

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: substituição dos motores convencionais por motores de alto rendimento na indústria, estudo de caso¹

Elinilson Santos de Souza²
Willyanne Wingrydes Lucena da Trindade³
Flávio Gonçalves Dantas⁴

RESUMO

Esse trabalho tem a finalidade de mostrar como podemos ter uma maior eficiência energética na indústria com a substituição de um mesmo equipamento por outros mais eficientes, sendo usado a energia de forma inteligente e obtendo a recuperação do investimento através dos ganhos de eficiência energética. O projeto que será aplicado na indústria, mostra a quantidade de motores a serem trocados, valor investido, bônus ganho e tempo de retorno de investimento. Os motores trifásicos que serão substituídos, são aqueles fabricados até 2009, com potência entre 1cv e 250cv com regime de funcionamento mínimo de 3.000 horas anuais. O modelo escolhido para troca foi o IR3, que tem ótima relação custo-benefício, fácil manutenção, baixos níveis de ruído e redução do consumo de energia elétrica. Para isso é necessário que seja feito todo um estudo com base em dados coletados e características de funcionamento dos mesmos para aplicação com a destacada economia de energia elétrica.

Palavra-chave: Eficiência energética, motores de alto rendimento, economia.

1 INTRODUÇÃO

Ao passar dos anos, o país vem se desenvolvendo e com isso a demanda de energia elétrica aumenta, e com isso também aumenta a necessidade de novos meios de investimentos em sua geração e transmissão. No Brasil, pesquisas mostram que o setor industrial é responsável por em média 44% de toda energia consumida, onde o motor elétrico tem em média 70% de todo seu processo. Com isso não apenas no Brasil, foram criados programas de conservação de energia elétrica, onde uma das soluções principais foi optar por motores de alto rendimento.

¹Artigo apresentado à Universidade Potiguar – UnP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel Engenharia Elétrica.

²Graduanda em Engenharia Elétrica pela Universidade Potiguar – willyanne_lucena@hotmail.com

³Graduando em Engenharia Elétrica pela Universidade Potiguar – elinilsonsanotos@hotmail.com

⁴Orientador. Mestre em Eng. Elétrica. Prof. da Universidade Potiguar – flavio.dantas@unp.com

Os motores de alto rendimento são uma alternativa vantajosa para as indústrias, embora sejam cerca de 20 a 30% mais caros, sua economia será obtida durante sua vida útil.

Segundo a (WEG 1990), é lançado sempre motores com rendimento acima do que se tem no mercado, para que a energia elétrica seja sempre utilizada da melhor forma possível, ajudando assim no desenvolvimento sustentável.

O projeto ao qual destina-se esse trabalho, tem o objetivo de redução de custo na indústria através da substituição dos motores convencionais (standard) por motores de alto rendimento, que são motores com economia de em média 30%.

2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Eficiência energética consiste em obter melhor desempenho na produção de um serviço com o menor gasto de energia, tendo como exemplo de ação, a modernização de equipamentos e processos no sentido de reduzirem o consumo.

Para ajudar, o Procel (Programa Nacional de Conservação de energia Elétrica) criou um selo para ajudar a identificar quais equipamentos são mais eficientes, onde classifica o consumo daquele equipamento. Esse programa se deu início por volta de 30 de dezembro de 1985 com o objetivo de combater os desperdícios de energia elétrica e usar a mesma de forma consciente.



Figura 01 – Selo Procel de Economia de Energia
Fonte: Procel (1993)

Além do selo Procel para ajudar nessa conservação temos a etiqueta ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia Elétrica), que faz parte do programa PBE (Programa Brasileiro de Etiquetagem) e foi criada para mostrar a eficiência energética dos equipamentos no mercado e contribuir na economia de energia elétrica. Para isso existe uma classificação que varia de A (mais eficiente) e G (menos eficiente), ajudando assim, ao consumidor fazer uma compra mais eficiente sendo demonstrada através de resultados na sua conta de energia.

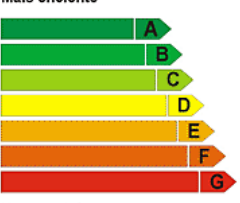





Energia (Elétrica)			
Fabricante	REFRIGERADOR	→ Indica o tipo de equipamento	
Marca	ABCDEF	→ Indica o nome do fabricante	
	XYZ(Logo)	→ Indica a marca comercial ou logomarca	
Tipo de degelo	ABC/Automático		
Modelo/tensão(V)	IPQR/220	→ Indica o modelo/tensão	
Mais eficiente			
			A letra indica a eficiência energética do equipamento / Veja a tabela correspondente na coluna ao lado
Menos eficiente			
CONSUMO DE ENERGIA (kWh/mes) <small>(adotado no teste: clima tropical)</small>	XY,Z	→ Indica o consumo de energia, em kWh/mês	
Volume do compartimento refrigerado (l)	000		
Volume do compartimento do congelador(l)	000		
Temperatura do congelador (°C)	 -18		
<small>Regulamento Específico Para Uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia Linha de Refrigeradores e Assinhlados - RES/1001-REJ</small>			
<small>Instruções de instalação e recomendações de uso, leia o Manual do aparelho.</small>			
  			
<small>IMPORTANTE: A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA ANTES DA VENDA ESTÁ EM DESACORDO COM O CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR</small>			

Figura 02 – Etiqueta ENCE

Fonte: Procel

Levando em consideração os resultados acumulados do Procel desde 1986 e 2016 o somatório total em kWh foi de 107 bilhões, onde nos mostra a evolução anual do programa. Abaixo podemos ver a evolução na economia que tivemos nos últimos 5 anos.

