



Rodrigo Santos Vieira

**Avaliação das perdas energéticas e caracterização
do mercado de revenda e de manutenção de
motores elétricos reconicionados no Brasil**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Metrologia (Área de concentração: Metrologia para Qualidade e Inovação) da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Rodrigo Flora Calili
Coorientador: Prof. Reinaldo Castro Souza

Rio de Janeiro
Maio de 2018



Rodrigo Santos Vieira

**Avaliação das perdas energéticas e caracterização
do mercado de revenda e de manutenção de
motores elétricos reconicionados no Brasil**

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Metrologia da PUC-Rio. Aprovada pela
Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Rodrigo Flora Calili

Orientador

Programa de Pós-Graduação em Metrologia - PUC-Rio

Prof. Reinaldo Castro Souza

Coorientador

Departamento de Engenharia Elétrica - PUC-Rio

Prof. Carlos Aparecido Ferreira

Eletrobras / Procel

Epifanio Mamani Ticona

Instituto de Energia da PUC-Rio

Prof. Carlos Roberto Hall Barbosa

Programa de Pós-Graduação em Metrologia - PUC-Rio

Prof. Márcio da Silveira Carvalho

Coordenador Setorial de Pós-Graduação do

Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 08 de maio de 2017

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Rodrigo Santos Vieira

Formado em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Atualmente Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Metrologia pela PUC Rio.

Ficha Catalográfica

Vieira, Rodrigo Santos

Avaliação das perdas energéticas e caracterização do mercado de revenda e de manutenção de motores elétricos reconicionados no Brasil / Rodrigo Santos Vieira; orientador: Rodrigo Flora Calili; co-orientador: Reinaldo Castro Souza. – 2018.
195 f. : il. color. ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Centro Técnico Científico, Programa de Pós-Graduação em Metrologia para a Qualidade e Inovação, 2018.

Inclui bibliografia

1. Metrologia – Teses. 2. Metrologia. 3. Reconicionamento de motores. 4. Eficiência energética. 5. Motores de indução. 6. Motores trifásicos. I. Calili, Rodrigo Flora. II. Souza, Reinaldo Castro. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Centro Técnico Científico. Programa de Pós-Graduação em Metrologia para a Qualidade e Inovação. IV. Título.

CDD: 389.1

Deus, sem você não sou nada!
Obrigado por me conduzir até aqui.

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador Prof. Rodrigo Calili, que ao longo desses dois anos não só está me formando como mestre em Metrologia, pois com sua imensa generosidade, também me formou um profissional, um pesquisador e me deu oportunidades de crescimento em que poucos se importariam. A você serei eternamente grato.

Agradeço imensamente aos meus professores, ao meu co-orientador Reinaldo Castro e a toda a equipe do Pós-MQI pela fantástica convivência e por tudo que me ensinaram.

Agradeço à PUC-Rio como um todo, pela bolsa de estudo, acreditando nos meus sonhos e possibilitando minha formação como engenheiro eletricitista e mestre em metrologia.

Agradeço à Capes pela bolsa de estudos, e ao Instituto Brasileiro do Cobre (Procobre - ICA) por patrocinar e viabilizar o desenvolvimento do meu projeto de mestrado.

Agradeço imensamente aos meus pais Maria Ivonilda e Pedro José, por serem a minha base, a minha fortaleza. Por me apoiarem e sempre estimularem meu crescimento. Amo vocês de todo coração.

Ao amor da minha vida Glaucia Teixeira, agradeço de coração por todo carinho oferecido, mesmo diante de minhas faltas. Sou muito grato por me apoiar imensamente em toda jornada deste meu mestrado.

Aos meus sogros Virginia e Anivaldo, por me apoiarem e ajudarem. À minha segunda família, muito obrigado.

Agradeço muito a todos os professores que tive em minha vida. Só cheguei a esta fase pelo apoio, dedicação e amor em seus conhecimentos.

Aos meus colegas, especialmente a minha amiga Camila Schuina por formarmos uma equipe forte nos estudos e nas provas.

Aos membros do Grupo de Trabalho de Motores do Ministério de Minas e Energia e a Banca Examinadora pelas valiosas contribuições para melhoria do texto final desta dissertação.

Resumo

Vieira, Rodrigo Santos; Calili, Rodrigo Flora (Orientador); Souza, Reinaldo Castro (Co-orientador). **Avaliação das perdas energéticas e caracterização do mercado de revenda e de manutenção de motores elétricos reconicionados no Brasil**. Rio de Janeiro, 2018. 195p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Metrologia (área de concentração: Metrologia para Qualidade e Inovação), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Os motores elétricos no Brasil são responsáveis pelo consumo de cerca de 25 % de toda a energia elétrica no país e, em sua grande parte, estão presentes na indústria. Estes equipamentos são fabricados para uso em bombas hidráulicas, compressores de ar, elevadores etc., podendo ser comercializados se atenderem aos índices de eficiência mínimos definidos pela Portaria INMETRO/MDIC N488/2010, garantindo o seu perfeito funcionamento e o consumo energético adequado. Contudo, alguns estabelecimentos estão comercializando produtos usados reconicionados, não atendendo à regulamentação desta Portaria, além de reformarem motores sem condições de uso. O objetivo desta dissertação é dimensionar e caracterizar o mercado de revenda e manutenção de motores elétricos de indução reconicionados no Brasil, estimando a perda de energia decorrente do reconicionamento incorreto. A metodologia do trabalho pode ser dividida em cinco etapas: estudo do estado da arte de reconicionamento de motores; quantificação de empresas e funcionários por meio de consultas às bases de dados governamentais; pesquisa de campo em amostras de empresas que fazem reconicionamento; extrapolação do estudo conduzido nas amostras para a população de empresas pesquisadas durante a pesquisa de campo; comparação dos resultados com estudos anteriores e dimensionamento das perdas elétricas do Brasil. Como resultado foi caracterizado e dimensionado o mercado de motores reconicionados, contendo: 6 503 empresas; 24,4 mil funcionários; 45 % das empresas realizando revenda de reconicionados; 6,9 milhões de motores reconicionados por ano, totalizando 7,46 % de perda, equivalentes a 2,9 TW h. Além disso, dos 20 milhões de motores existentes no Brasil em 2016 há uma perda de 8,4 TW h por uso de motores reconicionados e um grande aumento da venda de motores importados de baixa qualidade. Foram, assim, atingidos todos os objetivos propostos nesta pesquisa, sendo identificadas as novas tendências do mercado de motores brasileiro e gerando subsídios para o desenvolvimento de novas políticas de eficiência energética no país.

Palavras-chave

Metrologia; reconicionamento de motores; eficiência energética; motores de indução; motores trifásicos.

Abstract

Vieira, Rodrigo Santos; Calili, Rodrigo Flora (Advisor); Souza, Reinaldo Castro (Co-Advisor). **Assessment of energy losses and characterization of the resale and maintenance market of refurbished electric motors in Brazil.** Rio de Janeiro, 2017. 195p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Metrologia (área de concentração: Metrologia para Qualidade e Inovação), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Electric motors in Brazil are responsible for the consumption of about 25 % of all electricity in the country and, being mostly presented in the industry. These equipments are manufactured for being used in hydraulic pumps, air compressors, elevators, etc., and can be commercialized in compliance with the energy efficiency levels defined by INMETRO/MDIC Ordinance N488/2010, ensuring adequate energy consumption. However, some establishments are commercializing refurbished motors, not complying with the regulation considered by the Ordinance, including reforming motors without a minimum condition of use. The aim of this dissertation is to evaluate the Brazilian market of refurbished motors, including resale market and maintenance market, estimating the energy losses due to incorrect reconditioning. The methodology of the work can be divided in five steps: state of the art of refurbished motors; quantifying companies and employees by querying the database come from the government; survey on samples of companies that are doing the refurbishing service; extrapolation of the study conducted in the surveyed samples of companies to the population of companies; comparison of results with previous studies and estimating of energy losses in Brazil. As a result, the market for refurbished motors was characterized and dimensioned, containing: 6 503 companies; 24 400 employees; 45 % of companies performing resale of refurbished motors; 6.9 million motors being refurbished per year, totaling 7.46 % of energy losses, equivalent to 2.9 TW h. In addition, of the 20 million motors remaining in Brazil in 2016, there is a loss of 8.4 TW h per use of refurbished motors, and a large increase of the sale of low quality imported motors. Thus, all the proposed objectives in this dissertation were achieved, having been identified the new trends in the Brazilian electric motor market and generating subsidies for energy efficiency policies in the country.

Keywords

Metrology; refurbishment motors; energy efficiency; induction motors; repair; three-phase motors.

Sumário

1 Introdução	22
1.1 Definição do problema de pesquisa	27
1.2 Objetivos: geral e específicos	29
1.3 Motivação	30
1.4 Metodologia	31
1.4.1 Fase exploratória	32
1.4.2 Fase aplicada	34
1.4.3 Fase conclusiva	35
1.5 Estrutura da dissertação	37
2 Revisão da literatura sobre motores elétricos	39
2.1 Componentes dos motores elétricos	39
2.2 O rendimento e as equações de máquinas elétricas	44
2.2.1 Perdas em motores elétricos	47
2.2.2 Falha em motores elétricos	52
2.2.3 Estudos empíricos sobre o rendimento médio dos motores	54
2.3 Processo de recondicionamento de motores elétricos	58
2.3.1 Inspeção inicial e documentação	59
2.3.2 Desmontagem para retirada das tampas e rotor	60
2.3.3 Documentação final e finalização da identificação do defeito do motor	60
2.3.4 Retirada das bobinas	61
2.3.5 Limpeza do núcleo e parte externa	62
2.3.6 Rebobinamento do motor	62
2.3.7 Envernizamento	64
2.3.8 Reparos mecânicos	64
2.3.9 Pintura	65
2.3.10 Fechamento e testes	65

2.4	Motores elétricos no Brasil	66
2.5	Considerações sobre o capítulo	70
3	Metodologia de trabalho	72
3.1	Etapa 1 - Dimensionamento e estatística descritiva de empresas de recondicionamento no Brasil	73
3.1.1	Delimitação do perfil de empresa	74
3.1.2	Delimitação dos itens relevantes para confecção de estatística descritiva	79
3.2	Etapa 2 - Pesquisa de campo	81
3.2.1	Parte 1 – Coleta inicial de dados e confecção do roteiro da pesquisa qualitativa	82
3.2.2	Parte 2 – Seleção da amostra da pesquisa em profundidade	84
3.3	Etapa 3 - Dimensionamento e caracterização do mercado de motores reconicionados	86
3.3.1	Perdas diretas do motor	89
3.3.2	Fatores potencializadores das perdas	102
3.3.3	Perdas por repetição de recondicionamento	106
3.3.4	Idade, carga e potência média	108
3.3.5	Perda média por empresa e tipo de empresa	113
3.3.6	Cenários	115
3.3.7	Cálculo da perda total	116
3.4	Considerações sobre o capítulo	121
4	Resultados	124
4.1	Etapa 1 - Dimensionamento do mercado de venda e serviço de motores reconicionados no Brasil	124
4.1.1	Resultados estatísticos do RAIS sobre os estabelecimentos	126
4.1.2	Resultados estatísticos do RAIS sobre os funcionários	129
4.1.3	Banco de dados da ABINEE	134
4.1.4	Banco de dados do IBGE	137
4.2	Etapa 2 – Pesquisa de campo	142

4.2.1	Tipo de serviço prestado	143
4.2.2	Tipos de motores reconicionados	144
4.2.3	Limites de potência e idade dos motores	144
4.2.4	Percepção do mercado	145
4.2.5	Soluções para crise	147
4.2.6	Motores importados	147
4.2.7	Enrolamento de alumínio	149
4.2.8	Qualidade dos motores nacionais	151
4.2.9	Insumos e equipamentos utilizados	151
4.2.10	Processo de retirada da bobina	153
4.2.11	Tempo de garantia e tempo de entrega	154
4.2.12	Treinamento da equipe	155
4.2.13	Credenciamento	156
4.2.14	Eficiência energética	158
4.3	Etapa 3 – Dimensionamento e caracterização do mercado de motores reconicionados	159
4.3.1	Estimativa dos fatores potencializadores de perda	159
4.3.2	Perda direta	161
4.3.3	Perda por repetição do reconicionamento e perda total	162
4.3.4	Rendimentos finais	164
4.3.5	Resultados gerais por tipo de empresa	166
4.3.6	Resultados gerais, <i>market share</i> e motores no Brasil	167
4.4	Comparativo dos resultados com estudo de 2013	176
4.5	Discussão dos resultados do capítulo	178
5	Conclusões e recomendações	180
5.1	Considerações finais	180
5.2	Recomendações	182
5.2.1	Indústrias de Motores	182
5.2.2	Empresas de reconicionamento	182
5.2.3	Governo	183
5.2.4	Clientes	183
5.3	Sugestões de trabalhos futuros	184

6 Referências bibliográficas	185
Apêndice: Determinação da Qualidade das empresas	189
Anexo: Formulário da pesquisa de campo	190

Lista de figuras

Figura 1.1. Desenho da pesquisa, seus componentes e métodos.	32
Figura 1.2. Mapa Conceitual da Pesquisa.	36
Figura 2.1. Estator de um motor trifásico de indução.	40
Figura 2.2. Rotor de um motor trifásico de indução.	40
Figura 2.3. Campo magnético girante de um motor trifásico 2 polos.	41
Figura 2.4. Condutores curto-circuitados internos do rotor e corrente induzida	42
Figura 2.5. Demonstração de uma das fases dos motores trifásicos de indução de 2, 4 e 6 polos.	42
Figura 2.6. Interior de um motor e seus componentes.	43
Figura 2.7. (a) Triângulo de Potência e (b) defasagem angular entre Tensão e Corrente.	45
Figura 2.8. Perdas percentuais em motor elétrico até 15 kW, segundo seu percentual de carregamento.	51
Figura 2.9. Enrolamento tipo concêntrico de um motor de 2 polos	63
Figura 2.10. Enrolamento tipo imbricado camada dupla para motor de 2 polos	63
Figura 2.11. Projeção do número de motores trifásicos vendidos por ano no Brasil via regressão linear	67
Figura 2.12. Gráfico de número de motores trifásicos existentes no Brasil por ano e regressão linear	69
Figura 3.1. Metodologia geral da pesquisa	73
Figura 3.2. Divisão do código CNAE.	75
Figura 3.3. Exemplo com 3 Atividades dentro do código CNAE 33.13-9/01.	76
Figura 3.4. Exemplo de seleção de critério de pesquisa utilizando o programa do MTE. Em vermelho foram selecionados para tabela resposta as linhas com os códigos CNAE, em azul as colunas com as regiões do país e em Verde os resultados de frequência de empresas	80
Figura 3.5. Exemplo de resultado com um recorte do que é gerado pelo programa do MTE. Em vermelho as linhas com os códigos CNAE, em azul as colunas com as regiões do país e em Verde os resultados de quantidade de empresas encontradas	80

Figura 3.6. Página inicial de consulta ao banco de dados da RAIS, onde: (1) resultados consolidados por empresa; e (2) resultados consolidados por vínculos empregatícios.	81
Figura 3.7 Método expandido para o dimensionamento e caracterização do mercado de recondicionamento de energia	88
Figura 3.8. Parâmetros dimensionais do núcleo do motor. L = largura do núcleo, ps=profundidade do slot e Di = diâmetro interno	91
Figura 3.9 – Ligações das bobinas de uma fase para motor de 4 polos com construção 36-04-08/3	94
Figura 3.10. Histograma com quartis classificando a qualidade das empresas	106
Figura 3.11. Gráfico de Rendimento por idade do motor e regressão linear	109
Figura 3.12. Gráfico de rendimento normalizado pela média por potência do motor e regressão logarítmica	110
Figura 3.13 – Gráfico de rendimento normalizado pelo valor médio por carga aplicada ao motor e regressão quadrática.	112
Figura 3.14. Árvore de decisão para criação de cenários, com nós: (A) Rendimento;	115
Figura 4.1. Distribuição de Empresas por unidade federativa	128
Figura 4.2. Distribuição de Empresas por região no Brasil	128
Figura 4.3. Quantidade de empresas para cada grupo de funcionários	129
Figura 4.4. Sexo dos trabalhadores (proporção)	130
Figura 4.5. Proporção da quantidade de funcionários por faixa de idade (anos)	131
Figura 4.6. Proporção da quantidade de funcionários por faixa salarial	132
Figura 4.7. Escolaridade dos funcionários (proporção)	133
Figura 4.8. Distribuição geográfica das empresas credenciadas	136
Figura 4.9. Tipo de motores que são rebobinados pelas empresas	144
Figura 4.10. Idades máximas que as empresas aceitam recondicionar	145
Figura 4.11. Potência dos motores trifásicos trabalhados pelas empresas	145
Figura 4.12. Percepção de mudança no mercado de recondicionamento de motores nos anos de 2014 a 2017	146
Figura 4.13. Percepção da presença de motores importados	148
Figura 4.14. Percentual de empresas que usam cobre ou alumínio para realizar o recondicionamento de motores	150

Figura 4.15. Uso de estufa para secagem do motor durante os procedimentos de limpeza, envernização e pintura	152
Figura 4.16. Percentual de empresas que informaram que possuíam impregnadora a vácuo	152
Figura 4.17. Percentual de empresas que usam aquecimento indevido na retirada da bobina.	153
Figura 4.18. Gráfico acumulativo mostrando o percentual de empresas distribuído pelo tempo de garantia.	154
Figura 4.19. Percentual de empresas que realizam treinamentos externos de seus funcionários	156
Figura 4.20. Percentual de Credenciamento	157
Figura 4.21 <i>Market share</i> da venda de motores de 2016	176

Lista de tabelas

Tabela 2.1. Distribuição de perdas nominais em um motor elétrico.	52
Tabela 2.2. Perdas nominais utilizadas neste trabalho.	52
Tabela 2.3. Resultado do estudo sobre o rendimento após recondicionamento no Reino Unido	55
Tabela 2.5. Rendimentos do estudo de Bortoni et al (2007), do Decreto nº 4.508/2002 e da Portaria Interministerial nº1/2017.	57
Tabela 2.6. Perdas percentuais entre o estudo de Bortoni <i>et al</i> (2007) e o Decreto nº 4.508/2002 e Portaria Interministerial nº1/2017.	57
Tabela 2.7. Histórico de venda de motores trifásicos de 1990 a 2006	66
Tabela 2.8. Extrapolação via regressão linear das vendas de motores trifásicos do ano de 2007 a 2018	67
Tabela 2.9. Número de vendas de motores elétricos e distribuição percentual dentro de grupos de potencias de motores encontrados no mercado.	68
Tabela 2.10. Número de motores em funcionamento no Brasil dos anos de 2003 a 2015	68
Tabela 2.11. Extrapolação via regressão linear dos motores existentes trifásicos do ano de 2016 a 2018	69
Tabela 3.1 Códigos CNAE selecionados	77
Tabela 3.2. Cenários de pesquisa a serem considerados na pesquisa na base da RAIS	78
Tabela 3.3. Distribuição das empresas de recondicionamento de motores por região	85
Tabela 3.4. Ranking dos 10 estados com maior número de empresas recondicionadoras de motores	85
Tabela 3.5. Amostras de empresas por região	86
Tabela 3.6. Resumo de <i>datasheet</i> de motor 10CV <i>premium</i> da WEG	90
Tabela 3.7. Perdas nominais da literatura para o motor de 10CV escolhido	91
Tabela 3.8. Simulação de rebobinamento de motor 10 CV 4polos	92
Tabela 3.9. Parâmetros considerados para material do núcleo do motor elétrico	96
Tabela 3.10. Aumento de perda de núcleo por uso de alumínio no enrolamento	100
Tabela 3.11. Rendimento médio dos motores por idade	108
Tabela 3.12. Rendimento por idade para motores elétricos	110

Tabela 3.13. Rendimento por carga para motores elétricos	111
Tabela 3.14 - Rendimento por carga normalizado para motores elétricos	111
Tabela 3.15 – Rendimento médio normalizado pela carga do motor	111
Tabela 3.16. Valores das variáveis para os cenários de maior, média e menor perda	116
Tabela 4.1. Resultados absolutos totais no Brasil por grupo de códigos CNAE	125
Tabela 4.2. Resultados após aplicação aos índices de atividades	125
Tabela 4.3. Resultados do número de empresas por cenário	126
Tabela 4.4. Quantidade percentual de empresas por UF	127
Tabela 4.5. Quantidade de empresas para cada grupo de funcionários	129
Tabela 4.6. Sexo dos trabalhadores	130
Tabela 4.7. Quantidade de funcionários por faixa de idade (anos)	131
Tabela 4.8. Quantidade funcionários por faixa salarial.	132
Tabela 4.9. Escolaridade dos funcionários	133
Tabela 4.10. Quantidade de empresas credenciadas pelo banco de dados da ABINEE	134
Tabela 4.11. Distribuição geográfica das empresas credenciadas	135
Tabela 4.12. Distribuição geográfica por empresa credenciada e por região	136
Tabela 4.13. Comparação de quantidade de empresas entre IBGE e RAIS	139
Tabela 4.14. Comparação de quantidade de funcionários entre IBGE e RAIS	140
Tabela 4.15. Comparação de salário mensal dos funcionários entre IBGE e RAIS (CNAE Classe)	141
Tabela 4.16. Comparação de salário mensal dos funcionários entre IBGE e RAIS (CNAE Subclasse com 93 % da população)	142
Tabela 4.17. Quantidade de empresas pesquisadas por porte	143
Tabela 4.18. Mostra de quantidade de empresas que realizam os serviços destacados	143
Tabela 4.19. Percepção de mudança no mercado de recondicionamento de motores nos anos de 2014 a 2017 por tipo de empresa	146
Tabela 4.20. Percentual de empresas que realizam recondicionamento de motores	148
Tabela 4.21. Percentual de empresas que realizam recondicionamento de motores distribuídos nos estados pesquisados	149
Tabela 4.22. Percentual de empresas que usam cobre ou alumínio para realizar o recondicionamento de motores distribuídos por tipo de empresa	150

Tabela 4.23. Localização e porte das empresas que utilizam alumínio para o recondicionamento de motores	150
Tabela 4.24. Percepção de queda alteração da qualidade dos motores nacionais	151
Tabela 4.25. Percentual de empresas que informaram usar peças originais por tipo de empresa	153
Tabela 4.26. Percentual de empresas que retiram a bobina com fogo e com talhadeira por tipo	154
Tabela 4.27. Detalhamento do nível de formação dos profissionais das empresas	155
Tabela 4.28. Detalhamento sobre as empresas que não são credenciadas	157
Tabela 4.29. Empresas credenciadas por tipo	158
Tabela 4.30. Lista das empresas, notas de qualidade e classificação e as perdas por fator potencializador de perda de rendimento no cenário médio	160
Tabela 4.31. Calibração do sistema de notas de qualidade	161
Tabela 4.32. Percentual de empresas classificadas por tipo e qualidade	161
Tabela 4.33. Lista das empresas com elementos dados de variáveis que calculam a perda direta de rendimento, por cenário de perda média	162
Tabela 4.34. Perda direta, perda por fator potencializador, perda por repetição e perda total por empresa, por cenário de perda média	163
Tabela 4.35. Valores de potência e idade médios, utilizados para encontrar o rendimento atual, de fábrica e <i>premium</i> por empresa, por cenário de perda média	165
Tabela 4.36. Resultados dos rendimentos agrupando por tipo de empresa, no cenário de perda média	166
Tabela 4.37. Resultados dos rendimentos e acréscimo de energia, agrupando por tipo de empresa para o cenário de perda média	168
Tabela 4.38. Distribuição dos motores no Brasil segundo venda de motores novos recondicionamento e motores existentes em 2016	170
Tabela 4.39. Potência dos motores disponíveis no mercado e média de potência por grupo selecionado	171
Tabela 4.40. Potência média dos motores novos	171
Tabela 4.41. Potência Média dos motores existentes no Brasil, por cenário	172
Tabela 4.42. Cálculo de perdas para o cenário médio, analisando somente os motores reconicionados no ano de 2016, para o cenário médio	173
Tabela 4.43. Custos de expansão equivalentes ao excesso de energia por conta da defasagem do rendimento que foram reconicionados em 2016, para o cenário médio	173

Tabela 4.44. Cálculo de perdas para o cenário médio, analisando todos os motores brasileiros no ano de 2016, para o cenário médio	174
Tabela 4.45. Custos de expansão equivalentes ao excesso de energia por conta da defasagem do rendimento dos motores nacionais em 2016, para o cenário médio	174
Tabela 4.46. Custos de expansão equivalentes e perdas de energia para os cenários de menor, médio e maior consumo em 2016	175

Lista de quadros

Quadro 3.1. Os 5S da qualidade total e seus significados	103
Quadro 3.2. Indicadores escolhidos na pesquisa que avaliam a Qualidade Total	104
Quadro 4.1. Dividindo o CNAE em Classe e Subclasse	138

Lista de Abreviaturas e Símbolos

5S	Conceito de Qualidade Total baseado em 5 palavras Japonesas;
ABINEE	Associação Brasileira das Indústrias Elétricas e Eletrônicas;
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas;
AEEs	Ações de Eficiência Energética;
AEMT	Association of Electrical and Mechanical Trades;
AWG	<i>American Wire Gauge</i> - unidade de medida de seção transversal de condutores de energia elétrica;
BEN	Balanço Energético Nacional;
BQ	Motores Importados de baixa Qualidade;
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas;
CNI	Confederação Nacional da Indústria;
CREA-RJ	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio de Janeiro;
CV	Cavalo Vapor (unidade americana);
EASA	Electrical Apparatus Service Association Inc.;
EPE	Empresa de Pesquisa Energética;
EVO	<i>Efficiency Valuation Organization</i> ;
HP	Cavalo Vapor (unidade inglesa);
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
iNDC	Contribuição Nacionalmente Determinada;
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia;
MME	Ministério de Minas e Energia;
MTE	Ministério do Trabalho e do Emprego;
PIB	Produto Interno Bruto;
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica;
PUC-Rio	Pontifícia Universidade Católica;
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais;

SIN	Sistema Interligado Nacional;
tCO ₂	Toneladas de dióxido de carbono;
WEG	Fabricante brasileiro de motores elétricos;
G	Unidade de medida para campo magnético – Gauss;
Mx	Unidade de medida Maxwell (Mx) que é igual a 1 G cm^2 ou 10^{-8} Wb ;
η	Rendimento de um motor elétrico;
P_{mec}	Potência mecânica fornecido pelo motor à carga;
P_{ele}	Potência elétrica necessária para que o motor forneça potência mecânica a carga;
$Perda_{talh}$	Perda no núcleo do motor causado pelo uso de talhadeira na retirada da bobina;
$Perda_{fogo}$	Perda no núcleo do motor causado pelo aquecimento indevido diretamente no núcleo para a retirada da bobina;
$Perda_{alum}$	Perda no estator do motor causado pela troca de material condutor da bobina sem realizar o reajuste necessário da seção transversal do condutor;
$Perda_{rolam}$	Perda mecânica do motor causada pelo uso de rolamentos genéricos na manutenção do motor;
$\delta_{Capital,porte}$	Índice de diminuição de número de equipamentos reconicionados para equiparar número de vendas de oficinas localizadas no interior dos estados com os das capitais;
$TotalMotREC$	Total de motores reconicionados;
$TotalMotores_{país}$	Total de motores no parque de motores em um país;
$AddPotência$	Percentual de desperdício de energia pelo uso de motores mau reconicionados em um país;
$Qualidade_{Emp}$	Nota de Qualidade atribuída a uma empresa;
$MotRec_{porte,mês}$	Média de motores reconicionados por mês, considerando todos motores reconicionados pelas empresas que possuem o mesmo porte, tamanho;
F_{PP}	Fator potencializador das perdas calculado segundo a qualidade da empresa e conceitos do 5S.

1 Introdução

Estudos apontam que o aumento dos gases de efeito estufa na atmosfera é o principal responsável pelo aquecimento global, fenômeno que causa distúrbios climáticos (Nejat *et al.*, 2015). O aumento da emissão desses gases provém dos produtos do progresso da tecnologia humana. Fábricas, carros, geração de energia, pecuária, entre outros, são os principais emissores gases de efeito estufa.

No Brasil, no ano de 2016, foram emitidas para a atmosfera cerca de 52,7 milhões de toneladas de CO₂ equivalente¹ somente com o consumo de energia elétrica. Segundo o Balanço Energético Nacional de 2017 (EPE, 2017), ano base 2016, o consumo de energia elétrica foi de aproximadamente 520030 GW h com um custo aproximado de R\$ 281,3 bilhões ao povo brasileiro².

A preocupação com as mudanças climáticas é tamanha que eventos como a COP 21 foram realizados pela ONU com países signatários, para firmar um compromisso conjunto de redução de gases de efeito estufa e limitar o aumento de temperatura média global em até 2 °C em comparação a níveis pré-industriais. Com isso, esses países firmaram compromissos com o futuro climático apresentando os documentos de Contribuição Nacionalmente Determinada (*intended Nationally Determined Contribution - iNDC*) na COP 21 (Brasil, 2015). Desta forma, em seu *iNDC*, o Brasil se comprometeu em reduzir suas emissões de gases de efeito estufa em 37 % entre 2005 e 2025, chegando a 43 % em 2030. Nele há o comprometimento de 2030 o país ter uma matriz energética elétrica com no mínimo 45 % de energias renováveis, principalmente de fontes não hídricas como eólica, biomassa e solar, além de estimular o aumento das fontes não convencionais como as domésticas. E almeja alcançar no mínimo um ganho de 10 % de eficiência

¹ Utilizou-se o fator de emissões de 101,3 kgCO₂/MW h informado pelo relatório síntese do Balanço Energético Nacional (BEN) de 2016 (EPE, 2017) para geração de energia elétrica.

² Utilizou-se a tarifa média anual de 155 US\$/MW h, informada pelo BEN de 2017 (EPE, 2017), com impostos, cobrada para o setor industrial. O valor convertido para reais é de 540,95 R\$/MW h utilizando a taxa média anual cambial de 3,49 R\$/US\$ no ano de 2016, conforme orientações do próprio BEN. Esta taxa foi extraída da série histórica de taxa de câmbio armazenada pelo IPEA. < <http://ipeadata.gov.br/ExibeSerie.aspx?serid=38389> > Acesso em: 07 fev 2018.

energética, estimulando principalmente o setor industrial a readequar seus processos (Brasil, 2015).

Portanto, para diminuir a emissão dos gases de efeito estufa e não parar o desenvolvimento do país, pode-se adotar alternativas para aumentar a disponibilidade de energia, como: (1) construir geradores de energia alternativos e renováveis, como os geradores eólicos ou fotovoltaicos; ou (2) diminuir a necessidade da demanda atual, aplicando o gerenciamento pelo lado da demanda (GLD) associada à melhoria da eficiência energética.

Para entender melhor como se dá a eficiência energética, primeiramente é necessário contextualizá-la. Segundo a ISO 50001, eficiência energética é a razão ou outra relação quantitativa entre uma saída de desempenho, serviços, produtos ou energia e uma entrada de energia (ABNT, 2011). Comumente, quando mencionado nos meios acadêmicos e profissionais, a eficiência energética tem como essência gerenciar, reduzir e tornar mais eficiente o consumo de energia pelos consumidores, melhorando a relação entre saída e entrada de energia.

Em adição, o Protocolo de Medição e Verificação de Performance (EVO, 2012) define que Ações de Eficiência Energética (AEE) são quaisquer atividades ou conjunto de atividades que aumentam a eficiência energética de uma instalação, sistema ou equipamento. Podem ser, também, ações que conservam energia sem mudar a eficiência do equipamento (EVO, 2012) e que retornem ao consumidor economia de energia e monetária.

No Brasil, o principal responsável pelo consumo de energia elétrica é o setor Industrial, com 37,6 % do total usado no país (EPE, 2017). Analisando a distribuição de consumo de energia elétrica dentro da indústria, nota-se que 68,3 % da energia é consumida por um único sistema, o de força motriz (ELETROBRAS e PROCEL, 2008). Ou seja, em 2016, cerca de 25,7 % de energia do país foram consumidos por motores industriais³. Mas, nesse número ainda não estão incluídos os motores dentro das residências e comércios, por serem mais difíceis de

³ Motores elétricos são transdutores de energia, ou seja, convertem energia elétrica em energia mecânica, fazendo que o consumo de energia seja realizado pela carga ligada mecanicamente ao motor e não pelo motor propriamente dito. Assim, consumo energético do motor é somente referente as perdas energéticas na transformação das energias. Todavia, nesse trabalho, para facilitar o entendimento, está sendo considerado o motor elétrico como um elemento consumidor de energia, somando o consumo de perda na transformação com o consumo da carga.

contabilizar devido a sua dispersão, não havendo, assim, estudos que proporcionem essa quantidade.

Desta forma, o sistema motriz elétrico é o principal sistema consumidor de energia e, quando se observa em 2016 somente a indústria, foram emitidos 14,6 milhões de toneladas de CO₂ equivalente. Esse número pode aumentar devido ao aumento esperado do consumo industrial a uma taxa de 3,21 % ao ano, chegando a 32,9 % de acréscimo quando comparado o esperado em 2025 com o ano de 2016 (EPE, 2016).

Na eficiência energética para a indústria é importante destacar os benefícios de sua aplicação. O relatório Eficiência Energética na Indústria elaborado pelo CNI, ELETROBRÁS e PROCEL em 2009 relata que empresas que investem em eficiência energética podem economizar recursos, ganhar competitividade e amenizar a pressão quando há a necessidade de aumentar a oferta de energia. Com isso, pode-se liberar recursos para outras prioridades, sem perda de qualidade, e de segurança no abastecimento e pode-se obter ganhos sociais e ambientais (CNI, PROCEL e ELETROBRAS, 2009).

Adicionalmente, comparando a construção de uma nova usina de energia elétrica com as ações de eficiência energética, construir uma nova usina pode custar mais caro, além de ser lento o seu processo construtivo. Ainda que sejam construídas diversas usinas ao mesmo tempo, não se compara ao número de ações de eficiência energética em paralelo que podem ser realizadas. Com a AEE é disponibilizada energia excedente para melhoria de planejamento energético; para construção de novos empreendimentos sem que seja necessário investimentos no setor de geração e transmissão; além de diminuir o consumo de energia e a emissão de gases de efeito estufa (CNI, PROCEL e ELETROBRAS, 2009).

Outro fator importante é a oportunidade que a eficiência energética possibilita no fortalecimento da economia nacional. Desde 2014 até a presente data (abril/2018) vive-se uma forte crise financeira e política na nação, causando no ano de 2016, por exemplo, uma queda no PIB Brasileiro de 3,5 % (EPE, 2017). Há inúmeros fatores que levaram à crise, mas uma delas foi a retração do setor industrial. Em energia elétrica, foi notada uma queda de 0,9 % (EPE, 2017) no consumo nesse setor ao invés de 3,2 % de expansão, conforme calculado na Projeção da Demanda de Energia Elétrica 2016-2025 (EPE, 2016).

Portanto, fortalecendo políticas e facilitando a aplicação das AEEs, pode-se aliviar os custos de operação do setor por intermédio da redução de gastos com energia. As AEEs podem possibilitar ao industrial reduzir gastos sem ter que cortar custos com itens essenciais para a realização do seu trabalho, como números de mão de obra e investimentos em inovação.

Sabendo da importância da realização da eficiência energética em motores, em 2010, o governo lançou a Portaria INMETRO nº488 de 08/12/2010 (MDIC e INMETRO, 2010) para dar prosseguimento à Lei 10.295 de 17 de outubro de 2001 (Brasil, 2001), que instituiu a Política Nacional de Conservação e uso Racional de Energia. A portaria fez entrar em vigor o decreto presidencial nº4.508 de 11 de dezembro de 2002, que delimitou que todo motor elétrico trifásico de indução rotor gaiola de esquilo, com operação em frequência de 60 Hz, de tensão de até 600 V, de potência de 1 CV a 250 CV para 2 e 4 polos (com outros limites de potências para outros números de polos), de origem nacional ou internacional, comercializados no território nacional a partir de 2 anos após a data de publicação, tenham um mínimo de eficiência energética, tabelado pela portaria. Os motores contemplados foram os de nível IR1 e IR2, também chamados de motores padrão e de alto rendimento, respectivamente.

Mais tarde, instituiu-se a Portaria Interministerial 553, de 8 de dezembro de 2005 (MME, 2005), em vigor até a presente data (abril/2018), que determinou que todos os motores elétricos descritos Decreto nº 4.508, de 11 de dezembro de 2002 (Brasil, 2002), que forem fabricados e comercializados no território nacional após 4 anos e 4 anos e seis meses, respectivamente, da data de publicação da portaria, fossem de nível IR2 (alto rendimento), tabelando qual o mínimo de eficiência energética que devem esses motores devem possuir.

Todavia, com o passar do tempo, o mercado de motores teve mudanças significativas, como a entrada de motores importados mais baratos, queda na qualidade de alguns fabricantes e a evolução na fabricação dos motores de forma a criar uma classe de motores que são mais eficientes que o de nível padrão e de alto rendimento, os motores *premium* IR3.

As Ações de eficiência energética de troca dos motores da indústria por mais eficientes deveriam ser ampliadas, para que em 2025 seja alcançado o índice de crescimento da eficiência energética planejado. Foi estimado que 3,9 % de energia por ano na indústria poderão ser economizados até o ano de 2025 (EPE, 2016).

Contudo, na prática, não é o que acontece, pois existe um mercado ameaçador para a eficiência energética que é o de recondicionamento de motores. Nele está incluído tanto o de serviço de manutenção mal realizado, quanto o de revenda de motores reconicionados, sendo este último o mais impactante por ser um ato ilegal, indo contra o estabelecido pela portaria Portaria Interministerial 553 (MME, 2005) que impede a comercialização de motores fora da especificação de índice de eficiência energética.

Pensando nisso, em 2013, a ABINEE contratou o departamento de Engenharia Elétrica da PUC-Rio para realização de estudo com vistas a dimensionar o mercado de motores reconicionados no país, focado somente na revenda desses motores realizada em oficinas credenciadas aos fabricantes de motores. Os dados dessa pesquisa foram essenciais para que fábricas de motores elétricos se adaptassem, institutos de normas gerassem novas diretrizes e o governo construísse novas políticas de eficiência energética.

Entretanto, com a rápida globalização das inovações tecnológicas, aumentando a necessidade de demanda de energia, a readaptação do comércio a vendas na internet e a crise instalada no país, possivelmente mudou de forma incisiva as características desse mercado, torando a renovação do estudo necessária. Notando esse novo cenário, em 2017, a Associação Internacional do Cobre no Brasil (Instituto Procobre) recontratou a PUC-Rio, mantendo contato com os mesmos órgãos anteriores para a formação do 4º grupo de trabalho de motores reconicionados.

Outro fato importante é que em breve entrarão em vigor melhorias nas políticas públicas de eficiência energética para motores. Uma delas será o lançamento de uma nova norma pela ABNT, para definir como realizar o correto reparo nos motores elétricos de corrente alternada (previsto para 2019). A outra melhoria foi a criação da nova Portaria Interministerial nº 1 de 29 de junho de 2017 (MME, 2017), com suas medidas sendo implantadas em 2019, que aumentou a exigência quanto a eficiência energética na fabricação, na importação, na venda e no recondicionamento de motores elétricos de indução. A partir da data limite, somente será permitida a comercialização de motores de eficiência *premium* (IR3).

Deste modo, é de extrema importância saber qual é o impacto na matriz energética brasileira causado pela presença do mercado de recondicionamento de motores mal realizados, tanto para serviço de manutenção, quanto de revenda de

motores reconicionados, além de estudar a viabilidade de implantações de políticas públicas de eficiência energética nesse setor.

Melhorar esse setor, conseguindo reduzir as perdas de energia dos motores reconicionados, será crucial para o desenvolvimento do país e proporcionará que a indústria de motores elétricos nacional seja estimulada, que maiores reservas de energia para manobras do Sistema Interligado Nacional (SIN) sejam disponibilizadas e que seja emitido menos gases de efeito estufa no processo de geração de energia.

1.1

Definição do problema de pesquisa

Considerando que:

- O cenário atual é caracterizado por mudanças climáticas e maior demanda de energia no mundo (NEJAT et al., 2015);
- As fontes tradicionais de energia ou estão exauridas, ou são lentas de se construir, ou são extremamente poluidoras;
- As soluções atuais para o desenvolvimento energético são as fontes renováveis de energia e o gerenciamento pelo lado da demanda (GLD);
- O GLD baseia-se na economia de energia pelo uso mais eficiente e consciente;
- Os métodos de GLD são mais rápidos de serem implantados, são mais baratos, podem ser implantados inúmeros projetos em paralelo e têm um grande potencial de reduzir as emissões de gases de efeito estufa;
- As Políticas de Eficiência Energética (PEE) são implantadas pelo governo para redução do consumo de energia em todo o território nacional;
- O principal consumidor de energia no Brasil são os motores industriais.;
- Que diversas políticas governamentais relacionadas a eficiência energética foram implantadas para motores elétricos, no qual a portaria interministerial 533 de 2005 é a que está em vigor;
- A portaria interministerial 533 (MME, 2005) introduziu limites mínimos de eficiência energética para qualquer motor elétrico posto à venda, em vazio ou com carga (motor elétrico trifásico de indução rotor gaiola de esquilo, na faixa de potência de 1 a 250 CV);
- Quando há algum problema em motores, na maioria das vezes o proprietário prefere realizar a manutenção, levando o motor para empresas que realizam o reconicionamento, do que comprar um motor novo e eficiente;

- Outras vezes podem até comprar um motor novo, porém vendem ou doam o antigo para lojas que revendem estes motores;
- Inúmeros problemas podem ser levantados por essas atitudes incorretas dos vendedores e recondicionadores de motores, alguns deles são:
 - Muitas das empresas de recondicionamento não utilizam a técnica correta e o motor que volta ao consumidor acaba tendo seu índice de eficiência energética diminuído;
 - Muitos motores que já perderam totalmente o seu ciclo de vida e são sucatas voltam ao mercado totalmente ineficientes;
 - Muitas empresas revendem motores recondicionados com índices de eficiência energética inferiores ao estabelecido pela portaria do Inmetro.

Surgem então os questionamentos: Qual o tamanho desse problema de ineficiência em motores recondicionados? O quanto isso significa em quantidade de empresas e qual o nível de qualidade técnica na realização do serviço? O quanto isso incrementa no consumo energético em montantes anuais de energia e monetários?

Assim, como órgãos e o governo estão preocupados com a presença do mercado de recondicionamento de motores, uma força tarefa foi montada por intermédios de recursos da ABINEE em 2013, em que a PUC-Rio foi contratada para um estudo inicial do mercado. Dessa contratação foi publicado o seguinte trabalho:

Souza, R. C. et al. Pesquisa Mercadológica sobre Motores Recondicionados: Uma proposta para o órgão regulador. PUC-Rio, 2013.

Devido ao relatório de 2013 ter grande reconhecimento pelos órgãos governamentais, em 2017, os pesquisadores da PUC-Rio foram recontratados, por meio do Programa de Pós-graduação em Metrologia, pela Associação Internacional do Cobre (instituto Procobre), reagrupando a mesma força tarefa para atualização do estudo do mercado de motores recondicionados, dando subsídios para a realização desta Dissertação de Mestrado. Nesse estudo será ampliada a pesquisa no território Brasileiro de modo a diminuir erros anteriores e atualizar as informações relativas ao que está sendo praticado no mercado após 5 anos do estudo

anterior. Assim, enuncia-se a seguinte questão principal da pesquisa que está sendo realizada:

“Como dimensionar e caracterizar o mercado de revenda e manutenção de motores elétricos reconicionados no Brasil, visando estimar a perda de energia decorrente do reconicionamento incorreto?”

1.2 Objetivos: geral e específicos

A dissertação tem como objetivo geral dimensionar e caracterizar o mercado de revenda e manutenção de motores elétricos reconicionados no Brasil, com vistas a estimar a perda de energia decorrente do reconicionamento incorreto. Este objetivo geral desdobra-se nos seguintes objetivos específicos:

- Identificar, analisar e selecionar normas e demais documentos, relativos às boas práticas de processo de reparo de motores elétricos trifásicos de indução tipo rotor de gaiola de esquilo.
- Qualificar e quantificar, mediante dados extraídos de pesquisas em campo, qual o mercado atual de revenda de motores reconicionados e de manutenção em todo o território brasileiro e assim:
 - Quantificar por meio de base de dados oficiais do governo brasileiro e do uso de estatística descritiva qual a quantidade estimada de empresas que realizam o serviço e revenda de motores elétricos;
 - Qualificar como estão sendo realizados os serviços de reconicionamento em pesquisas realizadas em uma amostra de empresas;
 - Quantificar as vendas de equipamentos reconicionado e os serviços de manutenção realizados dessa amostra para estender para a população;
- Comparar resultados de serviços das empresas de manutenção com as boas práticas de reconicionamento levantadas, extraindo os principais problemas encontrados.
- Quantificar e qualificar o mercado de motores elétricos no Brasil por meio de compilação dos dados da pesquisa de campo e pesquisa bibliográfica e documental.

- Com o número de vendas coletados em uma pesquisa de campo, contabilizar as perdas de energia elétrica e monetária relativa ao mau condicionamento de motores de indução gaiola de esquilo no país.
- Propor recomendações aos fabricantes de condutores, institutos de normas, fabricantes de motores e empresas de condicionamentos sobre melhorias do processo de manutenção de motores elétricos que atendam à regulamentação vigente.
- Propor recomendações ao governo de ações que devam ser feitas para melhorar o setor de manutenção de motores no Brasil.

1.3 Motivação

Para a realização desse trabalho foram identificados na literatura diversos itens que ajudarão a encontrar parâmetros internacionais de boas práticas de manutenção de motores elétricos e, assim, será formado um padrão comparativo para as atuais práticas adotadas no mercado brasileiro. Desta forma será possível dimensionar as perdas elétricas e monetárias.

Com essa dissertação, espera-se que seus resultados deem subsídios para que diversos órgãos do governo, indústrias e outras entidades tomem decisões de forma a melhorar a qualidade dos motores reconicionados em circulação.

Esta pesquisa dará frutos diretos no intuito de auxiliar o planejamento estratégico do governo brasileiro relacionado à eficiência energética de motores elétricos de indução trifásicos de gaiola de esquilo.

Dará auxílios ao Inmetro e ao ABNT, no intuito de identificar quais pontos deverão ser reforçados na nova norma que está sendo desenvolvida sobre reparo de motores elétricos, tornando-a totalmente adaptada ao mercado de condicionamento de motores brasileiro.

O Ministério de Minas e Energia, em conjunto com Eletrobrás e Procel, poderão dimensionar a efetividade de programas de eficiência anteriores aplicados em motores elétricos e, também, poderão construir novos programas de forma a aumentar a economia de energia no uso dos motores elétricos pelos brasileiros.

A Associação Internacional do Cobre do Brasil, a Abinee e os fabricantes de motores elétricos também serão beneficiadas com esse trabalho pois, assim, poderão tomar atitudes para se adaptarem à nova realidade do mercado de motores

elétricos, de forma a conseguirem realizar mais vendas de motores elétricos eficientes.

Órgãos educacionais como SENAI e SEBRAE, com ajuda desse estudo e subsídios do governo, poderão direcionar seus cursos de formação de mão de obra profissional para a qualificação correta de seus alunos sobre os principais problemas encontrados nesse trabalho na manutenção de motores.

