D	60	1760	7,50	13,30	0,79

ABB
3~Motor M2AA 132M 4
3GAA132002-BDE,200,243,095
Nº 3G2C143609025136
CL F IP 55
IMB5/IM3001
INTERMITTENT DUTY S3 25%
6208-2Z/C3 6206-2Z/C3 48,00 kg

Figura 4 Placa de identificação do motor fonte: Autor

Além disso, depois que os enrolamentos estiverem instalados corretamente, um teste de resistência do enrolamento e um teste de equilíbrio de fase devem ser realizados para verificar o equilíbrio das três bobinas.(Oliveira, 2018)

Ainda de acordo com Oliveira (2018), as peças utilizadas para reparo devem ser originais para preservar ao máximo as características nominais do dispositivo. Não se deve reutilizar peças danificadas ou desgastadas. Antes de desmontar o motor, é necessário estudar os dados da máquina e anotar todas as informações sobre a montagem.

No processo de bobinagem, alguns fabricantes fornecem os dados de enrolamento de motores mais recentes para que possam ser restaurados aos seus valores originais. Esses dados incluem a bitola do fio, o número de voltas, a resistência ôhmica da bobina, a classe de isolamento, a corrente nominal e a tensão de trabalho. Caso esses valores não estejam disponíveis, é necessário coletar a seção transversal do cabo, o número de estágios, o diâmetro do estator, a tensão de operação e calcular a potência do motor (Fabiano, 2020).

4. Metodologia

Como objeto de análise, partiu-se da análise de eficiência energética de motores com um longo período de operação, visando mostrar a viabilidade econômica da troca, o tempo de retorno do investimento e qual modelo seria o mais indicado para aplicação. Foi utilizado o analisador de energia e motor Fluke 438-II.



Figura 5 Analisador de qualidade de energia e de motor Fluke 438-II Fonte: Fluke

O analisador captura valores RMS de tensão, corrente e frequência, além de capturar a rotação, potência ativa e reativa, fator de potência, desbalanceamento e harmônicos.

Com base nessas medições, serão aplicados conceitos de eficiência energética para verificar se o motor está operando em boas condições ou se está gerando energia. A análise foi realizada em uma estação elevatória de esgoto localizadas na região metropolitana do Recife - PE. Para confirmar os dados da análise, foram utilizadas algumas fórmulas.

Fórmula para rendimento:

$$\eta = \frac{\text{Potência de saída}}{\text{Potência de entrada}} \times 100$$

Fórmula para fator de utilização de corrente:

$$\text{Fator de utilização de corrente} = \frac{\text{Corrente instantânea}}{\text{Corrente nominal}} \times 100$$

Fórmula para fator de carregamento:

$$\text{Carregamento} = \frac{\text{Potência ativa}}{\text{Potência nominal}} \times 100$$

Fórmula para consumo de energia:

$$\text{Gasto de energia em relação ao tempo} \left[\frac{\text{kW}}{\text{hora}} \right] = \frac{\text{Potência}}{\text{rendimento } 100\%} \times 100$$

O resultado dos dados coletados será apresentado na planilha a seguir:

1.1. Estudo de Consumo Bombas EEC-01 (CPP1002) - 10/10/2022

CMB 01	
Frequência	60Hz
Corrente Instantânea (A) - FLUKE	90
Tensão Instantânea (V) - FLUKE	365
Fator de Potência FLUKE (FP)	0,40
Fator de Potência FLUKE (Cos φ)	0,47
Potência Ativa (kW) - FLUKE	46,26
Potência Aparente (kVA) - FLUKE	57
Rotação - FLUKE	-
Rendimento (FLUKE)	81%
Fator de Utilização de Corrente	84,91%
Fator de Carregamento	84,11%

Informações do motor	
Potência nominal kW	55
Potência nominal hp	74
Velocidade nominal rpm	1185
Tensão nominal V	380
Corrente nominal A	106
Frequência nominal Hz	60
cosPhi nominal	0,84
Fator de serviço nominal	1,15

1.2. Estudo de Consumo Bombas EEC-01 (CPP0720) - 08/11/2022

CMB 02	
Frequência	60Hz
Corrente Instantânea (A) - FLUKE	128
Tensão Instantânea (V) - FLUKE	360
Fator de Potência FLUKE (FP)	0,86
Fator de Potência FLUKE (Cos φ)	0,86
Potência Ativa (kW) - FLUKE	68,7
Potência Aparente (kVA) - FLUKE	80,34
Rotação - FLUKE	1170
Rendimento (FLUKE)	86%
Fator de Utilização de Corrente	120,75%
Fator de Carregamento	124,91%

