



Pesquisa Mercadológica sobre Motores Recondicionados

Consultores:

Reinaldo Castro Souza, D.Sc.

Rodrigo Flora Calili, D.Sc.

Rodrigo Santos Vieira, M.Sc.

Rio de Janeiro, 13 de fevereiro de 2019

Realização

2

Autoria:



Suporte Institucional e Patrocínio:



International Copper
Association Brazil

Apoio

3



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Agradecimento aos colegas do **GT de Motores Recondicionados do Ministério de Minas Energia** pelas trocas de experiências e sugestões em todo o processo de construção deste trabalho.

Introdução

4

- Aproximadamente **25,75%** da energia do país é consumida por motores **industriais**, isso equivale a 133,39 TWh consumidos em em 2016 (BEN, 2017).
- A grande quantidade de motores elétricos existentes e as condições inapropriadas de operação e manutenção, fazem surgir unidades danificadas, apresentando baixo rendimentos ou falhas. Surge então a dúvida: **Deve-se recuperar o motor ou trocá-lo por um novo?**
- Bazurto (2017), estima que **a cada recondicionamento de um mesmo motor ocorre a queda de 2% do seu rendimento atual.**
- O custo em adquirir um motor novo pode ser elevado, então avaliar o custo de adquirir um motor novo ou mandar recondicionar é extremamente importante.
- Geralmente **os consumidores** preocupam-se somente com a diferença de custo entre comprar um motor novo, mandar recondicionar ou comprar um motor recondicionado e **esquecem de avaliar o gasto energético.**
- Há também consumidores que compram motores de segunda mão, recondicionados, com histórico de funcionamento apagado; e, há os que estão aderindo a troca por motores importados.

Objetivos



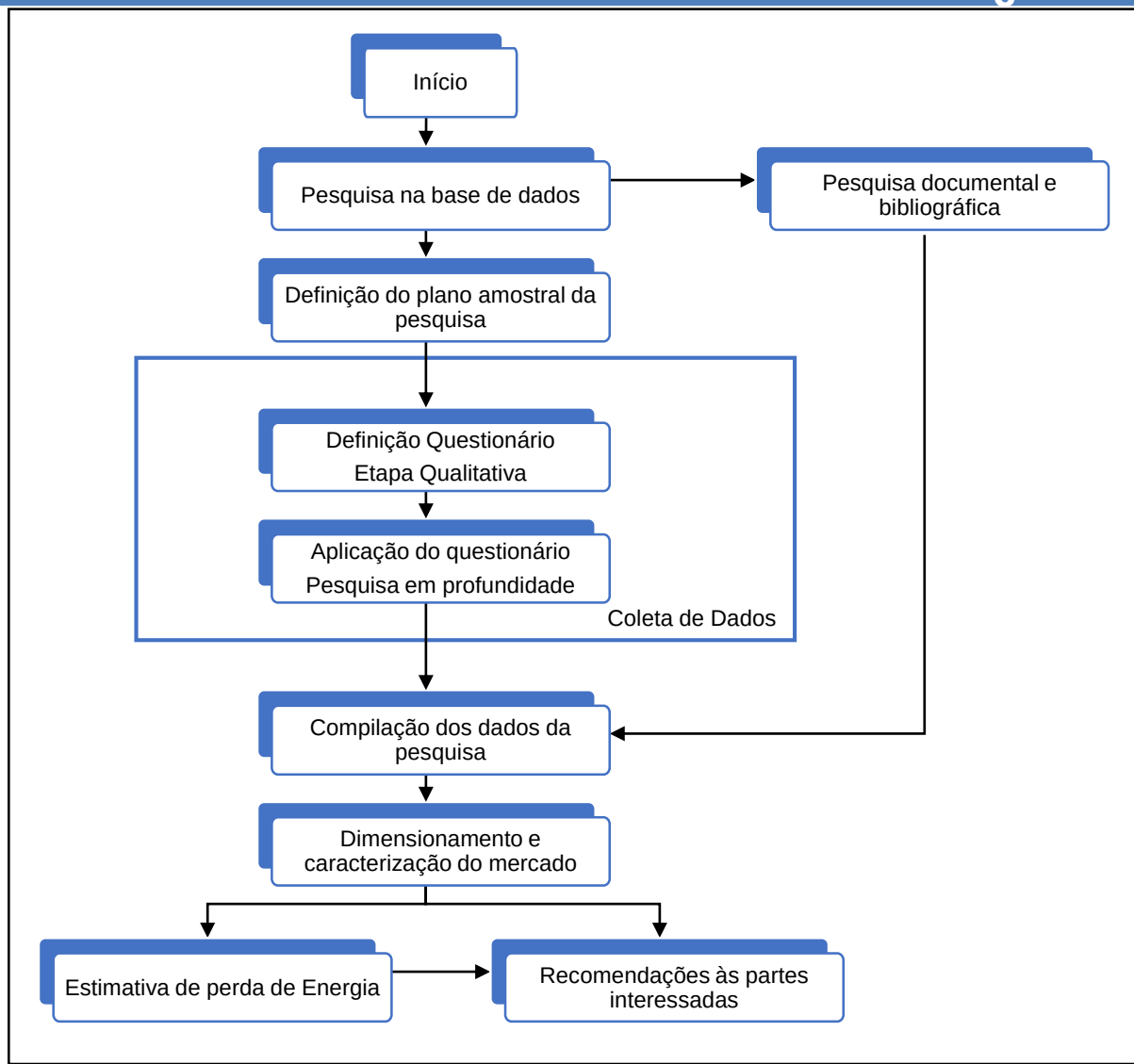
5

- O objetivo maior deste trabalho é obter informações sobre as empresas reconcondicionadoras de motores visando dar subsídios:
 - ▣ ao governo de medidas para melhoria do serviço oferecido pelo setor
 - ▣ as fiscalizadoras para coibir e sanar as irregularidades.
- Ainda, tem-se o objetivo de mensurar o que o Brasil está perdendo de energia quando os motores recuperados não atendem os procedimentos corretos.
- Para isso buscou-se:
 - Identificar os **estabelecimentos que reconcondicionam** motores elétricos;
 - Mensurar o **tamanho do mercado** de motores elétricos trifásicos reconcondicionados;
 - Identificar a **demanda de motores reconcondicionados** que são ofertados ao mercado, por meio de uma pesquisa quanti e acesso a informações disponibilizadas;
 - Identificar as **empresas que prestam serviços de recondicionamento** e entender o grau de expertise destas quanto ao processo de recondicionamento;
 - Identificar **quem são os clientes das empresas que reconcondicionam e/ou comercializam estes motores** e entender o porquê da compra de motores reconcondicionados;

Metodologia Geral da Pesquisa

6

Fluxograma da Metodologia



Revisão da Literatura

7

Estudos empíricos pelo mundo sobre recondicionamento de motores

Local: **Reino Unido**

Fonte: EASA (2008)



Motores de 60 a 200 HP
até 600V 60Hz



Perda média percentual no Rendimento

0,318%



- Perda para 1 recondicionamento realizado corretamente: 0,149%
- Perda 3x maior se não for realizado o controle de temperatura
- Perda 2x maior se for realizado mais de um recondicionamento

Local: **Brasil**

Fonte: Adaptado de Bortoni et al (2007)



Motores de 5 a 15 HP até
600V 60Hz



*Perda média percentual no
Rendimento de no mínimo

3,05% Padrão

5,49% e 7,51%

alto rendimento e *Premium*



No Brasil pode ser
8,6 X maior

* Supondo que os motores dos tipos padrão e alto rendimentos quando comprados teriam os rendimentos nominais mínimos exigidos pelo decreto nº 4.508/2002.