Estudos em campo serão realizados em empresas e clientes para obtenção de informação de como se dá o mercado de venda de motores reconicionados e, também, do serviço de manutenção de motores.

Portanto, juntando o estudo bibliográfico e documental, todos os órgãos envolvidos e a pesquisa em campo, este trabalho tem à disposição todas as ferramentas para o correto dimensionamento do mercado em estudo.

1.4 Metodologia

Conforme a taxonomia proposta por VERGARA (2005) a pesquisa pode ser considerada descritiva, aplicada, investigação exploratória e intervencionista.

Quanto aos meios de investigação, a metodologia compreendeu: (i) pesquisa bibliográfica e documental sobre os temas centrais da pesquisa, mediante consulta sistemática nas bases de dados *Scopus*, *Web of Science*, e *Google Scholar*, desenvolvendo um parâmetro de boas práticas de manutenção internacional, que será usado como referência na comparação do que é encontrado no mercado nacional; (ii) pesquisa documental realizada nas bases de dados oficiais do governo brasileiro a fim de dimensionar, inicialmente, a quantidade de empresas e empregados do mercado de manutenção de motores; (iii) separação de amostra para a realização de pesquisa em campo. Essa sendo realizada por meio da visita de pesquisadores contratados aos estabelecimentos de recondicionamento de motores. A amostra será realizada escolhendo oficinas nos estados mais representativos em quantidade de empresas do mercado de motores reconicionados nacional; (iv) análise dos resultados da pesquisa em campo estendendo o resultado para todo o Brasil, quantificando e qualificando o mercado atual de recondicionamento e manutenção de motores elétricos; (v) por último serão geradas as conclusões e as recomendações da pesquisa.

A figura 1.1 apresenta a sequência da pesquisa em suas três grandes fases: (i) exploratória; (ii) pesquisa aplicada; (iii) conclusiva.

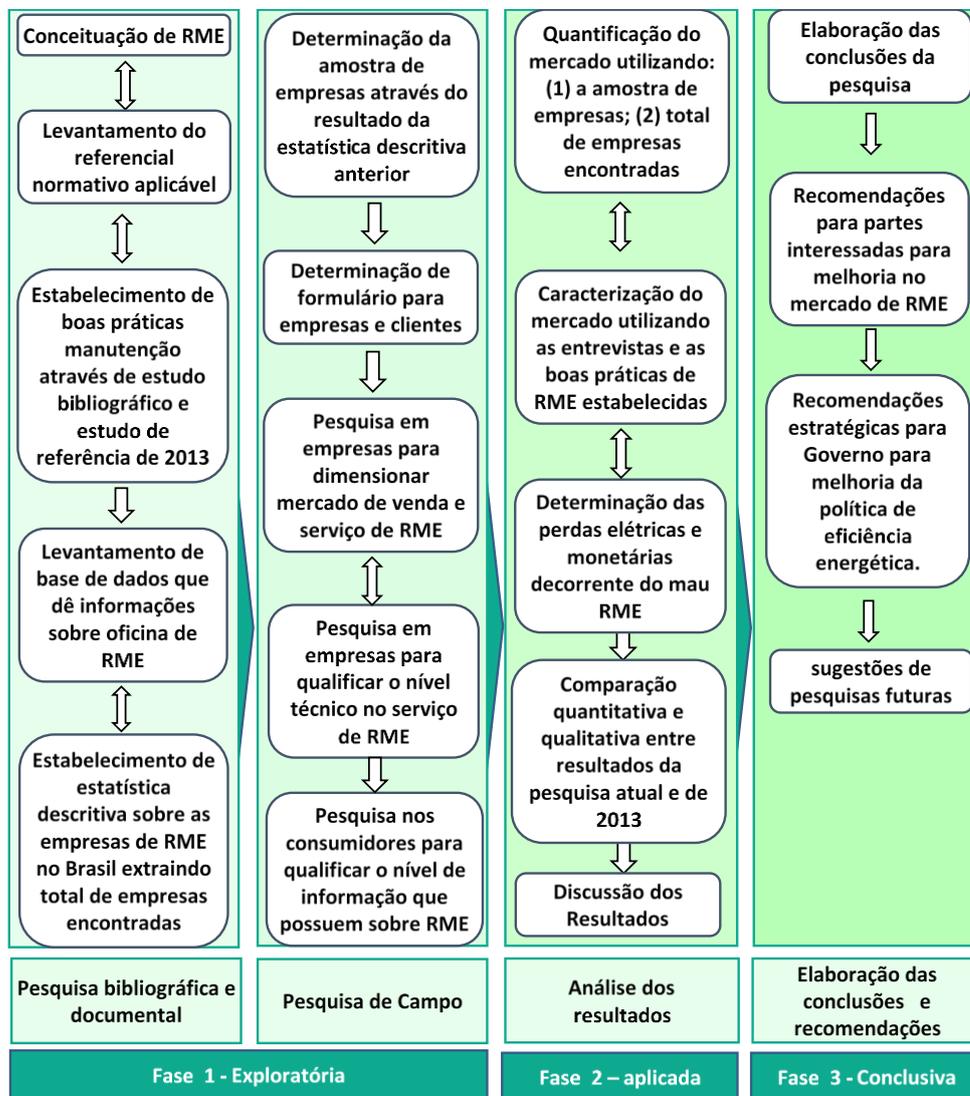


Figura 1.1. Desenho da pesquisa, seus componentes e métodos.

1.4.1 Fase exploratória

Na fase exploratória, procedeu-se com a pesquisa bibliográfica e documental e com a pesquisa em campo.

1.4.1.1 Pesquisa bibliográfica

Na pesquisa bibliográfica foi realizada consulta sistemática nas bases de dados *Scopus*, *Web of Science*, e *Google Scholar*, cobrindo o período de 1980 a 2017 para encontrar artigos referentes ao tema central da pesquisa. Bibliografias utilizadas no estudo anterior também foram usadas nessa etapa.

Adotou-se um método de pesquisa sistemática utilizando composições de palavras chave e fazendo a seleção baseando-se nas análises de títulos e *abstracts*. As palavras chaves escolhidas foram: recondicionamento, eficiência energética e motor elétrico. Para não haver perdas de informações essas palavras foram traduzidas para o inglês e adicionadas aos seus sinônimos, desta forma os sinônimos localizados foram:

- Para reconicionados – *refurbishment*, *rewinding*, *reconditioning*, *repair*, *overhaul* e *rewind*;
- Para eficiência energética - *energy efficiency*, *energy evaluation* e *energy conservation*;
- Para motores de elétricos - *machine induction*, *electric machine*, *motor induction* e *electric motor*.

Normas e guias brasileiros e internacionais de reparo de motores irão compor a fase de pesquisa bibliográfica no intuito de estabelecer um padrão de boas práticas de manutenção. Este padrão será usado como comparativo e dimensionamento de perdas elétricas e monetárias encontradas no mercado de recondicionamento brasileiro.

1.4.1.2 Pesquisa documental

Em seguida, foram usadas as bases de dados do governo, na fase de pesquisa documental, e determinou-se o número de empresas e funcionários existentes que realizam manutenção ou revenda de motores reconicionados no Brasil. A partir desses dados, análises estatísticas descritivas foram realizadas para encontrar a relação entre números totais de empresas e funcionários, com os itens como nível de ensino, faixa salarial e sexo dos trabalhadores.

1.4.1.3 Pesquisa em campo

Na pesquisa em campo foram selecionadas amostras de empresas e consumidores a partir da pesquisa documental realizada.

A partir disso foram aplicadas 2 etapas para obtenção das informações em campo:

- 1- Pesquisa em campo inicial consultando 10 empresas de recondicionamento para determinação de formulário de pesquisa oficial;
- 2- Pesquisa em campo em 40 empresas espalhadas no território nacional para preenchimento de formulário;

Com estas informações colhidas esses resultados serão expandidos para a população e será dimensionado o mercado de motores reconicionados.

1.4.2 Fase aplicada

Na fase aplicada, foram extraídos e analisados os dados das pesquisas em campo e foram extrapolados junto com a pesquisa documental os resultados para todo o Brasil. Assim, pôde-se qualificar e quantificar o mercado brasileiro de revenda e manutenção de motores reconicionados.

Em seguida, comparando as boas práticas levantadas com o serviço que é executado em território brasileiro, foram estimadas as perdas elétricas e monetárias decorrentes do mau recondicionamento de motores. Um quadro comparando o estudo em 2013 e o de 2016 foi construído para mostrar a evolução do mercado nos últimos 3 anos.

Os principais resultados foram apresentados e discutidos nesse tópico.

1.4.3 Fase conclusiva

Nesta parte as conclusões foram apresentadas em conjunto com recomendações aos órgãos interessados. Também foram apresentadas as sugestões para pesquisas futuras.

Apresenta-se adiante na figura 1.2 uma visão geral e esquemática dos resultados, no formato de um mapa conceitual.

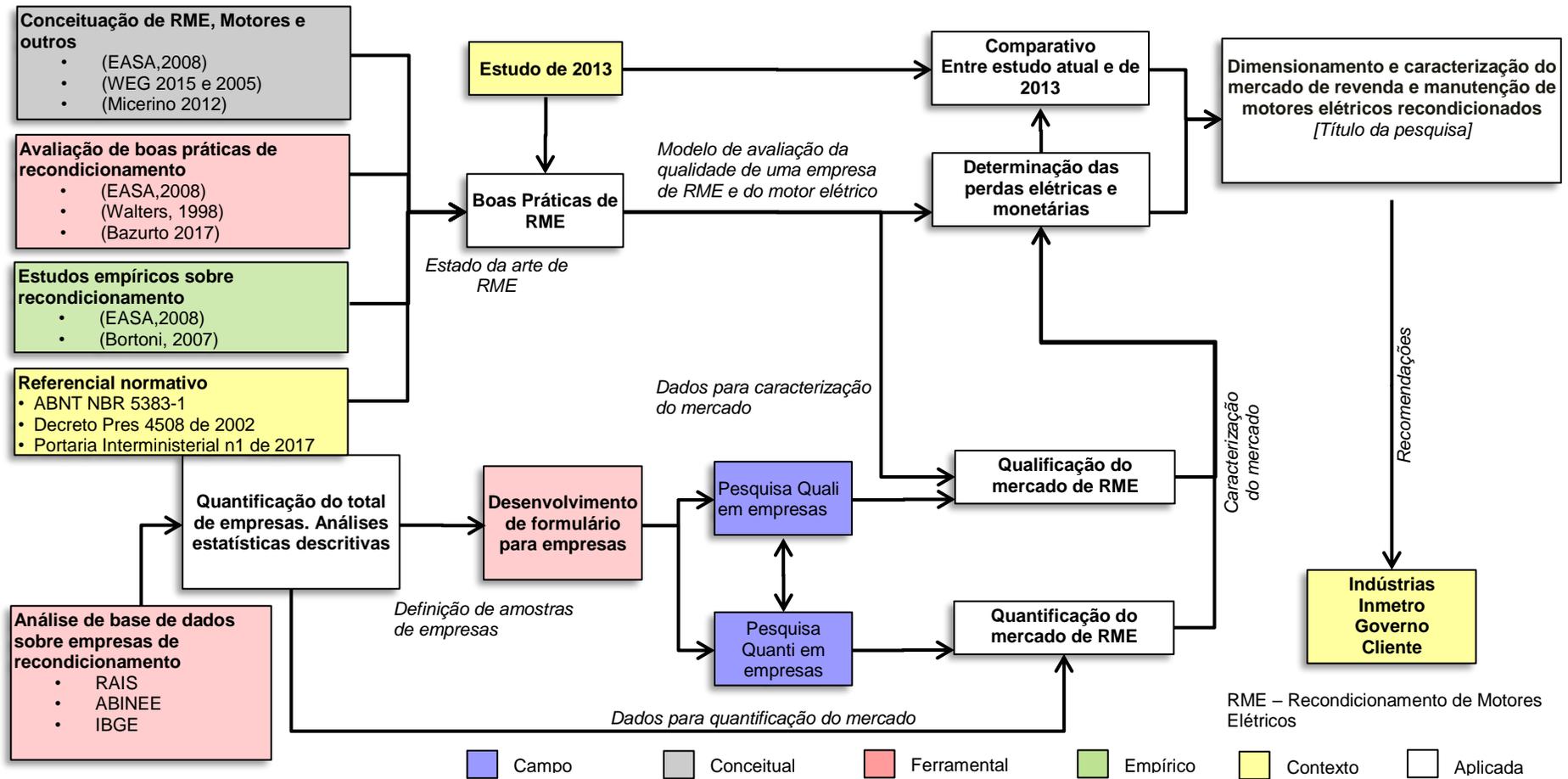


Figura 1.2. Mapa Conceitual da Pesquisa.

1.5 Estrutura da dissertação

Esta dissertação encontra-se estruturada em seis capítulos, incluindo o capítulo 1 como a introdução.

No capítulo 2, apresenta-se o conceitual de reparo de motores elétricos. Inicialmente são mostrados conceitos básicos de máquinas elétricas e como cada componente está associado com a eficiência energética do aparelho.

Parte-se então para identificação do estado da arte das experiências internacionais e nacionais no processo de manutenção dos motores elétricos indutivos trifásicos rotor gaiola de esquilo e, em conjunto com normas de referência mundial, foram compilados os dados para a montagem de um padrão de boas práticas de manutenção.

Após, inicia-se o tópico 3 sobre a metodologia de trabalho. Nela será apresentada uma metodologia que poderá ser implantada em qualquer país ou lugar no mundo, a fim de obter-se informações de mercado relacionado ao condicionamento de motores elétricos. Partindo-se destes princípios, a quantidade de empresas e funcionários que realizam esses serviços no território brasileiro são encontrados. Pesquisas nas bases de dados governamentais deram subsídios para essa etapa de trabalho.

Com esses resultados pôde-se traçar um plano amostral para que fossem realizadas entrevistas em campo para o correto dimensionamento do mercado.

Mas antes de ir à campo foi necessário definir um formulário para a realização das pesquisas a serem realizadas em empresas. Assim, em um subtópico é apresentado como foi confeccionado o formulário em conjunto com uma pesquisa prévia em campo.

No início do capítulo 4 são apresentados demais resultados qualitativos e quantitativos de cada uma das pesquisas realizadas e seus resultados discutidos.

No capítulo 4 é apresentado o dimensionamento e caracterização do mercado de condicionamento de motores. Assim, os resultados da pesquisa em campo, os dados do estudo anterior e as boas práticas de manutenção de motores foram confrontadas e comparadas a fim de se dimensionar e caracterizar o mercado de manutenção e revenda de motores elétricos no Brasil.

No capítulo 5 são apresentadas as considerações finais e as recomendações para cada um dos setores de interesse. São endereçados, também, propostas para estudos futuros, como desdobramentos naturais e aprofundamentos de aspectos relevantes que emergiram da presente pesquisa.

2

Revisão da literatura sobre motores elétricos

Inicialmente, apresentam-se os principais componentes dos motores elétricos, evidenciando o motor trifásico de indução gaiola de esquilo, objeto desta dissertação de mestrado. Em seguida, define-se o rendimento de energia elétrica, evidenciando as principais perdas consideradas para o cálculo deste parâmetro de eficiência dos motores, além de apresentar as principais falhas que ocorrem em motores elétricos e os principais estudos empíricos existentes na literatura. Posteriormente, são evidenciadas as principais fases do processo de recondicionamento de motores. Por fim, são apresentados os estudos sobre o mercado de motores elétricos no Brasil.

2.1

Componentes dos motores elétricos

O motor elétrico de indução de corrente alternado trifásico com rotor tipo gaiola de esquilo é formado essencialmente de 2 partes, o rotor e o estator.

O estator é composto de entreferro laminado e de bobinas (figura 2.1) que, quando ligadas ao sistema elétrico alternado, suas configurações formam campos eletromagnéticos. Está ligado mecanicamente à carcaça sendo, portanto, um elemento fixo no motor.

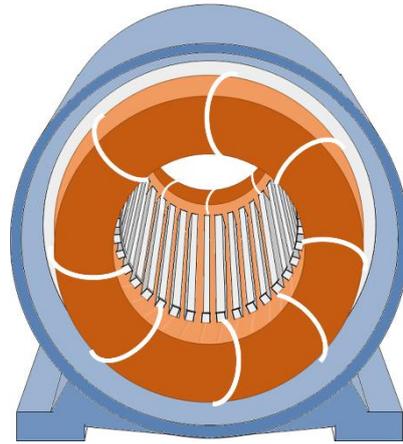


Figura 2.1. Estator de um motor trifásico de indução.

O rotor é composto de material entreferro laminado (figura 2.2) e um conjunto de condutores curto circuitados (figura 2.4), de modo que seu layout de montagem aparenta uma gaiola para esquilos (origem do nome do tipo de motor). É um elemento girante e está ligado ao eixo que transmite o movimento do motor.

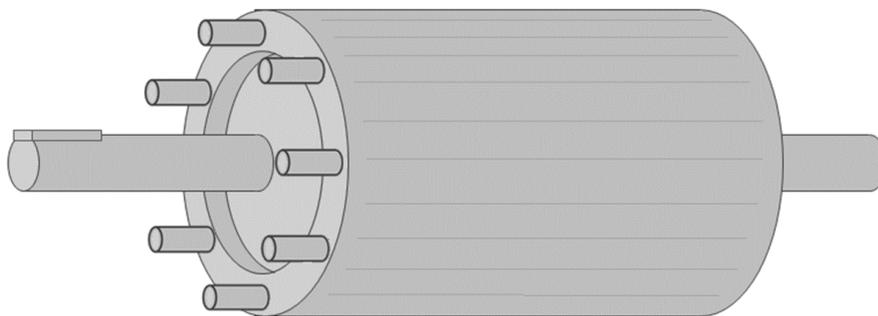


Figura 2.2. Rotor de um motor trifásico de indução.

Segundo Umans (2014) quando a alimentação é trifásica e de corrente alternada senoidal e o motor possui 3 grupos de bobinas internas, defasadas de 120° uma das outras, pelo motor ser trifásico, forma-se um campo magnético girante no qual é orientado o movimento do rotor. O fenômeno pode ser visto na figura 2.3.

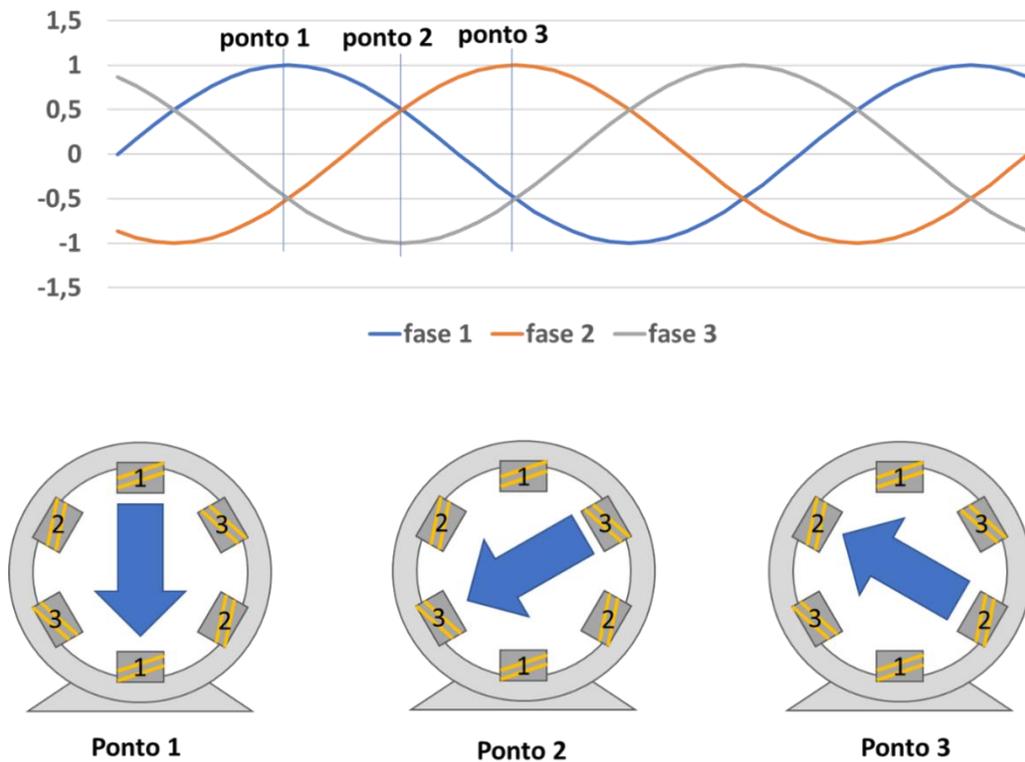


Figura 2.3. Campo magnético girante de um motor trifásico 2 polos.

Para que o rotor possa rotacionar conforme orientação do campo magnético girante do estator, é necessário magnetizá-lo. Como o rotor é construído com condutores internos curto-circuitados, formando uma gaiola (figura 2.4), existem anéis de condutor no rotor que, em conjunto com o fluxo magnético variável emitido pelas bobinas do estator (devido a corrente alternada aplicada), fazem com que correntes sejam induzidas nesses anéis do rotor. Essa corrente cria um campo magnético no rotor transformando-o momentaneamente em um “ímã artificial”. Assim, pelas interações de campo magnético entre as bobinas do estator e o rotor, o movimento é formado.

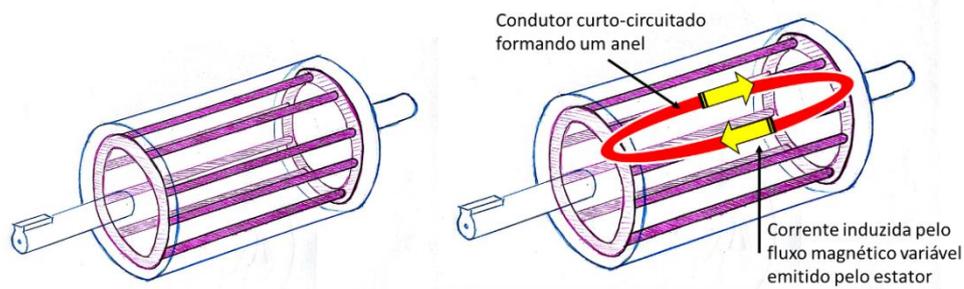


Figura 2.4. Condutores curto-circuitados internos do rotor e corrente induzida

Há diversas configurações de enrolamentos, sendo o mais simples o de 2 polos, mas existem no mercado motores de 4, 6, 8, 12 e (mais raro) 24 polos, onde as configurações de polos configuram diretamente a rotação do motor. A figura 2.5 mostra a disposição dos polos de uma fase de alguns desses motores trifásicos e suas respectivas velocidades síncronas.

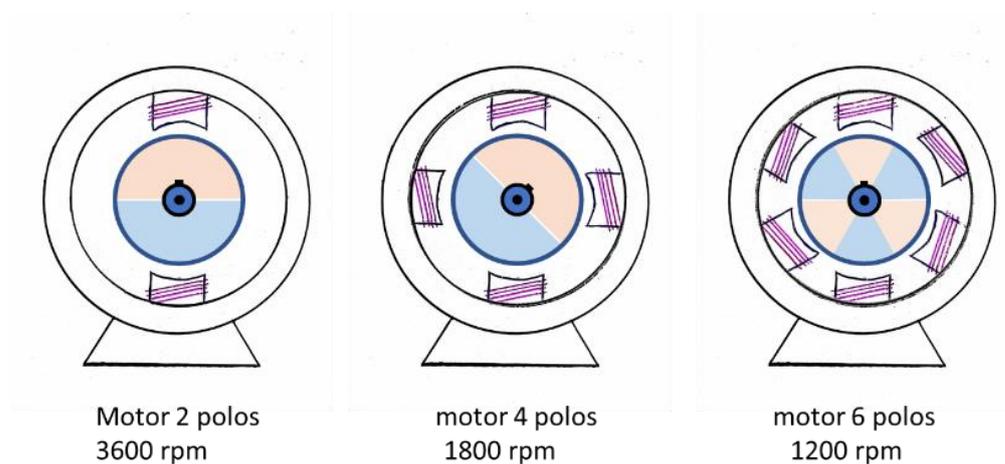


Figura 2.5. Demonstração de uma das fases dos motores trifásicos de indução de 2, 4 e 6 polos.

A figura 2.6 ilustra como é o motor internamente e seus componentes.

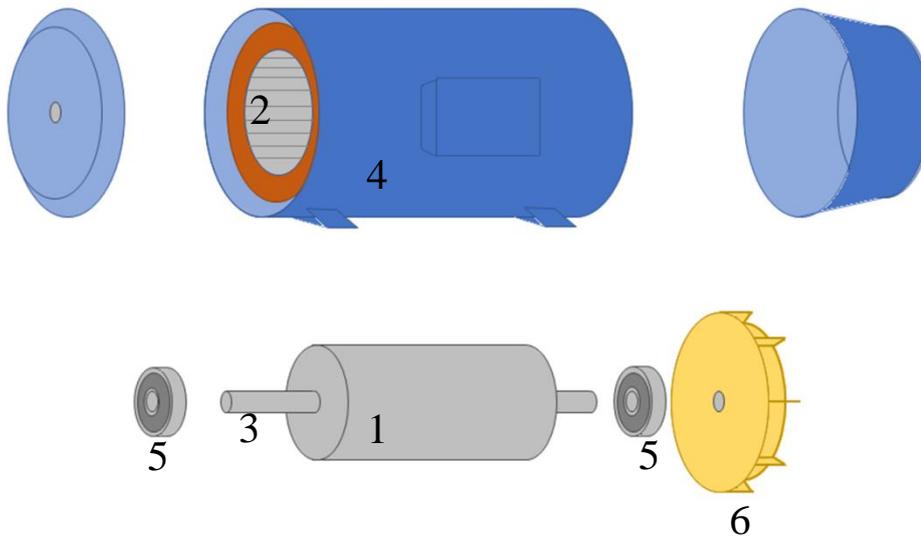


Figura 2.6. Interior de um motor e seus componentes.

A descrição dos elementos importantes pode ser vista na lista abaixo:

- Rotor (1);
- Núcleo (2) no estator bobinado (enrolamento);
- Eixo (3) para conectar a carga;
- Carcaça (4) – Fixa o estator e apoia os rolamentos que estão ligados ao rotor. Geralmente possuem frisos na parte externa para aumentar a área de contato entre ar e carcaça para dissipação de calor gerado internamente no motor;
- Rolamentos (5) – Auxiliam na rotação do motor, apoiando o eixo e auxiliando na redução de atrito entre o eixo e a carcaça;
- Ventoinha ou sistema de ventilação (6) – Pode ser ligada diretamente ao eixo ou ser um “ventilador independente” anexado à carcaça que funciona para auxiliar na retirada de calor da carcaça do motor.

2.2 O rendimento e as equações de máquinas elétricas

Um dos principais índices no motor é o rendimento, um fator que relaciona as potências de entrada e saída, dando em porcentagem a perda que acontece entre essas duas (Equação 2.1).

$$\eta = \frac{P_{saída}}{P_{entrada}} \quad (2.1)$$

Há duas principais potências identificadas que estão ligadas ao movimento do motor, a potência elétrica e a potência mecânica. Assim, no motor ocorre o fenômeno de transformação da energia elétrica (entrada) em energia mecânica (saída) localizada na rotação do motor. Na Equação 2.2, pode-se ver a relação entre Potência elétrica (P_{ele} [W]) e mecânica (P_{mec} [W]), com o rendimento (η [%]) representando a eficiência dessa transformação. Como sempre há perdas nesta máquina, o rendimento é um número entre 0 (zero) e (1) um.

$$\eta = \frac{P_{saída}}{P_{entrada}} = \frac{P_{mec}[W]}{P_{ele}[W]} \quad (2.2)$$

Portanto, pode-se dizer que o rendimento é o principal item que informa a eficiência do motor, avaliando o quanto de energia elétrica está sendo totalmente aproveitada para gerar energia mecânica e o quanto de energia está sendo desperdiçada.

Olhando somente para a potência elétrica ativa, ela pode ser medida por meio de três grandezas elétricas, a tensão (V [V]), a corrente (I [A]) e o fator de potência ($\cos \varphi$). Como pode ser visto na equação 2.3, que já está levando em conta que o motor é trifásico.

$$P_{ele} = \sqrt{3} V I \cos \varphi \quad (2.3)$$

O fator de potência está relacionado a somente mostrar a parcela de potência que corresponde aquela que realiza trabalho, a potência ativa (P [W]). Para isso é necessário a exclusão nos cálculos da potência reativa (Q [VAr]) em cima da

potência total aparente (S [VA]), consumida pelo motor, restando somente a potência ativa. A retirada se dá por uso do cosseno do ângulo φ formado pelo triângulo de potência conforme visualizado na figura 2.7 (a). A potência reativa é criada internamente no motor pela presença dos indutores (bobinas) que provocam defasagem angular (φ) entre as ondas senoidais de tensão e corrente (figura 2.7 (b)).

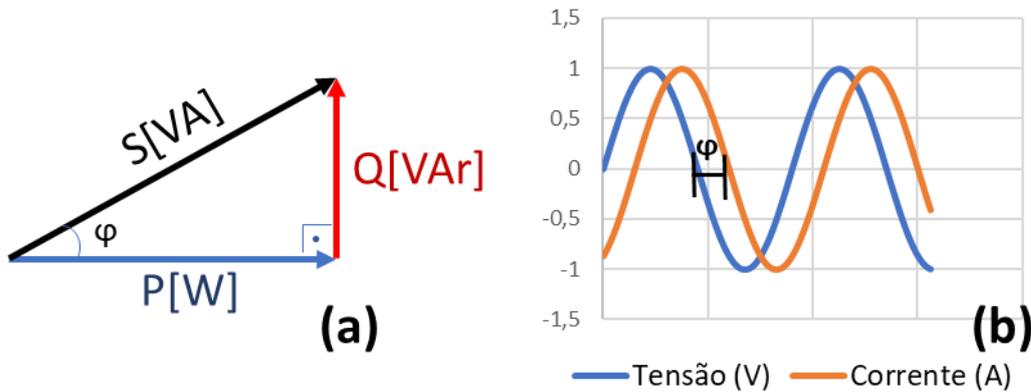


Figura 2.7. (a) Triângulo de Potência e (b) defasagem angular entre Tensão e Corrente.

Geralmente a potência mecânica é medida em cavalo vapor (em CV para o padrão americano ou em HP para o padrão inglês). Assim, para adequar as unidades de medida para watts utiliza-se a equação 2.4.

$$P_{mec}[W] = P_{mec}[CV] 736[W/CV] \quad (2.4)$$

ou

$$P_{mec}[W] = P_{mec}[HP] 746[W/HP]$$

Para esse trabalho será usado como índice de conversão 746 [W/HP] para padronização, conforme encontrado nas fabricantes de motores. Portanto, juntando e igualando as equações 2.2, 2.3 e 2.4 forma-se a equação 2.5 básica que rege todos os motores trifásicos de indução.

$$P_{ele} = \frac{P_{mec}[HP] 746}{\eta} = \sqrt{3} V I \cos\varphi [W] \quad (2.5)$$

O torque do motor (T [N m]) ou conjugado se relaciona diretamente com a potência mecânica do motor (P_{mec} [W]), conforme equação 2.6. (ABNT NBR

5383-1, 2002)⁴. Onde n [rpm] é a rotação do motor e k é uma constante de valor 9,549.

$$P_{mec} = \frac{T [N m] n [rpm]}{k} = \frac{T n}{9,549} [W] \quad (2.6)$$

A velocidade síncrona (n_s) é a velocidade de rotação do campo girante, que depende do número de polos do motor (p) e da frequência da rede (f [Hz]) e é descrita pela equação 2.7.

$$n_s = \frac{120 f [Hz]}{p} [rpm] \quad (2.7)$$

Sempre há uma diferença entre a rotação do campo girante e o rotor, denominada escorregamento (S), que está relacionada ao torque e à carga. Assim, esta diferença aumenta na medida em que se é necessário mais torque do motor ou acrescenta-se carga. A fórmula para calcular o escorregamento é

$$S = \frac{n_s - n}{n_s}, \quad (2.8)$$

onde n é a rotação de trabalho do motor.

O consumo de energia elétrica (E_{ele} [kW h]) por equipamento descrito pela equação 2.9 é comumente tratado na unidade kW h, onde P_{ele} [W] é a potência elétrica exigida do motor e $t_{operação}$ [h] é o tempo de operação do motor. Geralmente, o tempo de operação trabalhado é o equivalente ao esperado para o total de horas de uso em um mês ou ano.

$$E_{ele} = \frac{P_{ele} [W] t_{operação} [h]}{1000} [kW h] \quad (2.9)$$

⁴ Em abril de 2018 foi lançada a norma ABNT NBR 17.094-3 (Máquinas elétricas girantes Parte 3: Motores de indução trifásicos - Métodos de ensaio) que atualiza e revoga a norma ABNT NBR 5383-1. Nesta dissertação ainda não consta a atualização.

2.2.1 Perdas em motores elétricos

A perda elétrica em motores é informada pelo índice de rendimento do motor. Abrindo a equação 2.2 o rendimento pode ser relacionado somente com a Potência de entrada e as perdas, conforme equação 2.10.

$$\eta = \frac{P_{entrada} - P_{perdas}}{P_{entrada}} \quad (2.10)$$

Aprofundando-se melhor no estudo das perdas, há diversas fontes destas em motores elétricos, mas todas podem ser agrupadas em 5 tipos. (ABNT NBR 5383-1, 2002).

- P_{est} - Perdas I^2R no enrolamento do estator;
- P_{rot} - Perdas I^2R no enrolamento do rotor;
- $P_{núcleo}$ - Perdas no núcleo;
- P_{atr} - Perdas por atrito e ventilação;
- P_{sup} - Perdas suplementares.

Assim a equação 2.10 pode ser transformada na equação 2.11.

$$\eta = \frac{P_{entrada} - (P_{núcleo} + P_{est} + P_{rot} + P_{atr} + P_{sup})}{P_{entrada}} \quad (2.11)$$

A seguir apresenta-se uma melhor explicação de cada uma das perdas.

2.2.1.1 Perdas I^2R no enrolamento do estator

São perdas causadas pelo condutor das bobinas do estator. Todo material condutor possui resistividade elétrica e, como uma bobina é um enrolado de dezenas a centenas de metros de condutor, se transforma também em um resistor. A resistência do condutor (Rt) pode ser dimensionada segundo:

$$Rt = \frac{L \cdot \rho}{St} [\Omega], \quad (2.12)$$

onde L é o comprimento do fio (m), S_t é a seção transversal nominal do fio condutor (mm^2); ρ é a resistividade do material ($\rho_{Cu} = 0,0178 \frac{\Omega}{\text{m}\cdot\text{mm}^2}$; $\rho_{Al} = 0,0280 \frac{\Omega}{\text{m}\cdot\text{mm}^2}$ a 20°C)

A perda no motor acontece pela passagem da corrente elétrica nesse resistor, sendo esse fenômeno chamado de perda por efeito Joule. Assim, a potência dissipada por essa perda é regida pela seguinte equação 2.13.

$$P_{\text{perda térmica}} = P_{\text{perda elét}} = I^2 R \text{ [W]} \quad (2.13)$$

Entretanto, o condutor possui a propriedade de variar sua resistência conforme variação da temperatura. Ou seja, se houver o aumento da temperatura ambiente, a temperatura da bobina irá subir e, por consequência a resistência do material irá aumentar, aumentando, também, as perdas Joule. A variação com a temperatura está descrita na equação 2.14 (ABNT NBR 5383-1, 2002).

$$R_s = R_t \frac{t_s + k}{t_t + k} \text{ [\Omega]}, \quad (2.14)$$

onde R_s é a resistência atual, R_t a resistência tabelada, t_t a temperatura de tabela e t_s a temperatura atual. Já o k é uma constante, depende do material, onde $k = 234,5$ para cobre e 225 para alumínio determinado pela norma ABNT NBR 5383-1, 2002.

Com essa equação, em conjunto com os procedimentos descritos na norma ABNT NBR 5383-1, 2002, é possível medir a perda causada por esse elemento medindo-se a temperatura do motor antes de entrar em operação e após algumas horas de funcionamento.

2.2.1.2 Perdas I^2R no enrolamento do rotor

São perdas também por efeito joule relativas à corrente que é induzida dentro do rotor, dentro dos anéis de da gaiola de esquilo, quando neles é transpassado um fluxo magnético variável.

2.2.1.3 Perdas no núcleo

São perdas relativas ao núcleo do estator e rotor, sendo causadas pelo metal no qual a bobina é enrolada. Este metal serve para potencializar e melhor direcionar os campos magnéticos do motor, mas também é uma importante fonte de perda.

No núcleo acontecem perdas relacionadas as correntes de Foucault (correntes parasitas) e pela histerese. Para diminuir essas perdas, os fabricantes laminam esse metal o mais fino possível e isolam eletricamente uma lâmina da outra com um isolante de baixa capacidade dielétrica, que é suficiente para impedir a circulação das correntes parasitas. Além disso, todo material é preparado por ligas metálicas e realizam processo de têmpera para que ele apresente a melhor eficiência sobre as suas propriedades magnéticas. Qualquer dano à integridade dos isolantes ou às características magnéticas da liga metálica, como um superaquecimento que desfaz a têmpera e pode aumentar as perdas de núcleo (EASA e AEMT, 2003).

Por meio de ensaios norma ABNT NBR 5383-1, (2002) é possível medir diretamente esta perda.

2.2.1.4 Perdas por atrito e ventilação

São perdas relativas as partes e fenômenos mecânicos do motor, geralmente ocorrem ou por vibração do motor ou por um rolamento desgastado, ou por excesso de lubrificação ou por ser inadequado. Estima-se que um rolamento com excesso de lubrificação é capaz de diminuir o rendimento do motor em 0,4 % (EASA e AEMT, 2003).

Já a ventilação está relacionada com a troca térmica do motor com o ar para diminuir as perdas de P_R do estator e rotor. Geralmente o ventilador é acoplado ao eixo do motor e seu arrasto no ar cria uma pequena carga ao motor causando perda de potência do motor. Logo, a ventilação é especialmente projetada para a perda ser mínima possível. Segundo EASA e AEMT (2003), uma alteração de 5 % do diâmetro do ventilador causa uma alteração de aproximadamente 23 % do volume de ar que pode mover segundo a equação 2.15.

$$\text{Perda de Volume de ar} = (1 - \text{índice de perda})^5 \quad [\%] \quad (2.15)$$

Por meio de ensaios definidos pela ABNT NBR 5383-1 (2002) é possível estipular as perdas por atrito e ventilação.

2.2.1.5 Perdas suplementares

São perdas que não podem ser medidas diretamente e podem estar relacionadas a diversas fontes como perdas joules em condutores, de Foucault no núcleo ou mecânicas após o motor ser conectado a carga.

2.2.1.6 Estudos empíricos sobre perdas em motores

Há diversos estudos dimensionando como ocorre a distribuição das perdas em um motor. Walters (1998) dimensionou as perdas para motores de até 15 kW (aprox. 20 HP) conforme pode ser visto na figura 2.8.

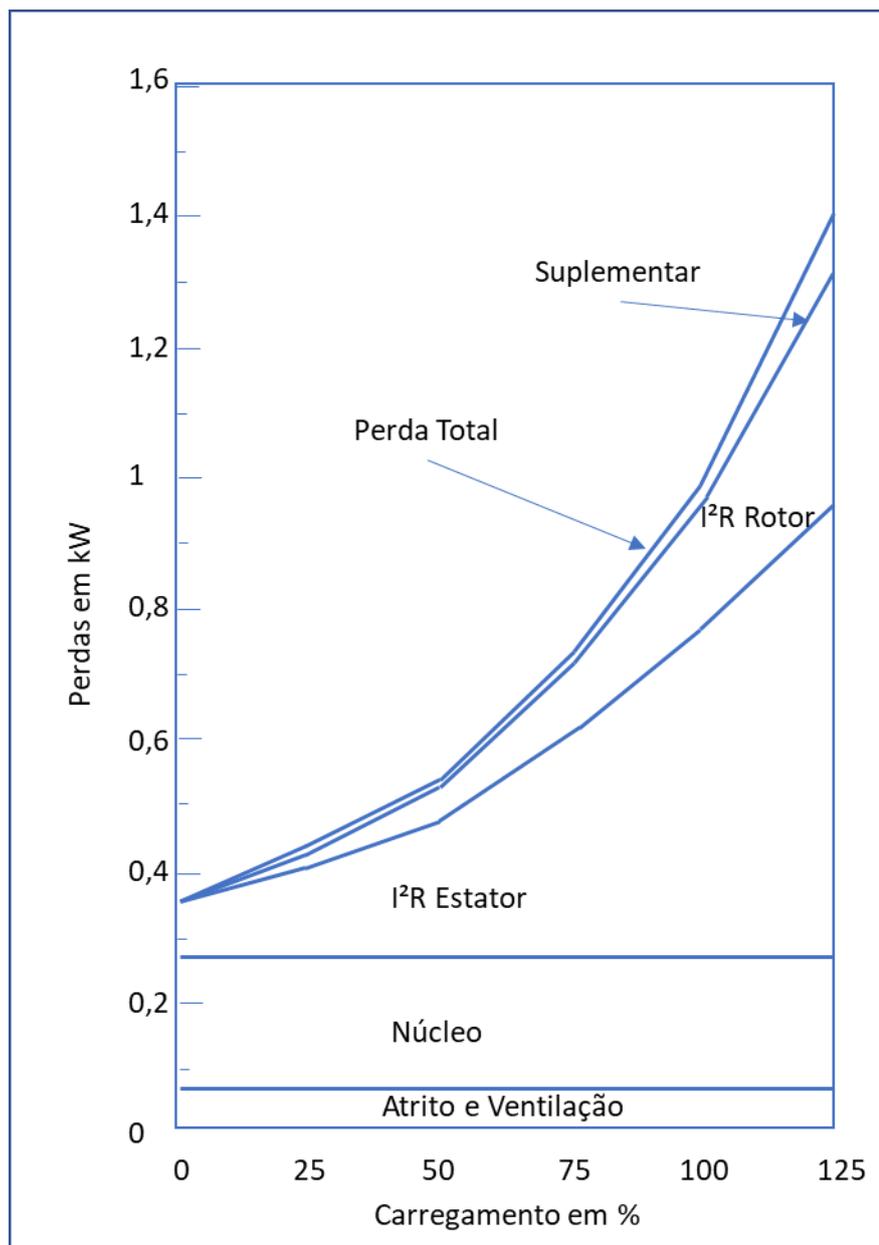


Figura 2.8. Perdas percentuais em motor elétrico até 15 kW, segundo seu percentual de carregamento.

Fonte: Walters (1998)

Yung (2009) dimensionou as perdas normais de um motor e o resultado pode ser encontrado na tabela 2.1, em que são informadas as faixas de perdas que cada um dos itens pode ter.

Tabela 2.1. Distribuição de perdas nominais em um motor elétrico.

Perda	Índices	
Núcleo	5 % – 20 %	} 75%
Rotor	15 % – 20 %	
Estator	25 % – 35 %	
Mecânicas	10 % – 25 %	} 25%
Suplementares	10 % – 15 %	

Fonte: Yung (2009)

Outra informação sugerida no trabalho de Yung (2009) foi que a soma das perdas do núcleo, rotor e estator é de 75 % do total de perdas. Desta forma, para esse trabalho serão adotadas as seguintes perdas, considerando a literatura (tabela 2.2).

Tabela 2.2. Perdas nominais utilizadas neste trabalho.

Perda	Índices
Núcleo	20 %
Rotor	20 %
Estator	35 %
Mecânicas	12,5 %
Suplementares	12,5 %

2.2.2 Falha em motores elétricos

Juntando o tempo de funcionamento, as características do serviço prestado e as condições ambientes, todo motor acaba necessitando de manutenção para manter-se funcionando com a mesma eficiência. Caso essas manutenções não sejam realizadas, acabam ocorrendo falhas no motor, que podem ser desde pequenos problemas, como ruídos e acionamento de relés de proteção, à parada total de operação.

Segundo Bazurto, Quispe e Mendoza (2017), 70 % das falhas do motor são de origem mecânica e 30 % são de origem elétrica. As fontes mais comuns de falhas são:

- 45 % em rolamentos;
- 35 % em estator;
- 10 % em rotor; e
- 10 % em outros.

Bazurto, Quispe e Mendoza (2017) também destacam que as falhas elétricas são comumente associadas à alteração de temperatura e envelhecimento do verniz isolante do motor.

Para prevenir a parada total é necessário realizar as manutenções preventivas do motor, as quais geralmente não são realizadas ou são realizadas insatisfatoriamente pelas empresas.

Por conta de alguma falha, as empresas têm que repor o motor para continuar a sua produção, havendo duas decisões a serem tomadas para a reposição: comprar um motor novo; ou realizar o recondicionamento do motor.

O recondicionamento é a prática de realizar toda a desmontagem do motor para substituição de diversos itens danificados, principalmente as bobinas do motor. É estimado que o recondicionamento de um motor custe no máximo 50 % de um motor novo, conforme resultado de pesquisa que será mostrada mais adiante, sendo, portanto, a principal opção das empresas para reposição do motor.

Diversos estudos, como o de Bazurto, Quispe e Mendoza (2017), mostram que cada recondicionamento do motor reduz em aproximadamente 2 % a eficiência com relação ao rendimento de fábrica, se for o primeiro reparo, ou do recondicionamento anterior. São diversas as origens dessa perda de eficiência, desde a própria falha, danificando internamente as propriedades magnéticas do núcleo, até a qualidade do reparo da empresa recondicionadora. Assim, mesmo o melhor reparador não conseguirá eliminar por completo a perda de eficiência do motor causada pelo processo reparo.

Todavia, apesar de haver um benefício econômico inicial com o conserto do equipamento após a falha, há um aumento das perdas elétricas no motor causadas pelo processo de recondicionamento. E, se somado o custo inicial e o gasto

energético (levando em consideração a tarifa de energia e o tempo de operação), esse pode ser mais oneroso do que a soma da compra e do gasto energético de um motor novo.

2.2.3 Estudos empíricos sobre o rendimento médio dos motores

Um dos estudos contidos no guia de recondicionamento, feito por EASA e AEMT (2003), realizou um teste com 22 motores novos comprados no Reino Unido para verificação da qualidade do recondicionamento do motor realizado por empresas britânicas, medindo-se os rendimentos dos motores antes e após a aplicação do processo de recondicionamento.

O processo de verificação iniciou-se na medição do rendimento do motor com carga antes de ser submetido ao recondicionamento e depois foi aplicado um procedimento para forçar uma falha no motor. Constatada a falha, o motor foi enviado para recondicionamento e, quando pronto, foi medido o seu rendimento com carga. Além disso, algumas técnicas específicas foram exigidas ao recondicionador para que diversos procedimentos, falhos ou não, no processo de recondicionamento pudessem ser analisados.

Neste estudo foram escolhidas diversas potências de motores com diversos parâmetros diferentes, como tensão e frequência e, também, diversas técnicas de recondicionamento. Assim, para esta dissertação, foram escolhidos para análise os motores com tensão até 600 V e frequência de 60 Hz de EASA e AEMT (2003), que são equivalentes aos motores cobertos pelo Decreto N° 4.508, de 11 de dezembro de 2002. Na tabela 2.3 são transcritos os resultados do estudo realizado no Reino Unido.

