

Em 10 de novembro de 2017.

Assunto: **Análise de Impacto Regulatório: Motores Elétricos Trifásicos.**

RESUMO EXECUTIVO

Introdução

Descrição do Objeto

Descreva o objeto do estudo

Os motores elétricos são responsáveis por cerca de 25% de toda a energia elétrica consumida no Brasil e representam quase 70% de toda a energia consumida pela indústria. Eles estão presentes em máquinas operatrizes, tornos industriais, prensas, esteiras rolantes, fresadoras, injetoras, calandras, pontes rolantes, bombas de grande porte, compressores industriais, serras industriais, entre tantas outras máquinas presentes na indústria.

Estes motores, quando novos, são regulamentados pela Portaria INMETRO/MDIC Nº 488 de 08/12/2010, Decreto nº 4.508, de 11 de dezembro de 2002, e Portaria Interministerial MME/MCT/MDIC nº 553, de 8 de dezembro de 2005 e devem atender aos índices mínimos de eficiência energética ou máximo de consumo de energia elétrica.

Quando usados (recondicionado), estes motores estarão sujeitos aos níveis mínimos de eficiência energética, conforme estabelecido no parágrafo único, Art. 2º da Portaria INTERMINISTERIAL Nº 1, de 29 de Junho de 2017. Esta Portaria atribuiu ao Inmetro a competência por acompanhar e fiscalizar o objeto em análise. Entretanto, para que o Inmetro venha a fiscalizar e acompanhar, é necessário editar ato normativo próprio, inserindo o objeto delegado nos comandos da Autarquia.

Descreva o campo de aplicação

- Empresas de recondicionamento de motores elétricos;
- Empresas Revendedoras de motores elétricos recondicionados;
- Empresas usuárias de motores elétricos de indução trifásicos.

Definição do Problema

Qual o problema que o objeto apresenta?

A Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica - (ABINEE) apresentou ao Inmetro proposta de regulamentação técnica de motores elétricos recondicionados, fundamentando o problema com base em pesquisa de mercado elaborada pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RIO).

Segundo este estudo, intitulado "*Pesquisa Mercadológica sobre Motores Recondicionados*", existem estabelecimentos no país comercializando motores recondicionados que não atendem aos índices mínimos de eficiência energética estabelecidos na regulamentação nacional, apresentando, portanto, elevado consumo de energia.

Ainda de acordo com a pesquisa, foram estimadas perdas de energia no país, em 2012, da ordem de 7,1 TWh (Tera Watts x hora) ocasionada pela utilização de motores elétricos recondicionados. Esse dado é obtido a partir da perda estimada de rendimento de motores elétricos com base na degradação das características físicas dos motores. Essa degradação sofre influência da idade motor, do desgaste das peças, de práticas inadequadas de reparação e do número de vezes que o motor é recondicionado.

Para a ABINEE, a regulamentação de motores recondicionados teria como principal objetivo "*impedir a comercialização de motores recondicionados/recuperados que não atendem aos níveis mínimos de rendimento definidos pela Portaria MME/MCT/MDIC nº 553/2005. Além disso, propiciaria isonomia quanto à comercialização de motores no Brasil.*"

Descreva os dados e fatos que demonstram que o problema ocorre

Segundo este estudo, intitulado "*Pesquisa Mercadológica sobre Motores Recondicionados*", existem estabelecimentos no país comercializando motores recondicionados que não atendem aos índices mínimos de eficiência energética estabelecidos na regulamentação nacional, apresentando, portanto, elevado consumo de energia.

A quais aspectos o problema está relacionado?

- Segurança e saúde
- Meio ambiente
- Práticas enganosas nas relações comerciais ou de consumo
- Eficiência Energética
- Outro: _____

Quais as possíveis causas desse problema?

As possíveis causas do problema, conforme apresentadas pelo demandante, são:

- motores antigos, de tecnologia ultrapassada e de baixa eficiência, que não deveriam ser reaproveitados no recondicionamento; no entanto, retornam ao mercado, ocasionando excessivo consumo energético;
- oficinas que não seguem boas práticas de recondicionamento de motores, implicando maior consumo de energia elétrica.

Descreva dados e fatos que demonstram quais as causas do problema

.

Há um problema que possa justificar alguma medida regulatória do Inmetro?

- Sim
- Não

O parque de motores elétricos do país consome elevada quantidade de energia. No presente estudo, foram estimados um consumo da ordem de 2.192 TWh para o período de 2017 a 2030. Os resultados da Análise Impacto evidenciaram que existe um grande potencial para economia de energia, se forem usados mais motores novos ou reconicionados por oficinas que utilizam boas práticas de recondicionamento.

Regulamentação em outros países ou blocos econômicos:

- Não;
- União Europeia;
- Estados Unidos da América;
- Canadá;
- Austrália;
- Outro: _____

Justificativa:

Códigos de boas práticas para recuperação/rebobinamento de motores elétricos:

- ANSI/EASA Standard AR100-2015: Recommended Practice for the Repair of Rotating Electrical Apparatus.

Definição de Opções

Descreva as alternativas que podem contribuir para minimizar o problema

Em função das informações apresentadas neste estudo e com base na norma interna DOQ-DCONF-012, Anexo A, apresentam-se as seguintes alternativas de medidas regulatórias:

(1) Regulamentação Técnica baseada em desempenho: É a regulamentação que estabelece parâmetros de desempenho de um objeto, associados aos resultados ou objetivos pretendidos. É utilizada quando o objeto da regulamentação é um produto ou serviço e quando é possível definir claramente os objetivos e parâmetros de desempenho, de modo a resolver o problema identificado. Pelos motivos expostos no presente estudo, acreditamos que esta não seja a melhor medida a ser adotada, face a dificuldade em se estabelecer parâmetros de desempenho que possam ser aplicados em processos de amostragem de motores reconicionados.

(2) Procedimento de Avaliação da Conformidade Voluntário: Consiste na definição pelo Inmetro da forma e dos critérios de avaliação da conformidade de requisitos de desempenho, processo ou característica do objeto, estabelecidos numa base normativa. É aplicado quando não há a necessidade de um regulamento técnico, compulsório, que obrigue determinada conduta nos agentes econômicos. Por este motivo, acreditamos também que esta não seria uma medida regulatória adequada para minimizar o problema.

(3) Regulamentação Técnica baseada em processo. Esta opção destina-se a estabelecer requisitos para processos produtivos de produtos ou serviços, nos quais estão presentes aspectos de sustentabilidade ambiental, podendo ser necessário realizar visitas/auditorias com fins de fiscalização do processo em que será possível aplicar penalidades caso sejam constatadas irregularidades.

A avaliação de serviços, no âmbito do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade (SBAC) é realizada por meio de Organismos de Inspeção Acreditados (OIA) pelo Inmetro. Conforme banco de dados de organismos acreditados do Inmetro, não há organismos específicos para avaliação de serviços de reparos em motores. Entretanto, existem atualmente 2 (dois) organismos com escopo acreditado para avaliação de Eficiência Energética em Edificações (OIA-EEE):

1. FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI;
2. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS – UFPEL.

Acreditamos que esta seja a medida regulatória mais adequada para o problema.

Medida Regulatória recomendada: (3) Regulamentação Técnica baseada em processo/avaliação do serviço de recondicionamento de motores elétricos.