Revisão da Literatura

8

O Recondicionamento e as Perdas

Etapas do recondicionamento:

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.

Retirada das bobinas;

Retirar com cuidado. Usar processo de *burnout* - aquecimento controlado em até 360°C para amolecer e calcinar o verniz, retirando as bobinas sem alterar as propriedades do núcleo;

Limpeza do núcleo e parte externa;

Usar jatos d'água de alta pressão ou escovas de metal macio. Risco de incrementar as perdas no núcleo;

Rebobinamento do motor;



Concêntrico



Imbricado

Envernizamento;

Usar o tipo correto de Verniz realizando secagem em estufa. Impregnação de imersão até 50 CV.

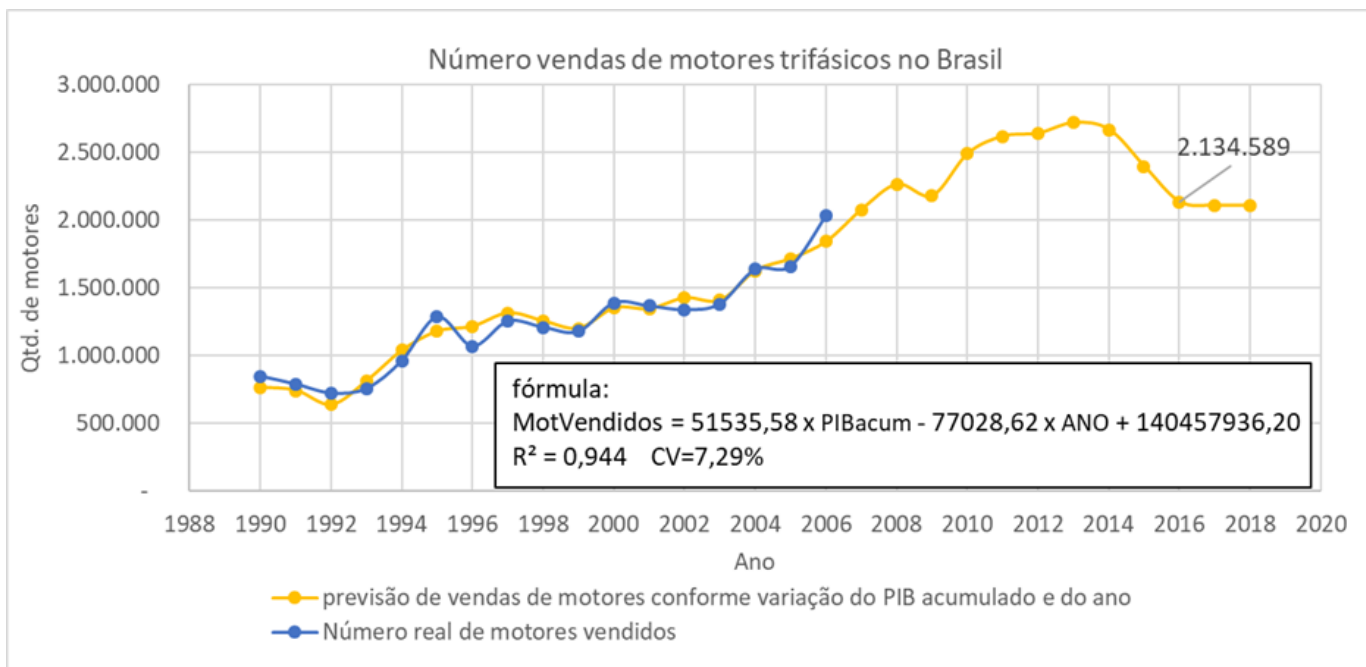
De 60 CV até 550 CV usa-se método de gotejamento.

Revisão Documental

9

Venda de Motores Elétricos Trifásicos

- Evolução da venda de motores trifásicos novos de 1990 a 2006, com projeção para 2018 segundo o PIB e a tendência de aumento anual.



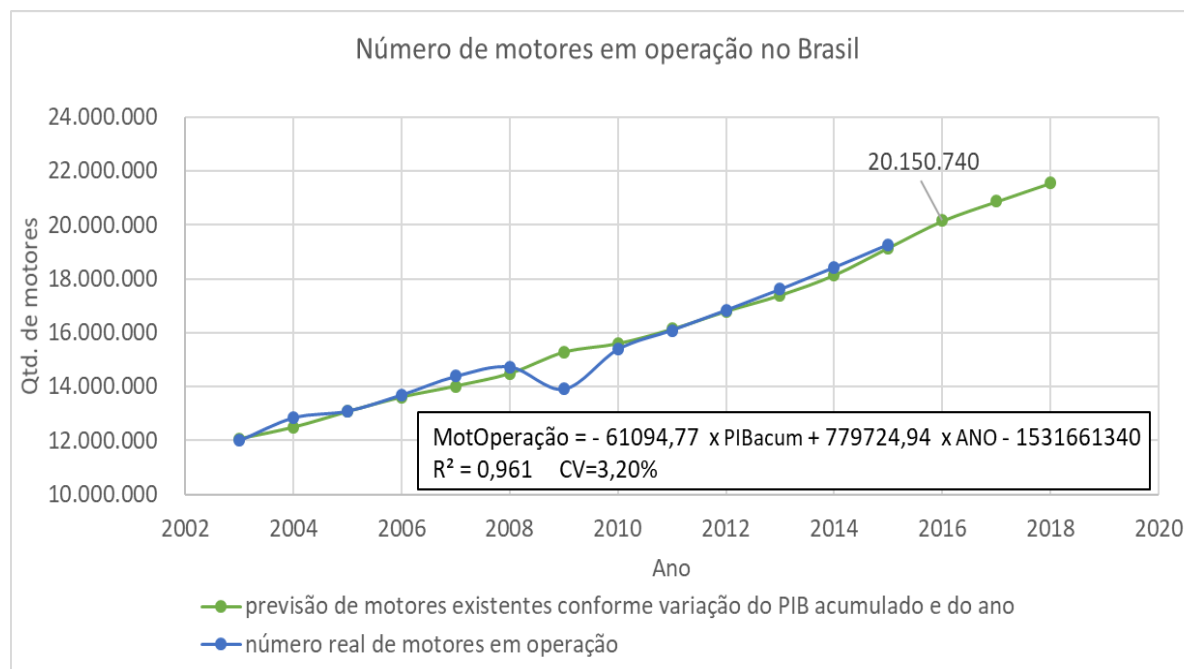
- Vale ressaltar que o total de motores novos vendidos 2016, ano base da pesquisa, foi da ordem de **2.134.589** motores.

