

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA  
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONFIABILIDADE**

**GUSTAVO MARTINS DE OLIVEIRA REIS**

**ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA EM SISTEMAS COM  
MOTORES ELÉTRICOS**

**MONOGRAFIA**

**CURITIBA**

**2017**

**GUSTAVO MARTINS DE OLIVEIRA REIS**

**ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA EM SISTEMAS COM  
MOTORES ELÉTRICOS**

Trabalho de Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia de Confiabilidade, da Diretoria de Pesquisa e Pós Graduação - DIRPPG, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Eng. Emerson Rigoni

**CURITIBA**

**2017**



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Curitiba  
Diretoria de Pesquisa e Pós Graduação - DIRPPG  
Especialização em Engenharia de Confiabilidade



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA EM SISTEMAS COM MOTORES ELÉTRICOS**

por

**GUSTAVO MARTINS DE OLIVEIRA REIS**

Esta Monografia foi apresentada em trinta de Janeiro de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia de Confiabilidade. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Emerson Rigoni, Dr. Eng.  
UTFPR

---

Prof. Carlos Henrique Mariano Dr.  
UTFPR

---

Prof. Marcelo Rodrigues Dr.  
UTFPR

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedico este trabalho a Deus pela oportunidade a mim dada de ser e buscar um mundo melhor, aos meus pais que fizeram eu me tornar a pessoa de bem que sou hoje e à minha filha, que surgiu no decorrer deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Secretaria do Curso, aos professores e à empresa Reliasoft por apresentar o mundo da Confiabilidade de forma tão esclarecedora.

Agradeço aos colegas e amigos do trabalho Ulysses Monteiro, pela indicação do curso e por mostrar a importância dessa nova ferramenta. Ao Pedro Santana, Thiago Hiller e Fernando Duran, pelo auxílio na ideia do trabalho, coleta de dados e comentários.

Agradeço e minha prima Ana Rita por usar seus conhecimentos em análise de monografias e avaliar a formatação deste trabalho.

Eu gostaria de agradecer também à minha esposa Gabriela C. F. Mucheti, pelo tempo em que não eu pude estar com ela, e grávida esperando nossa filha, enquanto eu preparava este trabalho.

Enfim, agradeço a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

## RESUMO

REIS, Gustavo Martins de Oliveira. **Análise do Custo do Ciclo de Vida em Sistema com Motores Elétricos**. 67 f. Trabalho de Monografia (Especialização em Engenharia de Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

A necessidade de redução de gastos, na atualidade, está presente em todos os ramos empresariais. Em empresas de transporte dutoviário a energia elétrica é o grande vilão, sendo os gestores obrigados a se preocuparem com a eficiência energética em suas tomadas de decisão, nas etapas de investimento. Este trabalho modela motores elétricos antigos e novos, através de uma Análise de Custo do Ciclo de Vida e Simulação de Monte Carlo, varrendo as alternativas de gastos durante um período previsto dos motores, identificando as prováveis diferenças na eficiência energética de cada equipamento e facilitando a tomada de decisão dos investidores. Um aspecto importante, também sugerido neste trabalho, é a falha recorrente em análises econômicas e financeiras, onde os fatores de análise são reduzidos e os resultados encontrados diferentes dos valores reais. Neste trabalho verificou-se um erro de 43% devido ao uso de estimativas simplificadas.

**Palavras-chave:** Custo do Ciclo de Vida. Eficiência Energética. Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica. Motores Elétricos. Monte Carlo.

## ABSTRACT

REIS, Gustavo Martins de Oliveira. **Life Cycle Cost Analysis in Systems with Electric Motors**. 67 f. Trabalho de Monografia (Especialização em Engenharia de Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

The need for cost reduction, nowadays, is present in all business sectors, in duct transport companies, electric power is the big villain, and managers are forced to worry about energy efficiency in their decision-making, during the investment stages. This work models old and new electric motors through a Monte Carlo Life Cycle Cost Analysis and Simulation, sweeping the cost alternatives over an expected period of the engines, identifying the likely differences in the energy efficiency of each equipment and facilitating the Decision-making. An important aspect, also suggested in this work, is the recurrent failure in economic and financial analyzes where the factors of analysis are reduced and the results found different from the real values. In this thesis, a 43% error was observed due to the use of simplified estimates.

**Keywords:** Life Cycle Cost Analysis. Energy Efficiency. Study of Technical and Economic Feasibility. Electric Motors.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Motor de Corrente Contínua em corte (extraído do catálogo da WEG)...	24
Figura 2 – Árvore da família dos motores elétricos .....	25
Figura 3 – Motor trifásico em corte .....	26
Figura 4 – Diagrama do Processo para realização da ACCV .....	35
Figura 5 – Dados técnicos dos motores analisados .....	45
Fluxograma 1: Processo de realização do Estudo proposto.....	15
Fotografia 1 – Terminal Terrestre de Transporte e Armazenamento de Produtos ..	41
Fotografia 2 – Casa de Bombas – Vista externa e vista interna .....	42
Fotografia 3 – Motores dos conjuntos “B” e “C”, da década de 70 .....	43
Fotografia 4 – Motor do conjunto “D”, de 2004 .....	44
Fotografia 5: Plaqueta do Motor “C”, da década de 70 .....	45
Fotografia 6: Plaqueta do Motor “D”, de 2004 .....	46
Gráfico 1 – Matriz energética do Brasil –Potência.....	17
Gráfico 2 – Matriz energética do Brasil – Consumo no Mercado.....	19
Gráfico 3 – Matriz energética do Brasil – Equipamentos.....	19
Gráfico 4 – Participação dos motores elétricos nos acionamentos industriais .....	20
Gráfico 5 – Comparativo do consumo de energia elétrica em kWh .....	22
Gráfico 6 – Intensidade em milhões de US\$ por MTEP .....	22
Gráfico 7 – Exemplo de resultado através da utilização de Monte Carlo .....	37
Gráfico 8 – Comparativo da potência consumida entre os motores analisados .....	50
Gráfico 9 – Horas operadas pelo Motor “C” no período da análise .....	51
Gráfico 10 – Probabilidade do retorno do investimento com o tempo .....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fontes de Energia do Brasil .....	17
Tabela 2 – Maiores consumidores de Energia .....	18
Tabela 3 - Amostra dos Dados Operacionais coletados .....	47
Tabela 4 – Resumo dos dados coletados .....	48
Tabela 5 – Pré-análise do EVTE .....	48
Tabela 6 – Início da Simulação de Monte Carlo .....	49
Tabela 7 – Término da Simulação de Monte Carlo .....	50
Tabela 8 – Estatística para retorno do investimento .....	51/52

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAMAN	Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos
ACCV	Análise de Custo do Ciclo de Vida
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
BIG	Banco de Informações de Geração
EVTE	Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica
kW	Kilo Watt
kWh	Kilo Watt hora
LCCA	Life Cycle Cost Analysis
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RGN	Random Number Generator
TEP	Toneladas de Petróleo
VPL	Valor Presente Líquido

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 OBJETIVO .....	16
1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	184
1.3 JUSTIFICATIVA.....	20
1.4 METODOLOGIA .....	14
1.5 ESTRUTURA DO ESTUDO .....	15
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>16</b>
2.1 MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA .....	16
2.2 MERCADO CONSUMIDOR DE ENERGIA .....	18
2.3 EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	20
2.4 MOTORES ELÉTRICOS .....	23
2.4.1 Motores de Corrente Contínua.....	23
2.4.2 Motores de Corrente Alternada.....	24
2.4.3 Motores Trifásicos de Indução com Rotor de Gaiola.....	25
<b>3 REFERENCIAL TÉCNICO E DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>28</b>
3.1 FUNDAMENTOS DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL .....	28
3.1.1 Tipos de Manutenção .....	29
3.1.2 Engenharia de Manutenção .....	30
3.2 FUNDAMENTOS DA CONFIABILIDADE .....	31
3.2.1 Análise do Custo do Ciclo de Vida .....	33
3.2.2 Simulação de Monte Carlo .....	36
3.3 FUNDAMENTOS ECONÔMICOS.....	38
3.3.1 Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica .....	38
3.3.2 Depreciação de Ativos .....	38
<b>4 METODOLOGIA E APLICAÇÃO</b> .....	<b>40</b>
4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA E DO SISTEMA ANALISADO .....	40
4.1.1 Terminal Terrestre de Transporte e Armazenamento de Produtos e Sistema Analisado .....	41
4.1.2 Considerações quanto ao Estudo .....	42
4.1.3 Coleta de dados .....	44
4.1.4 Análise dos dados .....	47
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>53</b>
5.1 DESDOBRAMENTOS E RECOMENDAÇÕES.....	53
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>54</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>54</b>
ANEXO A – Contas de Energia Elétrica - Empresa de Transporte Dutoviário.....	57
ANEXO B – Proposta Comercial de Motor Elétrico.....	60
ANEXO C – Propostas de Reparo dos Motores.....	66

## 1 INTRODUÇÃO

As grandes empresas brasileiras evoluíram muito na última década, seguindo a proposta de atuação das empresas de primeiro mundo que buscam eficácia e alta rentabilidade, onde a tomada de decisão destas empresas passa sempre pela visão da Manutenção Industrial.

A Manutenção Industrial, por sua vez, evoluiu a partir das necessidades empresariais, governamentais e ambientais, deixando de ser uma manutenção reativa – onde reparava-se o que quebrava, passando pela manutenção com utilização de técnicas preventivas – troca de componentes ou equipamentos baseados no tempo – e preditivas – análise de elementos pré-definidos em cada sistema.

A maneira atual de trabalho da Manutenção Industrial confunde-se com a estatística, gestão de ativos e excelência na administração de pessoas, sendo a grande fornecedora de informações importantes para o aumento da produtividade, otimização de resultados financeiros com redução nos custos de produção, minimização de impactos ambientais e melhora na ergonomia e segurança dos colaboradores da empresa.

A Confiabilidade é a principal ferramenta de fomento de informações importantes, da Manutenção Industrial, para as tomadas de decisão das grandes empresas, seja de forma qualitativa ou quantitativa, visando a maximização de resultados.

Uma aplicação desta ferramenta e o seu resultado para as decisões empresariais são objetivos deste trabalho.

Neste capítulo será apresentado o objetivo, seu axioma e os resultados esperados para a empresa e para o meio ambiente.

### 1.1 OBJETIVO

Este trabalho visa definir a necessidade de substituição de motores elétricos a partir do Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica, com base na análise da

eficiência energética de motores novos e antigos, custos de manutenção e retorno do investimento.

## 1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

As substituições de motores antigos por motores com tecnologias atuais trazem benefícios financeiros à empresa e ao meio ambiente? É possível a recuperação do investimento em menos de seis (6) anos – diretriz da empresa em estudo para pequenos investimentos?

## 1.3 JUSTIFICATIVA

O setor industrial é o grande responsável pelo consumo de energia elétrica no Brasil, estando próxima a 44% da energia elétrica total produzida no país. O grande vilão na indústria é o motor elétrico, responsável por aproximadamente 55% deste consumo, o que corresponde a cerca de 25% da energia total gerada.

Estudos mostram que economizar custa menos que gerar a mesma quantidade de energia, portanto qualquer iniciativa de otimizar o seu consumo é de grande importância (Freitas, 2008).

Além disso, minimiza-se impactos ao meio ambiente, resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem, negativa ou positivamente, a saúde, a segurança e o bem-estar da população (TOLMASQUIM, 2016, p.48).

## 1.4 METODOLOGIA

Baseado em dados, quantitativos, extraídos do sistema de controle operacional da empresa estudou-se os custos de manutenção e a eficiência energética de motores antigos, com instalação datadas da década de 70, comparando-os com alguns poucos sistemas que possuem motores de fabricação mais recente, com menos de 10 anos de uso, obtendo-se a relação entre estimativas simples e a simulação proposta neste estudo, conforme fluxograma 1:



**Fluxograma 1: Processo de realização do Estudo proposto**

## 1.5 ESTRUTURA DO ESTUDO

A estrutura do presente estudo está dividida basicamente em capítulos, cujo detalhamento poderá ser encontrado nas próximas linhas.

O Capítulo 1, aqui apresentado, é a Introdução e resume de forma breve a apresentação do tema, sua relevância, problema, objetivo e metodologia do estudo.

O Capítulo 2 apresenta a fundamentação ou referencial teórico, base para este trabalho, melhorando compreensão do tema através da abordagem dos conceitos relativos à confiabilidade e técnicas para análises de dados de vida e otimização.

O Capítulo 3 apresenta a fundamentação técnica, através da abordagem dos conceitos relativos à confiabilidade e métodos para análises de dados de vida e estudo de viabilidade econômica.

O Capítulo 4, por sua vez, refere-se a Metodologia, mostrando como os dados foram coletados e tratados, bem como a aplicação dos conceitos propostos de confiabilidade e viabilidade econômica para tratar estes dados. Aqui os resultados também são apresentados.

O Capítulo 5 trata as conclusões, esclarecendo a aderência ou não dos resultados à questão de estudo proposta.

O Capítulo 6 refere-se a continuidade do trabalho, sugestões para ampliar este estudo e possíveis aplicações no meio empresarial.

O Capítulo 7, última parte deste trabalho, apresenta as Referências bibliográficas e as fontes consultadas e citadas no trabalho.

No final foram inseridos ANEXOS para complementar a base de dados.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Em todo o mundo há um grande esforço no sentido de buscar formas renováveis de produção e transformação de energia, pensando-se no impacto ao meio ambiente, sustentabilidade, custo social e segurança energética, ou seja, uma oferta de energia elétrica capaz de atender à crescente demanda, principalmente nos países emergentes.

Será apresentado neste capítulo, resumidamente, como se encontra o Brasil no contexto eficiência energética e os motores, principais componentes deste estudo.

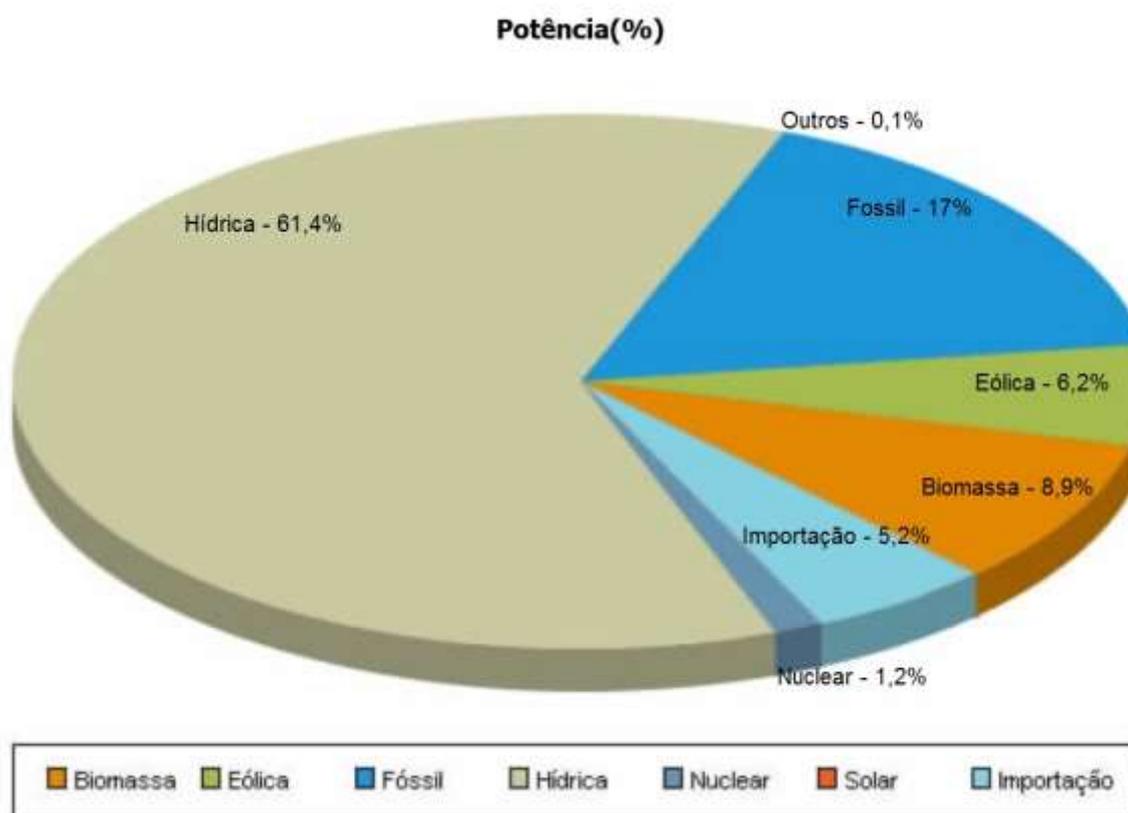
### 2.1 MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

Historicamente, até a década de 40 a matriz energética Brasileira altamente dependente da lenha/carvão mineral (80%). O país iniciou sua modernização impulsionados pelas grandes guerras e dificuldades de importação de matérias primas, criando então várias empresas estatais no setor energético, “sendo duas na década de 40, nove na de 50, dez nos anos 60 (sendo que em 1966 a criação da CESP absorveu várias empresas estatais), duas nos anos 70, sendo uma delas, a ITAIPÚ, binacional (Brasil/Paraguai), com 96% da energia destinado ao Brasil” (Segura, 2008).