Tabela 2.3. Resultado do estudo sobre o rendimento após recondicionamento no Reino Unido

<i>Tag do motor</i>	<i>Potência em CV</i>	<i>Grupo</i>	<i>Rendimento antes (%)</i>	<i>Rendimento depois (%)</i>	<i>Perda absoluta</i>	<i>Perda percentual</i>
1a	100	A	94,1	93,6	0,5	0,531 %
2b	100	A	92,9	92,4	0,5	0,538 %
3c	100	A	94,5	94,1	0,4	0,423 %
4d	100	A	95,0	94,5	0,5	0,526 %
5e	150	A	92,3	92,0	0,3	0,325 %
7b	150	A	93,7	93,3	0,4	0,427 %
Perda média do Grupo A					0,43	0,462 %
6f	150	B	94,4	94,3	0,1	0,106 %
9e	60	B	90,1	89,9	0,2	0,222 %
10d	125	B	95,4	95,2	0,2	0,210 %
11f	200	B	96,4	96,3	0,1	0,104 %
24e	100	B	95,1	95,0	0,1	0,105 %
Perda média do Grupo B					0,14	0,149 %
4d	100	C1	95,0	94,8	0,2	0,211 %
12f	150	C1	95,9	95,8	0,1	0,104 %
8c	200	C1	96,2	95,6	0,6	0,624 %
Perda média do Grupo C1					0,28	0,313 %
Perda média de todos os motores					0,30	0,318 %

Fonte: EASA e AEMT (2003)

O resultado médio é de uma perda de 0,318 % no rendimento do motor. Todavia, os resultados podem ser divididos em 3 grupos de análise (A, B e C1).

No grupo B foram aplicadas as melhores técnicas de recuperação do motor, fazendo assim um processo de recondicionamento controlado, outra técnica essencial foi o controle da temperatura no processo de *burnout* de retirada do cobre da carcaça, alcançando-se um resultado de 0,149 % de perda de rendimento.

Para o grupo A foi realizado sem o controle do processo de recondicionamento e sem o controle da temperatura, como resultado a perda foi de em média 0,462 %, aproximadamente 3 vezes maior do que o que foi realizado com o controle do recondicionamento.

Para o grupo C1 foi utilizado o processo de recondicionamento controlado com a temperatura também sob controle, porém foi realizado o processo diversas vezes (2 a 3 vezes) para saber o efeito que a repetição de recondicionamento pode

trazer ao motor. Como resultado a perda média do rendimento encontrada foi de 0,313 %, dobrando a perda no motor quando comparado a somente um recondicionamento correto.

Analisando o cenário Brasileiro, Bortoni *et al* (2007) realizam um estudo em 8 motores, com a diferença de terem escolhido potências menores (5 CV, 10 CV e 15 CV de 4 polos), condizentes com os típicos motores utilizados na indústria brasileira, além de serem motores que estavam sendo usados em indústrias.

No estudo mediu-se o rendimento desses motores antes e depois do recondicionamento, cujos resultados apresentaram uma melhora do desempenho dos motores pós-recondicionamento. O que era de se esperar, pois os motores usados com baixa manutenção, típicos do cenário brasileiro, apresentarão uma melhora de desempenho após a realização de uma manutenção. Entretanto, o estudo não comparou o rendimento pós-recondicionamento com o rendimento nominal de fábrica e, se fosse realizado, seria notado que esses motores estão muito abaixo do desempenho esperado. Portanto está equivocada a conclusão do estudo de que não é válida a teoria de perda de 2 % de rendimento a cada recondicionamento.

Para medir as reais perdas de rendimento dos motores do estudo é necessário saber os valores de rendimento nominais de cada motor. Todavia o estudo não apresentou uma data de fabricação dos motores, nem o rendimento nominal de fábrica para a verificação da perda do rendimento após recondicionamento. Assim, foi utilizado como base a tabela de 2002 de rendimentos mínimos para motores fabricados em território nacional, descrito no Decreto nº 4.508, de 11 de dezembro de 2002. Deste modo uma diferença mínima de 5 anos foi encontrada quando é comparado a data de realização do estudo (2007) com a data de publicação do Decreto (2002).

Do Decreto foram tomados como base os valores para motores tipos padrão e alto rendimento. Também foram utilizados os novos valores de rendimento mínimo de motores trifásicos segundo a Portaria Interministerial nº 1, de 29 de junho de 2017, como referência de motores de nível *premium*. O resultado pode ser visto nas tabelas 2.4 e 2.5 abaixo.

Tabela 2.4. Rendimentos do estudo de Bortoni et al (2007), do Decreto nº 4.508/2002 e da Portaria Interministerial nº1/2017.

Potência do motor (CV)	Rendimento no procedimento de recondicionamento – trabalho de Bortoni et al. (2007)		Rendimento pelo Decreto nº 4.508/2002 e Portaria Interministerial nº1/2017		
	Antes	Depois	Padrão	Alto rendimento	Premium
5	80,1	82,1	85,0	87,5	89,5
5	80,7	80,8	85,0	87,5	89,5
10	81,4	81,7	87,5	89,5	91,7
10	86,8	87,5	87,5	89,5	91,7
10	86,3	86,3	87,5	89,5	91,7
10	84,7	85,5	87,5	89,5	91,7
15	86,8	86,5	88,5	91,0	92,4
15	86,3	85,4	88,5	91,0	92,4

Tabela 2.5. Perdas percentuais entre o estudo de Bortoni et al (2007) e o Decreto nº 4.508/2002 e Portaria Interministerial nº1/2017.

Potência do motor (CV)	Perdas percentuais entre rendimento após recondicionamento e o Decreto e Portaria		
	Padrão	Alto rendimento	Premium
5	3,41 %	6,17 %	8,27 %
5	4,94 %	7,66 %	9,72 %
10	6,63 %	8,72 %	10,91 %
10	0,00 %	2,23 %	4,58 %
10	1,37 %	3,58 %	5,89 %
10	2,29 %	4,47 %	6,76 %
15	2,26 %	4,95 %	6,39 %
15	3,50 %	6,15 %	7,58 %
Perda Média	3,05 %	5,49 %	7,51 %

Com isso dá para se notar que o recondicionamento no mercado brasileiro tem uma baixa qualidade quando comparado com países que aplicam corretamente os procedimentos de recondicionamento de motores. O principal indicador está no fato do Reino Unido possuir índices de perdas por recondicionamento de média 0,318 % e o Brasil possuir no mínimo 3,05 % (comparação entre os motores estudados por Bortoni *et al* em 2007 e motores rendimento dos motores tipo padrão de 2002), significando um resultado 9,6 vezes maior.

Os baixos índices de perdas do Reino Unido é reflexo da estruturação do setor de recondicionamento, nivelamento da mão de obra e de investimentos em estudos

sobre melhores técnicas de recondicionamento, como de Walters que em 1998 já realizava trabalhos para a melhoria do setor.

2.3 Processo de recondicionamento de motores elétricos

O recondicionamento de motores é considerado como todo ato de reparo do motor que exija a sua total abertura para a realização da manutenção de partes internas. Assim, a troca de rolamentos, bobinas, ventiladores, balanceamentos fazem parte do processo de recondicionamento.

Para se entender o correto processo de recondicionamento foi utilizado um documento de EASA e AEMT (2003) que reúne diversos trabalhos sobre o efeito do recondicionamento nos motores elétricos e, também, apresenta um guia das melhores práticas de recondicionamento. Esse documento foi desenvolvido entre duas agências a *Electrical Apparatus Service Association, Inc.* (EASA) dos EUA e a *Association of Electrical and Mechanical Trades* (AEMT) do Reino Unido, que agregaram as pesquisas mais importantes existentes na literatura, como Walters (1998) e Yung (2003) . Também foram utilizadas dicas de boas práticas de recondicionamento com a ABINEE e WEG durante as reuniões do 4º grupo de trabalhos de motores.

O processo de reparo pode ser dividido em 10 principais etapas, quais sejam:

- 1) Inspeção inicial e documentação;
- 2) Desmontagem para retirada das tampas e rotor;
- 3) Documentação final e finalização da identificação do defeito do motor;
- 4) Retirada das bobinas;
- 5) Limpeza do núcleo e parte externa;
- 6) Rebobinamento do motor;
- 7) Envernizamento;
- 8) Reparos mecânicos;
- 9) Pintura;
- 10) Fechamento e testes.

Nos próximos itens desta seção, será descrita cada uma das etapas do processo de recondicionamento, objetivando-se fazer as considerações necessárias para se estimar a perda de eficiência energética dos motores reconicionados brasileiros.

2.3.1 Inspeção inicial e documentação

O primeiro passo é fazer a inspeção inicial do motor. Deve-se verificar externamente as condições do equipamento, para se encontrar um possível defeito ou impossibilidade de realizar o recondicionamento, auxiliando na precificação da manutenção. Itens a serem avaliados:

- Se houve descamação da pintura externa (deterioração por algum agente químico);
- Se ocorreu processo de enferrujamento do motor (instalação em local úmido);
- Se o eixo está travado (indica se o rolamento está gasto ou se o metal do rotor está preso no núcleo do estator por um possível desbalanceamento);
- Se ocorreu descoloração ou alteração de cor da pintura (indica principalmente que ocorreu o processo de superaquecimento do motor que possivelmente o condenará);
- Se o motor é muito antigo;
- Se o equipamento está sujo (indica possível falha por dificuldade de resfriamento);
- Se a base de fixação está em perfeitas condições (caso esteja muito danificada é caso de condenar o motor); e
- As condições da placa de parâmetros nominais.

Tudo o que for levantado deve ser documentado em uma ficha daquele motor. Devem-se incluir informações da placa nominal e algumas outras que devem ser coletadas por meio de entrevistas com o cliente, tais como:

- Qual o problema do motor e como ele ocorreu;

- Quantas vezes já foi realizado o recondicionamento do motor e quanto tempo demorou para acontecer o problema atual depois do último recondicionamento ou compra;
- Quantos dias o motor fica em operação e quantas horas de uso por dia;
- Qual o tipo de partida a que o motor é submetido;
- Em que ambiente o motor está submetido; e
- Que tipo de carga o equipamento aciona.

2.3.2 Desmontagem para retirada das tampas e rotor

A desmontagem deve ocorrer de forma suave e precisa para que o núcleo não sofra avarias. Toda a manipulação do motor deve ocorrer desde o início com equipamentos específicos, como pontes rolantes e carros de transporte, para que não ocorram grandes impactos na carcaça.

Ao retirar as tampas do motor, deve-se sempre ter cuidado para não danificar com pancadas excessivas ou com uso de golpes diretos de martelo de aço. Além disso, devem-se utilizar materiais maleáveis entre a carcaça e o martelo para amortecer o impacto.

Após, na retirada do rotor, deve evitar-se de arrastá-lo contra o núcleo do estator e deve-se utilizar ferramenta específica para retirada. Essa ferramenta é composta de carro com braço de retirada de rotor, para seja realizada uma remoção suave.

2.3.3 Documentação final e finalização da identificação do defeito do motor

Nesta fase devem ser confirmadas as falhas para saber a quantidade de serviços a serem feitos.

Com o motor aberto, é muito importante observar e documentar as características do bobinamento presente na máquina para poder copiar o mesmo projeto do motor no reenrolamento. Nesta fase, deve-se observar:

- A quantidade de polos do motor;

- O número de fases;
- O número de *slots*;
- O número de voltas por bobinas;
- A quantidade de bobinas agrupadas;
- A forma de montagem (se é concêntrico, imbricado ou imbricado de duas camadas);
- Onde estão encaixadas as bobinas (passes);
- O diâmetro dos condutores das bobinas; e
- As conexões elétricas feitas em cada grupo de bobinas por fase.

2.3.4 Retirada das bobinas

A retirada da bobina tem que ser feita do modo menos agressivo possível. Deve-se evitar de retirar a bobina com puxões muito bruscos e evitar cortes agressivos dos condutores com pancadas muito fortes com a talhadeira. As laminações do estator são muito finas e delicadas, fazendo que um dano em somente uma das lâminas diminua em aproximadamente 0,04 % a eficiência do motor (segundos cálculos de perdas que serão apresentados na seção 3.3.1.2).

Primeiramente, devem-se realizar os cortes dos enrolamentos de somente um dos lados do motor. O ideal é utilizar uma máquina de corte de enrolamentos. Caso não possua esta máquina, pode ser utilizada a talhadeira da forma menos agressiva possível.

Posteriormente, três processos podem ser feitos, ou a queima do verniz pelo processo de *burnout*, ou o amolecimento do verniz para a retirada dos enrolamentos restantes e, por fim, uma combinação destes dois processos também pode ser feita.

O processo de *burnout* acontece dentro de uma estufa de calcinação numa temperatura de 350 °C a 370 °C. Essa é uma temperatura ideal e máxima para não alterar as propriedades magnéticas da têmpera realizada no núcleo do motor, sendo suficiente para a queima ou enfraquecimento do verniz.

Com o motor frio tenta-se retirar os enrolamentos com cuidado, caso ainda apresente alguma resistência, pode-se aplicar o processo *burnout* novamente.

Já no processo de amolecimento do verniz pendura-se o motor na estufa com a boca em que está o enrolamento não cortado voltada para baixo e, conforme o

verniz for amolecendo, o próprio enrolamento vai se soltando e caindo por gravidade.

O processo misto aplica primeiro o amolecimento do verniz para a retirada por gravidade da bobina e após realiza uma rápida calcinação para “enfraquecer” o verniz restante e facilitar sua retirada.

É extremamente importante salientar que não se deve expor o estator a uma temperatura acima de 370 °C. O dano do superaquecimento lesiona integralmente todas as lâminas de entreferro do estator, aumentando drasticamente a perda de eficiência no motor. De forma nenhuma deve-se usar maçaricos ou fogueiras para retirada do cobre do estator. Caso as bobinas continuem presas, o recomendado é que se repitam os processos de aquecimento indicados anteriormente.

2.3.5 Limpeza do núcleo e parte externa

A limpeza do núcleo é extremamente importante para recebimento da nova bobina do motor. Conforme instrução anterior, não danificar o núcleo é essencial para que não se aumentem as perdas.

Inicialmente, pode-se tentar usar escovas de fio metálico macias. Para limpezas maiores é indicado o uso de jato de água de alta pressão (lava a jato), com posterior secagem rápida em estufa.

2.3.6 Rebobinamento do motor

Deve-se inicialmente reproduzir fielmente o projeto do motor conforme enrolamento anterior danificado. Mas em alguns casos, por praticidade para produção em massa, alguns fabricantes ou rebobinadores inexperientes optam por fazer o enrolamento concêntrico⁵, no qual geralmente esse tipo de enrolamento é o menos eficiente (EASA e AEMT, 2003).

⁵ Enrolamento Concêntrico, as duas bobinas que compõem um polo do motor estão alinhadas de forma que um polo não se entrelace no outro.

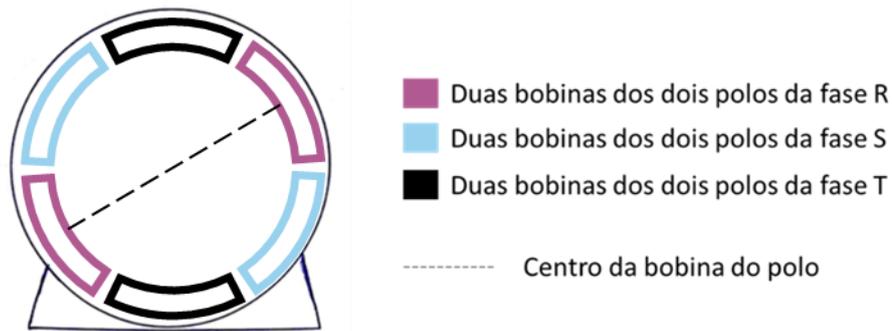


Figura 2.9. Enrolamento tipo concêntrico de um motor de 2 polos

Há a possibilidade de troca de projeto enrolamento de motor, mas só deve ser feito em último caso. Preferencialmente, se pode mudar o motor de concêntrico para imbricado de duas camadas⁶, pois essa configuração pode melhorar o rendimento do motor(EASA e AEMT, 2003).

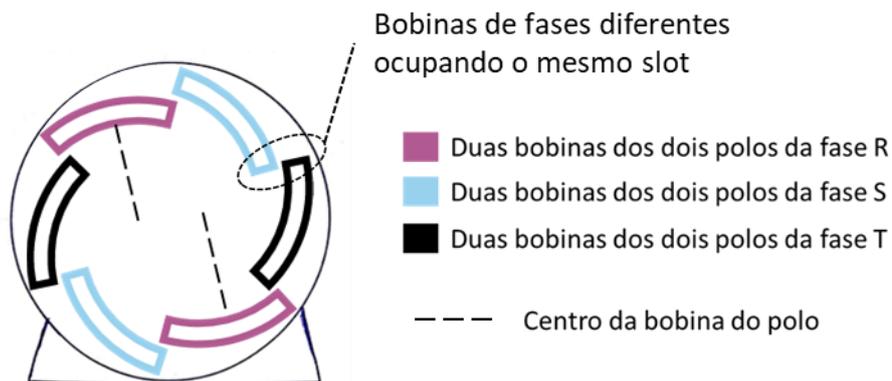


Figura 2.10. Enrolamento tipo imbricado camada dupla para motor de 2 polos

No processo de fabricação da bobina deve-se preocupar em confecciona-la com menor diâmetro possível, pois cada centímetro de fio economizado por espira, multiplicado pelo número de espiras, diminui significativamente as perdas do estator. Isso acontece pois diminui-se a resistência da bobina, melhorando o rendimento do motor. Outro cuidado que deve ser tomado é na correta aplicação do verniz ao núcleo e bobinas para evitar a formação de pontos de aquecimento.

⁶ Enrolamento Imbricado de duas camadas é um tipo de enrolamento onde as duas bobinas de cada polo estão desalinhadas uma da outra e se entrelaçando, onde duas bobinas de dois polos diferentes ocupam o mesmo slot.

2.3.7 Envernizamento

Deve-se colocar no mínimo o mesmo verniz especificado pelo fabricante, mas, preferencialmente, no mínimo uma classe acima da de fábrica para auxiliar na dissipação térmica dos pontos quentes, que são mais frequentes após rebobinamento (EASA e AEMT, 2003).

Deve-se utilizar o método adequado de envernizamento, conforme os fabricantes, essencialmente existem três, quais sejam:

- Imersão – todo o estator já com a nova bobina instalada é mergulhado totalmente dentro de solução de verniz.
- Gotejamento – núcleo do motor com a bobina nova instalada é colocado em um sistema que rotaciona a carcaça enquanto pequenos bicos gotejam material sobre ela, assim, o verniz acaba se espalhando por toda bobina e estator. É necessário um equipamento especial para aplicar a rotação correta e gotejar em diversos pontos específicos ao mesmo tempo.
- Impregnação a vácuo – o núcleo do motor e o estator são colocados dentro de um recipiente no qual são imersos em verniz e, logo após, o recipiente é lacrado e aplicado uma pressão negativa, forçando que o ar nos os pequenos espaços entre condutores seja expulso e sejam completamente preenchidos por verniz. Este é o método que melhor faz a impregnação do verniz, aumentando a dissipação térmica e por consequência a vida útil do motor reparado.

A fabricante nacional WEG, reconhecida por sua qualidade na fabricação de motores, conforme os *datasheets* disponíveis no seu site, utiliza para seus motores *premium* verniz tipo F. A impregnação utilizada na maioria dos motores é de imersão com verniz de poliéster para motores de até 50 CV. De 60 CV até 550 CV em diante costuma-se usar o método de gotejamento.

2.3.8 Reparos mecânicos

Nesta fase é mais comum realizar a troca dos rolamentos e buchas, engraxamentos, troca das ventoinhas, reparos nas tampas e limpeza da carcaça.

Além disso, serviços mais complexos podem ser feitos, como balanceamento de rotores.

É importante salientar que ao se engraxar o rolamento, deve-se respeitar o tipo e a quantidade indicados pelo fabricante, mas, em caso de dúvida, deve-se ocupar somente até $\frac{3}{4}$ do rolamento com a graxa (EASA e AEMT, 2003). Um excesso de lubrificação também atrapalha no rendimento do motor, fazendo-o cair em torno de 0,4 % (EASA e AEMT, 2003).

2.3.9 Pintura

Deve-se fazer a pintura com tinta específica para motores indicada pelo fabricante, sempre com o cuidado de não obstruir dutos de ventilação do motor. Além disso, deve ser respeitado o tempo de secagem antes de entregar o motor ao cliente e, também, o tempo e a temperatura de secagem em estufa, caso seja recomendado pelo fabricante.

2.3.10 Fechamento e testes

Segundo o EASA e AEMT (2008), nem sempre é fácil realizar o teste de carga no motor, pois deve-se considerar um tempo maior de entrega para que estes testes sejam conduzidos. Além disso, deve ser considerado o consumo de energia para se realizar o teste e, também, se o equipamento utilizado para teste suporta o motor a ser testado. Para sanar este ponto, recomenda-se outros testes para verificar a integridade do reparo do motor.

O primeiro a ser feito em qualquer motor é verificar a integridade do núcleo, pois qualquer mudança acima de 20 % na perda no núcleo indica que houve perdas significativas no processo de retirada das bobinas do estator. (EASA e AEMT, 2003).

Antes de fechar o motor, deve-se verificar se os valores da resistência dos grupos de bobinas por fase são iguais, para garantir o balanceamento de fases.

2.4 Motores elétricos no Brasil

Para se ter uma noção da importância do tema proposto nesta dissertação, são apresentados nesta seção o histórico de vendas de motores trifásicos no Brasil de 1990 a 2006, segundo ABINEE (2007) e o número de motores em operação no Brasil de 2003 a 2015, segundo Micerino (2012). Em 2006, por exemplo, foram vendidos mais de 2 milhões de motores, chegando-se a 14 milhões de motores em operação. Abaixo, na tabela 2.6, são apresentados os dados históricos fornecidos pela ABINEE das vendas realizadas por fabricantes nacionais de motores trifásicos de 1990 a 2006.

Tabela 2.6. Histórico de venda de motores trifásicos de 1990 a 2006

Ano	Total	Até 1 CV	De 1,1 CV até 10 CV	De 11 CV até 40 CV	De 41 CV até 100 CV	De 101 CV até 300 CV	Acima de 301 CV
1990	847 283	274 952	495 607	61 228	11 401	3 862	233
1991	788 664	256 421	465 252	54 891	8 713	3 200	187
1992	722 186	227 869	421 557	58 401	10 585	3 591	183
1993	756 647	235 828	446 430	59 077	11 340	3 700	272
1994	963 825	328 353	537 670	77 947	14 544	4 951	360
1995	1 285 971	443 169	716 855	98 614	19 390	7 395	548
1996	1 071 063	356 815	600 791	88 195	17 798	6 778	686
1997	1 254 737	396 482	711 519	113 125	23 024	9 695	892
1998	1 210 760	335 721	704 677	132 524	25 621	10 981	1 236
1999	1 178 219	354 510	676 130	115 207	22 203	9 224	945
2000	1 390 034	449 907	770 264	132 125	26 461	10 360	917
2001	1 367 812	433 287	760 608	132 857	28 356	11 451	1 253
2002	1 339 635	403 204	758 017	136 692	28 093	12 348	1 281
2003	1 382 057	404 317	779 439	152 191	31 247	13 338	1 525
2004	1 637 971	486 177	915 329	182 306	37 858	14 695	1 606
2005	1 660 419	499 690	910 902	188 442	42 305	16 923	2 157
2006	2 032 141	686 286	1 034 762	233 083	55 408	20 030	2 572

Fonte: ABINEE (2007)

Infelizmente, a Abinee não possuía dados mais atualizados, assim, a partir dos dados históricos de vendas de motores, foi realizada a extrapolação para 2018 por meio de uma equação linear que descreve a variação de vendas conforme o

tempo, conforme indicado pela figura 2.11. Os resultados da projeção são apresentados na tabela 2.7.

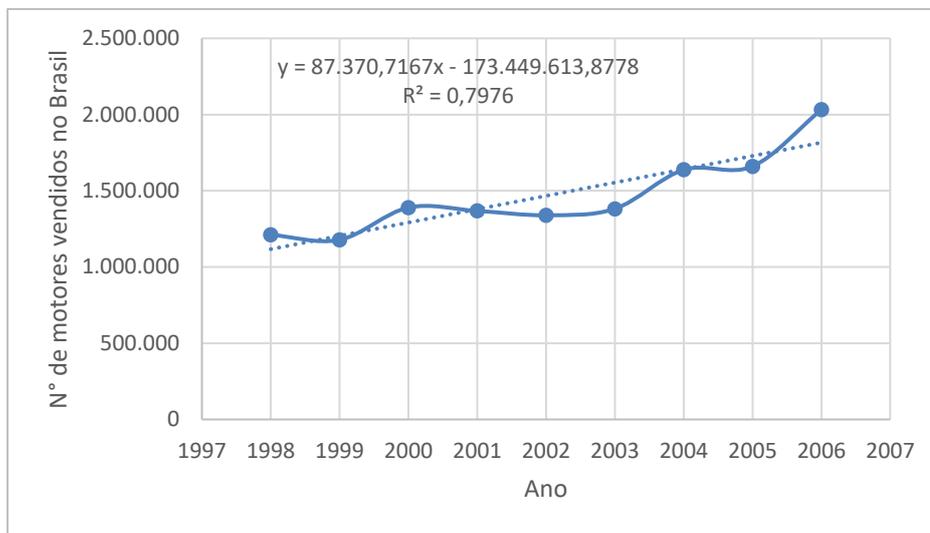


Figura 2.11. Projeção do número de motores trifásicos vendidos por ano no Brasil via regressão linear

Com base nesta projeção, estima-se para o ano de 2016, mais 2,7 milhões de motores trifásicos vendidos no Brasil, sendo que a faixa de potência mais comum motores vendidos é a de 1,1 até 10 CV.

Tabela 2.7. Extrapolação via regressão linear das vendas de motores trifásicos do ano de 2007 a 2018

Ano	Total	Até 1 CV	De 1,1 CV até 10 CV	De 11 CV até 40 CV	De 41 CV até 100 CV	De 101 CV até 300 CV	Acima de 301 CV
2007	1 921 478	586 608	1 070 157	203 050	42 531	17 210	1 922
2008	2 008 857	613 284	1 118 822	212 283	44 465	17 993	2 010
2009	2 096 237	639 960	1 167 488	221 517	46 399	18 776	2 097
2010	2 183 617	666 636	1 216 154	230 751	48 333	19 558	2 184
2011	2 270 996	693 312	1 264 819	239 985	50 267	20 341	2 272
2012	2 358 376	719 989	1 313 485	249 218	52 201	21 124	2 359
2013	2 445 756	746 665	1 362 151	258 452	54 135	21 906	2 447
2014	2 533 136	773 341	1 410 816	267 686	56 069	22 689	2 534
2015	2 620 515	800 017	1 459 482	276 920	58 004	23 471	2 622
2016	2 707 895	826 693	1 508 148	286 153	59 938	24 254	2 709
2017	2 795 275	853 369	1 556 813	295 387	61 872	25 037	2 796
2018	2 882 654	880 045	1 605 479	304 621	63 806	25 819	2 884

Para acompanhar os resultados do Balanço Energético Nacional 2017, ano base 2016, descrito na introdução, as análises serão baseadas no ano de 2016 e, para

esse ano, há a seguinte distribuição percentual de motores por potência em CV, (tabela 2.8), sendo 55,7 % dos motores vendidos estimados para as potências entre 1,1 e 10 CV.

Tabela 2.8. Número de vendas de motores elétricos e distribuição percentual dentro de grupos de potências de motores encontrados no mercado.

Ano	Total	Até 1 CV	De 1,1 CV até 10 CV	De 11 CV até 40 CV	De 41 CV até 100 CV	De 101 CV até 300 CV	Acima de 301 CV
2016	2 707 895	826 693	1 508 148	286 153	59 938	24 254	2 709
	100,00 %	30,53 %	55,69 %	10,57 %	2,21 %	0,90 %	0,10 %

Micerino (2012) compilou as informações da ABINEE e do MME e confeccionou uma tabela estimando o total de motores existentes na indústria brasileira de 2003 até 2015.

Tabela 2.9. Número de motores em funcionamento no Brasil dos anos de 2003 a 2015

Ano	Nº motores em operação
2003	12 000 000
2004	12 847 084
2005	13 094 528
2006	13 695 337
2007	14 382 101
2008	14 725 917
2009	13 908 920
2010	15 383 266
2011	16 090 896
2012	16 831 077
2013*	17 605 307
2014*	18 415 151
2015*	19 262 248

*Projeção feita por Micerino (2012)

Fonte: Micerino (2012)

Com as estimativas de Micerino (2012), fez-se uma extrapolação até o ano 2018 com equação linear mostrada na figura 2.12. Os resultados das projeções feitas

a partir dos dados constantes no trabalho do autor supracitado são apresentados na tabela 2.10.

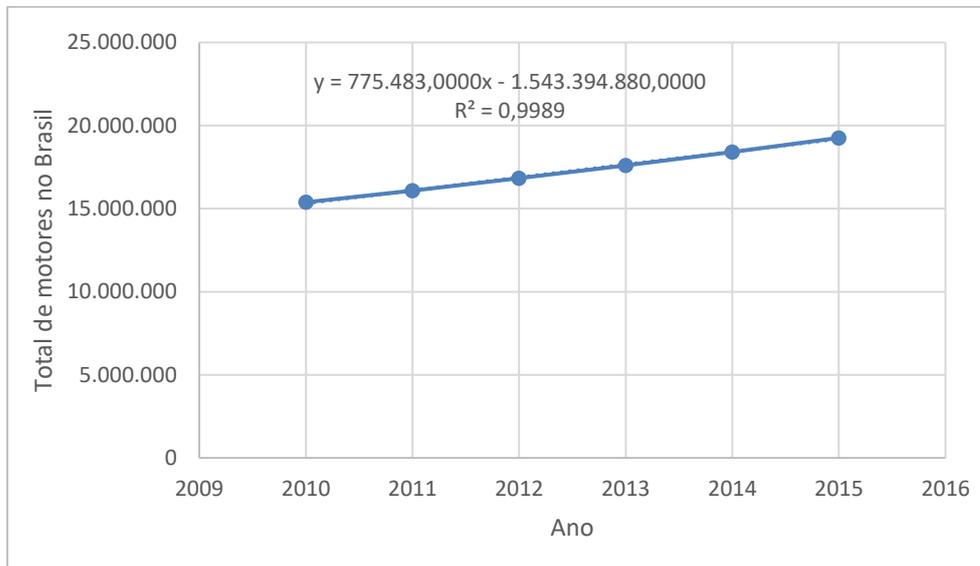


Figura 2.12. Gráfico de número de motores trifásicos existentes no Brasil por ano e regressão linear

Com base nesta projeção, estima-se para o ano de 2016, cerca de 20 milhões de motores em operação no Brasil, um crescimento de pouco mais de 3,7 % ao ano.

Tabela 2.10. Extrapolação via regressão linear dos motores existentes trifásicos do ano de 2016 a 2018

Ano	Nº motores em operação
2016	19 978 848
2017	20 754 331
2018	21 529 814

Por fim, deve-se mencionar ainda que a idade média dos motores Brasileiros é de aproximadamente 17 anos, conforme pesquisa da WEG (2017).

2.5 Considerações sobre o capítulo

Neste capítulo foi apresentada a revisão da literatura sobre o motor de indução trifásico, rotor gaiola de esquilo, mostrando inicialmente os seus principais componentes, sendo eles: rotor, estator (que pode ser dividido entre enrolamento e núcleo), sistema de ventilação, rolamentos e carcaça.

Em seguida, foram apresentadas as equações básicas de motores elétricos e os cálculos de rendimento. Isso foi realizado para que nas próximas etapas seja possível calcular os rendimentos e perdas referentes aos motores reconicionados.

A principal equação para medir o desempenho de um motor é a do rendimento (equação 2.10), que representa a razão entre as potências de saída e de entrada. Essa proporção nunca é igual a 1, pois sempre há perdas no processo de transformação de energia elétrica em mecânica. Essas perdas podem ser dimensionadas e são separadas principalmente em 5 grupos de perdas, sendo elas: perdas por I^2R no estator, por I^2R no Rotor, perdas mecânicas, perdas no núcleo e perdas suplementares.

Uma das mais significativas é a perda no núcleo, pois ele é um dos elementos mais expostos durante o reconicionamento do motor e pode ser facilmente danificado, apesar de sua aparência robusta. Ainda mais que o enrolamento a ser retirado está grudado nele por um verniz especial resistente a altas temperaturas. Muitas empresas recorrem a métodos drásticos para conseguirem retirar o enrolamento, chegando a submeter ao núcleo a chamas de maçarico. Esse procedimento retira toda a propriedade de têmpera feita pelo fabricante de motor, alterando as propriedades magnéticas que otimizavam o rendimento do motor.

Portanto, não é à toa que, quando se comparam estudos empíricos de países onde os corretos procedimentos de reconicionamento são estimulados, com as empresas de reconicionamento no Brasil, as diferenças são tão significativas. A perda de eficiência dos motores após passarem por empresas de reconicionamento no Reino unido em 2003, no estudo de EASA e AEMT (2003), é em média de 0,318 %. Quando é analisado o reconicionamento pelo Brasil, como feito por Bortoni *et al.* (2007) essa perda é no mínimo em 3,05 %, ou seja, 9,6 vezes maior.

Nesse capítulo também foram realizadas projeções para o ano de 2016 e 2018, utilizando dados a partir 2006 até 2007 da ABINEE (2007), de número de venda de

motores, e dados mostrados por Micerino (2012) de 2012 a 2015 de número total de motores na indústria no Brasil. Além disso foi encontrado nos estudos da WEG (2017) que a idade média dos motores brasileiros é equivalente a 17 anos.

3 Metodologia de trabalho

Nesse capítulo sobre a metodologia de trabalho serão apresentadas as principais técnicas utilizadas para o dimensionamento do mercado de recondicionamento de motores elétricos. Para facilitar o entendimento e desenvolvimento a pesquisa foi dividida em 3 etapas, quais sejam:

- Etapa 1 - Dimensionamento do total de empresas no território nacional que fazem reparo de motores;
- Etapa 2 - Pesquisa de campo (coleta de dados);
- Etapa 3 - Dimensionamento e caracterização do mercado.

Um dos objetivos específicos desse trabalho é estimar a quantidade de empresas de recondicionamento e como elas estão distribuídas no território nacional. Outro objetivo deste trabalho visa determinar as características do serviço prestado pelas empresas de recondicionamento brasileiras, além de estimar a quantidade de motores reconicionados que são vendidos ou os que são realizados somente o serviço de recondicionamento encomendado pelo cliente. Por fim, com vistas a atingir o objetivo geral desta dissertação, os passos seguintes são dimensionar o mercado e os impactos energéticos dos produtos ofertados pelas empresas que fazem recondicionamento, seja visando o serviço, seja vendendo motores reconicionados. Um fluxograma da metodologia geral do trabalho está descrito na figura 3.1.

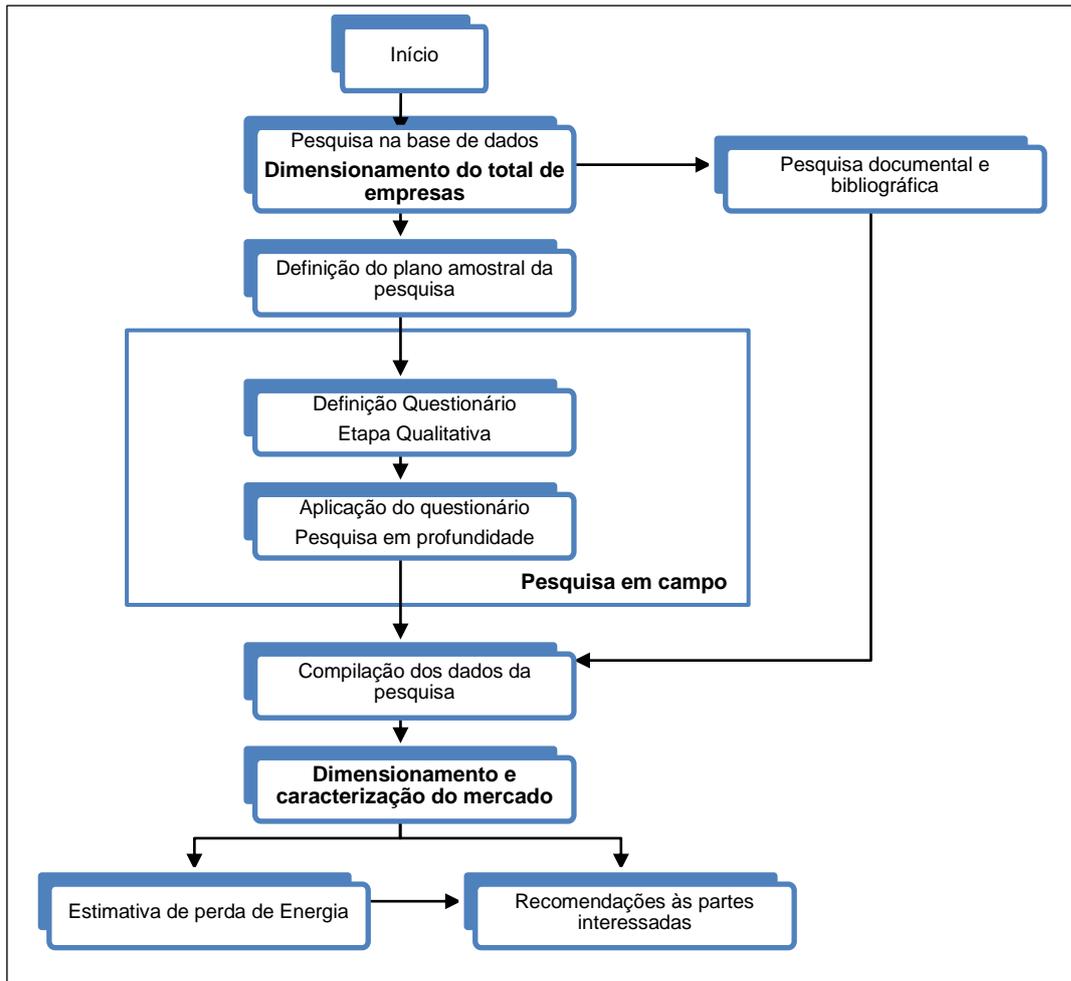


Figura 3.1. Metodologia geral da pesquisa

Cada uma das três etapas descritas anteriormente será melhor explicada nas seções seguintes, buscando elucidar quais passos devem ser seguidos para estimar o mercado de motores reconicionados de um país. A aplicação desta metodologia para o caso brasileiro será apresentada no capítulo 4 desta dissertação.

3.1

Etapa 1 - Dimensionamento e estatística descritiva de empresas de reconicionamento no Brasil

Essa etapa tem como objetivo encontrar uma estimativa do total de empresas de reconicionamento de motores elétricos que há em um país, além de todos os dados estatísticos relativos a essas empresas. Essa etapa auxiliará: (1) na definição da amostra de empresas estatisticamente relevantes para pesquisa em campo; (2) no desenvolvimento do total de empresas em território nacional e; (3) futuramente em

nortear em quais locais ações de políticas públicas podem ser realizadas para a melhoria desse setor de mercado.

Os melhores locais para encontrar esse número de empresas são nas bases de dados nacionais sobre informativos de cadastros de empresas e, também no informativo sobre dados de trabalhadores ativos do país. No caso do Brasil, foram realizadas pesquisas no banco de dados do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), sendo estas comparadas aos dados fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) sobre empresas cadastradas no Brasil. Além disso, foram utilizadas as informações fornecidas pela Associação Brasileira de Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) sobre as empresas credenciadas pelos grandes fabricantes de motores no Brasil. O detalhamento de todo o processo desta fase da pesquisa, bem como a definição do perfil de empresa de recondicionamento foi realizada. Uma explanação sucinta é feita nos tópicos que se seguem de como foram realizadas as consultas aos bancos de dados.

3.1.1 Delimitação do perfil de empresa

Conforme mencionado anteriormente, a primeira etapa do trabalho é identificar o perfil das empresas que recondicionam motores. Esse perfil será usado como palavra chave de busca de informação nas bases de dados (BDs) do MTE e do IBGE. Como no momento da confecção dessa etapa do trabalho, durante o segundo semestre de 2017, ainda não tinham sido divulgados algumas pesquisas relativas ao ano de 2016, portanto, ressalta-se que foram utilizadas pesquisas divulgadas no ano de 2016, relativas ao desempenho das empresas no ano de 2015.

A Base de dados do MTE utilizada será a da Relação Anual de Informações Sociais – RAIS (MTE, 2017). Esta é uma base de informações socioeconômicas, solicitadas às pessoas jurídicas e outros empregadores, atualizada anualmente, sendo um importante instrumento de controle da atividade trabalhista do Brasil.

Para confirmação dos resultados do RAIS foi realizada a pesquisa na tabela 6450 do Cadastro Central de Empresas – CEMPRE - do IBGE (IBGE, 2017).

Para se encontrar nas BDs informações sobre tipos de empresas que fazem recondicionamento de motores, foi necessário entender como as empresas são classificadas e categorizadas dentro desses bancos de dados. Foi verificado um

ponto em comum de termo de pesquisa dentro das BDs, o “código CNAE”. A Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) é um código que todo estabelecimento comercial possui, que classifica o tipo de atividade econômica que aquela empresa realiza. Esta é uma forma de padronizar, em todo o território nacional, os códigos de atividades econômicas e métodos de cobrança de tributos usados pelos mais diversos órgãos da administração tributária do Brasil (CONCLA, 2018a).

A CNAE resulta de um trabalho conjunto das três esferas de governo, elaborada sob a coordenação da Secretaria da Receita Federal e orientação técnica do IBGE, com representantes da União, dos Estados e dos Municípios, na Subcomissão Técnica do CNAE, que atua em caráter permanente no âmbito da Comissão Nacional de Classificação – CONCLA. Assim, por meio dos códigos CNAE é possível identificar as empresas cujos serviços se enquadram no objeto de estudo deste trabalho.

O código CNAE é dividido em seção, divisão, grupo, classe e subclasse, conforme indicado na figura 3.2. Todavia essa classificação ainda não é exaustiva, pois, quando se analisa o código, verifica-se que dentro das subclasses há diversas atividades registradas para cada CNAE, conforme indicado na figura 3.3.

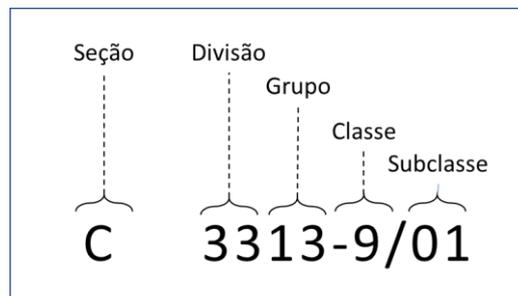
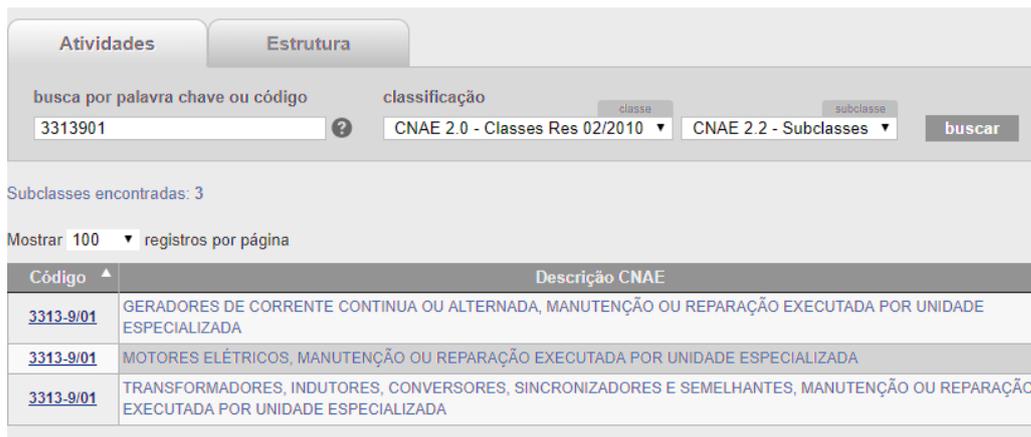


Figura 3.2. Divisão do código CNAE.

Assim, por meio das pesquisas apresentadas nas figuras 3.2 e 3.3, pode-se concluir que não há uma numeração no código de forma que se organize, contabilize ou distribua os resultados nas bases de pesquisas referentes às atividades.



Atividades Estrutura

busca por palavra chave ou código classificação

3313901 CNAE 2.0 - Classes Res 02/2010 CNAE 2.2 - Subclasses buscar

Subclasses encontradas: 3

Mostrar 100 registros por página

Código	Descrição CNAE
3313-9/01	GERADORES DE CORRENTE CONTINUA OU ALTERNADA, MANUTENÇÃO OU REPARAÇÃO EXECUTADA POR UNIDADE ESPECIALIZADA
3313-9/01	MOTORES ELÉTRICOS, MANUTENÇÃO OU REPARAÇÃO EXECUTADA POR UNIDADE ESPECIALIZADA
3313-9/01	TRANSFORMADORES, INDUTORES, CONVERSORES, SINCRONIZADORES E SEMELHANTES, MANUTENÇÃO OU REPARAÇÃO EXECUTADA POR UNIDADE ESPECIALIZADA

Figura 3.3. Exemplo com 3 Atividades dentro do código CNAE 33.13-9/01.

Fonte: (CONCLA, 2018b)

Para selecionar os códigos CNAE que correspondem às empresas que retificam motores foram usadas 3 rodadas de seleção. Na primeira rodada foram selecionados os códigos CNAE cuja subclasse estivesse envolvida diretamente com as palavras chaves “Reparação”, “Motores”, “Elétricos” e “Máquinas”. Na segunda rodada foram selecionadas as atividades de manutenção e reparo de equipamentos mecânicos complexos, mas que consomem energia elétrica principalmente por motores elétricos. Por último, foram selecionados os códigos CNAE envolvendo principalmente o comércio de itens elétricos.

Para realizar o tratamento dos resultados com relação às atividades, foi verificada a descrição de cada uma delas dentro de cada CNAE subclasse e, em seguida, criou-se uma relação da quantidade de atividades que poderiam ter empresas que retificam motores sobre o total de atividades para cada CNAE, para que, assim, fosse composto um resultado mais conservador e realista.

A tabela 3.1 indica todos os 19 códigos selecionados destinados a empresas que trabalham com recondicionamento de motores no Brasil. Na última coluna desta figura (percentual de redução aplicado) está quantificado o número de atividades que foram selecionadas (atividades escolhidas) dividido pelo total de atividades dentro de cada um dos códigos utilizados na pesquisa na base da RAIS (total de atividades).