Revisão Documental

10

Total de Motores Elétricos Trifásicos no Brasil

- Evolução do número estimado de motores trifásicos de 2003 a 2006, com projeção para 2018 segundo o PIB e a tendência de aumento anual.

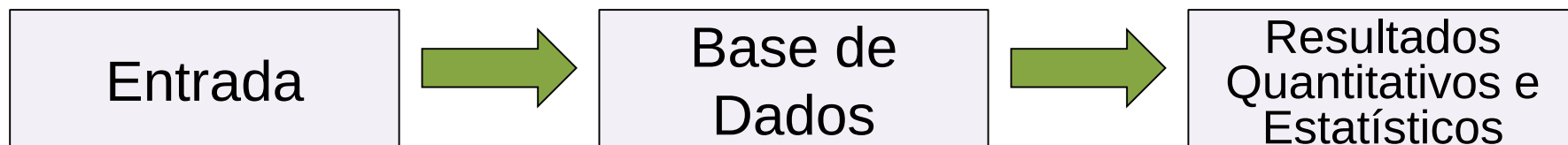


- Vale ressaltar que o total de motores existentes em 2016, ano base da pesquisa, foi da ordem de **20.150.740** motores.

Estimativa do total de empresas no Brasil

11

Dimensionamento



Códigos CNAEs Escolhidos

Toda empresa é obrigada a cadastrar o tipo de atividade que ela pratica.

C 3313-9/01

Consulta nas Bases de Dados

- RAIS - Relação anual de informações sociais
- IBGE – Tabela 6450 do CEMPRE
- ABINEE – Empresas Credenciadas à fabricantes de motores

Resultados esperados

Quantidade de empresas;
Quantidade de funcionários;
Sexo dos funcionários;
Idade dos funcionários;
Faixa salarial dos funcionários;
Escolaridade dos funcionários

Trabalho em cima das bases

CNAE	Descrição	Atividades Selecionadas		
		Escolhido	do Total de	% redução a ser aplicado
3313901	Manutenção e Reparação de Geradores, Transformadores e Motores Elétricos	3	3	100,0 %
3313999	...	2	2	100,0%
3314702	...	2	4	50,0%
3314704	...	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	...	3	16	18,8%
3314713	...	5	14	35,7%
3314714	...	2	2	100,0%
3314715	...	1	1	100,0%
3314718	...	1	1	100,0%
3314719	...	5	5	100,0%
3314720	...	6	6	100,0%
3314721	...	1	1	100,0%
3314722	...	1	1	100,0%
3314799	...	8	8	100,0%
3321000	...	14	18	77,8%
4649401	...	1	11	9,1%
4649402	Comércio Atacadista de Outras Máquinas e	10	20	17,1%

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

CENÁRIOS DE PROBABILIDADE DE SERVIÇO DE RECOND. POR GRUPO

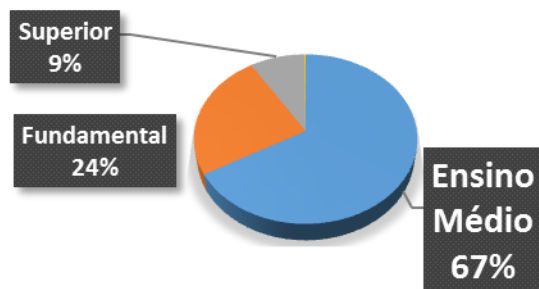
Estimativa do total de empresas no Brasil

12

Resultados

Cenários	Total de Empresas	Total de funcionários	Média de func/emp
Cenário Otimista	14.343	55.171	3,8
Cenário Base	10.423	39.794	3,8
Cenário Conservador	6.503	24.417	3,8

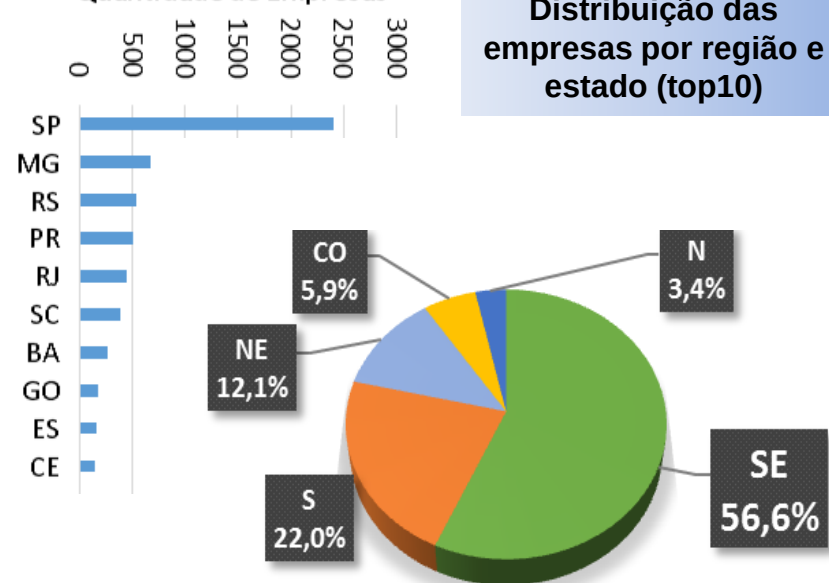
Escolaridade dos funcionários



Fabricantes	Qtd.	Representa
Total empresas	6503	100%
Total credenciada	1220	18,76%
Não Credenciada	5283	81,24%

Empresa porte P (até 4 func.)	Empresa porte M (de 5 a 50 func.)	Empresa porte G (acima de 51 func.)
5.583,76	849,28	70,28
85,86%	13,06%	1,08%

Quantidade de Empresas



Pesquisas Qualitativa e Quantitativa

13

do Qualitativo para Quantitativo

Etapa Qualitativa em 10 empresas no Rio de Janeiro

- Saúde financeira das empresas;
- Conhecimento sobre normas e novas regras;
- Nº de vendas de motores reconicionados/mês;
- Nº de serviço de recondicionamento/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 a fabricantes de motores;
- Entendimento sobre questões ambientais e eficiência energética;
- Outros assuntos que pudessem ser impactantes para o mercado, levantados durante a pesquisa.

