

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE

FERNANDO CÉSAR PINTO

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE
GERADORES A DIESEL EM HORÁRIO DE PONTA, CONSIDERANDO
A PROBABILIDADE DE FALHA DOS EQUIPAMENTOS E RISCO DA
OPERAÇÃO FUTURA**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

Curitiba

2015

FERNANDO CÉSAR PINTO

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE
GERADORES A DIESEL EM HORÁRIO DE PONTA, CONSIDERANDO
A PROBABILIDADE DE FALHA DOS EQUIPAMENTOS E RISCO DA
OPERAÇÃO FUTURA**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Confiabilidade, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Rigoni

Curitiba
2015

RESUMO

PINTO, Fernando César. **ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE GERADORES A DIESEL EM HORÁRIO DE PONTA, CONSIDERANDO A PROBABILIDADE DE FALHA DOS EQUIPAMENTOS E RISCO DA OPERAÇÃO FUTURA.** Monografia do Curso de Especialização em Engenharia da Confiabilidade do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

A uma busca crescente pela redução do consumo energético se estabeleceu a tarifa diferenciada em horário de maior consumo, chamado de horário de ponta, período definido pela distribuidora e aprovado pela ANEEL para toda sua área de concessão, considerando a curva de carga de seu sistema elétrico e composto por 3 (três) horas diárias consecutivas, exceção feita aos sábados, domingos e feriados definidos por lei federal. Resolução Normativa ANEEL n. 482. Os geradores a diesel, antes utilizados somente para suprir a falta de energia na concessionária, são uma possibilidade real e de fácil implantação. Este artigo tem como objetivo analisar a viabilidade econômica para utilização de geradores a diesel em horário de ponta na indústria de fibrocimento, considerando além dos custos operacionais a confiabilidade do equipamento e o risco da falha em caso de falta de energia da concessionária entre outras questões envolvendo a engenharia de confiabilidade.

Palavras-chave: Viabilidade econômica, geradores a diesel, confiabilidade e risco.

ABSTRACT

PINTO, Fernando César. **ANALYSIS OF ECONOMIC FEASIBILITY OF USE DIESEL GENERATORS IN RUSH HOURS, CONSIDERING THE FAILURE PROBABILITY OF EQUIPAMENT AND OPERATION OF RISK FUTURE.** Monograph of Specialization in Reliability Engineering of Academic Department of Electrical Engineering at Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2015.

The increasing efforts to reduce energy consumption has established the special rates in higher consumption periods, called peak hours, a period defined by the distributor and approved by ANEEL for all its concession area, considering the load curve of your electrical system and composed of 3 (three) consecutive hours daily, except Saturdays, Sundays and holidays defined by federal law. Normative Resolution ANEEL. 482. The diesel generators, previously used only to address the lack of energy at the dealership, are a real possibility and easy to deploy. This article aims to analyze the economic feasibility for use of diesel generators in peak hours in the fibrocement industry, considering well as operational costs equipment reliability and the risk of failure in case of lack of energy Dealers among other issues involving the reliability engineering.

Key Words: Economic viability, diesel generators, reliability and risk.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Distribuição de Gumbel.....	2
---	---

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Custos operacionais.....	4
FIGURA 2 – Probabilidade de falha condicional.....	5
GRÁFICO 1 – Função densidade de probabilidade.....	3

LISTA DE SIGLAS, acrônimos e Abreviaturas

SIGLA **SIGNIFICADO**

PDF Probability Density Function - Função Densidade de Probabilidade

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. TEMA.....	1
3. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	1
4. DESENVOLVIMENTO.....	2
5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	2
6. Conjunto Motor Gerador.....	3
6.1 Viabilidade Financeira	4
6.2 Viabilidade técnica.....	4
6.2.1 Perfil operação em regime de emergência.....	5
6.2.2 Perfil operação em horário de ponta.....	5
7. CONCLUSÃO.....	7
REFERÊNCIAS.....	8

1. Introdução

A indústria de fibrocimento, devido ao seu processo, com matérias primas como cimento e calcário, sempre possuiu sistemas de emergência contra falta de energia elétrica, que eram utilizados apenas durante a ausência de energia da concessionária e rodavam cargas prioritárias, a fim de evitar que o sistema de produção fosse concretado e os prejuízos da falta de energia superdimensionados.