Tabela 3.1 Códigos CNAE selecionados

CNAE	Descrição	Atividades Selecionadas		
		Atividades Escolhidas	Total de atividades	% redução aplicado
3313901	Manutenção e Reparação de Geradores, Transformadores e Motores Elétricos	3	3	100,0 %
3313999	Manutenção e Reparação de Máquinas, Aparelhos e Materiais Elétricos não Especificados Anteriormente	2	2	100,0 %
3314702	Manutenção e Reparação de Equipamentos Hidráulicos e Pneumáticos, Exceto Válvulas	2	4	50,0 %
3314704	Manutenção e Reparação de Compressores	3	3	100,0 %
3314707	Manutenção e Reparação de Máquinas e Aparelhos de Refrigeração e Ventilação para Uso Industrial e Comercial	4	11	36,4 %
3314710	Manutenção e Reparação de Máquinas e Equipamentos para Uso Geral não Especificados Anteriormente	3	16	18,8 %
3314713	Manutenção e Reparação de Máquinas-Ferramenta	5	14	35,7 %
3314714	Manutenção e Reparação de Máquinas e Equipamentos para a Prospecção e Extração de Petróleo	2	2	100,0 %
3314715	Manutenção e Reparação de Máquinas e Equipamentos para Uso na Extração Mineral, Exceto na Extração de Petróleo	2	2	100,0 %
3314718	Manutenção e Reparação de Máquinas para a Indústria Metalúrgica, Exceto Máquinas-Ferramenta	3	3	100,0 %
3314719	Manutenção e Reparação de Máquinas e Equipamentos para as Indústrias de Alimentos, Bebidas e Fumo	5	5	100,0 %
3314720	Manutenção e Reparação de Máquinas e Equipamentos para a Indústria Têxtil, do Vestuário, do Couro e Calçados	6	6	100,0 %
3314721	Manutenção e Reparação de Máquinas e Aparelhos para a Indústria de Celulose, Papel e Papelão e Artefatos	1	1	100,0 %
3314722	Manutenção e Reparação de Máquinas e Aparelhos para a Indústria do Plástico	1	1	100,0 %
3314799	Manutenção e Reparação de Outras Máquinas e Equipamentos para Usos Industriais não Especificados Anteriormente	8	8	100,0 %
3321000	Instalação de Máquinas e Equipamentos Industriais	14	18	77,8 %
4649401	Comércio Atacadista de Equipamentos Elétricos de Uso Pessoal e Doméstico	1	11	9,1 %
4669999	Comércio Atacadista de Outras Máquinas e Equipamentos não Especificados Anteriormente	12	69	17,4 %
4785799	Comércio Varejista de Outros Artigos Usados	1	29	3,4 %

Os códigos CNAEs foram separados em três grupos e somados. Os grupos foram formados segundo a facilidade de encontrar empresas dentro daqueles CNAEs que atuam no mercado de venda de motores reconicionados. O primeiro grupo (em verde na tabela 3.1) corresponde aos CNAEs cujas empresas têm “forte” probabilidade de atuarem diretamente na manutenção de motores elétricos e venda de motores reconicionados. O segundo grupo (em amarelo na tabela 3.1), agrupa as empresas realizam diversos outros tipos de manutenção que podem ou não incluir manutenção em motores elétricos e que, assim, possuem um “médio” potencial de realizar venda de motores reconicionados ou prestação de serviços de

recondicionamento. O terceiro e último grupo (em vermelho na tabela 3.1), corresponde ao CNAE cujas empresas têm um “fraco” potencial de venda ou prestação de serviço de manutenção, pois neste grupo estão inclusas atividades econômicas de comércio que possuem muitos outros produtos à venda, não somente motores (recondicionados ou não).

Como há grandes dificuldades para medição da real probabilidade que cada grupo de empresas possui de realizar venda ou serviço de motores recondicionados, foram adotados cenários para estudar os resultados das consultas à base da RAIS. Para compor os cenários, os resultados dos grupos foram multiplicados por valores percentuais, que correspondem a probabilidade que aqueles grupos podem possuir empresas que recondicionam motores elétricos (vendas ou serviços). Esses valores foram definidos segundo o potencial do grupo (forte, médio ou fraco) em realizar venda ou serviço de manutenção em motores. Na tabela 3.2 são apresentadas as probabilidades definidas para os três cenários adotados (otimista, base e conservador), considerando para cada um dos cenários os resultados dos grupos de códigos CNAE apresentados na tabela 3.1.

Tabela 3.2. Cenários de pesquisa a serem considerados na pesquisa na base da RAIS

Cenários	Probabilidade de venda ou serviço de reparo de motores recondicionados	
	Grupos	Percentual definido
Cenário Otimista	Forte	100 %
	Médio	70 %
	Fraco	40 %
Cenário Base	Forte	80 %
	Médio	50 %
	Fraco	25 %
Cenário Conservador	Forte	60 %
	Médio	30 %
	Fraco	10 %

Desta forma, com essa metodologia é esperado que os resultados sejam descritos por cada um dos cenários expostos anteriormente, sendo que o cenário

conservador deverá ser adotado como resultado principal, para que não se tenha qualquer dúvida sobre as estimativas constantes neste trabalho.

Em adição, contribuindo para o resultado ser ainda mais conservador, em rápidas pesquisas na internet percebeu-se que há diversas empresas que realizam vendas e reparos de motores reconicionados em que seus CNPJs possuem códigos CNAEs cadastrados propositalmente de forma errada, sendo totalmente diferentes das atividades que realmente exercem.

3.1.2 Delimitação dos itens relevantes para confecção de estatística descritiva

O estudo das empresas que possuem os códigos CNAE selecionados é realizado por meio de um programa elaborado pelo MTE que contém toda a base estatística da RAIS. É possível realizar consultas por estabelecimentos ou vínculos empregatícios, o que promove boas condições para entender o perfil das empresas que realizam revenda ou serviços de manutenção em motores elétricos.

Os dados podem ser gerados/obtidos por Unidade Federativa (UF), capital, região, entre outros. Empresas com RAIS negativa⁷ foram consideradas e contabilizadas nessa pesquisa. O resultado da pesquisa/consulta se dá por meio de tabelas em que constam todas as informações que o usuário seleciona, conforme ilustrado na figura 3.4. Neste caso, as pesquisas foram feitas por UF e capital para cada uma das variáveis descritas a seguir:

- 1) Quantidade de empresas;
- 2) Quantidade de funcionários;
- 3) Quantidade de funcionários por empresa;
- 4) Sexo dos funcionários;
- 5) Idade dos funcionários;
- 6) Faixa salarial dos funcionários;
- 7) Escolaridade dos funcionários;

⁷ A RAIS negativa corresponde às empresas que declararam que não possuem funcionários. Desta forma, ou essas empresas sonegaram informações, ou os próprios donos ou acionistas destas empresas prestam os serviços que estas estão habilitadas a fazer, conforme atividades descritas.

Informações: RAIS Estabelecimento Id

Linha	CNAE 2.0 Subclasse
Coluna	Região Natural
Subcoluna	-----Não-----
Quadro	-----Não-----
Sublinha	-----Não-----
Conteúdo	-> Frequência -Estabelecimento Qtd Vínculos Ativos Qtd Vínculos CLT Qtd Vínculos Estatutários

Figura 3.4. Exemplo de seleção de critério de pesquisa utilizando o programa do MTE. Em vermelho foram selecionados para tabela resposta as linhas com os códigos CNAE, em azul as colunas com as regiões do país e em Verde os resultados de frequência de empresas

A tabela gerada por essa pesquisa está ilustrada a seguir na figura 3.5.

CNAE 2.0 Subclasse	Região Natural	
	Norte	Nordeste
3313901:Manutenção e Reparação de Geradores, Transformadores e Motores Elétricos	70	247
3313999:Manutenção e Reparação de Máquinas, Aparelhos e Materiais Elétricos não Especificados Anteriormente	23	118
3314702:Manutenção e Reparação de Equipamentos Hidráulicos e Pneumáticos, Exceto /álvulas	32	72
3314704:Manutenção e Reparação de Compressores	6	30
3314707:Manutenção e Reparação de Máquinas e Aparelhos de Refrigeração e Ventilação para Uso Industrial e Comercial	117	322
3314710:Manutenção e Reparação de Máquinas e Equipamentos para Uso Geral não Especificados Anteriormente	58	175
3314713:Manutenção e Reparação de Máquinas-Ferramenta	26	38
0014714:Manutenção e Reparação de Máquinas e Equipamentos para a Prospecção e Extração de Petróleo	0	20

Figura 3.5. Exemplo de resultado com um recorte do que é gerado pelo programa do MTE. Em vermelho as linhas com os códigos CNAE, em azul as colunas com as regiões do país e em Verde os resultados de quantidade de empresas encontradas

Há duas maneiras de consultar estes dados, mantendo os resultados por empresas ou por vínculos empregatícios, conforme pode ser visto na figura 3.6.

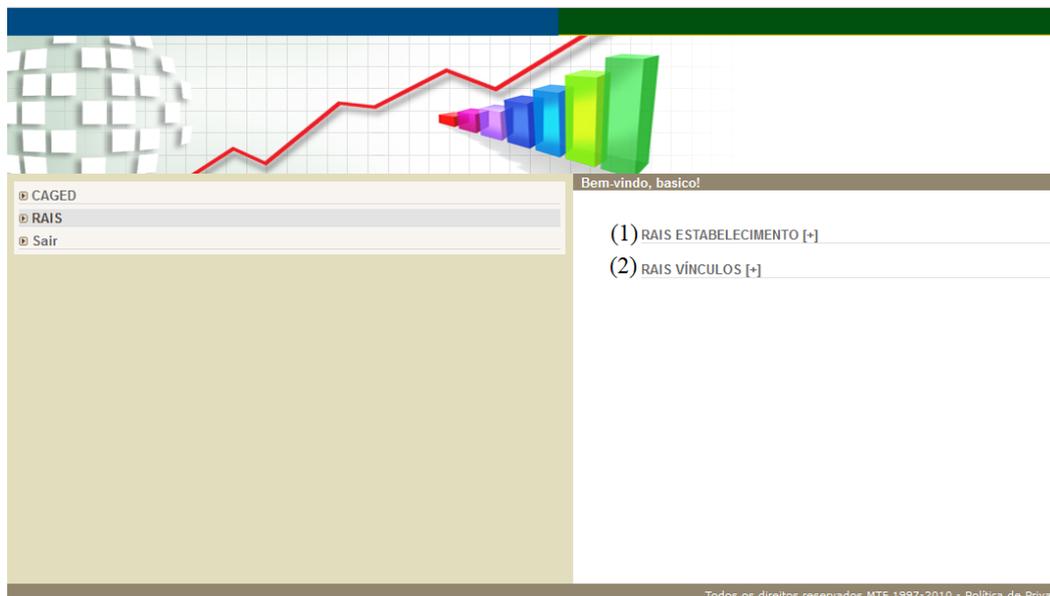


Figura 3.6. Página inicial de consulta ao banco de dados da RAIS, onde: (1) resultados consolidados por empresa; e (2) resultados consolidados por vínculos empregatícios.

Para identificar o perfil das empresas reconcondicionadoras de motores elétricos, foram utilizados os dois tipos de consulta e os resultados são apresentados no tópico 4.1.

3.2 Etapa 2 - Pesquisa de campo

A pesquisa de campo tem como objetivo verificar, em um grupo amostral de empresas de recondicionamento de motores de um país, quais as características de vendas e serviços que essas empresas estão prestando. O intuito é que esses dados sejam extrapolados para toda a população a fim de realizar o dimensionamento e caracterização do mercado nacional.

Como método de aplicação da pesquisa de campo foi escolhido dividi-la em duas partes. A primeira foi utilizada para coletar dados e informações qualitativas iniciais do comportamento do mercado. Essa foi realizada em um pequeno grupo de empresas reconcondicionadoras de motores elétricos. Como produto foi desenvolvido um questionário para posterior aplicação em um grupo amostral de

empresas. O intuito do questionário é padronizar o levantamento de informações de forma a verificar se o comportamento inicial levantado se repete no território nacional.

A segunda parte foi realizada no grupo amostral de empresas, selecionadas nos estados da Federação que são mais representativos em uso de serviços de recondicionamento de motores e, então, foi aplicado o questionário desenvolvido na parte anterior.

Para que as empresas pudessem se sentir mais confortáveis para responder as questões, sem que se preocupem com a exposição da empresa ou com possíveis sanções a serem sofridas, os dados levantados das empresas são considerados sigilosos quanto a divulgações de nomes, razões sociais e marcas. Qualquer referência a uma das empresas será realizada por meio de números de identificações (ID) que são únicos para cada empresa.

3.2.1

Parte 1 – Coleta inicial de dados e confecção do roteiro da pesquisa qualitativa

Nessa etapa foram selecionadas 10 empresas no município do Rio de Janeiro para levantamento inicial de informações qualitativas sobre:

- Saúde financeira das empresas;
- Conhecimento sobre normas e novas regras;
- Número de vendas de motores reconicionados por mês;
- Número de serviços de recondicionamento por mês;
- Número de empregados;
- Principais problemas nas etapas de reparo como uso de fogo para retirada da bobina;
- Nível de escolaridade dos empregados;
- Treinamento dos empregados;
- Credenciamento junto a fabricantes de motores;
- Entendimento dos empreendedores sobre questões ambientais e eficiência energética; e
- Outros assuntos que pudessem ser impactantes para o mercado, levantados durante a pesquisa.

Foram escolhidas 10 empresas no município do Rio de Janeiro para se fazer a pesquisa qualitativa, que gerou subsídios/informações para se executar a pesquisa mais abrangente em todo o território nacional.

O questionário desenvolvido para coleta de dados da pesquisa quantitativa, da próxima etapa de trabalho, encontra-se no anexo.

3.2.1.1

Pontos de interesse levantados na pesquisa qualitativa

Durante a pesquisa, além dos pontos principais já mostrados, quatro principais preocupações foram levantadas. A primeira com relação ao uso de alumínio na confecção da bobina em substituição à original. A segunda com relação à reclamação das empresas com relação à possível queda de qualidade na fabricação de motores nacionais. A terceira com relação a alguns motores nacionais já estarem vindo com enrolamento e carcaça de alumínio. E a última com relação à invasão de motores internacionais de baixa qualidade.

Foi verificado também o grande número de empresas usando talhadeira e outras usando fogo ou aquecimento inapropriado no núcleo, para possibilitar a retirada das bobinas. Além disso, um grande número de empresas está recorrendo a peças genéricas, principalmente nos rolamentos, para baratear custos.

Então perguntas foram elaboradas para medir o impacto no desempenho dos motores que essas ações tomadas pelas recondicionadoras, clientes e fabricantes de motores elétricos podem levar para o panorama energético nacional.

3.2.1.2

Critério para classificação de empresas

Foi formulada pela equipe do projeto uma métrica para dividir as empresas em 3 tipologias segundo o porte; empresas pequenas, médias e grandes. Os critérios para essa classificação encontram-se abaixo:

- "Pequenas empresas" – Empresas não autorizadas de alguma marca ou fabricante de motores, com até 4 funcionários, reduzido espaço físico (ou espaço grande a céu aberto) e apenas um equipamento mínimo para a execução do recondicionamento;

- “Médias empresas” - Foram consideradas aquelas empresas de 4 a 50 funcionários, com oficinas maiores e mais bem cuidadas e equipamentos um pouco além do mínimo. Podem ser ou não credenciadas por fabricantes.
- “Grandes empresas” – Empresas que tenham no mínimo 50 funcionários e que possuam equipamentos com alto índice de sofisticação. Devem ser credenciadas por alguma grande empresa.

Essa classificação é flexível dependendo, também, da avaliação do pesquisador com relação à qualidade do serviço oferecido e da quantidade de vendas.

Esta foi a classificação considerada na etapa seguinte da pesquisa em profundidade no país.

3.2.2

Parte 2 – Seleção da amostra da pesquisa em profundidade

A pesquisa em profundidade corresponde à aplicação do questionário, no qual o entrevistador extraiu dados dos entrevistados, qualitativos e quantitativos. Além disso, os entrevistadores eram os mesmos da pesquisa qualitativa, por possuírem vasta experiência em identificar aspectos relevantes que poderiam não estar sendo cobertos pelo questionário.

Após desenvolvimento do questionário, ocorreu a seleção de empresas para a realização do estudo qualitativo e quantitativo em profundidade. Para tanto, foi necessária uma boa escolha de amostras para que o resultado dos questionários fosse estatisticamente relevante.

Em contrato firmado com o Associação Internacional do Cobre no Brasil (ICA) esta pesquisa estava autorizada a ser realizada em 40 empresas espalhadas no território nacional. Assim, aproveitando os resultados estatísticos extraídos do RAIS, foi definido o espaço amostral considerando a distribuição das empresas que prestam serviços de reparo de motores no Brasil.

Foi verificado que a quantidade de empresas na região Norte e Centro-oeste juntas não eram representativas (11 %), sendo, portanto, excluídas da amostra, como pode ser visto na tabela 3.3.

Tabela 3.3. Distribuição das empresas de recondicionamento de motores por região

Regiões	Distribuição no território nacional	Redistribuição conforme retirada de N e CO
SE	43 %	48 %
S	34 %	38 %
NE	12 %	13 %
CO	8 %	-
N	3 %	-
Total	100 %	100 %

Os 10 estados brasileiros com o maior número de empresas de recondicionamento foram ranqueados. Por pertencer à região Centro-oeste, o estado de Goiás foi excluído da pesquisa conforme critério do parágrafo anterior. Em seguida, foram recalculados os percentuais de participação de cada estado e calculado o número de amostras por estado. Para isso, multiplicou-se os percentuais de representatividade nacional por 40, que é o número total de amostras de empresas a serem pesquisadas, conforme pode ser visualizado na tabela 3.4.

Tabela 3.4. Ranking dos 10 estados com maior número de empresas recondicionadoras de motores

ranking	Estado	QTD empresas	Distribuição nacional	Redistribuição sem GO	QTD de empresas calculadas	QTD de empresas escolhidas
1	SP	2408	37 %	44 %	17,5	15
2	MG	667	10 %	12 %	4,8	6
3	RS	536	8 %	10 %	3,9	10
4	PR	504	8 %	9 %	3,7	-
5	RJ	449	7 %	8 %	3,3	3
6	SC	393	6 %	7 %	2,9	-
7	BA	259	4 %	5 %	1,9	6
8	GO	173	3 %	-	-	-
9	ES	160	2 %	3 %	1,2	-
10	CE	139	2 %	3 %	1,0	-
Total		5.688	87 %	100 %	40	40

Os resultados foram aglutinados por região e foi verificado que o número de amostras no Nordeste estava baixo (3 amostras), assim, foi decidido dobrar o valor

de amostras para o Nordeste retirando 3 do Sudeste, conforme pode ser visto na tabela 3.5.

Tabela 3.5. Amostras de empresas por região

Agrupamento por região	Qtd. de empresas calculadas	Qtd. de empresas escolhidas
SE	27	24
S	10	10
NE	3	6

Voltando à análise por estado, foi decidido, para obter-se melhores resultados e menores custos nas viagens, que na região Sul e Nordeste somente um estado representaria cada a região. O estado que possuísse maior número de empresas seria escolhido para que as entrevistas fossem feitas. Assim, por conta deste critério, Rio Grande do Sul e Bahia foram os estados escolhidos.

Observando somente os 5 estados com os maiores números de empresas, o Sudeste aparece com o maior mercado, pois possui três estados na lista, com dois nas duas primeiras colocações. Logo, nesta região, 3 estados foram selecionados para a pesquisa. A distribuição seguiu a mesma métrica da escolha por estado, com a multiplicação do percentual de distribuição pelo total de amostras definidas pelo orçamento do projeto. Uma alteração foi que se aumentou o número de visitas em Minas Gerais de 4 para 6 empresas, retirando de São Paulo. O quantitativo final de empresas escolhidas por estado também pode ser visto na tabela 3.4.

3.3

Etapa 3 - Dimensionamento e caracterização do mercado de motores reconicionados

Para o dimensionamento e caracterização do mercado brasileiro de motores reconicionados, utilizaram-se as informações levantadas na pesquisa bibliográfica e documental da revisão da literatura, além dos dados das pesquisas de campo realizadas.

O objetivo dessa etapa é propor uma metodologia robusta para se fazer o dimensionamento das perdas energéticas em um país, ocasionadas pelo recondicionamento mal realizado de motores elétricos.

Dois principais métodos foram utilizados para calcular as perdas que um mal recondicionamento pode causar no rendimento do motor.

No primeiro método, se analisam os principais procedimentos de cada empresa que permitam calcular diretamente qual é o percentual estimado de perda de eficiência dos motores que por estas são trabalhados. Como apoio para a avaliação das empresas, também foram usados como referência de comparação, métodos existentes na pesquisa bibliográfica e documental. É importante salientar que as perdas calculadas por esse método não são exaustivas, pois somente são consideradas algumas possíveis fontes de perdas, que se pode extrair das pesquisas de campo. O resultado das perdas extraídas por esse método foi denominado, nesse trabalho, de perdas diretas.

Como o método de cálculo direto das perdas não é exaustivo, há muitas outras possíveis falhas que não estão sendo exploradas e que devem de alguma forma ser contabilizadas. Portanto, o segundo método faz uma análise das possíveis perdas avaliadas pelo quesito de qualidade da empresa e, assim, é calculado um “fator potencializador de perdas” do rendimento dos motores, que tendem a potencializar as estimativas de perdas calculadas diretamente.

A qualidade das empresas foi definida pelos dados da pesquisa de campo e considerou-se o conceito de qualidade total 5S, que será melhor retratado no tópico 3.3.2 (Fatores potencializadores das perdas).

Um fluxograma que descreve o passo a passo da metodologia considerada para se estimar as perdas finais de um país estão descritas na figura 3.7. Cada uma das fases apresentada nesta figura será melhor explicada nas seções posteriores.

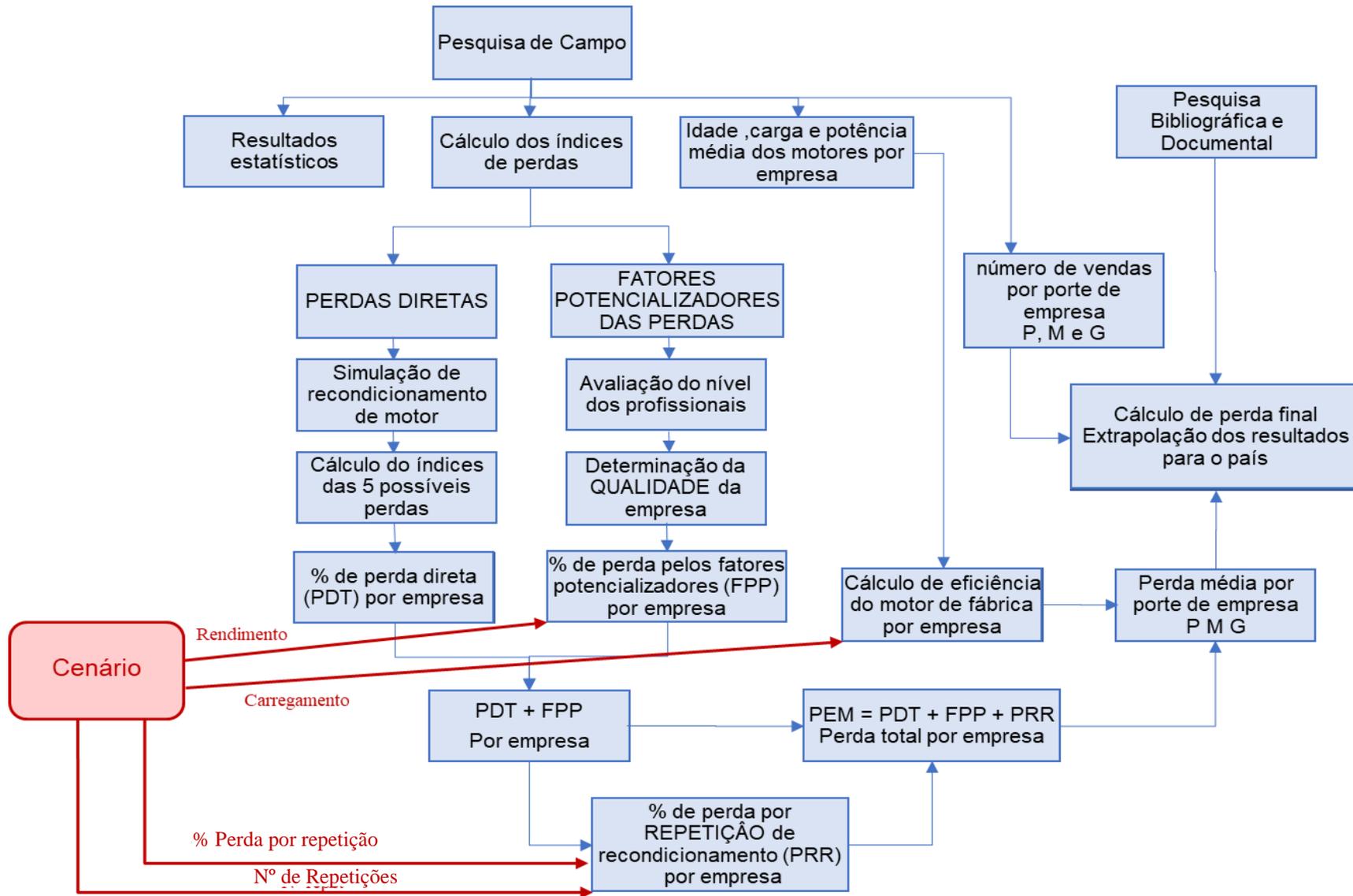


Figura 3.7 Método expandido para o dimensionamento e caracterização do mercado de recondicionamento de energia

3.3.1 Perdas diretas do motor

São consideradas perdas diretas aquelas que podem extraídas de uma avaliação de algum processo específico desenvolvido por uma empresa e podem ser encontradas utilizando-se cálculos de engenharia. Essas podem ser generalizadas para todos os motores trabalhados pela empresa de recondicionamento, porque são calculadas pela análise pontual de cada dado extraído de cada empresa pela pesquisa de campo, observando os procedimentos, as ferramentas e os equipamentos utilizados no processo de recondicionamento.

Portanto neste tópico será analisada algumas perdas que estão presentes nos grupos de perdas de I^2R do estator, de I^2R do rotor, do núcleo, de atrito/ventilação e suplementares. E será desenvolvido índices de perdas diretas para cada tipo de ação que potencialmente podem diminuir a eficiência do motor.

Para ter referências de boas práticas de recondicionamento e identificar procedimentos incorretos praticados por cada empresa, foi utilizado dados da literatura descritas no capítulo 2. E para referência dos valores de perda nominal do motor é usado além dos dados da literatura, uma simulação matemática de recondicionamento. Essa foi desenvolvida de modo a ser considerada idealmente perfeita, não trazendo diminuição de rendimento do motor.

Vale lembrar que a pesquisa por mais completa que seja, não consegue verificar todas as perdas para cada procedimento. Somente no dia a dia poderia se verificar essas perdas. Desse modo 4 principais perdas foram apresentadas e quantificadas. Outras perdas que acabaram não cobertas por esse tópico serão cobertas pelo próximo tópico sobre fatores potencializadores das perdas.

3.3.1.1 Simulação de recondicionamento do motor

Para se entender como as perdas em um motor são desenvolvidas após o processo de recondicionamento, foi feita uma simulação de recondicionamento de um motor de 10 CV, de 4 polos, que é condizente com o estudado por Bortoni, *et al.*, (2007). Além disso essa potência escolhida por estar na faixa em que há maior venda de motores novos no Brasil.

Posteriormente, os valores conseguidos com este procedimento servirão de auxílio, em conjunto com os dados vindos da literatura, para se criar os índices das perdas estimadas para alguns tipos de procedimentos que foram levantados durante a fase de pesquisa em campo.

Primeiramente, levantou-se o máximo de informações possíveis do *datasheet* do motor de 10 CV *premium* de 4 polos da WEG (2018). Estes valores encontram-se na tabela 3.6. E a potência elétrica consumida foi calculada segundo equação 2.5.

Tabela 3.6. Resumo de *datasheet* de motor 10CV *premium* da WEG

Dado	Valor	Unidade de Medida
Potência mecânica	10	HP
Potência mecânica	7,46	kW
Polos do motor	4	
Tensão Nominal	220	V
Corrente Nominal	25,33	A
Frequência Nominal	60	Hz
Ligação dos terminais elétricos	Δ	
Rotação	1765	rpm
Rendimento a 100 % de carga	92	%
Fator de potência a 100 % de carga	84	%
Corrente em vazio	12	A
Massa do motor	77,5	kg
Elevação de temperatura	80	K
Potência elétrica consumida calculada	8108,70	W
Perda elétrica calculada	648,70	W

Utilizando os índices de perdas estabelecidos na tabela 2.2 do capítulo 2 desse trabalho é encontrado as seguintes perdas descritas na tabela 3.7.

Tabela 3.7. Perdas nominais da literatura para o motor de 10CV escolhido

Perdas nominais	Variável	Distribuição na literatura	Em Watts
Núcleo	$Perda_{N \rightarrow núcleo}$	20 %	129,74
Rotor	$Perda_{N \rightarrow rotor}$	20 %	129,74
Enrolamento	$Perda_{N \rightarrow enrol}$	35 %	227,04
Mecânica	$Perda_{N \rightarrow mec}$	12,50 %	81,09
Suplementares	$Perda_{N \rightarrow sup}$	12,50 %	81,09
total		100 %	648,70

Como algumas informações não foram disponibilizadas pela fabricante, para simulação de um rebobinamento, muitos dados abaixo foram estimados conforme *design* do motor verificado no *datasheet* do fabricante (WEG, 2018), além de fotos de motores. Para essa etapa foi utilizado o manual de bobinagem da WEG que explica o passo a passo dos cálculos a serem feitos. Os resultados da simulação estão contidos na tabela 3.8 e as Equações 3.1 a 3.11 foram utilizadas para encontrá-los. A figura 3.8 ilustra alguns parâmetros mecânicos necessários para se fazer a simulação do recondicionamento.

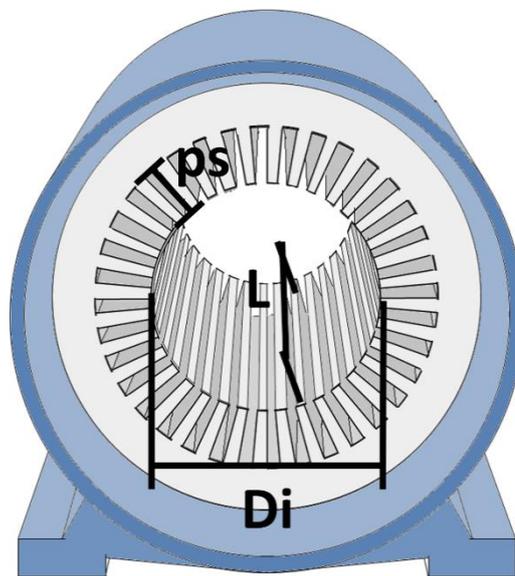


Figura 3.8. Parâmetros dimensionais do núcleo do motor. L = largura do núcleo, ps=profundidade do slot e Di = diâmetro interno

Tabela 3.8. Simulação de rebobinamento de motor 10 CV 4 polos

Informação	Resposta	
Tipo de Construção	Camada Dupla Imbricado Paralelo	
Código construtivo	36-04-08/3	
Número de slots (N)	36	
Número de polos (P)	4	
Passo do motor	1 --> 8	
Passo médio	8	
Comprimento do núcleo (L)	14,5	cm
Diâmetro do núcleo (Di)	14,5	mm
Profundidade do slot (ps)	11,9	mm
Base do slot (bs)	6,3	mm
Área do slot ($A_s = ps \cdot bs$)	75	mm ²
Tensão nominal (v)	220	V
Corrente nominal (i)	25,33	A
Fechamento dos terminais do motor	Delta Δ	
Frequência da rede (f)	60	Hz
Resistência equivalente por fase	4,21166	Ω
Grupo B1 = qtd. De bobinas em série por polo	3	
Grupo B2 = qtd. De Grupos B1 em paralelo por polo	2	
Grupo B3 = qtd. De bobinas em paralelo por ligação	2	
Bobinas por fase	24	
Bobinas por motor	72	
K (2 -> para camada única ou 1 -> para camada dupla)	1	
K1 número de ligações em paralelo por fase	4	
K2 (1 -> para Δ ou 1,732 -> para Y)	1	
Adicional por passo médio (Zadd)	6,40 %	tabelado
Fator de enrolamento (ξ)	0,902	tabelado
Campo magnético (B)	5	kG
Passo polar (tp)	11,39	cm
Fluxo magnético (Φ)	0,83	Mx
Espiras por fase (ZF)	471,9	
Espiras por slot (Z)	39,3	
Densidade de corrente (dc)	7	A/mm ²
Seção do condutor (S_{Transv})	0,52236	mm ²
Seção do condutor escolhido AWG	19	
Seção do condutor escolhido (S)	0,63617	mm ²
Total de fio usado (Lfio)	557,50	m

Primeiro calcula-se o passo polar (tp [cm]) utilizando o diâmetro do núcleo (Di [mm]) e o número de polos (P),

$$tp = \frac{\pi Di}{P} [cm] \quad (3.1)$$

Em seguida, calcula-se o fluxo magnético (Φ [Mx]) com os dados do campo magnético (B [kG]) almejado (recomendado 5 kG pelo fabricante), passo polar (tp) e comprimento do núcleo (L [cm]). O resultado tem como unidade de medida o Maxwell (Mx) que é igual a $1 G cm^2$ ou $10^{-8} Wb$.

$$\Phi = \frac{B tp L}{1000} [Mx] \quad (3.2)$$

É estabelecido, então, as constantes pelos dados construtivos do projeto, com ajuda da figura 3.9, que ilustra a ligação elétrica internas das bobinas para uma das fases do motor. sendo elas:

- Grupo B1 – Quantidade de bobinas em série por polo;
- Grupo B2 – Quantidade de grupo B1 em paralelo por polo;
- Grupo B3 – Quantidade de grupos de bobinas em paralelo pela ligação por fase;
- K – Igual a 2 para construção em camada única ou 1 para camada dupla;
- K1 – Igual ao número de ligações em paralelo por fase;
- K2 – Igual a 1 para fechamento do motor em Δ ou 1,732 para Y;
- ξ – É tabelado e é correspondente a eficiência do tipo de enrolamento aplicado;
- Zadd – É tabelado e corresponde a um adicional de comprimento de condutor pelo tipo de enrolamento aplicado;

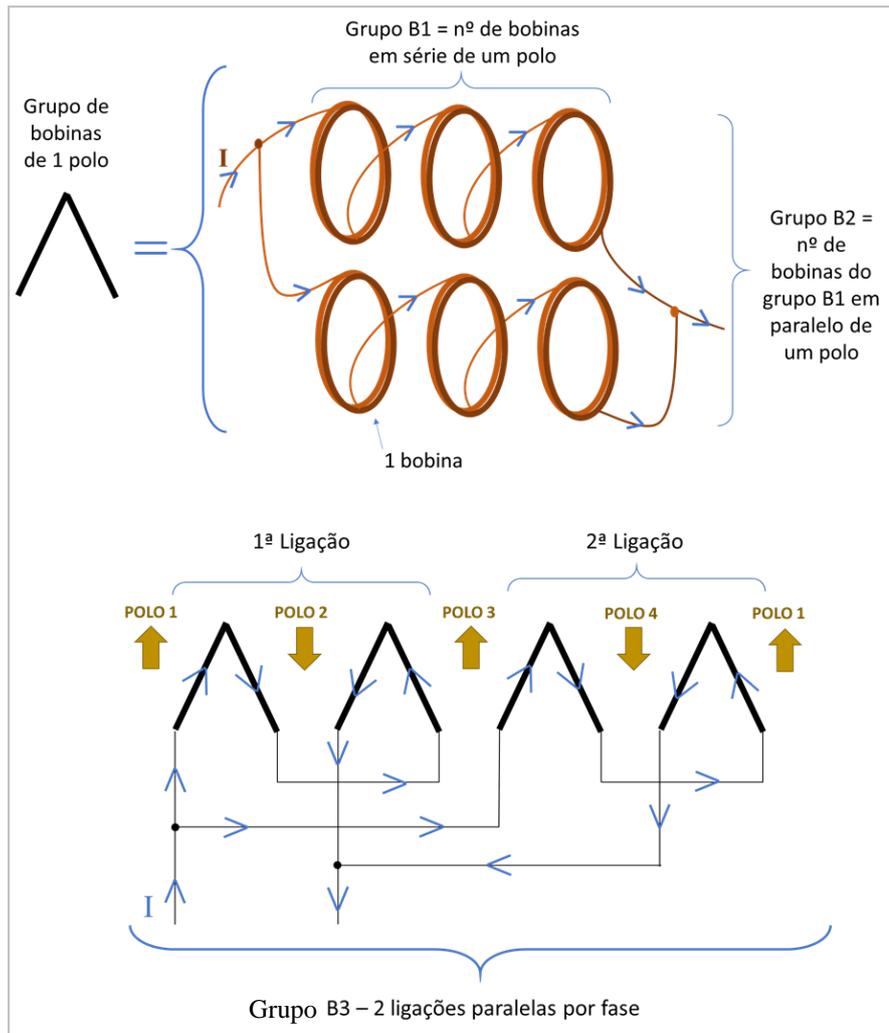


Figura 3.9 – Ligações das bobinas de uma fase para motor de 4 polos com construção 36-04-08/3

Com esses dados é possível calcular a quantidade de espiras por fase (ZF), reunindo a tensão (V [V]), o fluxo magnético (Φ [Mx]), a frequência da rede (f [Hz]) e as constantes k , k_1 , k_2 , Z_{add} e ξ , aplicando-se a seguinte equação:

$$ZF = \frac{50 V}{2,22 \Phi f \xi} \cdot \frac{k k_1}{k_2} \cdot (1 + Z_{add}) \quad (3.3)$$

Também é possível calcular a quantidade de espiras por slot (Z), que corresponde a quantidade de espiras de uma única bobina que compõe o grupo B1. Para calcula-la somente é necessário o valor de espiras por fase (ZF) e o número de slots do motor (N).

$$Z = \frac{3 ZF}{N} \quad (3.4)$$

Para calcular a seção transversal ($S_{\text{transv}} [mm^2]$) do condutor a ser usado é necessário estipular a densidade de corrente por área de seção transversal do condutor ($dc [A/mm^2]$), no qual é recomendado usar $5,5 A/mm^2$ para motores abaixo de 10 HP e $7 A/mm^2$ para motores de 10 a 50HP. Também é necessário o valor da corrente nominal e das constantes $k1$ e $k2$. O cálculo da seção transversal do condutor pode ser visto abaixo,

$$S_{\text{transv}} = \frac{I k2}{dc \sqrt{3} k1} [mm^2] \quad (3.5)$$

É recomendado fazer a conversão de mm^2 para AWG, pois normalmente fios abaixo de $0,5mm^2$ costumam ser comercializados pelo seu valor AWG e, como geralmente a seção transversal não é igual ao padrão usado, reajustes aumentando o diâmetro do condutor são realizados ($S_{\text{escolhido}}$).

O próximo passo é determinar o comprimento do fio a ser usado, para isso calcula-se a resistência equivalente usando a potência nominal ($P [HP]$), o rendimento ($\eta [\%]$) a 100 % de carga e a corrente nominal ($I [A]$), como pode ser visto abaixo:

$$R_{\text{eq}} = \frac{P 746}{3 \eta I^2} [\Omega] \quad (3.6)$$

Com a resistência calculada verifica-se qual o material que será usado como condutor da bobina. Se for o cobre, utiliza-se as equações 3.7 e 3.8 para calcular a resistividade do material ($\rho_{\text{condutor}@40^\circ C}$) a uma temperatura ambiente de $40^\circ C$ (temperatura ambiente máxima no território Brasileiro).

$$\rho_{\text{cobre}@40^\circ C} = \rho_{\text{cobre}} (1 + 0,004 (40^\circ C - 20^\circ C)) \quad (3.7)$$

$$\rho_{\text{cobre}@40^\circ C} = 0,0178 \times 1,08 = 0,019224 [\Omega/(mm^2 m)] \quad (3.8)$$

Para o alumínio à $40^\circ C$ utiliza-se as seguintes equações para calcular a resistividade:

$$\rho_{\text{alumínio}@40^\circ C} = \rho_{\text{alumínio}} (1 + 0,004 (40^\circ C - 20^\circ C)) \quad (3.9)$$

$$\rho_{\text{alumínio@40}^\circ\text{C}} = 0,028 \times 1,08 = 0,03024 [\Omega/(mm^2 m)] \quad (3.10)$$

Assim é calculado o comprimento do condutor (L_{fio} [m]) com os valores de resistência equivalente (R_{eq} [Ω]), a constante k_1 , a seção transversal escolhida para o condutor ($S_{escolhido}$ [mm²]) e a resistividade à 40 °C ($\rho_{condutor@40^\circ\text{C}}$ [$\Omega/(mm^2 m)$]) do material do condutor escolhido.

$$L_{fio} = \frac{R_{eq} k_1 S_{escolhido}}{\rho_{condutor@40^\circ\text{C}}} \text{ [m]} \quad (3.11)$$

3.3.1.2 Cálculo de perdas do núcleo

Segundo o Guia DT-6 de especificação, características e manutenção dos motores da empresa WEG (2015a), seus motores são na maioria do tipo c-4 com núcleo laminado, com material isolante elétrico entre lâminas de composição inorgânica, para evitar a circulação de correntes de Foucault. O material metálico que compõe as lâminas do núcleo é feito de liga metálica ou de aço silício, com os dois temperados para otimizar as características magnéticas do núcleo.

Para calcular as perdas causadas no núcleo, considerou-se os estudos de EASA e AEMT (2003), em que há duas tabelas que descrevem a perda máxima no núcleo para cada material (liga metálica e aço silício) por unidade de massa (W/lb) e por espessura da lâmina (mm). Como os valores para os dois materiais são muitos próximos, foi feita a média das duas tabelas e os resultados convertidos para W/kg. Na tabela 3.9 encontram-se os valores que serão usados nesse trabalho para cálculos de perdas.

Tabela 3.9. Parâmetros considerados para material do núcleo do motor elétrico

Grandeza	Valor
Tamanho médio da espessura da lâmina ($L_{lâmina}$)	0,5664 mm
Perda máxima média	6,91 W/kg

A perda adicional no núcleo por danificar o núcleo é calculada multiplicando-se o número de lâminas danificadas ($n_{lâminas\ danificadas}$) com a perda equivalente

por lâmina ($Perda_{lâmina}$). Para encontrar a perda total no núcleo soma-se a perda nominal com a perda adicional no núcleo. A perda por lâmina pode ser calculada pela equação 3.12 e 3.13 e a nova perda total no núcleo pela equação 3.14.

$$Perda_{lâmina} = \frac{Perda_{N \rightarrow núcleo}}{n_{lâmina}} = \frac{Perda_{N \rightarrow núcleo}}{\frac{L}{L_{lâmina}}}, \quad (3.12)$$

$$Perda_{lâmina} = \frac{129,74}{\left(\frac{14,5cm}{0,05664cm}\right)} = 0,5068 \text{ W/lâmina}, \quad (3.13)$$

$$Perda_{núcleo} = Perda_{N \rightarrow núcleo} + Perda_{lâmina} \cdot n_{lâminas \text{ danificadas}}, \quad (3.14)$$

onde, o número de lâminas ($n_{lâmina}$) do núcleo do motor é a razão entre o comprimento (L) do núcleo, e a largura de uma lâmina ($L_{lâmina}$).

Três tipos de processos danosos de reconicionamento que podem causar perdas no núcleo foram identificados na pesquisa, sendo eles: perdas por uso incorreto de talhadeira, juntamente com a falta de amolecimento do verniz para retirada das bobinas; o uso de fogo (maçarico ou fogueira), sem controle de temperatura sobre o núcleo; e a retirada incorreta do rotor, raspando o rotor sobre o núcleo, danificando-o.

Foi identificado, durante a retirada do rotor, que há uma alta probabilidade do técnico danificar as primeiras lâminas de cada lado do núcleo. Isso ocorre quando usam excesso de força ao puxar os condutores ou quando ocorre dano mecânico causado pela talhadeira ($índice_{talhadeira}$). Caso se continue com esse método de remoção da bobina nos próximos reparos, mais lâminas podem ser danificadas.

Já no caso de aquecimento indevido do núcleo, sem controle de temperatura, há alteração das propriedades da liga metálica do núcleo, havendo, assim, uma alta probabilidade de causar dano total do núcleo. No máximo, para ser conservador nas estimativas, neste trabalho considerou-se que somente metade das lâminas podem ser danificadas ($índice_{fogo}$).

Para o dano pela incorreta retirada no rotor, foi estimado um dano mínimo de 1 cm sobre o núcleo ($índice_{1cm}$), que pode ser comparado a um pequeno arranhão. Essa perda será adicionada à perda calculada pelo uso da talhadeira, não sendo considerada no caso de uso de fogo, por esse já estar em saturação de perda máxima possível.

Assim, foi estimada uma perda de 5,067 W para o uso da talhadeira, 324,3 W para o dano relacionado ao aquecimento indevido e 44,74 W para o dano em 1 cm do estator por retirada incorreta do rotor do motor de 10 HP estudado, correspondendo a um aumento de 0,78 %, 50 %, 6,9 %, respectivamente, na perda do núcleo. Considerando o rendimento total do motor, estas três perdas reduziram, respectivamente, em 0,068 %, 4,35 %, 0,60 %, o rendimento do motor. Estas estimativas de perda serão usadas como índices de redução do rendimento total dos motores em etapas posteriores desse trabalho, podendo ser calculados pelas equações 3.15, 3.16 e 3.17.

$$\text{índice}_{1cm} = 1 - \frac{\left(\frac{P_{mec}}{P_{ele} + (Perda_{l\grave{a}mina\ 10mm})/espessura_{l\grave{a}mina}} \right)}{\eta} \quad (3.15)$$

$$\text{índice}_{talhadeira} = \left(1 - \frac{\left(\frac{P_{mec}}{P_{ele} + 2\ Perda_{l\grave{a}mina}} \right)}{\eta} \right) + \text{índice}_{1cm} = 0,668 \% \quad (3.16)$$

$$\text{índice}_{fogo} = 1 - \frac{\left(\frac{P_{mec}}{P_{ele} + \frac{Perda_{N \rightarrow n\acute{u}cleo}}{2}} \right)}{\eta} = 4,35 \% \quad (3.17)$$

3.3.1.3 Cálculo de perdas do estator

Na pesquisa, algumas oficinas declararam que usam o alumínio no enrolamento em substituição ao cobre original de fábrica. Para calcular a perda por uso desse procedimento, calcula-se as resistências equivalentes pelo uso de material diferente do especificado pelo fabricante de motor. Como a resistividade do alumínio é maior que a do cobre, é necessário que sejam definidas premissas para readequar o diâmetro do condutor no intuito de se manter o rendimento do motor no uso do alumínio.

Estima-se que, para não haver perdas, no mínimo deve-se diminuir dois valores em AWG da seção do condutor, quando se utiliza alumínio ao invés do cobre (quanto menor é o valor em AWG, maior é o diâmetro do condutor). Todavia, aumentando-se a seção, também aumenta o uso do espaço do *slot* para a colocação das bobinas. A WEG, em seu manual de bobinagem WEG (2005), recomenda no máximo uma ocupação de 45 % do *slot*.

Conforme relatos de alguns profissionais das empresas pesquisadas, é bem difícil reduzir em 2 valores o AWG do condutor. Isso se deve a não haver espaço nos *slots* para esse adicional de diâmetro de condutor e, portanto, a prática adotada é a redução de somente 1 valor de AWG. Com a equação 3.18 dimensiona-se a ocupação do *slot* (*ocup* [%]), utilizando a área do slot (A_s [mm²]) e a seção transversal do condutor analisado ($S_{analisado}$ [mm²]). Pela equação 3.19, estima-se a resistência equivalente (R_{eq} [Ω]) pelos valores da simulação do comprimento do condutor das bobinas (L_{fio} [m]), da constante k_1 , os valores de resistividade (ρ) do cobre e alumínio calculados pelas equações 3.8 e 3.11 e a seção transversal do condutor analisado.

$$ocup = \frac{S_{analisado}}{A_s} [\%] \quad (3.18)$$

$$R_{eq} = \frac{L_{fio} \rho}{k_1 \cdot S_{analisado}} [\Omega] \quad (3.19)$$

Os resultados das estimativas de perda no estator ($\%Perda_{estator}$) por uso de alumínio no enrolamento encontram-se na tabela 3.10.