Análise de Impactos

Descrição dos Impactos Negativos Potenciais

O custo anual para fiscalizar todas as 1837 oficinas foi estimado em R\$ 918.500, acima da média para cada regulamento do Inmetro, estimado em R\$ 225.000. A adequada fiscalização das empresas reparadoras de motores elétricos exigiria uma forte vigilância de mercado sobre elas para, por exemplo, verificar as condições de avaria e idade dos motores recebidos nas oficinas, descartando os que fossem considerados sucatas.

Descrição dos Impactos Positivos Potenciais

Considerando os atuais níveis de participação de motores novos e reconicionados no mercado de vendas, 35% e 65%, respectivamente, o país perde a oportunidade de economizar uma elevada quantidade de energia elétrica. Elevando a participação de motores novos no mercado de 35% para 50%, por exemplo, por meio de programas de incentivo à substituição de motores pelo governo e campanhas informativas, a economia estimada para o ano 2017 seria de 192 GWh. A economia total acumulada no período de 2017 a 2030 seria de 22.326 GWh. Esses valores se traduzem em 1.530.670 tCO₂ economizados de emissões de gases de efeito estufa.

A adoção de motores reconicionados por oficinas que adotam boas práticas de recondicionamento também contribuiria para a economia de energia, considerando que essas boas práticas podem evitar procedimentos de reparo inadequados que geram desperdício de energia.

Recomendação:

- Não Ação
 Aprofundamento
 Desenvolvimento

Justificativas:

Em função das informações obtidas no presente estudo, recomenda-se como medida regulatória a **Regulamentação Técnica baseada em processo**:

- **Avaliação do serviço de recondicionamento de motores elétricos trifásicos**

Escopo e Objetivo da Regulamentação (caso a recomendação seja seguir para desenvolvimento):

ANÁLISE DE IMPACTO REGULATÓRIO - NÍVEL 1

Introdução

1. Descrição do Objeto

O objetivo desta nota técnica é identificar e avaliar os principais riscos (p. ex: institucionais e ambientais) e impactos decorrentes da regulamentação de motores elétricos reconicionados, em função da problemática apresentada pela Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica - ABINEE, entidade que demandou ao Inmetro proposta de regulamentação técnica.

2. Definição do Problema^[1]

Os motores elétricos trifásicos de indução rotor gaiola de esquilo são responsáveis por cerca de 25% de toda a energia elétrica consumida no Brasil e estão presentes em máquinas operatrizes, tomos industriais, prensas, esteiras rolantes, fresadoras, injetoras, calandras, pontes rolantes, bombas de grande porte, compressores industriais, serras industriais, entre tantas outras máquinas presentes na indústria.

Eles respondem por mais de 95% do total de motores instalados nos setores industrial, rural, comercial e residencial.

O arcabouço normativo que regulamenta os motores elétricos no Brasil compreende a Portaria INMETRO/MDIC Nº 488, de 08/12/2010, Portaria Interministerial MME/MCT/MDIC Nº 553/2005, Decreto Nº 4.508/2002 e a Lei Nº 10295/2001.

Segundo a Pesquisa Mercadológica sobre Motores Reconicionados (PUC-RIO, 2014) existem estabelecimentos no país que estão comercializando motores reconicionados que não atendem à Portaria INMETRO/MDIC Nº 488/2010. Conforme esta mesma pesquisa:

"...estas empresas reformam motores sem condições de uso, adquiridas muitas vezes como sucata, os quais nunca deveriam voltar ao mercado, por não atenderem aos níveis de eficiência energética mínimos estabelecidos nos regulamentos."

"...grande parte destes motores, já obsoletos devido a sua idade, possuem eficiência comprometida, uma vida útil curtíssima e o mais grave: um gasto energético excessivo muito acima ao consumo energético dos motores regulamentados pela Portaria INMETRO/MDIC N488 de 08/12/2010."

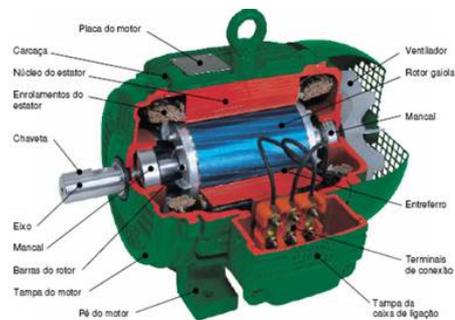


Figura 1 – motor elétrico rotor gaiola de esquilo.

Fonte: WEG

A pesquisa ainda revela que a grande maioria das empresas de reconicionamento não seguem os procedimentos normalizados.

Esse problema também existe na indústria de reconicionamento de motores dos EUA. Até mesmo lá, a maioria dos profissionais que trabalham com rebobinamento^[1] não seguem o protocolo com a precisão necessária. Isso afeta a eficiência de um motor rebobinado. Esse problema, muito predominante na prática de rebobinamento, tem sido muito debatido na literatura^[2].

Entretanto, algo que deve ficar claro é que os motores reconicionados são, em sua maioria, motores antigos, de tecnologia obsoleta, e que por isso apresentam seus próprios limites de eficiência. Eles nunca poderão se equiparar aos modernos motores elétricos em níveis de eficiência, por melhor que seja o processo de reconicionamento.

^[1] A bobinagem consiste na instalação de uma bobina através do uso de uma maquinaria, que permite dar volta à bobina, ajustar a tensão, etc. No caso de se querer rebobinar o motor, será necessário tirar esta bobina e colocar uma nova, que deverá ser envernizada.

^[2] <http://web.mit.edu/ebm/www/Publications/MITEI-1-c-2010.pdf>

3. Análise de Competência Legal

3.1 Atuação do Inmetro com base na Lei 9933/1999

A competência legal do Inmetro para regulamentar objetos está estabelecida no inciso IV, artigo 3º da Lei nº 9933, de 1999, o qual estabelece a competência de:

IV - exercer poder de polícia administrativa, expedindo regulamentos técnicos nas áreas de avaliação da conformidade de produtos, insumos e serviços, **desde que não constituam objeto da competência de outros órgãos ou entidades da administração pública federal**, abrangendo os seguintes aspectos:

- a) segurança;
- b) proteção da vida e da saúde humana, animal e vegetal (Incluído pela Lei nº 12.545, de 2011);
- c) proteção do meio ambiente; e
- d) prevenção de práticas enganosas de comércio. (grifo do autor)

3.2 Análise Jurídica da Lei de Eficiência Energética

A Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia foi instituída pela lei nº 10.295,

de 17 de outubro de 2001, regulamentada pelo Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001.

O artigo 2º da supramencionada lei estabelece que cabe ao Poder Executivo determinar os níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia, fabricados ou comercializados no País, com base em indicadores técnicos pertinentes. Cabe ainda ressaltar que, de acordo com o parágrafo 1º do mesmo artigo, tais índices devem ser estabelecidos com base em valores técnica e economicamente viáveis, considerando a vida útil das máquinas e aparelhos consumidores de energia.

O decreto explicita a quem, no Poder Executivo, cabe o estabelecimento desses índices. Primeiro, constitui o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética – CGIEE; segundo, fixa a competência deste Comitê Gestor e, por fim, em se tratando de assuntos de natureza técnica, cria os Comitês Técnicos para analisar e opinar sobre matérias específicas sob apreciação do CGIEE. Com relação à composição do comitê, cabe destacar que o Inmetro não figura como membro integrante, conforme o Art. 2º do Decreto Nº 4059/01, que regulamenta a Lei 10.295/01.