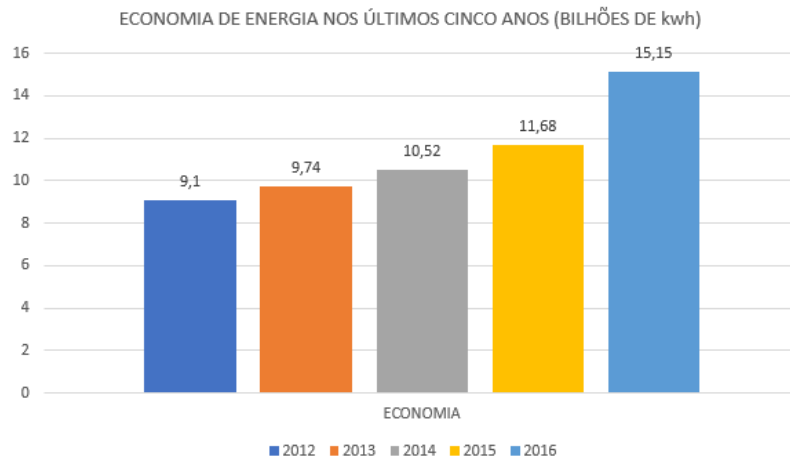


Figura 03 – Gráfico de economia de energia nos últimos cinco anos
Fonte: Site Procel

2.1 EFICIÊNCIA ENÉRGICA E MOTORES ELÉTRICOS NA INDÚSTRIA

Na indústria os motores elétricos são responsáveis por em média 70% de toda energia elétrica consumida dentro de seu processo.

Os motores elétricos têm por sua finalidade principal transformar energia elétrica em energia mecânica. Temos como maior uso o motor de indução, pois além de ser melhor o uso da energia também tem as vantagens de facilidade de transporte, baixo custo, limpeza e melhores rendimentos.

Os tipos mais comuns de motores elétricos são de corrente contínua e corrente alternada, logo ao melhorar a eficiência levando em consideração esse fator, a redução do consumo de energia elétrica é bastante considerável. Para isso as indústrias têm optado por motores de alto rendimento.

2.1.1 Motores elétricos de indução

Ao passar dos anos, os motores elétricos vêm sofrendo grandes melhorias desde que foram criados, como por exemplo, os danos foram sendo reduzidos, o tamanho, peso. Em 1891 o peso médio de um motor era de 88kg, já com a evolução no ano 2000, reduziu para 5,7kg, como exemplo temos a figura abaixo:

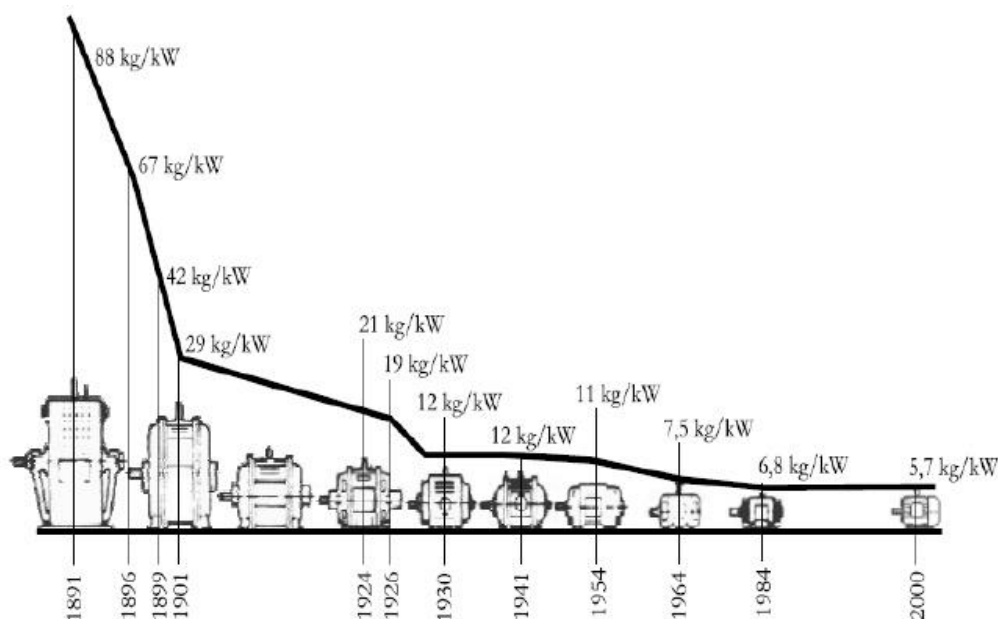


Figura 04 – Evolução dos motores elétricos ao longo do tempo

Fonte: Santos (2006)

Os motores elétricos são praticamente conversores eletromecânicos baseados nos princípios eletromagnéticos. Durante o processo, no interior dos motores, existem perdas que acabam interferindo na conversão, não permitindo ser completa. Essas perdas podem ser por atrito de ventilação, perdas nos entreferro e dispersão e por efeito joule no estator e rotor.

Segundo (MAMEDE, 1997), o funcionamento do motor de indução baseia-se no princípio de formação do campo magnético girante, produzido no estator devido a passagem de corrente elétrica em suas bobinas, cujo o fluxo, por efeito de sua variação, se desloca em torno do rotor, gerando neste correntes induzidas que tendem a se opor ao campo girante, sendo no entanto, arrastado por ele. A figura a seguir, mostra os principais componentes desse motor:

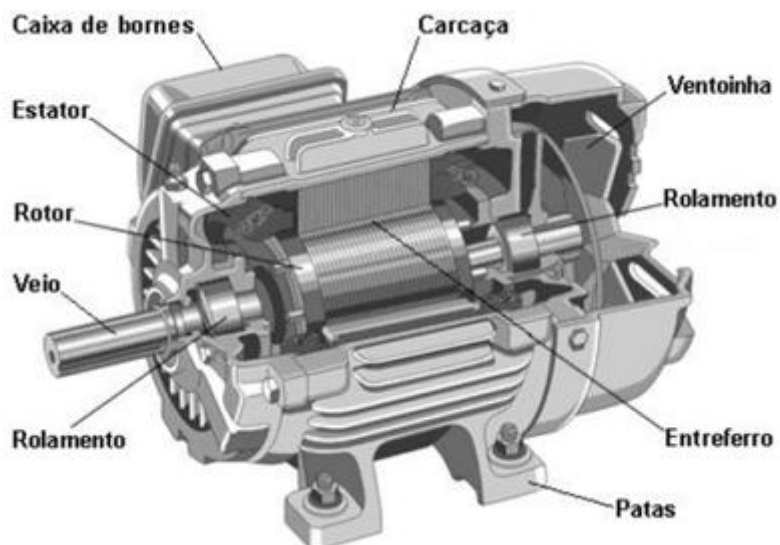


Figura 05 – Aspectos construtivos de um motor de indução trifásico

Fonte: Web MIT



Figura 06 – Motor elétrico trifásico 1992

Fonte: Autores

As perdas que ocorrem nos entreferrros são caracterizadas por histerese que é pela constante do campo magnético sobre o pacote de lâminas de aço-silício. Além dessa, também existem as perdas por Foucault que são caracterizadas pelas correntes induzidas no interior do material magnético, que circulando, produzem perdas em forma de calor. Existem ainda as perdas adicionais, que geralmente são menores, mas crescem como o carregamento do motor.

