

# FMECA NO SISTEMA DE PROTEÇÃO DO COMPRESSOR DE OXIGÊNIO N° 8 COSIPA<sup>1</sup>

Jeiffer Fonseca Cardoso<sup>2</sup>  
Antonio Luiz Correa de Moraes<sup>3</sup>  
Marcelo Florêncio<sup>4</sup>  
Edson de Vasconcelos Nunes<sup>5</sup>  
José Roberto Almeida Leite<sup>6</sup>  
Eric Barduc Straub<sup>6</sup>

## Resumo

A Cosipa fornece oxigênio gasoso para o processo de Aciaria através de quatro compressores que operam continuamente e sem equipamento reserva, fazendo com que a gestão de manutenção seja diferenciada, objetivando a redução de falhas e intervenções. Para aumentar a confiabilidade do equipamento, a equipe da Cosipa utilizou a metodologia FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) para avaliar o sistema de proteção do compressor de oxigênio n° 8 e assim garantir que em caso de falha de algum componente, o equipamento desligue dentro dos parâmetros de projeto. Este trabalho objetiva mostrar como a Cosipa conduziu as análises e as ações para aumentar a confiabilidade no sistema de proteção do compressor.

**Palavras-chave:** FMECA; Confiabilidade; Sistema de proteção.

## FMECA AT THE PROTECTION SYSTEM OF THE COSIPA N. 8 OXYGEN COMPRESSOR

### Abstract

Cosipa supplies the gaseous oxygen for the Steel Plant process through four compressors which operates continuously and without standby equipment, making the maintenance management in a different way, aiming at failures and interventions reduction. To increase the equipment reliability, the Cosipa team made use of FMECA methodology (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) to evaluate the protection system of the n. 8 Oxygen compressor and therefore to guarantee that in the event of a failure in any component part, the equipment will switch off following the project parameters. This research aims to show how COSIPA has conducted the analysis and the actions with the purpose of increasing the reliability in the protection system of the compressor.

**Key words:** FMECA; Reliability; Protection system.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 23º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2008, Porto Seguro, BA*

<sup>2</sup> *Analista de manutenção da Gerência de Oxigênio e Distribuição de Utilidades – Cosipa;*

<sup>3</sup> *Analista de suporte a produção da Gerência de Oxigênio e Distribuição de Utilidades – Cosipa;*

<sup>4</sup> *Supervisor de suporte a produção da Gerência de Oxigênio e Distribuição de Utilidades – Cosipa;*

<sup>5</sup> *Inspetor elétrico da Gerência de Oxigênio e Distribuição de Utilidades – Cosipa;*

<sup>6</sup> *Instrumentista da Gerência de Instrumentação e Equipamentos Especiais – Cosipa.*

## 1 INTRODUÇÃO

A FMEA/FMECA foi desenvolvida pela indústria Militar Americana - Procedimento MIL-P-1629, titulada de *Procedures for Performing e Failure, Mode, Effects and Criticality Analysis*, documento datado de 9 de novembro de 1949, dando origem a metodologia a qual foi aperfeiçoada pela NASA e outras instituições.

A FMEA é uma técnica de análise que foi desenvolvida para ser aplicada em componentes objetivando principalmente a diagnose dos modos de falhas do sistema, identificando todas as possibilidades pelas quais o componente possa apresentar defeitos, avaliando as conseqüências sobre a instalação e/ou o equipamento.

Como o próprio nome da técnica diz, é um método útil para documentar de forma organizada os modos e os efeitos de falhas dos componentes.

Apesar da FMEA ser uma técnica de análise essencialmente qualitativa, sua derivação, a FMECA pode-se quantificar as freqüências de ocorrências dos modos de falhas, bem como o grau (categoria, classe) de severidade dos seus efeitos. O modelo não provê cálculo da confiabilidade total dos sistema, mas pode servir como base de dados de outras análises de confiabilidade.

Numa FMEA/FMECA pode-se focar os aspectos relacionados com a confiabilidade do sistema, assim como a segurança da instalação, podendo avaliar a gravidade com relação à continuidade operacional do sistema.