De acordo com o Art. 3º do Decreto 4059/01, compete ao CGIEE:

Art. 3º Compete ao CGIEE:

I - elaborar plano de trabalho e cronograma, visando implementar a aplicação da Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001;

II - elaborar regulamentação específica para cada tipo de aparelho e máquina consumidora de energia;

III - estabelecer Programa de Metas com indicação da evolução dos níveis a serem alcançados para cada equipamento regulamentado;

IV - constituir Comitês Técnicos para analisar e opinar sobre matérias específicas sob apreciação do CGIEE, inclusive com a participação de representantes da sociedade civil;

V - acompanhar e avaliar sistematicamente o processo de regulamentação e propor plano de fiscalização; e

VI - deliberar sobre as proposições do Grupo Técnico para Eficientização de Energia em Edificações.

Parágrafo único. A Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, a Agência Nacional do Petróleo - ANP, o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO e as Secretarias Executivas do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL e do Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e do Gás Natural - CONPET, fornecerão apoio técnico ao CGIEE e aos Comitês Técnicos que vierem a ser constituídos.

Art. 5º A regulamentação específica para adoção dos níveis máximos de consumo de energia ou mínimos de eficiência energética de cada tipo de aparelho e máquina consumidora de energia, elaborada pelo respectivo Comitê Técnico, será aprovada pelo Comitê Gestor após processo de audiência pública.

Art. 9º O INMETRO será responsável pela fiscalização e pelo acompanhamento dos programas de avaliação da conformidade das máquinas e aparelhos consumidores de energia a serem regulamentados.

Art. 12. Os recursos financeiros necessários à fiscalização, pelo INMETRO, correrão à conta de dotações orçamentárias dos Ministérios de Minas e Energia e do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior.

Pode-se perceber que há duas competências regulamentadoras legalmente estabelecidas sobre motores elétricos: CGIEE e INMETRO. Ao CGIEE tem se entendido que compete estabelecer a "linha de corte", ou seja, os limites de eficiência admitidos para motores elétricos novos. Ao Inmetro, compete estabelecer requisitos técnicos de segurança, desempenho e de informação ao consumidor, por meio do mecanismo de etiquetagem. Ambas as competências se complementam.

4. Regulamentação em outros países ou blocos econômicos

Não encontramos regulamentações de outros países ou blocos econômicos. O que existe em termos de normas são alguns códigos de boas práticas para recondicionamento/rebobinamento de motores elétricos.

4.1 Códigos de boas práticas para reparo de motores elétricos:

- [ANSI/EASA Standard AR100-2015](#): Recommended Practice for the Repair of Rotating Electrical Apparatus.

5. Análise de impactos energético e ambiental

O objetivo deste tópico é avaliar os possíveis impactos ambientais e economia de energia que podem ser obtidos por meio da maior participação de motores elétricos novos (em contraposição aos motores reconicionados)^[1] no mercado de venda de motores. Para isso, propusemos uma metodologia^[2] para estimar a quantidade de motores elétricos existentes no parque de motores em 2016. A partir daí, fez-se uma projeção do parque de motores para os anos 2017 a 2030. O critério para a escolha do limite em 2030 se deve ao fato de coincidir com o Plano Nacional de Energia 2030 e também por ser um período suficiente para que tivéssemos, ao menos, 10 anos de vigência da Portaria Interministerial 20/2017, a qual estabelece novos níveis de eficiência para motores.

Conhecendo a evolução do parque de motores ao longo dos anos, consumo específico, eficiência média do parque em 2016, eficiência média dos novos motores, classes de potência (e a contribuição de cada classe na formação do parque) e a participação percentual de motores novos e reconicionados no mercado que se somam ano a ano ao parque de motores, conseguimos obter a curva de consumo energético no período de 2017 a 2030. A seguir as etapas do estudo:

5.1 Estimativa da quantidade de motores em operação no Brasil.

Para os objetivos do presente estudo, é extremamente importante se ter uma noção aproximada

do parque industrial de motores brasileiro[1]. Sendo assim, foram utilizados a estimativa de 12.000.000 de motores ativos em 2003 (Soares, 2008)[2] e índices de crescimento do consumo de energia elétrica na indústria, baseados no Balanço Energético Nacional[3].

Tabela 1 - Estimativa de motores em operação, com base em índices anuais de consumo de energia elétrica na indústria.

Estimativa do nº de motores em operação na indústria brasileira		
Ano	Nº de motores em operação	Crescimento do consumo de energia elétrica (%)
2003	12.000.000	5,28
2004	12.847.200	7,06
2005	13.095.151	1,93
2006	13.696.218	4,59
2007	14.382.399	5,01
2008	14.726.138	2,39
2009	13.944.180	-5,31
2010	15.466.885	10,92
2011	15.926.251	2,97
2012	15.942.178	0,1
2013	15.974.062	0,2
2014	15.739.243	-1,47
2015	14.952.281	-5
2016	14.802.758	-1

Fonte: Elaboração própria, com base no Balanço Energético Nacional (BEN).

Com base em dados de venda divulgados pela Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) até o ano de 2006[1], estimou-se a participação de cada classe de potência na composição do parque de motores:

Tabela 2 - Composição do parque de motores por classes de potência.

Composição do parque de motores por classe de potência	
1 a 10	77,03%
> 10 a 40	17,35%
> 40 a 100	4,12%
> 100 a 250	1,49%

Fonte: Elaboração própria, com base em dados da ABINEE.

5.2 Mercado de motores novos e recuperados

Segundo a PUC-Rio[15], a venda de motores recuperados no ano de 2012 foi de 1.829.652. Isso representou 65% do mercado de venda de motores naquele ano. Essas máquinas recuperadas voltam à operação, juntando-se ao parque de equipamentos.

A partir dos dados apresentados anteriormente, calcula-se que o mercado total de motores novos e reconicionados disponíveis para venda naquele ano foi de 2.814.849 motores[1].

Segundo a PUC-Rio[15], a maior parte dos motores reconicionados no Brasil possuem mais de 10 anos de vida útil. Algumas oficinas de reconicionamento declaram ter motores em torno de 30, 40, 50 anos ou mais. Isso certamente se reflete na eficiência média total do parque de motores elétricos.

5.3 Projeção do crescimento do parque de motores elétricos

A partir da **tabela 3**, fizemos a projeção da quantidade de motores existentes no parque industrial, a cada ano, a partir de 2016, com base em índices de consumo de energia elétrica no setor industrial, até o ano de 2030.

Tabela 3 - Projeção do parque de motores elétricos de 2017 a 2030, com base em índices anuais de consumo de energia elétrica na indústria, a partir da estimativa da tabela 1.

Estimativa do nº de motores em operação na indústria brasileira		
Ano	Nº de motores em operação	Crescimento do consumo de energia (%)
2017	14.965.589	1,1
2018	15.130.210	1,1
2019	15.296.642	1,1
2020	15.464.905	1,1
2021	16.021.642	3,6
2022	16.598.421	3,6
2023	17.195.964	3,6
2024	17.815.019	3,6
2025	18.456.360	3,6
2026	19.120.789	3,6
2027	19.809.137	3,6
2028	20.522.266	3,6
2029	21.261.068	3,6
2030	22.026.466	3,6

Fonte: Elaboração própria, com base em estudo da EPE.

5.4 Eficiência do parque de motores elétricos

5.4.1 Eficiência média do parque de motores atual

Segundo a Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (Abraman)[2], a idade média dos equipamentos instalados na indústria brasileira é de 17 anos.

