



**DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE TROCA DE MOTORES DE INDUÇÃO  
POR MEIO DO USO DE ESTATÍSTICA DE HISTÓRICO**

**DETERMINATION OF INDUCTION ELECTRICAL MOTOR EXCHANGE INDEX  
USING HISTORY STATISTICAL METHOD**

**Márcio Lúcio Ferreira<sup>1</sup>**  
**Nathan Nascimento L. Mendes<sup>2</sup>**  
**Newton Maciel Junior<sup>3</sup>**  
**Rômulo Ferreira dos Santos<sup>4</sup>**  
**Humberto de Sousa Megda<sup>5</sup>**

**RESUMO**

Foi realizado um levantamento histórico das variáveis de manutenção elétrica de motores de *FPSOs* de uma empresa exploradora de petróleo da costa brasileira. Foi feita uma análise estatística que relaciona diversos equipamentos com suas resistências de isolamento e de enrolamento. O valor médio dos equipamentos da empresa, serviu de base para definir se este deve passar por manutenção corretiva ou se está apto a continuar operando. Foi usado a média e desvio padrão do Índice Polarização (IP) e Índice de Absorção (IA) para avaliar a situação atual. Chegou-se a uma vida útil média de 25 meses nas condições de operação, ligando assim um alerta de manutenção.

**Palavras-chave:** Motores. Megômetro. Resistência. Manutenção

**ABSTRACT**

A historical survey of the electrical maintenance variables of FPSO engines of a Brazilian offshore oil company was performed. A statistical analysis was performed that relates various equipment's with their insulation and winding resistances. The average value of the company's equipment, base service to determine if it should be performed for corrective maintenance or if it is adequate to continue operating. The mean and standard deviation of the Polarization Index (PI) and the Absorption Index (AI) were used to assess the current situation. It has reached an average life of 25 months under operating conditions and turn on maintenance alert.

**Keywords:** Engines. Megger. Resistance. Maintenance.

<sup>1</sup> Aluno da Faculdade SENAI de Tecnologia de Santos. E-mail: m4rc10f4rr3ll@hotmail.com

<sup>2</sup> Aluno da Faculdade SENAI de Tecnologia de Santos. E-mail: nathannlmendes114@hotmail.com

<sup>3</sup> Aluno da Faculdade SENAI de Tecnologia de Santos. E-mail: maciel.newton@gmail.com

<sup>4</sup> Aluno da Faculdade SENAI de Tecnologia de Santos. E-mail: romulo\_f@live.com

<sup>5</sup> Professor da Faculdade SENAI de Tecnologia de Santos. E-mail: humberto.sousa@sp.senai.br

## 1 INTRODUÇÃO



**2º SIMPÓSIO DE  
INFORMAÇÃO E  
CONHECIMENTO**

FACULDADES DE TECNOLOGIA SENAI-SP

**SENAI**  
SÃO PAULO

Um dos equipamentos mais comuns em áreas fabris são os motores elétricos, possuindo largas aplicações, como exemplo, bombas, ventiladores, misturadores, máquinas de elevação, dentre outras. Segundo a Eletrobrás, os motores elétricos respondem por 60% do consumo de energia elétrica no Brasil. Devido a tal importância, este trabalho relata uma análise estatística das medições dos parâmetros dielétricos os quais são um método de manutenção preditiva.

“A manutenção preditiva pode, neste cenário, identificar uma condição de operação insatisfatória antecipadamente, predizendo a falha antes que isso resulte num efetivo prejuízo para a empresa” (LEME, 2017, p. 17).

Este trabalho evidencia a correlação da variação dos valores medidos de resistência, isolamento e resistência elétrica do estator de diversos equipamentos similares, com idênticas aplicações, com tempos de operações variados a fim de calcular o índice de polarização (IP) e índice de absorção (IA), fatores padronizados para manutenção preventiva elétrica nas indústrias. A noção de quanto tempo de operação por meio do valor de IA e IP tem o potencial de comutar esta manutenção de preventiva à preditiva, uma vez que se conhece quanto tempo de operação ainda resta ao motor. Estes motores operam nos sistemas de geração de energia dentro de plataformas FPSOs (*Floating Production Storage and Offloading*) de uma petroleira operante na costa brasileira.

O resultado do trabalho tem por objetivo ajudar técnicos e engenheiros numa avaliação de predição sobre a vida útil destes motores e aplicá-las em outros equipamentos, também similares nas diferentes plantas.

A referência utilizada é o manual da Vortex (2019), que se apresenta na figura 1 abaixo:

Tabela 1 – Índices de Isolamento

<i>IP</i>	<i>IA</i>	Estado do isolamento
$IP < 1,0$	-	ruim
$1,0 < IP < 2,0$	$1,0 \leq IA < 1,25$	questionável
-	$1,25 \leq IA < 1,4$	aceitável
$2,0 \leq IP < 4,0$	$1,4 \leq IA < 1,6$	bom
$IP \geq 4,0$	$IA \geq 1,6$	muito bom

Fonte: VORTEX, 2019

## 2 METODOLOGIA

Para se obter os dados se fez necessário a utilização de três métodos muito usuais em manutenção de motores ou geradores, são eles: Teste de isolamento, Teste de absorção-dielétrica e Índice de absorção.