A partir de metade da década passada, mais precisamente no ano de 2008, este sistema foi incrementado e passou a operar também no horário de ponta, para esta decisão foram consideradas as seguintes variáveis:

- Consumo de energia no horário de ponta (kWh);
- Custo da energia no horário de ponta (R\$/kWh);
- Eficiência dos geradores a diesel (L/kWh);
- Custo estimado da operação com os geradores (R\$/kWh).

2. Tema

O foco do estudo é comparar o custo final da operação industrial com a energia elétrica da concessionária, em relação ao custo final da operação industrial com a energia elétrica gerada através de geradores a diesel, levando em consideração, não somente análise financeira da operação, mas também a probabilidade de falha do equipamento na operação futura e o risco dessa probabilidade de falha ao processo produtivo.

3. Estrutura do trabalho

O trabalho terá seu desenvolvimento teórico e financeiro, onde serão apresentados os cálculos e metodologias aplicadas e uma conclusão sobre a operação dos geradores em horário de ponta, tanto do ponto de vista econômico quanto técnico-operacional.

Não serão aprofundados temas como base tributária e outros aspectos econômicos relacionados a crédito de impostos e direito tributário, porém é sabido que tais aspectos são de extrema importância para tomada de decisão da operação.

4. Desenvolvimento

O estudo é realizado em uma planta de fibrocimento no estado do Paraná, com um perfil energético de consumo médio de energia na ponta de 152.113 kWh e uma demanda na ponta de 2.450 kW, com tarifação verde onde o custo da tarifa na ponta é em média 2,5 vezes mais caro que a tarifa em horário convencional.

5. Procedimentos metodológicos

Para análise de viabilidade técnico econômica desta operação, consideramos além da eficiência dos geradores a diesel, ou seja, relação de consumo de óleo diesel para geração de energia, seu custo de manutenção, o custo da depreciação acelerada do equipamento, analisando para isto, a probabilidade de falha da operação futura e o custo estimado desta falha.

Foram armazenadas todas as datas de falhas dos geradores durante o período de operação e incorporado um horímetro virtual para saber em que momento da vida útil dos gerados as falhas ocorreram.

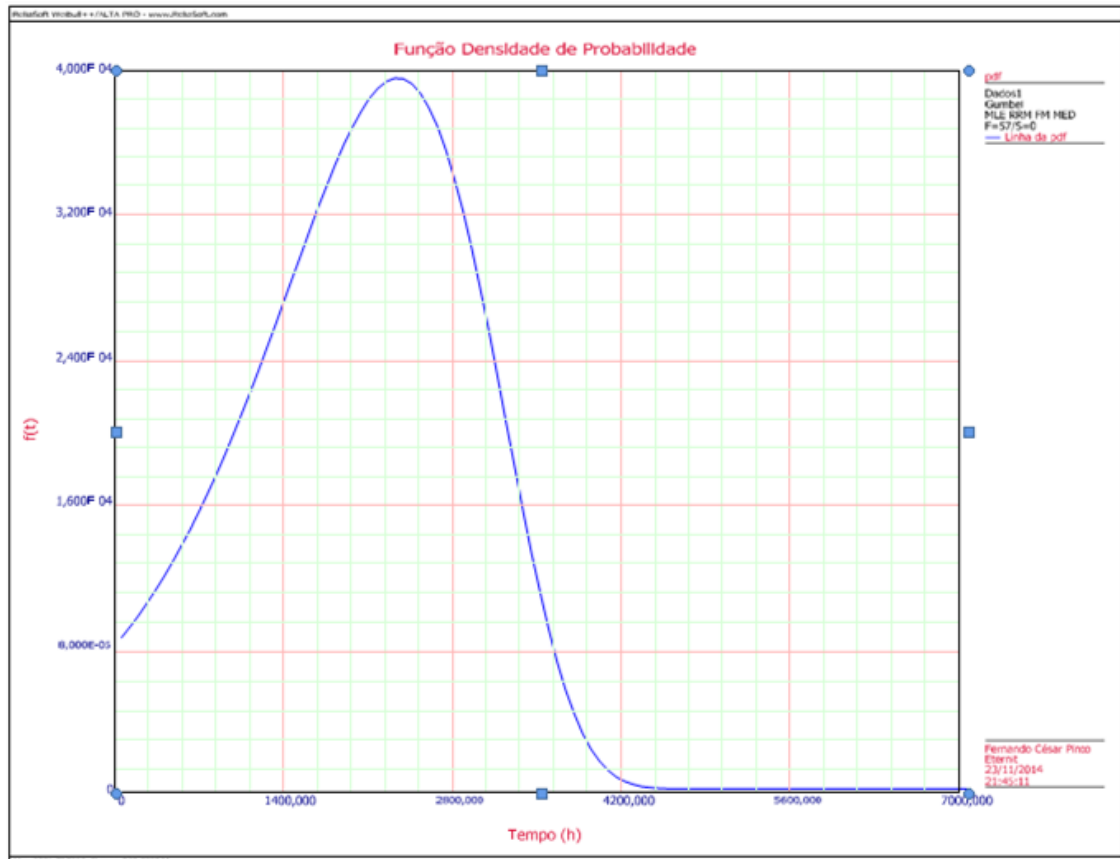
Através do software ALTA, identificamos a distribuição da amostra e através do assistente de distribuição e do teste de aderência, verificamos que a distribuição que melhor se aproxima dos dados é a Gumbel, desta maneira temos a função densidade de probabilidade, que nos dá a probabilidade de falha ao longo do tempo