Definição do Questionário

Plano amostral

Pesquisa em Campo

Etapa Quantitativa em 40 empresas em nível nacional

Pesquisa Quantitativa

14

Escolha das Amostras Nacionais

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

Empresas pesquisadas

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

As empresas foram agrupadas em 3 grandes grupos, sendo eles:

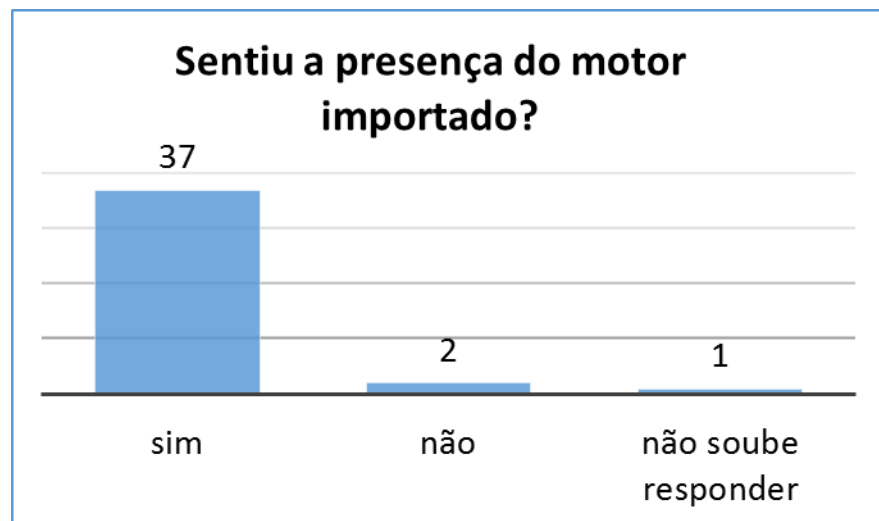
- P - Empresas de pequeno porte com até 4 funcionários
- M - Empresas de médio porte tendo de 5 a 50 funcionários
- G – Empresas de Grande porte possuindo mais de 51 funcionários

Pesquisa Quantitativa

15

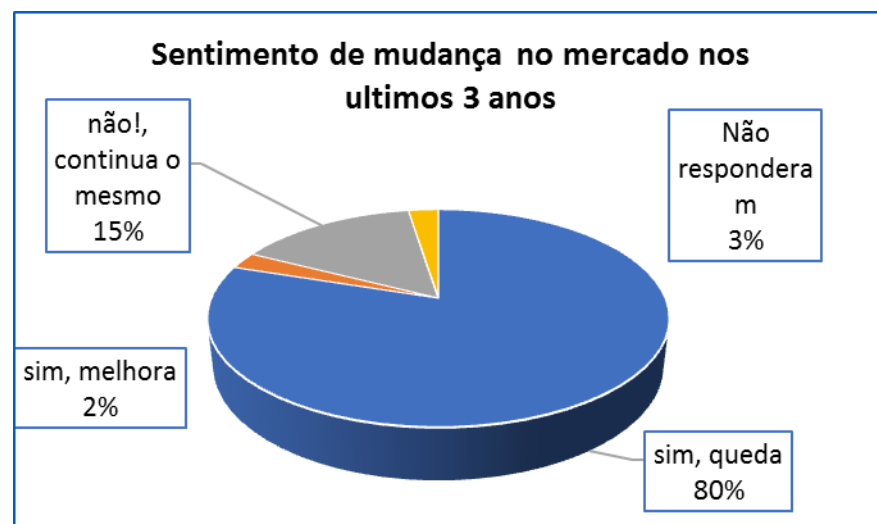
Percepção do Mercado

Percepção do aumento da quantidade de motores de origem importada no mercado de recondicionamento



Informaram que de 5 a 15% do mercado brasileiro é de motores importados

Percepção da variação de quantidade de serviços/vendas realizados no mercado



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

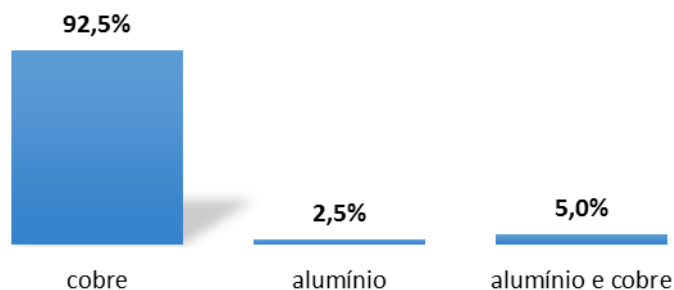
Pesquisa Quantitativa

16

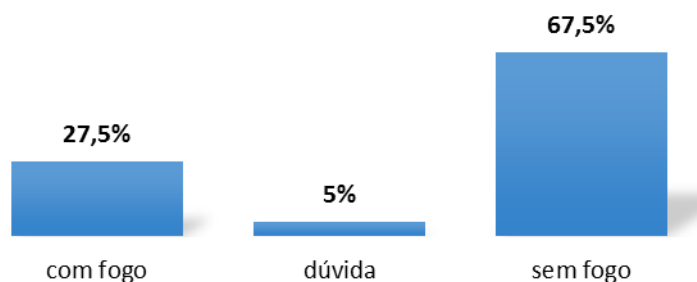
Técnicas Utilizadas

- 17,5% das empresas relataram a presença de enrolamentos de alumínio, nas potências mais baixas dos importados (BQ)
- 22,5% das empresas entrevistadas relataram a presença de enrolamentos de alumínio nos motores nacionais de até 15 CV

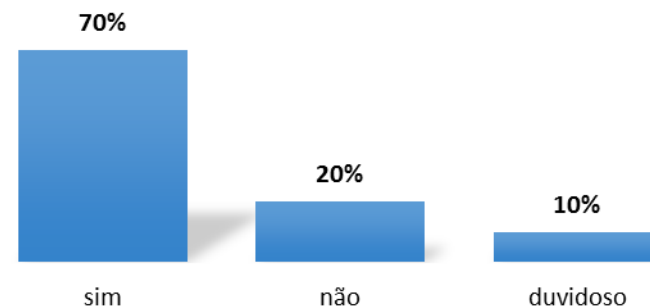
Uso de cobre ou alumínio no rebobinamento



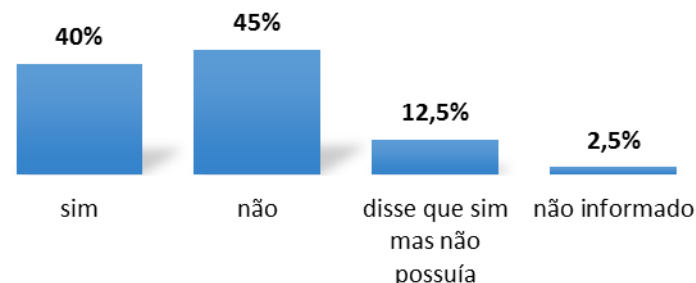
Processo de retirada da bobina



Secam o motor na estufa?