Sendo assim, tendo como referência o ano de 2016, o motor elétrico médio em operação na indústria brasileira remete ao ano de 1999[1] (antes da lei de eficiência energética), quando ainda nem havia sido regulamentadas as classes de motores IR1 e IR2, sem contar a perda de rendimento ao longo dos anos.

De acordo com a PUC-Rio[15], a eficiência média dos motores na década de 90 era conforme a tabela 4:

Tabela 4 - Eficiência média do parque atual

Eficiência média de motores por classe potência nos anos 90	
Potência (cv)	Rendimento médio da classe
1 - 10	79,3
10 - 40	89,5
40 - 100	91,3
100 - 250	92,6

Fonte: PUC-Rio 2014

5.4.2 Eficiência média dos motores de alto rendimento e Premium.

A Portaria Interministerial N° 553/2005 unificou as eficiências mínimas, não fazendo mais distinção dos níveis de rendimento nominal entre as linhas de motores padrão e alto rendimento, sendo o padrão exigido atualmente para motores novos. Ela irá vigorar até a entrada em vigência da nova portaria do MME. A tabela 6 estabelece as eficiências mínimas médias para motores conforme Portaria 553/05:

Tabela 5 - Eficiência mínima média de motores de alto rendimento.

Potência (cv)	2 pólos	4 pólos	6 pólos	8 pólos
1 - 10	85,5%	85,7%	84,4%	82,5%
10 - 40	90,6%	91,6%	90,9%	89,7%
40 - 100	92,7%	93,6%	95,4%	92,0%
100 - 250	94,6%	95,2%	94,9%	93,4%

Fonte: Elaboração própria.

A tabela 7 representa as eficiências mínimas médias de motores elétricos Premium em cada classe de potência.

Tabela 6 – Eficiência mínima média de motores premium.

Potência	Eficiência média de motores premium			
	Número de pólos			
	2	4	6	8
1 a 10	86,8%	87,2%	86,0%	84,3%
>10 a 40	91,4%	92,5%	91,8%	90,7%
>40 a 100	93,6%	94,4%	94,2%	93,1%
>100 a 250	95,3%	95,4%	95,3%	94,2%

Fonte: Elaboração própria.

5.5 Modelagem para avaliação de impacto energético

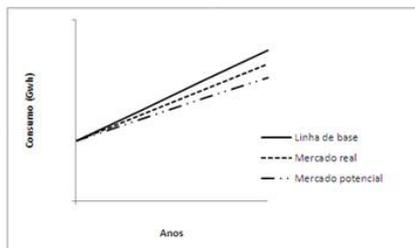
A modelagem proposta para avaliar o impacto energético da adoção de motores elétricos reconicionados, em substituição a motores elétricos novos, em termos de desperdício de energia, se baseou em três hipóteses da composição do parque de motores no Brasil, considerando o atual parque de motores (padrão IR2) e premium (padrão IR3) aprovado pela Portaria Interministerial 29/2017.

A primeira dessas hipóteses, que define a Linha de Base, refere-se a um mercado fictício, no qual os motores apresentam eficiências médias conforme tabela nº 4. Essa seria uma situação onde os motores reconicionados predominariam em 100% do mercado de venda de motores[1].

A segunda hipótese, que caracteriza o Mercado Real, se refere à situação existente, em que o parque em operação é o resultado da composição de motores novos e reconicionados, considerando que a cada ano se juntam ao parque outros motores novos e reconicionados, na proporção de 35% e 65% respectivamente. Por fim, na terceira hipótese, o Mercado Potencial, assume-se uma maior participação de motores novos vendidos e que se juntam ao parque, de modo que passamos a ter uma proporção de 50% e 50% de motores novos e usados, respectivamente.

Para cada hipótese de composição do parque de equipamentos tem-se um consumo unitário de motores correspondente. A Figura 2 representa os três cenários de mercado considerados no presente estudo. Com as diferenças entre os consumos estimados para a Linha de Base e Mercado Real, e entre os consumos estimados para o Mercado Real e o Mercado Potencial, obtém-se, respectivamente a economia de energia alcançada e a economia de energia ainda possível de se obter.

Figura 2 - Cenários de mercado para motores elétricos.



As equações da modelagem para a avaliação dos impactos energéticos são apresentadas nos itens seguintes. A metodologia para os cálculos dos impactos energéticos se baseou nos cálculos do parque de motores instalados, considerando os três cenários de composição do parque de motores.

5.5.1 Consumo de energia elétrica do parque de equipamentos

Para os cálculos do consumo de energia do parque de equipamentos (CEE)[1] utilizou-se a modelagem seguinte, que pode ser empregada para a situação do mercado (linha de base ou real):

$$CEE = \sum (C_{E_{jk}} \cdot P_j) \quad (5.1)$$

P – Número de motores no parque de equipamentos por categoria de pólo e faixa de potência, no ano j.

5.5.2 Economia de energia

Sendo:

EE – Economia de energia observada (GWh).

CEE_{LB} – Consumo de energia elétrica do parque da linha de base (GWh).

CEE_{Real} – Consumo de energia elétrica do parque real (GWh).

$$EE = CEE_{LB} - CEE_{Real} \quad (5.2)$$

Avaliação da redução das emissões de gases do efeito estufa

As estimativas da redução de emissões de gases do efeito estufa (GEE) se baseiam nas economias de energia e nos fatores de emissões de gases do efeito estufa, do sistema interligado nacional (SIN), fornecidos pelo Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT. O fator de emissão (FE) de GEE do ano em análise é obtido pela média dos fatores mensais, já que os mesmos variam de acordo com o período do ano, ou seja, em períodos secos os fatores são maiores (maiores emissões) e em períodos úmidos os fatores são menores, já que, geralmente, os reservatórios estão com alta capacidade e o uso de termoeletricas é reduzido. Assim, o impacto ambiental é calculado de acordo com a seguinte equação:

Sendo:

IA – Impacto ambiental em termos de redução de GEE (tCO₂/ano).

FE – Fator de emissão de GEE do sistema interligado nacional (tCO₂/MWh).

j – Índice referente ao ano de análise (ano).

$$IA_j = EE_j * FE_j \quad (5.3)$$

5.5.2 Consumo representativo de uma classe de potência:

$$ce_{jk} = \frac{0,735 * P_w * T * F_D * F_C}{\eta_i * F_R} \quad (5.4)$$

Sendo:

ce_{jk} - consumo médio representativo do motor elétrico, no ano j (GWh/ano). K refere-se ao tipo de motor por nº de pólos x faixa de potência.

P_w – potência média representativa por categoria de pólo e faixa de potência (kW).

T – tempo de funcionamento anual (horas).

F_D – fator de degradação de acordo com a idade do equipamento.

F_C – fator de carga.

η_i – eficiência do ano de fabricação (motores reconicionados, alto rendimento ou motor premium).

F_R – fator de eficiência corresponde à relação entre a eficiência na carga de operação e eficiência nominal do motor.

A tabela abaixo representa as eficiências mínimas para motores elétricos de indução trifásico de alto rendimento, conforme Portaria Interministerial Nº 553, de 8 de dezembro de 2005. Essas são as eficiências mínimas que serão exigidas de motores novos até o ano 2019.

Tabela 7 - Eficiência mínima motores alto rendimento.