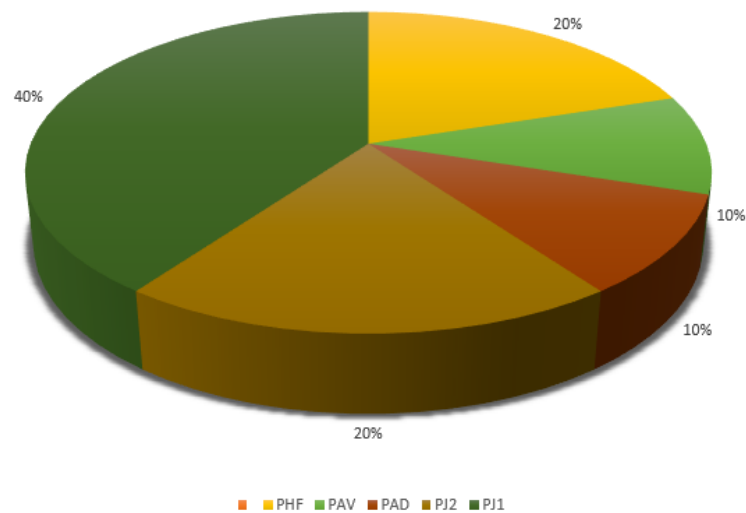


Figura 07 – Distribuição de perdas em um motor de indução trifásico

Fonte: Santos (2006)

Legenda:

PHF – Perdas por Histerese e Foucault

PAV – Perdas por atrito e ventilação

PAD – Perdas Adicionais

PJ2 – Perdas por efeito Joule no estator

PJ1 – Perdas por efeito Joule no rotor

2.1.2 Motores elétricos de alto rendimento

Os motores de alto rendimento possuem um rendimento maior que os motores convencionais. Chegam a ser 20 a 30% mais caros que os motores convencionais, porém suas vantagens e capital investido são compensados durante sua vida útil. O cálculo do rendimento do motor é dado pela potência mecânica desenvolvida no eixo do motor e a potência elétrica ativa que ele consome da rede de alimentação. Escrevendo em percentual temos:

(1)

$$n(\%) = \frac{\text{Potência Mecânica (kw)}}{\text{Potência Consumida (kw)}} * 100$$

Ou por:

(2)

$$n(\%) = \frac{\text{Potência de Saída}}{\text{Potência de Entrada}} * 100$$

Levando em consideração que Potência de Entrada = Potência de Saída + Perdas, o rendimento do motor pode ser calculado por:

(1)

$$n(\%) = \frac{\text{Potência de Entrada} - \text{Perdas}}{\text{Potência de Entrada}} * 100$$

Ou por:

(2)

$$n(\%) = \frac{\text{Potência de Saída}}{\text{Potência de Saída} + \text{Perdas}} * 100$$

2.1.2.1 Aspectos construtivos dos motores elétricos de alto rendimento

O principal objetivo de motores de alto rendimento quando fabricados é o diferencial em seu rendimento, que se dá pelos materiais empregados e dimensões otimizadas. Nem todos os fabricantes tem esse cuidado ao fabricar esses motores. As principais características que podem ser citadas são:

- ✓ Chapas magnéticas: As chapas magnéticas que constituem o rotor e estator são melhoradas, e podem incluir redução de espessura e tratamento térmico para redução de perdas, apresentando assim, perdas menores por correntes induzidas e por histerese.
- ✓ Enrolamentos: Os enrolamentos possuem maior quantidade de material, logo menor resistência elétrica. Com isso menores perdas por efeito Joule. Os enrolamentos do rotor são constituídos de alumínio e o do estator de cobre.
- ✓ Ventiladores: As perdas por ventilação são menores devido a maior eficiência nos ventiladores, pois as necessidades de ventilação são menores, reduzindo o aquecimento e a potência gasta com ventilador.
- ✓ Na construção de motores de alto rendimento são usados rolamentos especiais com menor coeficiente de atrito que normalmente são

empregados. Devido a isso a vida útil passa a ser maior que a dos rolagamentos convencionais.

- ✓ Os dimensionamentos principais como o comprimento axial do rotor, as ranhuras, o entreferro e o diâmetro do motor são feitos especialmente para elevar o rendimento do motor.
- ✓ Os motores de alto rendimento são construídos com ferramentas especiais, diminuindo imperfeições e desbalanceamento, as quais influenciam diretamente para as perdas adicionais.
- ✓ Devido aos entreferros serem menores, necessitam de menos correntes de magnetização e apresentam melhor fator de potência e rendimento.
- ✓ Na construção desses motores menores níveis de vibração e ruídos podem ser adquiridos com menor tolerância.

Esses motores como já foram citados, chega a uma economia significativa de 30%. Abaixo uma imagem mais detalhada da explicação dos aspectos construtivos e características internas desses motores.