O Brasil atualmente, entre os países industrializados, possui uma das matrizes energéticas mais renováveis do mundo. Ainda assim possui alta dependência com os combustíveis fósseis, derivados do petróleo, como fonte de energia.

**Tabela 1 – Fontes de Energia do Brasil (BIG – Banco de Informações de Geração, ANEEL. Atualizado em 01/12/2016)**

Fonte			Capacidade Instalada			Total								
Origem	Fonte Nível 1	Fonte Nível 2	Nº de Usinas	( KW )	%	Nº de Usinas	( KW )	%						
Biomassa	Agroindustriais	Bagaço de Cana de Açúcar	397	10.808.256	6,8475	415	10.921.111	6,9194						
		Biogás-AGR	3	1.822	0,0011									
		Capim Elefante	3	85.290	0,0418									
		Casca de Arroz	12	45.333	0,0287									
	Biocombustíveis líquidos	Etanol	1	320	0,0002				3	4.670	0,0029			
		Óleos vegetais	2	4.350	0,0027									
		Carvão Vegetal	8	54.097	0,0342									
	Floresta	Gás de Alto Forno - Biomassa	11	332.265	0,2105				88	3.048.673	1,9315			
		Lenha	2	14.650	0,0092									
		Licor Negro	17	2.261.136	1,4328									
		Resíduos Florestais	50	386.525	0,2448									
		Biogás - RA	11	2.099	0,0013							11	2.099	0,0013
		Resíduos sólidos urbanos	15	114.680	0,0728							15	114.680	0,0728
	Eólica	Cinética do vento	Cinética do vento	402	9.815.360				6,2188	402	9.815.360	6,2188		
Carvão mineral						23	3.612.995	2,2891						
Fóssil	Gás natural	Calor de Processo - CM	1	24.400	0,0154	155	13.002.422	8,2380						
		Carvão Mineral	13	3.389.465	2,1474									
		Gás de Alto Forno - CM	9	199.130	0,1261									
		Calor de Processo - GN	1	40.000	0,0253									
	Outros Fóssis	Gás Natural	154	12.962.422	8,2127									
		Calor de Processo - OF	1	147.300	0,0933				1	147.300	0,0933			
	Petróleo	Gás de Refinaria	7	339.960	0,2153				2227	10.139.701	6,4243			
		Óleo Combustível	40	4.055.973	2,5693									
		Óleo Diesel	2163	4.787.840	3,0334									
		Outros Energéticos de Petróleo	17	955.928	0,6059									
	Hídrica	Potencial hidráulico	Potencial hidráulico	1231	96.841.050				61,258	1231	96.841.050	61,258		
			Nuclear	2	1.990.000				1,2608	2	1.990.000	1,2608		
	Solar	Radiação solar	Radiação solar	42	23.098				0,0145	42	23.098	0,0145		
			Importação	Paraguai					5.650.000	3,5792				
Argentina		2.250.000		1,4255										
Venezuela		200.000		0,1267										
Uruguai		70.000		0,0443										
<b>Total</b>			<b>4615</b>	<b>157.833.069</b>	<b>100</b>	<b>4615</b>	<b>157.833.069</b>	<b>100</b>						



**Gráfico 1: Matriz energética do Brasil – Potência (BIG – Banco de Informações de Geração, ANEEL. Atualizado em 01/12/2016)**

A Tabela 1 e o Gráfico 1, de acordo com os dados do Banco de Informações de Geração da ANEEL, mostram que cerca de 68% da energia brasileira tem como origem fontes renováveis (hidráulica, eólica e solar). É, portanto, um grande desafio reduzir ainda mais o uso de fontes poluidoras, tais como o petróleo e o carvão mineral, objetivando o uso de energias 100% renováveis e de biomassa.

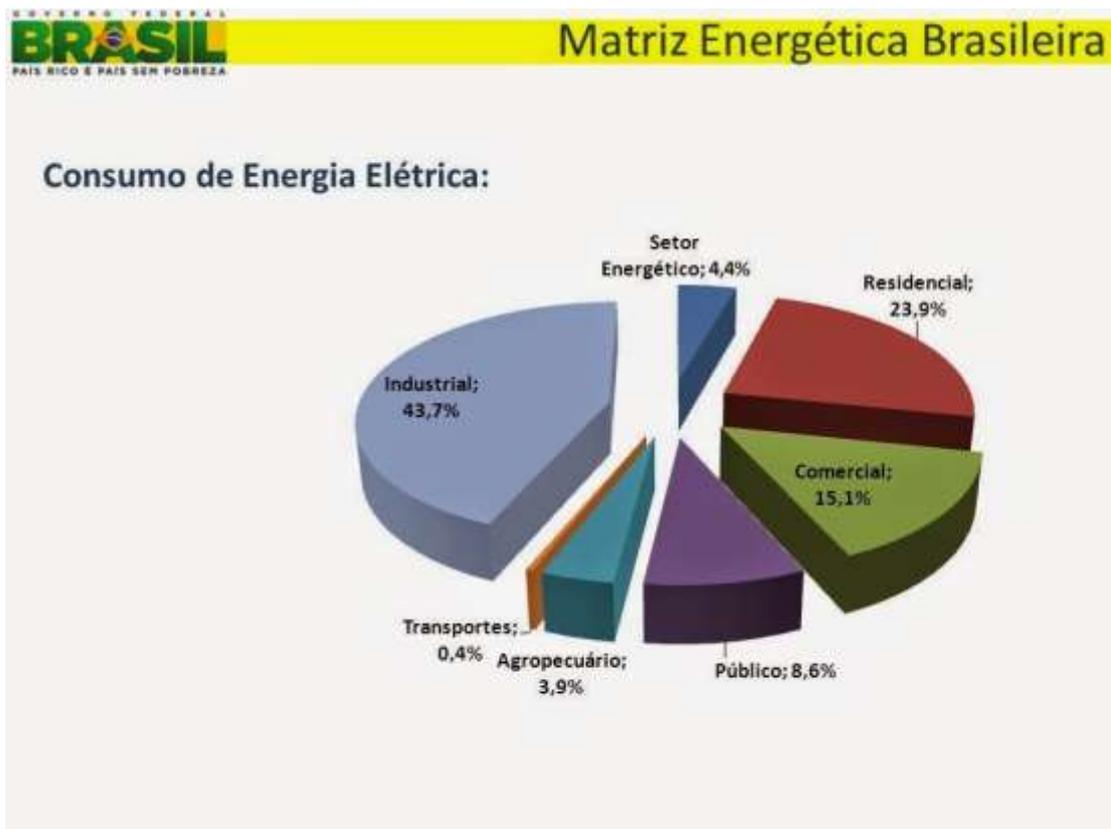
## 2.2 MERCADO CONSUMIDOR DE ENERGIA

No mercado brasileiro o consumo de energia se concentra na indústria e no transporte. Abaixo os valores relativos a 2014 são apresentados em Milhões de Toneladas de Petróleo (mil TEP), retirados da Resenha Energética Brasileira, de Junho de 2015, do Ministério de Minas e Energia, onde estão incluídos em “outros setores” o consumo residencial, comercial, público e agropecuária.

**Tabela 2 – Maiores consumidores de Energia (Extraído da Resenha Energética Brasileira, Junho 2015)**

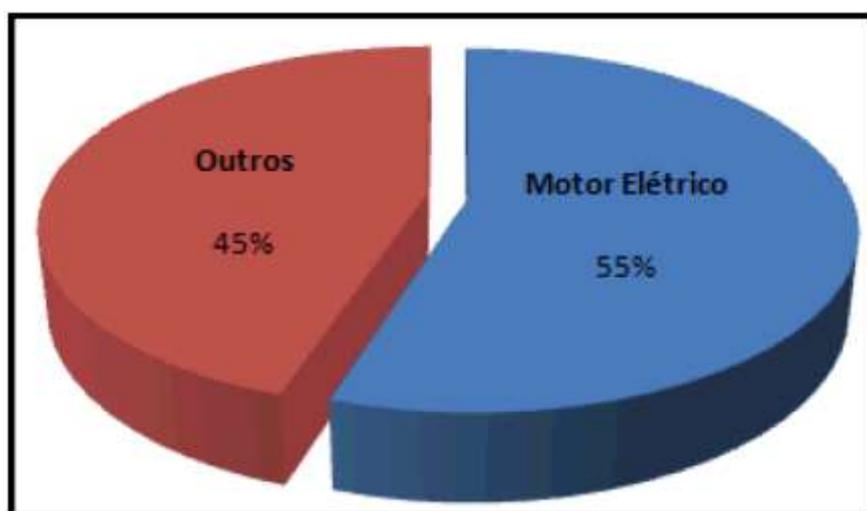
<b>Mercado Consumidor</b>	<b>mil TEP</b>	<b>Percentual</b>
Indústria	87.502	32,9%
Transporte	86.312	32,5%
Setor Energético	27.453	10,3%
Outros Setores	48.602	18,3%
Uso Não-Energético	15.995	6,0%
Total	265.864	100,0%

Quando o foco passa a ser apenas de consumo de Energia Elétrica, a situação é ainda mais agravante para o gasto na Indústria:



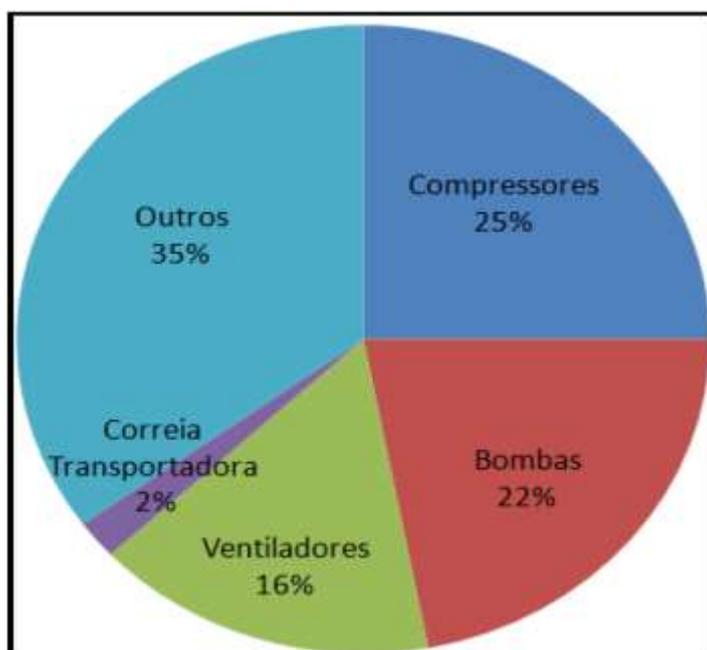
**Gráfico 2: Matriz energética do Brasil – Consumo no Mercado (BIG – Banco de Informações de Geração, ANEEL. Atualizado em 01/12/2016)**

O maior vilão na Indústria, com mais da metade dos gastos de energia elétrica, e motivo deste estudo, é o Motor Elétrico.



**Gráfico 3: Matriz energética do Brasil - Equipamentos (BIG – Banco de Informações de Geração, ANEEL. Atualizado em 01/12/2016)**

Do total de motores elétricos instalados, 25% são aplicados acionando compressores, 22% acionam bombas, 16% acionam ventiladores e 37% as demais aplicações.



**Gráfico 4: Participação dos motores elétricos nos acionamentos industriais (Adaptado de WEG, 2009)**

O acionamento de bombas é o ponto de atenção para este estudo.

### 2.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O tema eficiência energética se torna mais importante a cada dia, já que a evolução tecnológica, a automatização e a informatização requerem altas doses de energia, em especial a energia elétrica. Economizar energia, então, passa a fazer parte da gestão competente das empresas e também é um significativo diferencial na competitividade.

Das várias definições, eficiência energética pode ser tratada como a possibilidade de otimização no consumo de energia, ou seja, a utilização racional da energia gerada. O conceito de eficiência energética está ligado à minimização de perdas na conversão de energia primária em energia útil. As perdas ocorrem para qualquer tipo de energia, seja térmica, mecânica ou elétrica.

A eficiência energética também é um conjunto de políticas e ações que tem por objetivo a redução dos custos da energia efetivamente utilizada ou ainda, o aumento da quantidade de energia oferecida sem aumento de geração. (AUGUSTO JR, 2001).

Para Goldenberg (2000) os equipamentos e processos utilizados em transportes, em residências ou indústrias, foram desenvolvidos com o pensamento de um tempo em que os recursos energéticos eram fartos, baratos e não se tinha muita preocupação com as questões ambientais.

Na última década enxergou-se a necessidade de uma melhor utilização deste recurso, criando-se várias instituições focadas na eficiência energética, executando programas e controlando os consumidores.

No Brasil há várias instituições que lidam regularmente com o tema da eficiência energética, dentre elas o Ministério de Minas e Energia – MME; a ELETROBRÁS, responsável pela execução do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel); a PETROBRÁS, responsável pela execução do Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e Gás Natural (Conpet); a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, responsável pela execução do Programa de Eficiência Energética das Concessionárias Distribuidoras de Energia Elétrica – PEE; as próprias concessionárias distribuidoras; o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – Inmetro, responsável pela execução do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE; e algumas grandes empresas industriais, que possuem programas internos de conservação de energia. Há outras que lidam com o tema de forma transversal ou mesmo esporadicamente. (VIANA; BORTONI; NOGUEIRA; HADDAD; VENTURINI; YAMACHITA, 2012, p.31)

No caso da Indústria, a PROCEL mantém como principal foco a redução do consumo proveniente da Força Motriz, consumo formado pelos motores elétricos de bombas, ventiladores e compressores, o que equivalem a 55% da energia elétrica por uso final na indústria. Esse programa criou o Projeto de Otimização de Energética de Sistemas Motrizes, cujas ações são promover o aumento do uso de motores de alto rendimento na indústria e minimizar as perdas dos sistemas motrizes instalados, através da correta especificação e utilização, capacitando o corpo técnico das indústrias com o foco da otimização desses sistemas.

Apesar dos esforços destas instituições e das empresas em melhorar o uso de energia, em se tratando de eficiência no quesito mundial, o Brasil ainda gasta muito para movimentar sua indústria, fazendo-o com baixa eficiência. Até 2012 o

Brasil seguiu na contramão das grandes potências, aumentando o custo da energia enquanto estes países mais avançados foram reduzindo seu custo e conseguiram otimizar seus recursos. Mesmo gastando-se mais energia nos países de primeiro mundo, sua utilização foi mais eficiente.