Possuíam Impregnadora a vácuo?



Peças originais

	Originais	Genéricas	depende	duvidoso
P	58%	25%	8%	8%
M	95%	0%	5%	0%
G	100%	0%	0%	0%

Pesquisa Quantitativa

17

Porte x qualidade x serviço

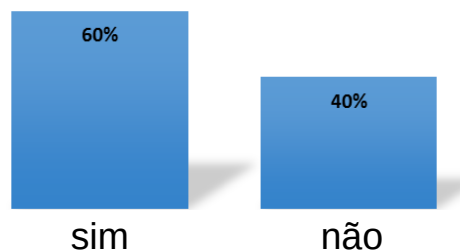
Qualidade encontrada nas empresas pesquisadas

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

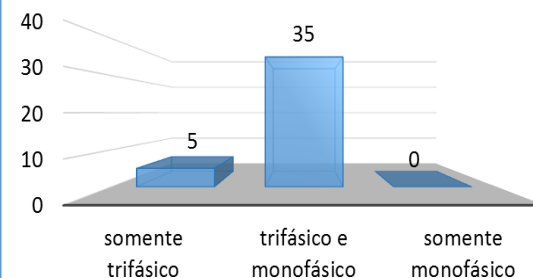
Serviços oferecidos

Porte	Consertam motores	Vendem recond.	Vendem novo	Trocam	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%

Credenciada ao fabricante?

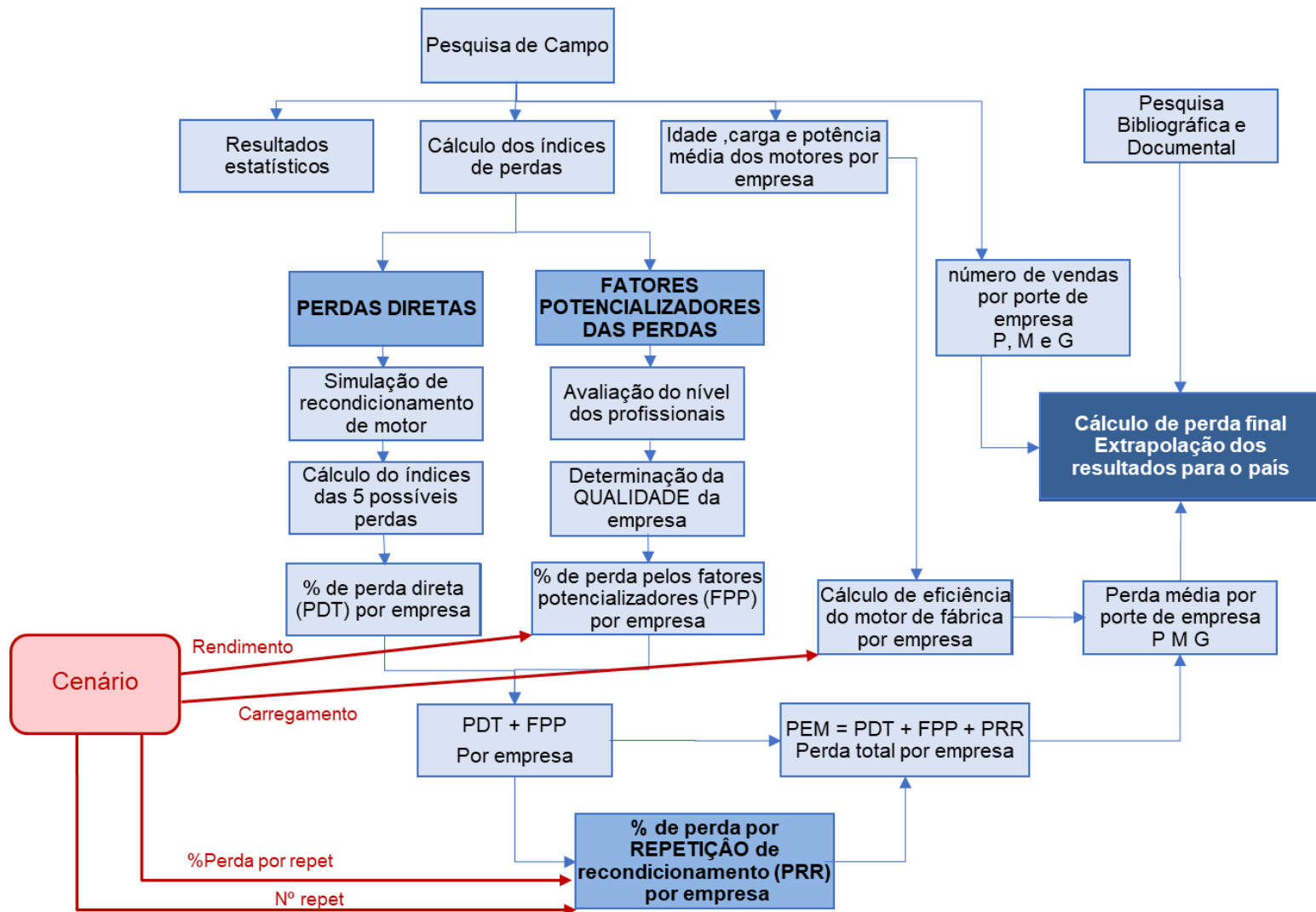


Tipos de motores recondicionados



18

18



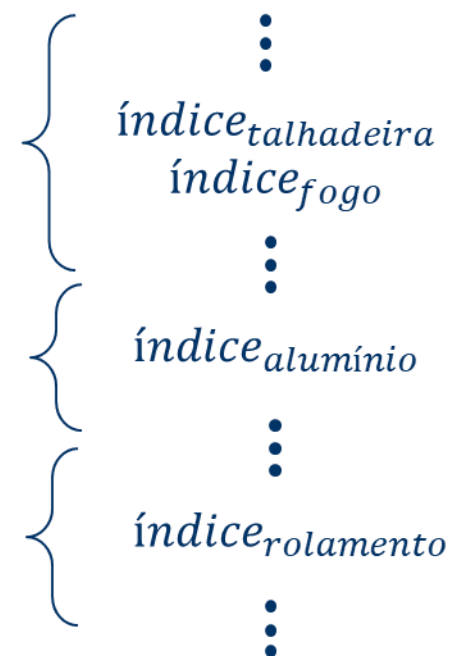
Pesquisa Quantitativa

19

Perdas Diretas

Para os Cálculos das perdas diretas foram encontradas 4 variáveis que mensuram o impacto causado por uso de talhadeira de forma indevida, por uso de fogo na retirada do cobre, por uso de alumínio ao invés de cobre sem que seja realizado o ajuste da seção transversal e do uso de rolamento genérico.