Informações do motor	
Potência nominal kW	55
Potência nominal hp	74
Velocidade nominal rpm	1180
Tensão nominal V	380
Corrente nominal A	106
Frequência nominal Hz	60
cosPhi nominal	0,85
Fator de serviço nominal	1,00

1.3. Estudo de Consumo Bombas EEC-01 (CPP0718) - 14/10/2022

CMB 03	
Frequência	60Hz
Corrente Instantânea (A) - FLUKE	90
Tensão Instantânea (V) - FLUKE	365
Fator de Potência FLUKE (FP)	0,85
Fator de Potência FLUKE (Cos φ)	0,83
Potência Ativa (kW) - FLUKE	62,22
Potência Aparente (kVA) - FLUKE	73,08
Rotação - FLUKE	1185
Rendimento (FLUKE)	85,14%

Informações do motor	
Potência nominal kW	55
Potência nominal hp	74
Velocidade nominal rpm	1180
Tensão nominal V	380
Corrente nominal A	106
Frequência nominal Hz	60
cosPhi nominal	0,85
Fator de serviço nominal	1,00

Fator de Utilização de Corrente	84,91%
Fator de Carregamento	113,13%

4.1. Resumo da análise de eficiência.

Segue o resumo da análise de eficiência e condição de funcionamento dos motores elétricos das estações elevatória indicadas pelo estudo.

Esses Resultados sugerem que os motores 2 e 3 estão trabalhando em condições inadequadas, o que leva a um desempenho abaixo do esperado, maior consumo de energia e danos aos motores. Esses equipamentos requerem intervenção imediata, para evitar maiores danos ou substituição por um novo.

UNIDADE	EQUIPAMENTO	CORRENTE NOMINAL (A)	CORRENTE INSTANTÂNEA (A)	POTÊNCIA NOMINAL (KW)	POTÊNCIA ATIVA (KW)	POTÊNCIA APARENTE (KVA)	FREQ. (HZ)	FP	COS φ	FATOR DE CARGA
EEC-01	MOTOR - CMB01	106	90	55	57	57	60Hz	0,40	0,47	84,11%
EEC-01	MOTOR - CMB02	106	128	55	68,7	80,34	60Hz	0,86	0,86	124,91%
EEC-01	MOTOR - CMB03	106	90	55	62,22	73,08	60Hz	0,85	0,83	113,13%

4.2. Análise econômica de viabilidade da substituição dos motores.

Caso haja consideração em substituir os motores com problemas de sobrecarga, é essencial realizar uma análise de viabilidade econômica para determinar o prazo de retorno do investimento e identificar o modelo mais adequado. Nessa análise, optamos por utilizar a WEG Motors, uma fabricante que oferece informações detalhadas sobre as características dos motores e seus preços, de forma clara e didática.

Vamos analisar a substituição de um motor de 55 kW (equivalente a 75 CV) de potência, com seis polos e frequência de 60 Hz, levando em consideração os dados de rendimento e consumo de kWh obtidos na análise de eficiência. Além disso, consideraremos o custo de energia atribuído de R\$ 0,70 por kWh.

A partir dessas informações, será possível realizar uma avaliação completa para determinar o retorno do investimento, comparar os modelos de motores disponíveis e tomar uma decisão embasada em dados concretos.

Para o motor 2:

	Motor		
	Atual	W22 IR3 Premium	W22 IR4 Super Premium
Potência (kW)	68,7	55	55
Frequência Hz	60	60	60
Número de polos	6	6	6
Rotação	1170	1185	1190
Tensão nominal	360 (Instantânea)	380	380
Corrente nominal	128 (Instantânea)	108	108
Fator de Potência (100%)	86	0,82	0,81
Rendimento (100%)	86	94,5	95,4
Consumo de energia (kW/h)	79,88	58,20	57,65
Preço estimado Fonte: WEG	-	R\$ 54.486,05	R\$ 63.953,41

Economia kWh/ano	94970,06	97374,97
Investimento R\$	R\$ 54.486,05	R\$ 63.953,41
Economia R\$/ano	R\$ 66.479,04	R\$ 68.162,48
Payback em anos	0,82	0,94

Para o Motor 3:

	Motor		
	Atual	W22 IR3 Premium	W22 IR4 Super Premium
Potência (kW)	62,22	55	55
Frequência Hz	60	60	60
Número de polos	6	6	6
Rotação	1185	1185	1190

Tensão nominal	365 (Instantânea)	380	380
Corrente nominal	90 (Instantânea)	108	108
Fator de Potência (100%)	85	0,82	0,81
Rendimento (100%)	85,14	94,5	95,4
Consumo de energia (kW/h)	73,08	58,20	57,65
Preço estimado Fonte: WEG	-	R\$ 54.486,05	R\$ 63.953,41