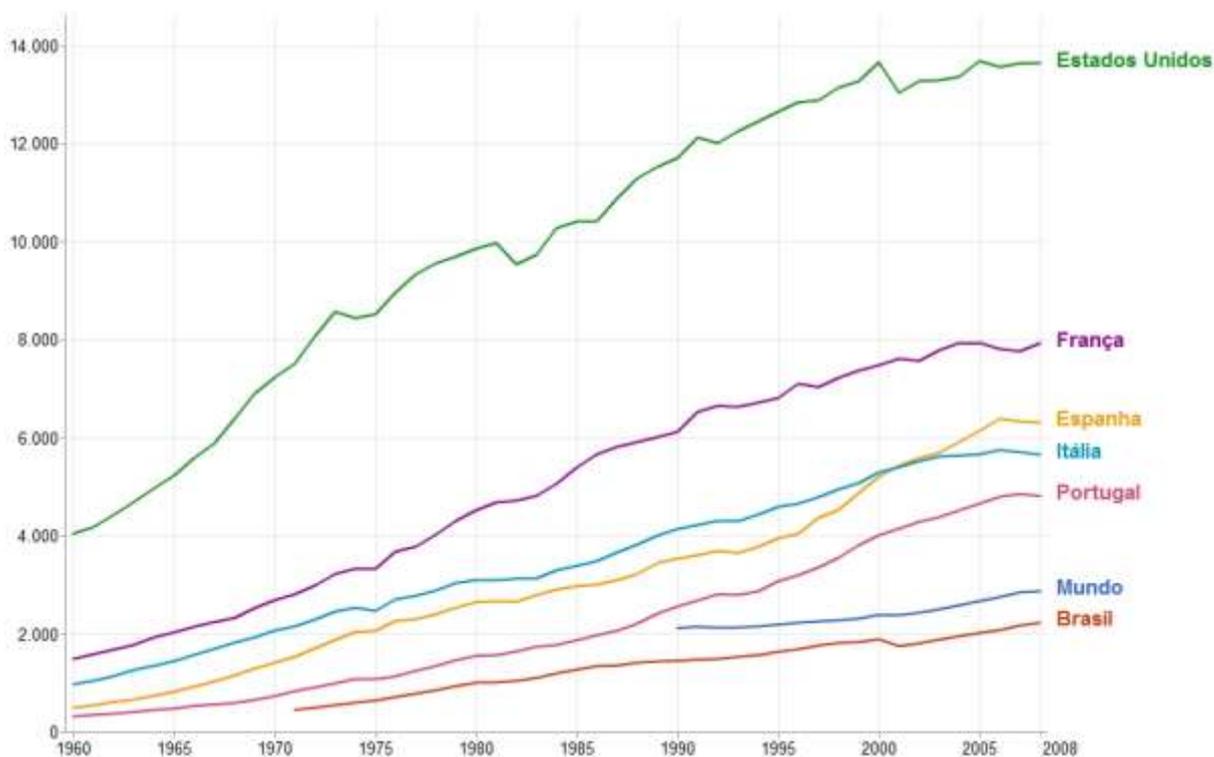


Gráfico 5: Comparativo da evolução do consumo de energia elétrica em kWh, da década passada (Web)

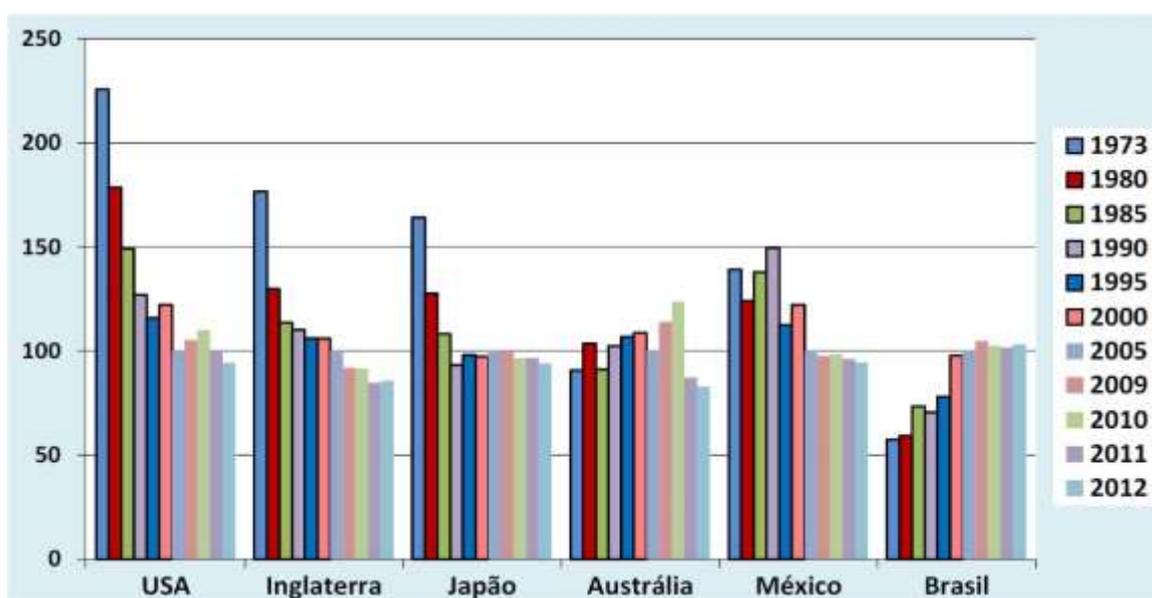


Gráfico 6: Intensidade em milhões de US\$ por MTEP (Web)

É, portanto, necessário um maior esforço das empresas e do Governo para melhorarmos cada vez mais a utilização do recurso energia elétrica e atingir os níveis munidas de eficiência energética.

## 2.4 MOTORES ELÉTRICOS

O motor elétrico é qualquer máquina ou dispositivo destinado a transformar energia elétrica em energia mecânica (rotação, pulsação, etc.).

Devido as suas vantagens construtivas (custo reduzido de fabricação, altamente adaptável em diversas aplicações, alta eficiência na transformação da energia, etc.) e de utilização de energia elétrica como alimentação (bastante limpa, fácil transporte e custo de manutenção baixo) é o tipo de máquina mais utilizada no processo de conversão de energia.

Basicamente é uma máquina rotativa constituída de duas partes: a parte fixa chama-se estator e a móvel chama-se rotor.

Mamede Filho (2010) divide os motores elétricos da seguinte forma:

### 2.4.1 Motores de Corrente Contínua

São aqueles acionados por meio de uma fonte de corrente contínua. São mais utilizados nas indústrias quando se faz necessário manter o controle fino da velocidade num processo qualquer de fabricação. Os motores de corrente contínua possuem custo mais elevado em relação aos de corrente alternada, podem funcionar com velocidade ajustável entre amplos limites e se prestam a controles de grande flexibilidade e precisão. Por isso, seu uso fica restrito a casos especiais em que estas exigências compensam o custo muito mais alto da fabricação e instalação.



Figura 1: Motor de Corrente Contínua em corte (extraído do catálogo da WEG)

#### 2.4.2 Motores de Corrente Alternada

São os mais empregados devido a sua maior versatilidade, eficiência e custos menores. Outro fator determinante para seu uso é que todo o sistema de fornecimento de energia elétrica é realizado em corrente alternada, que é o modo de transporte de energia da rede brasileira, sem a necessidade de transformação ou retificação dessa corrente. Os motores de corrente alternada são subdivididos, e definidos por Mamede Filho (2010), em:

- **Síncronos:** seu funcionamento depende da aplicação de uma tensão alternada nos terminais do estator, excitando o campo rotórico por meio de uma fonte de corrente contínua. A excitação do campo é feita, geralmente, através de anéis coletores acoplados ao eixo do motor. Ou seja, funcionam com velocidade fixa, utilizados somente em grandes potências (devido ao seu alto custo em tamanhos menores) ou quando se necessita de velocidade pré-fixada (constante);
- **Assíncronos ou de Indução:** são os motores com velocidade variável dependendo da carga, sendo o mais utilizado nas indústrias.

A designação motor de indução ou assíncrono provém do fato de que o rotor não é alimentado diretamente pela fonte de energia, ele sofre a indução de uma força eletromotriz (f.e.m.) estabelecendo-se então a passagem de uma corrente induzida no circuito do rotor, cujo fluxo reage sobre o fluxo de armadura, produzindo momento de rotação. (ANTONIASSI, 2009)

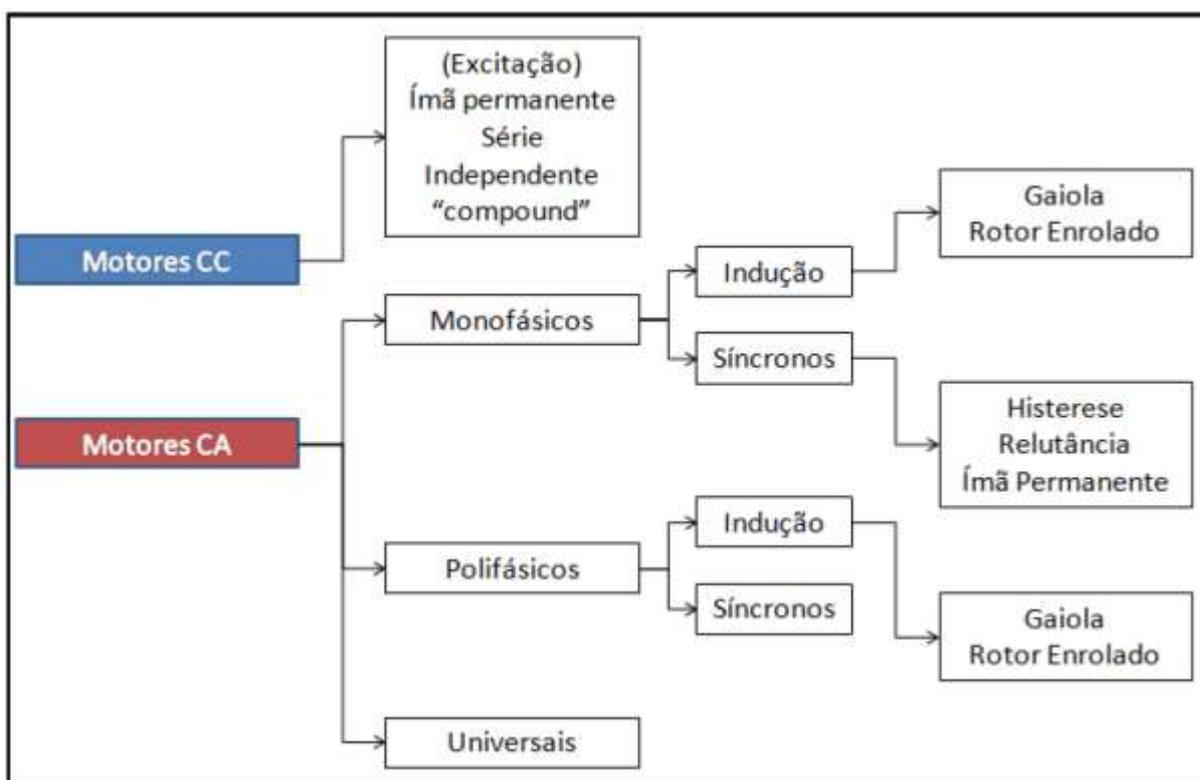


Figura 2: Árvore da família dos motores elétricos (Adaptado de LOBOSCO; DIAS, 1988)

Os Motores assíncronos ou de indução são o motivo deste estudo, devido a sua alta utilização no meio industrial, sendo o motor trifásico de indução com rotor de gaiola o mais empregado atualmente.

#### 2.4.3 Motores Trifásicos de Indução com Rotor de Gaiola

Neste motor trifásico o rotor é formado por um conjunto de barras que são interligadas por meio de anéis condutores, tendo como característica velocidade de operação praticamente constante, variando ligeiramente, conforme o valor da carga solicitado ao eixo (FITZGERALD *et al*, 1991), aplicável para o estudo em questão.

O funcionamento deste motor baseia-se no princípio de formação de campo magnético girante, que é produzido no estator devido a passagem de corrente

elétrica em suas bobinas, cujo fluxo se desloca em torno do rotor (por efeito de sua variação), gerando, neste, correntes induzidas que tendem a se opor ao campo girante, sendo no entanto, arrastado por ele. (EL-HAWARY, 1986).

Para o motor girando em vazio e sem perdas, o rotor teria velocidade bem próxima à síncrona. Entretanto, ao ser aplicado um conjugado externo ao motor, o seu rotor diminui de velocidade na proporção necessário para que a corrente induzida, pela diferença de rotação entre o campo girante e o rotor, passe a produzir um conjugado eletromagnético igual e oposto ao conjugado externamente aplicado. Este conjugado é proporcional ao fluxo produzido pelo campo girante e à corrente e fator de potência do rotor. (LOBOSCO; DIAS, 1998).



**Figura 3: Motor trifásico em corte (extraído do catálogo da WEG)**

As principais partes do motor trifásico são:

#### Estator

- Carcaça (1) - é a estrutura suporte do conjunto de construção robusta, em ferro fundido, aço ou alumínio injetado, resistente à corrosão e normalmente com aletas para dissipação de calor;
- Núcleo de chapas (2) - as chapas são de aço magnético;

- Enrolamento trifásico (8) - três conjuntos iguais de bobinas, uma para cada fase, formando um sistema trifásico equilibrado ligado à rede trifásica de alimentação.

#### Rotor

- Eixo (7) - transmite a potência mecânica desenvolvida pelo motor;
- Núcleo de chapas (3) - as chapas possuem as mesmas características das chapas do estator;
- Barras e anéis de curto-circuito (12) - são de alumínio injetado sob pressão numa única peça.

#### Outras partes do motor de indução trifásico:

- Tampa (4);
- Ventilador (5);
- Tampa defletora (6);
- Caixa de ligação (9)
- Terminais (10);
- Rolamentos (11).

### 3 REFERENCIAL TÉCNICO E DESENVOLVIMENTO

Com o advento da Engenharia de Manutenção e Engenharia de Confiabilidade tornou-se possível antecipar e evitar falhas que poderiam ocasionar paradas imprevistas dos equipamentos produtivos, bem como detectar uma situação onde haja mera expectativa de falha e programar-se para uma intervenção em oportunidade mais apropriada, sem prejudicar os compromissos operacionais. A Manutenção nas grandes empresas, então, passou a ser considerada estratégica para os resultados dos negócios das mesmas.

No intuito de facilitar o entendimento e mostrar como alcançar o objetivo deste trabalho, quanto à correta decisão de se investir ou não na aquisição de novos equipamentos em uma planta industrial, são apresentados alguns conceitos e teorias quanto à manutenção e confiabilidade e análise de custos e como podem ajudar o país a se desenvolver no aspecto eficiência energética.

#### 3.1 FUNDAMENTOS DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

No decorrer dos anos o setor de manutenção tem mudado significativamente e o incremento destas mudanças pode ser observado no número e na variedade das instalações produtivas, com projetos cada vez mais complexos, exigências de conhecimento técnico em níveis cada vez maiores, demandando uma atualização constante dos profissionais que atuam nesta área.

Fazer a manutenção do ativo é de importância fundamental no estabelecimento de uma estrutura, propiciando a aumento dos lucros através do aumento da confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos na área produtiva.

A evolução da manutenção teve seu marco após a Segunda Guerra Mundial, quando a indústria necessitou se adequar para atender a demanda do mercado. Antes deste período as máquinas eram pouco mecanizadas e muitas vezes superdimensionadas, prevalecendo a presença da mão-de-obra industrial.

A história da manutenção é dividida, de forma geral, em três períodos distintos (MOUBRAY, 1997):

- Primeiro período: anterior a 2.a Guerra Mundial, denominado como manutenção da primeira geração onde a disponibilidade dos equipamentos e a preocupação pela prevenção das falhas não era

prioridade. Os equipamentos eram superdimensionados, os projetos eram simples e o seu reparo de fácil execução sendo, portanto, mais confiáveis. A limpeza e a lubrificação eram suficientes, não havendo necessidade de fazê-los de forma sistemática.

- Segundo período: denominado manutenção da 2.a geração, iniciou-se na década de 1950, onde o pós-guerra gerou crescente demanda por produtos impulsionando a mecanização das indústrias, com máquinas numerosas e complexas. Planos de manutenção preventiva eram elaborados e passou a existir a preocupação com os tempos de parada dos equipamentos produtivos. O conceito de manutenção preventiva surge, então, aparecendo também a consideração de que as falhas nos equipamentos podiam e deviam ser previstas. Os custos de manutenção elevaram-se sendo necessário maior controle.
- Terceiro período: iniciado em meados da década de 1970, foi denominado manutenção da 3.a geração. Neste período buscou-se novas maneiras de maximizar a vida útil dos equipamentos produtivos, passando a existir a preocupação com alta disponibilidade e confiabilidade, sem proporcionar nenhum dano ao ambiente, ter maior segurança, maior qualidade do produto e custos sob controle.

Há o surgimento de um quarto período, segundo KARDEC e NASCIF (2009, p. 5), a partir dos anos 2000 até os dias atuais:

- Quarto período: extensão natural do terceiro período, busca através ferramentas estatísticas e da consolidação da engenharia de manutenção, o gerenciamento de ativos com maior disponibilidade e confiabilidade, o conhecimento das falhas e a posição estratégica da manutenção para o sucesso das empresas.

### 3.1.1 Tipos de Manutenção

- Manutenção corretiva: segundo a Norma ABNT-NBR 5462 (1994), manutenção corretiva é “*a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida*”. Esse tipo de manutenção geralmente está

associado a altos custos, uma vez que podem acarretar perdas de produção. (OTANI, 2008, p. 3).