Tabela 1 – Distribuição de Gumbel

Relatório de Resultados Simplificado		
Tipo de	Resultados Weibull++	
Informações do		
Usuário	Fernando César Pinto	
Empresa		
Data	20/12/201	
Parâmetros		
Distribuição:	Gumbel-2P	
Análises:	MLE	
Método do IC:	FM	
Rankeando:	MED	
Mu (h)	2286,78728	
Sigma (h)	928,839534	
Valor da LK	-	
F \ S	57 \	
LOCA L VA R/COV MA		
	Var-	CoVar=-

	CoVar=-	Var-S
Fim do Relatório de Resultados Simplificado		
Fonte: próprio autor.		

Gráfico 1 – Função densidade de probabilidade



Fonte: próprio autor.

6. Conjunto Motor Gerador

Dados técnicos dos equipamentos utilizados no estudo, base fabricante:

Motor diesel, marca Mitsubishi, modelo S16R- PTA, tipo injeção direta turbo alimentado com *aftercooler*, 16 cilindros em “V”.

Gerador, alternador síncrono, trifásico, *brushless*, com excitatriz rotativa sem escovas e regulador automático de tensão.

- Potencia nominal: 2960 (kVA);
- Rendimento: 0,2777 (l/kWh).

6.1 Viabilidade financeira

De acordo com os dados retirados da indústria analisada, podemos observar na figura abaixo, considerando a conta bruta, sem os impostos e tributos de cada operação, que temos uma economia mensal de R\$21.101,71.

Figura 1 - Custos operacionais.

Custo de Manutenção (R\$)	
R\$	27.193,18
Energia Gerada (kWh)	
152744	
Consumo de Diesel (l)	
42417,0	
Custo Operação Geradores (R\$)	
R\$	131.114,85
Custo concessionária (R\$/kWh)	
0,99	
Energia Adquirida (kWh)	
152744	
Custo Operação (R\$)	
R\$	151.216,56

Fonte: Próprio autor.

A economia anual de R\$ 241.220,50 é uma grande atrativo para utilização dos geradores nesta condição, porém um fator não analisado que deve ser considerado para a tomada de decisão é a tributação da energia elétrica em relação à tributação do diesel na operação.