## 2 ESCOLHA DO PROJETO

Em função da necessidade de alta disponibilidade operacional dos compressores de oxigênio, onde os mesmos operam continuamente sem equipamento reserva, faz com que o controle de manutenção desses equipamentos seja realizado de forma diferenciada, sendo fundamental a confiabilidade do sistema de proteção.

Este diferencial têm possibilitado a Cosipa manter a estratégia de não investir em um ativo de alto custo para a configuração de ter um equipamento reserva.

Como a COSIPA passa por uma fase de consolidação do projeto de TPM (*Total Productive Management*) onde o "Pilar de Manutenção" está em fase de expansão de sua metodologia, as equipes são motivadas a realizar projetos de melhoria nos equipamentos, utilizando-se de vários roteiros, como: "Redução de Quebras", "Redução de *Set Up*", "Eficiência de Grupo" e "FMECA". Os projetos são realizados em "ondas" com freqüência de quatro meses.

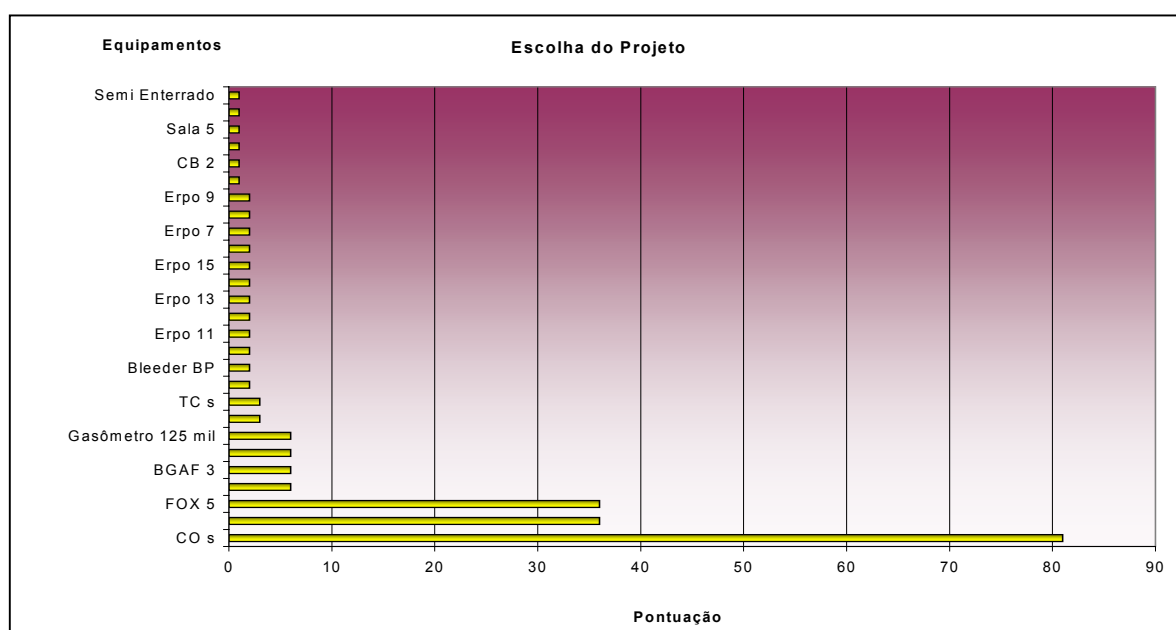
Na Gerência de Oxigênio e Distribuição de Utilidades, foi realizado uma estratificação onde foi evidenciado uma criticidade alta na falha dos compressores de oxigênio, podendo interferir diretamente na produção de aço da empresa.

Conforme demonstrado na Tabela 1, foram elaboradas questões para quantificar a criticidade dos equipamentos com relação ao custo e interferências na produção, tendo como maior grau de criticidade o número 3 (três).