Tabela 3.10. Aumento de perda de núcleo por uso de alumínio no enrolamento

Material	Fio AWG	S (mm ²)	Ocupação do slot	Resistência equivalente (Ω)	% de aumento na perda estator
Cobre	19	0,63617	33,4 %	4,21166	0,00 %
Alumínio - seção igual ao do cobre	19	0,63617	33,4 %	6,62508	57,30 %
Alumínio -1 AWG	18	0,78540	41,2 %	5,36628	27,41 %
Alumínio -2 AWG	17	1,09359	57,4 %	3,85398	-8,49 %

A perda é até reduzida se for reduzida em 2 AWGs a seção do condutor, porém não há espaço para isso nas ranhuras (57,4 % de ocupação, contra os 45 % máximos suportados). Logo, para se estimarem as perdas pela substituição do alumínio pelo cobre, será considerada a redução de somente 1 AWG.

Para a redução de somente 1AWG foi estimado um acréscimo de 27,41 % na perda do estator ($\%Perda_{estator}$), correspondente a uma queda de 2,38 % no rendimento. Assim, esse será o índice de perda esperado para as empresas que usarem alumínio no enrolamento ao invés do cobre. Estes cálculos podem ser feitos segundo a equação 3.20.

$$índice_{alumínio} = 1 - \frac{\left(\frac{P_{mec}}{P_{ele} + Perda_{N \rightarrow enrol} \%Perda_{estator}} \right)}{\eta} = 2,38 \% \quad (3.20)$$

É importante ressaltar que para as empresas que somente usam alumínio, o índice considerado para esta estimativa foi para 100 % dos motores reparados. Já para cálculo de perdas das empresas que usam ou o cobre ou o alumínio, este parâmetro foi considerado em 50 % do valor estimado pela troca do alumínio pelo cobre.

3.3.1.4 Cálculo de perdas mecânicas

Em EASA e AEMT (2003) foi mensurado em diversos motores, o efeito do excesso de graxa nos rolamentos e também da retirada da tampa que sela alguns rolamentos. Foi estimado que há aproximadamente uma queda de 0,4021 % no

rendimento. Para esse estudo o uso de rolamentos não originais terá um valor de perda igual ao indicado para excesso de lubrificação. Assim, para o caso do estudo brasileiro, este número foi utilizado como índice para estimar a perda de eficiência com o uso de rolamentos genéricos empregados por algumas empresas.

$$\text{índice}_{\text{rolamento}} = 0,4021 \% \quad (3.21)$$

3.3.1.5 Calculo da perda direta

Se calcula a perda direta por empresa, somando-se as perdas relacionadas aos procedimentos errados que cada uma delas comete, que foram levantados pela pesquisa em campo (equação 3.22). Para encontrar essas parcelas das perdas é necessário avaliar em cada empresa, se realizam ou não realizam certos procedimentos.

$$\text{Perda}_{\text{Direta}} = \text{Perda}_{\text{talh}} + \text{Perda}_{\text{fogo}} + \text{Perda}_{\text{alum}} + \text{Perda}_{\text{rolam}} \quad (3.22)$$

Para a perda pelo uso incorreto de talhadeira ($\text{Perda}_{\text{talh}}$), atribui-se o índice de perda levantado para o uso dessa ferramenta ($\text{índice}_{\text{talhadeira}}$) e, caso o não uso, atribui-se o valor zero (equação 3.23).

$$\text{Perda}_{\text{talh}} = \begin{cases} \text{se usa talhadeira} \rightarrow & \text{índice}_{\text{talhadeira}} \\ \text{se não} \rightarrow & 0 \end{cases} \quad (3.23)$$

Para a perda pelo uso de aquecimento indevido do núcleo ($\text{Perda}_{\text{fogo}}$), para realizar a retirada da bobina, atribui-se o valor de índice para o uso de fogo ($\text{índice}_{\text{fogo}}$) e caso não use, é atribuído zero (equação 3.24).

$$\text{Perda}_{\text{fogo}} = \begin{cases} \text{se usa fogo} \rightarrow & \text{índice}_{\text{fogo}} \\ \text{se não} \rightarrow & 0 \end{cases} \quad (3.24)$$

Para a questão da perda uso do alumínio no enrolamento ($Perda_{alum}$), primeiro verifica-se se o uso pela empresa, se ela utiliza atribui-se integralmente o índice da perda ($índice_{alumínio}$); ou se a empresa pondera entre uso de alumínio e cobre, atribui-se a metade do índice da perda; ou se somente usa cobre atribui-se zero. (equação 3.25).

$$Perda_{alum} = \begin{cases} \text{se usa somente alumínio} \rightarrow & índice_{alumínio} \\ \text{se usa cobre e alumínio} \rightarrow & índice_{alumínio}/2 \\ \text{se não} \rightarrow & 0 \end{cases} \quad (3.25)$$

Por fim, para a perda no rolamento ($índice_{rolamento}$), se a empresa usa rolamento genérico atribui-se o índice da perda de rolamento ($índice_{rolamento}$) e caso não use atribui-se zero. (equação 3.26)

$$Perda_{rolam} = \begin{cases} \text{se usa rolamento genérico} \rightarrow & índice_{rolamento} \\ \text{senão} \rightarrow & 0 \end{cases} \quad (3.26)$$

O resultado em perda direta ($Perda_{Direta}$) é dado em porcentagem e será considerado no cálculo de perda total, incidindo diretamente no rendimento do motor típico da empresa, que será calculado mais a frente.

3.3.2 Fatores potencializadores das perdas

Pôde-se notar que somente algumas perdas diretas puderam ser calculadas para o processo de recondicionamento, deixando-se de considerar quedas ainda maiores do rendimento do motor por conta de procedimentos errados realizados no processo de recondicionamento. Assim, para estimar essa parte das perdas, serão descritos, a seguir, os principais fatores considerados neste trabalho que podem potencializar as perdas, causando quedas ainda maiores do rendimento. Para este fim, definiram-se alguns parâmetros com vistas a estabelecer o grau de qualidade das empresas que prestam os serviços de recondicionamento, principalmente empregando-se o conceito de qualidade total 5S.

3.3.2.1 Qualidade Total – 5S

O método de análise da qualidade total 5S, desenvolvido por japoneses, é aplicado vastamente pelo mundo empresarial de forma a obter melhorias na qualidade no atendimento aos clientes, na prestação de serviços, na otimização de recursos, entre outros parâmetros de avaliação (Kiran, 2017).

Esse método é dividido em 5 itens de análise, segundo as palavras japonesas “*Seiri*”, “*Seiton*”, “*Seiso*”, “*Seiketsu*” e “*Shitsuke*”. Os significados de cada uma destas palavras, bem como as descrições destas na teoria de qualidade total, são apresentados no quadro 3.1.

Quadro 3.1. Os 5S da qualidade total e seus significados

Palavra	Significado	Descrição
<i>Seiri</i>	Senso de utilização	Leva em consideração se a empresa possui todos os recursos necessários para realizar uma determinada tarefa e, ainda, se realiza descarte de ferramentas ou utensílios não utilizados.
<i>Seiton</i>	Senso de organização	Considera se a empresa é organizada tanto com a localização de seus ferramentais e insumos, como no processo produtivo.
<i>Seiso</i>	Senso de Limpeza	Leva em conta se a empresa tem o mínimo de cuidado com a limpeza do ambiente de trabalho.
<i>Seiketsu</i>	Senso de Padronização	Leva em consideração se a empresa padroniza processos e costumes dentro da empresa.
<i>Shitsuke</i>	Senso de disciplina	Considera se a empresa se preocupa com questões de educação, treinamento e incentivos para a manutenção da qualidade dos serviços.

Foram escolhidos 15 itens da pesquisa de campo realizada no Brasil que se encaixam nos 5 sentidos da filosofia 5S, apresentados no quadro 3.2. Estes itens serão utilizados como indicadores para o dimensionamento da qualidade de uma empresa. Os indicadores são binários, indicando se há ou não há aquele determinado item na empresa (o valor 1 é atribuído quando possui um determinado item e 0 quando não

possui). Destes indicadores, o único que não foi considerado binário foi o “percentual de funcionários possuem nível técnico” de uma empresa (Indicador_15), em que foi atribuído esse próprio percentual para mensuração do indicador.

Quadro 3.2. Indicadores escolhidos na pesquisa que avaliam a Qualidade Total

Item do 5S	Indicador selecionado
Utilização	Indicador_1 = Possui impregnadora à vácuo? Indicador_2 = Possui estufa? Indicador_3 = Usa verniz adequado? Indicador_4 = Usam cobre no enrolamento? Indicador_5 = Possui torno mecânico para ajustes? Indicador_6 = Possui os demais equipamentos necessários para se fazer o condicionamento? Indicador_7 = Usa peças originais na substituição?
Organização	Indicador_8 = Não usa fogo no processo de retirada da bobina? Indicador_9 = Faz a secagem do verniz em estufa? Indicador_10 = O tempo de entrega é maior ou igual a 3 dias? Indicador_11 = O ambiente de trabalho é organizado?
Limpeza	Indicador_12 = O ambiente de trabalho é limpo?
Padronização	Indicador_13 = A empresa é credenciada?
Disciplina	Indicador_14 = Faz o treinamento dos funcionários? Indicador_15 = Qual o percentual de funcionários possui nível técnico?

Para responder a todos os indicadores descritos no quadro 3.2, realiza-se a avaliação da empresa diretamente pelas respostas apresentadas no questionário da pesquisa em profundidade, os resultados dos indicadores analisados encontram-se no apêndice. A única exceção a esta regra foi um indicador que mensura o nível formação técnica dos profissionais que necessitou da realização de um cálculo.

Para mensurar por empresa os funcionários com o nível de formação técnica ($f_{funcionários\ técnicos}$) foi considerada a soma de funcionários formados no ensino técnico ($n_{técnicos}$), com os formados no ensino superior ($n_{EnsSuperior}$). Os demais funcionários foram considerados profissionais práticos, pois aprenderam a profissão dentro de uma empresa, distante de uma escola profissionalizante. Assim, a equação 3.27 apresenta a métrica para cálculo deste indicador.

$$funcionários_{técnicos} = \frac{n_{técnicos} + n_{EnsSuperior}}{Total\ de\ funcionários} [\%] \quad (3.27)$$

3.3.2.2 Calculo da Qualidade

A avaliação da qualidade da empresa ($Qualidade_{Emp}$) levou em consideração os 15 indicadores apresentados no quadro da seção anterior. A equação para se definir uma nota da qualidade de cada empresa é descrita a seguir (equação 3.28).

$$Qualidade_{Emp} = \left(\frac{\sum_{i=1}^{15} Indicador_i}{15} - offset \right) 5 \alpha \quad (3.28)$$

A nota da qualidade da empresa varia de 0 a 5, e para que esses valores correspondam à pior e à melhor qualidade de uma empresa, respectivamente, a equação deve ser calibrada utilizando-se os parâmetros α e $offset$. Em seguida, escolhe-se a nota da pior empresa (aque possuir a menor nota) então ajusta-se o $offset$ para que a nota fique em aproximadamente zero. Após regula-se α até que a nota da melhor empresa (aquela que possuir a melhor nota) seja igual a 5.

Posteriormente, com as notas da qualidade das empresas encontradas, estas são classificadas em 3 grupos: baixa, média e alta qualidade. Para classificá-las, foi usado os quartis da distribuição dos dados. No primeiro quartil ficam localizadas as empresas de baixa qualidade, no quarto quartil as empresas de alta qualidade e nos dois quartis centrais, ficam as de média qualidade, como pode ser visualizado na figura 3.10. Com isso espera-se um resultado da qualidade mais conservador com a maioria das empresas sendo classificadas como nível médio.

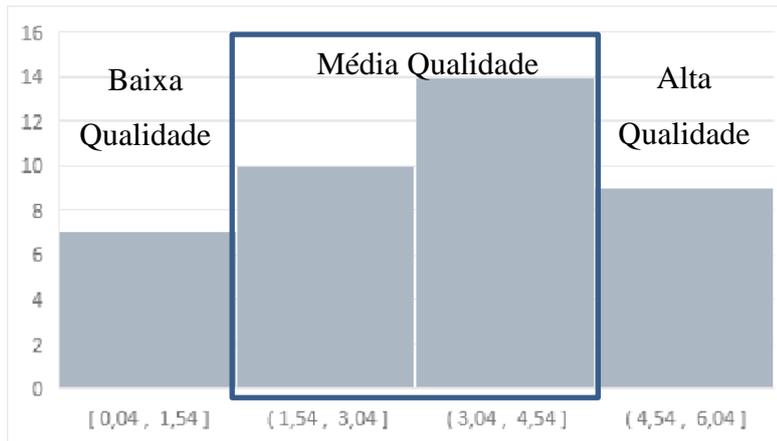


Figura 3.10. Histograma com quartis classificando a qualidade das empresas

3.3.2.3

Fatores potencializadores de perdas aplicados ao rendimento do motor

O fator potencializador das perdas (F_{PP}) no motor deve ser calculado considerando a nota de qualidade de cada empresa (número entre 0 e 5) e o fator β . Esse fator β tem a função de indicar o máximo de perda que pode ocorrer quando a nota de qualidade for zero para a empresa (equação 3.29). Nota-se que dentro dos parênteses da equação 3.29 o valor varia entre 0 e 1.

$$F_{PP} = \left(1 - \frac{Qualidade_{Emp}}{5}\right)\beta \quad (3.29)$$

Como não se sabe ao certo qual o valor do fator β , foi utilizado o estudo de Bortoni, et al., (2007) para calibração destes. Percebeu-se que nesse estudo há três situações possíveis de perda que β pode receber, 3,05 %, 5,49 % e 7,51 %, conforme apresentado no capítulo 2. Assim, esse resultado será trabalhado em cenários.

3.3.3

Perdas por repetição de recondicionamento

Uma das perguntas da pesquisa refere-se a quantas vezes um motor pode ser recondicionado ao longo de sua vida útil e se a empresa define algum limitador que impeça a realização de serviço de recondicionamento em um motor. As respostas

são quase unânimes, as empresas pesquisadas afirmam que não há limites de quantidades de vezes que um motor pode ser recondicionado, a menos que a carcaça não suporte mais a manutenção. Poucos afirmaram que recondicionam no máximo 3 vezes. Desta forma, no valor de perdas totais do processo de recondicionamento a ser confeccionado, deverá constar um valor do percentual de perda causado pelas repetições de recondicionamento do motor. Assim essa perda adicional, dada em porcentos, pode ser calculada pela equação 3.30.

$$Perda_{repetição} = (1 + (Perda_{Direta} + F_{PP}) \cdot \gamma)^{Repet_{porte}} - 1 \quad (3.30)$$

O γ é fator de redução que faz com que cada repetição de recondicionamento somente insira uma fração da perda do primeiro recondicionamento. Como não se sabe ao certo o quanto cada repetição insere de fração de perda no motor, trabalha-se com cenários para sua correta estimação. Os cenários possíveis definidos são de 10 %, 20 % e 30 % de incremento por repetição para γ .

Para o número de repetições, também é necessário realizar um cenário pois as empresas entrevistadas foram muito abrangentes quanto ao número de recondicionamento que eles aceitam realizar por motor. Assim, no cenário foi usado a repetição média ($Repetição_{média}$) variando de 1, 2 e 3 repetições. Como, das poucas das empresas que indicaram que possuem um limite de número de recondicionamentos eram de porte Grande, e em menor quantidade a de porte médio, cada porte de empresa receberá um índice diferente segundo as equações 3.31, 3.32 e 3.33, onde as empresas grandes farão menores repetições de recondicionamento por motor e as empresas pequenas mais.

$$Repet_{porte=P} = Repetição_{média} + 1 \quad (3.31)$$

$$Repet_{porte=M} = Repetição_{média} \quad (3.32)$$

$$Repet_{porte=G} = Repetição_{média} - 1 \quad (3.33)$$

3.3.4 Idade, carga e potência média

A idade, a carga e a potência média são itens importantes para se conhecer as perdas médias por empresa, pois com esses três itens é possível caracterizar qual o tipo de motor que a empresa mais recondiciona, encontrando, também, os valores de rendimento e fator de potência nominais do motor. Mas para se fazer isso são criadas equações que tem como entrada a idade, a carga e a potência média do motor típico da empresa e como saída o rendimento nominal de fábrica do motor.

Assim, foram tabelados diversos motores padrões pesquisados na literatura (Creder, 1985) e no simulador BD motor do PPROCEL (PROCEL, 2008). Portanto, pôde-se definir equações que transformam os dados discretos, constantes nestas tabelas, em dados contínuos.

Primeiramente, tabelaram-se os dados de rendimento e fator de potência de motores de 1, 10, 20, 50, 100, 150, 200, 250 e 300 CV dos anos 1985, 1993, 1997, 2001 e 2018. Para os anos em que a legislação permitia a venda tanto de motores padrão, quanto de auto rendimento foi tirada a média dos dois dados. Em 2018 foram utilizados dados de apenas motores *premium*, condizentes com a Portaria Interministerial nº1 de junho de 2017.

O cálculo do rendimento do motor considerando a data de fabricação para a carga e a potência nominal acontece em 3 etapas. Na primeira, recorre-se à média do rendimento de cada ano e à idade do motor (data atual subtraída da data de fabricação), conforme pode ser visto na tabela 3.11.

Tabela 3.11. Rendimento médio dos motores por idade

Motor	Idade da tabela	Rendimento médio
WEG 2018	0	95,03
WEG 2001 (IR2 e padrão)	17	93,26
WEG 1995-1997 (IR2 e padrão)	22	92,74
Siemens 1985	33	92,22

A partir dessa tabela, pode-se gerar um gráfico de regressão linear conforme mostrado na figura 3.11 e, por fim, obter a equação 3.34.

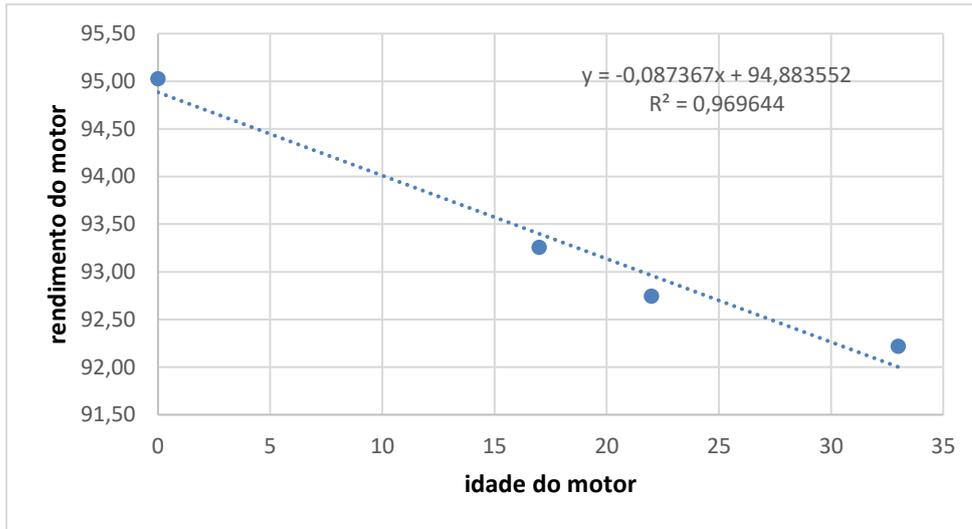


Figura 3.11. Gráfico de Rendimento por idade do motor e regressão linear

$$rend_{Idade} = -0,087367 * Idade\ do\ motor + 94,883552 \quad (3.34)$$

Foram utilizados dados da tabela de carregamento de 2017 para estudar as variações no rendimento segundo a potência do motor típico da empresa e a carga aplicada a ele. Como são fatores que modificam o rendimento indicado pela equação da idade do motor, os dados de rendimento trabalhados nesses dois itens foram normalizados.

Parte-se então para extrair a variação do rendimento conforme a variação da potência do motor típico por empresa, utilizando a carga a 100 %. Para o processo de normalização foi utilizado o valor médio de rendimento. O resultado deste procedimento está resumido na tabela 3.12, figura 3.12 e equação 3.35.

Tabela 3.12. Rendimento por idade para motores elétricos

Motor	Rendimento com carga em 100 %	Normalizado com a média
1 CV	83	88,6 %
10 CV	92	98,2 %
20 CV	93,4	99,7 %
50 CV	94,6	101,0 %
100 CV	95,5	101,9 %
150 CV	95,8	102,3 %
200 CV	96,2	102,7 %
250 CV	96,3	102,8 %
300 CV	96,4	102,9 %
Média	93,69	

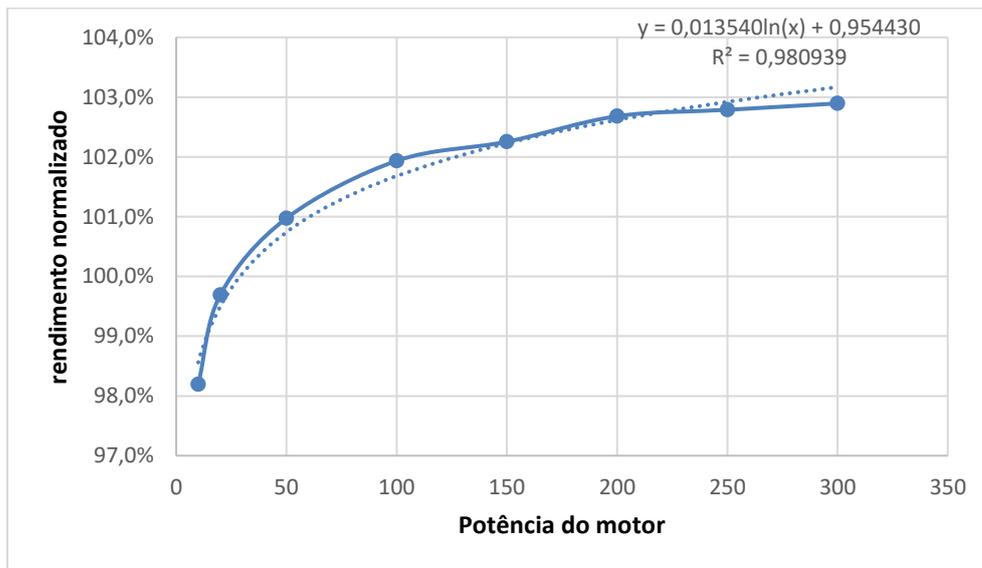


Figura 3.12. Gráfico de rendimento normalizado pela média por potência do motor e regressão logarítmica

$$rend_{potência} = 0,013540 \cdot \ln(potência_{motor}) + 0,954430 \quad (3.35)$$

Na sequência, pode-se estimar então a variação do rendimento conforme a carga do motor (tabela 3.13). Como normalizadores são usados os valores máximos de eficiência para cada motor, e o resultado pode ser encontrado na tabela 3.14.

Tabela 3.13. Rendimento por carga para motores elétricos

% de Carga	Distribuição de Rendimento por Carga								
	1 HP	10 HP	20 HP	50 HP	100 HP	150 HP	200 HP	250 HP	300 HP
50	82,3	90,8	91,6	94	94,6	94,8	94,9	95,3	95,6
75	83,0	91,6	93,2	94,5	95,2	95,5	95,9	96	96,2
100	83,0	92	93,4	94,6	95,5	95,8	96,2	96,3	96,4
Máximo	83,0	92	93,4	94,6	95,5	95,8	96,2	96,3	96,4

Tabela 3.14 - Rendimento por carga normalizado para motores elétricos

% de Carga	Distribuição de Rendimento normalizado								
	1 HP	10 HP	20 HP	50 HP	100 HP	150 HP	200 HP	250 HP	300 HP
50	0,992	0,987	0,981	0,994	0,991	0,990	0,986	0,990	0,992
75	1,000	0,996	0,998	0,999	0,997	0,997	0,997	0,997	0,998
100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Em seguida, retirou-se a média do rendimento normalizado para cada percentual de carga (tabela 3.15), e foi montado um gráfico, presente na figura 3.13. Com a regressão quadrática apresentada, montou-se a fórmula da equação 3.36.

Tabela 3.15 – Rendimento médio normalizado pela carga do motor

% de Carga	média
50	0,989
75	0,997
100	1,000

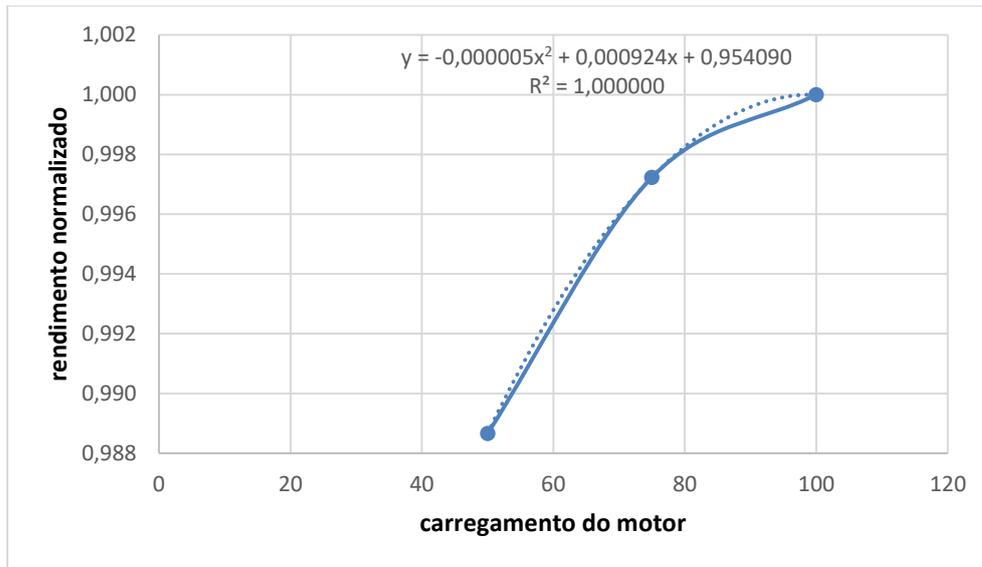


Figura 3.13 – Gráfico de rendimento normalizado pelo valor médio por carga aplicada ao motor e regressão quadrática.

$$rend_{carga} = -0,000005 \text{ carga}^2 + 0,00024 \text{ carga} + 0,954090 \quad (3.36)$$

O rendimento resultante final do motor segundo sua idade, potência e carga é o rendimento nominal de fábrica ($\eta_{fábrica}$), encontrado pela seguinte equação:

$$\eta_{fábrica} = rend_{idade} \text{ } rend_{potência} \text{ } rend_{carga} \quad (3.37)$$

Para se ter um valor de referência comparativa de perda relativa a um motor novo de nível *premium*, utiliza-se a seguinte equação, inserindo idade igual a zero em $rend_{idade}$:

$$\eta_{premium} = rend_{(0)} \text{ } rend_{potência} \text{ } rend_{carga} \quad (3.38)$$

Essas equações serão usadas para se estimar o rendimento médio de fábrica para cálculos de perdas posteriores. É importante destacar que a idade média e a potência média são dados informados pela pesquisa de campo por empresa. O único dado não informado é a carga, pois esta depende do uso em que consumidor faz com os motores. Como é difícil encontrar um estudo na literatura que dimensione a carga média no Brasil, já que o consumo de energia no país é bastante

diversificado, para fins de estimativa da perda de eficiência energética serão considerados cenários de 50 %, 75 % e 100 % de carregamento dos motores.

3.3.5 Perda média por empresa e tipo de empresa

Nesta fase da metodologia proposta nesta dissertação, inicia-se o processo considerando todos os índices de perdas e rendimentos apresentados nas seções precedentes.

Para de fazer o correto dimensionamento da perda por porte de empresa ($PotMédia_{porte}$), considerando a qualidade do serviço prestado, é necessário que a perda seja calculada para cada uma das empresas pesquisadas ($Perda_{Emp}$). O volume de motores reconicionados por porte de empresa ($MotRec_{porte,mês}$) deve ser ponderado pelo valor final da quantidade de reconicionamentos de motores por empresa ($MotRec_{Emp,mês}$).

Inicia-se o cálculo da perda total por empresa com a equação 3.39. O rendimento médio dos motores ($\eta_{atual_{Emp}}$) pode ser encontrado via eficiência média de fábrica ($\eta_{fábrica_{Emp}}$) encontrada após análise da carga, potência média dos motores da empresa e idade média dos motores da empresa (equação 3.40). Com o rendimento de fábrica e o atual dos motores da empresa é possível calcular a potência elétrica total dos motores que saem de cada empresa ($Pot_{fábrica_{Emp}}$, $Pot_{Atual_{Emp}}$ e $Pot_{Premium_{Emp}}$), pela potência média ($Pot_{média}$) e número de reconicionamentos de motores por mês por empresa ($MotRec_{Emp,mês}$). Como pode ser visto nas equações 3.41, 3.42 e 3.43.

$$Perda_{Emp} = Perda_{Direta} + FPP + Perda_{repetição} [\%] \quad (3.39)$$

$$\eta_{atual_{Emp}} = \eta_{fábrica_{Emp}} (1 - Perda_{Emp}) \quad (3.40)$$

$$Pot_{fábrica_{Emp}} = \frac{Pot_{média_{Emp}} [HP] 746}{\eta_{fábrica_{Emp}}} MotRec_{Emp,mês} [W] \quad (3.41)$$

$$Pot_{atual_{Emp}} = \frac{Pot_{média_{Emp}} [HP] 746}{\eta_{atual_{Emp}}} MotRec_{Emp,mês} [W] \quad (3.42)$$

$$Pot_{premiumEmp} = \frac{Pot_{média}[HP] 746}{\eta_{premiumEmp}} MotRec_{Emp,mês} [W] \quad (3.43)$$

Com os dados estimados acima, é possível agrupar os resultados por porte de empresas (pequenas, médias e grandes) e já começar a preparar os dados para extrapolação de perdas para o território nacional. Encontra-se, então, o rendimento nominal de fábrica (equação 3.44) e o atual (equação 3.45), por porte da empresa, realizando o somatório da potência média das empresas. Também se calcula a idade média dos motores por porte (equação 3.48), a potência média (equação 3.47) e o número de vendas/serviços de recondicionamento de motores por porte de empresa (equação 3.49), encontrando-se um valor médio de recondicionamentos por porte de empresa em um mês.

$$\eta_{fábrica,porte} = \frac{\sum(Pot_{médiaEmp,porte} [HP] 746 MotRec_{Emp,porte,mês})}{\sum(Pot_{fábricaEmp,porte})} \quad (3.44)$$

$$\eta_{atual,porte} = \frac{\sum(Pot_{médiaEmp,porte} [HP] 746 MotRec_{Emp,porte,mês})}{\sum(Pot_{atualEmp,porte})} \quad (3.45)$$

$$\eta_{premium,porte} = \frac{\sum(Pot_{médiaEmp,porte} [HP] 746 MotRec_{Emp,porte,mês})}{\sum(Pot_{premiumEmp,porte})} \quad (3.46)$$

$$PotênciaMédia_{porte} = \frac{\sum(Pot_{médiaEmp,porte} [HP] MotRec_{Emp,porte,mês})}{\sum(MotRec_{Emp,porte,mês})} \quad (3.47)$$

$$IdadeMédia_{porte} = \frac{\sum(Idade_{médiaEmp,porte} MotRec_{Emp,porte,mês})}{\sum(MotRec_{Emp,porte,mês})} \quad (3.48)$$

$$MotRec_{porte,mês} = \frac{(\sum MotRec_{Emp,porte,mês})}{númeroEmpresas_{porte}} \quad (3.49)$$

3.3.6 Cenários

Para alguns itens desta pesquisa, por conta de dados e incertezas relativas aos números considerados, teve-se que recorrer à metodologia de análise de cenários. Quatro variáveis foram consideradas nos cenários: o carregamento médio dos motores; o fator beta de perda de rendimento para os fatores potencializadores de perdas no rendimento; o número de vezes que o motor é reconicionado durante um ano; e o percentual de perda em cima da perda total que é acrescido quando se repete o procedimento de reconicionamento em um motor.

Como são muitas variáveis é possível criar uma árvore de decisão com todas as possibilidades de entrelaçamento de valores de cada variável, conforme pode ser visto na figura 3.14.

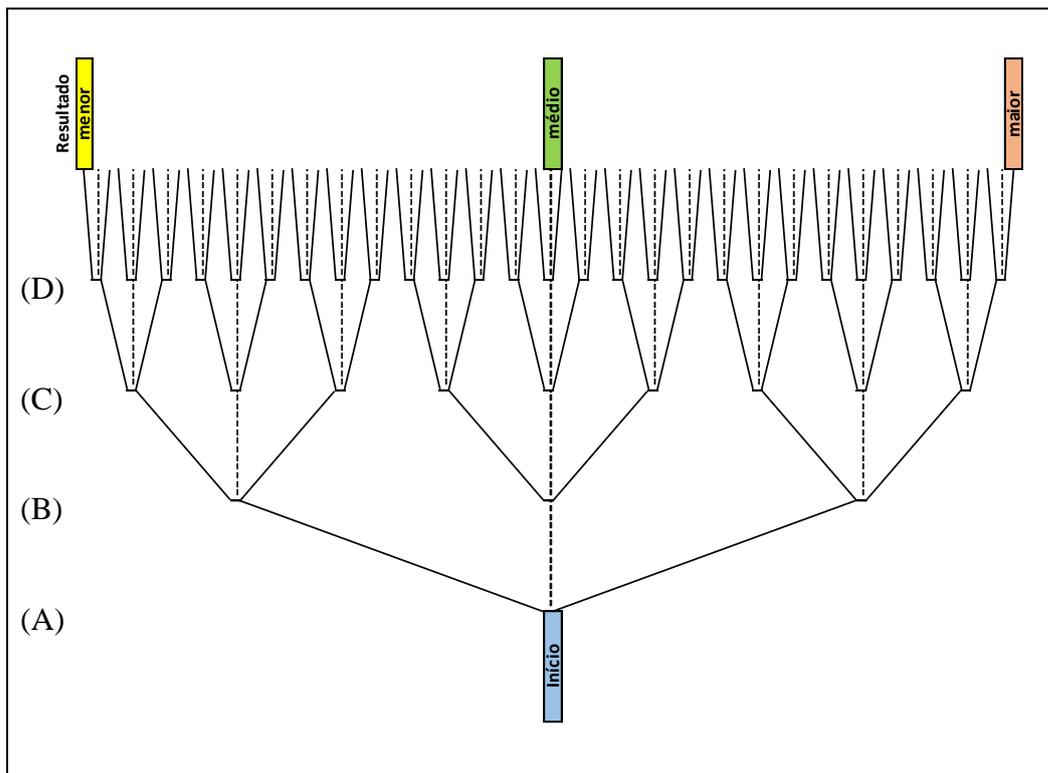


Figura 3.14. Árvore de decisão para criação de cenários, com nós: (A) Rendimento; (B) Carregamento; (C) Número de repetições de reconicionamento; (D) % de perda por reconicionamento

Ressalta-se que mesmo dentro de uma infinidade de resultados, os mais importantes são: o resultado médio, o resultado com menor perda e o resultado com maior perda. Assim, pode-se criar um intervalo de confiança do resultado médio

encontrado, como se fosse a indicação da incerteza de medição do processo. Os valores para os possíveis cenários estão também descritos e organizados na tabela 3.16.

Tabela 3.16. Valores das variáveis para os cenários de maior, média e menor perda

Variável	Cenário com menor perda	Cenário com perda média	Cenário com maior perda
(A) Rendimento	3,05 %	5,49 %	7,51 %
(B) Carregamento	100 %	75 %	50 %
(C) Número de repetições de condicionamento	1	2	3
(D) % de perda por condicionamento	10 %	20 %	30 %

3.3.7 Cálculo da perda total

Este tópico tratará sobre os cálculos relevantes para extrapolar os resultados de perdas para todo o cenário nacional. O procedimento inicial de cálculo é encontrar o número total de vendas/serviços de condicionamento de motores elétricos no país no ano. Para tanto, utiliza-se os resultados das bases de dados da RAIS, no cenário conservador, para obter o total de empresas no território nacional e o quantitativo de empresas divididos por porte de empresa.

Para que não haja superestimação do mercado, considera-se que empresas localizadas no interior dos estados possuem um menor volume de motores condicionados, quando comparadas às empresas que estão nas capitais. Essa observação é aplicada por meio de um percentual de redução de condicionamentos, representado por $\delta_{capital,tipo}$, calculado pela equação 3.50, que pode ser aplicado diretamente ao volume total de condicionamento no país, reduzindo-o.

Considerou-se que uma empresa do interior condicionaria 25 % a menos que uma empresa na capital e, portanto, deve-se aplicar um fator ($fator_{int}$) de 75 % ao número de motores condicionados nessa localidade. Foi usado 75 % de redução nas empresas do interior porque mais de 50 % do mercado está localizado

no Sudeste, particularmente nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais e nesses estados há muitas empresas fora das capitais, localizadas nas grandes regiões metropolitanas, possuindo muitas indústrias e comércios, equivalendo ao número de recondicionamentos da capital.

Somado a isso, foi verificado que trabalhar com o número de empresas de cada localidade para o cálculo de $\delta_{Capital,porte}$ tem o mesmo efeito que trabalhar com número de motores recondicionados por localidade. Então, essas considerações foram aplicadas na equação 3.50, onde: o total de empresas (*TotalEmpresas*) é o somatório do total de empresas localizadas na capital e no interior dos estados no Brasil; $Nemp_{Capital,porte}$ é o número de empresas que se localizam nas capitais dos estados; $Nempresas_{Interior,porte}$ o número de empresas localizadas no interior; e $fator_{int}$ multiplicando $Nemp_{Interior,porte}$ para aplicar o percentual de redução no interior. Desta forma é possível calcular o percentual de redução de número de motores por tamanho de empresa (porte).

$$\delta_{Capital,porte} = \frac{(Nemp_{Capital,porte} + Nemp_{Interior,porte} \cdot fator_{int})}{TotalEmpresas} \quad (3.50)$$

Determinado o percentual de redução por porte pode-se calcular o total de motores que são recondicionados por ano para cada porte de empresa (equações 3.51 a 3.53) e, também, o total de motores recondicionados no país por ano (*TotalMotREC*) como pode ser visto na equação 3.54.

$$TMotoresREC_P = \text{númeroEmpPaís}_P \cdot MotRec_{P,mês} \cdot 12 \cdot \delta_{Capital,P} \quad (3.51)$$

$$TMotoresREC_M = \text{númeroEmpPaís}_M \cdot MotRec_{M,mês} \cdot 12 \cdot \delta_{Capital,M} \quad (3.52)$$

$$TMotoresREC_G = \text{númeroEmpPaís}_G \cdot MotRec_{G,mês} \cdot 12 \cdot \delta_{Capital,G} \quad (3.53)$$

$$TotalMotREC = TMotoresREC_P + TMotoresREC_M + TMotoresREC_G \quad (3.54)$$

Calcula-se a potência média para cada um dos portes de empresa utilizando a equação 3.55. Em seguida, calcula-se a potência média (equações 3.56 e 3.57) e a idade média dos motores do país em anos (equação 3.58)

$$Potência_{porte} = PotênciaMédia_{porte} \cdot TMotoresREC_{porte} [HP] \quad (3.55)$$

$$Potência_{Total} = \sum Potência_{porte} [HP] \quad (3.56)$$

$$Potência_{mediaFinal} = \frac{Potência_{Total}}{TotalMotoresREC} [HP] \quad (3.57)$$

$$Idade_{mediaFinal} = \frac{\sum (IdadeMédia_{porte} MotRec_{porte,mês} 12 \delta_{Capital,porte})}{TotalMotoresREC} \quad (3.58)$$

Os rendimentos médios atuais, nominais e *premium* considerados no estudo são ponderados pela potência total de cada grupo de porte de empresa. Conforme equações 3.59 a 3.61.

$$\eta_{atualFinal} = \frac{Potência_{Total}}{\sum \left(\frac{Potência_{porte}}{\eta_{atual_{porte}}} \right)} \quad (3.59)$$

$$\eta_{fábricaFinal} = \frac{Potência_{Total}}{\sum \left(\frac{Potência_{porte}}{\eta_{fábrica_{porte}}} \right)} \quad (3.60)$$

$$\eta_{premiumFinal} = \frac{Potência_{Total}}{\sum \left(\frac{Potência_{porte}}{\eta_{premium_{porte}}} \right)} \quad (3.61)$$

A perda percentual do rendimento, que condiz com a eficiência atual do motor pode ser calculada pela equação 3.62. Assim como o acréscimo de potência por conta da baixa eficiência causada pelo processo de recondicionamento de motores pela equação 3.63. As perdas elétricas em unidades de potência, em kW h, tanto a por porte de empresa como a total final podem ser encontradas nas equações 3.64 e 3.65.

$$Perda \% no rendimento = \frac{\eta_{fábricaFinal} - \eta_{atualFinal}}{\eta_{fábricaFinal}} \quad (3.62)$$

$$AddPotência = \frac{\left(\frac{1}{\eta_{atualFinal}} - \frac{1}{\eta_{fábricaFinal}} \right)}{\frac{1}{\eta_{fábricaFinal}}} \quad (3.63)$$

$$PerdaEle_{porte} = Potência_{porte} \left(\frac{1}{\eta_{atual_{porte}}} - \frac{1}{\eta_{fábrica_{porte}}} \right) \frac{746}{1000} [kW] \quad (3.64)$$

$$PerdaEle_{Final} = \sum PerdaEle_{porte} [kW] \quad (3.65)$$

Todos os cálculos apresentados acima já permitem apresentar resultados referentes a perdas de energia percentuais e em unidades de potência.

Parte-se então para entender outras características existentes no mercado. Inicia-se com o estudo do número total de motores circulantes no país ($TotalMotores_{país}$), utilizando estudos bibliográficos e documentais apresentados, para estimar número de motores existentes ($TMExist$), comprados novos, nacionais ($TMNac$) e importados ($TMImp$) e reconicionados no país por ano ($TotalMotREC$), bem como estimar a parcela do consumo dos motores reconicionados no país ($ConsumoMotores$).

O total de energia consumida no país no ano de estudo ($Consumo país$) é fornecido pelos relatórios anuais de energia, como o BEN 2017 (EPE, 2017), e o percentual de consumo dos motores com relação ao total de energia ofertado no país ($\%consumomotores$) é encontrado em pesquisas documentais como ELETROBRAS e PROCEL (2008), podendo assim extrair-se o total do consumo de motores em um determinado ano, conforme equação 3.66.

$$ConsumoMotores = Consumo país \cdot \%consumomotores \quad (3.66)$$

$$TotalMotores_{país} = TotalMotREC + TMNac + TMImp + TMExist \quad (3.67)$$

Outro dado que pode ser extraído é o *market share*. Com ele é estimado o percentual de representação dos motores que foram reconicionados no ano de análise, com o total de motores no país.

Há duas representações importantes: (1) sobre a representatividade dos motores reconicionados no ano de análise sobre o total de motores; e (2) sobre a representatividade do total de motores reconicionados existentes no país, no qual esse quantitativo é a soma dos motores reconicionados no ano de análise com o percentual dos motores existentes que já sofreram algum reconicionamento, divididos pelo total de motores no país.

Todavia, para entender o impacto energético de cada um desses motores em cima do consumo total dos motores no ano de análise (*ConsumoMotores*), é necessário ponderar cada um desse quantitativo de motores com os rendimentos típicos de cada grupo. Assim, foram desenvolvidas as equações 3.68 e 3.70 que tem cada um dos seus tipos de motores analisados ponderados segundo o nível de eficiência de cada motor.

Nas duas representações a serem consideradas sobre o impacto energético dos motores reconicionados no país, na primeira, sobre o impacto dos motores que foram reconicionados no ano de análise, encontra-se a equação 3.68 calculando diretamente o percentual de impacto e depois sendo aplicado na equação 3.69 para calcular o consumo energético no país.

$$ImpactoREC_{no\ ano} = \frac{\frac{TotalMotREC}{\eta_{atualFinal}}}{\frac{TotalMotREC + TMExist}{\eta_{atualFinal}} + \frac{TMNac + TMImp}{\eta_{premiumFinal}}} \quad (3.68)$$

$$ConsumoREC_{no\ ano} = ImpactoREC_{no\ ano} \cdot ConsumoMotores \quad (3.69)$$

Na segunda representação, há o cálculo do percentual de impacto apresentado pelo total de motores reconicionados existentes num país tendo como referência o consumo total dos motores na equação 3.70 e o cálculo do consumo energético final (*ConsumoREC_{país}*) na equação 3.71. Mas antes, é necessário determinar a razão (*R*), que é o total de motores existentes (*TMExist*) dividido pelo total de motores reconicionados no ano (*TotalMotREC*), no qual sua aplicação é dada pela seguinte regra:

- Para casos em que a idade média dos motores de um país for maior que a razão (*R*), utiliza-se $R = 1$.
- Caso contrário aplica-se o valor encontrado para *R* diretamente a equação 3.70.

$$ImpactoREC_{país} = \frac{\frac{TotalMotREC + R \cdot TMExist}{\eta_{atualFinal}}}{\frac{TotalMotREC + TMExist}{\eta_{atualFinal}} + \frac{TMNac + TMImp}{\eta_{premiumFinal}}} \quad (3.70)$$

$$\text{ConsumoREC}_{país} = \text{ImpactoREC}_{país} \text{ConsumoMotores} \quad (3.71)$$

Por fim, pode-se estimar a perda de energia pelos motores reconicionados vendidos e em que são feitos serviços, utilizando as parcelas de consumo calculadas multiplicados pelo adicional de potência (*AddPotência*) gasto referente ao baixo rendimento dos motores reconicionados.

$$\text{PerdaConsREC}_{no\ ano} = \text{ConsumoREC}_{no\ ano} \text{AddPotência} \quad (3.72)$$

$$\text{PerdaConsREC}_{país} = \text{ConsumoREC}_{país} \text{AddPotência} \quad (3.73)$$

3.4 Considerações sobre o capítulo

Neste capítulo foi apresentada a metodologia de trabalho usada para alcançar os objetivos específicos da pesquisa.

A partir disso 3 principais objetivos foram separados e transformados em etapas de trabalho, sendo elas:

- Etapa 1 – Dimensionamento e estatística descritiva de empresas de reconicionamento no Brasil;
- Etapa 2 – Pesquisa em Campo;
- Etapa 3 – Dimensionamento e caracterização do mercado do mercado de motores reconicionados.

Para a Etapa 1 a metodologia encontrada para realizar o dimensionamento do total de empresas no Brasil foi a realização da análise das bases de dados nacionais relacionados a dados do ministério de trabalho (RAIS), o principal órgão de pesquisa do país (IBGE) e, também, dados de organizações que possuem informações sobre credenciamento de empresas de reconicionamento junto às fabricantes de motores (ABINEE).

Os resultados das bases de dados foram filtrados segundo o código CNAE, que classifica as empresas pelas suas atividades comerciais, sendo escolhidos os códigos relativos ao reconicionamento de motores elétricos. Quando inserido um determinado código selecionado nas bases de dados, elas respondem ou com

valores de funcionários ativos ou com números de empresas existentes no país. Ainda consegue-se separar melhor os dados aplicando-se critérios de exibição das respostas e, desta forma, consegue-se fazer pesquisas como número de empresas que fazem recondicionamento por estado, número de funcionários por porte de empresa, escolaridade dos funcionários por estado, entre outros.