6.2 Viabilidade técnica.

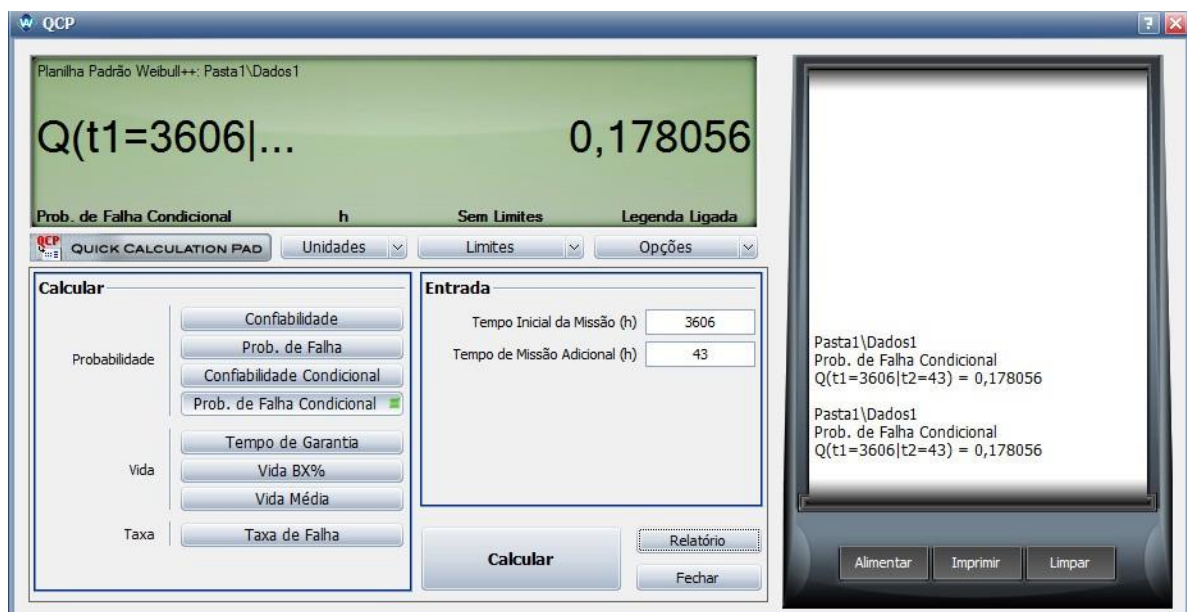
Além da análise puramente financeira da operação consideramos a análise técnica, baseada na engenharia de confiabilidade, para inclusão da probabilidade de falha da operação para o período futuro na utilização dos equipamentos ou do risco de falha deste equipamento na falta de energia elétrica da concessionária local.

Considerando todas as falhas durante a operação de 5 anos dos geradores e utilizando a calculadora paramétrica (QCP) do ALTA podemos calcular as probabilidades de falhas condicionais, que nos permite encontrar a probabilidade de falha dos equipamentos, considerando o tempo inicial de operação do equipamento,

3606 horas, e uma estimativa de tempo adicional simulando sua probabilidade de falha da operação futura, ou seja, depois da 3606 horas.

6.2.1 Perfil operação em regime de emergência

Figura 2 - Probabilidade de falha condicional.