Economia kWh/ano	65168,16	67573,07
Investimento R\$	R\$ 54.486,05	R\$ 63.953,41
Economia R\$/ano	R\$ 45.617,71	R\$ 47.301,15
Payback em anos	1,19	1,35

5. Considerações Finais

Com base na análise econômica realizada, verificou-se que a substituição dos motores apresenta retornos financeiros bastante favoráveis. No caso do motor 2, a opção W22 IR3 Premium apresenta um payback de 0,82 anos, enquanto o modelo W22 IR4 Super Premium tem um payback de 0,94 anos. Quanto ao motor 3, o modelo W22 IR3 Premium possui um payback de 1,19 anos, e o W22 IR4 Super Premium apresenta um payback de 1,35 anos.

Ambas as alternativas de substituição trazem economias significativas de energia e se mostram financeiramente vantajosas em um período relativamente curto. Considerando os dados de rendimento, consumo de energia e custo atribuído, a recomendação é optar pelos motores da linha W22 IR4 Super Premium, pois eles oferecem um payback ligeiramente melhor em comparação com o modelo W22 IR3 Premium.

No entanto, é importante ressaltar que, além da análise econômica, outros fatores devem ser considerados na decisão final, como a confiabilidade dos motores, disponibilidade de peças de reposição, frete, prazo de entrega e suporte técnico.

Esses aspectos desempenham um papel crucial na operação eficiente e contínua das estações elevatórias.

6. Referencias Bibliográficas

DEBASTIANI, Gilson et al. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: ANÁLISE DA VIABILIDADE PARA IMPLEMENTAÇÃO DE MOTORES DE ALTO RENDIMENTO. **Revista Thêma et Scientia**, v. 7, n. 2, p. 107-116, 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanço de Energia Útil - BEU**. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: < <https://www.gov.br/mme/pt-br> > Acesso em: 08 dez. 2022.

OLIVEIRA,Clareana Rangel de. **Análise Energética referente a Aquisição ou Recondicionamento de Motor Elétrico de Indução**. TCC (Graduação) Curso de Engenharia Elétrica, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Portaria Interministerial nº 1, de 29 de junho de 2017. **Estabelece novos níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimo de eficiência energética de máquinas e aparelhos consumidores de energia**. Diário Oficial União, Brasília, DF, n. 167, 29 de jun. 2017. Seção I, p. 50.

Empresa de Pesquisa Energética (BRASIL). **Caderno sobre Ações de Eficiência Energética em Indústrias Brasileiras**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/caderno-sobre-acoes-de-eficiencia-energetica-em-industrias-brasileiras>>. Acesso em: 23 maio 2023.

Weg, **GUIA DE ESPECIFICAÇÃO MOTORES ELÉTRICOS**. Disponível em: <<https://www.weg.net/institucional/BR/pt/support/resources-and-tools>>. Acesso em: 15 Dez 2022.

MAMEDE FILHOJOÃO. **Instalações elétricas industriais (9a. ed.)**. Rio de Janeiro: Grupo Gen - LTC, 2017. P. 608–696.

KRAMPE, Daniel Lisboa. **Análise de eficiência energética em motores elétricos em uma estação de tratamento de esgoto em Santa Maria**. 2017. Monografia apresentada ao Curso de Pós-graduação em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos da Universidade de Santa Maria (UFSM, RS).

ANASTACIO, Breno P. et al. **Eficiência energética em motores elétricos de indução**. ANALECTA-Centro Universitário Academia, v. 5, n. 5, 2020.

ELETROBRÁS/PROCEL EDUCAÇÃO. **Eficiência energética: teoria & prática**. Fupai, 2007.

REIS, D.; VIEIRA, R.; TEIXEIRA, R. **Pesquisa Mercadológica sobre Motores Recondicionados Uma proposta para o órgão regulador**. 2018. Disponível em: <<http://abccobre.org.br/wp-content/uploads/2021/05/pesquisa-mercadologica-sobre-motores-recondicionados-no-brasil-puc-procobre-relatorio-4.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2023.

SOUZA, Fabiano Cavilha de. **Bancada de teste para comprovação de eficiência em rebobinamento de motor elétrico trifásico, com base na leitura do torque do motor**. 2020.

Analizador de Qualidade de Energia e de Motor Fluke 438-II. Disponível em: <<https://www.fluke.com/pt-br/produto/teste-eletrico/analisadores-da-qualidade-de-energia/438-ii>>. Acesso em: 24 maio. 2023.

Eficiência Energética - Simulador See+ | WEG. Disponível em: <<https://www.weg.net/institutional/BR/pt/solutions/energy-efficiency/see-simulator>>. Acesso em: 24 maio. 2023.