Com os primeiros resultados da aplicação dessa metodologia, foi estimado o número de empresas e pôde-se realizar a seleção de amostras no território nacional. Nessa amostra foram realizadas pesquisas de campo para o correto entendimento do mercado e para possibilitar calcular as perdas referentes aos procedimentos fora do padrão realizado por cada empresas.

Na etapa 2 foram realizados dois procedimentos metodológicos, um qualitativo e outro quantitativo, para poder-se extrair as informações de empresas de forma que possibilitasse o dimensionamento e caracterização do mercado.

Na etapa qualitativa foi realizada uma pesquisa em campo em um pequeno grupo de empresas para ter-se “*know-how*” da saúde financeira, quais procedimentos mais usuais, ou fora do comum, que essas empresas estão fazendo durante o recondicionamento, entre outros fatores que podem influenciar o mercado, ou o rendimento dos motores que saem consertados daquela empresa.

Em seguida, foi confeccionado um questionário (disponível no anexo) no qual as perguntas foram padronizadas para que, quando fossem realizadas nas amostras das empresas do território nacional, os resultados fossem estatisticamente relevantes. Na fase de aplicação dos questionários, os resultados são considerados quantitativos, pois, a partir deles, é possível dimensionar diversas características do mercado de recondicionamento de motores.

Já na parte 3 são apresentados todos os cálculos das perdas para o Brasil referentes ao uso de motores reconicionados. Nela foram desenvolvidos 4 principais métodos: (1) o primeiro para calcular as perdas diretas, que são aquelas que se consegue calcular teoricamente ao analisar um determinado procedimento usado por uma empresa; (2) no segundo um fator potencializador de perdas foi desenvolvido analisando-se a qualidade do serviço das empresas. Essa qualidade foi apresentada via um cálculo que analisa 15 indicadores de qualidade da empresa escolhidos seguindo preceitos da filosofia 5S de Qualidade Total; (3) o terceiro é relativo ao número de vezes que um motor brasileiro é enviado para o recondicionamento pós falhas, antes de ser descartado. Nesse método inclui-se um

percentual de perda para cada rebobinamento, onde esse percentual é proporcional à soma das perdas diretas e do fator potencializador das perdas; (4) por fim para valores para os quais não se obteve referência da bibliografia, foi adotada uma cenarização de forma que 3 possíveis cenários são analisados. O resultado médio é o mais provável de acontecer, e os cenários extremos, para mais e para menos, onde serviram como um intervalo de confiança do resultado médio.

4 Resultados

Neste capítulo serão apresentados os resultados da metodologia proposta no capítulo anterior, considerando as três etapas anteriormente definidas, que englobam: as pesquisas na base de dados da RAIS para se estimar o número de empresas que fazem o serviço de recondicionamento; a pesquisa de campo realizada no Brasil, bem como a estatística descritiva dos dados levantados na pesquisa; e, por fim, o dimensionamento do mercado de recondicionamento de motores brasileiros e seus impactos na redução da eficiência energética, considerando todas as premissas adotadas e apresentadas no capítulo 3.

4.1 Etapa 1 - Dimensionamento do mercado de venda e serviço de motores reconicionados no Brasil

Nesta seção, serão apresentados os resultados provenientes da pesquisa da base de dados da RAIS (MTE, 20187), com vistas a estimar o número de empresas e a média de funcionários das empresas que vendem motores reconicionados ou prestam serviços de recondicionamento. Estas são informações muito importantes, pois darão subsídios para dimensionar o tamanho do mercado de reconicionados de motores no Brasil, sendo possível estimar o impacto de perda de eficiência energética causada por esses serviços.

Por meio da consulta à base de dados da RAIS, utilizando os três grupos de códigos CNAE que foram apresentados no capítulo anterior (forte, médio e fraco), chegou-se aos seguintes resultados absolutos para o Brasil, sendo considerada uma pesquisa preliminar, pois nenhum percentual de redução foi aplicado (tabela 4.1).

Tabela 4.1. Resultados absolutos totais no Brasil por grupo de códigos CNAE

Grupo	Total de Empresas	Total de Funcionários
Forte	4 420	14 389
Médio	17 091	68 343
Fraco	17 587	62 222
Total	39 098	144 954

Em seguida, é aplicado o percentual de redução relativo à quantidade de atividades selecionadas dividida pelo total de atividades de cada CNAE, como descrito no item 3.1, que vieram da tabela 3.1. Estes percentuais se encontram na quinta coluna da referida tabela. Estes resultados para o Brasil são mostrados na tabela 4.2.

Tabela 4.2. Resultados após aplicação aos índices de atividades

Grupo	Total de Empresas	Total funcionários
Forte	4 420	14 389
Médio	10 965	44 705
Fraco	5 618	23 721
Total	21 003	82 815

Com os resultados da tabela 4.2 são aplicados os percentuais de potencial de venda de motores elétricos definidos para cada cenário (explicitados na tabela 3.1) obtendo-se, assim, os resultados de cada cenário, apresentados na tabela 4.3.

Tabela 4.3. Resultados do número de empresas por cenário

Cenários	Total de Empresas	Total de funcionários	Média de funcionário por empresa
Cenário Otimista	14 343	55 171	3,8
Cenário Base	10 423	39 794	3,8
Cenário Conservador	6 503	24 417	3,8

Obteve-se, portanto, uma redução de 83,37 % dos resultados encontrados previamente, pela consulta direta à base da RAIS, ou seja, de 39.098 empresas encontradas, obteve-se um valor estimado de 6.503 no cenário conservador, por exemplo.

Para finalizar a pesquisa de números de empresas, faz-se necessário comparar os resultados encontrados com as informações oriundas de outras fontes. Neste trabalho, foram usadas como base de comparação os dados das empresas credenciadas das grandes empresas de fabricação de motores elétricos atuantes no Brasil, fornecidos pela Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE), e o banco de dados de cadastro de empresas do IBGE, o CEMPRE, tabela 6450. Além disso, serão apresentados nas seções seguintes o número de empresas e empregados estimados por estado da federação com as consultas feitas na base da RAIS.

4.1.1

Resultados estatísticos do RAIS sobre os estabelecimentos

Para estudar o cenário das empresas estudadas por unidade federativa (UF) e regiões, também foi utilizado o banco de dados da RAIS por estabelecimentos. Os resultados estão apresentados na tabela 4.4, nos três cenários adotados (otimista, base e conservador) e apresentados anteriormente na tabela 4.3.

Tabela 4.4. Quantidade percentual de empresas por UF

Estados	Cenário Otimista	Cenário Base	Cenário Conservador
RO	67	50	33
AC	13	9	6
AM	115	85	55
RR	8	6	4
PA	207	153	99
AP	14	11	8
TO	35	26	16
Total Norte	459	340	221
MA	140	105	69
PI	58	43	28
CE	290	215	139
RN	114	84	54
PB	85	63	41
PE	295	217	138
AL	66	49	32
SE	52	38	25
BA	534	396	259
Total Nordeste	1 634	1 210	785
MG	1 406	1 037	667
ES	345	252	160
RJ	974	712	449
SP	5 413	3 911	2 408
Total Sudeste	8 138	5 912	3 684
PR	1 169	836	504
SC	917	655	393
RS	1 194	865	536
Total Sul	3 280	2 356	1 432
MS	139	102	64
MT	192	140	87
GO	385	279	173
DF	116	86	56
Total Centro Oeste	832	607	381
Total	14 343	10 423	6 503

Nas figuras 4.1 e 4.2 são apresentadas, respectivamente, a distribuição das empresas por UF e por região. Como era de se esperar, por conta do grande número de indústrias, o estado que mais possui empresas que prestam serviços de recondicionamento de motores é São Paulo (37 %) e a região com maior representatividade é a Sudeste, com mais da metade de todas as empresas que prestam este tipo de serviço (56,6 %).

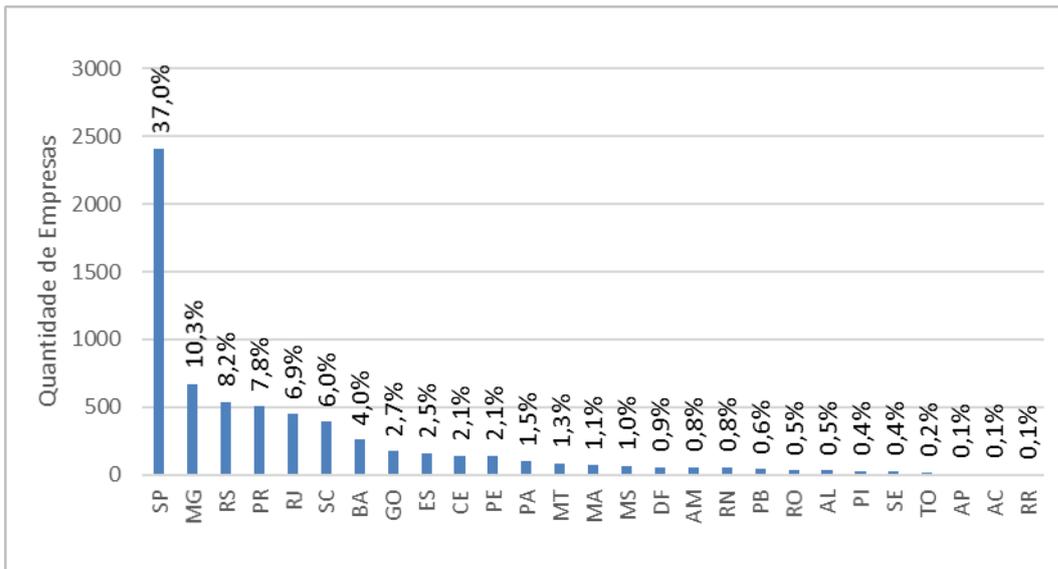


Figura 4.1. Distribuição de Empresas por unidade federativa

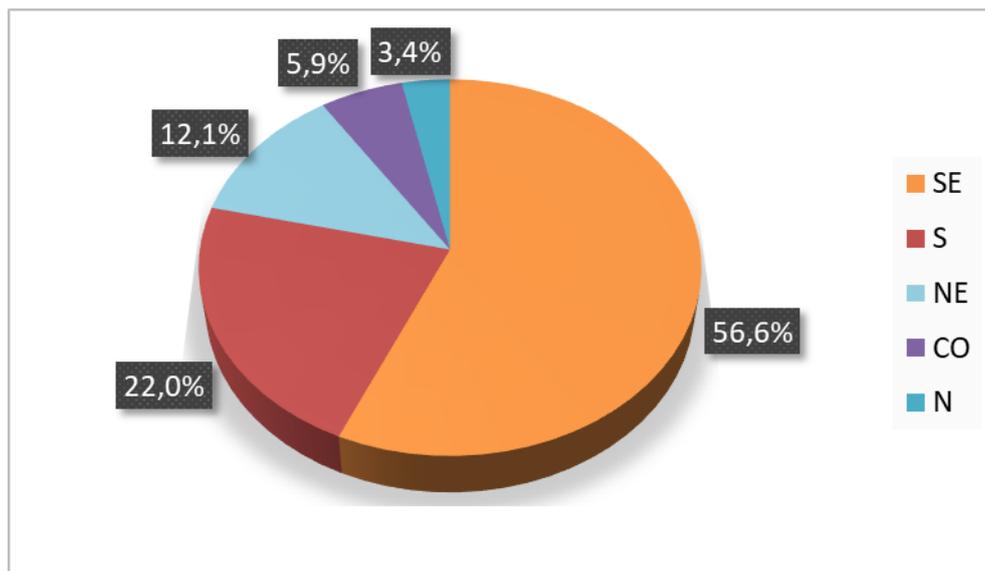


Figura 4.2. Distribuição de Empresas por região no Brasil

As discussões dos resultados considerarão o cenário Conservador, uma vez que não se pretende, de maneira alguma, correr o risco de sobrestimar o mercado de motores reconicionados no Brasil.

4.1.2 Resultados estatísticos do RAIS sobre os funcionários

A fim de conhecer o porte das empresas, foi consultado o número de empregados por empresa. Este resultado é apresentado na tabela 4.5.

Tabela 4.5. Quantidade de empresas para cada grupo de funcionários

Cenários	0 Emp.	De 1 a 4	De 5 a 9	De 10 a 19	De 20 a 49	De 50 a 99	De 100 a 249	De 250 a 499	De 500 a 999	1000 ou Mais
Cenário Otimista	8805	3486	995	563	339	95	42	13	4	1
Cenário Base	6391	2546	723	406	244	69	30	9	3	1
Cenário Conservador	3978	1606	451	249	149	44	19	5	2	1

Verifica-se que a maioria das empresas reconcondicionadoras de motores elétricos são de pequeno porte, sendo que a maioria delas (61 %) não possui empregado algum (figura 4.3), podendo-se inferir, neste caso, que ou o próprio dono microempreendedor é o técnico rebobinador ou ele não registrou seus funcionários.

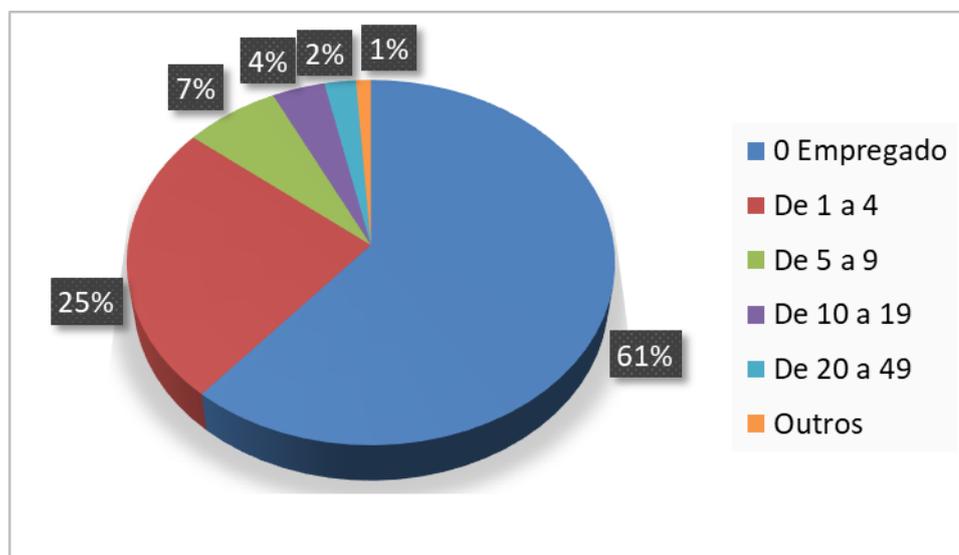


Figura 4.3. Quantidade de empresas para cada grupo de funcionários

O nível de qualidade dos motores exigida para comercialização requer uma alta capacidade técnica. Por esta razão, é difícil imaginar um serviço de manutenção

bem executado sendo realizado por uma única pessoa ou até mesmo por somente 4 funcionários. Assim, a pesquisa quantitativa que foi realizada e será apresentada na seção seguinte, pretende aprofundar-se mais nesta discussão.

Para entender o tipo de funcionário que trabalha nas empresas estudadas, foram coletados através da RAIS vínculos os seguintes dados: sexo dos trabalhadores, faixa etária, faixa salarial e escolaridade dos funcionários. Todas as informações contemplam todo o território nacional. Os resultados estão compilados na tabela 4.6 a 4.9.

Tabela 4.6. Sexo dos trabalhadores

Cenários	Masculino	Feminino
Cenário Otimista	47 154	8 017
Cenário Base	33 978	5 816
Cenário Conservador	20 803	3 615

Nota-se que, no setor de manutenção de motores, o sexo dos empregados é majoritariamente masculino (85 %), como pode ser visto na figura 4.4.

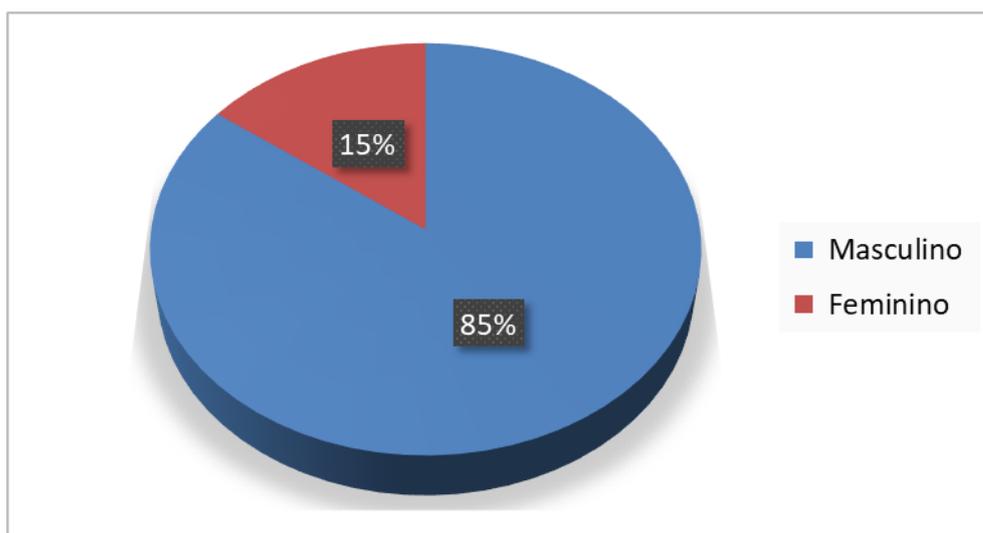


Figura 4.4. Sexo dos trabalhadores (proporção)

Em relação à faixa etária dos funcionários que trabalham em empresas que prestam serviços de reparo de motores, pode-se verificar na tabela 4.7 que a faixa etária média fica em torno de 35 anos, embora existam nestas empresas muitos funcionários jovens (com idades entre 18 e 29 anos).

Tabela 4.7. Quantidade de funcionários por faixa de idade (anos)

Cenários	10 a 17	18 a 29	30 a 39	40 a 49	50 a 64	65 ou mais
Cenário Otimista	368	19.736	17.653	10.006	6.976	432
Cenário Base	269	14.251	12.717	7.209	5.036	313
Cenário Conservador	170	8.765	7.780	4.412	3.095	195

A figura 4.5 apresenta a proporção dos agrupamentos por faixa etária apresentado na tabela 4.7, podendo-se notar que a faixa etária que tem maior representatividade de funcionários é a de 18 a 29 anos.

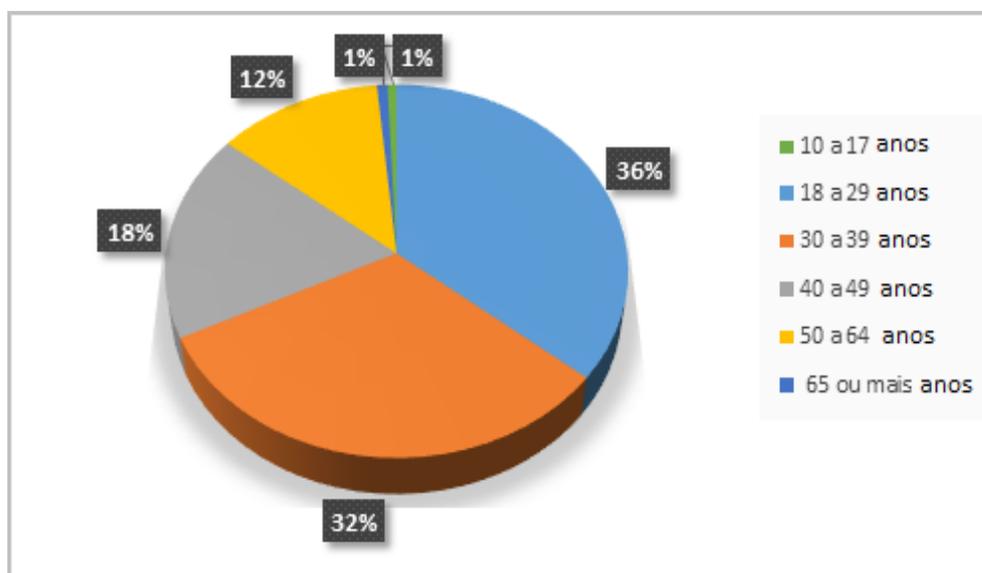


Figura 4.5. Proporção da quantidade de funcionários por faixa de idade (anos)

Os dados que melhor traduzem o nível de conhecimento técnico das empresas, no entanto, são os de faixa salarial e escolaridade dos funcionários. Em relação à remuneração, essa é predominantemente baixa, tendo a maior parte dos

empregados recebido até 4 salários mínimos (77 %). Estas informações estão apresentadas na tabela 4.8 e figura 4.6.

Tabela 4.8. Quantidade funcionários por faixa salarial.

Cenários	Auxiliar até 2	Técnico 2 a 4	Eng. Jr. 4 a 7	Eng. Pleno 7 a 10	Sênior Mais que 10	Outros n
Cenário Otimista	21.119	21.340	7.456	2.155	2.206	895
Cenário Base	15.351	15.367	5.348	1.542	1.543	643
Cenário Conservador	9.584	9.393	3.240	930	879	391

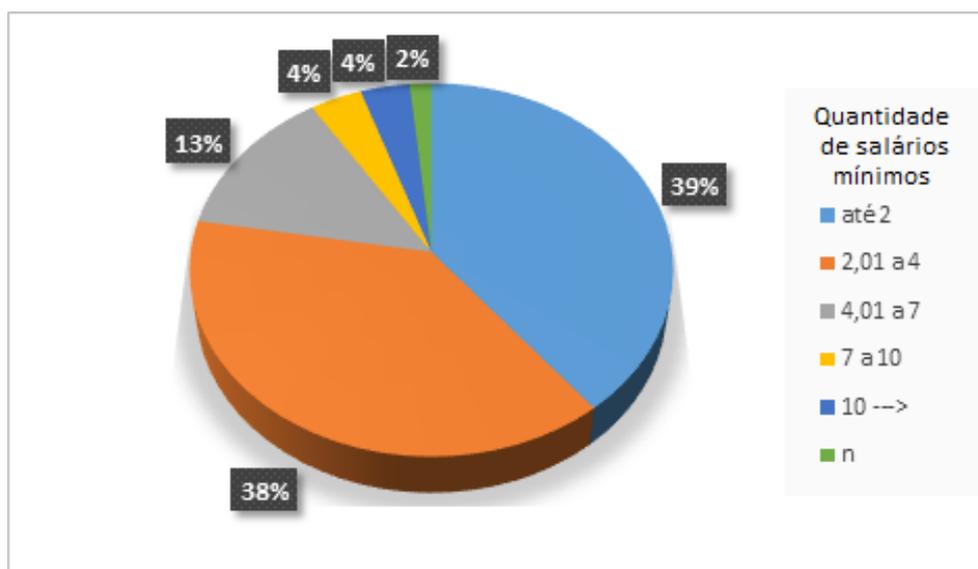


Figura 4.6. Proporção da quantidade de funcionários por faixa salarial

Em relação à escolaridade, pode-se notar na tabela 4.9 que a escolaridade também fica aquém do esperado, tendo a maior parte dos funcionários que trabalham nas empresas que prestam serviços de condicionamento concluído o ensino médio (67 %). Se somados todos os funcionários dos que não possuem estudos até os que concluíram o ensino médio são encontrados 91 % dos funcionários, como pode ser visto na figura 4.7.

Tabela 4.9. Escolaridade dos funcionários

Cenários	Analfabeto	Fundamental	Ensino Médio	Superior	Mestrado	Doutorado
Cenário Otimista	47	13.416	36.557	5.079	59	13
Cenário Base	33	9.675	26.434	3.600	42	9
Cenário Conservador	19	5.935	16.311	2.122	24	6

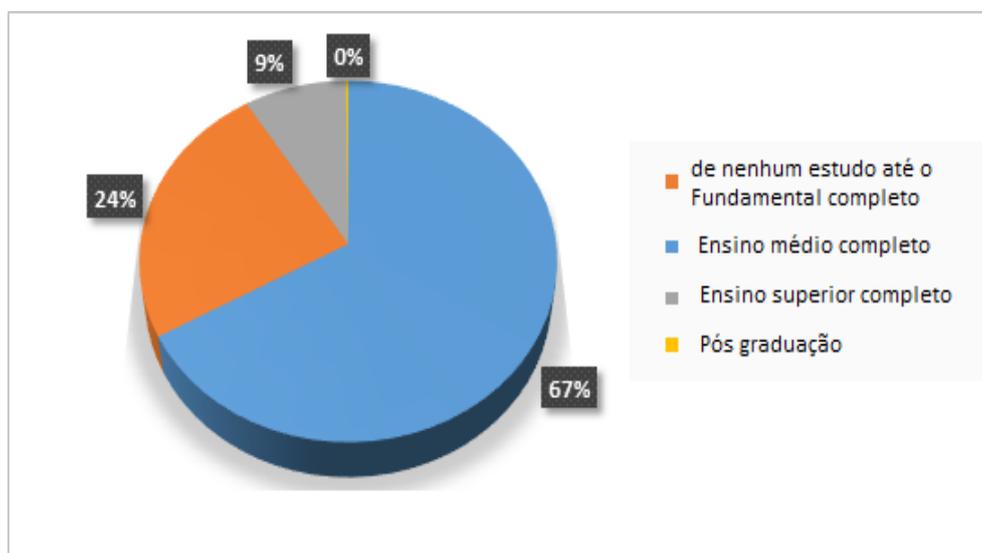


Figura 4.7. Escolaridade dos funcionários (proporção)

Como o serviço de recondicionamento de motores exige mão de obra qualificada, ao se analisar o número de pessoas com ensino médio, pode-se pressupor que a maioria possua também ensino técnico. Ao cruzar os dados de faixa salarial e escolaridade, considerando os dados fornecidos pelo CREA-RJ (2018) de salários destinados às qualificações profissionais, pode-se estabelecer a hipótese de que pelo menos de 22,38 % dos funcionários que possuem ensino médio não devem ter ensino técnico. Este resultado é encontrado subtraindo-se a quantidade de pessoas que recebem até 2 salários mínimos (39 %), com as encontradas com ensino fundamental (24 %), encontrando um valor residual de 15 %. Esse representa o percentual de funcionários que recebem até 2 salários mínimos e possuem ensino médio, recebendo salários correspondentes a auxiliares e não a técnicos. Uma

observação é que os 15 % do total de funcionários representam 22,38 % dos que possuem ensino médio.

4.1.3 Banco de dados da ABINEE

A Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – ABINEE (ABINEE, 2017) representa os setores elétrico e eletrônico em todo o Brasil. Dentre suas associadas, constam as maiores empresas de fabricação de motores elétricos atuantes no país. Os fabricantes possuem uma lista de empresas credenciadas de manutenção de motores. Esta lista é um bom parâmetro de comparação para validar os dados de pesquisa no banco de dados da RAIS.

O ano base do banco de dados da ABINEE é o mesmo utilizado na consulta ao banco de dados da RAIS, ou seja, 2015. Isto permite que os dados de ambas as bases sejam comparados.

A quantidade de empresas credenciadas pelos grandes fabricantes de motores elétricos do Brasil é apresentada na tabela 4.10, tendo um total de 1 220 empresas, já considerando as interseções, uma vez que uma empresa de recondicionamento de motores pode ser credenciada por mais de um fabricante.

Tabela 4.10. Quantidade de empresas credenciadas pelo banco de dados da ABINEE

Fabricantes	Qtd. Empresas credenciadas
WEG	326
Hercules	212
Marathon	135
Nova	330
SEW	16
Voges	326
Total de empresas citadas	1 345
Interseções, empresas que atuam para mais de uma fabricante	125
Total de empresas retirando as interseções	1 220

Verifica-se que o número de empresas credenciadas é muito menor que o resultado de qualquer cenário estimado nas bases de dados da RAIS e que foi

apresentado na tabela 4.3. Isto pode indicar que, ou as pesquisas do banco de dados da RAIS estão superestimando o mercado de recondicionamento de motores, ou que o número de empresas credenciadas é pequeno quando comparado ao cenário geral brasileiro. Entretanto, é bem mais provável a segunda assertiva (ou hipótese), pois deve-se lembrar que a maioria das empresas que atuam neste mercado são de pequeno porte (até 4 funcionários). Esta hipótese é reforçada pela consulta feita à base de dados do IBGE por possuírem a mesma ordem de grandeza, como será apresentado no item 4.1.4 que será apresentado na sequência.

Quantitativamente, para o cenário conservador, o número de empresas estimada é 533 % maior no RAIS (6 503 empresas) que no número de empresas credenciadas pelos fabricantes associados à ABINEE (1 220 empresas). As credenciadas representam 18,7 % de um total de empresas quando é considerado o resultado conservador da pesquisa do RAIS, correspondente a toda a população de empresas de revenda de motores. Assim, pode-se concluir, em primeira análise, que a maioria das empresas que retificam motores não são credenciadas e nem fiscalizadas perante um órgão como a ABINEE ou fabricantes para atestar que seus serviços possuem um mínimo de qualidade.

Em termos percentuais de distribuição geográfica das empresas, os resultados da consulta ao banco de dados da ABINEE mostram que a maior parte das empresas está concentrada na região Sudeste (43 %), como pode ser verificado na tabela 4.11 e figura 4.8.

Tabela 4.11. Distribuição geográfica das empresas credenciadas

Empresas por região		
N	42	3 %
NE	142	12 %
CO	94	8 %
S	418	34 %
SE	524	43 %
Soma	1 220	100 %

Em termos percentuais, a tabela 4.11 se assemelha aos resultados encontrados na consulta ao banco de dados da RAIS, com o Sudeste com o mercado

predominante, porém com um aumento representativo da proporção de empresas credenciadas na região Sul do país.

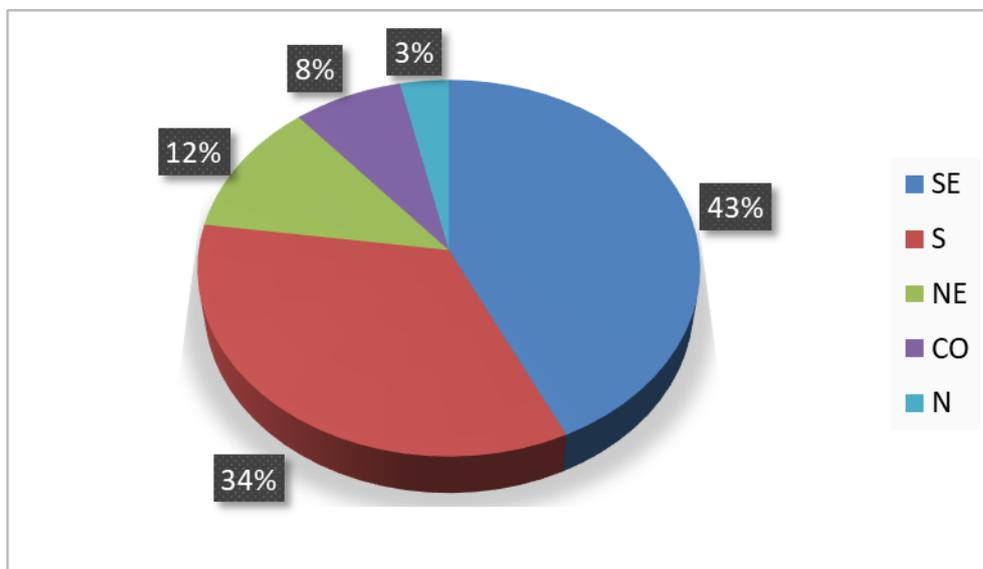


Figura 4.8. Distribuição geográfica das empresas credenciadas

Em relação à distribuição do número de empresas credenciadas pelos fabricantes por região, pode-se notar na tabela 4.12 que a WEG está presente majoritariamente no Sudeste. Entretanto, na região Sul, a fabricante Hércules é a que possui maior abrangência.

Tabela 4.12. Distribuição geográfica por empresa credenciada e por região

Empresas credenciadas por fabricante e região						
Região	WEG	Hércules	Marathon	Nova	SEW	Voges
N	4,6 %	4,7 %	3,0 %	3,6 %	6,3 %	4,6 %
NE	15,6 %	8,0 %	5,9 %	9,4 %	18,8 %	15,6 %
CO	8,0 %	6,1 %	4,4 %	10,3 %	12,5 %	8,0 %
S	28,2 %	43,9 %	33,3 %	39,4 %	25,0 %	28,2 %
SE	43,6 %	37,3 %	53,3 %	37,3 %	37,5 %	43,6 %

Conclui-se que a grande maioria das empresas que realizam a venda ou manutenção de motores reconicionados não pertence ao grupo de empresas credenciadas pelos fabricantes. Se o estudo anterior realizado por Souza, et al

(2013) mostrou que mesmo as credenciadas, que são acompanhadas de perto pelos fabricantes, tinham processos defasados e que não garantiam a manutenção do rendimento do motor, o processo de manutenção das 5 283 empresas que não são credenciadas e fiscalizadas pode ser bem pior tecnicamente. Portanto, o volume de negócios de motores revendidos com baixa qualidade técnica de manutenção deve ser bem maior que o estimado no estudo anterior. As pesquisas de campo (qualitativa e quantitativa), que serão apresentadas na seção seguinte, tentarão confirmar estas hipóteses.

4.1.4 Banco de dados do IBGE

Ainda, para confirmação dos resultados do RAIS, foi realizada a pesquisa na tabela 6450 do Cadastro Central de Empresas - CEMPRE do IBGE para 2015 (IBGE, 2017). Um limitante dessa pesquisa é que esta está ligada no máximo à Classe no código CNAE, não chegando na subclasse. Assim, os resultados não podem ser melhor separados e contabilizados com relação às subclasses que mais se adequam ao estudo, não podendo ser usados para contabilizar o número de empresas, mas podendo ser utilizados para verificar se as premissas adotadas com a pesquisa na base do RAIS trouxeram resultados com ordens de grandeza coerentes.

Para a validação, uma nova pesquisa no RAIS foi feita usando o código CNAE até a classe e comparado aos resultados do IBGE. Assim, as 19 subclasses separadas se transformam em 6 Classes (33139, 33147, 33210, 46494, 46699, 47857), conforme quadro 4.1, onde mostra-se que os códigos CNAE Classes foram divididos em grupos conforme a mesma metodologia e coloração apresentados na tabela 3.1, relativos à facilidade de encontrar empresas que atuem no mercado de venda de motores reconicionados.

Quadro 4.1. Dividindo o CNAE em Classe e Subclasse

CNAE	Dividindo o CNAE em	
	Classe	Subclasse
3313901	33139	01
3313999		99
3314702	33147	02
3314704		04
3314707		07
3314710		10
3314713		13
3314714		14
3314715		15
3314718		18
3314719		19
3314720		20
3314721		21
3314722		22
3314799		99
3321000		33210
4649401	46494	01
4669999	46699	99
4785799	47857	99

Uma nota importante é que nos dados do RAIS as empresas com RAIS Negativo (que não possuem funcionários) foram contabilizadas, assim como no estudo anterior.

Na primeira comparação é verificado o número de empresas presentes nas Classes e, em seguida, os resultados foram reunidos em cenários usando a mesma metodologia da seção 3.1 utilizando os valores percentuais apresentados na tabela 3.1, obtendo-se, assim, os três cenários Otimista, Base e Conservador, conforme pode ser visto em na tabela 4.13, apresentados por UF. A quantidade de empresas constantes na base do IBGE está na primeira coluna de cada cenário, os números do RAIS são apresentados na segunda coluna também para cada cenário e a diferença percentual entre a estimativa do IBGE e a estimativa da base da RAIS estão na coluna “dif”.

Tabela 4.13. Comparação de quantidade de empresas entre IBGE e RAIS

UF	Cenário Otimista			Cenário Base			Cenário Conservador		
	IBGE	RAIS	dif	IBGE	RAIS	dif	IBGE	RAIS	dif
Rondônia	149	208	-28,6 %	103	144	-28,5 %	57	80	-28,3 %
Acre	28	36	-21,4 %	20	25	-21,2 %	11	14	-20,6 %
Amazonas	171	267	-35,9 %	119	186	-35,8 %	67	105	-35,5 %
Roraima	17	28	-38,5 %	12	19	-38,9 %	6	10	-40,2 %
Pará	340	496	-31,4 %	239	348	-31,3 %	138	199	-31,0 %
Amapá	21	37	-42,3 %	15	26	-43,6 %	8	15	-46,9 %
Tocantins	111	143	-22,5 %	76	98	-21,9 %	42	52	-20,2 %
Maranhão	191	316	-39,5 %	134	222	-39,8 %	76	128	-40,5 %
Piauí	103	145	-28,8 %	71	101	-29,5 %	39	57	-31,3 %
Ceará	473	655	-27,7 %	331	457	-27,6 %	189	259	-27,1 %
Rio Grande do Norte	188	269	-29,9 %	132	188	-29,9 %	75	107	-29,7 %
Paraíba	152	234	-35,0 %	104	161	-35,4 %	55	87	-36,4 %
Pernambuco	590	825	-28,5 %	402	562	-28,5 %	215	300	-28,3 %
Alagoas	125	175	-28,5 %	87	121	-28,8 %	48	68	-29,6 %
Sergipe	98	136	-28,2 %	68	94	-27,9 %	38	52	-27,2 %
Bahia	850	1 197	-29,0 %	598	842	-29,0 %	346	488	-29,0 %
Minas Gerais	2 394	3 276	-26,9 %	1 671	2 284	-26,8 %	949	1 291	-26,5 %
Espírito Santo	542	740	-26,7 %	381	519	-26,7 %	219	298	-26,5 %
Rio de Janeiro	2 004	2 663	-24,7 %	1 369	1 819	-24,7 %	735	975	-24,6 %
São Paulo	9 732	12 908	-24,6 %	6 672	8 841	-24,5 %	3 612	4 773	-24,3 %
Paraná	2 265	2 933	-22,8 %	1 550	2 005	-22,7 %	835	1 078	-22,5 %
Santa Catarina	1 784	2 316	-22,9 %	1 212	1 572	-22,9 %	640	829	-22,9 %
Rio Grande do Sul	2 231	3 096	-27,9 %	1 533	2 122	-27,8 %	836	1 149	-27,2 %
Mato Grosso do Sul	318	431	-26,2 %	222	302	-26,3 %	127	173	-26,6 %
Mato Grosso	467	647	-27,8 %	324	448	-27,7 %	181	250	-27,7 %
Goiás	807	1 038	-22,3 %	556	716	-22,3 %	305	393	-22,4 %
\Distrito Federal	271	359	-24,7 %	185	245	-24,7 %	99	131	-24,6 %
Total	26 423	35 572	-25,7 %	18 185	24 466	-25,7 %	9 947	13 360	-25,5 %

Pode-se notar que a estimativa do IBGE foi sempre menor, mas os números têm a mesma ordem de grandeza.

Na segunda comparação é verificada a quantidade de funcionários na tabela 4.14.

Tabela 4.14. Comparação de quantidade de funcionários entre IBGE e RAIS

UF	Cenário Otimista			Cenário Base			Cenário Conservador		
	IBGE	RAIS	dif	IBGE	RAIS	dif	IBGE	RAIS	Dif
Rondônia	1 025	842	21,8 %	676	557	21,3 %	327	272	19,9 %
Acre	78	51	54,9 %	52	34	52,1 %	25	17	43,9 %
Amazonas	1 433	1 405	2,0 %	995	942	5,6 %	558	480	16,3 %
Roraima	73	76	-3,0 %	48	50	-3,1 %	23	24	-3,4 %
Pará	2 243	1 699	32,0 %	1 549	1 173	32,1 %	855	647	32,2 %
Amapá	103	103	0,2 %	68	70	-2,6 %	33	37	-10,4 %
Tocantins	443	365	21,2 %	300	249	20,7 %	158	132	19,5 %
Maranhão	1 063	1 276	-16,7 %	730	858	-14,9 %	396	440	-9,9 %
Piauí	575	459	25,2 %	378	302	25,2 %	182	146	25,1 %
Ceará	3 263	3 749	-13,0 %	2 242	2 658	-15,7 %	1 220	1 568	-22,2 %
Rio Grande do Norte	1 073	849	26,5 %	740	594	24,5 %	406	340	19,5 %
Paraíba	748	594	26,0 %	504	398	26,6 %	259	202	28,4 %
Pernambuco	4 058	3 085	31,6 %	2 781	2 105	32,1 %	1 504	1 125	33,6 %
Alagoas	714	798	-10,5 %	493	537	-8,1 %	273	277	-1,3 %
Sergipe	502	399	25,9 %	344	271	27,2 %	186	142	31,0 %
Bahia	6 947	4 742	46,5 %	4 887	3 309	47,7 %	2 827	1 876	50,7 %
Minas Gerais	20 557	12 154	69,1 %	14 554	8 498	71,3 %	8 551	4 843	76,6 %
Espírito Santo	4 381	5 333	-17,9 %	3 087	3 771	-18,2 %	1 793	2 210	-18,9 %
Rio de Janeiro	19 279	14 192	35,8 %	13 263	9 769	35,8 %	7 247	5 346	35,5 %
São Paulo	58 956	43 178	36,5 %	40 009	29 167	37,2 %	21 062	15 156	39,0 %
Paraná	12 912	8 010	61,2 %	8 875	5 486	61,8 %	4 838	2 962	63,3 %
Santa Catarina	9 634	6 017	60,1 %	6 511	4 049	60,8 %	3 388	2 082	62,8 %
Rio Grande do Sul	11 046	6 428	71,9 %	7 645	4 434	72,4 %	4 243	2 440	73,9 %
Mato Grosso do Sul	1 525	1 022	49,2 %	1 073	710	51,1 %	621	399	55,8 %
Mato Grosso	1 964	1 413	39,0 %	1 344	977	37,6 %	725	541	33,9 %
Goiás	4 482	4 026	11,3 %	3 101	2 766	12,1 %	1 719	1 506	14,2 %
Distrito Federal	1 397	1 079	29,4 %	935	719	30,0 %	473	359	31,7 %
Total	170 532	123 341	38,3 %	117 222	84 454	38,8 %	63 912	45 566	40,3 %

Conforme pode ser visto, o resultado do IBGE é 40,3 % superior ao do RAIS.

A razão desta discrepância pode ser explicada por a base do RAIS ter como foco o

cadastro anual total de todos os funcionários das empresas existentes no Brasil, já o CEMPRE tem como objetivo o cadastro de empresas, portanto o RAIS tem como essência ser mais rigoroso no registro do número de funcionários existentes e o CEMPRE mais rigoroso no de empresas.

Na comparação de salários mensais, tabela 4.15, os números do IBGE foram aproximadamente 58 % menores que o RAIS, isto é, uma diferença bastante expressiva. O motivo desta discrepância pode ser notado na pesquisa por subclasse do RAIS do item 4.1.2, tabela 4.8. Nela é mostrado que a maioria das pessoas recebem de 0 a 4 salários, mas há um pequeno grupo que recebe valores acima de 10 salários que estão distorcendo o valor de salário médio. Esse pequeno grupo provavelmente é composto pelos salários dos empresários.

Tabela 4.15. Comparação de salário mensal dos funcionários entre IBGE e RAIS (CNAE Classe)

Cenários	IBGE	RAIS	dif
Cenário Otimista	R\$ 2 331,61	R\$ 5 566,94	-58,12 %
Cenário Base	R\$ 2 328,65	R\$ 5 586,47	-58,32 %
Cenário Conservador	R\$ 2 320,75	R\$ 5 639,36	-58,85 %

Para uma melhor comparação dos salários médios dos trabalhadores em empresas recondicionadoras, foi separada aproximadamente 93 % da população do RAIS subclasse (remuneração de 0 a 10 salários mínimos) e comparado com o IBGE (tabela 4.16). O resultado é bem próximo entre RAIS Subclasse (93 %) e IBGE, sendo que o salário estimado pelo IBGE é 13 % menor que o cadastrado no RAIS.

Tabela 4.16. Comparação de salário mensal dos funcionários entre IBGE e RAIS (CNAE Subclasse com 93 % da população)

Cenários	IBGE	RAIS (Subclasse)	dif
Cenário Otimista	R\$ 2 331,61	R\$ 2 691,95	-13,39 %
Cenário Base	R\$ 2 328,65	R\$ 2 689,64	-13,42 %
Cenário Conservador	R\$ 2 320,75	R\$ 2 684,40	-13,55 %

Assim, conclui-se que há algumas discrepâncias entre o cadastro de empresas do IBGE e o RAIS, mas em termos de número apresentaram uma mesma ordem de grandeza.

A base do RAIS mostrou-se uma ferramenta mais efetiva de pesquisa, pois ela possibilita mostrar os resultados de forma separada, conseguindo distinguir e contabilizar valores usando CNAEs subclasses, onde o IBGE acaba generalizando, pois os resultados são somente divididos até a Classe.

4.2 Etapa 2 – Pesquisa de campo

Foram realizadas entrevistas em profundidade que envolveram tanto indicadores diretos das perdas e fatores potencializadores de perdas nos motores ocasionando redução do rendimento e, conseqüentemente, a perda de eficiência dos motores reconicionados.

Os indicadores diretos foram levantados em três etapas da pesquisa:

- pesquisa por telefone: o pesquisador liga anunciando sua visita como cliente e já colhe algumas informações;
- pesquisa *in loco*: o pesquisador é enviado ao local e realiza entrevistas com os responsáveis pelos estabelecimentos;
- pesquisa técnica por telefone: um pesquisador especialista anuncia que está realizando pesquisa para coleta de informações sobre mercado de motores elétricos reconicionados e coleta dados mais técnicos do formulário, além de confirmar algumas informações colhidas no campo.

Dentre fatores potencializadores de perdas, pode-se citar a simples observação do local, comparando o que é dito pelo entrevistado com o que é observado "in loco", garantia do serviço, dentre outros que serão descritos a seguir.

Na tabela 4.17 estão descritos a quantidade e o percentual de empresas pesquisadas por porte. Nota-se que a amostra selecionada considerou a distribuição e representatividade das empresas no mercado, sendo, assim, 50 % das pesquisadas foram conduzidas em empresas de médio porte.

Tabela 4.17. Quantidade de empresas pesquisadas por porte

Total	P	M	G
40	12	20	8
em %	30 %	50 %	20 %

4.2.1 Tipo de serviço prestado

Na tabela 4.18, especificam-se os tipos de serviços que as empresas pesquisadas realizam. Nota-se que há um grande número de empresas vendendo motores novos (50 %), mas também há empresas vendendo motores reconicionados (45 %). Todas as empresas fazem o serviço de reconicionamento, ou seja, o cliente leva os motores danificado para a oficina e elas os consertam.

Tabela 4.18. Mostra de quantidade de empresas que realizam os serviços destacados

Porte	Consertam motores	Vendem reconicionado	Vendem novo	Troca	Vendem importado
P	100 %	75 %	25 %	8 %	0 %
M	100 %	40 %	60 %	10 %	10 %
G	100 %	13 %	63 %	0 %	0 %
Geral	100 %	45 %	50 %	8 %	5 %

4.2.2 Tipos de motores reconicionados

Na figura 4.9 é apresentado o percentual de empresas que reconicionam somente trifásicos ou trifásicos e monofásicos. Observa-se que 87,5 % das empresas pesquisadas reconicionam os dois tipos de motores. Este era um número importante de se obter na pesquisa, pois a legislação atual define que apenas os motores trifásicos devem ter índices mínimos de eficiência energética.