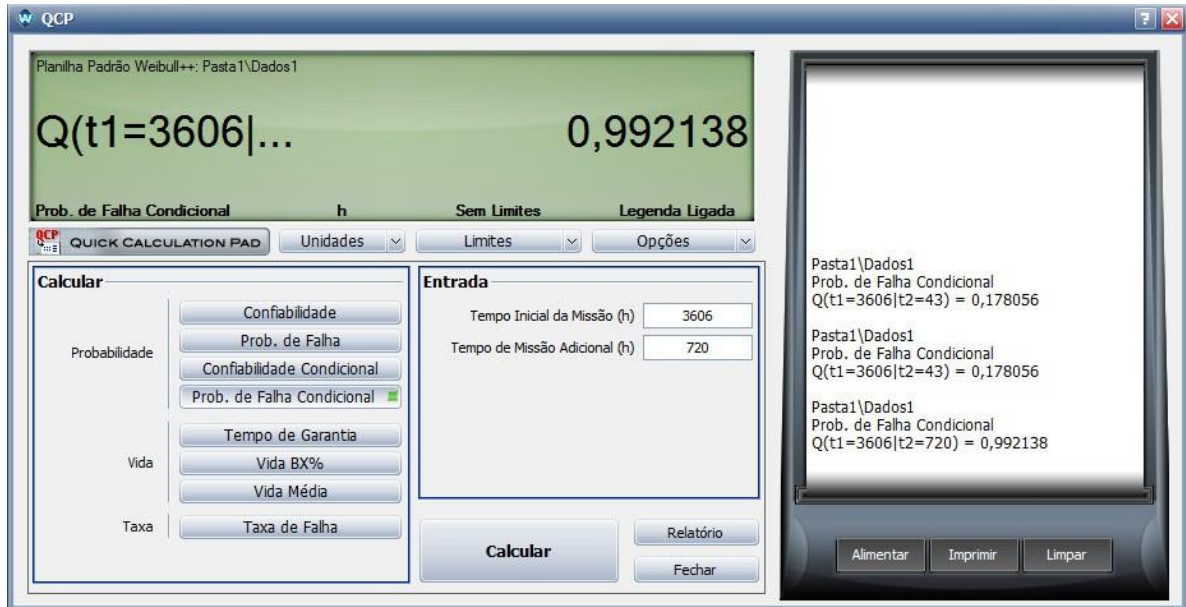


Fonte: Próprio autor.

Considerando a duração média de interrupção anual da concessionária de energia (DIC) em 43 horas (COPEL), temos uma probabilidade de falha na operação dos geradores em caso de emergência de 17,8% ano.

6.2.2 Perfil operação em horário de ponta

Figura 3 - Probabilidade de falha condicional.



Fonte: Próprio autor.

Considerando a operação em regime de ponta, 3 horas por dia, de segunda a sexta feira, durante um ano, temos 720 horas anuais e a probabilidade de falha dos geradores vai para 99,2% ano.

7. Conclusão

Apesar da previa viabilidade econômica da operação, temos um impacto significativo na probabilidade de falha da operação futura devido à depreciação do equipamento, que em sua concepção, não foi projetado para operação contínua.

Considerando que o custo para retomada da falha é de R\$ 18.000,00 a hora na indústria analisada, toda falha do equipamento gera um prejuízo significativo ao custo de produção, sendo que o limite de tolerância para o risco da operação da indústria estudada é de 20%, inviabilizando a operação.

Outro fato importante não mensurado na análise financeira é o risco de acidente que a falta de energia por um período prolongado pode causar, o fato do equipamento de emergência não atuar de maneira correta, impacta não somente no prejuízo financeiro imeditado pela não sequencia de produção, mas no risco de acidente devido a uma serie de manobras operacionais para o cenário sem energia elétrica.

O estudo se mostrou importante para tomada de decisão, visto que a operação bruta se tornou atrativa, porém apenas com um aprofundamento técnico, tivemos fatos e dados para inviabilizar a operação e gerar mais lucro para a companhia, a decisão da operação varia com a estratégia de cada indústria, pois dependendo da taxa mínima de atratividade, da taxa interna de retorno e gestão estratégica de ativos pode se optar pela operação ou não dos geradores a diesel em horário de ponta.

Para o atual cenário econômico e energético do país, é extremamente importante o conhecimento das técnicas empregadas no artigo, visto que alterações nos custos da energia elétrica, óleo diesel, ou até mesmo na legislação tributaria, causam impactos significativos nessa análise, e recomenda-se que mensalmente sejam analisados tais fatores, a fim de garantir a operação mais rentável.

Referências

Pereira, Mário. (2010). Técnicas Avançadas de Manutenção. Filho, Gil. (2010). Custo de Manutenção.

Smith, Anthony M. (2003). *RCM Gateway to world class* . Nakajima, S. (1982). *Total productive maintenance*. ISEDI.

Gitman, Lawrence J. (2010). Princípios de Administração Financeira Perroti & Vasconcelos (2010). Gestão de Áreas Técnicas

<http://reliawiki.com>.

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

<http://www.copel.com>