- Manutenção corretiva planejada: neste caso, tem-se uma falha ou condição anormal de operação de um equipamento e a correção depende de decisão gerencial, em função de acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até a quebra. A decisão de adotar a política de manutenção corretiva planejada pode ser originada negociação de uma parada, segurança, melhor planejamento dos serviços, garantia de ferramental e peças sobressalentes ou necessidade de outros recursos humanos, tais como serviços contratados. Esse tipo de manutenção possibilita o planejamento dos recursos necessários para a intervenção de manutenção, uma vez que a falha é esperada. (PINTO e XAVIER, 2001).
- Manutenção preventiva: definida como todo serviço de manutenção realizado em equipamentos que não estejam em falha, ou seja, estão operando em perfeitas condições. São serviços realizados em intervalos pré-definidos ou de acordo com critérios prescritos, destinados a reduzir a probabilidade de falha. (VIANA, 2013, p. 10).
- Manutenção preditiva: nada mais é do que uma manutenção preventiva baseada na condição do equipamento. É um conjunto de atividades de acompanhamento das variáveis ou parâmetros que indicam o desempenho dos equipamentos, de modo sistemático, visando a definir a necessidade ou não de intervenção. (OTANI, 2008, p. 3).

### 3.1.2 Engenharia de Manutenção

A Engenharia de Manutenção é um braço da engenharia, e também da Manutenção, voltado à otimização dos equipamentos, dos processos e dos orçamentos, de modo a alcançar uma melhor manutenibilidade, fiabilidade e disponibilidade dos equipamentos.

A Engenharia de Manutenção tem sua base no pós Segunda Guerra Mundial, ganhando muita força também na crise do petróleo (década de setenta), com o objetivo de tornar máquinas e sistemas mais confiáveis. No período anterior a Segunda Guerra Mundial as máquinas eram superdimensionadas e lentas. No

entanto, após a guerra os processos de produção se tornaram mais leves e rápidos, exigindo um melhor controle das falhas dos equipamentos, bem como a necessidade da racionalização dos custos e na busca constante na melhoria da qualidade e com o aumento na produtividade.

A Engenharia de Manutenção nesse período passou a desenvolver critérios de predição ou previsão de falhas visando à otimização da atuação das equipes de execução de manutenção (TAVARES, 1999).

Segundo Lustosa et al. (2008), a melhoria contínua de desempenho das organizações nos indicadores de produtividade, qualidade e flexibilidade é a forma que as empresas têm encontrado para se manter competitivas. A Abraman (Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos) também cita que o crescimento desta área está ligado ao aumento da produção e a investimentos para evitar paradas não programadas e acidentes ambientais.

Os objetivos principais da Engenharia de Manutenção (adaptado de CABRAL, 2006), como ferramenta da Manutenção e de Gestão de Ativos, são evitar ou reduzir:

- quebras por falta de manutenção;
- setups lentos que podem otimizados;
- tempo ocioso para pequenos ajustes;
- perda de parte da produção ou redução do potencial operacional por falta de manutenção;
- qualidade insatisfatória dos produtos;
- atrasos em startup de equipamentos e plantas.

### 3.2 FUNDAMENTOS DE CONFIABILIDADE

Confiabilidade é a capacidade de um produto ou sistema funcionar, sem falhas, durante um período de tempo conhecido ou determinado. A ABNT-NBR 5462 (1994) também define a confiabilidade de um ativo como sendo a capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo.

A confiabilidade pode ser definida como uma das formas de se estudar a durabilidade de produtos, dentro de um conceito probabilístico. A função de

confiabilidade é uma das principais funções probabilísticas usadas para descrever dados provenientes de testes de vida. (PINHEIRO, 1999, p.2).

A manutenção e, conseqüentemente, a engenharia de manutenção têm vindo a ganhar uma importância crescente devido ao aumento do número de equipamentos, aparelhos, sistemas, máquinas e infraestruturas que tem vindo a ocorrer constantemente, desde a Revolução Industrial. O seu elevado número e diversidade requerem um conjunto crescente de profissionais e sistemas especializados na sua manutenção.

A Engenharia de Confiabilidade desenvolve atividades para o ramo industrial no intuito de prevenir a ocorrência de falhas, destacando (adaptado de FLEMING, 2011):

- Empregar métodos estatísticos e técnicas para determinar as estratégias de manutenção dos equipamentos (custos com a parada da produção, custos diretos de manutenção e impactos na segurança e no meio ambiente);
- Direcionar tarefas para melhorar o desempenho dos equipamentos de sistemas produtivos;
- Fornecer informações aos engenheiros de projeto sobre como ampliar a vida útil de produtos e processos;
- Analisar dados e relatórios de incidentes para apontar causas e recomendar medidas preventivas, corretivas e/ou mitigadoras;
- Propor medidas para melhorar os métodos de produção, o desempenho dos equipamentos e a qualidade dos produtos.

A confiabilidade está diretamente relacionada com a confiança que temos em um produto, equipamento ou sistema, ou seja, que estes não apresentem falhas. Desta forma uma das finalidades da confiabilidade seria a definir a margem de segurança a ser utilizada, uma vez que no projeto tradicional o coeficiente de segurança é de uma escolha um tanto arbitraria por não conhecermos todas as variáveis do projeto. (LAFRAIA, 2001, p.2).

Estudos de Engenharia de Confiabilidade permitem também, através de análise financeira, melhorar o planejamento da operação e manutenção de equipamentos e sistemas, otimizar os estoques de peças sobressalentes, reduzir

perdas decorrentes de paradas de produção e, principalmente, reduzir gastos e definir melhor os investimentos.

### 3.2.1 Análise do Custo do Ciclo de Vida

A ACCV – Análise do Custo do Ciclo de Vida, ou do inglês LCCA – Life Cycle Cost Analysis, é um processo de avaliação econômica do custo total de um ativo analisando seus custos iniciais, descontos praticados e despesas futuras tais como manutenção, utilidades, operação, e outros custos efetivados durante a vida útil ou ciclo de vida do ativo (RELIASOFT, 2015).

É uma das ferramentas de apoio à tomada de decisão nas grandes empresas quando se trata do assunto investimento de capital e análise de retorno do investimento, auxiliando os gestores a selecionarem a alternativa mais rentável. Estas decisões relacionam-se com o sistema operacional, desempenho e manutenção do produto, número de unidades produzidas, fator de utilização, suporte logístico, etc. (FABRYCKY and BLANCHARD, 1991, p.384). Auxilia quanto à prioridade dos projetos com menor custo inicial, ou como opção, projetos com o menor custo de ciclo de vida.

A ACCV confronta diretamente com o Método de Recuperação – *Payback* (PB) utilizado convencionalmente em análises econômicas. O Método de Recuperação permite a determinação do tempo que se leva para recuperar o investimento inicial não sendo a sua aplicação, portanto, adequada na medição do desempenho econômico de longo prazo do projeto, bem como na sua rentabilidade. O Método de Recuperação não considera os custos e os lucros obtidos até o momento onde o reembolso é obtido e não diferencia projetos alternativos com tempo de vida útil diferentes.

Em suma, a metodologia de Análise do Custo do Ciclo de Vida - ACCV utiliza então a fusão de três técnicas distintas e conhecidas, que são: o Custo do Ciclo de Vida (DOE, 1995; FABRYCKY and BLANCHARD, 1991 e QUEIROZ et al, 2003); a Análise de Engenharia/Economia (DOE, 1995; FABRYCKY and BLANCHARD, 1991; KAPLAN, 1993, QUEIROZ et al, 2003); e o Período de Retorno do Investimento (Payback Period) (DOE, 1995).

O Custo do Ciclo de Vida – CCV, por exemplo, é baseado no gasto total do consumidor ao longo da vida útil do equipamento, incluindo não só o preço de

compra, mas também os custos operacionais anuais (consumo de energia elétrica e manutenção) descontados ao longo da vida útil, conforme descrito na equação abaixo:

$$CCV = P_m + \sum_{t=1}^N \frac{CO_t}{(1+r)^t} \quad \text{onde, } P_m = P + CI$$

- $P_m$  = Preço de compra a varejo somado ao custo por inovação;
- $P$  = Preço de compra a varejo do produto base (valor para o consumidor);
- $CO$  = Custos operacionais anuais (valor pago pelo consumo de eletricidade etc.);
- $r$  = Taxa de desconto real para o consumidor;
- $t$  = Período de tempo, em anos desde a compra do produto;
- $N$  = Vida útil do produto (expresso em anos); e
- $CI$  = Custo da inovação sendo analisada.

O Processo para montagem da Análise do Custo do Ciclo de Vida - ACCV segue conforme:

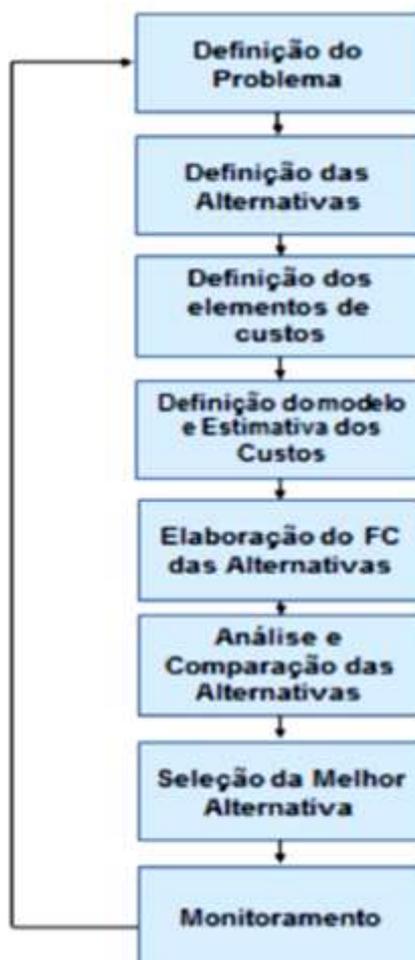


Figura 4: Diagrama do Processo para realização da ACCV (Reliasoft, 2015)

As etapas, resumidamente, se dispõem da seguinte forma:

1. Definição do problema: deve-se entender corretamente a demanda, a aplicação e o escopo a se analisar;
2. Definição das alternativas: utiliza-se de estudos de caso, conhecimento de profissionais experientes e propostas novos fornecedores para obter formas de solucionar a questão;
3. Definição dos elementos de custo: cada alternativa possui um elemento de custo próprio, com valores significativos, e deve ser catalogado para a análise posterior;
4. Definição do Modelo e Estimativa de Custos: pode-se partir para a análise da demanda a partir de analogia (através de projetos parecidos), conhecimento de especialistas, modelos paramétricos (algoritmos matemáticos) ou simulação (análises probabilísticas);

5. Desenvolvimento do Fluxo de Caixa das Alternativas: calculam-se os ganhos líquidos, a partir das análises anteriores, para cada modelo proposto;
6. Análise e Comparação das Alternativas: define-se o critério de avaliação, a partir da saúde financeira da empresa e sua visão, dando-se pesos e avaliando a sensibilidade dos itens de maior valor;
7. Seleção da Melhor Alternativa: é o resultado das etapas anteriores;
8. Monitoramento: etapa onde cria e acompanha indicadores objetivando aprender com os resultados, efetivar a seleção e dar abrangência ao estudo realizado.

### 3.2.2 Simulação de Monte Carlo

O Método de Monte Carlo – MMC é qualquer método, de uma classe de métodos estatísticos, realizado a partir da geração de números aleatórios que viabilizam a simulação de variáveis aleatórias que se desejam estudar. O método baseia-se em amostras aleatórias massivas para obter resultados numéricos, repetindo-se sucessivas simulações a um elevado número de vezes, a fim de calcular uma almejada probabilidade. Vários algoritmos foram desenvolvidos para este processo de geração – RNG (*Random Number Generator*).

A técnica da Simulação é aplicada sempre que uma resolução matemática for impraticável e/ou impossível de se desenvolvê-la analiticamente (RELIASOFT, 2015).

A Simulação de Monte Carlo é um modelo utilizado em várias áreas, principalmente em projetos de engenharia e construção, com o intuito de aperfeiçoar a análise de riscos e alternativas. As áreas de orçamentação, estudos de viabilidade, estudo de alternativas e análise de riscos financeiros também utilizam essa estratégia no planejamento, já que o método roda as simulações inúmeras vezes e fornece uma probabilidade mais assertiva, facilitando a tomada de decisão no meio empresarial.

A simulação de Monte Carlo oferece muitas vantagens. Destacam-se (adaptado de Brusamarello, 2011):

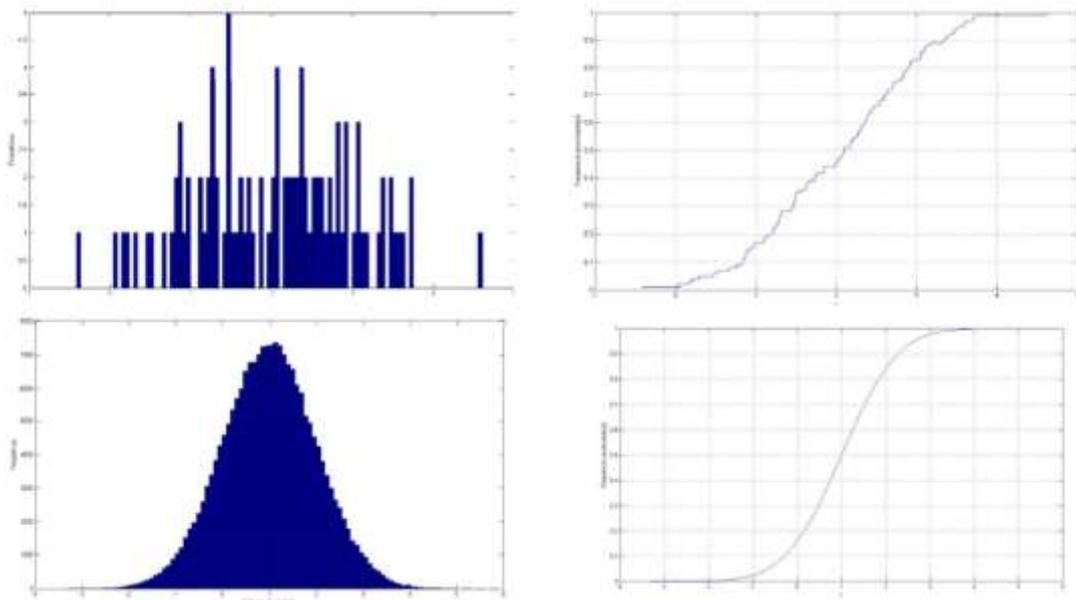
- As distribuições das variáveis do modelo não precisam ser aproximadas;

- Correlações e outras interdependências podem ser modeladas;
- O computador (programa escolhido) realiza todo trabalho de geração dos valores aleatórios;
- O nível de precisão da simulação pode ser melhorado através de um simples aumento do número de interações calculadas;
- A validade da teoria da simulação de Monte Carlo é amplamente reconhecida, o que permite que seus resultados sejam facilmente aceitos;
- Alterações no modelo podem ser feitas rapidamente e os novos resultados podem ser comparados com os anteriores.

A simulação de Monte Carlo também oferece uma desvantagem:

- O carácter numérico deixa sua natureza exclusivamente computacional intensiva.

O efeito gerado, e esperado, com a utilização da Simulação de Monte Carlo é mostrado na figura abaixo, sendo a primeira amostragem com  $N_1=100$  e a segunda com  $N_2=100000$ :



**Gráfico 7: Exemplo de resultado através da utilização de Monte Carlo (Web)**

### 3.3 FUNDAMENTOS ECONÔMICOS

#### 3.3.1 Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica

O Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica – EVTE é uma análise criteriosa sob os aspectos técnicos, econômicos, financeiros e de aderência aos objetivos empresariais, proporcionando uma resposta entre se aventurar ou não na abertura de um novo projeto.

O estudo identifica a capacidade de determinado projeto ser exequível tecnicamente, atendendo às especificações, além de comparar alternativas de investimento de forma a verificar se determinado projeto tem a capacidade de gerar a recuperação do capital (retorno do investimento).

Um bom negócio, segundo Dolabela (1999), nasce na identificação de uma oportunidade e seu posterior estudo de viabilidade.

“(...) o estudo de viabilidade é de vital importância para a decisão de investir. Isto ocorre não só ao se analisar e selecionar as oportunidades de investimento que sejam mais convenientes, como também ao se evitar investimentos antieconômicos e/ou mal dimensionados” (WOILER; MATHIAS, 1985, p.30).