**Tabela 1:** Pontuação de criticidade dos equipamento da gerência.

Equipamentos	Criticidade				Total
	O equipamento interfere na produção ?	O equipamento só aumenta o custo operacional ?	O equipamento interfere na produção e aumenta o custo operacinal	Tempo de recomposição do equipamento 1 dia= 1; < 1 semana= 2; > 1 semana = 3	
CO s	3	3	3	3	81
FOX 4	2	3	3	2	36
FOX 5	2	3	3	2	36
BGAF 2	3	1	1	2	6
BGAF 3	3	1	1	2	6
Gasômetro 10 mil	1	2	1	3	6
Gasômetro 125 mil	1	2	1	3	6

Na Figura 1, nota-se que dentre os principais equipamentos da gerência, os compressores de oxigênio apresentam o maior grau de criticidade.



**Figura 1:** Gráfico de Pareto de criticidade dos equipamentos.

### 3 HISTÓRICO DE FALHAS

O sistema de proteção dos compressores é considerado eficiente e bem projetado. A taxa de falhas do sistema é baixa, visto que durante a operação de seus quatro compressores de oxigênio (1978 - 2008), ocorreram apenas três eventos onde o sistema de proteção não atuou adequadamente, causando danos ao equipamento.

Em um dos eventos, ocorreu apenas danos leves aos mancais do compressor, o que foi reparado somente com rasquetamento dos mesmos, porém os demais eventos ocasionaram intervenções para reparo por um longo período. Mesmo apresentando poucas falhas, uma análise mais detalhada do sistema se fez necessária pela importância do equipamento para o processo.

## 4 DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

O compressor de Oxigênio n° 8 tem a seguinte forma construtiva: um motor elétrico; dois conjuntos rotativos; de alta e baixa pressão interligados por uma multiplicadora; cinco trocadores de calor; sistema de lubrificação com duas bombas de óleo; exaustores de óleo; trocador de calor e cárter; sistema de selagem dos labirintos por nitrogênio e todo um sistema de proteção para intertravamento do conjunto.

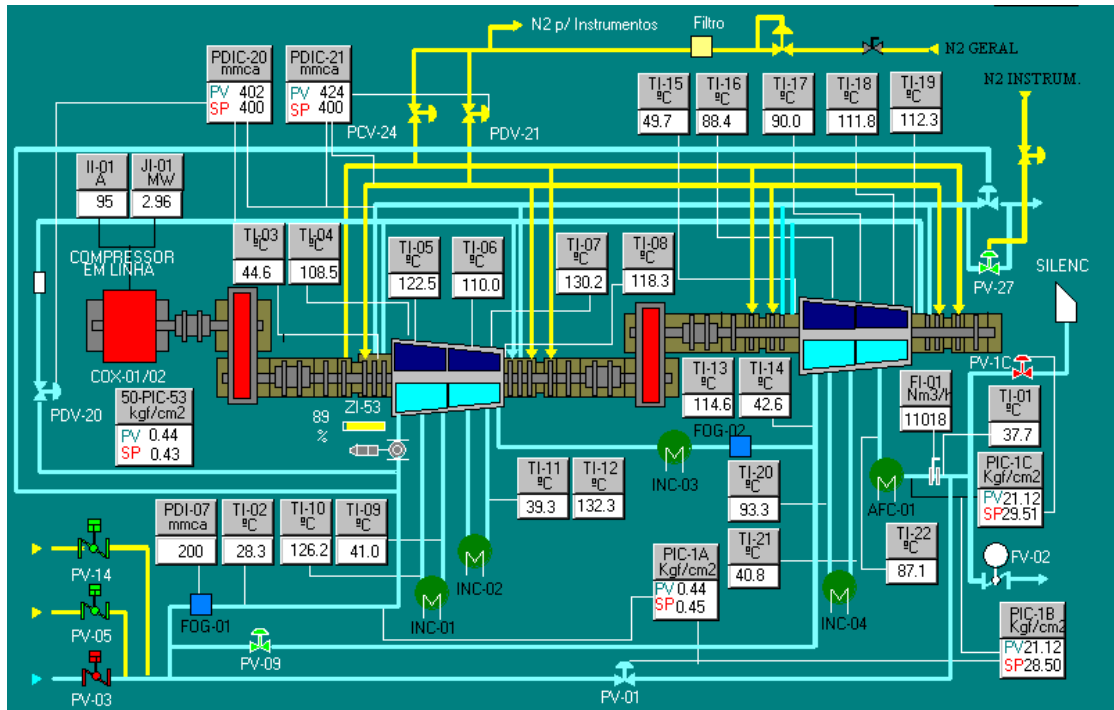


Figura 2: Compressor de Oxigênio.