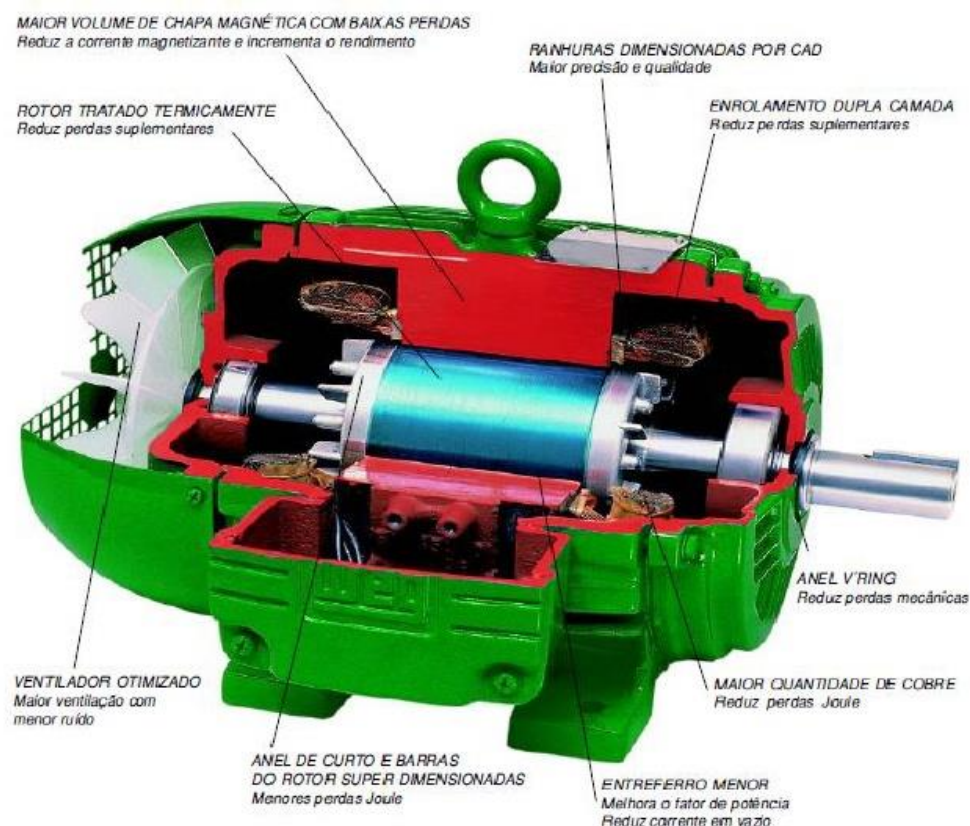


Figura 08 - Características técnicas de motores de alto rendimento
Fonte: WEG (2003)

2.1.2.2 Especificações para motores de alto rendimento

Quem define motores de alto rendimento no Brasil é a norma NBR 7094(2002) DA ABNT.

Segundo o Artigo 1º do Anexo I do Decreto Federal nº 4.508 de 11 de dezembro de 2002, define os valores mínimos de eficiência energética em motores elétricos, de fabricação nacionais ou importados, para uso ou comercialização no Brasil:

- ✓ Motores com operação em rede de distribuição de corrente alternada trifásica de 60Hz, e tensão nominal até 600 v, individualmente ou em quaisquer combinações de tensões.
- ✓ Motores com frequência nominal de 60 Hz ou 50 Hz para operação em uma única velocidade nominal.
- ✓ Motores com potências nominais de 1 a 250 cv, de 2 a 4 pólos; com potências de 1 a 200 cv, de 6 pólos; e com potências de 1 a 250 cv, de 8 pólos.
- ✓ Motores para operação contínua, ou classificados como operação S1 conforme a Norma Brasileira NBR 7094/2000, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.
- ✓ Motores com desempenho de partida de acordo com as características das categorias N ou H da norma NBR 7094/2000, da ABNT, ou categorias equivalentes, tais como A ou B ou C da “National Equipment Manufactures Association” - NEMA.
- ✓ Motores totalmente fechados com ventilação externa, acoplada ou solidária ao próprio eixo de acionamento do motor elétrico. Para a especificação dos motores elétricos de alto rendimento, há esclarecimentos adicionais segundo o Decreto 4.508/02(2002), que são apresentados a seguir:
- ✓ Motores que apresentam várias velocidades nominais e motores com inversores embutidos não são equipamentos abrangidos pelo decreto. No entanto, os motores com uma única velocidade nominal e que podem ser utilizados com inversores em aplicações de velocidade variável, como uma característica adicional, deve atender os requisitos do Decreto.

- ✓ Quando o motor com selo mecânico ou retentor é abrangido pelo Decreto, o motor com selo mecânico corresponde também é abrangido.
- ✓ Um motor elétrico, que atenda às exigências definidas pelo Artigo 1º do Anexo I do Decreto Federal nº 4.508/02, que é conectado a um acionador mecânico de engrenagens ou a um conjunto de engrenagens por intermédio de acoplamento direto, correias, parafusos, ou outros meios, estão abrangidos pelo Decreto.
- ✓ Um motor elétrico, que atenda às exigências definidas pelo Artigo 1º do Anexo I do Decreto Federal nº 4.508/02, cuja aplicação exige rolamentos de rolos ou rolamentos para carga axial, está abrangido pelo Decreto.
- ✓ Não estão abrangidos pelo Decreto motores elétricos de indução trifásicos com projetos elétricos e mecânicos especiais para aplicações específicas e motores certificados para áreas classificadas, com exceção daqueles tipos não acendíveis.
- ✓ O motor elétrico construído para potências intermediárias às potências definidas na Tabela do Artigo 5º do Anexo I do Decreto Federal nº 4.508/02 serão referidos como motores de potência intermediária e são abrangidos pelo Decreto. O valor do rendimento mínimo que se aplica é o da potência adjacente mais próxima da potência nominal do mesmo. Para motores com potências intermediárias equidistantes de duas potências adjacentes, deverá ser exigido o rendimento do motor com potência nominal superior a dele. A tabela 1 mostra os valores mínimos de rendimentos nominais mínimos estabelecidos pelo Decreto 4.508/02.

No ano de 2005 os valores de rendimento passaram por alterações, sendo assim aumentados e eliminando as diferenças entre convencionais e alto rendimento.

Art. 3º Fica estabelecido que os níveis mínimos de rendimento nominal a serem atendidos pelos motores elétricos de indução trifásicos, caracterizados no Art. 2º deste Anexo, estão definidos na TABELA 2 – RENDIMENTOS NOMINAIS MÍNIMOS, sem a distinção dos níveis de rendimento nominal entre linhas padrão e alto rendimento de motores elétricos de indução, definidos no art. 5º do anexo I do decreto nº 4.508, de 2002.

2.1.2.3 Vantagens dos motores de alto rendimento

Comparando com os motores convencionais, temos como vantagens dos motores de alto rendimento:

- ✓ Redução do consumo de energia elétrica;
- ✓ A maioria deles possuem um fator de potência mais alto;
- ✓ Menores temperaturas de operação;
- ✓ Minimizam o superdimensionamento, nas situações em que não se possam corrigir a potência do motor;
- ✓ Menores custos operacionais;
- ✓ Desconto de 12% na compra de um novo motor WEG de alta eficiência;
- ✓ Garantia de fábrica;
- ✓ Produtos normalizados que oferecem total intercambiabilidade com motores já instalados.