O reconhecimento, a identificação, a avaliação e a administração dos riscos são fatores imprescindíveis para que sejam minimizadas e, se possível, eliminadas suas consequências (VALERIANO, 2001). Falta de informação ou má interpretação da demanda e especificações geram resultados de estudos com eventuais fracassos potencializados.

#### 3.3.2 Depreciação de Ativos

A depreciação é entendida como a perda do valor dos ativos com o decorrer do tempo, em função do desgaste, perda da capacidade de utilização ou obsolescência.

A depreciação pode ser abordada em duas diferentes óticas: a contábil que é a diminuição do valor contábil do bem, decorrente do decurso do prazo desde a sua aquisição até o instante atribuído ao desgaste físico, ao uso ou à obsolescência; e por outro lado, a depreciação real que é a efetiva diminuição do valor do bem resultante do desgaste por uso, ação da natureza ou obsolescência. A problemática, nesse caso, consiste na impossibilidade de se mensurar com certeza o desgaste de um bem (HIRSCHFELD, 2000).

Em resumo:

- A depreciação contábil é o registro do ativo em questão, no balanço patrimonial, referente ao seu desgaste monetizado como custo/despesa;
- A depreciação física é o desgaste físico que o bem sofre devido a fatores diversos em sua utilização. Desde desgastes devido a forças da natureza, como em sua utilização.

A legislação fiscal entendendo que o valor do bem diminui à medida que se desgasta ou se torna obsoleto, permite que as empresas deduzam a depreciação como despesa em suas demonstrações de resultados anuais.

## 4 METODOLOGIA E APLICAÇÃO

Neste capítulo é descrito os métodos de confiabilidade utilizados na análise proposta, as bases técnicas de engenharia, o modo de coleta de dados, as considerações realizadas e como se chegou ao resultado.

Utilizou-se uma metodologia de pesquisa quantitativa.

### 4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA E DO SISTEMA ANALISADO

O estudo foi realizado em uma importante empresa de transporte e logística de petróleo, seus derivados, gás e etanol, que une áreas de produção, refino e distribuição de produtos e presta serviço a diversas distribuidoras e à indústria petroquímica, tanto no Brasil quanto nas operações de importação e exportação.

Grande parte desta transferência de produtos se dá por meio de dutovias. No Brasil, o transporte dutoviário surgiu na década de 50, sendo pouco utilizado em comparação aos outros tipos. Segundo a Agência Nacional de Transporte Terrestres (ANTT) no país, cerca de 60% dos transportes é realizado por rodovias, 20% por ferrovias, 13% por hidrovias e pouco mais de 4% por dutovias.

Essa modalidade de transporte, quando comparada aos demais modais, revela-se como a mais econômica para grandes volumes de produto, principalmente no caso de petróleo (e seus derivados), gás natural e álcool (etanol), além de possuir alto nível de segurança, transportabilidade constante e baixo custo operacional.

O transporte dutoviário ocorre na movimentação de produtos, de um ponto a outro (entre Terminais), com a utilização um sistema de tubos ou cilindros (dutos), previamente preparados, sendo que este transporte se dá por pressão introduzida neste sistema pela utilização de bombas ou compressores (de acordo com o tipo de produto a ser transportado). Estes equipamentos, por sua vez, são os grandes consumidores de energia da indústria do Transporte e motivo deste estudo.

#### 4.1.1 Terminal Terrestre de Transporte e Armazenamento de Produtos e Sistema Analisado

O trabalho foi realizado a partir de uma demanda por melhoria nos indicadores de manutenção e, principalmente, por redução de custos operacionais. A coleta de dados se deu em um Terminal Terrestre de transporte e armazenamento de produtos, situado na Grande São Paulo, em um centro urbano.



**Fotografia 1: Terminal Terrestre de Transporte e Armazenamento de Produtos (Web)**

O sistema em análise opera transportando o produto Óleo Combustível. Este produto é um dos derivados do petróleo (fração pesada) oriundo do processo de destilação e refino nas refinarias e possui uma alta utilização em fornos e caldeiras para geração de energia térmica e também em motores de combustão interna de grandes dimensões, com diversas aplicações.

O sistema de bombeamento, de onde se extraiu os dados para análise de consumo e eficiência energética, opera com quatro (4) moto-bombas, sendo uma com motor à combustão interna e as demais com motor elétrico, enviando o óleo combustível em direção ao litoral do estado de São Paulo, onde é realizada uma

mistura de produtos (com óleo Diesel) formando assim um novo produto: Bunker - combustível marítimo utilizado em navios e transportadores aquaviários.



**Fotografia 2: Casa de Bombas – Vista externa e vista interna (Fonte: Autoria própria)**

O sistema possui algumas variáveis de processo, tais como a viscosidade do produto (influenciada pelo tipo de produto e temperatura de operação), e a vazão solicitada pelo cliente. Assim, o sistema que possui quatro (4) moto-bombas, dependendo das condições operacionais, utiliza-se ou não da bomba acionada por motor a combustão.

#### 4.1.2 Considerações quanto ao Estudo

A demanda por esta análise é proveniente de falhas recorrentes em sistemas que operam de forma similar, nesta mesma empresa, através de quebras de motores, parando ou reduzindo a capacidade de transporte de produtos e gerando prejuízos à empresa.

A partir daí surgiu a questão proposta: As substituições de motores antigos por motores com tecnologias atuais trazem benefícios financeiros à empresa e ao meio ambiente?

Nesta análise tomaram-se, então, algumas considerações para facilitar os cálculos, embasar tecnicamente o EVTE e fornecer informações confiáveis aos gestores da conta:

- A bomba acionada por motor à combustão interna não faz parte da análise;

- Foi identificado um sistema que teve uma substituição de motor há mais de seis (6) anos, tempo esperado de retorno de investimento nesta análise, para utilizar-se de um caso real;
- Para o sistema escolhido, tomou-se dois (2) equipamentos mais próximos fisicamente, Bombas “C” e “D”, o primeiro com motor antigo, instalado em 1973 (década de 70) e o segundo com motor de tecnologia mais recente, com instalação em 2004, estando ambos em condições similares de intempérie e operacionais;
- Como existe variação na viscosidade do produto, a análise só é validada quando os dois (2) equipamentos operam simultaneamente. Operações exclusivas ou com outros equipamentos foram descartadas;
- A eficiência registrada em Data-books dos equipamentos não foi considerada, uma vez que o valor real foi medido e a eficiência calculada. Assim, o tempo de vida dos equipamentos influencia o resultado diretamente, que é objeto do trabalho.

Os equipamentos estudados são apresentados na Fotografia 3 (motores antigos, e na Fotografia 4 (motor com tecnologia mais recente):



**Fotografia 3: Motores dos conjuntos “B” e “C”, da década de 70 (Fonte: Autoria própria)**



**Fotografia 4: Motor do conjunto “D”, de 2004 (Fonte: Autoria própria)**

#### 4.1.3 Coleta de dados

Vários dados foram levantados no sistema de controle operacional da empresa, bem como foram realizadas consultas a fornecedores e atualização de documentos.

As bombas acionadas pelos motores em análise sofreram revitalização no ano de 2005, onde foi levantada a Curva de Eficiência para cada equipamento. Há uma pequena variação de rendimento entre as bombas “C” e “D”, no valor de 0,92%, que apesar de baixo foi considerado neste estudo. Os dados foram corrigidos antes da análise estatística.

Outra correção realizada se refere à diferença de pressão de sucção e descarga das bombas, entre os equipamentos analisados. Devido ao seu posicionamento, bem como à pequena diferença hidráulica, existe esta inconsistência que foi corrigida através da potência demandada, diretamente proporcional à vazão.

Quanto aos motores, ambos são capazes de fornecer exatamente a mesma potência no eixo – Potência Ativa, divergindo em alguns outros parâmetros em função da evolução na tecnologia de fabricação da década de 70, perante aos anos 2000.

Identificação da Máquina	
Carcaça: 355C Potência: 600 cv Frequência: 60 Hz Número de pólos: 2 Rotação nominal: 3565 rpm Escorregamento: 0.97 % Tensão primária: 2300 V Ligação: Y Corrente primária: 130.3 A Tensão secundária: Não aplicável Corrente secundária: Não aplicável Corrente de partida: 782 A **Ip/In: 6 kVA/kW: 7.05 Corrente a vazio: 29.97 A Conjugado nominal: 1184 Nm Conjugado de partida: 100 % Conjugado máximo: 200 %	Classe de isolamento: 155(F) Elevação da Temperatura: classe 130(B) Fator de serviço: 1.00 Tempo de rotor bloqueado: 12 s Regime de serviço: S1 Temperatura Ambiente: 40 °C Altitude: 1000 m Grau de proteção: IP55 Refrigeração: IC611 Forma construtiva: B3D Vibração: A 2.3 mm/s rms Momento de inércia: 5.06 kgm <sup>2</sup> Nível de ruído: 81 dB(A), tol: 3 dB(A) Sentido de rotação: HORARIO (Olhando ponta de eixo dianteira motor) Método de Partida: DIRETO Acoplamento: FLEXIVEL

Figura 5: Dados técnicos dos motores analisados

Os motores também estão submetidos à mesma tensão, medida durante as operações e coletas de dados. As plaquetas são mostradas nas Fotografias 5 (motores antigos) e 6 (motor com tecnologia mais recente):



Fotografia 5: Plaqueta do Motor "C", da década de 70 (Fonte: Autoria própria)



Fotografia 6: Plaqueta do Motor “D”, de 2004 (Fonte: Autoria própria)

O valor mais considerável e objeto principal do estudo refere-se ao gasto com energia elétrica. O Terminal em estudo paga uma conta mensal média de R\$ 515.000,00 (quinhentos e quinze mil reais), como se pode comprovar no ANEXO A, contendo dois recortes das contas de Julho e Outubro de 2016. O sistema em estudo representa, na média, 14,57% do consumo total de energia do Terminal estudado.

O valor para um novo motor foi levantado com um dos grandes fornecedores da empresa, totalizando R\$ 380.332,00 (trezentos e oitenta mil, trezentos e trinta e dois reais), conforme também explicitado no ANEXO B.

Quanto aos valores gastos em manutenções nos últimos 6 anos, de modo geral, são os mesmos. Há manutenções preventivas e, o maior gasto, manutenções preditivas, com análise de vibração e de óleo. Houve duas intervenções, sendo uma no equipamento “C” em 2014, de valor na ordem de R\$ 74.000,00 (setenta e quatro mil reais), devido a uma falha, e outra no equipamento “D”, no ano de 2016 e valor na ordem de R\$ 35.000,00 (trinta e cinco mil reais), sendo esta necessidade de reparo detectada em análise preditiva de óleo. Ambos os orçamentos são mostrados no ANEXO C e seus valores foram trazidos a valores presentes (VPL) nos cálculos.

Além dos dados supracitados, a maior massa de dados é provinda da coleta durante a operação. Abaixo é apresentada parte dos dados, selecionados

aleatoriamente para visualização e entendimento, extraídos e registrados de Janeiro à Agosto de 2016:

**Tabela 3 – Amostra dos Dados Operacionais coletados (sistema operacional da Empresa)**

		Média de consumo superior do motor C em relação ao D por hora (kW)				32,35081176						
Data	8802C				8802D				C e D operando	Consumo C	Consumo D	
	Corrente	Pot Ativa	P. Descarga	P. Sucção	Corrente	Pot Ativa	P. Descarga	P. Sucção				
									1351	732840,9	689134,9	
06-jan-16 14:00:00	169,6992	-228,617	49,35625076	5,282708168	158,5246	0	49,62867355	5,101725101	1	0	0	
06-jan-16 15:00:00	167,8864	546014,1	48,84895706	5,177343369	157,4443	514998,4	50,07111359	5,153030872	1	546,0141	514,9984	
06-jan-16 16:00:00	166,0737	543270,8	47,59895706	4,989843369	156,364	513398,1	50,51355743	4,99519062	1	543,2708	513,3981	
06-jan-16 17:00:00	164,2609	541899	46,34895706	4,802343369	155,2837	521247,3	49,90048981	4,829201698	1	541,899	521,2473	
06-jan-16 18:00:00	163,6349	555692,3	45,09895706	4,701249599	154,3689	527877,2	48,17778778	4,663212776	1	555,6923	527,8772	
06-jan-16 19:00:00	163,2902	556835,4	44,40885544	4,699999809	154,1125	528791,6	46,45508194	4,497223854	1	556,8354	528,7916	
06-jan-16 20:00:00	163,6015	553406,1	44,23385239	4,699999809	154,4055	526734,1	44,73237991	4,488023758	1	553,4061	526,7341	
06-jan-16 21:00:00	163,9127	555463,6	44,05885315	4,699999809	154,6985	528105,8	43,83191299	4,484931946	1	555,4636	528,1058	
04-fev-16 15:00:00	132,8405	434,2927	49,38937378	3,5	123,8947	394,6622	47,10339737	4,702819347	1	434,2927	394,6622	
04-fev-16 16:00:00	140,6784	441,5208	49,64500046	5,951874733	119,9405	404,4989	49,25033569	5,509208679	1	441,5208	404,4989	
04-fev-16 17:00:00	136,4114	438,9298	49,44499969	5,901875019	119,6841	396,6863	51,28199005	5,873088837	1	438,9298	396,6863	
04-fev-16 18:00:00	132,6688	436,3388	49,24499893	5,851874828	119,4278	394,2123	51,1232872	5,747879505	1	436,3388	394,2123	
04-fev-16 19:00:00	132,742	433,7478	49,04499817	5,801874638	119,1714	394,2123	50,96458435	5,622670174	1	433,7478	394,2123	
04-fev-16 20:00:00	132,8152	433,2296	54,41194534	5,664117336	118,8542	394,2123	50,80588531	5,497460842	1	433,2296	394,2123	
04-fev-16 21:00:00	132,8885	433,2296	61,39509964	5,522941113	118,4697	394,2123	50,6435585	5,506374836	1	433,2296	394,2123	
15-mar-16 00:00:00	178,7663	612,3812	48,66916275	4,599999905	167,4419	574,5594	47,78166199	4,311725616	1	612,3812	574,5594	
15-mar-16 01:00:00	178,7846	612,2098	48,86916351	4,599999905	167,6433	574,6165	47,99360657	4,314704418	1	612,2098	574,6165	
15-mar-16 02:00:00	178,7971	612,0383	48,92114258	4,599999905	167,8136	574,6736	48,05899429	4,317428112	1	612,0383	574,6736	
15-mar-16 03:00:00	178,5408	611,8668	48,9461441	4,599999905	167,7953	574,7308	48,10502243	4,320151329	1	611,8668	574,7308	
15-mar-16 04:00:00	178,2845	611,8921	48,97114563	4,599999905	167,7769	574,3893	48,15105438	4,322875023	1	611,8921	574,3893	
15-mar-16 05:00:00	178,0281	612,1207	48,99614716	4,599999905	167,7586	573,9321	48,19708252	4,326123714	1	612,1207	573,9321	
15-mar-16 06:00:00	177,7775	612,3493	49,10572815	4,599999905	167,6936	573,4749	48,31745529	4,329436302	1	612,3493	573,4749	
15-mar-16 07:00:00	177,7958	612,5779	49,23072815	4,599999905	167,3457	573,0176	48,44764709	4,33274889	1	612,5779	573,0176	
15-mar-16 08:00:00	177,8141	612,5336	49,35572815	4,599999905	166,9978	572,7214	48,5778389	4,336061001	1	612,5336	572,7214	
15-mar-16 09:00:00	177,8324	612,207	49,48072815	4,599999905	166,6499	572,472	48,70802689	4,116936684	1	612,207	572,472	
15-mar-16 10:00:00	177,8782	611,8804	47,66031265	4,390023232	166,5848	572,2227	46,97301102	3,870787382	1	611,8804	572,2227	
15-mar-16 11:00:00	179,2149	611,5538	45,48531342	4,111600876	168,2327	576,5017	44,99164581	3,624638081	1	611,5538	576,5017	
15-mar-16 12:00:00	180,5515	632,2271	43,31031036	3,977136612	169,8807	591,7496	43,01028061	3,378488541	1	632,2271	591,7496	
30-abr-16 05:00:00	163,4174	550,5438	52,2578125	3,821249962	151,5985	513,5923	53,91416168	3,862187862	1	550,5438	513,5923	
30-abr-16 06:00:00	163,1794	554,1087	52,48281097	3,871249914	151,5436	516,1072	53,54145432	3,749860287	1	554,1087	516,1072	
30-abr-16 07:00:00	162,9414	555,5274	52,62395859	3,910624981	151,4886	517,4617	53,33840179	3,740628719	1	555,5274	517,4617	
30-abr-16 08:00:00	162,7033	554,7273	52,67395782	3,935624838	152,027	516,6616	53,38546371	3,774709702	1	554,7273	516,6616	
30-abr-16 09:00:00	162,4653	553,9271	52,72395706	3,960624933	152,6312	515,8614	53,43252182	3,808790684	1	553,9271	515,8614	
30-abr-16 10:00:00	162,2272	553,127	52,7739563	3,985625029	153,2355	515,0612	53,47958374	3,842871904	1	553,127	515,0612	
30-abr-16 11:00:00	162,4191	554,0972	52,296875	3,399374962	153,8397	514,4333	53,03238678	3,697454691	1	554,0972	514,4333	
30-abr-16 12:00:00	163,0783	556,8977	51,24687576	3,34937501	154,0979	529,8932	51,85655212	3,476626873	1	556,8977	529,8932	
30-abr-16 13:00:00	163,7375	559,6983	50,19687271	3,299375057	154,3176	529,4932	50,68071747	3,255799055	1	559,6983	529,4932	
01-mai-16 06:00:00	166,0679	564,1982	48,78697968	3,299999952	155,2368	528,1815	48,93906021	3,159134626	1	564,1982	528,1815	
01-mai-16 07:00:00	165,8829	563,8245	48,78802109	3,300312519	155,4199	528,1243	48,94438553	3,172882557	1	563,8245	528,1243	
01-mai-16 08:00:00	165,5167	563,0053	48,76301956	3,325312376	155,2899	527,9129	48,96465302	3,188045979	1	563,0053	527,9129	
01-mai-16 09:00:00	165,1505	562,1861	48,73802185	3,350312471	155,1251	527,6271	48,9849205	3,203209639	1	562,1861	527,6271	
01-mai-16 10:00:00	164,7842	561,3669	48,71302032	3,375312328	154,9603	527,3414	49,00518417	3,21837306	1	561,3669	527,3414	
01-mai-16 11:00:00	164,6023	560,8661	48,72395706	3,400312424	154,7955	527,0556	49,02475739	3,232707262	1	560,8661	527,0556	
01-mai-16 12:00:00	164,6206	560,6947	48,7739563	3,425312281	154,6143	527,0399	49,04330826	3,246692896	1	560,6947	527,0399	
01-mai-16 13:00:00	164,6389	560,5232	48,82395554	3,450312376	154,4312	527,1542	49,06185913	3,260678768	1	560,5232	527,1542	
01-mai-16 14:00:00	164,6572	560,3517	48,87395477	3,475312471	154,248	527,2685	49,08041	3,274664402	1	560,3517	527,2685	
01-mai-16 15:00:00	164,8773	559,7925	48,89999771	3,5	154,0649	527,3828	49,0720253	3,281238079	1	559,7925	527,3828	
09-ago-16 03:00:00	151,6873	532,3161	48,48125076	2,893125057	142,9739	503,6491	50,63575745	2,636927843	1	532,3161	503,6491	
09-ago-16 04:00:00	154,3053	529,4584	49,23125076	3,31812501	144,7501	501,2296	50,57461166	3,042294025	1	529,4584	501,2296	
09-ago-16 05:00:00	156,9233	526,6007	49,98125076	3,743124962	146,5262	498,8101	50,5134697	3,447660446	1	526,6007	498,8101	
09-ago-16 06:00:00	156,3431	523,743	50,23541641	4,168124676	146,6882	496,3905	50,45232391	3,853026628	1	523,743	496,3905	
09-ago-16 07:00:00	155,3909	522,2874	50,28541565	4,223124981	146,1023	495,0134	50,55005646	4,026574135	1	522,2874	495,0134	
09-ago-16 08:00:00	154,4388	521,2587	50,33541489	4,248124599	145,5164	493,8703	50,65688705	4,056017876	1	521,2587	493,8703	
09-ago-16 09:00:00	153,4866	520,2299	50,38541412	4,273124695	144,9304	492,7273	50,76371765	4,085461617	1	520,2299	492,7273	
09-ago-16 10:00:00	153,1062	519,2011	50,39999771	4,29812479	144,5447	491,5842	50,87054825	4,114905357	1	519,2011	491,5842	