## 5 ANÁLISE DOS MODOS DE FALHAS

Para iniciar a FMECA no sistema de proteção, a equipe mapeou todos os componentes do sistema de proteção bem como elaborou uma árvore de lógica de atuação dos componentes até o componente final - o desligamento do disjuntor de partida do motor elétrico.

Foram mapeados 28 malhas de controle, 13 circuitos de trip, 48 componentes e 96 modos de falhas. A partir do mapeamento dos componentes, seus modos de falhas foram analisados, identificando o efeito no equipamento. A Tabela 2 exemplifica um dos componentes e seu respectivo modo de falhas, consequência e efeito.

**Tabela 2:** Análise do modo de falha.

Circuito de TRIP	Componente	Modo de falha	Consequencia	Efeito
Circuito de TRI temperatura de carcaça/mancal/óleo e estágios	Termopar	sinal aberto	indicação de final de escala	Trip no compressor
		curto circuito	indicação de temperatura ambiente	sem proteção

Para surpresa da equipe, foi evidenciado que alguns modos de falhas não iriam proteger o equipamento corretamente.

## 6 ANÁLISE DA CRITICIDADE

A etapa seguinte consiste na quantificação da criticidade, onde foram determinados critérios de pontuação para os seguintes itens:

### 6.1 Falha Oculta

Entende-se como falha oculta aquela que, caso o componente venha a falhar, não será possível constatar o evento e que caso ocorra um comportamento anormal da variável, o componente não irá atuar. Exemplo: relê de proteção que opera desenergizado e esteja inoperante. Caso o sistema necessite de atuação do relê o mesmo não executará a função de fechamento de contato.

Segue abaixo critério de pontuação:

- A falha não é oculta = 1
- A falha é oculta = 3.

### 6.2 MTBF (Tempo Médio entre Falhas)

Para cada componente foi verificado o tempo médio de falhas e criado um critério de pontuação:

- MTBF menor que 6 meses = 3;
- MTBF entre 6 meses e 1 ano = 2;
- MTBF maior que 1 ano = 1.

### 6.3 Efeito do modo de falha

Caso ocorra o modo de falha o mesmo irá fazer com que o equipamento seja desligado, tendo a seguinte pontuação:

- Protege o Equipamento = 1;
- Não Protege o Equipamento = 3.