3 PROJETO DE SUBSTITUIÇÃO DOS MOTORES CONVENCIONAIS POR MOTORES DE ALTO RENDIMENTO

Esse é um projeto em parceria WEG e Cosern, que cada motor de acordo com sua potência tem um valor de bônus que é dado na compra/substituição de um motor fabricado até o ano de 2009, que estejam em 1cv a 250cv, por motores com as mesmas características sendo mais eficientes.

Esse projeto tem como objetivo uma incentiva a substituição de motores antigos, danificados ou com baixos níveis de rendimento, onde qualquer motor e de qualquer marca entra como parte de pagamento de um motor novo. Com isso a planta torna-se mais eficiente, criando assim consciência de conservação de energia.

3.1 PLANO DE TROCA

Para poder dar início a um novo projeto é necessário seguir uma sequência para obtenção e aprovação do mesmo:

- ✓ Entre em contato diretamente com a WEG, com uma Revenda ou representante;

- ✓ No momento da compra de motores novos, informe ao vendedor/revendedor quais motores que possui na planta para troca. Não há quantidade mínima nem máxima para envio (mediante aprovação);
- ✓ A identificação dos motores poderá ser feita pela placa do motor ou então pela altura do eixo;
- ✓ O desconto concedido de 12% será sobre o preço de venda do motor novo equivalente;
- ✓ De posse dos valores e quantidades, a WEG ou a Revenda emitirão um pedido de compra dos motores usados/sucata;
- ✓ Emita a NF de venda de sucata constando na mesma o número do pedido de compra. Solicite informações sobre operação fiscal, tabela de impostos incidentes e CFOP para o seu contato WEG;
- ✓ O frete para montantes acima de 500 cv é por conta da WEG. Para casos onde o Plano de Troca é realizado através de uma Revenda, o frete até a mesma deve ser negociado diretamente com o estabelecimento;
- ✓ Assim que a nota der entrada na WEG ou Revenda, o valor automaticamente fica como crédito, gerando um encontro de contas com a duplicata em aberto;