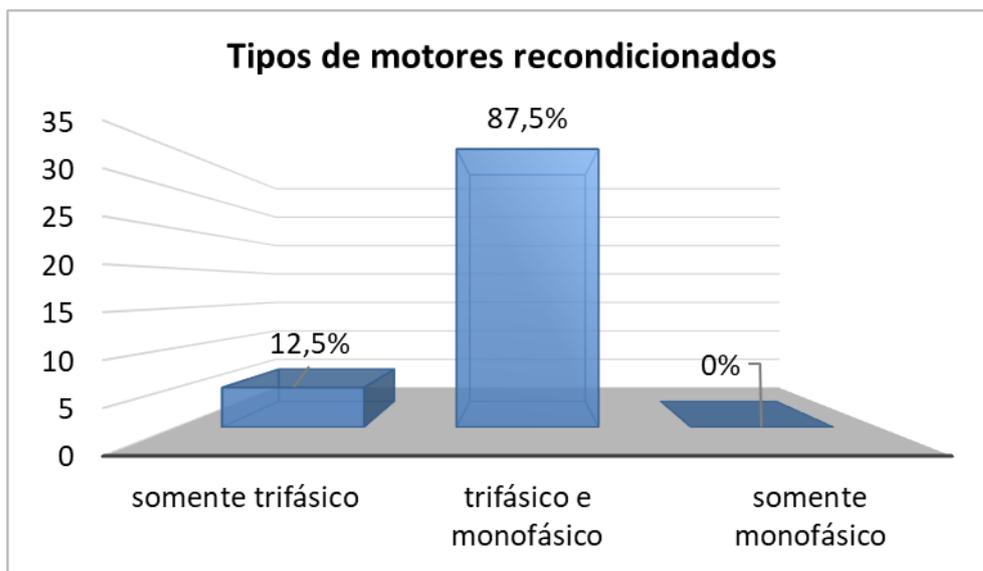


Figura 4.9. Tipo de motores que são rebobinados pelas empresas

4.2.3 Limites de potência e idade dos motores

Nas figuras 4.10 e 4.11, pode ser visto que as empresas praticamente não limitam a idade dos motores que recebem para fazer o serviço de reconicionamento e, também, não restringem a potência destas máquinas.

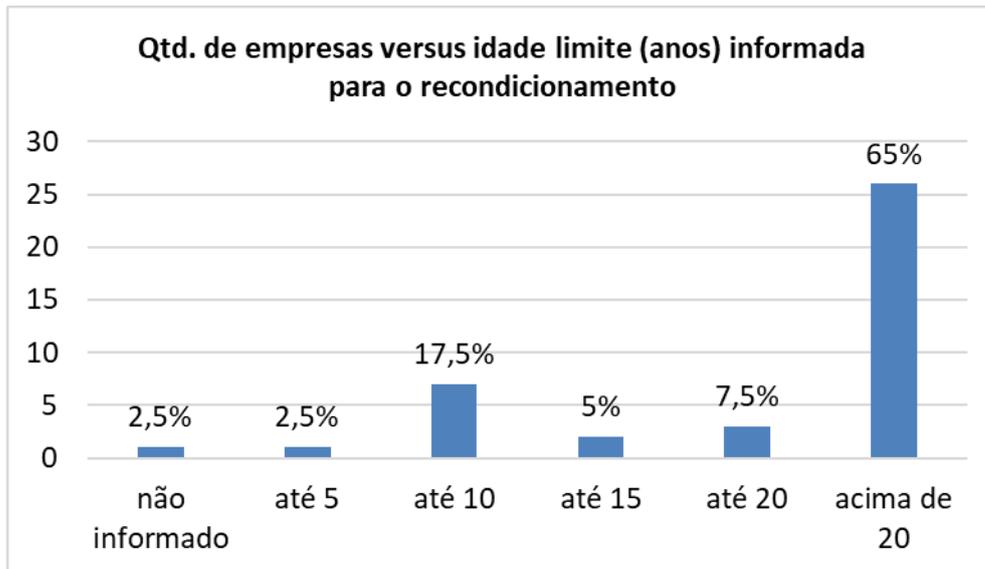


Figura 4.10. Idades máximas que as empresas aceitam recondicar

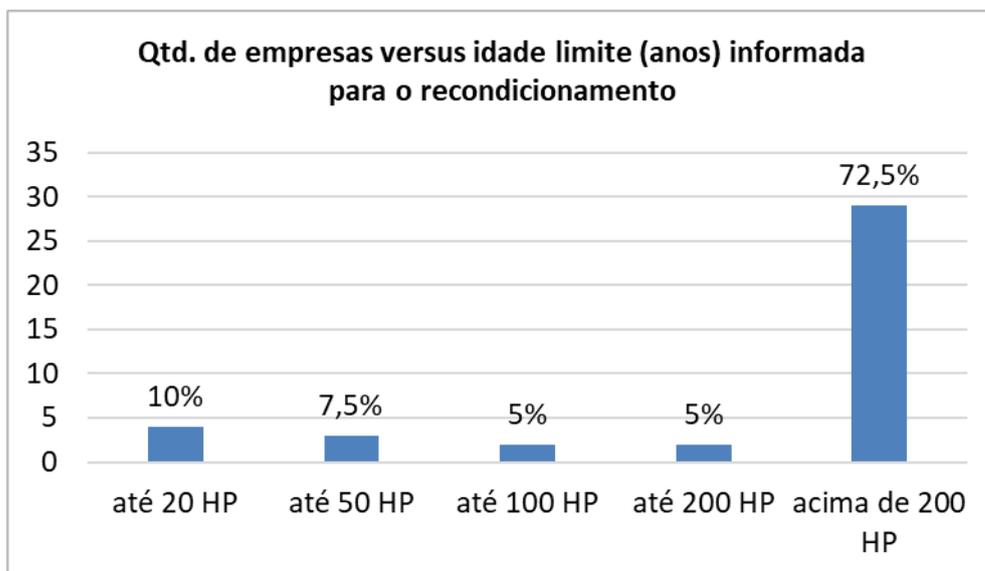


Figura 4.11. Potência dos motores trifásicos trabalhados pelas empresas

4.2.4 Percepção do mercado

A situação do mercado mudou da pesquisa anterior, conduzida pela PUC-Rio em 2012 e 2013 (Souza et al., 2013). Naquela época, percebeu-se que o mercado de motores novos estava perdendo clientes para os reconicionados. Nesta pesquisa, conduzida no final de 2017, tanto os novos (de qualidade) quanto os reconicionados (em oficinas credenciadas ou informais) estão perdendo mercado,

principalmente por conta da crise. Muitos entrevistados declaram que o mercado estava ruim por conta da crise financeira/política que o país vem atravessando nos últimos anos, de 2014 a até os dias atuais (abril/2018).



Figura 4.12. Percepção de mudança no mercado de recondicionamento de motores nos anos de 2014 a 2017

Pelos resultados mostrados na tabela 4.19, é perceptível que as pequenas e médias empresas foram as que mais sofreram com a crise econômica.

Tabela 4.19. Percepção de mudança no mercado de recondicionamento de motores nos anos de 2014 a 2017 por tipo de empresa

Porte	Queda	Melhora	Não sentiu	Total
P	92 %	0 %	8 %	100%
M	80 %	5 %	15 %	100%
G	63 %	0 %	25 %	100%

4.2.5 Soluções para crise

Todas as empresas que melhoraram, mudaram seus aspectos de negócios para se adaptarem ao mercado atual, reduzindo, assim, os impactos da crise econômica.

Exemplos:

- Grandes empresas estão vendendo mais motores novos, fazendo cálculos de economia de energia para os clientes, demonstrando as vantagens de se comprar um motor novo. Essas empresas estão deixando de rebobinar motores de pequena potência, passando a atuar num mercado de grandes clientes.
- Médias empresas estão se especializando em prestar todo o serviço de manutenção preventiva elétrica, com direito a recondicionamento do motor quando esse sofre uma avaria. Algumas empresas que são credenciadas, estão num movimento crescente de venda de motores novos dentro das oficinas de recondicionamento de motor elétrico. 50 % das empresas entrevistadas informaram que vendem motores novos e 20 % delas recomendam a venda para o consumidor quando o custo com o recondicionamento ultrapassa um patamar estabelecido que compensa a troca pelo motor novo.

Portanto, ocorreu uma crescente venda de novos motores dentro das empresas de recondicionamento nos últimos anos (as empresas vendendo motores novos ao invés de motores reconicionados). Entretanto, ficou evidente com a pesquisa que este fato não elevou o volume de vendas de motores novos de forma geral no país, pois com a crise, as vendas e serviços como um todo sofreram grandes quedas, como relataram os entrevistados.

4.2.6 Motores importados

Um terceiro elemento que vem conquistando uma parcela cada vez mais significativa do mercado de motores brasileiros foram os motores importados de baixa qualidade (BQ). Esta mudança do mercado foi sentida por 92,5 % dos

entrevistados, apesar de pequena parcela das empresas pesquisadas admitido que vendem estes motores (apenas 5 % do total).

Com os dados da pesquisa, estimou-se previamente que entre 5 e 15 % do mercado brasileiro é de motores importados. 25 % das empresas falaram espontaneamente que estes motores importados são de origem chinesa.

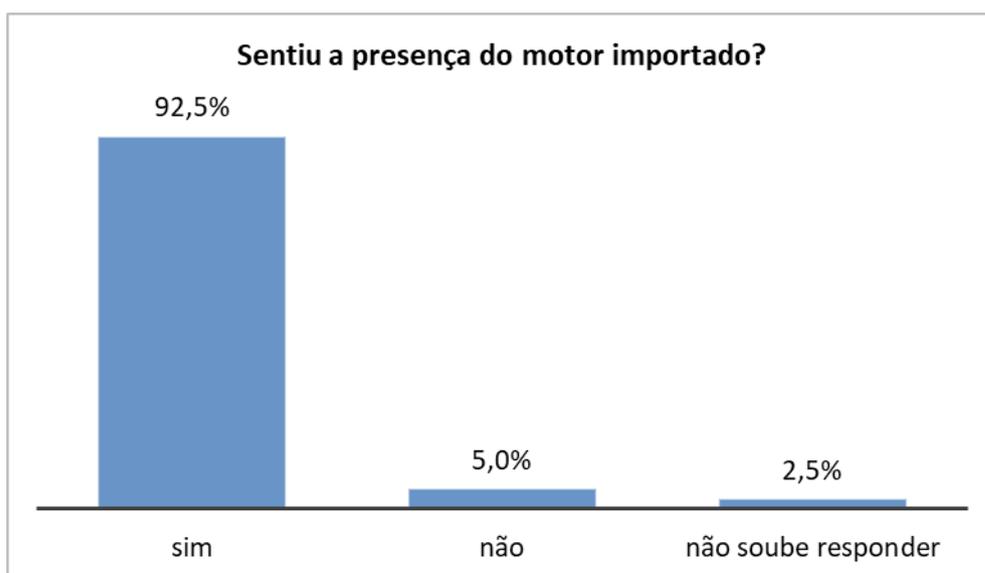


Figura 4.13. Percepção da presença de motores importados

Conforme a tabela 4.20, apenas cerca de 18 % relataram que fazem o recondicionamento dos motores importados. A razão de não fazerem o serviço nestes motores foi que muitas empresas pesquisadas relataram que esses são mais frágeis e que é difícil conseguir as peças para o seu conserto.

Tabela 4.20. Percentual de empresas que realizam recondicionamento de motores

Importados - fazem recondicionamento?	
Sim	55,0 %
Não	27,5 %
Sim, dependendo do defeito e pela dificuldade de encontrar peças	17,5 %
Total	100 %

Segundo a tabela 4.21, o estado da Bahia foi o que apresentou o maior número de empresas que fazem o reparo dos motores importados (100 % da amostra pesquisada).

Tabela 4.21. Percentual de empresas que realizam recondicionamento de motores distribuídos nos estados pesquisados

Importados - fazem recondicionamento?	SP	BA	RS	MG	RJ
Sim	13 %	100 %	80 %	50 %	100 %
Não	60 %	0 %	10 %	17 %	0 %
Sim, dependendo do defeito pela dificuldade de encontrar peças	27 %	0 %	10 %	33 %	0 %
Total	100%	100%	100%	100%	100%

4.2.7 Enrolamento de alumínio

Considerando ainda os motores BQ, 17,5 % das empresas pesquisadas relataram a presença de enrolamentos de alumínio, principalmente naqueles equipamentos de mais baixas potências (não exclusivo). Ainda, 22,5 % das empresas entrevistadas relataram a presença de enrolamentos de alumínio nos motores nacionais de até 15 CV. Conforme pode ser visto na figura 4.14 e na tabela 4.22, 7,5 % das empresas pesquisadas afirmaram usar alumínio em vez de cobre para rebobinar o motor. A tabela 4.23 especifica a localização dessas empresas.

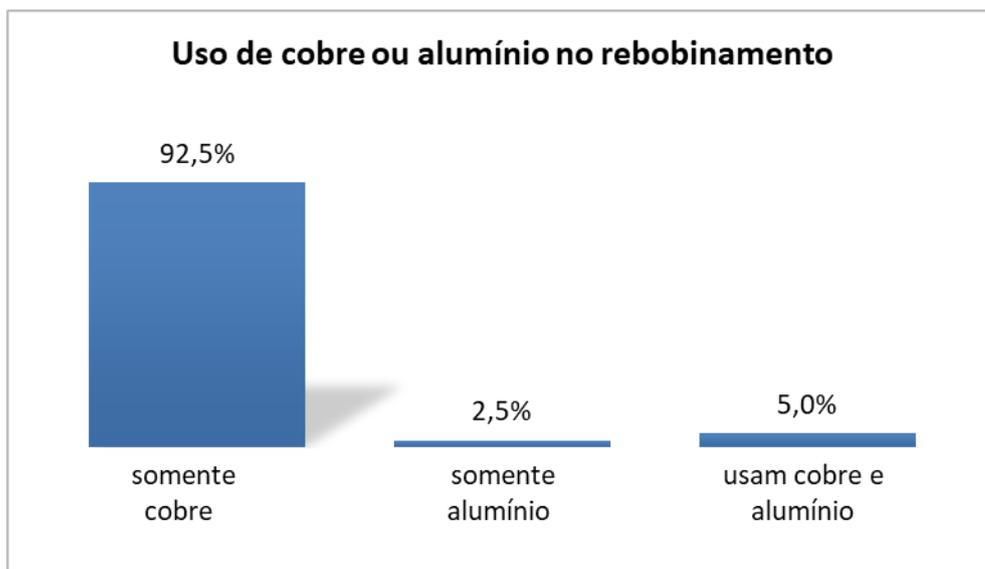


Figura 4.14. Percentual de empresas que usam cobre ou alumínio para realizar o recondicionamento de motores

Das empresas que utilizam o alumínio no processo de recondicionamento, 8 % das pequenas empresas pesquisadas o fazem de forma exclusiva.

Tabela 4.22. Percentual de empresas que usam cobre ou alumínio para realizar o recondicionamento de motores distribuídos por tipo de empresa

Porte	Cobre	Alumínio	Cobre e alumínio	Total
P	92 %	8 %	0 %	100 %
M	95 %	0 %	5 %	100 %
G	88 %	0 %	13 %	100 %

Tabela 4.23. Localização e porte das empresas que utilizam alumínio para o recondicionamento de motores

Localização	Quantidade	porte
RJ	1	G
BA	2	P e M

4.2.8 Qualidade dos motores nacionais

Ao serem indagadas acerca da qualidade dos motores nacionais (tabela 4.24), não se pode concluir se piorou ou melhorou, uma vez que o percentual de empresas que responderam que houve alteração para pior ou para melhor é estatisticamente o mesmo.

Tabela 4.24. Percepção de queda alteração da qualidade dos motores nacionais

Notou diferença na qualidade dos motores nacionais?	
sim, pior	32,5 %
sim, melhor	30,0 %
não, está a mesma	32,5 %
Não informado	5,0 %

4.2.9 Insumos e equipamentos utilizados

Todas as empresas pesquisadas declararam possuir e trabalhar com os equipamentos mínimos necessários para que o serviço de recondicionamento fosse realizado de maneira correta. Todavia, somente 70 % das empresas declaram possuir estufa e fazer a secagem dos motores neste equipamento (figura 4.15). Apenas 40 % das empresas pesquisadas tinham impregnadora a vácuo (figura 4.16).

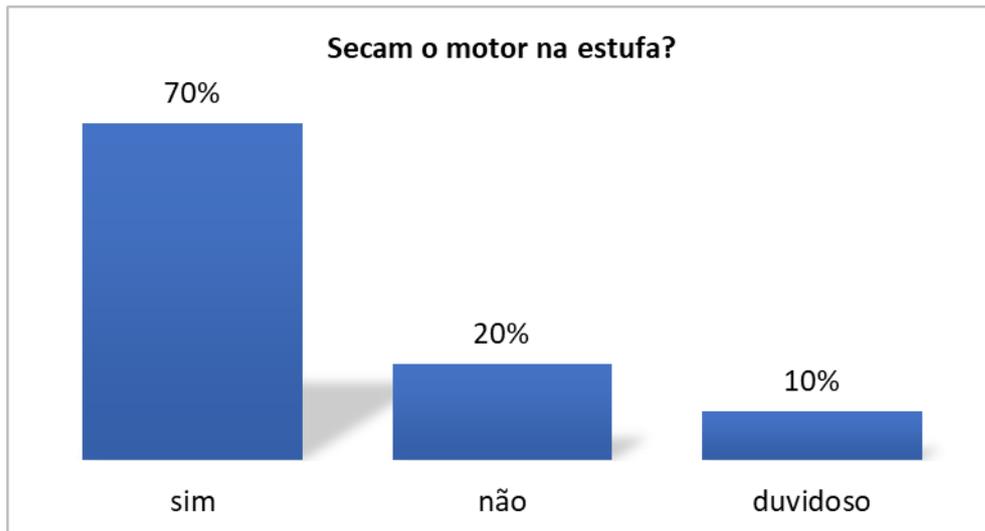


Figura 4.15. Uso de estufa para secagem do motor durante os procedimentos de limpeza, envernização e pintura



Figura 4.16. Percentual de empresas que informaram que possuíam impregnadora a vácuo

Com relação aos rolamentos, estimou-se que 85 % das empresas pesquisadas afirmaram que utilizam somente peças originais. As subdivisões do uso dessas peças por tipo de empresa são encontradas na tabela 4.25.

Além disso, 98 % destas afirmaram usar vernizes adequados às temperaturas de trabalho dos motores. Todavia, 32,5 % aparentam usar vernizes que podem não ser adequados, pois ou usam diretamente o verniz classe B, ou possuem tempo de cura incompatível com o tempo mínimo necessário do verniz, revelando que é possível que estas empresas utilizem poliésteres ou resinas epóxi (Araldite®) de secagem rápida. Esta inferência foi feita, pois os tempos de entrega dos serviços

declarados por algumas empresas não são compatíveis com tempo mínimo exigido para a total secagem do verniz.

Tabela 4.25. Percentual de empresas que informaram usar peças originais por tipo de empresa

Porte	Uso de peças originais				Total
	Originais	Genéricas	Depende do Cliente	Incerto	
P	58,33 %	25 %	8,33 %	8,33%	100 %
M	95 %	0 %	5 %	0 %	100 %
G	100 %	0 %	0 %	0 %	100 %

4.2.10 Processo de retirada da bobina

Conforme figura 4.17, observa-se que 67,5 % das empresas revelaram somente usar talhadeira no serviço de retirada do cobre do motor.

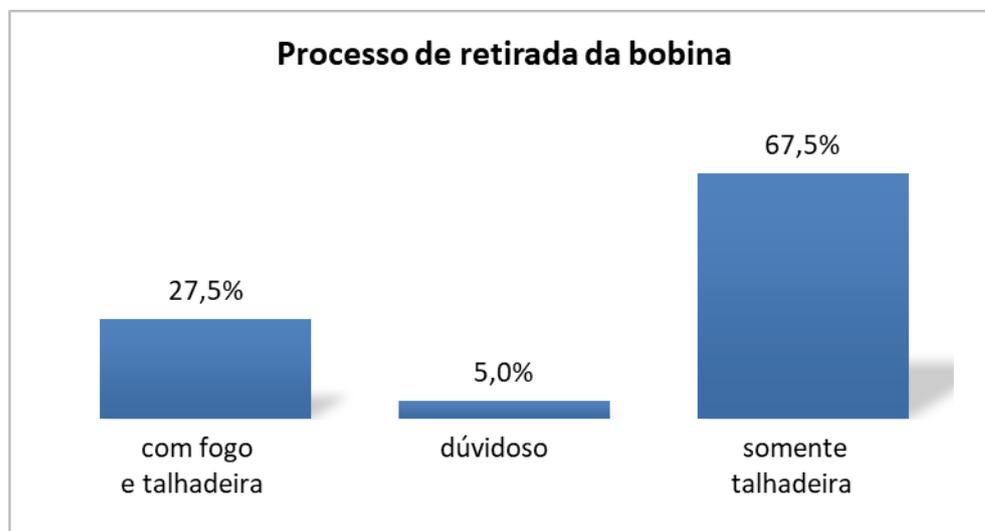


Figura 4.17. Percentual de empresas que usam aquecimento indevido na retirada da bobina.

Segundo a tabela 4.26, 27,5 % das empresas revelaram que usam fogo com a utilização de maçarico para retirada do cobre, inclusive algumas empresas grandes

e credenciadas. De todas as empresas, somente 2 destas revelaram usar um possível processo de queima de verniz com temperatura controlada.

Tabela 4.26. Percentual de empresas que retiram a bobina com fogo e com talhadeira por tipo

Como retiram o enrolamento?				
Porte	Com fogo e talhadeira	Somente talhadeira	Incerto	Total
P	42 %	58 %	0 %	100 %
M	15 %	80 %	5 %	100 %
G	38 %	50 %	5 %	100 %

4.2.11 Tempo de garantia e tempo de entrega

Cerca de 52,5 % das empresas oferecem a garantia padrão de mercado de até 3 meses e 47,5 % destas oferecem garantia de 4 meses a 1 ano, conforme pode ser visto na figura 4.18. Uma observação a ser feita é que há empresas que entraram nos 3 grupos de tempo de garantia, pois oferecia garantias de 2 meses a 1 ano, dependentes das condições em que o motor reconicionado chegava à empresa.

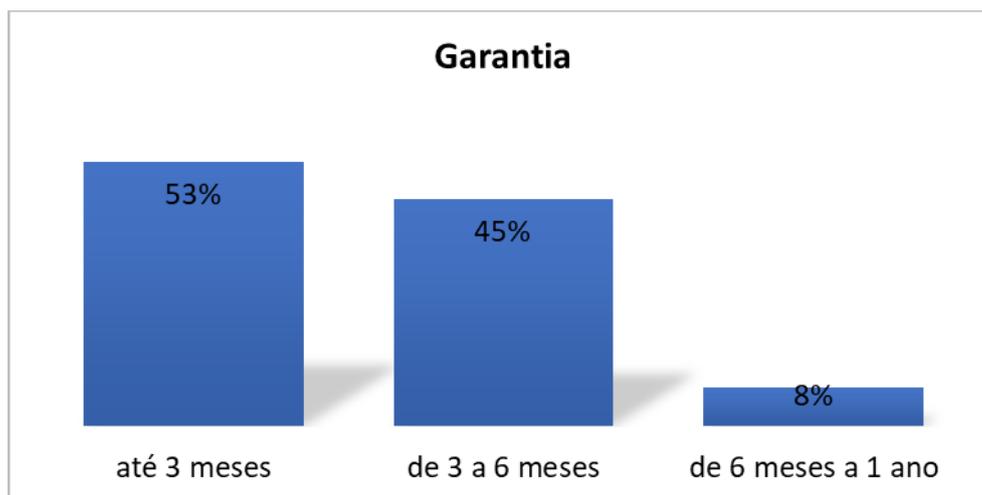


Figura 4.18. Gráfico acumulativo mostrando o percentual de empresas distribuído pelo tempo de garantia.

Em relação ao tempo de entrega médio dos motores que são consertados, estimou-se 3 dias. Todavia, vale ressaltar que 32,5 % revelaram entregar em menos tempo, sendo uma no mesmo dia. Fica evidente que o motor sai com algum problema na impregnação do verniz, ou com tipo de verniz inadequado aplicado.

4.2.12 Treinamento da equipe

Conforme tabela 4.27, a maioria das empresas informaram que sua mão de obra seria de alta qualidade e com no mínimo uma formação de nível técnico, resultando em um percentual de 80 % de profissionais com essa formação. Entretanto, pelo RAIS é possível notar que somente 67 % dos funcionários possuem o ensino médio, portanto, as empresas sobrestimaram o nível técnico dos funcionários declarados na pesquisa para dar impressão de uma qualidade maior.

Tabela 4.27. Detalhamento do nível de formação dos profissionais das empresas

Porte	Técnico	Treinamento interno ou prático	Outros	Engenheiro	Total
P	41,54%	49,23%	7,69%	1,54%	100 %
M	62,2 %	35,4 %	1,0 %	1,4 %	100 %
G	96,0 %	2,9 %	1,1 %	0,0 %	100 %

Somente 48 % das empresas investem em treinamentos externos para seus funcionários, como pode ser notado na figura 4.19.



Figura 4.19. Percentual de empresas que realizam treinamentos externos de seus funcionários

4.2.13 Credenciamento

Considerando os resultados apresentados na figura 4.20 e na tabela 4.28, pode-se concluir que:

- Das 60 % empresas que são credenciadas:
 - 56 % são credenciadas pela Weg;
 - 44 % por outras empresas.

- Das 40 % empresas que não são credenciadas:
 - 12,5 % dessas empresas declararam que são credenciadas, mas investigando, na verdade não eram, pois foi pesquisado no banco de dados da ABINEE esta informação. Quando confrontadas sobre esta informação, as empresas justificavam que eram especializadas em tal fabricante;
 - Ainda, 43,8 % das empresas revelaram desejo de ser credenciada;
 - Todavia 43,8 % revelaram que não querem ser credenciadas, pois se sentiriam muito presas e limitariam o seu mercado atuação, já que alguns fabricantes pedem exclusividade.

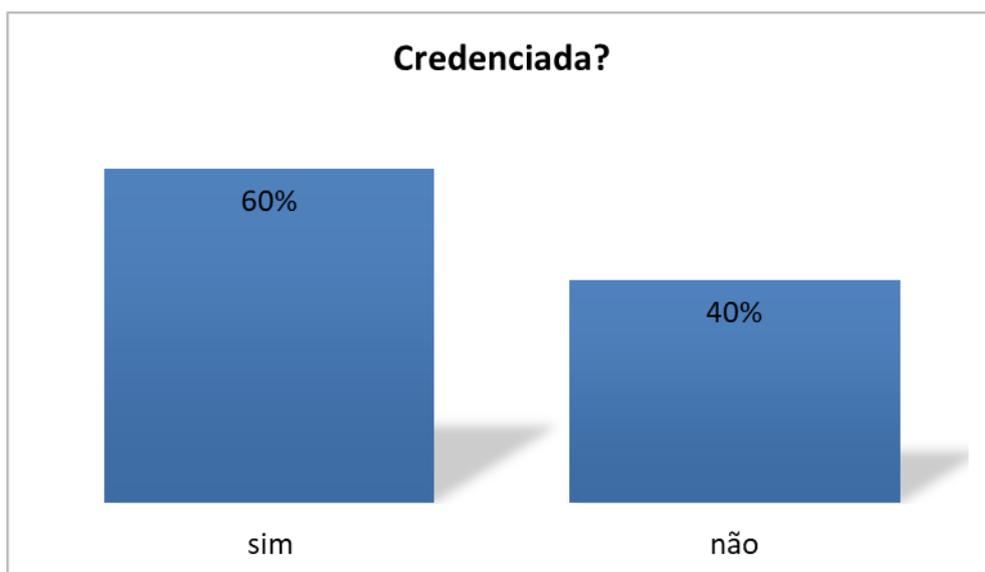


Figura 4.20. Percentual de Credenciamento

Tabela 4.28. Detalhamento sobre as empresas que não são credenciadas

Das não credenciadas		
Não vê vantagens em se credenciar	7	43,8 %
Quer e está tentando o credenciamento	2	12,5 %
Queriam, mas não passaram ou tiveram problemas para credenciar	5	31,3 %
Dizem que não querem, mas disfarçam com placas, "especializadas"	2	12,5 %
Total	16	100 %

Na tabela 4.29 é apresentado o percentual de empresas de pequeno, médio e grande porte que são credenciadas ou não. Nota-se que o número de empresas credenciadas aumenta naquelas de grande porte.

Tabela 4.29. Empresas credenciadas por tipo

Porte	Credenciadas?		Total
	Sim	Não	
P	42 %	58 %	100 %
M	65 %	35 %	100 %
G	75 %	25 %	100 %

4.2.14 Eficiência energética

As empresas foram unânimes no discurso de que um motor mal reconicionado perde muito em eficiência energética, mas nenhuma delas se enxerga prestando um mau serviço de reconicionamento de motores. Além disso, a maioria acredita que os motores que reconicionam saem de suas oficinas com no mínimo a exata configuração de fábrica (para isso são feitos os testes de fase, “amperagem”, “voltagem”, etc.) e, portanto, mesma eficiência, o que não condiz com a realidade encontrada.

Para o caso específico de reconicionamento de motores BQ a percepção é de que os motores saem de suas mãos muito melhores, mais seguros e eficientes do que saíram de suas fábricas.

Poucas empresas realizam teste de carga ao final do processo de reconicionamento e as que o fazem, realizam este processo fora dos padrões estabelecidos por norma. Por exemplo, algumas empresas dizem que, após instalarem o motor reparado no cliente, fazem medições dos parâmetros elétricos e comparam com os dados de placa, contudo, sem verificar o percentual de carga na instalação (carregamento).

Pôde-se concluir pela pesquisa que somente uma empresa tinha equipamento para testes de carga com dinamômetro ao final do processo de reconicionamento, porém não foi garantido pela empresa que realizam em todos os motores essa medição.

4.3

Etapa 3 – Dimensionamento e caracterização do mercado de motores reconicionados

Para o dimensionamento do mercado brasileiro de motores reconicionados, serão utilizados os cenários propostos no capítulo 3. Ao se considerarem os dados oriundos das bases de dados de um país, no caso brasileiro RAIS, IBGE, ABINEE, será adotado o cenário conservador para não se incorrer no risco sobrestimar o mercado durante a extrapolação dos mercados locais para o território brasileiro.

4.3.1

Estimativa dos fatores potencializadores de perda

A tabela 4.30 apresenta os resultados estimados do fator potencializador de perdas de cada uma das empresas, indicando, também, quais os estados em que a pesquisa de campo foi realizada. Essa tabela apresenta ainda os principais parâmetros considerados por porte de empresa, além da classificação de qualidade foi atribuída a cada empresas.

Tabela 4.30. Lista das empresas, notas de qualidade e classificação e as perdas por fator potencializador de perda de rendimento no cenário médio

Empresa	Estado	Porte da empresa	% de profissionais técnicos	Nota de Qualidade	Classificação	FPP
1	MG	P	50 %	3,10	média	2,08 %
2	MG	M	67 %	4,02	alta	1,08 %
3	MG	P	75 %	1,94	média	3,36 %
4	MG	M	50 %	3,10	média	2,08 %
5	MG	P	100 %	1,62	média	3,71 %
6	MG	M	100 %	5,00	alta	0,00 %
7	SP	P	25 %	0,04	pior	5,44 %
8	SP	G	100 %	4,58	alta	0,46 %
9	SP	M	50 %	3,10	média	2,08 %
10	SP	P	25 %	0,04	pior	5,44 %
11	SP	P	0 %	1,20	pior	4,17 %
12	SP	M	100 %	2,89	média	2,32 %
13	SP	M	50 %	3,52	média	1,62 %
14	SP	P	50 %	2,26	média	3,01 %
15	SP	M	100 %	4,58	alta	0,46 %
16	SP	M	100 %	5,00	alta	0,00 %
17	SP	P	100 %	0,78	pior	4,63 %
18	SP	M	100 %	4,58	alta	0,46 %
19	SP	G	100 %	5,00	alta	0,00 %
20	SP	M	50 %	4,79	alta	0,23 %
21	SP	G	50 %	4,79	alta	0,23 %
22	BA	M	6 %	2,49	média	2,75 %
23	BA	P	33 %	2,61	média	2,63 %
24	BA	P	17 %	0,85	pior	4,56 %
25	BA	M	27 %	3,85	alta	1,26 %
26	BA	M	100 %	4,16	alta	0,93 %
27	BA	G	100 %	4,58	alta	0,46 %
28	RS	M	43 %	3,49	média	1,65 %
29	RS	M	29 %	2,59	média	2,65 %
30	RS	M	29 %	3,43	média	1,72 %
31	RS	G	90 %	4,54	alta	0,51 %
32	RS	P	20 %	0,86	pior	4,54 %
33	RS	P	50 %	0,99	pior	4,40 %
34	RS	M	57 %	3,55	média	1,59 %
35	RS	G	100 %	3,73	média	1,39 %
36	RS	M	100 %	1,62	média	3,71 %
37	RS	M	100 %	3,73	média	1,39 %
38	RJ	G	100 %	3,73	média	1,39 %
39	RJ	G	100 %	1,62	média	3,71 %
40	RJ	M	100 %	2,89	média	2,32 %

Para o sistema de notas de qualidade das empresas funcionar, foram calibrados os seguintes parâmetros descritos na tabela 4.31. Adotou-se o *offset* para que a nota mínima fosse o mais próximo possível de 0. Já o valor de α considerado foi ajustado para que a nota máxima fosse a mais próxima possível de 5, sendo esses valores aplicados à equação 3.29

Tabela 4.31. Calibração do sistema de notas de qualidade

Parâmetro	Valor considerado
α	1,2658
offset	0,21
Máximo	5
Mínimo	0,04219

Para efeito de curiosidade, pode-se verificar na tabela 4.32 que a qualidade da empresa é proporcional ao porte desta.

Tabela 4.32. Percentual de empresas classificadas por tipo e qualidade

Porte e qualidade da empresa	% das empresas por tipo
P – alta	0 %
P – média	42 %
P – baixa	58 %
M - alta	40 %
M - média	60 %
M - baixa	0 %
G - alta	63 %
G - média	38 %
G - baixa	0 %

4.3.2 Perda direta

Para perdas diretas, somente os itens mais relevantes são apresentados. Na tabela 4.33, são apresentados os parâmetros analisados em cada uma das empresas da pesquisa de campo. A estimativa de perda direta por empresa encontra-se na última coluna.

Tabela 4.33. Lista das empresas com elementos dados de variáveis que calculam a perda direta de rendimento, por cenário de perda média

Empresa	Estado	Porte da empresa	Talhadeira	Fogo	Alumínio (A/ AeC/ C)	Rolamento	Perda Direta
1	MG	P	sim	-	C	Original	0,67 %
2	MG	M	sim	-	C	Original	0,67 %
3	MG	P	sim	-	C	Original	0,67 %
4	MG	M	-	sim	C	Original	4,35 %
5	MG	P	sim	-	C	Original	0,67 %
6	MG	M	sim	-	C	Original	0,67 %
7	SP	P	-	sim	C	Genérico	4,75 %
8	SP	G	sim	-	C	Original	0,67 %
9	SP	M	sim	-	C	Genérico	1,07 %
10	SP	P	-	sim	C	Genérico	4,75 %
11	SP	P	sim	-	C	Original	0,67 %
12	SP	M	sim	-	C	Original	0,67 %
13	SP	M	sim	-	C	Original	0,67 %
14	SP	P	sim	-	C	Genérico	1,07 %
15	SP	M	sim	-	C	Original	0,67 %
16	SP	M	sim	-	C	Original	0,67 %
17	SP	P	-	sim	C	duvidoso	4,75 %
18	SP	M	sim	-	C	Original	0,67 %
19	SP	G	sim	-	C	Original	0,67 %
20	SP	M	sim	-	C	Original	0,67 %
21	SP	G	sim	-	C	Original	0,67 %
22	BA	M	sim	-	A e C	Original	1,86 %
23	BA	P	sim	-	A	Original	3,05 %
24	BA	P	sim	-	C	Genérico	1,07 %
25	BA	M	sim	-	C	Original	0,67 %
26	BA	M	sim	-	C	Original	0,67 %
27	BA	G	sim	-	C	Original	0,67 %
28	RS	M	-	sim	C	Original	4,35 %
29	RS	M	sim	-	C	Original	0,67 %
30	RS	M	sim	-	C	Original	0,67 %
31	RS	G	sim	-	C	Original	0,67 %
32	RS	P	-	sim	C	Original	4,35 %
33	RS	P	-	sim	C	Original	4,35 %
34	RS	M	-	sim	C	Original	4,35 %
35	RS	G	-	sim	C	Original	4,35 %
36	RS	M	-	sim	C	Original	4,35 %
37	RS	M	sim	-	C	Original	0,67 %
38	RJ	G	-	sim	C	Original	4,35 %
39	RJ	G	-	sim	A e C	Original	5,54 %
40	RJ	M	sim	-	C	Original	0,67 %

4.3.3

Perda por repetição do recondicionamento e perda total

Com os dados de perda direta e os valores estimados para o fator potencializador de perdas, podem-se calcular as perdas por repetição de recondicionamento do mesmo motor. Este resultado encontra-se na tabela 4.34 abaixo.

Tabela 4.34. Perda direta, perda por fator potencializador, perda por repetição e perda total por empresa, por cenário de perda média

Empresa	Estado	Porte da empresa	Perda Direta	FPP	Repetição	Perda repetição	Perda total
1	MG	P	0,67 %	2,08 %	2	1,10 %	3,86 %
2	MG	M	0,67 %	1,08 %	1	0,35 %	2,10 %
3	MG	P	0,67 %	3,36 %	2	1,62 %	5,64 %
4	MG	M	4,35 %	2,08 %	2	2,59 %	9,02 %
5	MG	P	0,67 %	3,71 %	2	1,76 %	6,13 %
6	MG	M	0,67 %	0,00 %	1	0,13 %	0,80 %
7	SP	P	4,75 %	5,44 %	3	6,24 %	16,43 %
8	SP	G	0,67 %	0,46 %	1	0,23 %	1,36 %
9	SP	M	1,07 %	2,08 %	2	1,27 %	4,42 %
10	SP	P	4,75 %	5,44 %	3	6,24 %	16,43 %
11	SP	P	0,67 %	4,17 %	3	2,93 %	7,77 %
12	SP	M	0,67 %	2,32 %	2	1,20 %	4,18 %
13	SP	M	0,67 %	1,62 %	2	0,92 %	3,21 %
14	SP	P	1,07 %	3,01 %	2	1,64 %	5,72 %
15	SP	M	0,67 %	0,46 %	1	0,23 %	1,36 %
16	SP	M	0,67 %	0,00 %	1	0,13 %	0,80 %
17	SP	P	4,75 %	4,63 %	3	5,73 %	15,12 %
18	SP	M	0,67 %	0,46 %	1	0,23 %	1,36 %
19	SP	G	0,67 %	0,00 %	1	0,13 %	0,80 %
20	SP	M	0,67 %	0,23 %	1	0,18 %	1,08 %
21	SP	G	0,67 %	0,23 %	1	0,18 %	1,08 %
22	BA	M	1,86 %	2,75 %	2	1,85 %	6,46 %
23	BA	P	3,05 %	2,63 %	2	2,28 %	7,96 %
24	BA	P	1,07 %	4,56 %	3	3,41 %	9,04 %
25	BA	M	0,67 %	1,26 %	1	0,39 %	2,32 %
26	BA	M	0,67 %	0,93 %	1	0,32 %	1,91 %
27	BA	G	0,67 %	0,46 %	1	0,23 %	1,36 %
28	RS	M	4,35 %	1,65 %	2	2,42 %	8,42 %
29	RS	M	0,67 %	2,65 %	2	1,33 %	4,65 %
30	RS	M	0,67 %	1,72 %	2	0,96 %	3,35 %
31	RS	G	0,67 %	0,51 %	1	0,24 %	1,41 %
32	RS	P	4,35 %	4,54 %	3	5,43 %	14,32 %
33	RS	P	4,35 %	4,40 %	3	5,34 %	14,09 %
34	RS	M	4,35 %	1,59 %	2	2,39 %	8,32 %
35	RS	G	4,35 %	1,39 %	2	2,31 %	8,05 %
36	RS	M	4,35 %	3,71 %	2	3,25 %	11,30 %
37	RS	M	0,67 %	1,39 %	2	0,82 %	2,88 %
38	RJ	G	4,35 %	1,39 %	2	2,31 %	8,05 %
39	RJ	G	5,54 %	3,71 %	2	3,73 %	12,98 %
40	RJ	M	0,67 %	2,32 %	2	1,20 %	4,18 %

Na tabela 4.34 foi considerando o cenário médio para determinar o número de vezes que o motor é reconicionado e, também, a diferenciação que é dada ao número de repetição pelo porte da empresa. Também é apresentado o valor da perda percentual final de cada empresa.

4.3.4 Rendimentos finais

Primeiramente, para cada empresa, foram estimados os valores esperados de potência média (em CV) e foram extraídos dos dados da pesquisa as idades médias dos motores reconicionados pelas empresas pesquisadas.

Como nem todas as empresas divulgaram a potência média dos motores e/ou a idade média dos motores que trabalham, algumas considerações tiveram de ser feitas. Para as empresas que não tinham declarado a idade dos motores que trabalham, foi estimado e adotado um valor médio da idade dos motores das empresas que informaram este dado. Já para a potência, procedimento parecido foi adotado, com uma pequena modificação, pois a média foi estimada para cada porte de empresa e valores resultantes das estimativas foram atribuídas às empresas combinadas ao porte destas.

Os rendimentos atuais, de fábrica e *Prêmio* foram estimados conforme equações 3.59, 3.60 e 3.61. A tabela 4.35 compila todos estes resultados por empresa, indicando o estado em que a pesquisa foi conduzida e tamanho de empresa.

Tabela 4.35. Valores de potência e idade médios, utilizados para encontrar o rendimento atual, de fábrica e *premium* por empresa, por cenário de perda média

Empresa	Estado	Porte da empresa	Motores vendidos por mês	Idade Média	Potência [HP] Média	Rendimento		
						Atual	Fábrica	<i>Premium</i>
1	MG	P	84,10	15,64	25,50	86,82 %	90,30 %	91,62 %
2	MG	M	109,23	15,64	25,50	88,41 %	90,30 %	91,62 %
3	MG	P	40,00	15,64	25,50	85,21 %	90,30 %	91,62 %
4	MG	M	70,00	15,00	52,50	83,01 %	91,24 %	92,52 %
5	MG	P	150,00	25,00	10,00	82,96 %	88,38 %	90,46 %
6	MG	M	109,23	5,00	46,63	91,21 %	91,95 %	92,37 %
7	SP	P	40,00	20,00	14,04	74,55 %	89,21 %	90,88 %
8	SP	G	276,33	20,00	55,00	89,64 %	90,87 %	92,58 %
9	SP	M	150,00	10,00	46,63	87,48 %	91,52 %	92,37 %
10	SP	P	40,00	15,00	10,00	74,55 %	89,21 %	90,46 %
11	SP	P	200,00	12,50	14,00	82,85 %	89,83 %	90,88 %
12	SP	M	109,23	15,64	14,00	85,82 %	89,57 %	90,88 %
13	SP	M	109,23	15,00	150,00	89,56 %	92,53 %	93,82 %
14	SP	P	20,00	17,50	14,04	84,30 %	89,42 %	90,88 %
15	SP	M	109,23	5,00	46,63	90,70 %	91,95 %	92,37 %
16	SP	M	40,00	5,00	46,63	91,21 %	91,95 %	92,37 %
17	SP	P	30,00	5,00	20,00	77,16 %	90,90 %	91,32 %
18	SP	M	60,00	15,64	46,63	89,81 %	91,04 %	92,37 %
19	SP	G	900,00	2,50	150,00	92,86 %	93,61 %	93,82 %
20	SP	M	109,23	15,64	150,00	91,47 %	92,47 %	93,82 %
21	SP	G	276,33	5,00	57,63	91,21 %	92,21 %	92,63 %
22	BA	M	300,00	35,00	46,63	83,62 %	89,39 %	92,37 %
23	BA	P	100,00	15,64	14,04	82,45 %	89,57 %	90,88 %
24	BA	P	84,10	8,50	12,50	81,89 %	90,02 %	90,73 %
25	BA	M	100,00	12,50	46,63	89,19 %	91,31 %	92,37 %
26	BA	M	200,00	20,50	10,00	87,05 %	88,75 %	90,46 %
27	BA	G	40,00	18,00	57,63	89,86 %	91,10 %	92,63 %
28	RS	M	50,00	18,00	9,75	81,44 %	88,93 %	90,43 %
29	RS	M	100,00	30,50	10,00	83,83 %	87,92 %	90,46 %
30	RS	M	110,00	20,50	150,00	88,97 %	92,05 %	93,82 %
31	RS	G	300,00	30,50	25,50	87,79 %	89,05 %	91,62 %
32	RS	P	121,00	16,00	25,50	77,35 %	90,27 %	91,62 %
33	RS	P	100,00	20,50	25,50	77,22 %	89,89 %	91,62 %
34	RS	M	75,00	22,50	46,63	82,93 %	90,46 %	92,37 %
35	RS	G	242,00	25,00	57,63	83,22 %	90,50 %	92,63 %
36	RS	M	77,00	12,50	50,00	81,06 %	91,39 %	92,46 %
37	RS	M	109,23	15,50	46,63	88,43 %	91,05 %	92,37 %
38	RJ	G	110,00	12,50	57,63	84,20 %	91,57 %	92,63 %
39	RJ	G	66,00	12,50	57,63	79,69 %	91,57 %	92,63 %
40	RJ	M	88,00	7,50	46,63	87,90 %	91,73 %	92,37 %

4.3.5 Resultados gerais por tipo de empresa

Nesta etapa do trabalho, os resultados por empresa são agrupados por tamanho (porte) de empresas. Também são desenvolvidos índices de rendimentos (atuais, nominais e *premium*) médios por empresa de um determinado porte. A tabela 4.36 foi gerada com auxílio dos resultados por empresas, considerando as equações 3.22 a 3.26 e 3.39 a 3.49.

Tabela 4.36. Resultados dos rendimentos agrupando por tipo de empresa, no cenário de perda média

Item	Empresa porte P	Empresa porte M	Empresa porte G	Soma	Média
Quantidade de empresas na pesquisa	12	20	8	40	-
Motores reconicionados por mês por empresa	84,10	109,23	276,33	5 404,48	135,11
Motores reconicionados por ano por empresa	1 009,20	1 310,77	3 316,00	64 853,78	1 621,34
Total de motores reconicionados no ano	12 110,40	26 215,38	26 528,00	64 853,78	-
Idade média dos motores (anos)	16,21	17,67	12,34	-	15,22
Potência média motores (HP)	17,98	62,03	96,93	4 415 224	68,08
Eficiência média atual	85,51 %	89,07 %	90,76 %	-	89,09 %
Eficiência nominal de fábrica	89,86 %	90,97 %	92,15 %	-	91,25 %
Eficiência <i>Premium</i>	91,22 %	92,48 %	93,21 %	-	92,54 %

Nota-se que o volume de vendas de empresas de porte pequeno é relativamente alto (84,10 motores por mês). Esse valor foi encontrado por ter empresas realizando venda de motores reconicionados pela internet, via sites de leilões e até sites especializados em venda de motores, alavancando seu volume de vendas em mais de 400 %. Empresas que não estão vendendo pela internet

recondicionam em média de 30 a 40 motores por mês, e as que vendem chegam até 200 motores, fazendo que a média de recondicionamento das pequenas empresas suba para 84,10 motores por mês.