## 6.4 Redundância

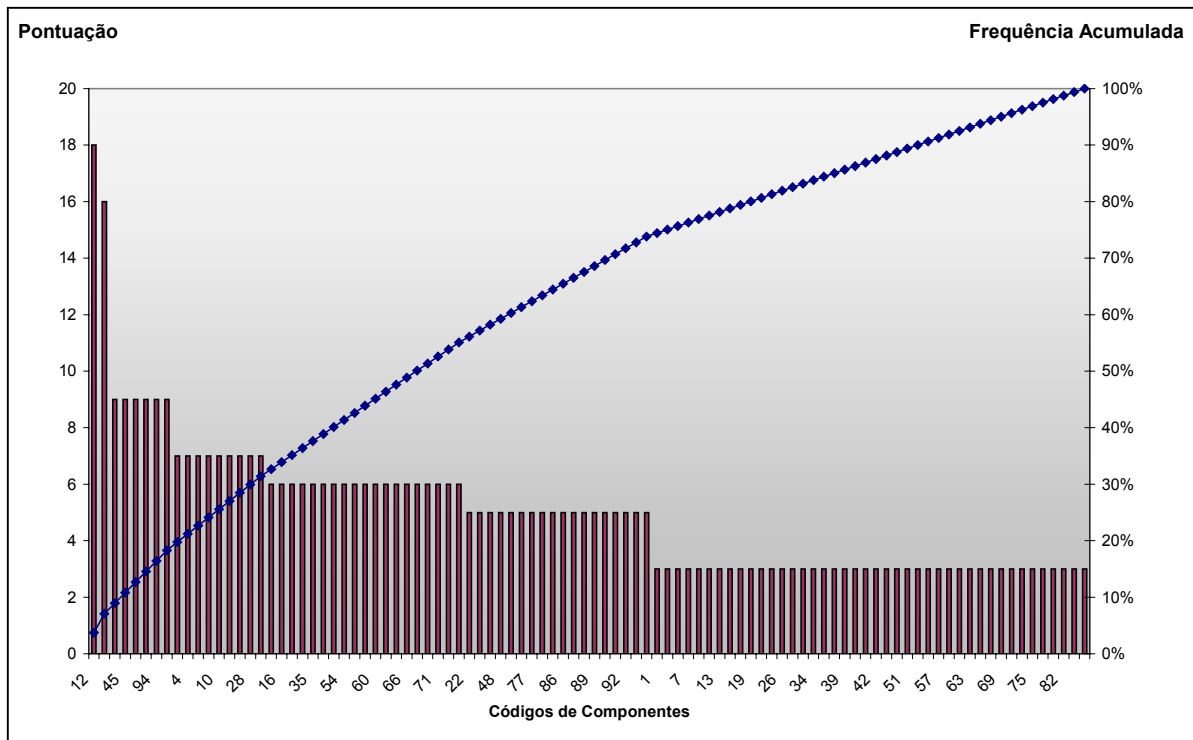
Mesmo tendo um componente que seja suscetível a falha e que a mesma não proteja o equipamento, existem outros componentes que irão atuar, como é o caso dos sensores de vibração dos mancais, pois o projeto foi concebido de modo que cada mancal possui dois sensores de vibração, existindo assim uma redundância da proteção. Para isto, foi estabelecido o seguinte critério de pontuação:

- Existe redundância = 1
- Não existe redundância = 3

**Tabela 3:** Análise de criticidade.

Circuito de TRIP	Componente	Modo de falha	Consequencia	Efeito	Criticidade	Pontuação 1 = Baixo; 2 = Médio; 3 = Alto	Grau de Criticidade
Circuito de TRI temperatura de carcaça/mancal/óleo e estágios	Termopar	sinal aberto	indicação de final de escala	Trip no compressor	Existe redundância ?	1	3
					A falha não é oculta?	1	
					A consequencia protege o equipamento	1	
		curto circuito	indicação de temperatura ambiente	sem proteção	Existe redundância ?	1	7
					A falha não é oculta?	3	
					A consequencia protege o equipamento	3	

Após a verificação da criticidade, foi realizado um Gráfico de Pareto para priorizar as ações a serem implantadas para aumentar a confiabilidade do sistema de proteção.



**Figura 3:** Gráfico de Pareto: Prioridade das Ações.

## 7 PLANO DE AÇÃO

Foram identificados treze oportunidades de melhorias para aumentar a confiabilidade do sistema de proteção do compressor. Na Tabela 4, consta o plano de ação utilizando a ferramenta de gestão 5W1H (O que?, Quem?, Quando? Onde?, Como?, Por que?,).