Potência nominal cv ou hp	KW	Pólos			
		2	4	6	8
1,0	0,75	80,0	80,5	80,0	70,0
1,5	1,1	82,5	81,5	77,0	77,0
2,0	1,5	83,5	84,0	83,0	82,5
3,0	2,0	85,0	85,0	83,0	84,0
4,0	3,0	85,0	86,0	85,0	84,5
5,0	3,7	87,5	87,5	87,5	85,5
6,0	4,5	88,0	88,5	87,5	85,5
7,5	5,5	88,5	89,5	88,0	85,5
10	7,5	89,5	89,5	88,5	88,5
12,5	9,2	89,5	90,0	88,5	88,5
15	11	90,2	91,0	90,2	88,5
20	15	90,2	91,0	90,2	89,5
25	18,5	91,0	92,4	91,7	89,5
30	22	91,0	92,4	91,7	91,0
40	30	91,7	93,0	93,0	91,0
50	37	92,4	93,0	93,0	91,7
60	45	93,0	93,6	93,6	91,7
75	55	93,0	94,1	93,6	93,0
100	75	93,6	94,5	94,1	93,0
125	90	94,5	94,5	94,1	93,6
150	110	94,5	95,0	95,0	93,6
175	132	94,7	95,0	95,0	
200	150	95,0	95,0	95,0	
250	185	95,4	95,0		

A tabela abaixo representa as eficiências mínimas para motores elétricos de indução trifásico da linha premium, conforme Portaria Interministerial nº 29, de 26 de janeiro de 2017. Essas são as eficiências mínimas que serão exigidas de motores novos a partir de 2020.

Tabela 8 - Eficiência mínima motores premium.

Potência Nominal		Velocidade Síncrona (rpm)			
kW	cv	3600	1800	1200	900
		2 Polos	4 Polos	6 Polos	8 Polos
Rendimento Nominal					
0,75	1	80	83,5 ^a	82,5	75,5
1,1	1,5	84	86,5 ^b	87,5 ^b	78,5
1,5	2	85,5	86,5	88,5 ^a	84
2,2	3	86,5	89,5 ^a	89,5 ^c	85,5
3	4	88,5	89,5	89,5	86,5
3,7	5	88,5	89,5	89,5	86,5
4,4	6	88,5	89,5	89,5	86,5
5,5	7,5	89,5	91,7 ^a	91	86,5
7,5	10	90,2	91,7	91	89,5
9,2	12,5	91	92,4	91,7	89,5
11	15	91	92,4	91,7	89,5
15	20	91	93	91,7	90,2
18,5	25	91,7	93,6	93	90,2
22	30	91,7	93,6	93	91,7
30	40	92,4	94,1	94,1	91,7
37	50	93	94,5	94,1	92,4
45	60	93,6	95	94,5	92,4
55	75	93,6	95,4	94,5	93,6
75	100	94,1	95,4	95	93,6
90	125	95	95,4	95	94,1
110	150	95	95,8	95,8	94,1
132	175	95,4	96,2	95,8	94,5
150	200	95,4	96,2	95,8	94,5
185	250	95,8	96,2	95,8	95
220	300	95,8	96,2	95,8	95
260	350	95,8	96,2	95,8	95
300	400	95,8	96,2	95,8	95
330	450	95,8	96,2	95,8	95
370	500	95,8	96,2	95,8	95

A partir das tabelas 8 e 9, obteve-se as eficiências médias para cada modelo representativo em cada situação de mercado (LB ou Real), como mostra a tabela 10. As eficiências médias da linha real são obtidas a partir da média ponderada das eficiências estabelecidas na Portaria MME N° 29, de 26 de Janeiro de 2017 (motores Premium) com as eficiências médias da linha de base. Os respectivos pesos da ponderação são exatamente as quantidades de motores novos da linha Premium e a de motores da linha de base que compõem o parque a cada ano (lembrando que estes últimos têm eficiência média conforme a tabela 5).

Tabela 9 - Eficiências mínimas LB e Real.

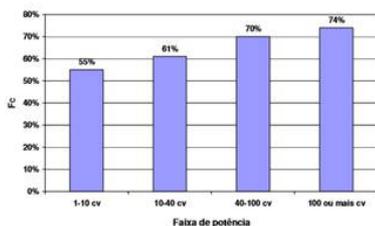
	Classe de potência (cv)	Potência representativa (cv)	Linha Base (LB)	Premium	Real
2 polos	1 - 10	5	79,3	86,8%	Média ponderada
	10 - 40	25	89,5	91,4%	"
	40 - 100	70	91,3	93,6%	"
	100 - 250	175	92,6	95,3%	"
4 polos	1 - 10	5	79,3	87,2%	"
	10 - 40	25	89,5	92,5%	"
	40 - 100	70	91,3	94,4%	"
	100 - 250	175	92,6	95,4%	"
6 polos	1 - 10	5	79,3	86,0%	"
	10 - 40	25	89,5	91,8%	"
	40 - 100	70	91,3	94,2%	"
	100 - 250	175	92,6	95,3%	"
8 polos	1 - 10	5	79,3	84,3%	"
	10 - 40	25	89,5	90,7%	"
	40 - 100	70	91,3	93,1%	"
	100 - 250	175	92,6	94,2%	"

Fonte: Elaboração própria

O tempo de utilização dos motores elétricos foi definido preliminarmente considerando valores crescentes em função da potência e o consumo de energia estimado para esse uso final no setor industrial. Dessa forma para a faixa de 1 a 10 cv adotou-se 800 horas/ano, para 10-40 cv, 1000 horas/ano, para 40-100 cv, 1200 horas/ano e para 100-250 cv, 2000 horas/ano. (Cardoso, 2012)

As informações quanto ao carregamento dos motores em sua operação foram obtidas a partir de estudos da PPE/COPPE/UFRJ (2005), que utilizam uma amostra de motores de diferentes fábricas do país, utilizando a base de dados do software BD MOTOR. Os estudos constataram que os motores operam conforme a Figura 3.

Figura 3 - Fator de carregamento.



O fator de eficiência (FR), que é uma medida do desempenho dos motores elétricos em função do carregamento, dado pela relação entre a eficiência do motor com a carga correspondente ao fator de carregamento e a eficiência do motor em condições nominais, é apresentado abaixo.

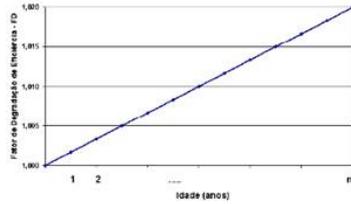
São apresentadas duas curvas: uma para motores de 1 a 10 cv e outra para motores com potências acima 10 cv, como indicam as figuras 5 e 6 (Cardoso, 2012).

Figura 4 - Fator de eficiência. Motores de 1 a 10 cv.

Figura 5 - Fator de eficiência. Motores > 10cv.

A partir de levantamentos de campo realizados por Bortoniet al. (2007) e estudos acadêmicos, como apresentado por Rise (1997), constatou-se que os motores elétricos podem perder até 2% de sua eficiência ao longo de sua vida útil. Isso ocorre devido ao regime operacional dos motores, com subseqüentes partidas e paradas, levando a grandes variações de temperatura e modificações das características magnéticas dos mesmos, desgastes mecânicos, manutenção e metodologia de reparo. A Figura 6 apresenta a degradação de desempenho de motores elétricos em função da idade.

Figura 6 - Fator médio de degradação de desempenho de motores elétricos.



Para o parque de motores atual, utilizamos como fator de degradação o valor de 1,020. Para motores novos, o valor utilizado foi de 1,000.