Este método é realizado para determinar e detectar os níveis de umidade, poeira e contaminação que estão presentes nos enrolamentos dos motores que geram falhas e comprometem o desempenho de equipamentos como, por exemplo: turbinas, compressores, centrífugas e etc. Na manutenção preventiva, os valores são comparados com os resultados das diversas medições realizadas ao longo do tempo, como resultados são apresentados os níveis de deterioração do material isolante. Para isso, realiza-se o teste do índice de polarização,



absorção dielétrica e resistência de isolamento em qualquer escala do megômetro, dentre elas: 500V, 1000V, 2500V ou 5000V. Para calcular o resultado, divide-se o valor obtido em 10 minutos pelo valor obtido em 1 minuto.

Foram conectados os terminais de saída de cor preta (negativo) do megômetro na carcaça do motor e o terminal de saída cor vermelha (positivo) na fase R do motor e ajustado a escala do instrumento em 500V. Assim que injetada a tensão selecionada no estator do motor, aguardou-se a leitura do valor medido estabilizar (resistência de isolação). Na sequência, foi feito o mesmo procedimento para medir as fases S e T em relação a terra e entre elas mesmas.

### 3 RESULTADOS

Os dados foram levantados em oito motores diferentes em quatro plataformas. Os motores 1 e 2, 3 e 4, 5 e 6, 7 e 8 tinham tempos de operação iguais, uma vez que estavam operando nas mesmas plataformas.

Tabela 2 - Valores médios dos dados de resistência ( $G\Omega$ ), Índice de Polarização(IP) e Índice de Absorção(IA) e Tempo de operação (Meses)

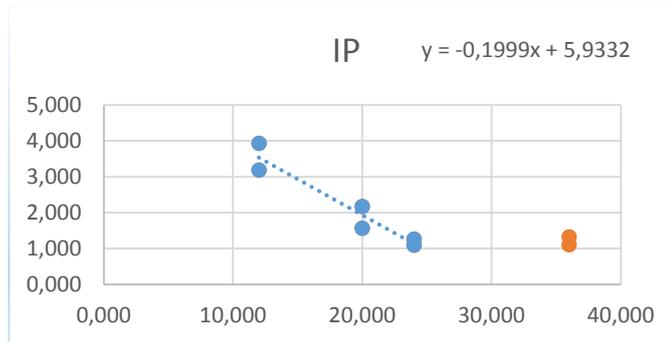
Plat	Motor	Médias						Tempo de operação	de
		30 SEG	1 MIN	10 MIN	IP	IA			
A	Mot1	3,250	3,913	4,305	1,102	1,206	36,000		
A	Mot2	3,975	4,753	6,285	1,323	1,197	36,000		
B	Mot3	5,617	7,617	8,317	1,095	1,363	24,000		
B	Mot4	8,233	11,333	14,328	1,264	1,377	24,000		
C	Mot5	7,155	12,515	20,200	1,568	1,545	20,000		
C	Mot6	3,450	6,333	26,000	2,166	1,310	20,000		
D	Mot7	5,162	7,112	29,343	3,183	1,373	12,000		
D	Mot8	4,888	10,242	66,069	3,930	1,517	12,000		

Fonte: Autoria própria (2019)

As informações de IP e IA ao longo do tempo estão apresentadas nos gráficos 1 e 2 a seguir:

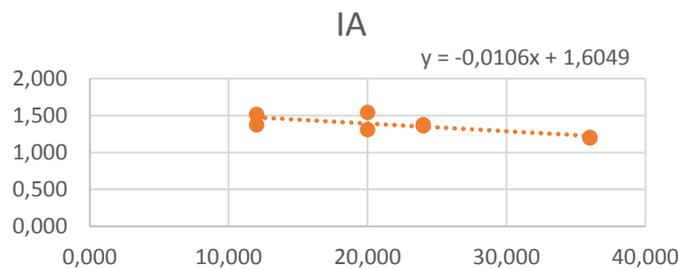


Gráfico 1 - IP ao longo do tempo



Fonte: Autoria própria (2019)

Gráfico 2 - IA ao longo do tempo



Fonte: Autoria própria (2019)

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nota-se que os últimos dois pontos do gráfico 1 foram desprezados por estarem fora da expectativa da reta de tendência. Os motores analisados possivelmente passaram por alguma manutenção corretiva, ou ainda ficaram fora de operação por um longo período.

O índice de absorção apresentou queda ao longo do tempo, como esperado, permitindo então obter-se a estimativa de tempo de operação deste motor nesta aplicação. As diferentes aplicações podem gerar tempos diferentes, uma vez que apresentam potências, correntes nominais, tensões e locais de instalação próprios, o que caracteriza cada curva como única. Os motores analisados são de ventiladores do gerador elétrico das plataformas.