<u>Perda Nominal</u>	<u>Range</u>	
Núcleo	20%	→ <u>Perda no núcleo</u>
Rotor	20%	
Estator	35%	→ <u>Perda I²R Estator</u>
Mecânicas	12,5%	
Suplementares	12,5%	→ <u>Perdas por atrito e ventilação</u>



Pesquisa Quantitativa

20

Fator Potencializador das Perdas

Palavra	Significado	Indicadores
Seiri	Senso de utilização	Indicador_1 = Possui impregnadora? Indicador_2 = Possui estufa? Indicador_3 = Usa verniz adequado? Indicador_4 = Usam cobre no enrolamento? Indicador_5 = Possui torno? Indicador_6 = Possui os demais equipamentos para o recondicionamento? Indicador_7 = Usa peças originais na substituição?
Seiton	Senso de 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?
Seiso	Senso de Limpeza	Indicador_12 = O ambiente de trabalho é limpo?
Seiketsu	Senso de Padronização	Indicador_13 = A empresa é credenciada?
Shitsuke	Senso de disciplina	Indicador_14 = Faz o treinamento dos funcionários? Indicador_15 = Qual o percentual de funcionários técnicos?

Kiran (2017)

Para estimar outros o restante das perdas mediu-se a qualidade da empresa utilizando a filosofia do 5S de Qualidade Total, onde foram escolhidos 15 indicadores para dar a nota de qualidade de cada empresa

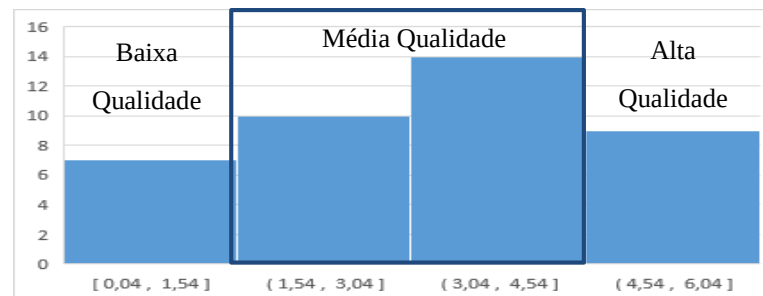
$$Qualidade_{Empresa} = \left(\frac{\sum_{i=1}^{15} Indicador_i}{15} - offset \right) \cdot \alpha \cdot 5$$

Qualidade varia de 0 a 5

Offset calibra para zero e α calibra para 5

$$F_{PP} = \left(1 - \frac{Qualidade_{Empresa}}{5} \right) \cdot \beta$$

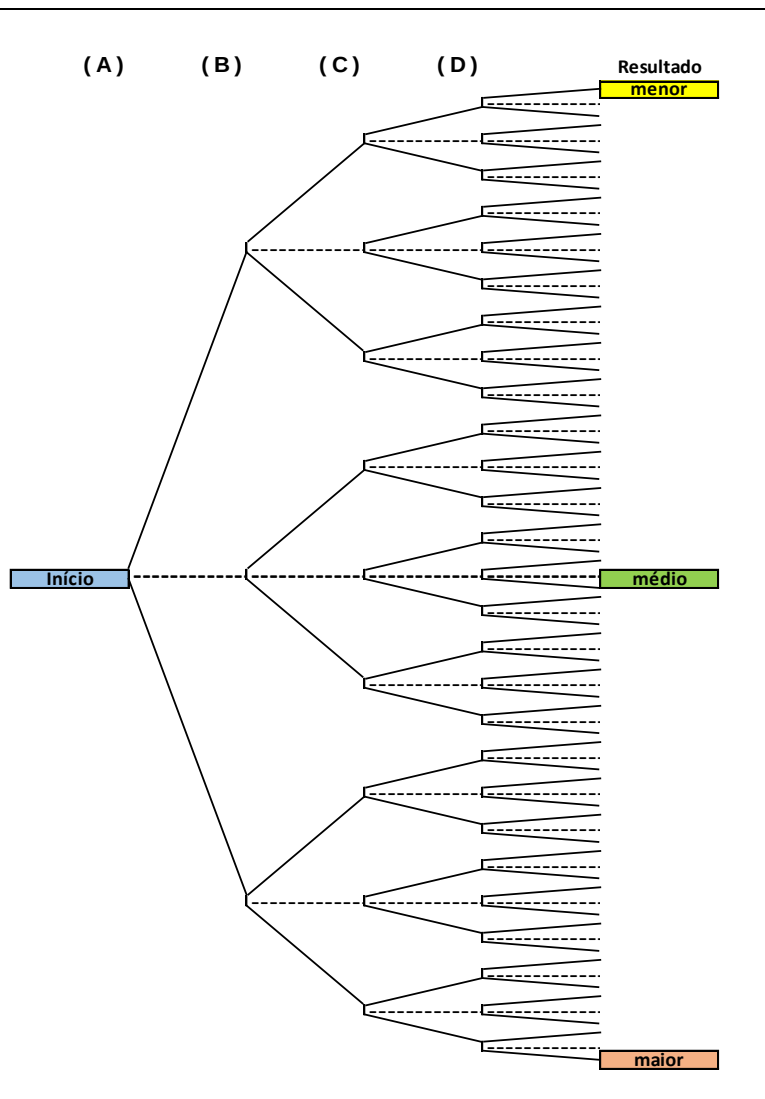
Beta = perda de rendimento máximo **cenarizado**



Pesquisa Quantitativa

21

Cenários e Perda por Repetição



Para os itens que não se conseguiu dados exatos ou que há uma faixa de variação dentro da literatura, foi criada uma árvore de cenários onde 3 resultados foram escolhidos. Dessa forma será possível formar um “intervalo de confiança”.