#### 4.1.4 Análise dos dados

Os Estudos de Viabilidade Técnica e Econômica – EVTE de um modo geral são realizados simplificadamente, levando-se em conta aspectos importantes e deixando tantos outros fora da análise.

Para o estudo proposto, foi realizada uma pré-análise da operação dos equipamentos, seus gastos e o retorno esperado, a partir dos dados médios de tempo de operação e consumo:

**Tabela 4 – Resumo dos dados coletados (Fonte: Autoria própria)**

<b>Análise inicial</b>			
	<b>8802B</b>	<b>8802C</b>	<b>8802D</b>
	<b>horas</b>	<b>horas</b>	<b>horas</b>
<b>MÍNIMO</b>	<b>118</b>	<b>284</b>	<b>0</b>
<b>MÁXIMO</b>	<b>598</b>	<b>630</b>	<b>646</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>361</b>	<b>452</b>	<b>283</b>
<b>TOTAL</b>	<b>2885</b>	<b>3615</b>	<b>2264</b>
jan/16	304	422	496
fev/16	225	341	646
mar/16	118	556	528
abr/16	269	284	404
mai/16	360	392	39
jun/16	484	516	11
jul/16	598	630	0
ago/16	527	474	140

A partir dos valores médios, podemos estimar o tempo para o retorno do investimento, partindo de conceitos de EVTE:

**Tabela 5 – Pré-análise do EVTE (Fonte: Autoria própria)**

<b>EVTE</b>	
R\$/kWh	0,4678
Diferença C e D por hora (kW)	32,35081176
Preço motor novo (mercado)	380.332,00
VPL Gastos com Manutenção	54.233,09
Horas para se pagar	21.548
Operação média mensal	450
<b>Payback (meses)</b>	<b>48</b>
<b>Payback (anos)</b>	<b>3,99</b>

A primeira vista, o investimento é facilmente justificado, uma vez que em menos de 4 anos esse projeto já se pagou e passou a gerar lucros.

Além de vários fatores de gastos não considerados nesta pré-análise, como custo de manutenção, depreciação e equipamento inativo por falhas de manutenção ou decisão operacional, comete-se um equívoco em trabalhar somente com os valores médios, uma vez que estes vários cenários podem mudar totalmente o processo decisório.

Para considerar estes fatores, decidiu-se então por aplicar os conceitos de Confiabilidade, através da ferramenta Análise do Custo do Ciclo de Vida – ACCV e, principalmente, da Ferramenta Monte Carlo, para geração dos cenários não previstos, cobrindo as hipóteses conhecidas e estudadas para este EVTE.

A correção dos valores gastos (valores presentes, correções técnicas e outras supracitadas) foi, então, aplicada e planilhada. Para simular os cenários, utilizou-se o programa Office Excel, realizando assim o Método de Monte Carlo.

Neste momento considerou-se uma distribuição normal e o processo de repetições do Monte Carlo se deu até 51730 vezes. O início e o término das simulações são apresentados nas tabelas 6 e 7:

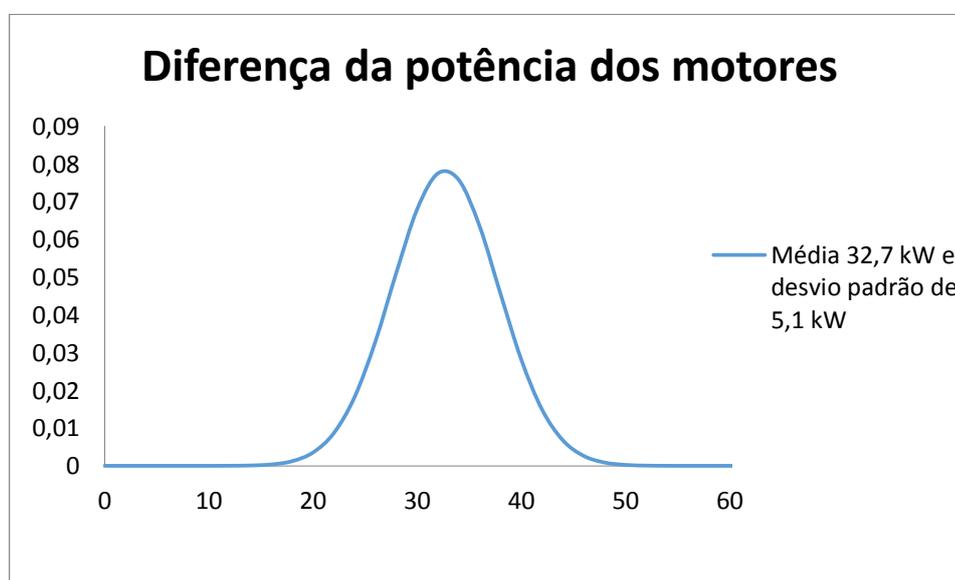
**Tabela 6– Início da Simulação de Monte Carlo (Fonte: Autoria própria)**

PDF (hora)	CDF (hora)	PDF (consumo)	CDF (consumo)	Aleatório 1	Aleatório 2	\$ Energia	#		
1,53E-06	4,2396E-05	9,25E-11	7,19E-11	1	517,702	0,08822	25,8059	6011,8977	1
1,64E-06	4,557E-05	1,06E-09	8,74E-10	0	437,4484	0,5759	33,6763	6629,2354	2
1,76E-06	4,8967E-05	1,04E-08	9,14E-09	1	454,1631	0,00769	20,3413	4157,2295	3
1,88E-06	5,2603E-05	8,74E-08	8,24E-08	1	653,6375	0,00889	20,6131	6063,086	4
2,01E-06	5,6492E-05	6,31E-07	6,39E-07	1	572,2333	0,26997	29,5741	7615,484	5
2,15E-06	6,0651E-05	3,9E-06	4,27E-06	1	661,5137	0,86472	38,3191	11406,883	6
2,3E-06	6,5098E-05	2,07E-05	2,47E-05	0	403,5039	0,37557	31,0826	5643,8774	7
2,46E-06	6,9851E-05	9,42E-05	0,000123	0	406,2055	0,02094	22,3226	4080,3964	8
2,62E-06	7,4929E-05	0,000367	0,000529	0	283,4079	0,27639	29,6726	3784,2574	9
2,8E-06	8,0353E-05	0,001228	0,001974	0	243,8625	0,41712	31,6328	3471,32	10
2,99E-06	8,6146E-05	0,003522	0,006384	1	536,7165	0,99199	44,9833	10864,466	11
3,19E-06	9,2329E-05	0,00866	0,017951	0	402,8501	0,2364	29,0386	5264,1876	12
3,41E-06	9,8928E-05	0,018257	0,044015	0	177,4404	0,30538	30,1041	2403,7577	13
3,63E-06	0,00010597	0,033004	0,094469	1	562,6259	0,23799	29,0648	7358,6713	14
3,88E-06	0,00011348	0,051159	0,178377	1	613,2923	0,30322	30,0726	8299,4891	15
4,13E-06	0,00012148	0,067995	0,29826	0	416,6757	0,20691	28,5323	5349,9233	16
4,4E-06	0,00013001	0,077491	0,445415	1	605,3494	0,32029	30,3189	8259,0811	17
4,69E-06	0,00013911	0,075724	0,600601	0	407,116	0,59599	33,9392	6217,7409	18
5E-06	0,00014879	0,063449	0,741203	0	410,9493	0,4979	32,6731	6042,1538	19
5,32E-06	0,00015911	0,045586	0,850648	0	442,7115	0,27772	29,6928	5915,4154	20
5,66E-06	0,00017009	0,028083	0,923838	0	266,9996	0,99667	46,5391	5591,6682	21

**Tabela 7– Término da Simulação de Monte Carlo (Fonte: Autoria própria)**

	PDF	CDF	PDF	CDF	Aleatório 1	Aleatório 2	\$ Energia	#		
103414					1	472,0769	0,2828	29,7699	6324,1462	51708
103416					0	285,6962	0,26737	29,5339	3796,9788	51709
103418					0	386,4664	0,50017	32,7021	5687,2234	51710
103420					0	313,5909	0,52088	32,967	4652,173	51711
103422					0	446,9442	0,37812	31,1169	6258,3825	51712
103424					1	476,0198	0,9902	44,6026	9554,2727	51713
103426					1	669,4818	0,66367	34,8548	10500,581	51714
103428					0	434,9424	0,17519	27,9374	5468,0249	51715
103430					1	458,2991	0,19386	28,2948	5835,3758	51716
103432					1	460,9593	0,35598	30,817	6392,4193	51717
103434					1	495,8702	0,77281	36,5155	8148,1251	51718
103436					1	573,0809	0,70717	35,4802	9149,854	51719
103438					0	368,3779	0,31792	30,2851	5020,3569	51720
103440					1	510,4052	0,1642	27,7155	6365,7528	51721
103442					0	397,9188	0,97422	42,6286	7633,226	51722
103444					1	587,5464	0,35577	30,8141	8147,1075	51723
103446					0	394,7839	0,00624	19,9595	3545,8649	51724
103448					0	234,1261	0,61366	34,1733	3600,3887	51725
103450					0	380,7708	0,46339	32,2314	5522,7409	51726
103452					0	413,7891	0,60494	34,0574	6341,6675	51727
103454					1	510,0653	0,24404	29,1638	6693,9558	51728
103456					1	452,4877	0,65385	34,7183	7069,3168	51729
103458					1	568,3294	0,34031	30,6007	7826,0733	51730

Com os dados organizados realizou-se uma análise comparativa de consumo entre os motores, atingindo um valor bem próximo do real, pelas várias simulações feitas, conforme mostrado na distribuição apresentada no gráfico 08:



**Gráfico 08: Comparativo da potência consumida entre os motores analisados (Fonte: Autoria própria)**

O resultado alcançado de 32,7 kW de diferença no consumo de energia evidencia que há, de fato, diferença de rendimento e conseqüentemente de consumo de energia entre os motores novos e antigos. Foi estimada também a quantidade de horas operadas pelo motor “C”, passível de substituição, sendo a distribuição do tempo de operação apresentada no Gráfico 9:



**Gráfico 09: Horas operadas pelo Motor “C” no período da análise (Fonte: Autoria própria)**

Munidos dos dados estatísticos obtidos a partir da Simulação de Monte Carlo, quanto aos gastos, consumo e tempo de operação, realizou-se o EVTE, obtendo:

**Tabela 8 – Estatística para retorno do investimento (Fonte: Autoria própria)**

Anos	Meses	Probabilidade de retorno do investimento
0,5	6	0
1	12	0
2	24	0,29
2,5	30	3,84
3	36	15,31
3,5	42	32,75
4	48	50,28
4,5	54	64,93
5	60	75,67
5,5	66	83,25
6	72	87,94
6,5	78	91,43
7	84	94,06
8	96	96,61
9	108	97,96

10	120	98,81
15	180	99,76
16,6667	200	99,83

Graficamente se dispõe da seguinte forma:



**Gráfico 10: Probabilidade do retorno do investimento com o tempo (Fonte: Autoria própria)**

Observa-se, com o resultado, que a proposição de EVTE inicial, de fato, não traduzia a realidade.

O retorno do investimento se dará, com 94% de certeza, a partir do sétimo ano do investimento.

A proposição inicial, de retorno em no máximo seis (6) anos, deve ser levada em consideração quando na tomada de decisão, uma vez que em 88% dos casos esse investimento já terá sido pago. É um valor de probabilidade que todo investidor ficaria em dúvida antes de tomar sua decisão.

## 5 CONCLUSÕES

Um estudo completo e detalhado, principalmente quando se trata de investimento em uma empresa, facilita a tomada de decisão dos gestores. Seguindo este conceito, pode-se observar neste trabalho que existe a necessidade de se melhorar os estudos de viabilidade econômica dos projetos.

A intenção inicial de se pagar um investimento em seis anos foi alcançada parcialmente, porém o investidor passou a ter os dados estatísticos necessários para embasar sua decisão.

Outro aspecto muito relevante, como resultado desta análise, é que mesmo não sendo considerados os rendimentos de manual dos equipamentos, a eficiência pode ser verificada. O fato é que os motores elétricos perdem o seu rendimento energético com o passar dos anos. Seja por desgaste, manutenções ineficazes ou decisões equivocadas.

### 5.1 DESDOBRAMENTOS E RECOMENDAÇÕES

A análise proposta e atingida pode ser continuada com uma melhor coleta de dados, principalmente no tocante a tempo de coleta, expandindo-se a análise para a vida útil total do motor e quantidade de falhas no período.