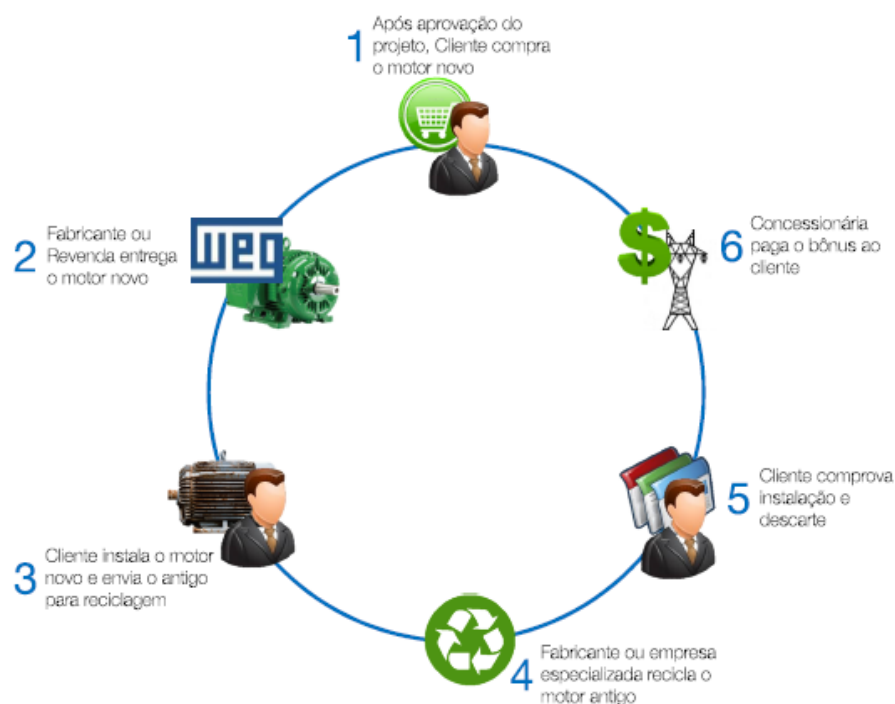


Figura 09 – Passo a passo do plano de troca
Fonte: Site Weg

3.2 MOTORES QUE PARTICIPARÃO DO PROJETO – PLANO DE TROCA

LISTA DE MOTORES - PROPOSTA DE SUBSTITUIÇÃO DE MOTORES CONVENCIONAIS POR MOTORES DE ALTO RENDIMENTO											
ITEM	MOTOR CONVENCIONAL (STANDARD)							MOTOR PROPOSTO DE ALTO RENDIMENTO			
	Nº de Fases	Potência em CV	Potência em W	Nº de Pólos	Ano de Fabricação	Funcionamento de Horas por ano	Carregamento na carga (%)	Potência em CV	Potência em (W)	Classe de Rendimento	Bônus
1	3	3	2208	6	1990 a 1999	7920	100	3	2208	IR3	878,00
2	3	3	2208	2	1990 a 1999	7920	100	3	2208	IR3	878,00
3	3	3	2208	2	1990 a 1999	7920	100	3	2208	IR3	878,00
4	3	3	2208	6	1990 a 1999	7920	100	3	2208	IR3	878,00
5	3	3	2208	6	1990 a 1999	7920	100	3	2208	IR3	878,00
6	3	3	2208	2	1990 a 1999	7920	100	3	2208	IR3	878,00
7	3	4	2944	4	1990 a 1999	7920	100	4	2944	IR3	1.092,00
8	3	4	2944	4	1990 a 1999	7920	100	4	2944	IR3	1.092,00
9	3	4	2944	4	1990 a 1999	7920	100	4	2944	IR3	1.092,00
10	3	5	3680	2	1990 a 1999	7920	100	5	3680	IR3	1.092,00
11	3	5	3680	4	1990 a 1999	7920	100	5	3680	IR3	1.092,00
12	3	7,5	5520	2	1990 a 1999	7920	100	7,5	5520	IR3	1.236,00
13	3	7,5	5520	2	1990 a 1999	7920	100	7,5	5520	IR3	1.236,00
14	3	7,5	5520	2	1990 a 1999	7920	100	7,5	5520	IR3	1.236,00
15	3	7,5	5520	2	1990 a 1999	7920	100	7,5	5520	IR3	1.236,00
16	3	7,5	5520	4	1990 a 1999	7920	100	7,5	5520	IR3	1.236,00
17	3	7,5	5520	2	1990 a 1999	7920	100	7,5	5520	IR3	1.236,00
18	3	7,5	5520	2	1990 a 1999	7920	100	7,5	5520	IR3	1.236,00
19	3	7,5	5520	2	1990 a 1999	7920	100	7,5	5520	IR3	1.236,00
20	3	7,5	5520	2	1990 a 1999	7920	100	7,5	5520	IR3	1.236,00
21	3	7,5	5520	2	1990 a 1999	7920	100	7,5	5520	IR3	1.236,00
22	3	7,5	5520	4	1990 a 1999	7920	100	7,5	5520	IR3	1.236,00
23	3	7,5	5520	2	1990 a 1999	7920	100	7,5	5520	IR3	1.236,00
24	3	7,5	5520	2	1990 a 1999	7920	100	7,5	5520	IR3	1.236,00
25	3	7,5	5520	2	1990 a 1999	7920	100	7,5	5520	IR3	1.236,00
26	3	7,5	5520	2	1990 a 1999	7920	100	7,5	5520	IR3	1.236,00
27	3	7,5	5520	4	1990 a 1999	7920	100	7,5	5520	IR3	1.236,00
28	3	7,5	5520	2	1990 a 1999	7920	100	7,5	5520	IR3	1.236,00
29	3	7,5	5520	2	1990 a 1999	7920	100	7,5	5520	IR3	1.236,00
30	3	7,5	5520	2	1990 a 1999	7920	100	7,5	5520	IR3	1.236,00
31	3	7,5	5520	2	1990 a 1999	7920	100	7,5	5520	IR3	1.236,00
32	3	7,5	5520	2	1990 a 1999	7920	100	7,5	5520	IR3	1.236,00
33	3	7,5	5520	2	1990 a 1999	7920	100	7,5	5520	IR3	1.236,00
34	3	7,5	5520	2	1990 a 1999	7920	100	7,5	5520	IR3	1.236,00
35	3	7,5	5520	2	1990 a 1999	7920	100	7,5	5520	IR3	1.236,00
36	3	10	7360	2	1990 a 1999	7920	100	10	7360	IR3	1.680,00
37	3	10	7360	4	1990 a 1999	7920	100	10	7360	IR3	1.680,00
38	3	10	7360	2	1990 a 1999	7920	100	10	7360	IR3	1.680,00
39	3	10	7360	2	1990 a 1999	7920	100	10	7360	IR3	1.680,00
40	3	10	7360	2	1990 a 1999	7920	100	10	7360	IR3	1.680,00
41	3	10	7360	2	1990 a 1999	7920	100	7,5	5520	IR3	1.236,00
42	3	10	7360	4	1990 a 1999	7920	100	10	7360	IR3	1.680,00
43	3	10	7360	2	1990 a 1999	7920	100	10	7360	IR3	1.680,00
44	3	10	7360	2	1990 a 1999	7920	100	10	7360	IR3	1.680,00
45	3	10	7360	2	1990 a 1999	7920	100	10	7360	IR3	1.680,00
46	3	10	7360	2	1990 a 1999	7920	100	10	7360	IR3	1.680,00
47	3	10	7360	2	1990 a 1999	7920	100	10	7360	IR3	1.680,00
48	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
49	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
50	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
51	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
52	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
53	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
54	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
55	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
56	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
57	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
58	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
59	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
60	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
61	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
62	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
63	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
64	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
65	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
66	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00

67	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
68	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
69	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
70	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
71	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
72	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
73	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
74	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
75	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
76	3	12,5	9200	4	1990 a 1999	7920	100	12,5	9200	IR3	2.080,00
77	3	15	11040	4	1990 a 1999	7920	100	15	11040	IR3	2.080,00
78	3	15	11040	4	1990 a 1999	7920	100	15	11040	IR3	2.080,00
79	3	25	18400	4	1990 a 1999	7920	100	25	18400	IR3	2.700,00
80	3	25	18400	4	1990 a 1999	7920	100	25	18400	IR3	2.700,00
81	3	25	18400	4	1990 a 1999	7920	100	25	18400	IR3	2.700,00
82	3	30	22080	4	1990 a 1999	7920	100	30	22080	IR3	2.864,00
83	3	30	22080	4	1990 a 1999	7920	100	30	22080	IR3	2.864,00
84	3	30	22080	4	1990 a 1999	7920	100	30	22080	IR3	2.864,00
85	3	30	22080	4	1990 a 1999	7920	100	30	22080	IR3	2.864,00
86	3	30	22080	4	1990 a 1999	7920	100	30	22080	IR3	2.864,00
87	3	30	22080	4	1990 a 1999	7920	100	30	22080	IR3	2.864,00
88	3	30	22080	4	1990 a 1999	7920	100	30	22080	IR3	2.864,00
89	3	30	22080	4	1990 a 1999	7920	100	30	22080	IR3	2.864,00
90	3	30	22080	4	1990 a 1999	7920	100	30	22080	IR3	2.864,00
91	3	40	29440	4	1990 a 1999	7920	85	40	29440	IR3	3.777,00
92	3	40	29440	4	1990 a 1999	7920	100	40	29440	IR3	3.777,00
93	3	40	29440	4	1990 a 1999	7920	100	40	29440	IR3	3.777,00
94	3	40	29440	4	1990 a 1999	7920	100	40	29440	IR3	3.777,00
95	3	40	29440	4	1990 a 1999	7920	100	40	29440	IR3	3.777,00
96	3	50	36800	4	1990 a 1999	7920	100	50	36800	IR3	4.005,00
97	3	50	36800	2	1990 a 1999	7920	100	50	36800	IR3	4.005,00
98	3	50	36800	4	1990 a 1999	7920	100	50	36800	IR3	4.005,00
99	3	50	36800	4	1990 a 1999	7920	100	50	36800	IR3	4.005,00
100	3	50	36800	4	1990 a 1999	7920	100	50	36800	IR3	4.005,00
101	3	50	36800	4	1990 a 1999	7920	100	50	36800	IR3	4.005,00
102	3	50	36800	4	1990 a 1999	7920	100	50	36800	IR3	4.005,00
103	3	50	36800	4	1990 a 1999	7920	100	50	36800	IR3	4.005,00
104	3	50	36800	4	1990 a 1999	7920	100	50	36800	IR3	4.005,00
105	3	50	36800	4	1990 a 1999	7920	100	50	36800	IR3	4.005,00
106	3	50	36800	4	1990 a 1999	7920	100	50	36800	IR3	4.005,00
107	3	75	55200	4	1990 a 1999	7920	100	75	55200	IR3	6.331,00
108	3	75	55200	8	1990 a 1999	7920	100	75	55200	IR3	6.331,00
109	3	75	55200	4	1990 a 1999	7920	100	75	55200	IR3	6.331,00
110	3	75	55200	8	1990 a 1999	7920	100	75	55200	IR3	6.331,00
111	3	100	73600	4	1990 a 1999	7920	100	100	73600	IR3	7.449,00
112	3	100	73600	4	1990 a 1999	7920	100	100	73600	IR3	7.449,00