**Tabela 4: Plano de Ação.**

5W1H							
Componente	Modo de falha	O que?	Onde?	Quem ?	Como?	Por que?	Quando ?
Relê 86, cabo e Conexão	Contato aberto	Interligar linha de trip do rele com a linha de desligamento da bobina desliga	No disjuntor	Edson	Com uma interligação via cabo e correção do desenho G00D103DEE017	Garantir o desligamento do disjuntor	Fev de 2008
Relê PRI trip geral	Contato aberto	Instalar redundância de trip	No painel PRI	José Roberto/ Edson	Instalando um relê em paralelo com o relê PRI geral	Garantia do desligamento do compressor	jan/08
Relê PRI trip geral	Contato aberto	Plano preventivo de substituição do relê	No painel PRI	Edson	Fazendo troca periódica nas manutenções após 3 anos	Garantia do desligamento do compressor	jan/08
Tc de proteção, conexão e cabo	Curto circuito	O equipamento fica protegido pela outras duas fases, porem criamos uma PM11 para inspeção periodica	SAP	Edson	criando uma rotina de inspeção anual onde o inspetor vai verificar a corrente na entrada do rele	Garantir o funcionamento adquado dos reles de proteção	out/07
Cartão analógico do SDCD, Termopar, cabo e conexão	curto circuito	Instrução operacional, quando acontecer esta falha deve indicar open TC	Estação de controle	Eric e Florêncio	Criando uma instrução operacional.	Para que o operador conheça a importância de acionar a instrumentação no caso de alarme open TC	out/07
Cartão analógico do SDCD, Termopar, cabo e conexão	curto circuito	Duplicar comando de trip para o SDCD	CLP	Eric e José Roberto	Criando duplicidade do comando de trip	Garantir o desligamento do compressor	out/07
Cartão analógico do SDCD, termoresistência, conexão, cabo	curto circuito	Fazer uma LUP para atuação da operação no acionamento da instrumentação no caso de alarme istlow	No SDCD da Fox 4	Eric/ Florencio	Treinar os operadores da importancia do acionamento do alarme ist low	Garantir a proteção do equipamento	out/07
Cartão analógico do SDCD, termoresistência, conexão, cabo	curto circuito	Fazer um comando para que quando as 3 fases indicarem zero, desligue o compressor	No SDCD da Fox 4	Eric e José Roberto	Criando duplicidade do comando de trip	Garantir a proteção do equipamento	fev/08
Cartão analógico do SDCD, termoresistência, conexão, cabo	curto circuito	Instalar transmissor de temperatura com duas entradas	No SDCD da Fox 4	Eric e José Roberto	Criando duplicidade do comando de trip	Garantir a proteção do equipamento	fev/08
Monitor Bently	Parcial curto circuito	Duplicar a proteção do sensor de deslocamento	compressor e sala de interface	Jodney e Jeiffer	Instalando um sensor duplo	Garantir a proteção do equipamento	mar/08
Cartão de entrada digital	Contato fechado	Duplicar a proteção do sensor de deslocamento	compressor e sala de interface	Jodney e Jeiffer	Instalando um sensor duplo	Garantir a proteção do equipamento	mar/08
Pressostato, conexão, cabo, cartão de entrada digital, transmissor, cartão analógico SDCD entrada	Não acionamento do limite; curto circuito	Confirmar o funcionamento do duplo comando de proteção	Compressor	Eric e José Roberto	Instalar transmissor redundante	Garantir a proteção do equipamento	out/07
Pressostato, conexão, cabo, cartão de entrada digital, transmissor, cartão analógico SDCD entrada	Não acionamento do limite; curto circuito, sinal aberto	Confirmar o funcionamento do duplo comando de proteção	Compressor	Eric e José Roberto	Instalar transmissor redundante	Garantir a proteção do equipamento	out/07

## **8 CONCLUSÃO**

Com a utilização da metodologia FMECA, a equipe observou que mesmo em sistemas de proteção considerados bem projetados, alguns modos de falhas podem comprometer o desligamento do compressor adequadamente, podendo criar danos ao equipamento que levarão um longo tempo para reparo, podendo comprometer o fornecimento de oxigênio e como conseqüência a redução da produção de aço líquido.

Outra conclusão evidenciada pela equipe foi o aumento do conhecimento sobre o equipamento e a satisfação originada do aprimoramento técnico conquistado.

Uma análise de FMECA em ativos, faz com que falhas potenciais sejam evitadas e que graves transtornos a rotina das equipes seja eliminada.