As equações do  $IP(t)$  e  $IA(t)$  para o caso analisado são as seguintes:

$$IP(t) = -0,1999t + 5,9332 \quad (\text{Equação 1})$$

$$IA(t) = -0,0106t + 1,6049 \quad (\text{Equação 2})$$

Sendo  $t$  – tempo em meses.

No caso da determinação de IP abaixo de 1, o que já é uma condição perigosa, tem-se o tempo de operação de acordo com a tabela 3:



Tabela 3 – Cálculo de tempo crítico de operação

IP	Mês
5,9332	0
4,9337	5
3,9342	10
2,9347	15
1,9352	20
1,7353	21
1,5354	22
1,3355	23
1,1356	24
0,9357	25

Fonte: Autoria própria (2019)

Desta forma, vinte e cinco meses em média é o limite de operação dos motores analisados, utilizando-se o critério de IP para este tipo de motor.

## REFERÊNCIAS

FERREIRA, Carlos Aparecido (Coord.). **Motor elétrico premium**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2016. Disponível em: <https://www.procobre.org/pt/wp-content/uploads/sites/4/2018/03/motor-premium-2016.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2019.

GUEDES, A.S. **Estudo e proposição de técnicas para a avaliação do isolamento em motores de indução trifásicos de baixa e média tensão**. 2018. 215 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

LEME, Murilo Oliveira. **Metodologia de manutenção preditiva para motores elétricos baseada em monitoramento de variáveis físicas e análise multicritério**. 2017. 182 f. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2905/1/PG\\_PPGEP\\_D\\_Leme%2C%20Murilo%20Oliveira\\_2017.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2905/1/PG_PPGEP_D_Leme%2C%20Murilo%20Oliveira_2017.pdf). Acesso em: 21 ago. 2019

VORTEX. **Teste de resistência de isolamento**. Belo Horizonte: Vórtex Equipamentos: Fluke, 2019. 8 p. Disponível em: [http://www.vortex.com.br/notas/resistencia\\_%20isolamento.pdf](http://www.vortex.com.br/notas/resistencia_%20isolamento.pdf). Acesso em: 21 ago. 2019.

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer o corpo docente do SENAI de Santos, em especial os professores Humberto Megda e Mirena Costa pela atenção dada na confecção deste artigo.

## **SOBRE OS AUTORES**

### **<sup>1</sup> MARCIO LUCIO FERREIRA (ALUNO)**



Possui formação Técnica em Instrumentação Industrial pela Escola e Faculdade Fortec, campus São Vicente (2004), cursando atualmente Tecnologia em Automação Industrial pela Faculdade SENAI de Tecnologia de Santos (2019). Tem experiência na área de projetos e manutenção elétrica, instrumentação e automação industrial. Trabalha atualmente como técnico de Instrumentação na empresa COMAU do Brasil, empresa do ramo de automação de processos químicos na área da DOW.

### **<sup>2</sup> NATHAN NASCIMENTO LEANDRO MENDES (ALUNO)**



Possui curso de aprendizagem industrial (CAI) como eletricitista de manutenção pelo SENAI de Cubatão (2017), cursando atualmente Tecnologia em Automação Industrial pela Faculdade SENAI de Tecnologia de Santos (2019). Atua na área de faturamento de produtos da Ultragaz S/A, em Santos/SP.

### **<sup>3</sup> NEWTON MACIEL JUNIOR (ALUNO)**



Possui graduação em Engenharia Mecânica pela UNESP, campus de Ilha Solteira (2014), cursando atualmente Tecnologia em Automação Industrial pela Faculdade SENAI de Tecnologia de Santos (2019). Tem experiência na área de projetos mecânicos e automação de equipamentos. Trabalha atualmente no setor de engenharia de controle e automação na SSE do Brasil, empresa do ramo de automação de turbo máquinas.

### **<sup>4</sup> RÔMULO FERREIRA DOS SANTOS (ALUNO)**



Cursando atualmente Tecnologia em Automação Industrial pela Faculdade SENAI de Tecnologia de Santos (2019). Tem experiência na área comercial. Atua no departamento de vendas na Durag Siena, empresa que atua no ramo de combustão e emissões localizada em Diadema – SP.

### **<sup>5</sup> HUMBERTO DE SOUSA MEGDA (ORIENTADOR)**



Graduado em Engenharia de Telecomunicações e Mestrado pela UNISANTA e Licenciado em Matemática pela FIAR. Atualmente é Professor de Educação Tecnológica na Faculdade SENAI de Automação Industrial, Professor Assistente Especialista na UNAERP e Engenheiro de Projetos de Eficiência Energética na USIMINAS. Foi Coordenador de Curso Técnico no Colégio Adélia e possui experiência nas áreas de eletroeletrônica e informática.