APÊNDICE 01 – LISTA DE MOTORES

3.3 ÍNDICE DE RENDIMENTO

Em 2009 entrou em vigor a portaria nº 553 que estabelece níveis mínimos de rendimentos para máquinas e equipamentos. Para motores elétricos o nível mínimo de rendimento é o IR2 (Índice de Rendimento 02). Desta forma, fabricantes de máquinas e consumidores finais devem utilizar produtos que atendam, ao menos, a este nível de rendimento.

Em complemento à lei, em 2013 foi revisada a Norma NBR 17094-1 que especifica valores mínimos de rendimento para duas classes de produtos: IR2 e IR3. Porém, apesar de positiva, as exigências não abrangem os equipamentos

já instalados e sem previsão de substituição. Associado ao fato do parque industrial nacional ter em média 17 anos (fonte ABRAMAN), a modernização de sistemas industriais permite até 60% de redução de consumo com ações de rápida implementação.

Além do IR2 e IR3 exigidos pela norma, a WEG disponibiliza as linhas IR4 Super Premium e IR5 Ultra Premium que excedem os valores de norma.

3.2.1 Motores Ir1

“Esse modelo é usado apenas para motores excluídos ao escopo da portaria 553. Linhas Disponíveis: W22 IR1 (motor de indução - inferior a 1cv). W21Xd IR1 e Motores Dupla Velocidade IR1.”(WEG,2017)

3.2.2 Motores Ir2

“Motor que atende ao Índice de Rendimento IR2 na Norma NBR 17094-1:2013 e à Portaria 553. Linhas Disponíveis: W22 IR2 (motor de indução), W22 WELL IR2, W22 Mining IR2, W22 Wash IR2, W22 Motofreio IR2, W22 Bomba Monobloco IR2.” (WEG,2017).

3.2.3 Motores Ir3

De acordo com a pesquisa realizada (WEG 2017) os motores IR3, atendem perfeitamente ao que se espera no projeto que irá ser elaborado.

Os motores W22 IR3 Premium possuem alta eficiência, rendimentos que superam os da linha W22 IR2 e excedem os níveis de rendimento definidos na portaria 553 da lei de eficiência energética 10.295, em vigor desde de janeiro de 2010. Excelente relação custo-benefício, redução do consumo de energia elétrica, baixos níveis de ruído e vibração e fácil manutenção são algumas das características que definem esse produto. Um motor que surge antecipando conceitos sobre eficiência energética, desempenho e produtividade.

3.2.4 Motores Ir4

“Motor que excede em dois níveis os rendimentos mínimos exigidos pela legislação vigente. Linhas Disponíveis: W22 IR4 Super Premium (motor de indução). WW22 Magnet IR4 Super Premium (ímãs permanentes)”.(WEG,2017).

3.2.5 Motores Ir5

“Motor que excede em três níveis os rendimentos mínimos exigidos pela legislação vigente. Linha Disponível: W22 Magnet IR5 Ultra Premium (ímãs permanentes).”(WEG,2017).

3.4 VALOR DO BÔNUS POR POTÊNCIA E CLASSE DE RENDIMENTO

Potência (cv)	Trifásico IR3 / Procel	Trifásico IR2*	Monofásico IR1
1	R\$ 360,00	R\$ 244,00	R\$ 250,00
1,5	R\$ 463,00	R\$ 244,00	R\$ 250,00
2	R\$ 593,00	R\$ 420,00	R\$ 313,07
3	R\$ 878,00	R\$ 595,00	R\$ 313,07
4	R\$ 1.092,00	R\$ 722,00	R\$ 313,07
5	R\$ 1.092,00	R\$ 782,00	R\$ 451,47
6	R\$ 1.155,00	R\$ 782,00	R\$ 451,47
7,5	R\$ 1.236,00	R\$ 782,00	R\$ 456,04
10	R\$ 1.680,00	R\$ 1.080,00	R\$ 456,04
12,5	R\$ 2.080,00	R\$ 1.147,00	R\$ 456,04
15	R\$ 2.080,00	R\$ 1.147,00	R\$ 547,25
20	R\$ 2.395,00	R\$ 1.147,00	-

Figura 10 – Potência e Classe de Rendimento

Fonte: Neoenergia

Potência (cv)	Trifásico IR3 / Procel	Trifásico IR2*
25	R\$ 2.700,00	R\$ 1.501,00
30	R\$ 2.864,00	R\$ 1.501,00
40	R\$ 3.777,00	R\$ 1.940,00
50	R\$ 4.005,00	R\$ 1.940,00
60	R\$ 5.174,00	R\$ 2.972,00
75	R\$ 6.331,00	R\$ 3.850,00
100	R\$ 7.449,00	R\$ 4.318,00
125	R\$ 12.078,00	R\$ 7.701,00
150	R\$ 14.131,00	R\$ 9.181,00
175	R\$ 15.572,00	R\$ 10.484,00
200	R\$ 15.710,00	R\$ 10.484,00
250	R\$ 22.157,00	R\$ 15.798,00

Figura 11 – Potência e Classe de Rendimento

Fonte: Neoenergia

O bônus será creditado em conta bancária do cliente após a execução do projeto e validação dos documentos comprobatórios e não precisará ser devolvido/pago à concessionária.