Mesmo sendo equipamentos que não geram muitas falhas, quando a manutenção preditiva atua de forma correta, os motores perdem seu rendimento de projeto e a identificação dessa perda de eficiência no decorrer do tempo (continuação deste trabalho) definirá o momento exato da substituição por um novo motor, gerando assim ganhos às empresas quanto ao consumo de energia.

Outra possível implicação deste trabalho é o ganho que se tem com a aplicação correta do EVTE, sem análises subjetivas e com levantamento de cenários e hipóteses que indiquem uma simulação muito próxima à realidade. Esta aplicação será sugerida em outros projetos.

## REFERÊNCIAS

ANTONIASSI, ALCINDO. **ESTUDO DOS MOTORES ELÉTRICOS**. PIRACICABA, 2009.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: CONFIABILIDADE E MANTENABILIDADE**. RIO DE JANEIRO, 1994

AUGUSTO JR, NORBERTO. **MOTORES DE ALTO RENDIMENTO: DIMENSIONAMENTO E VIABILIDADE ECONÔMICA**. SÃO PAULO, 2001. 157P. DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM SISTEMAS DE POTÊNCIA) – PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, SÃO PAULO, 2001.

BRUSAMARELLO, PROF. VALNER. **MÉTODO DE MONTE CARLO APLICADO A ANÁLISE DE INCERTEZAS**. AULA 04. 2011

CABRAL, JOSÉ PAULO SARAIVA, **ORGANIZAÇÃO E GESTÃO DA MANUTENÇÃO**, LISBOA. LIDEL, 2006.

DOE, U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, **TECHNICAL SUPPORT DOCUMENT: ENERGY EFFICIENCY STANDARDS FOR CONSUMER PRODUCTS**, JULY 1995, 391 P.

EL-HAWARY, M. E. **PRINCIPLES OF ELECTRIC MACHINES WITH POWER ELECTRONIC APPLICATIONS**. LONDON. PRENTICE-HALL, 1986. 739P.

FABRYCKY, WOLTER J., BLANCHARD, BENJAMIN S., **LIFE-CYCLE COST AND ECONOMIC ANALYSIS**, PRENTICE-HALL INC, NEW JERSEY, 1991.

FITZGERALD, A., KINGSLEY C., UMANS. S. **ELETRIC MACHINERY**. NEW YORK. MCGRAW-HILL, 1991. 599P.

FLEMING, PAULO VICTOR, **ENGENHARIA DE CONFIABILIDADE REDUZ FALHAS E CUSTOS**, [www.nei.com.br](http://www.nei.com.br), 2011.

GOLDEMBERG, J. (2000). **PESQUISA E DESENVOLVIMENTO NA ÁREA DENERGIA**. SÃO PAULO, PERSPEC., JUL/SET/2000, VOL. 14, Nº.3, P. 91-97. ISSN 0102-8839.

HIRSCHFELD, H., **ENGENHARIA ECONÔMICA**. 7ª. ED. SÃO PAULO: ATLAS, 2000.

KAPLAN, SEYMOUR, **ENERGY ECONOMICS: QUANTITATIVE METHODS FOR ENERGY AND ENVIRONMENTAL DECISIONS**, MCGRAW-HILL, NEW YORK, 1983, 347 P.

LAFRAIA, JOÃO R.B. **MANUAL DE CONFIABILIDADE, MANTENABILIDADE E DISPONIBILIDADE**. 2.ED.RIO DE JANEIRO: QUALITYMARK, 2001.

LOBOSCO, O. S., DIAS, L.P.C. **SELEÇÃO E APLICAÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS**. SÃO PAULO: MCGRAW-HILL, 1988. 356P. JANEIRO, QUALITYMARCK ED., 2001.

LUSTOSA, L.; MESQUITA, M. A.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. **PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO**. RIO DE JANEIRO: ELSEVIER, 2008.

MAMEDE FILHO, JOÃO. **INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAIS**, 8ª EDIÇÃO. LTC, 2010.

MOUBRAY, J. **RELIABILITY-CENTERED MAINTENANCE: SECOND EDITION**. 2ª. ED. NEW YORK: INDUSTRIAL PRESS INC., 1997.

OTANI, MARIO; MACHADO, WALTAIR V. **A PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL NA BUSCA DA EXCELÊNCIA OU CLASSE MUNDIAL**. REVISTA GESTÃO INDUSTRIAL, PONTA GROSSA . ISSN 1808-0448, V. 04, N. 02: P. 01-16, 2008.

PINHEIRO, AMAZONEIDA SÁ P.; HO, LINDA L. **O ÍNDICE DE CONFIABILIDADE NA AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA ESTRUTURAL DE PRODUTOS DE MADEIRA**. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. DISPONÍVEL EM: <[WWW.ABEPRO.ORG.BR/BIBLIOTECA/ENEGEP1999\\_A0587.PDF](http://WWW.ABEPRO.ORG.BR/BIBLIOTECA/ENEGEP1999_A0587.PDF)>. ACESSO EM: 11 NOV. 2016.

PINTO, ALAN K., XAVIER, JÚLIO A. N. **MANUTENÇÃO FUNÇÃO ESTRATÉGICA**, RIO DE

QUEIROZ, GUILHERME DE CASTILHO, **ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA (ACCV), SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE APLICAÇÕES DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA, CENTRO DE TECNOLOGIA DE EMBALAGEM – CETEA/ITAL**, CAMPINAS, CD-ROM, 2004.

RELIASOFT CORPORATION. **RS 401 - ANÁLISE DE DADOS DE VIDA – CONFIABILIDADE**. DISPONÍVEL EM: <  
[HTTP://WWW.RELIASOFT.COM.BR/SEMINARS/SESSION1.HTM](http://www.reliasoft.com.br/seminars/session1.htm)>.ACESSO EM:  
12 OUT. 2016.

TAVARES, L. **ADMINISTRAÇÃO MODERNA DA MANUTENÇÃO**. SEGUNDA EDIÇÃO. RIO DE JANEIRO: NOVO POLO PUBLICAÇÕES, 1999.

**WOILER, Samsão; MATHIAS, Washington Franco**. Projetos: Planejamento, Elaboração e Análise. **São Paulo: Atlas, 1985**

**ANEXO A - Contas de Energia Elétrica - Empresa de Transporte Dutoviário**

Conta de Julho/2016:



**AES Eletropaulo**  
por onde a vida acontece

Eletropaulo Metropolitana Eletrodistribuidora de São Paulo S.A.  
Av. Dr. Marcos Pantaleão de Lins Rodrigues 939 Torre II Barueri/SP CEP 06460-040  
Internet: [www.aes.com.br](http://www.aes.com.br)  
CNPJ: 01.895.227/0001-83 - 0800 146 759 119  
Cajueiros Eletropaulo 0800-727110 Atendimento ARSESP 0800-7270167  
Agência Nacional de Energia Elétrica-ANEEL 157 (Ligação gratuita de telefones fixos e Tarifada na origem para telefones celulares)

DOC. IMPRESSÃO  
508544084810

Segunda Via.

ATENDIMENTO  
CONTACT CENTER - UC256  
END. CORRESP. - AV DR MARCOS P ULHOA RODRIGUES 939 T2 3º AND  
TAMBORE  
HORÁRIO DE ATENDIMENTO DAS 08:30 ÀS 18:30 HS  
CEP 06460-040 BARUERI  
E-MAIL: [clientes.corporativos@aes.com](mailto:clientes.corporativos@aes.com)

CONTRATO Nº  
1011832

FAX 11 21951792 TEL 11 21952890  
EMERGÊNCIA 0800-7271196

NOTA FISCAL A / FATURA DE ENERGIA ELÉTRICA

Nº 000011828

Página Nº 1/2

DESCRIÇÃO	LEITURA ANTERIOR	LEITURA ATUAL	REGISTRADO	CONTRATADO	FATURADO	TARIFA	VALORES
INSTALAÇÃO Nº MTE9007078							
MEDIDOR Nº 1323292							
CONST. POTÊNCIA 3,36000							
CONST. ATIVO 0,84000							
CONST. REATIVO 0,84000							
CONSUMO PONTO VD	5.361.458	5.414.301	44.388,1				
CONSUMO PONTO VD	5.414.301	5.502.104	73.754,5				
CONSUMO FORA PONTO CAPACIT. VD	18.042.399	18.104.640	127.890,0				
CONSUMO FORA PONTO CAPACIT. VD	18.104.640	18.445.560	210.765,2				
CONSUMO FORA PONTO INDUTIVO VD	45.745.619	46.108.756	305.035,1				
CONSUMO FORA PONTO INDUTIVO VD	46.108.756	46.693.356	491.064,0				
DEMANDA PONTO	739	762	2.560,3				
DEMANDA FORA PONTO CAPACITIVA	713	864	2.903,0				
DEMANDA FORA PONTO INDUTIVA	777	819	2.748,5				
ENERGIA REATIVA PONTO	3.312.162	3.387.558	63.352,6				
ENERGIA REATIVA F. PONTO IND	23.350.400	23.842.188	413.101,9				
UFER PONTO	267.365	273.832	5.432,3				
UFER FORA PONTO CAPACITIVA	698	698	0,0				
UFER FORA PONTO INDUTIVA	1.771.594	1.810.362	32.556,7				
DMCR PONTO	3.265	3.301	2.772,8				
DMCR FORA PONTO CAPACITIVA	2.620	3.170	2.662,8				
DMCR FORA PONTO INDUTIVA	3.417	3.362	2.824,1				
ENERGIA REATIVA F. PONTO CAP	11.680	11.680	0,0				
DEMANDA CONTRATADA				3.500,0			
CONSUMO ATIVO PONTO TUSD					3.500,0	7,00548	27.898,17
CONSUMO ATIVO PONTO TE					118.142,6	0,37239	43.995,15
CONSUMO ATIVO PONTO TE					44.388,1	0,36034	15.990,37
CONSUMO ATIVO F. PONTO TUSD					73.754,5	0,32356	23.894,01
CONSUMO ATIVO F. PONTO TE					1.134.754,3	0,09599	74.542,00
CONSUMO ATIVO F. PONTO TE					432.826,1	0,22598	97.823,75
UFER PONTO TE					701.829,2	0,21467	150.872,23
UFER FORA PONTO TE					5.432,3	0,22910	1.244,52
PENAL DIO/DMC/FIC/DICRI ADIC					32.556,7	0,22910	7.458,73
MULTA (2%) - REF VCTO: 07/2016							8.798,26
JUROS DE MORA - REF VCTO: 07/2016							10.127,43
ATUALIZAÇÃO MONETÁRIA - REF VCTO: 07/2016							186,47
CIP-S-C SUL							273,85
PIS/PASEP (1,13%)							27,14
COFINS (5,21%)							8.623,14
ICMS							30.536,91
FATOR DE CARGA			0,591				105.501,82

PORTARIA CATSI			
PRODUTO	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
ENERGIA	1.252.894,96	8,44791	105.621,89
DIREÇÃO	0,00	0,00000	0,00
OUTROS NÃO TRIBUTÁVEIS	0,00	0,00000	0,00

IMPORTE SUJEITO A ICMS:	586.121,88	VALOR DA NOTA FISCAL	587.928,51
ALÍQUOTA: 18 % - VALOR DO ICMS:	105.501,92	VALOR DA FATURA A PAGAR:	587.928,51

INDICADORES DE QUALIDADE DO SERVIÇO				Mês de Referência: MAI16	
Conjunto Elétrico: VILA PAULA					
	Limite Permitido	Verificado			
	Ano	Trimestre	Mês	Mês	
Horas que o cliente ficou sem energia DIC	12,09	6,40	3,24	0,00	
Veias que o cliente ficou sem energia FIC	7,52	3,91	1,95	0,00	
Máx. de horas contínuas que o cliente DMIC ficou sem energia	0,00	0,00	2,46	0,00	
Encargo de uso do sistema de distribuição (CUM) 133.842,41					
TENSÃO NOMINAL (V) 13.800 (MT)		LIMITE MÁXIMO ADEQUADO (V) 14.400			
TENSÃO CONTRATADA (V) 13.800		LIMITE MÍNIMO ADEQUADO (V) 12.634			
<b>HASH CODE</b>					
<b>D0EC.51D9.2F6F.AEC7.EF58.0920.44C5.1C35</b>					

Atenção: o cliente tem direito de solicitar apuração do DIC, FIC e DMIC e ser compensado em caso de ultrapassagem do limite permitido. O processo de apuração dos indicadores técnicos da AES Eletropaulo é certificado pela norma ISO 9001:2008.



CLIENTE  
10010709

DOC. IMPRESSÃO  
508544084810

DATA DE VENCIMENTO  
10.08.2016

Conta de Outubro/2016:



Eletropaulo Metropolitana Eleticidade de São Paulo S.A.  
Av. Dr. Néron Pompeo de Lins Rodrigues 939 Torre II Barueri/SP CEP 06460-040  
Internet: <http://www.aes.com.br>  
CNPJ 01.695.227/0001-43. ISENT. 145.226.110  
Ouvatória Eletropaulo 0800-7273110 Atendimento ARSE/SP 0800-7270167  
Agência Nacional de Energia Elétrica-ANEEL 167 (Ligação gratuita de telefones fixos e Tarifada na origem para telefones celulares)

DOC. IMPRESSÃO  
515705402483

Segunda Via.

ATENDIMENTO

CONTACT CENTER - UC250

END. CORRÊSP. - AV DR MARCOS P ULHOA RODRIGUES 936 T2 3º AND

TAMBORE

HORÁRIO DE ATENDIMENTO DAS 08:30 ÀS 18:30 HS

CEP 09460-040 BARUERI

E-MAIL: [clientes.corporativos@aes.com](mailto:clientes.corporativos@aes.com)

CONTRATO Nº  
1011832

FAX 11 31951702 TEL 11 31952800  
EMERGÊNCIA 0800-7271106

NOTA FISCAL A / FATURA DE ENERGIA ELÉTRICA

Nº 000007342

Página Nº 1/2

DESCRIÇÃO	LEITURA ANTERIOR	LEITURA ATUAL	REGISTRADO	CONTRATADO	FATURADO	TARIFA	VALORES
INSTALAÇÃO Nº MTE0007978							
MEDIDOR Nº 13233292							
CONST. POTÊNCIA	3.36000						
CONST. ATIVO	0.84000						
CONST. REATIVO	0.84000						
CONSUMO PONTO VD	6.742.437	6.948.316	87.258,4				
CONSUMO FORA PONTO CAPACIT. VD	19.225.753	19.567.156	286.780,2				
CONSUMO FORA PONTO INDUTIVO VD	48.547.955	48.375.110	694.810,2				
DEMANDA PONTO	788	803	2.696,1				
DEMANDA FORA PONTO CAPACITIVA	841	828	2.752,1				
DEMANDA FORA PONTO INDUTIVA	844	852	2.896,3				
ENERGIA REATIVA PONTO	3.501.194	3.553.381	45.837,1				
ENERGIA REATIVA F. PONTO IND	24.728.505	25.132.868	341.319,7				
UFER PONTO	280.442	283.531	2.594,6				
UFER FORA PONTO CAPACITIVA	1.070	1.108	31,9				
UFER FORA PONTO INDUTIVA	1.880.407	1.884.281	20.054,2				
DMCR PONTO	3.138	3.330	2.797,2				
DMCR FORA PONTO CAPACITIVA	3.069	3.021	2.537,6				
DMCR FORA PONTO INDUTIVA	3.443	3.554	2.865,4				
ENERGIA REATIVA F. PONTO CAP	12.501	12.987	307,4				
DEMANDA CONTRATADA				3.500,0			
DEMANDA					3.500,0	8,01000	28.035,00
CONSUMO ATIVO PONTO TUSD					87.258,4	0,36894	32.193,09
CONSUMO ATIVO PONTO TE					87.258,4	0,32300	28.233,31
CONSUMO ATIVO F. PONTO TUSD					961.590,4	0,06815	65.679,49
CONSUMO ATIVO F. PONTO TE					961.590,4	0,21497	211.012,49
UFER PONTO TE					2.594,6	0,22402	581,27
UFER FORA PONTO TE					20.086,1	0,22402	4.499,68
CP-S.C.SUL							27,14
PIS/PASEP (1,00%)							4.734,94
COFINS (4,62%)							21.874,14
ICMS							85.224,07
FATOR DE CARGA			0,506				

- CPDP - 5252 (Venda de en. elétrica p/ estabelecimento industrial)  
- O pagamento desta conta não quita débitos anteriores.