5.6 Quadro resumo das principais informações de entrada de dados

Apresenta-se abaixo o resumo dos principais parâmetros relativos ao parque e aos motores elétricos usados para a simulação do consumo e economia energéticos estimados ao longo tempo.

Tabela 10 - Principais parâmetros para entrada de dados.

Polos	Faixa	Potência representativa (Pot/cv)	Tempo de utilização (T) horas	Fator de Degradação (FD) motor reconicionado	Fator de Degradação (FD) motor novo	Fator de carregamento médio (FC)	Fator de eficiência (FE)	Rendimento médio atual	Rendimento médio Premium
2	1 a 10	5	800	1,02	1	55%	98,2%	79,3%	86,8%
	>10 a 40	25	1000	1,02	1	61%	99,2%	89,5%	91,4%
	>40 a 100	70	1200	1,02	1	70%	99,8%	91,3%	93,6%
	>100 a 250	175	2000	1,02	1	74%	99,9%	92,6%	95,3%
4	1 a 10	5	800	1,02	1	55%	98,2%	79,3%	87,2%
	>10 a 40	25	1000	1,02	1	61%	99,2%	89,5%	92,5%
	>40 a 100	70	1200	1,02	1	70%	99,8%	91,3%	94,4%
	>100 a 250	175	2000	1,02	1	74%	99,9%	92,6%	95,4%
6	1 a 10	5	800	1,02	1	55%	98,2%	79,3%	86,0%
	>10 a 40	25	1000	1,02	1	61%	99,2%	89,5%	91,8%
	>40 a 100	70	1200	1,02	1	70%	99,8%	91,3%	94,2%
	>100 a 250	175	2000	1,02	1	74%	99,9%	92,6%	95,3%
8	1 a 10	5	800	1,02	1	55%	98,2%	79,3%	84,3%
	>10 a 40	25	1000	1,02	1	61%	99,2%	89,5%	90,7%
	>40 a 100	70	1200	1,02	1	70%	99,8%	91,3%	93,1%
	>100 a 250	175	2000	1,02	1	74%	99,9%	92,6%	94,2%

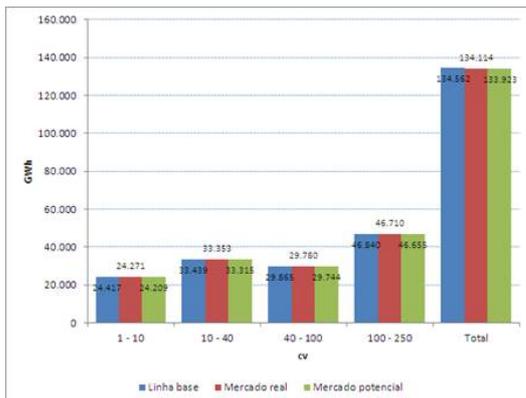
6. Resultados

A seguir são apresentados os resultados da modelagem proposta no item 4, destacando o parque de equipamentos, consumo, economia de energia e redução de emissões de gases do efeito estufa.

Aplicando a metodologia desenvolvida, estimou-se um total de 14,9 milhões de unidades de motores elétricos ao final de 2017, distribuídas em faixas de potência como mostrado na tabela 2.

A Figura 7 apresenta o consumo de energia, considerando os três cenários: linha de base, mercado real e mercado potencial. O consumo total estimado para o ano de 2017 foi de 134,11 TWh.

Figura 7 - Estimativa de consumo de energia para 2017.



Na situação de mercado real, a economia total de energia em 2017 foi estimada em 447 GWh em relação à linha de base. Na situação de mercado potencial, a economia total de energia seria de 639 GWh em relação à linha de base. O ganho potencial em relação ao mercado real

seria de 192 GWh.

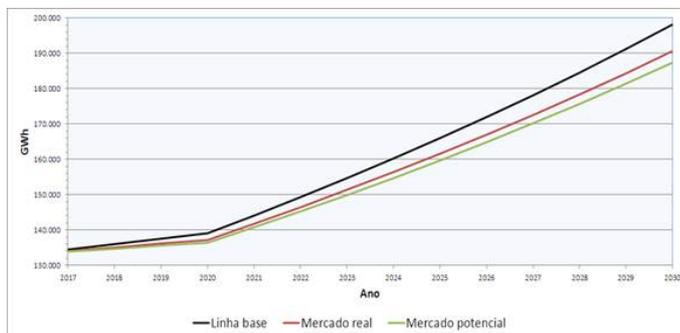
6.1 Consumo energético 2017 a 2030

A figura 10 apresenta o consumo de energia elétrica estimada, pela metodologia apresentada neste trabalho, no período de 2017 a 2030, para os três cenários analisados. Na linha de base, o consumo é aquele que seria observado caso os motores reconicionados prevalecessem totalmente sobre motores novos.

Na situação de mercado real, assumiu-se que a participação de motores reconicionados no mercado de venda de motores manteve-se em 65% ao longo do tempo.

Na situação de mercado potencial, assumiu-se que a participação dos motores reconicionados teve um recuo, de modo que motores novos e reconicionados participam, cada um, com 50% do mercado.

Figura 8 - Curva de consumo energético do parque de motores elétricos.



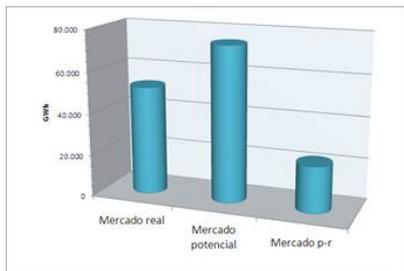
O consumo total de energia elétrica para o período de 2017 a 2030, na linha de base, é de 2.245 TWh. Considerando o mercado real, temos 2.192 TWh e para o mercado potencial, a estimativa de 2.170 TWh.

Esses números revelam o elevado consumo de energia elétrica e o potencial de economia de energia, quando consideramos o uso de máquinas mais eficientes no mercado.

6.2 Economia de energia

As economias de energia dos mercados real e potencial em relação à linha de base foram obtidas e são visualizadas na figura 9.

Figura 9 - Economia de energia elétrica.



Na situação de mercado real, a economia total de energia até 2030 foi estimada em 52.112 GWh. Na situação de mercado potencial, a economia total de energia seria de 74.438 GWh. Cabe destacar que quanto maior for a participação de motores novos no mercado, maior será a economia de energia, devido à maior eficiência dessas máquinas.

Podemos ainda relacionar as economias nos mercados real e potencial, estabelecendo o ganho de economia potencial em relação à economia real:

$$EE_{p-r} = EE_{potencial} - EE_{real} = 22.326 \text{ GWh}$$

A energia economizada no período de 2017 a 2030 equivale à mesma energia gerada por uma usina hidrelétrica, nesse mesmo período, conforme tabela 11. Para essa estimativa, levou-se em consideração um fator de capacidade de 56% e perdas no sistema elétrico de 15% (Resultados Procel 2017).

Tabela 11 - Energia economizada e usina equivalente.

Economia de energia	Usina equivalente (MW)
Economia p-r	382

Levando-se em consideração o custo marginal de expansão da geração de 193.000 R\$/GWh[1], podemos, também, expressar essa economia em termos de custos evitados, caso a participação de motores novos no mercado se eleve, por exemplo, dos atuais 35% para 50%.

a participação de motores novos no mercado se eleve, por exemplo, dos atuais 35% para 50%.

O custo evitado foi obtido pelo produto do CME (Custo Marginal de Expansão) pela economia de energia nos anos avaliados. Com isso, chegamos ao valor de 4,3 bilhões de reais evitados com o custo da expansão do sistema de geração de energia.