Variável	Menor perda	Perda média	Maior perda
(A) Perda de Rendimento máximo por FPP	3,05%	5,49%	7,51%
(B) Carregamento médio dos motores no Brasil	100%	75%	50%
(C) Número de repetições de condicionamento	1	2	3
(D) % de perda por condicionamento	10%	20%	30%

Pesquisa Quantitativa

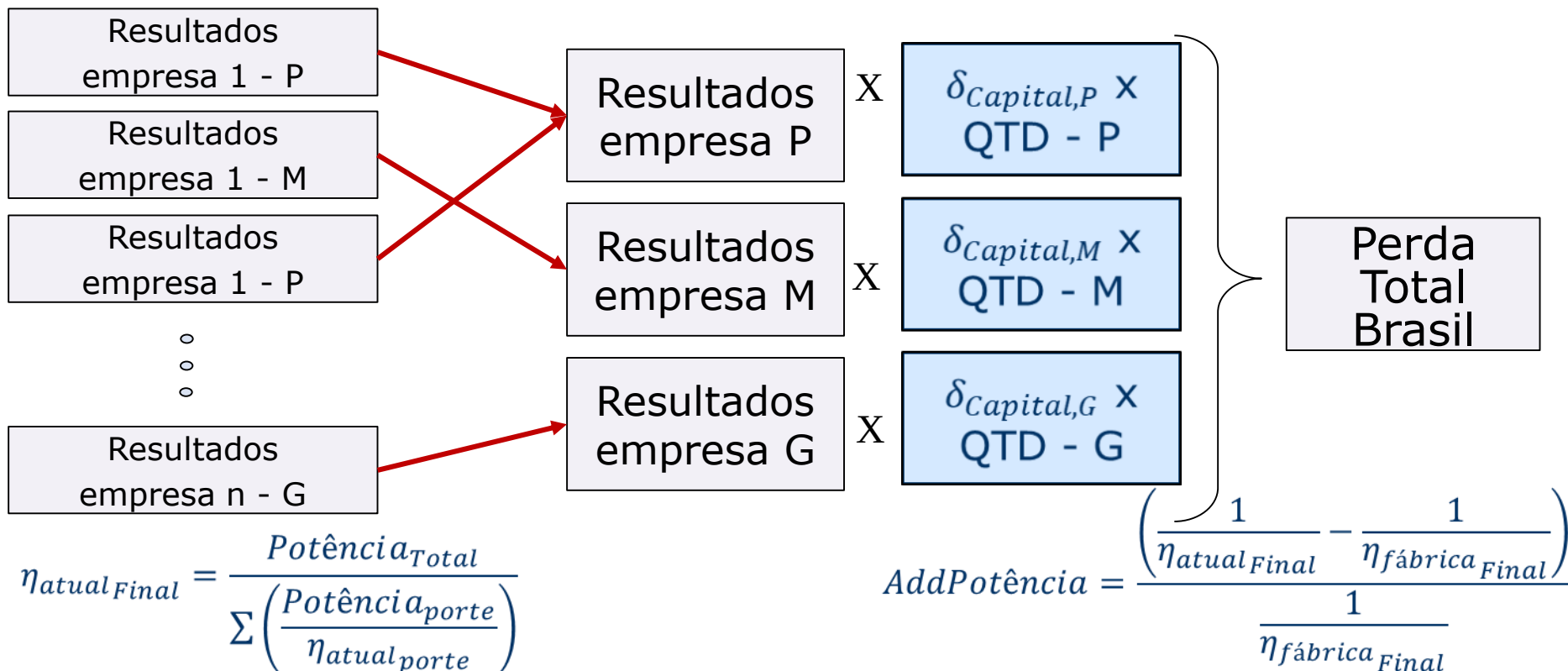
22

Metodologia para determinação da perda Total Brasil

Cada tipo de perda por empresa é agrupado por tamanho de empresa (P, M, G) e após agrupado para formar a perda total no Brasil. Todavia, antes, esses valores são ponderados segundo as disponibilidades de empresas na capital e no interior do país. Com esses números e dados da literatura chega-se a perda média no rendimento dos motores no Brasil e também a perda de energia no sistema.

$$Perda_{empresa} = Perda_{direta} + \text{FatorPotencializador} + \text{Repetições}$$

$$\delta_{Capital, Porte} \cong 82\%$$



Pesquisa Quantitativa Resultados

23

Potência recondicionada e perdas em motores monofásicos e trifásicos

Motores Monofásicos e trifásicos recondicionados no Brasil em 2016

Total de motores que foram recondicionados	5.703.678	100,00%
<i>Trifásicos</i>	4.758.812	83,43%
<i>Monofásicos</i>	944.865	16,57%

Motores mono e trifásicos recondicionados divididos entre o serviço de recondicionamento para clientes e venda de motor recondicionado

Total de motores que foram recondicionados	5.703.678	100,00%
Recondicionado - serviço	3.652.346	64,03%
<i>Trifásicos</i>	2.943.832	53,43%
<i>Monofásicos</i>	708.514	10,61%
Recondicionado - venda	2.051.331	35,97%
<i>Trifásicos</i>	1.653.396	30,01%
<i>Monofásicos</i>	397.935	5,96%

A potência total recondicionada em 2016	145.796.493 kW	100,00%
<i>Trifásicos</i>	141.646.534 kW	97,154 %
<i>Monofásicos</i>	4.149.959 kW	2,846 %

A perda total pelo recondicionamento mal realizado em 2016	8.991.922, kW	100,00%
<i>Trifásicos</i>	8.646.993 kW	96,164%
<i>Monofásicos</i>	344.930 kW	3,836%

Dentro das perdas finais calculadas, 3,836% do valor corresponde a perda causada pelos motores monofásicos.

Pesquisa Quantitativa Resultados

24

Motores novos e reconicionados no Brasil em 2016

Motores no Brasil 2016		
Total de motores trifásicos no parque industrial no Brasil em 2016	20.150.740	100,00%
Motores novos trifásicos que entraram em operação em 2016	2.770.124	13,75%
Novo trifásico – Reposição	1.184.380	5,88%
Novo trifásico – Adicional	950.209	4,72%
Importado trifásico	635.535	3,15%
Total de motores trifásicos que foram reconicionados	4.597.229	22,81%
Reconicionado trifásico – Serviço	2.943.833	14,61%
Reconicionado trifásico - Venda	1.653.396	8,20%
Motores Trifásicos Existentes que não foram substituídos em 2016	12.783.386	63,44%

Pesquisa Quantitativa Resultados

25

Motores Recondicionados no Brasil em 2016

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 recondicionados no ano	4 600 008 (823,78 und./emp.)	912 869 (1075,23 und./emp.)	190 801 (2725,71 und./emp.)	5 703 678	877,08
Monofásico	892.349	177.086	37.013	1.106.449	170,14
Trifásico	3.707.659	735.783	153.788	4.597.229	706,94
% de motores destinados a revenda	38,7 %	29,7 %	0,1 %	-	-
Idade média dos motores recondicionados (anos)	16,21	17,67	12,34	-	16,31
Potência média motores (HP) recondicionados	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 %
Acréscimo do consumo de energia Nominal - atual	10,52 %	4,18 %	2,56 %	-	7,46 %
Acréscimo do consumo de energia premium - atual	12,20 %	5,90 %	3,73 %	-	9,09 %