PRODUTO	QUANTIDADE	PORTARIA CATSI		VALOR TOTAL
		VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL	
ENERGIA	1.968.849,76	8,44297	473.467,14	
DESCRIÇÃO	0,00	8,00000	0,00	
OUTRAS NÃO TRIBUTÁVEIS	0,00	8,00000	0,00	

IMPORTE SUJEITO A ICMS:	473.467,16	VALOR DA NOTA FISCAL:	473.494,30
ALÍQUOTA: 18 % - VALOR DO ICMS:	85.224,07	VALOR DA FATURA A PAGAR:	473.494,30

INDICADORES DE QUALIDADE DO SERVIÇO				Mês de Referência: AGO/16	
Conjunto Elétrico: VILA PAULA	Limite Permitido	Verificado		TENSÃO NOMINAL (V) 13.800 (MT)	LIMITE MÁXIMO ADEQUADO (V) 14.490
	Ano	Trimestre	Mês	TENSÃO CONTRATADA (V) 13.800	LIMITE MÍNIMO ADEQUADO (V) 12.634
Horas que o cliente ficou sem energia DIC	12,09	0,49	3,24		
Veias que o cliente ficou sem energia FIC	7,82	3,91	1,95		
Máx. de horas contínuas que o cliente DMIC	0,00	0,00	2,46		
ficou sem energia					
			126.713,30		

Atenção: o cliente tem direito de solicitar apuração do DIC, FIC e DMIC e ser compensado em caso de ultrapassagem do limite permitido. O processo de apuração dos indicadores técnicos da AES Eletropaulo é certificado pela norma ISO 9001:2008.



CLIENTE  
10010709

DOC. IMPRESSÃO  
515705402483

DATA DE VENCIMENTO  
10.11.2016

HASH CODE

1CD7.561A.CFD3.59FA.A72E.4366.1DB1.3DD2

**ANEXO B - Proposta Comercial de Motor Eléctrico**

## ANEXO B - PROPOSTA COMERCIAL MOTOR

Cotação: 20727901 rev. 0 / 2016

Emissão: 31.03.2016

Página: 1 / 6

Cliente

### 1. Energia

- 1.1. Motor de indução trifásico, com carcaça em ferro fundido (conforme projeto), eixo em aço, impregnação com isolante de alta rigidez dielétrica, fabricado conforme normas e as características abaixo descritas:

Item 10	<b>MOTOR MGF355 600cv 2P 2300V 60Hz</b>
Modelo	MGF
Norma	NBR (ABNT)
Carcaça	355
Potência	600 cv
Tensão	2300V
Frequência	60 Hz
Número de polos	2
Grau de proteção	IP55
Forma construtiva	B3D
Refrigeração	IC611
Altitude	1000 m
Temperatura ambiente	40 °C
Classe Isolamento	F
Elevação temperatura	B
Fator de serviço	1,00
Regime de serviço	S1
Método de partida	Direta
Sentido de rotação	Horário (Visto Lado Acoplado)
Acoplamento	Flexível
Tipo mancal dianteiro	Rolamento - Graxa
Tipo mancal traseiro	Rolamento - Graxa
Área Classificada	Zona 2, IIA, T3
Proteção	Ex-N
Plano pintura / Cor final	212P / Munsell N6.5
Folha De Dados	FD 24604-1/2016
Dimensional preliminar	DM 24604-0/2016

## 2. Condições técnicas gerais

### 2.1. Observações técnicas gerais

#### ACESSÓRIOS:

- Detector de temperatura tipo Pt100 a 3 fios - (02 por fase);
- Detector de temperatura tipo Pt100 a 3 fios - (01 por mancal);
- Terminal de aterramento na carcaça;
- Terminal de aterramento na caixa de ligação;
- Resistência de aquecimento - 120V;

#### ESPECIALIDADES:

- Motor Ex-N apto a operação em área classificada Zona 2, Grupo IIA, T3 (Certificação inclusa);
- Motor apto a operar satisfatoriamente com as seguintes variações transitórias na tensão e frequência:
  - a) +/- 10% na tensão;
  - b) +/- 5% na frequência;
- $I_p/I_n = 6$  (Não sujeito a tolerância);
- $C_p/C_n = 100\%$  (Sujeito a tolerância);
- $C_m/C_n = 200\%$  (Sujeito a tolerância);
- Mancal traseiro eletricamente isolado;
- Caixa de ligação sobredimensionada;
- Duplo VPI (bobinas seladas);
- Hardware em aço inox AISI316;
- Mancals de rolamento com lubrificação a graxa;

### 2.2. Comentários

a. Motor intercambiável com o motor GE existente conforme documentos recebidos.

b. Para garantirmos o acionamento dos motores, gentileza enviar dados da carga: Curva Conjugado x Rotação, potência consumida pela carga, momento de inércia da carga (kg.m<sup>2</sup>). Após análise destas informações a proposta poderá sofrer alterações técnica e/ou comerciais.

c. Considerado nível de ruído médio, medido a 1m de distância.

### 3. Condições comerciais

#### 3.1. Preços

Item	Descrição	Qtd	Un	P.L.U BRL	Total item
10	Motor MGF 800 CV 2P 2300V 60Hz	1	Un	380.332,00	380.332,00
<b>Total</b>					<b>380.332,00</b>

#### 3.2. Prazo de entrega

O prazo de entrega é de 110 dias contados a partir da data em que forem satisfeitas as seguintes condições:

A - Recebimento do pedido ou outro documento que confirme formalmente a intenção da compra em nossa fábrica.

B - Recebimento de todas as informações necessárias a fabricação.

C - Aprovação dos desenhos e folhas de dados, quando enviados em caráter de aprovação.

D - Cadastro comercial e atualizado para pagamento a crédito.

E - Cumprimento das condições de pagamento acordadas.

F - O prazo acima deverá ser confirmado na colocação do pedido.

G - Quando houver inspeção será acrescido 15 dias no prazo acima citado.

H - Solicitação de modificações e/ou adequações no produto, feitas pelo cliente após a colocação do pedido de compra junto a [ ] implicará na alteração do prazo de entrega e/ou custos caso necessário.

I - No prazo de entrega acima descrito está incluso o período necessário para a realização de testes com o Órgão Certificador Credenciado pelo INMETRO (OCC), para área classificada, quando aplicável.

Nota: O prazo de entrega exclui o período decorrido para aprovação de desenhos, se houver.

#### 3.3. Condição de pagamento

30% de sinal com o pedido de compra

20% com o envio dos documentos para aprovação.

20% com a comprovação da compra do eixo

30% a 28 dias do faturamento + despesas financeiras.

Obs. A condição de pagamento estará sujeita à análise de crédito.

O pagamento de cada evento de adiantamento financeiro acima relacionado deverá ser efetuado em até 10 dias após o envio da cobrança do mesmo pela [ ]

Despesa financeira:

Sobre a parcela a prazo, será adicionada a taxa de despesa financeira vigente na data de faturamento. (Nesta data estamos adotando 1.50%)

### 3.4. Ensaio (Incluso no preço do motor)

#### DESCRIPTIVO BÁSICO PARA ENSAIOS

##### Ensaio de Rotina

Ensaio de resistência elétrica, a frio;  
Ensaio em vazio. Medição da corrente e potência absorvida com tensão nominal;  
Ensaio de tensão suportável;

##### Ensaio de Tipo

Ensaio com rotor bloqueado. Medição da corrente, potência consumida e conjugado em tensão nominal ou reduzida (caso não seja possível com a nominal);

Nota: Ensaio inspecionados.

### 3.5. Reajuste de preços

Reajuste de Preços até a Data de Entrega - Os preços constantes nesta proposta serão reajustados de acordo com a(s) fórmula(s) paramétrica(s) ABINEE/  pró-rata, considerando a variação desde a data base da proposta até a(s) data(s) do(s) efetivo(s) evento(s) gerador (es) de pagamento(s).

Notas:

- As fórmulas paramétricas ABINEE/  utilizam índices da ABINEE, ABDIB e FGV;
- Os preços serão corrigidos a cada período de doze meses a contar da data-base da proposta ou, alternativamente, no menor período permitido pela Lei.
- Em caso de antecipações de pagamento, o reajuste do preço será calculado da data-base da proposta até a data da emissão do correspondente recibo ou fatura;
- Ocorrendo variações custos de produção ou de insumos e mão-de-obra, aplicados no fornecimento dos produtos/serviços, as partes se comprometem a renegociar os preços desta proposta/contrato, como forma de manter o equilíbrio econômico-financeiro entre as partes.
- Será caracterizado desequilíbrio econômico-financeiro variação positiva superior a 5% na fórmula paramétrica

Data Base: vide cabeçalho.

### 3.6. Impostos

IPI - 0%  
PIG - 1,65% - incluso no preço  
COFINS - 7,60% - incluso no preço  
ICMS - 12% - incluso no preço

NOTA: As alíquotas dos impostos são as que estão atualmente em vigor, sujeitos a alteração de acordo com a legislação vigente na data de faturamento do produto.

### 3.7. Validade da cotação

Esta proposta é válida por 30 (trinta) dias.

NOTA: Caso o cliente emita o "aceite" após o prazo de validade, os preços e prazos apresentados estarão sujeitos a reajuste.

**3.8. Garantia**

A  oferece garantia contra defeitos de fabricação ou de materiais, para seus produtos e serviços dentro do que estabelecem as suas "Condições Gerais de Fornecimento de Bens e Serviços  por um prazo total de 12 meses, contados a partir da data de emissão da nota fiscal fatura de fábrica ou do distribuidor/revendedor, limitado a 18 meses da data de fabricação, independente da data da instalação, prevalecendo a data que ocorrer primeiro.

**3.9. Posição fiscal**

- Motores de Idução trifásicos acima de 75kW até 7500kW: 85.01.53.10.

**3.10. Atraso de pagamento**

Ocorrendo atraso no pagamento, seja de parcela principal, eventos antecipados e/ou de reajuste, os valores em atraso serão acrescidos de multa moratória equivalente a 2% (dois por cento), bem como taxa de juros de 4% a.m. (quatro por cento ao mês) pelo prazo que perdurar o atraso.

**3.11. Embalagem**

No preço indicado na presente proposta esta inclusa a embalagem normal para transporte rodoviário.

**3.12. Transporte**

O fornecimento em questão será na condição FOT (posto no caminhão na fábrica). Os riscos de transporte correm por conta do CLIENTE a partir da retirada dos produtos da

**3.13. Multa**

Não fará parte do escopo deste fornecimento qualquer tipo de cláusula de multa contratual, haja visto não ser de interesse da  a ocorrência de fatos que possam gerar tal evento.

**3.14. Responsabilidade**

Segue abaixo limite de fornecimento desta proposta:

- Equipamento (motor);
- Acessórios descritos na proposta;
- Documentos padrão
- Ensaios informados na proposta;

Obs.: Estão excluídos do preço do motor startup, montagem, comissionamento, treinamento, operação assistida, transporte, certificados de materiais, acoplamentos, cabeamentos, sobressalentes, documento especial, databooks ou qualquer outro serviço, salvo previa solicitação e análise para consolidação nesta proposta.

**3.15. Condições gerais de fornecimento de bens e serviços** 

Fazem parte integrante da presente proposta as "Condições Gerais de Fornecimento de Bens e Serviços  que acompanham a presente.

Obs: a página 6/6 contém apenas os dados da Empresa que ofertou o equipamento.

**ANEXO C - Propostas de Reparo dos Motores**



Proposta do Reparo do Motor "D", de 2016:

FM - 76462		TAG. MB-8802.D		Quantidade	566.MT	SST. 1.518.632	Unidade							
<b>RELATORIO DE OCORRÊNCIAS / ANÁLISE DE FALHAS / ORÇAMENTO</b>														
Equipamento: MOTOR ELÉTRICO - GEVISA - 800 HP - 3675 rpm - 2300 Volts - 60 Hz - IP W 55 - B30 - 5K35114052302 - YSK083003304 - 110201														
Quant. Bateria de Motor: 48 Quant. Rotor de Motor: 64 Quantidade de Cabos: _____ Rotoramento Traseiro: _____														
MÉTODO DO FISCAL DA UNIDADE DENTRO DE 48 HORAS				RECEBIMENTO DO PEDIDO DOS COMPONENTES				NA						
APROVAÇÃO A EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS				PRAZO DE ENTREGA PARA OS COMPONENTES				NA						
PRAZO CONTRATUAL PARA A EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS (MES)				APROVAÇÃO ORÇAMENTO COMPLEMENTAR				NA						
PERTADO PELA PETROBRAS				RECEBIMENTO DO PEDIDO COMPLEMENTAR				NA						
				RECEBIMENTO DOS MATERIAIS POR CONTA DA PETROBRAS				NA						
<b>PREVISÃO DE ENTREGA:</b>		<b>NA</b>												
		<i>de 08 a 12 dias após pedido</i>												
		<i>depois da emissão de nota de materiais</i>												
Data de entrega	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS CONFORME CONTRATO SAP	QTD	PI UNID. BASE	PREÇO UNID.	QTD. DO BOM	FATOR DE PREÇO	PREÇO UNID. BOM	PREÇO TOTAL BOM	QTD. DE BOM	PREÇO UNIT. BOM	PREÇO TOTAL BOM	PREÇO TOTAL BOM	PREÇO UNIT. BOM	PREÇO TOTAL BOM
	Revisar	801 a 1200 HP	1,0	8.136,00	normal	1	1.000	1.000	8.136,00	1	8.136,00	8.136,00	1.000	8.136,00
	Troca Hélice/ Troca de	801 a 1200 HP	10,0	3.600,00	normal	1	1.000	1.000	3.600,00	10	36.000,00	36.000,00	1.000	36.000,00
	Troca Cabo / Revisão		32,1	250,00	normal	2	1.000	2.000	500,00			500,00	2.000	500,00
	Revisar Eixo Com Injeção LA Esterno	801 a 1200 HP	4,0	2.400,00	normal	1	1.000	1.000	2.400,00			2.400,00	4.000	2.400,00
	Revisar Eixo Com Injeção LA Interno	801 a 1200 HP	4,0	2.400,00	normal	1	1.000	1.000	2.400,00			2.400,00	4.000	2.400,00
	Revisar Eixo Com Injeção LGA Esterno	801 a 1200 HP	4,0	2.400,00	normal	1	1.000	1.000	2.400,00			2.400,00	4.000	2.400,00
	Revisar Eixo Com Injeção LGA Interno	801 a 1200 HP	4,0	2.400,00	normal	1	1.000	1.000	2.400,00			2.400,00	4.000	2.400,00
	Reparar Tampa Defletores e Manufatura	801 a 1200 HP	8,0	625,00	normal	1	1.000	1.000	625,00			625,00	1.000	625,00
	Reparar Lâmina LA Esterno	801 a 1200 HP	16,0	1.500,00	normal	1	1.000	1.000	1.500,00			1.500,00	1.000	1.500,00
	Reparar Lâmina LA Interno	801 a 1200 HP	16,0	1.500,00	normal	1	1.000	1.000	1.500,00			1.500,00	1.000	1.500,00
	Reparar Lâmina LGA Esterno	801 a 1200 HP	16,0	1.500,00	normal	1	1.000	1.000	1.500,00			1.500,00	1.000	1.500,00
	Reparar Lâmina LGA Interno	801 a 1200 HP	16,0	1.500,00	normal	1	1.000	1.000	1.500,00			1.500,00	1.000	1.500,00
<b>VALOR TOTAL DOS SERVIÇOS EXECUTADOS =</b>								<b>R\$ 29.401,55</b>	<b>1.000</b>	<b>R\$ 35.041,57</b>				
Data de entrega	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS APLICADOS NOS REPAROS CONFORME CONTRATO SAP	COD.	QTD.	PREÇO UNIT.	PREÇO TOTAL	QTD. DO BOM	PREÇO UNIT. BOM	PREÇO TOTAL BOM	QTD. DE BOM	PREÇO UNIT. BOM	PREÇO TOTAL BOM	PREÇO TOTAL BOM	PREÇO UNIT. BOM	PREÇO TOTAL BOM
02/01/1980	MATERIAIS DE APROVAÇÃO													
<b>VALOR TOTAL DOS COMPONENTES APLICADOS (sem DPAL) =</b>								<b>R\$ 6,00</b>						
<b>VALOR TOTAL GLOBAL DOS SERVIÇOS E COMPONENTES (sem diferença de ICMS) =</b>								<b>R\$ 35.041,57</b>						