7. Análise de impactos.

7.1 Impacto econômico

Como vimos no item anterior, existe um grande potencial de economia de energia com a adoção de motores mais eficientes. Atualmente, cerca de 65% dos motores elétricos comercializados no mercado são motores reconicionados, ou seja, motores que se danificam e depois retornam novamente ao mercado.

A simples adoção de motores mais eficientes pode ter um grande impacto na economia de energia e nos custos evitados com a expansão do sistema elétrico. Nesse trabalho, supomos a elevação da participação de motores novos no mercado, dos atuais 35% para 50%. Ao longo de 14 anos (2017 a 2030), isso poderia evitar gastos da ordem de 4,3 bilhões de reais com investimentos na expansão do sistema elétrico.

Essa estimativa de economia de energia e de gastos com investimentos ocorre quando supomos uma elevação de 15% na participação de motores novos no mercado. A elevação da participação de motores novos pode ser alcançada por meio de campanhas informativas do governo acerca dos benefícios de se adquirir motores novos em detrimento de motores reconicionados, pois além dos benefícios econômicos e ambientais para o país, a própria indústria poderia se beneficiar, visto que o valor despendido na aquisição de motores novos e eficientes pode ser rapidamente recuperado.

Uma outra ferramenta seria a promoção mais efetiva de instrumentos de incentivo à substituição de motores elétricos, a exemplo de projetos que outrora foram lançados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).

7.2 Impacto ambiental

Para as estimativas dos impactos ambientais, em termos de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE), considerou-se a informação do MCT (2017) de que o setor elétrico emitiu, na média dos anos de 2007 a 2016, 0,06856 tCO₂/MWh como fator de emissão (FE) e a economia de 22.326 GWh de energia elétrica. Assim, chegou-se aos seguintes impactos ambientais positivos, indicados na Tabela 12.

Tabela 12 - Impactos ambientais acumulados de 2017 a 2030.

Economia (GWh)	Redução de emissões de GEE (tCO ₂)
22.326	1.530.670

O valor total de emissões de GEE de 1.530.670 tCO₂ economizados, equivalem as emissões de 3.188.895 barris de petróleo cru queimados, considerando que a queima de um barril de petróleo emita 0,48 tCO₂ (Cardoso 2012).

Por outro lado, a humanidade passou a consumir cerca de mil barris de petróleo por segundo (Cardoso 2012). Sendo assim, a economia de energia gerada pela maior participação de motores elétricos novos de alta eficiência no mercado brasileiro, evitaria as emissões de GEE por aproximadamente em 53 minutos na Terra com a queima de petróleo.

7.3 Impacto na fiscalização

A fiscalização de motores elétricos reconicionados no Brasil demandaria um grande esforço da Administração Pública Federal. Primeiramente, porque existe uma grande quantidade de empresas espalhadas pelo território brasileiro, cerca de 1.837 empresas numa abordagem conservadora (PUC-Rio 2014).

Segundo, devido à própria natureza do motor reconicionado, onde cada amostra é única, não seria possível realizar ações de controle pré e pós mercado, pois isso obrigaria o Inmetro a avaliar individualmente cada motor comercializado.

A vigilância necessária para coibir práticas inadequadas dessas empresas exigiria um volume considerável de recursos federais.

Por exemplo, suponhamos que cada uma das 1.837 empresas tivesse que receber, ao menos, uma ação de fiscalização ao ano. O Inmetro investe anualmente na fiscalização de todos os seus regulamentos cerca de R\$ 45 milhões. O custo médio estimado de uma ação fiscal do Inmetro é de R\$ 500,00. Então, o custo anual para fiscalizar todas as 1837 empresas seria de R\$ 918.500.

O Inmetro tem 200 regulamentos técnicos publicados, que se desdobram em mais de 470 diferentes produtos e serviços que precisam ser monitorados em todo o país. Se levarmos em consideração apenas o número de regulamentos, o custo médio da fiscalização de cada um deles é de R\$ 225.000. Esse valor pode ser considerado insuficiente, devido à quantidade de ações fiscais necessária para cobrir todo o território brasileiro e também à quantidade de objetos atrelados a cada regulamentação.

8. Outras considerações

O mecanismo de avaliação da conformidade mais conhecido no Brasil e também o mais utilizado pelo Inmetro, como ferramenta de apoio à regulamentação técnica na verificação do atendimento à requisitos técnicos pré-estabelecidos, é o mecanismo da certificação. Ele pode ser aplicado a produtos, processos, sistemas, pessoas ou organismos. De acordo com o Livro da Avaliação da Conformidade[1]:

"A Avaliação da Conformidade é um processo sistematizado, com regras pré-estabelecidas, devidamente acompanhado e avaliado, de forma a propiciar adequado grau de confiança de que um produto, processo ou serviço, ou ainda uma pessoa, atende a requisitos pré-estabelecidos em normas ou regulamentos, com o melhor custo benefício possível para a sociedade".

A Certificação baseia-se, entre outros, em procedimentos de amostragem do objeto a ser avaliado. Essas amostras podem ser obtidas, por exemplo, de um lote de produção ou de produtos retiradas aleatoriamente na fábrica e/ou no comércio.

Em função de sua própria natureza, o mecanismo de certificação não é adequado à avaliação da conformidade de motores reconicionados, pois não existem, nesse caso, os pressupostos de padronização e previsibilidade que permitam inferir, com base num universo estatístico, que toda uma população de motores elétricos reconicionados apresentará as mesmas características da amostra.

9. Recomendação

Em função das informações apresentadas neste estudo e com base na norma interna DOQ-DCONF-012, Anexo A, apresentam-se as seguintes alternativas de medidas regulatórias:

(1) Regulamentação Técnica baseada em desempenho: É a regulamentação que estabelece parâmetros de desempenho de um objeto, associados aos resultados ou objetivos pretendidos. É utilizada quando o objeto da regulamentação é um produto ou serviço e quando é possível

definir claramente os objetivos e parâmetros de desempenho, de modo a resolver o problema identificado. Pelos motivos expostos no presente estudo, acreditamos que esta não seja a melhor medida a ser adotada, face a dificuldade em se estabelecer parâmetros de desempenho que possam ser aplicados em processos de amostragem de motores reconicionados.

(2) Procedimento de Avaliação da Conformidade Voluntário: Consiste na definição pelo Inmetro da forma e dos critérios de avaliação da conformidade de requisitos de desempenho, processo ou característica do objeto, estabelecidos numa base normativa. É aplicado quando não há a necessidade de um regulamento técnico, compulsório, que obrigue determinada conduta nos agentes econômicos. Por este motivo, acreditamos também que esta não seria uma medida regulatória adequada para minimizar o problema.

(3) Regulamentação Técnica baseada em processo. Esta opção destina-se a estabelecer requisitos para processos produtivos de produtos ou serviços, nos quais estão presentes aspectos de sustentabilidade ambiental, podendo ser necessário realizar visitas/auditorias com fins de fiscalização do processo em que será possível aplicar penalidades caso sejam constatadas irregularidades.

A avaliação de serviços, no âmbito do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade (SBAC) é realizada por meio de Organismos de Inspeção Acreditados (OIA) pelo Inmetro. Conforme banco de dados de organismos acreditados do Inmetro, não há organismos específicos para avaliação de serviços de reparos em motores. Entretanto, existem atualmente 2 (dois) organismos com escopo acreditado para avaliação de Eficiência Energética em Edificações (OIA-EEE):

1. FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI;
2. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS – UFPEL.