4 RESULTADOS

Nesse projeto temos como objetivo mostrar as oportunidades de melhoria do desempenho energético dos equipamentos incorporados na cadeia produtiva e os ganhos econômicos que podem ser alcançados com a adoção das soluções propostas. Abaixo segue detalhamento de simulação dos cálculos feitos e resultados a serem obtidos.

MOTOR CONVENCIONAL - VALOR TOTAL - 1 ANO - 80% DE RENDIMENTO	
CV	2.328,00
W	1.713.408,00
KW	1.713,41
MW	1,71
Valor do MWh (R\$)	220,00
Qntd de dias no ano	330
Horas de dias no ano	24
Cálculo de valor gasto com motores em 1 ano (R\$)	2.985.442,10

APÊNDICE 2 – DADOS DOS MOTORES CONVENCIONAL

MOTOR DE ALTO RENDIMENTO - VALOR TOTAL - 1 ANO - 92% DE RENDIMENTO	
CV	2.325,00
W	1.711.200,00
KW	1.711,20
MW	1,71
Valor do MWh (R\$)	220,00
Qntd de dias no ano	330
Horas de dias no ano	24
Cálculo de valor gasto com motores em 1 ano (R\$)	2.981.594,88

APÊNDICE 3 – DADOS DOS MOTORES DE ALTO RENDIMENTO

Levando em consideração que os motores convencionais trabalham com uma média de 80% de seu rendimento e os motores de alto rendimento trabalham com uma média de 92% de seu rendimento total, podemos dizer então que:

Se temos 92% - 80%, teremos uma economia equivalente a 12% em cima do valor gasto com motores de alto rendimento, chegando aos valores de:

(1)

$$\text{Valor gasto com motores de alto rendimento em 1 ano} * 0,12 = 357.791,28$$

Onde o valor de R\$ 357.791,28 é equivalente ao valor de economia aplicando os 12% em cima do valor total. Reduzindo assim o valor gasto com motores de alto rendimento de 2.981.594,88 para 2.623.803,60.

De acordo com os cálculos feitos chegamos a conclusão de que em um ano teremos uma economia anual de 357.791,28, isso implica dizer que para termos uma média de economia mensal, dividimos esse valor por 12 meses e obtemos:

ECONOMIA MENSAL EM 1 ANO
357.791,28 / 12
29.815,94

APÊNDICE 4 – ECONOMIA MENSAL EM 1 ANO

Por fim chegamos a um dos resultados mais esperados e a parte mais benéfica do projeto, que é o tempo de retorno do investimento. Levando em consideração que foi investido para dar-se início a esse projeto R\$417.355,37 e temos uma economia mensal de R\$29.815,94, fazendo a relação desses valores, teremos:

RETORNO DO INVESTIMENTO
Valor do investimento real / economia mensal
417.355,37 / 29.815,94
13,99 meses ou 1,2 anos

APÊNDICE 5 – RETORNO DO INVESTIMENTO

Após esse tempo de retorno do investimento, terá um lucro significativo, pois estará dando continuidade ao uso de energia com mais eficiência.

5 CONCLUSÃO

A conclusão deste estudo parte do alcance obtido pelos objetivos específicos propostos quando do seu início. Que o projeto estabelecido pela WEG em parceria com a Cosern, tende a estimular a substituição dos motores de alto rendimento, atendendo ao esperado e fazendo o uso consciente da energia elétrica.

Os motores de alto rendimento apresentam fator de serviço maior do que os motores padrão, menor temperatura de trabalho, conseqüentemente menores manutenções, um ponto muito importante para o consumidor industrial. Além

disso, há conservação de energia elétrica, contribuindo para reduzir impactos ambientais.

ABSTRACT

This work has the purpose of showing how we can have a greater energy efficiency in the industry by replacing the same equipment with other more efficient ones, being used the energy of intelligent form and obtaining the recovery of the investment through the energetic efficiency gains. The project that will be applied in the industry, shows the number of engines to be replaced, investment, bonus earned and the payback. The three-phase motors that will be replaced are those manufactured until 2009, with power between 1 and 250cv with a minimum operating regime of 3,000 hours per year. The model chosen for replacement was the IR3, which has an excellent cost-benefit ratio, easy maintenance, low noise levels and reduced electric energy consumption. For this it is necessary that a whole study be done based on data collected and characteristics of their operation for application with the outstanding saving of electric energy.

Keywords: Energy efficiency, high performance motors, economy.

REFERÊNCIAS

ANEEL – **Valores dos bônus para motores trifásicos** – Disponível em:
<<https://www.meusoft.com.br/motoreseficientes/documents/SaibaMaisBA.pdf>>

Acesso em 30 outubro 2017

DECRETO n°4508/02 – Decreto n° 4.508, 11 de dezembro de 2002 –

Disponível em:

<<https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/99046/decreto-4508-02>>.

Acesso em 02 setembro 2017.

PETRUZELLA, Frank d. **Motores elétricos e acionamentos**. AMG 2013

PROCEL – **Selo Procel** – Disponível em:

<<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={88A19AD9-04C6-43FC-BA2E-99B27EF54632}>>. Acesso em 16 out 2017.

PROCEL – **Etiqueta ENCE** – Disponível em:

<<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BF48ABFE1-2335-4951-9FF9-C5E9B27815AC%7D>>. Acesso em 20 outubro 2017.

PROCEL – **Economia de energia nos últimos cinco anos** – Disponível em:

<<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID=%7b921E566A-536B-4582-AEAF-7D6CD1DF1AFD%7d>>. Acesso em 20 outubro 2017.

NEOENERGIA – **Motores Eficientes** – Disponível em:

<<https://www.meusoft.com.br/motoreseficientes/Principal.aspx?Estado=BA>>. Acesso em 04 abril 2017.

MAMEDE, João Mamede Filho. Instalações elétricas industriais. 6ª Ed.

Disponível em: <https://pt.slideshare.net/AndersonSilva247/instalaes-eltricas-industriais-joo-mamede-filho-6-ed>. Acesso 08 setembro 2017.

WEG – **Plano de Troca** – Disponível em:

<<http://www.weg.net/institucional/BR/pt/solutions/energy-efficiency/replace-a-motor>>. Acesso em 18 setembro 2017.

DECRETO nº4508/02 – Decreto nº 4.508, 11 de dezembro de 2002 –

Disponível em:

<<https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/99046/decreto-4508-02>>. Acesso em 02 setembro 2017.