Pesquisa Quantitativa Resultados

26

Perdas Estimadas no Brasil

Dados		menor	Médio	maior
% de perda de rendimento médio pelo recondicionamento		3,80 %	6,95 %	12,13 %
% Acréscimo de energia médio pelo recondicionamento		3,949 %	7,464 %	13,807 %
% Acréscimo de energia considerando somente reconicionados trifásicos (3,836% mono)		3,798%	7,178%	13,277%
Somente os reconicionados em 2016	Perda de energia dos motores recond. Trifásicos em 2016	1,38 TW h	2,60 TW h	4,81 TW h
	Perda CME	R\$266.340.000,00	R\$501.800.000,00	R\$ 928.330.000,00
	Perda para indústria	R\$745.200.000,00	R\$1.404.000.000,00	R\$2.597.400.000,00
Todos os motores em funcionamento reconicionados no Brasil até 2016	Perda de energia de todos os motores recond. Trif. no Brasil	4,46 TW h	8,43 TW h	15,60 TW h
	Perda CME	R\$860.780.000,00	R\$1.626.990.000,00	R\$3.010.800.000,00
	Perda para indústria	R\$2.408.400.000,00	R\$4.552.200.000,00	R\$8.424.000.000,00
Percentual que a perda de todos os recond. representa sobre consumo dos motores		3,34 %	6,31 %	11,67 %
Percentual que a perda de todos recond representa sobre consumo total do Brasil		0,86 %	1,62 %	3,00 %
tCO ₂ emitidas ¹		451.798	853.959	1.580.280

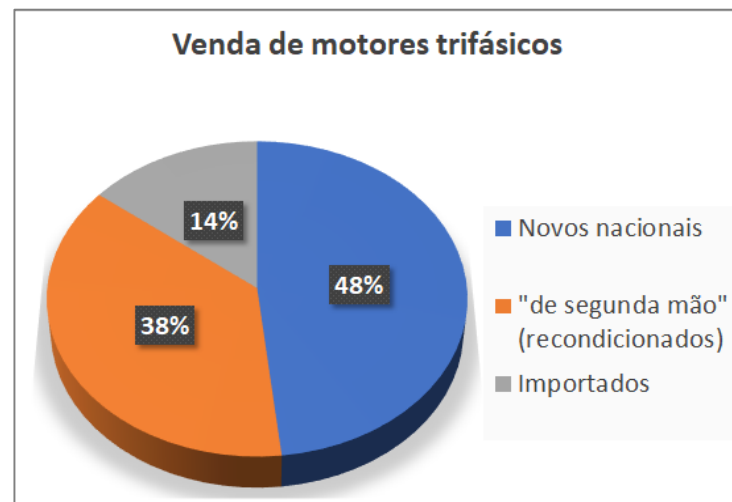
¹Utilizou-se o fator de emissões de 101,3 kgCO₂/MW h informado pelo relatório síntese do Balanço Energético Nacional (BEN) de 2016 (EPE, 2017) para geração de energia elétrica.

Conclusões

27

Comparação com o estudo de 2013

- ❑ Ocorreu uma diminuição de 1.837 para 1.220 empresas credenciadas, equivalente a 33,59% de redução.
- ❑ A perda de energia em 2013 foi estimada em **7,1 TW h** em **2013** e **8,43 TW h** em **2016**, um aumento de 18,9%.
- ❑ Houve um aumento do *share* de motores importados no mercado brasileiro (14% nesta pesquisa, contra 4% em 2013). Muitos pesquisados responderam que estes motores eram de baixa qualidade.
- ❑ Cerca de 85% das empresas reconcondicionadoras são de pequeno porte. Sendo a grande maioria (quase 60%) com serviços de baixa qualidade.
- ❑ Muitas das empresas reconcondicionadoras fazem o serviço em motores, sem levar em conta o histórico de recondicionamento deste equipamento.
- ❑ Há ainda uma falta de conhecimento das empresas de motores reconcondicionados acerca do processo adequado de recondicionamento.
- ❑ Eventual uso de alumínio no enrolamento de motores que eram enrolados com o cobre.



Conclusões

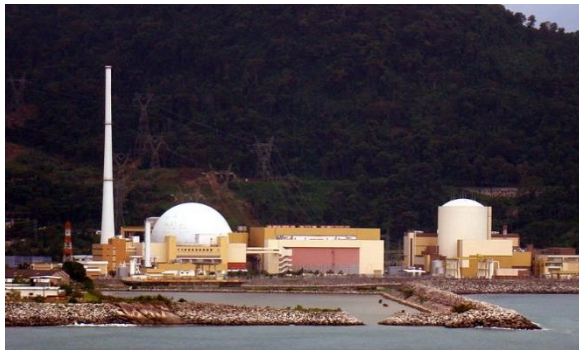
28

Equivalência da energia desperdiçada

8,43 TW h

De perda de energia equivalem:

1,8 vezes a produção da usina nuclear de Angra 1 (4,69 TW h)*



* Infomercado 2016 CCEE

5,9 vezes a produção em 2016 da usina Hidrelétrica de Sobradinho (1,43 TW h)*



Conclusões

29

Equivalência da energia desperdiçada

8,43 TW h

De perda de energia equivalem:

O consumo de 4,47 milhões de residências (157 kW h/mês cada*) brasileiras



* Resultados Procel 2018, ano base 2017

4,5 milhões de veículos elétricos, tipo o Tesla modelo S rodando no Brasil por ano**



** 10.000 km rodados por automóvel brasileiro em 1 ano.

Considerando autonomia de 539 km com 100 kWh

Recomendações

30

- ❑ Sugere-se aprofundar o estudo com vistas a entender o mercado de motores importados brasileiro.
- ❑ A PUC-Rio fez uma pesquisa qualitativa com os consumidores de motores no Brasil, restrita ao estado do Rio de Janeiro. Esta pesquisa deveria ser aprofundada através de uma pesquisa quantitativa.
- ❑ Expansão do BDmotor, cadastrando todos os motores que são comercializados no Brasil, inclusive os importados, exigindo dos fabricantes testes de lotes de motores em laboratórios acreditados pelo Brasil.
- ❑ O Governo poderia definir um limite para o número de recondicionamento por motor, dando base para treinamentos e troca para motores novos, ajudando assim 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 a cada 1% de perda evitada pode-se economizar 16,2 milhões de reais em custos de expansão.



Obrigado

Reinaldo Castro Souza, D.Sc.
Rodrigo Flora Calili, D.Sc.
Rodrigo Santos Vieira, M.Sc.