Acreditamos que esta seja a medida regulatória mais adequada para o problema.

Medida Regulatória recomendada: (3) Regulamentação Técnica baseada em processo/avaliação do serviço de reconicionamento de motores elétricos.

Referências:

- [1] Cardoso R.B., Estudo dos impactos energéticos dos Programas Brasileiros de Etiquetagem Energética: Estudo de caso em refrigeradores de uma porta, condicionadores de ar e motores elétricos. Tese de Doutorado Apresentada à Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, 2012.
- [2] Cardoso R.B., Nogueira L.A.H, Bortoni E.C, Haddad J, Souza E.P. Avaliação da Economia de Energia, Atribuída às ações de Etiquetagem Energética, em Motores de Indução no Brasil. Revista Brasileira de Energia, Vol. 15, No. 1, 1o Sem. 2009, pp. 29-47.
- [3] Cardoso, R.B., Avaliação da Economia de Energia atribuída ao Programa Selo PROCEL em Freezers e Refrigeradores. Dissertação de Mestrado Apresentada à Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, Engenharia da Energia, Itajubá, 179 p, 2008.
- [4] GARCIA, A.G.P., Impacto da Lei de Eficiência Energética para Motores Elétricos no Potencial de Conservação de Energia na Indústria, Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ), 2003.
- [5] BRASIL. Decreto 4.508 de 11.dez.2002. Dispõe sobre a regulamentação específica que define os níveis mínimos de eficiência energética de motores elétricos trifásicos de indução rotor gaiola de esquilho, de fabricação nacional ou importados, para comercialização ou uso no Brasil, e dá outras providências. D.O.U., Brasília, DF, 12. dez.2002.
- [6] BRASIL, Lei No 10.295, Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências, Subsecretaria de Informações do Senado Federal, 17 de outubro de 2001.
- [7] BRASIL, Portaria Interministerial N° 553, de 8 de dezembro de 2005, Dispõe sobre o Programa de Metas para Motores Elétricos de Indução Trifásicos. D.O.U., Brasília, DF, 12 de dezembro de 2004.
- [8] Eletrobras. Estudo de Impacto de Regulamentação de Motor Premium. 2015. Disponível em <http://www.mme.gov.br/web/guest/consultas-publicas>.
- [9] Electric Motor Remanufacturing and Energy Savings.MITEI-1-c-2010, <http://web.mit.edu/ebm/www/Publications/MITEI-1-c-2010.pdf>.
- [10] Soares G.A. Motor Summit 08:Main Brazilian Industrial energy efficiencyActivities. Zurich, Switzerland –25-26 November 2008.
- [11] Ongaratto D.A.S, Martins G.M. Análise Técnico-Econômica da Aplicação de Motores Elétricos de Indução de Alto Rendimento em Substituição à Motores Standard. Curso de Pós-Graduação em Eficiência Energética. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).
- [12] Peixoto A.C. Análise dos Benefícios da Eficiência Energética para o Setor Elétrico Brasileiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2016.
- [13] Micerino F.J. Impacto da Utilização de Motores de Alto Rendimento e sua Aplicação no Leilão de Eficiência Energética. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade de São Paulo (USP), 2012.
- [14] Consumo Eficiente de Energia Elétrica: Uma Agenda para o Brasil. CEBDS, 2016.
- [15] Pesquisa Mercadológica sobre Motores Reconicionados: Uma proposta para o órgão regulador (PUC-Rio), 2014.

Sites pesquisados:

- www.mme.gov.br/
<http://www.ipeadata.gov.br/>

<http://www.epe.gov.br/>

<https://ben.epe.gov.br/>

<http://www.brasil.gov.br/>

ALEXSANDRO NOGUEIRA REIS

Pesquisador Executivo em Metrologia e Qualidade

INMETRO/DCONF/DIQRE

[1] <http://www.inmetro.gov.br/infotec/publicacoes/acpq.pdf>

[1] Nota Técnica EPE-DEE-RE-010/2016.

[1] Cardoso R.B., Estudo dos impactos energéticos dos Programas Brasileiros de Etiquetagem Energética: Estudo de caso em refrigeradores de uma porta, condicionadores de ar e motores elétricos. Tese de Doutorado Apresentada à Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, 2012.

[1] Ao se considerar essa hipótese, assume-se que a eficiência média do parque de motores não se altera ao longo do tempo, visto que os motores atualmente em uso seriam recuperados e retomariam à operação indefinidas vezes, o que manteria as características de eficiência do parque. Desconsideramos, para efeito de simplificação, as perdas de eficiência a cada processo de recondicionamento.

[1] Os motores elétricos tiveram um salto significativo em eficiência energética a cada década.

[1] $0,65 \cdot X = 1.829.652 \Rightarrow X = 1.829.652 / 0,65 \Rightarrow X = 2.814.849$

[2] <http://www.abraman.org.br/>

[1] Cardoso R.B., Nogueira L.A.H, Bortoni E.C, Haddad J, Souza E.P. Avaliação da Economia de Energia, Atribuída às ações de Etiquetagem Energética, em Motores de Indução no Brasil. Revista Brasileira de Energia, Vol. 15, No. 1, 1o Sem. 2009, pp. 29-47.

[1] É difícil se ter uma dimensão exata, no Brasil, do número de motores elétricos em operação. A ABINEE, associação que representar o setor, descontinuou a estatística de motores elétricos a partir de 2006.

[2] Motor Summit 2008: Main Brazilian Industrial energy efficiency Activities. Soares.

[3] <https://ben.epe.gov.br/>

[1] O objetivo proposto neste trabalho foi avaliar o efeito na economia de energia do parque de motores elétricos do país, quando consideramos uma maior parcela de motores novos, mais eficientes do que a média dos motores reconicionados, ingressando anualmente nas indústrias.

[2] A metodologia aqui apresentada baseou-se em metodologias utilizadas em outros trabalhos, citados nas referências bibliográficas deste documento.

[1] O objetivo proposto neste trabalho foi avaliar o efeito na economia de energia do parque de motores elétricos do país, quando consideramos uma maior parcela de motores novos, mais

eficientes do que a média dos motores reconicionados, ingressando anualmente nas indústrias.

[2] A metodologia aqui apresentada baseou-se em metodologias utilizadas em outros trabalhos, citados nas referências bibliográficas deste documento.

[1] As informações desse item foram retiradas da Pesquisa Mercadológica sobre Motores Elétricos Reconicionados.

2. Histórico no Inmetro
3. Descrição do Objeto
4. Definição do Problema
5. Regulamentação em outros países ou blocos econômicos
6. Definição de Opções
7. Análise de Impactos Positivos e Negativos
8. Conclusão e Recomendações
9. Referencias Bibliográficas

Rio de Janeiro, 10 de novembro de 2017.



DOCUMENTO ASSINADO ELETRONICAMENTE COM FUNDAMENTO NO
ART. 6º, § 1º, DO [DECRETO Nº 8.539, DE 8 DE OUTUBRO DE 2015](#) EM
27/03/2018, ÀS 16:31, CONFORME HORÁRIO OFICIAL DE BRASÍLIA, POR

ALEXSANDRO NOGUEIRA REIS

Pesquisador - Tecnologista em Metrologia e Qualidade

A autenticidade deste documento pode ser conferida no
site
https://sei.inmetro.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0,
informando o código verificador **0008545** e o código CRC
SECFAA90.