Geralmente são empresas de baixa qualidade que estão aderindo a esse modelo de negócios promissor, mas ainda é um mercado pequeno com poucas empresas aderindo (2 das 40 empresas pesquisadas). Mas pela facilidade dada ao cliente pela compra na internet, esse mercado tem uma forte tendência a aumentar.

4.3.6 Resultados gerais, *market share* e motores no Brasil

Nesta etapa é feita a extrapolação do estudo para o Brasil. A tabela 4.36, apresentada na seção anterior, é atualizada pela multiplicação do número de empresas por porte de empresas extraído da base RAIS, obtendo-se, portanto, os resultados apresentados na tabela 4.37.

Tabela 4.37. Resultados dos rendimentos e acréscimo de energia, agrupando por tipo de empresa para o cenário de perda média

Item	Empresa porte P	Empresa porte M	Empresa porte G	Soma	Média
Quantidade de empresas na pesquisa	5 584	849	70	6 503	-
% de redução por presença empresas no Interior e Capital dos estados ($\delta_{Capital,porte}$)	81,63 %	82,00 %	81,88 %	-	-
Total de motores reconicionados no ano	4 600 008	912 868	190 800	5 703 677	877,04
% de motores destinados a revenda	38,7 %	29,7 %	0,1 %	-	-
Idade média dos motores reconicionados	16,21	17,67	12,34	-	16,31
Potência média motores (HP) reconicionados	17,24	53,92	90,54	-	25,56
Eficiência média atual	81,15 %	87,04 %	89,63 %	-	84,01 %
Eficiência fábrica	89,70 %	90,68 %	91,92 %	-	90,29 %
Eficiência Premium	91,05 %	92,18 %	92,97 %	-	91,66 %
% de perda no rendimento entre Nominal - atual	9,52 %	4,01 %	2,50 %	-	6,95 %
% de perda no rendimento entre <i>premium</i> - atual	10,87 %	5,57 %	3,60 %	-	8,34 %
Acréscimo do consumo de energia Nominal - atual	10,52 %	4,18 %	2,56 %	-	7,46 %
Acréscimo do consumo de energia <i>premium</i> - atual	12,20 %	5,90 %	3,73 %	-	9,09 %

Foi identificado que, no cenário mais equiprovável, a média de motores reconicionados é de cerca de 73 motores por empresa por mês, em que cerca de 26 desses motores reconicionados por empresa foram destinados a venda e o restante é relativo ao serviço de manutenção no motor danificado.

Para se calcular a perda de eficiência causada por estes motores, é necessário entender qual é o percentual de motores reconicionados no mercado nacional. Para isso é necessário saber quantos são os existentes que já foram reconicionados e que não foram enviados para conserto em 2016, quantos que foram mandados para reconicionamento para manutenção, quantos foram comprados reconicionados e quantos foram comprados novos nacionais e importados.

Inicialmente utiliza-se o total de motores no Brasil em 2016 e o índice de vendas de motores novos nacionais desenvolvidos na seção 2.4 dessa dissertação.

Conforme seção 4.6, em que as empresas reconicionadoras estimaram que a importação de motores influencia no mercado de serviço/venda com uma participação entre 5 a 15 %. Foi escolhido o valor de 7,5 %, pois a maioria dos resultados estavam na faixa de 5 % a 10 %. Então para dimensionar o total de motores importados, foi utilizado como base o total de motores reconicionados multiplicado pela porcentagem de 7,5 %, dando o resultado de 683 019 empresas para o cenário médio (o mais equiprovável).

Os motores novos nacionais foram divididos entre os que foram destinados para reposição e os que foram acrescentados ao total de motores do ano de 2015 para 2016. E com todos esses valores, os percentuais do quanto cada um representa no total de motores do território brasileiro são calculados e apresentados na tabela 4.38.

Tabela 4.38. Distribuição dos motores no Brasil segundo venda de motores novos, recondicionamento e motores existentes em 2016

Descrição	Quantidade	Representa do Total
Motores novos que entraram em operação em 2016	3 389 914	17,0 %
Novo nacional - Reposição	1 991 295	10,0 %
Novo nacional - Adicional	716 600	3,6 %
Importado	682 019	3,4 %
Total de motores que foram reconicionados	5 703 678	28,5 %
Reconicionado - serviço	3 652 346	18,3 %
Reconicionado - venda	2 051 331	10,3 %
Motores Existentes que não foram substituídos em 2016	10 885 256	54,5 %
Total de motores no parque industrial no Brasil em 2016	19 978 848	100,0 %

É possível notar que o número de motores que não foram reconicionados em 2016 é somente 1,5 vezes maior que o que foi reconicionado, e como a idade média dos motores brasileiros é de 17 anos a probabilidade dos motores que não foram substituídos em 2016 terem sofrido algum recondicionamento no passado é alta. Assim, há dois resultados das perdas a serem considerados, o primeiro relacionado à perda que os motores reconicionados em 2016 irão trazer para a matriz energética do Brasil e o segundo relativo à perda total de energia quando são somados os motores reconicionados em 2016 e os motores existentes.

O rendimento dos motores novos pode ser calculado utilizando-se a tabela 4.39 sobre percentual de vendas de motores e os dados de potência de motores disponíveis no mercado como os da empresa WEG.

Tabela 4.39. Potência dos motores disponíveis no mercado e média de potência por grupo selecionado

Potência até 1 HP	De 1 a 10 HP	De 10 a 40 HP	De 40 a 100 HP	De 100 a 300 HP	De acima de 300 HP
0,16	1	10	40	100	300
0,25	1,5	12,5	50	125	350
0,33	2	15	60	150	400
0,5	3	20	75	175	450
0,75	4	25	-	200	500
-	5	30	-	250	550
-	6	-	-	-	-
-	7,5	-	-	-	-
Potência Média [HP]					
0,50	4,88	27,50	71,25	200,00	450,00

Na tabela 4.40, encontram-se os resultados do cálculo de potência média de motores novos.

Tabela 4.40. Potência média dos motores novos

Grupo	Potência [HP]	% Vendas	Ponderado
até 1 CV	0,498	30,53 %	0,152
1 a 10	4,880	55,69 %	2,715
10 a 40	27,50	10,57 %	2,906
40 a 100	71,25	2,21 %	1,577
100 a 300	200,0	0,90 %	1,791
acima de 300	450,0	0,10 %	0,450
Potência [HP] média			9,592

Assim, pode-se estimar a potência média para o país considerando a equação 4.1. Estes resultados são resumidos na tabela 4.41.

$$P_{med_{Brasil}} = (\%recond + \%existente) \cdot P_{med_{final}} + \%novo \cdot P_{med_{novo}} \quad (4.1)$$

Tabela 4.41. Potência Média dos motores existentes no Brasil, por cenário

Dados	Menor	Médio	Maior
Motores Recondicionados (%recond)	28,5 %	28,5 %	28,5 %
Motores Novos Nacionais e Importados (%novo)	17,0 %	17,0 %	17,0 %
Motores Existentes (%existente)	54,5 %	54,5 %	54,5 %
$P_{med_{final}}$ [HP]	27,67	25,56	23,45
$P_{med_{novo}}$ [HP]	9,592	9,592	9,592
Eficiência motor atual	87,08 %	84,01 %	78,59 %
Eficiência motor novo	91,90 %	91,66 %	90,80 %
Potência média [HP] no Brasil	24,60	22,86	21,10

A primeira perda das duas a serem estimadas está relacionada aos motores recondicionados em 2016, cujos valores de perda energética estimados são apresentados na tabela 4.42. A tabela 4.43 diz respeito ao impacto para os cofres brasileiros, calculados considerando o Custo Marginal de Expansão (CME), além do impacto para os industriais, que considera a tarifa de energia média com imposto adotada no setor industrial.

Tabela 4.42. Cálculo de perdas para o cenário médio, analisando somente os motores reconicionados no ano de 2016, para o cenário médio

Item	Valor
Consumo Brasil em 2016 (a)	520,030 TW h
% consumo motores (b)	25,70 %
Consumo Motores em 2016 (c=a·b)	133,648 TW h
% de motores que foram reconicionados em 2016 do total existente (d)	28,96 %
Consumo dos motores no ano de 2016 que foram reconicionados (e=c·d)	38,702 TW h
Adicional de potência no Sistema Interligado Nacional (SIN)	7,46 %
Perda anual de energia	2,889 TW h

Tabela 4.43. Custos de expansão equivalentes ao excesso de energia por conta da defasagem do rendimento que foram reconicionados em 2016, para o cenário médio

Item	Valor
CME	193 R\$/MW h
Perda anual na expansão - CME	R\$ 557 538 962,72
Tarifa indústria - R\$/kWh	0,54 R\$/kW h
Perda anual para indústria	R\$ 1 562 697 937,23

Quando se olha todo o cenário brasileiro de motores, considerando os motores existentes, chegam-se aos resultados de perdas energéticas dispostos na tabela 4.44. Também se calculou o impacto para expansão do sistema elétrico brasileiro e para os industriais do Brasil (tabela 4.45).

Tabela 4.44. Cálculo de perdas para o cenário médio, analisando todos os motores brasileiros no ano de 2016, para o cenário médio

Item	Valor
Consumo Brasil em 2016 (a)	520,030 TW h
% consumo motores no SIN (b)	25,700 %
Consumo Motores em 2016 (c=a·b)	133,648 TW h
% do total motores reconicionados existentes no país levando em conta o total existente(d)	84,224 %
Consumo dos motores reconicionados existentes no país (e=c·d)	112,563 TW h
Adicional de potência no Sistema Interligado Nacional (SIN)	7,46 %
Perda anual de energia	8,402 TW h

Tabela 4.45. Custos de expansão equivalentes ao excesso de energia por conta da defasagem do rendimento dos motores nacionais em 2016, para o cenário médio

Item	Valor
CME	193 R\$/MW h
Perda anual de CME	R\$ 1 621 581 296,20
Tarifa indústria R\$/kWh	0,54 R\$/kW h
Perda anual para indústria	R\$ 4 545 048 715,95

Aplicando os mesmos procedimentos para os outros cenários, chega-se aos resultados apresentados na tabela 4.46, em que no pior cenário a perda de energia pode chegar a quase 13,81 %.

Tabela 4.46. Custos de expansão equivalentes e perdas de energia para os cenários de menor, médio e maior consumo em 2016

Dados	menor	Médio	maior	
% de perda de rendimento	3,80 %	6,95 %	12,13 %	
% Acréscimo de energia	3,95 %	7,46 %	13,81 %	
Somente os recondicionados em 2016	Perda em consumo	1,520 TW h	2,889 TW h	5,391 TWh
	Perda CME	R\$ 293 376 676,72	R\$ 557 538 962,72	R\$ 1 040 474 835,41
	Perda para indústria	R\$ 822 290 742,33	R\$ 1 562 697 937,23	R\$ 2 916 294 622,88
Todos motores recondicionado no Brasil	Perda em consumo	4,421 TWh	8,402 TWh	15,680 TWh
	Perda CME	R\$ 853 275 131,45	R\$ 1 621 581 296,20	R\$ 3 026 182 285,14
	Perda para indústria	R\$ 2 391 601 981,12	R\$ 4 545 048 715,95	R\$ 8 481 934 233,91
% do consumo total dos motores	3,31 %	6,29 %	11,73 %	
% do consumo no Brasil	0,85 %	1,62 %	3,02 %	
tCO ₂ emitidas ⁸	447 847	851 123	1 588 384	

Analisando somente a venda de motores novos nacionais, importados e revenda de recondicionados no cenário médio, verifica-se o *market share* apresentado na figura 4.21. Nota-se que 37 % se refere à venda de motores recondicionados no país.

⁸ Utilizou-se o fator de emissões de 101,3 kgCO₂/MW h informado pelo relatório síntese do Balanço Energético Nacional (BEN) de 2016 (EPE, 2017) para geração de energia elétrica.

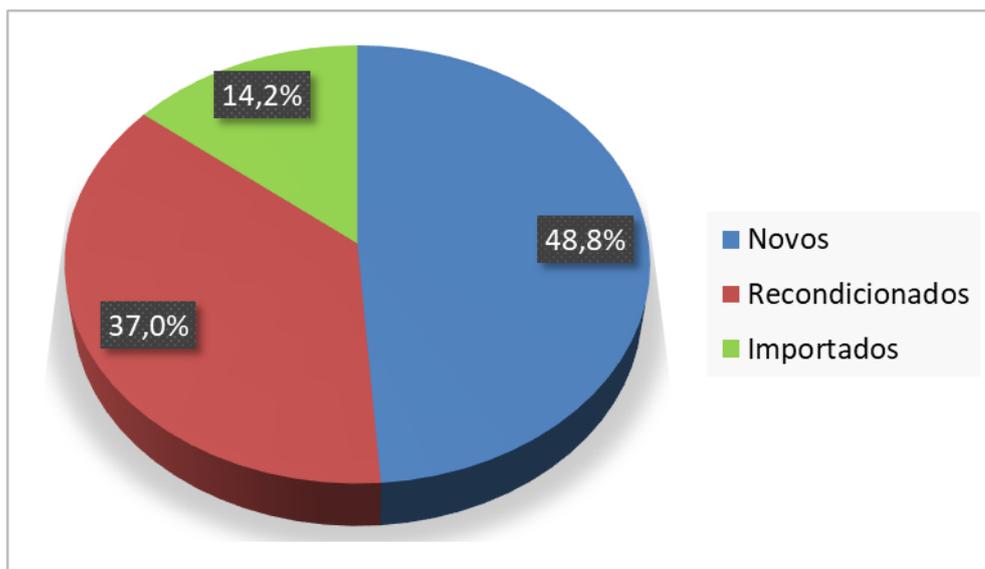


Figura 4.21 *Market share* da venda de motores de 2016

4.4 Comparativo dos resultados com estudo de 2013

No estudo de 2013 de Souza *et al.*(2013), somente se estavam estimando as perdas por recondicionamento das empresas credenciadas (18,7 % do total de empresas em 2016) e somente o mercado de venda de motores recondicionados. Neste estudo, ampliou-se o foco e incluíram-se todas as empresas de recondicionamento do Brasil e, também, o serviço de recondicionamento de motores.

O primeiro fato a ser comparado é o número de empresas credenciadas, verificando-se que ocorreu uma diminuição no número de empresas de 1 837 para 1 220, uma redução de (33,59 %).

O número de motores vendidos no estudo de 2013 foi de 1 829 652 e no atual é de 2 051 331, um aumento de 12,15 %. Um aumento pequeno, considerando que se incluíram 5.283 empresas não credenciadas no estudo.

Portanto, ao contrário do que previa o estudo com relação ao crescimento de venda de motores recondicionados, aconteceu uma diminuição. O principal provável motivo é a crise político/financeira que ocorreu no país durante os anos de 2014 até os atuais (2018), que atingiu diversos setores do país, inclusive o de recondicionamento, fazendo muitas empresas fecharem.

Esse fato é confirmado por relatos das empresas entrevistadas que declararam que muitas empresas concorrentes fecharam as portas durante esse período. Um outro fato foi que fabricantes como a WEG ampliaram seus programas de troca de motores (WEG, 2015b), oferecendo até 12 % de desconto na aquisição de motores novos. Além disso, o governo brasileiro mudou o foco do Programa de Eficiência Energética (PEE) das distribuidoras, não tendo mais obrigatoriedade de este programa ser realizado em consumidores residenciais de baixa renda (Lei 13.280/2016). Antigamente este percentual era de no mínimo 60 % (Lei 12.212/2010).

Um grande aumento foi notado sobre a quantidade de motores importados no *market share*, de 4 % para 14 %, um aumento de 250 pontos percentuais. Um fato que pode ser preocupante, visto que muitos desses motores são de baixa qualidade, de baixo custo e de fácil aquisição via internet. Portanto, há uma alta probabilidade de ampliação da venda desses motores ao longo dos anos, fazendo que se espalhem facilmente pelo mercado brasileiro.

Foi notado um aquecido mercado de venda de motores reconicionados pela internet, via sites de leilões e até sites especializados em venda de motores. Empresas pequenas e de baixa qualidade estão aderindo a esse modelo de negócios promissor e estão aumentando suas vendas em mais de 400 %. Ainda é um mercado pequeno com poucas empresas aderindo (2 das 40 empresas pesquisadas), mas pela facilidade dada ao cliente dada pela venda pela internet, tem uma forte tendência a aumentar. Em 2013, havia poucos indícios desse novo tipo de negócio, pois as vendas de motores nesses sites eram mais voltadas para motores seminovos.

Mais ainda que muitos destes motores podem ser de baixa qualidade e podem inundar o mercado brasileiro.

Quanto à perda de eficiência energética, no estudo de 2013, estimou-se uma perda de rendimento dos motores da ordem de 8,7 % ao ano, contra 7,46 % do estudo atual. Apesar do índice ser menor, este incide sobre um montante de energia maior que o do estudo de 2013. Assim, 81,6 TW h de energia foram estimados em 2013, contra 112,6 TW h em 2016. Assim, as perdas registradas foram de 7,1 TW h para o ano de 2013 e 8,4 TW h para o ano de 2016, representando um aumento de 18,3 %.

4.5 Discussão dos resultados do capítulo

Conclui-se que o número de empresas estimadas que realizam o recondicionamento de motores no Brasil seja de 6 503. Distribuindo em empresas pequenas, médias e grandes obtêm-se 5 584 empresas pequenas, 849 médias e 70 grandes. Também se estimou que estas empresas tenham 24 417 empregados, uma média de 3,8 por empresa.

O nível de escolaridade é considerado baixo, pois apenas 67 % dos funcionários concluíram o ensino médio. Além disso, somente 45 % das empresas pesquisadas treinam seus funcionários, apresentando, portanto, um cenário de mão de obra desqualificada para realizar o serviço de recondicionamento de motores.

Não há, talvez por conta deste fato, uma padronização de procedimento de recondicionamento de motores entre as empresas, muitas aplicando procedimentos altamente nocivos, como usar aquecimento inadequado no motor e substituir o cobre por alumínio sem readequar corretamente o diâmetro do condutor.

Foi verificado que a totalidade de motores estimada em 2016 era de 19,98 milhões de motores, sendo composto por 2,71 milhões de motores novos nacionais (13,6 %), 0,72 milhão de motores novos importados (3,4 %), 5,70 milhões de motores reconicionados (28,5 %) e o restante dos motores existentes somam 10,88 milhões de motores (54,5 %). Sendo, assim, o *market share* de vendas de motores no Brasil foi de 49 % de motores novos nacionais, 37 % de motores reconicionados vendidos e 14 % de motores novos importados. Registrou-se então um aumento significativo das vendas de motores importados em relação à primeira pesquisa conduzida pela PUC-Rio (Souza et al., 2013), subindo de 4 % para 14 % a fatia do mercado, representando um aumento de 250 pontos percentuais. O número de motores novos também aumentou de 31 % para 49 %, sofrendo um acréscimo de 58 %. Houve, por conseguinte, uma redução da fatia de mercado dos motores reconicionados vendidos, de 65 % para 37 %, representando uma queda de 43 % pontos percentuais.

Foi estimada uma perda média de 7,46 % de energia na quantidade de motores que foram reconicionados em 2016. Para obter-se o intervalo de confiança desta estimativa, foram calculados mínimos e máximos desta estimativa, ficando entre 3,95 % e 13,81 %. Estes números mostram que há uma grande incerteza ao se

estimar o mercado, pois muitas das premissas adotadas podem variar drasticamente entre os valores mínimo e máximo.

Assim, pode-se concluir que os motores reconicionados em 2016 incrementaram em 2,889 TW h o consumo de eletricidade no Brasil. Todavia, como a idade média dos motores brasileiros que foi estimada pela pesquisa é de 17 anos e, se observado o restante dos motores existentes, é esperado que em 1,9 anos todos os motores possam ser reconicionados, logo a probabilidade de todos os motores do Brasil já terem sofrido algum reconicionamento é alta, estimando uma perda que pode chegar a 8,4 TW h por ano.

Os custos estimados da expansão do sistema para o Brasil dessas perdas estimadas são de cerca de 557,5 milhões de reais por ano, quando observados somente os motores reconicionados por ano. Quando é somado todos os motores existentes em operação (retirando-se os novos), que tem alto potencial de terem sido reconicionados alguma vez em sua vida útil, a perda pode chegar a 1,62 bilhões de reais.

Para os donos das industrias essas perdas de energia, quando aplicada as tarifas das distribuidoras, que consideram os impostos, o desperdício de energia pode custar até 4,54 bilhões de reais.

5 Conclusões e recomendações

5.1 Considerações finais

Esta dissertação teve como objetivo geral dimensionar e caracterizar o mercado de revenda e manutenção de motores elétricos reconicionados no Brasil, com vistas a estimar a perda de energia decorrente do reconicionamento incorreto. Para alcançar esses objetivos 3 etapas de pesquisa foram realizadas, sendo elas pesquisa documental, pesquisa em campo e dimensionamento de perdas, em que todos os objetivos foram alcançados e cumpridos.

Desdobrando-se o objetivo geral, pode-se concluir que: (1) a identificação, análise e seleção de normas e demais documentos, relativos às boas práticas de processo de reparo de motores elétricos de indução tipo gaiola de esquilo foi realizada adequadamente, tendo como base pesquisas nacionais e internacionais e guias como EASA e AEMT (2008), além de manuais de bobinamento de uma grande fabricante nacional; (2) a quantificação das empresas que vendem e/ou fazem serviços de reconicionamneto pôde ser feita por meio da consulta às bases de dados da RAIS, IBGE e ABINEE.

A qualificação de como estão sendo feitos os serviços de reconicionamento foi realizada utilizando-se os resultados da pesquisas em campo, feitas em uma amostra de empresas. A qualidade de cada empresa foi encontrada pela avaliação de 15 indicadores colhidos e pela aplicação do conceito de Qualidade Total do 5S. Com isso desenvolveu-se uma nota de classificação de qualidade para cada uma das empresas. Com essas notas foi possível construir um fator potencializador das perdas e auxiliar no entendimento do total de perda de energia causado pelo mau reconicionamento dos motores.

A quantificação do número de vendas de motores reconicionados e a quantidade de serviços de manutenção foi encontrada pela análise da pesquisa de campo, cujos resultados foram separados pelo porte, tamanho, da empresa

(considerando o número de funcionários do local). Assim, os dados foram preparados para a extrapolação para a população.

Foram comparados os resultados de serviços das empresas de manutenção com as boas práticas de recondicionamento levantadas, extraindo os principais problemas encontrados nesse mercado. Também se extraiu por cálculos teóricos, as perdas diretas no rendimento dos motores, que são consequência de alguns procedimentos errados realizados pelas empresas de recondicionamento. Esse dado foi utilizado junto com o fator potencializador das perdas, para determinar a perda média do rendimento dos motores de cada porte de empresa.

E desta forma conseguiu-se quantificar e qualificar o mercado de motores elétricos no Brasil por meio da compilação dos dados da pesquisa de campo e pesquisa bibliográfica e documental.

No fim, os principais resultados foram apresentados com a contabilidade do número total de motores no Brasil, encontrando o número de vendas de motores novos nacionais e importados, de venda de motores reconicionados, de serviços de recondicionamentos para clientes e de motores existentes no Brasil. Outro resultado importante foi a contabilização das perdas de energia elétrica e monetária relativa ao mau recondicionamento de motores de indução gaiola de esquilo no país.

As recomendações propostas estão dispostas no próximo tópico e foram divididas em recomendações aos fabricantes de condutores, aos institutos de normas, aos fabricantes de motores e às empresas de recondicionamento sobre melhorias do processo de manutenção de motores elétricos que atendam à regulamentação vigente. As propostas e recomendações ao governo de ações e políticas públicas que devem ser realizadas estão contidas, também, no próximo tópico, visando melhorar o setor de manutenção de motores no Brasil.

5.2 Recomendações

5.2.1 Indústrias de Motores

Recomendam-se mudanças no credenciamento das empresas. Uma recomendação é estabelecer níveis de credenciamento que estejam alinhados com o tamanho da empresa e com o limite de potência dos motores que aquela empresa poderá recondicionar. Há diversos benefícios esperados ao tomar esta medida, pois diminuindo algumas exigências, as empresas poderão ter acesso mais facilmente a cursos, poderão melhorar a sua mão de obra e terão acesso a peças mais baratas. Para a indústria haverá o incremento em venda de motores, pois um recondicionador bem treinado saberá que repetidos recondicionamentos podem levar ao consumo maior de energia dos motores, fazendo com que o custo de operação de um motor recondicionado ultrapasse os benefícios financeiros iniciais e saberá recomendar ao cliente quando realizar a troca por um novo.

Recomenda-se que alguns fabricantes revejam a exigência de alguns equipamentos para recondicionamento para credenciar empresas, como o uso da impregnadora para alguns motores, um equipamento bastante caro que pode definir a tomada de decisão de ser ou não uma empresa credenciada.

5.2.2 Empresas de recondicionamento

Investir mais em treinamento e compra de manuais, revisar todo o processo de recondicionamento tendo um maior cuidado com o núcleo que é a parte mais sensível em termos de incremento de perdas, já que é a parte que fica mais exposta a danos.

Entender melhor sobre eficiência energética e como uma empresa bem informada pode ganhar dinheiro não só com o recondicionamento, mas também com a venda de motores.

5.2.3 Governo

Expansão do BDmotor, cadastrando todos os lotes de motores que são comercializados no Brasil, inclusive os internacionais, exigindo dos fabricantes testes de lotes de motores em laboratórios acreditados pelo Brasil. Com esse banco de dados qualquer motor que chega ao Brasil pode ser identificado e ser facilmente liberado ou negado sua entrada.

Definir um limite para o número de recondicionamento por motor, atualizando as exigências sobre motores reconicionados da portaria interministerial nº1 de junho de 2017. E assim, possibilitando dar respaldos, para treinamentos focados em eficiência energética e para troca para motores novos, ajudando, então, a renovar o parque de motores do país.

Aumentar a oferta de cursos profissionalizantes no país em conjunto com sistema S (SESI, SENAI e SENAC).

Desenvolvimento de campanha publicitária para estimular a manutenção preventiva no país, pois foi calculado uma perda anual de 1,62 bilhões de reais por uso de motores mal reconicionados e com manutenções malfeitas. E a cada 1 % de motores que são trocados por novos ou evitado o recondicionamento por realização de boa manutenção, pode-se economizar 16,2 milhões de reais em custos de expansão.

5.2.4 Clientes

Primeiramente é recomendado realizar as manutenções preventivas do motor, evitando falhas que levem ao recondicionamento. Recomenda-se também ter um bom sistema de proteção e acionamento do motor que diminua a queima de motores devido a problemas gerados pela variação ou defeitos da carga.

Quanto ao recondicionador, o cliente deve sempre escolher as empresas de qualidade, que demonstrem um mínimo de organização e limpeza.

Caso o cliente possua um motor de fabricação antes de 2002, após uma falha, deve-se trocar por um novo e não o recondicionar.

5.3 Sugestões de trabalhos futuros

Como recomendação de trabalho futuro, deve-se entender o que leva o consumidor a decidir pela compra de um motor novo ou recondicionado, buscando saber se o cliente entende e realiza manutenções preventivas nos motores para evitar falhas. O intuito será de levantar informações para a formulação de cartilhas informativas aos clientes de cuidados que devem ter em relação a motores e ao recondicionamento de qualidade.

Recomenda-se também estudos experimentais sobre o recondicionamento de motores e seus efeitos no rendimento, realizando ensaios conforme recomendações de normas como ABNT NBR 17.094-3 para colher, por exemplo, informações de:

- Perda por repetição de recondicionamento; e
- Percentual de perda em motores aplicando paulatinamente processos incorretos e medindo cada um dos seus efeitos no rendimento. Desta forma, se possibilitaria refinar as perdas por tipo de dano utilizados nesta dissertação.

Estudos para se definir testes mais baratos (em custo de equipamentos, insumos uso de mão de obra pelo tempo elevado de teste), escalonáveis e padronizados, de forma que seus resultados fossem equivalentes ao teste com dinamômetro para teste de rendimento. A necessidade do estudo está na nova exigência de comercialização de todo motor recondicionado, instaurado pela portaria interministerial N°1 de 29 de junho de 2017, que entrará em vigor em 2019.

6

Referências bibliográficas

ABINEE, Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. **Motores de corrente alternada trifásico de 600 V - Vendas no Mercado Interno - Histórico de 1990 a 2006**, 2007.

_____. **Acesso ao banco de dados de empresas de recondição credenciadas à fabricantes de motores, ano base 2016**. 2017.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 5383-1 - Máquinas elétricas girantes Parte 1 : Motores de indução trifásicos**, 2002.

_____. **ABNT NBR ISO 50001 - Sistema de gestão da energia - Requisitos com orientações para uso**, 2011.

_____. **ABNT NBR 17094-3. Máquinas elétricas girantes - Motores de Indução. Parte 1: Trifásicos - Métodos de Ensaio**, 2018.

BAZURTO, A. J.; QUISPE, E. C.; MENDOZA, R. C. **Causes and failures classification of industrial electric motor**. Proceedings of the 2016 IEEE ANDESCON, ANDESCON 2016, 2017.

BORTONI, E. DA C. et al. **Analysis of repairs on three-phase squirrel-cage induction motors performance**. IEEE Transactions on Energy Conversion, v. 22, n. 2, p. 383–388, 2007.

BRASIL, República Federativa do Brasil. **Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia e dá outras providências**, 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110295.htm>. Acesso em: 26 mai 2018.

_____. **Decreto nº 4.508, de 11 de dezembro de 2002. Dispõe sobre a regulamentação específica que define os níveis mínimos de eficiência energética de motores elétricos trifásicos de indução rotor gaiola de esquilo, de fabricação nacional ou importados, para comercialização ou uso no Brasil, e dá outras providências**, 2002. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4508.htm>. Acesso em: 24 mai 2018

_____. **Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada do Brasil (iNDC)**, 2015.

CNI, Confederação Nacional da Indústria.; PROCEL, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica; ELETROBRAS, Centrais Elétricas Brasileiras

S.A. **Eficiência energética na indústria: o que foi feito no Brasil, oportunidades de redução de custos e experiência internacional.** Brasília - DF, Brasil, 2009.

CONCLA, Comissão Nacional de Classificação. **CNAE-subclasses/CNAE-fiscal. Sobre a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE)**, 2018. Disponível em: <<https://concla.ibge.gov.br/concla-apresentacao/grupos-de-trabalho/gt-cnae-fiscal.html>>. Acesso em: 28 mai 2018a.

_____. **Busca de descrição de atividades econômicas filtrado pelo código CNAE 3313901**, 2018. Disponível em: <https://concla.ibge.gov.br/busca-online-cnae.html?option=com_cnae&view=atividades&Itemid=6160&tipo=cnae&chave=3313901&versao_classe=7.0.0&versao_subclasse=9.1.0>. Acesso em: 3 jun 2018b.

CREA-RJ, Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio de Janeiro. **Salário Mínimo Profissional dos profissionais técnicos e de engenharia no estado do Rio de Janeiro**, 2018. Disponível em: <<https://novoportal.crea-rj.org.br/salario-minimo-profissional/>>. Acesso em: 1 jun 2018.

CREDER, H. **Instalações Elétricas**. v. 9a Edição, 1985.

EASA, Electrical Apparatus Service Association Inc.; AEMT, Association of Electrical and Mechanical Trades. **The effect of repair/rewinding on motor efficiency. EASA/AEMT Rewind Study and Good Practice To Maintain Motor Efficiency. Good Practice Guide to maintain motor efficiency**, p. 1–82, 2003.

ELETROBRAS, Centrais Elétricas Brasileiras S.A; PROCEL, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso. Ano Base 2005. Classe Industrial - Alta Tensão - Relatório Brasil**. Rio de Janeiro - RJ, Brasil, 2008.

EPE, Empresa de pesquisa Energética. **Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2016-2025). Nota técnica DEA 24/16**. In: Série Estudos da Demanda. Rio de Janeiro - RJ, Brasil, 2016.

_____. **BEN 2017 - Balanço Energético Nacional de 2017. Ano base 2016**. Rio de Janeiro - RJ, Brasil, 2017. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf>. Acesso em: 7 fev 2018.

EVO, Efficiency Valuation Organization. **Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance. Conceitos e Opções para a Determinação de Economias de Energia e de Água**. volume 1, 2017

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Acesso aos dados do CEMPRE (Cadastro de Empresas), ano base 2015 - Tabela 6450: Unidades locais, pessoal ocupado e salários por seção, divisão, grupo e classe da CNAE 2.0**. 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6450>>. Acesso em: 1 set 2017.

KIRAN, D. R. **5S. In: Total Quality Management: Key Concepts and Case Studies**. Elsevier, 2017. p. 333–346.

MDIC, Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços; INMETRO, Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Portaria INMETRO n.o 488 , de 08 de dezembro de 2010. Aprova a revisão dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para Motores Elétricos de Indução Trifásicos Rotor Gaiola de Esquilo**, 2010. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001643.pdf>>. Acesso em: 26 mai 2018

MICERINO, F. J. **Impacto da Utilização de Motores de Alto Rendimento e sua Aplicação no Leilão de Eficiência Energética**. 2012.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Portaria Interministerial n° 553, de 8 de dezembro de 2005. Aprova o Programa de Metas de motores elétricos de indução trifásicos**, 2005. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1139097/Portaria_Interministerial_nx_553_2005.pdf/010f203c-195e-4e12-b31d-6a1f00e226e0>. Acesso em: 24 mai 2018

_____. **Portaria Interministerial n° 1, de 29 de junho de 2017, Aprova o programa de metas para motores elétricos trifásicos de indução rotor gaiola de esquilo**, 2017.

MTE, Ministério do Trabalho e do Emprego. **Acesso aos dados das bases de dados RAIS e CAGED ano base 2015 - sistema Dardo**. 2017. Disponível em: <<http://bi.mte.gov.br/bgcaged/login.php>>. Acesso em: 01 set 2017

NEJAT, P. et al. **A global review of energy consumption, CO2 emissions and policy in the residential sector (with an overview of the top ten CO2 emitting countries)**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 43, p. 843–862, 2015.

PROCEL, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **BDMotor. Software de banco de dados de motores presentes no Brasil**, 2008. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BA6340DFB-8A42-41FC-A79D-B43A839B00E9%7D&Team=¶ms=itemID=%7BC8833C81-FF1D-45E3-9CF0-D5656CB0DC15%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>>. Acesso em: 28 abr 2018.

SOUZA, R. et al. **Pesquisa Mercadológica sobre Motores Recondicionados - Uma proposta para o órgão regulador**. 2013.

UMANS, S. D. **Máquinas elétricas de Fitzgerald e Kingsley**. 7 ed. Porto Alegre: AMGH, 2014. 728 p.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. Atlas, v. 6a ed, p. 46–49, 2005.

WALTERS, D. G. **The Repair of Low Tension Induction Motors - Best Practices to Maintain Energy Efficiency**. IEEHalf-Day Colloquium on Refurbishment of Machines, 1998.

WEG. **Manual de Bobinagem - Motores Elétricos de Indução**, 2005.

_____. **Motores. Motores Elétricos - Catálogo Técnico**. 2009.

_____. **DT-6 - Motores elétricos assíncronos e síncronos de media tensão - especificação, características e manutenção.** p. 166, 2015a.

_____. **Plano de troca WEG. Programa de descontos na troca de motores da fabricante WEG.** 2015.

_____. **Gestão eficiente da energia elétrica - Motores Elétricos, Inversores de Frequência e Geração Solar,** 2017.

_____. **Datasheet do motor W22 IR3 Premium 10 CV 4P 132S 3F 380/660 V 60 Hz IC411 - TFVE - B35D WEG,** 2018b. Disponível em: <<https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motores-EI%C3%A9tricos/Trif%C3%A1sico---Baixa-Tens%C3%A3o/Usos-Gerais/W22/W22-IR3-Premium/W22-IR3-Premium-10-cv-4P-132S-3F-380-660-V-60-Hz-IC411---TFVE---B35D/p/11809257>>. Acesso em: 03 jun 2018.

YUNG, C. **Working with Your Motor Service Center. Energy Engineering,** v. Vol. 110, n. October 2014, p. 37–41, 2003.

Apêndice: Determinação da Qualidade das empresas

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1612500/CA

Resultado da Qualidade atribuída a cada empresa de recondicionamento de motores elétricos da amostra da pesquisa de campo																																										
Empresa (ID)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40		
UF	MG	MG	MG	MG	MG	MG	SP	BA	BA	BA	BA	BA	BA	RS	RJ	RJ	RJ																									
Porte	P	M	P	M	P	M	P	G	M	P	P	M	M	P	M	M	P	M	G	M	G	M	P	P	M	M	G	M	M	M	G	P	P	M	G	M	M	G	G	M		
Indicador_1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
Indicador_2	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	
Indicador_3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	
Indicador_4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	
Indicador_5	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	
Indicador_6	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	
Indicador_7	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Indicador_8	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Indicador_9	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0
Indicador_10	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
Indicador_11	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Indicador_12	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Indicador_13	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
Indicador_14	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	
Indicador_15	0,50	0,67	0,75	0,50	1,00	1,00	0,25	1,00	0,50	0,25	0,00	1,00	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,06	0,33	0,17	0,27	1,00	1,00	0,43	0,29	0,29	0,90	0,20	0,50	0,57	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Nota	3,10	4,02	1,94	3,10	1,62	5,00	0,04	4,58	3,10	0,04	1,20	2,89	3,52	2,26	4,58	5,00	0,78	4,58	5,00	4,79	4,79	2,49	2,61	0,85	3,85	4,16	4,58	3,49	2,59	3,43	4,54	0,86	0,99	3,55	3,73	1,62	3,73	3,73	1,62	2,89		
Classificação	MQ	AQ	MQ	MQ	MQ	AQ	BQ	AQ	MQ	BQ	BQ	MQ	MQ	MQ	AQ	AQ	BQ	AQ	AQ	AQ	AQ	MQ	MQ	BQ	AQ	AQ	AQ	MQ	MQ	MQ	AQ	BQ	BQ	MQ								

Legenda Indicadores	
Indicador_1	= Possui impregnadora à vácuo?
Indicador_2	= Possui estufa?
Indicador_3	= Usa verniz adequado?
Indicador_4	= Usam cobre no enrolamento?
Indicador_5	= Possui torno mecânico para ajustes?
Indicador_6	= Possui os demais equipamentos necessários para se fazer o recondi
Indicador_7	= Usa peças originais na substituição?
Indicador_8	= Não usa fogo no processo de retirada da bobina?
Indicador_9	= Faz a secagem do verniz em estufa?
Indicador_10	= O tempo de entrega é maior ou igual a dias?
Indicador_11	= O ambiente de trabalho é organizado?
Indicador_12	= O ambiente de trabalho é limpo?
Indicador_13	= A empresa é credenciada?
Indicador_14	= Faz o treinamento dos funcionários?
Indicador_15	= Qual o percentual de funcionários possui nível técnico?

Legenda da Classificação	
AQ =	Alta Qualidade Nota ≤ 1,25
MQ =	Média Qualidade 1,25 < Nota < 3,75
BQ =	Baixa Qualidade Nota ≥ 3,75

Anexo: Formulário da pesquisa de campo

QUESTIONÁRIO DA PESQUISA QUANTITATIVA (Pesquisa presencial)

ENTREVISTA Nº:

Pesquisador/a:

Empresa:

Porte da empresa*: () Pequena () Média () Grande

Endereço:

Município/UF:

Telefone:

Site/E-mail:

Entrevistado:

Observação do entrevistador:

Características do estabelecimento:

1. Caracterização da empresa.

- 1.1. Somente presta o serviço ou também vende motor reconicionado?
- 1.2. O Sr. sentiu a mudança do mercado de motores nos últimos três anos?
- 1.3. Há motores de outras nacionalidades sendo vendido no mercado nacional?
Qual percentual de vendas?

2. Caracterização dos serviços prestados pela empresa.

- 2.1. Como é feito o processo de retirada do enrolamento de dentro da carcaça?
- 2.2. Em quanto tempo Sr. me entrega o motor rebobinado? (Tentar forçar a entrega do motor o quanto antes).
- 2.3. Possui torno mecânico para executar serviços de ajustes, metalização de eixo, assento de rolamentos etc.?

- 2.4. Como é feito o seu processo de envernizamento? E qual verniz utiliza para impregnação do motor? (Procurar saber se eles secam o motor ao ar livre ou na estufa).
- 2.5. Utiliza produtos e peças originais ou “genéricas” para fazer o recondicionamento dos motores? Verniz Classe H?
- 2.6. Utiliza todos os equipamentos (Para Loop Teste, Impregnadora a Vácuo, Estufas, etc.) indicados? Se não utiliza, por quê?
- 2.7. Com o serviço prestado, há uma melhora da eficiência dos motores ou piora. Por quê?
- 2.8. Como são testados e medidos os motores após a manutenção/recondicionamento para verificar se os parâmetros elétricos correspondem com as informações de placa (dados nominais)? Fazem testes em vazio e com cargas?
- 2.9. O recondicionamento somente é feito com fios de cobre ou em alguma circunstância se utiliza fios de alumínio?

3. Caracterização dos motores que recondicionam.

- 3.1. Qual a idade média dos motores que recondiciona?
- 3.2. Na média, quantas vezes um mesmo motor é recondicionado? Há algum fator que impeça o recondicionamento de um motor?
- 3.3. Recondiciona motores para empresas grandes ou conhecidas?
- 3.4. Qual é a idade média dos motores recondicionados pela empresa para serem vendidos como motores de segunda mão?
- 3.5. Quantos motores recondicionados pela empresa para serem vendidos como motores de segunda mão foram vendidos no último mês? Quantos motores são recondicionados pelos senhores?
- 3.6. O Sr. notou alteração na qualidade dos motores de fabricantes nacionais (para pior, para melhor ou não notou de diferença)? Se para pior, em que partes destes motores? Se para pior, o Sr. seria capaz de listar os fabricantes?

4. Treinamento da equipe.

- 4.1. Quantos funcionários possuem?
- 4.2. Quantos funcionários possuem a formação técnica? (técnico em eletrotécnica, mecânica ou eletromecânica)
- 4.3. O Sr. realiza algum tipo de treinamento? Em caso positivo, aplicaram os conhecimentos adquiridos, obtendo equipamentos necessários ou modificando procedimentos? Em caso negativo, por que não?

5. Garantia.

- 5.1. Qual período de tempo da garantia dada? (em meses)

6. Meio-ambiente.

- 6.1. Encara o fato de reciclar um motor como benéfico para o meio-ambiente?
- 6.2. Tem noção de que o aumento de gasto com a energia (desperdício) é um fator de agressão ao meio-ambiental?
- 6.3. Sabe que motores mal reconicionados geralmente tem menor eficiência e, portanto, desperdiçam energia?

***Porte das Empresas**

- **"Pequenas empresas"** – Empresas não autorizadas para nenhuma marca, com menos de 4 funcionários, reduzido espaço físico (ou espaço grande a céu aberto) e apenas um equipamento mínimo para a execução do recondicionamento.
- **“Médias empresas”** - Foram consideradas aquelas empresas acima de 4 funcionários, oficinas maiores e mais bem cuidadas e equipamentos um pouco além do mínimo. Podem ser credenciadas de fabricantes.
- **“Grandes empresas”** – Empresas que tenham no mínimo 50 funcionários e que possuam equipamentos com alto índice de sofisticação. Devem ser credenciadas por alguma grande empresa.

QUESTIONÁRIO DA PESQUISA QUANTITATIVA (Pesquisa por telefone)

ENTREVISTA Nº:

Pesquisador/a:

Empresa:

Porte da empresa*: () Pequena () Média () Grande

Endereço:

Município/UF:

Telefone:

Site/E-mail:

Entrevistado:

Observação do entrevistador:

Características do estabelecimento:

1. Caracterização da empresa.

1.1. Sua empresa recondiciona motores elétricos monofásicos e trifásicos?

1.2. Qual a faixa de potência destes motores? Trifásicos ou monofásicos?

Nota: O objetivo da pesquisa é centrado em recondicionamento e comercialização de motores trifásicos de potência entre 0,75 kW (1 CV) e 185kW (250 CV). O entrevistador deve ter esta informação.

1.3. Vende motores via internet (mercado livre, olx etc.)? Quais tipos de motores são vendidos na internet?

2. Credenciamento.

2.1. Sua empresa é credenciada de algum fabricante? Qual (is)?

2.2. Se não, por que não se credencia?

3. Caracterização dos serviços prestados pela empresa.

3.1. No caso de motores importados, como são feitos os serviços de recondicionamento? São feitos para qualquer faixa de potência ou potências mais baixas?

3.2. Em relação aos motores importados, utilizam enrolamento de alumínio ou de cobre?

4. Treinamento da equipe.

4.1. Qual a capacitação técnica dos profissionais que estiverem fazendo o recondicionamento.

() Péssimo () Fraco () Moderado () Bom () Ótimo

4.2. Avaliação destes profissionais em relação à noção de Guias Técnicos / Manuais / Procedimentos de reparo.

() Péssimo () Fraco () Moderado () Bom () Ótimo

4.3. Se tivessem um Novo Manual Técnico, poderia implementá-lo sem ajuda/treinamento?

() Sim () Não () Talvez

5. Motores à prova de explosão.

5.1. Que cuidados observa no recondicionamento desse tipo de motores no quesito segurança?

(Pesquisa técnica por telefone)

6. Satisfação dos clientes.

6.1. Quem são os clientes que procuram os serviços de recondicionamento de motores? (porte dos clientes e dos motores)

6.2. Quem são os clientes que compram motores reconicionados? (porte dos clientes e dos motores)

6.3. Quem são os clientes que compram motores importados (porte dos clientes e dos motores)?

6.4. Os clientes se preocupam ou se queixam com relação ao consumo de energia?

6.5. Quais são as principais reclamações feitas por seu cliente?

6.6. Qual o percentual de clientes satisfeitos? Esses desenvolvem fidelidade para com a empresa?

6.7. O Sr. tem noção do marketing negativo que representa um trabalho malfeito?

7. Lei e multa (nova portaria Interministerial).

7.1. O Sr. sabe que há uma nova portaria com entrada em 2019 (eficiência dos motores reconicionados devem ser as mesmas dos vendidos no mercado)?

8. Incentivos.

8.1. De que incentivos o Sr. precisaria para trabalhar dentro das Normas Técnicas, caso houvesse? (Seguir todos os procedimentos para que um motor reconicionado apresente o mesmo rendimento dos motores novos)

8.2. O Sr. acha importante que seus funcionários tenham treinamento gratuito? Liberariam seus funcionários no horário de expediente?

8.3. O Sr. acha importante que as peças e produtos utilizados para se fazer os serviços sejam mais baratos? Quais peças e produtos?

8.4. O Sr. acha importante que haja campanhas de esclarecimento para os clientes dos malefícios de comprar motores reconicionados?

8.5. O Sr. acha importante que haja uma maior fiscalização maior e que as empresas que não realizam os serviços de reconicionamento de motores da forma correta sejam penalizadas? Que tipo de penalização sugere?

*Porte das Empresas

- **"Pequenas empresas"** – Empresas não autorizadas para nenhuma marca, com menos de 4 funcionários, reduzido espaço físico (ou espaço grande a céu aberto) e apenas um equipamento mínimo para a execução do reconicionamento.
- **"Médias empresas"** - Foram consideradas aquelas empresas acima de 4 funcionários, oficinas maiores e mais bem cuidadas e equipamentos um pouco além do mínimo. Podem ser credenciadas de fabricantes.
- **"Grandes empresas"** – Empresas que tenham no mínimo 50 funcionários e que possuam equipamentos com alto índice de sofisticação. Devem ser credenciadas por alguma grande empresa.