Motores Elétricos | WEG - Produtos. Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motores-El%C3%A9tricos/c/BR_MT>. Acesso em: 24 maio. 2023.

Com base na análise econômica realizada, verificou-se que a substituição dos motores apresenta retornos financeiros bastante favoráveis. No caso do motor 2, a opção W22 IR3 Premium apresenta um payback de 0,82 anos, enquanto o modelo W22 IR4 Super Premium tem um payback de 0,94 anos. Quanto ao motor 3, o modelo W22 IR3 Premium possui um payback de 1,19 anos, e o W22 IR4 Super Premium apresenta um payback de 1,35 anos.

Ambas as alternativas de substituição trazem economias significativas de energia e se mostram financeiramente vantajosas em um período relativamente curto. Considerando os dados de rendimento, consumo de energia e custo atribuído, a recomendação é optar pelos motores da linha W22 IR4 Super Premium, pois eles oferecem um payback ligeiramente melhor em comparação com o modelo W22 IR3 Premium.

No entanto, é importante ressaltar que, além da análise econômica, outros fatores devem ser considerados na decisão final, como a confiabilidade dos motores, disponibilidade de peças de reposição, frete, prazo de entrega e suporte técnico. Esses aspectos desempenham um papel crucial na operação eficiente e contínua das estações elevatórias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEBASTIANI, Gilson et al. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: ANÁLISE DA VIABILIDADE PARA IMPLEMENTAÇÃO DE MOTORES DE ALTO RENDIMENTO. **Revista Thêma et Scientia**, v. 7, n. 2, p. 107-116, 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanço de Energia Útil - BEU**. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em:< <https://www.gov.br/mme/pt-br>> Acesso em: 08 dez. 2022.

OLIVEIRA,Clareana Rangel de. **Análise Energética referente a Aquisição ou Recondicionamento de Motor Elétrico de Indução**. TCC (Graduação) Curso de Engenharia Elétrica, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Portaria Interministerial nº 1, de 29 de junho de 2017. **Estabelece novos níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimo de eficiência energética de máquinas e aparelhos consumidores de energia.** Diário Oficial União, Brasília, DF, n. 167, 29 de jun. 2017. Seção I, p. 50.

Empresa de Pesquisa Energética (BRASIL). **Caderno sobre Ações de Eficiência Energética em Indústrias Brasileiras.** Disponível em:

<<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/caderno-sobre-acoes-de-eficiencia-energetica-em-industrias-brasileiras>>. Acesso em: 23 maio 2023.

Weg, **GUIA DE ESPECIFICAÇÃO MOTORES ELÉTRICOS.** Disponível em:

<<https://www.weg.net/institucional/BR/pt/support/resources-and-tools>>. Acesso em: 15 Dez 2022.

MAMEDE FILHOJOÃO. **Instalações elétricas industriais (9a. ed.).** Rio de Janeiro: Grupo Gen - LTC, 2017. P. 608–696.

KRAMPE, Daniel Lisboa. **Análise de eficiência energética em motores elétricos em uma estação de tratamento de esgoto em Santa Maria.** 2017. Monografia apresentada ao Curso de Pós-graduação em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos da Universidade de Santa Maria (UFSM, RS).

ANASTACIO, Breno P. et al. **Eficiência energética em motores elétricos de indução.** ANALECTA-Centro Universitário Academia, v. 5, n. 5, 2020.

ELETROBRÁS/PROCEL EDUCAÇÃO. **Eficiência energética: teoria & prática.** Fupai, 2007.

REIS, D.; VIEIRA, R.; TEIXEIRA, R. **Pesquisa Mercadológica sobre Motores Recondicionados Uma proposta para o órgão regulador.** 2018. Disponível em: <<http://abccobre.org.br/wp-content/uploads/2021/05/pesquisa-mercadologica-sobre-motores-recondicionados-no-brasil-puc-procobre-relatorio-4.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2023.

SOUZA, Fabiano Cavilha de. **Bancada de teste para comprovação de eficiência em rebobinamento de motor elétrico trifásico, com base na leitura do torque do motor.** 2020.

Analisador de Qualidade de Energia e de Motor Fluke 438-II. Disponível em: <<https://www.fluke.com/pt-br/produto/teste-eletrico/analísadores-da-qualidade-de-energia/438-ii>>. Acesso em: 24 maio. 2023.

Eficiência Energética - Simulador See+ | WEG. Disponível em: <<https://www.weg.net/institutional/BR/pt/solutions/energy-efficiency/see-simulator>>. Acesso em: 24 maio. 2023.

Motores Eléctricos | WEG - Produtos. Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motores-El%C3%A9tricos/c/BR_MT>. Acesso em: 24 maio. 2023.