

# INVESTIGAÇÃO DE DANOS EM TURBINA DE EXPANSÃO EM PLANTA DE SEPARAÇÃO DE AR <sup>(1)</sup>

*João Antônio do Carmo <sup>(2)</sup>*

*Denis Gustafson <sup>(3)</sup>*

*Mauro Pereira Garajau <sup>(4)</sup>*

## Resumo

A parada de uma das turbinas da planta de separação de ar da Fosfertil Araucária, afeta sensivelmente, o desempenho da planta de separação de ar levando a redução da produção das fábricas de Amônia e Uréia. Este tipo de situação, pelo potencial de perdas, normalmente pressiona o pessoal de engenharia e manutenção na busca de soluções rápidas e adequadas para o problema. O presente trabalho relata o incidente ocorrido com uma das turbinas de expansão da planta de oxigênio da Fosfertil em Araucária Pr., que levaram a danos na turbina de expansão, bem como perda do rotor, além da redução de capacidade da usina. A utilização de equipes multidisciplinar aliada ao uso de ferramentas de gerenciamento adequadas como a árvore de causa, foram fatores essenciais para encontrar uma solução rápida e seguras que diminuiu o tempo de parada da unidade.

**Palavra-chave:** Danos em turbina de expansão.

<sup>1</sup> Trabalho a ser apresentado no XX Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 24, 25 e 26 de agosto de 2005 – Salvador - BA

<sup>2</sup> Adm - Técnico de Operação – Fosfertil – Ltda – 041-641-1996 – e-mail - [jacarmo@uol.com.br](mailto:jacarmo@uol.com.br)

<sup>3</sup> Engenheiro Químico – Engenheiro de Processo – Fosfertil- Ltda –041-641-1910 – 041-1800 - e-mail [DenisGustafson@fosfertil.com.br](mailto:DenisGustafson@fosfertil.com.br)

<sup>4</sup> Físico – Técnico de Planejamento de Manutenção – Fosfertil –Ltda –041-641-1921 – e-mail – [maurogarajau@fosfertil.com.br](mailto:maurogarajau@fosfertil.com.br)

## 1 OBJETIVO

Avaliar o incidente ocorrido com a turbina de expansão e relatar o processo de investigação que se seguiu, utilizando a metodologia árvore de causa, bem como as soluções propostas para o problema.



Figura 1. Vista aérea da unidade Fosfertil Pr.

## 2 INTRODUÇÃO

A Fosfertil produz Amônia (1360 ton/d), Uréia (1975 ton/d), Gás Carbônico (160 ton/d), Enxofre (20 ton/d) e Metanol (24 ton/d) no complexo de Araucária.

As principais matérias-primas utilizadas são o Resíduo Asfáltico e o Ar.

A amônia tem como matéria prima o Hidrogênio e Nitrogênio. O Hidrogênio é obtido através da oxidação parcial do Resíduo Asfáltico em três reatores de gaseificação utilizando Oxigênio como oxidante. O Gás Carbônico ( $\text{CO}_2$ ), obtido nas unidades de purificação de gás e parte da Amônia produzida, são enviados para a unidade de produção de uréia.

A Planta de Separação de ar da Fosfertil é um projeto LINDE AG, de 1978, com capacidade de produção de 900 ton/d de Oxigênio a 99,5% de pureza, que é consumido integralmente na produção de Hidrogênio realizado na unidade de gaseificação, além disso, produz cerca de 450 m<sup>3</sup>/h de Nitrogênio líquido consumido na unidade de lavagem com nitrogênio líquido com o objetivo de remover o Monóxido de Carbono (CO) da corrente de alimentação da síntese de Amônia, o restante da produção de Nitrogênio se dá na fase gás, sendo consumido no processo de síntese de Amônia para ajuste da razão estequiométrica.

### 3 DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

A planta de separação de ar possui 2 turbinas Linde, com capacidade de 11400 Nm<sup>3</sup> e de 14800 Nm<sup>3</sup> operando com velocidade de 17700 rpm e 13745 rpm, expandindo ar de 5,5 bar para 0,5 e 1,2 bar. Seus controles são manuais e não possuem monitoramento de vibração e temperatura de mancal.

Cada turbina é composta de uma carcaça isolada termicamente, que engloba o impelidor e os anéis de bocais. O eixo é montado em balanço com o impelidor numa extremidade e na outra a engrenagem do redutor de velocidade, suportada por mancais deslizantes.

Um gerador assíncrono do tipo gaiola e velocidade constante (1800 rpm) está acoplado a turbina funcionando como carga.

A capacidade da turbina é controlada por ajuste de palhetas na entrada do bocal.



Figura 2. Vista parcial da Psar e turbinas.

### 4 HISTÓRICO DO PROBLEMA

Ao realizar a rotina diária de acompanhamento da planta de separação de ar, o operador notou um ruído estranho e vibração na turbina de expansão 01. O som era diferente daquele conhecido, associado normalmente à ressonância. Imediatamente foi acionado o setor de manutenção que levantou o espectro da vibração. Observou-se na ocasião que os níveis de vibração atingiam valores 5 vezes superiores aos observados em medições anteriores de rotina (Gráfico 1), mas apesar disto, eram níveis de vibração que ainda estavam dentro dos limites máximos admissíveis pelas normas.

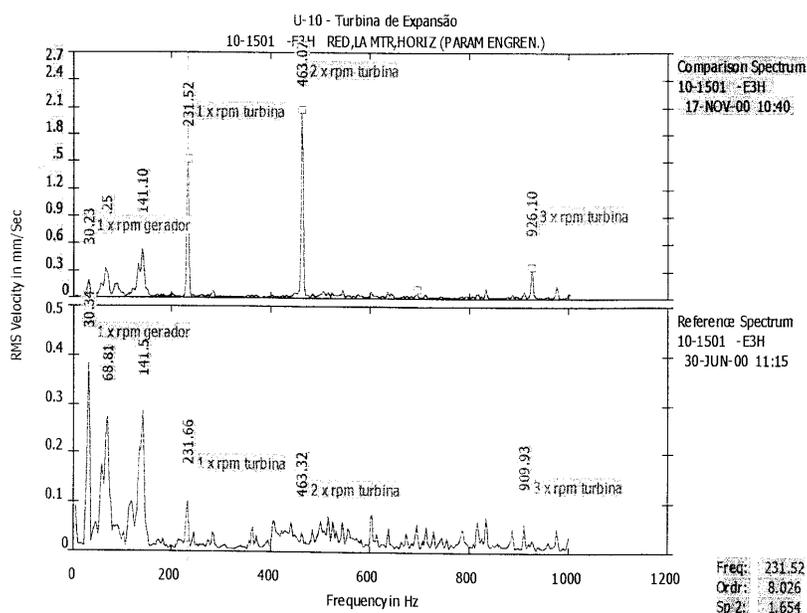


Gráfico 1 da vibração levantado no local

Enquanto eram estudadas as ações a serem tomadas, como a parada para inspeção da turbina, a vibração sob monitoração indicava um processo estável. Na manhã do dia

seguinte, a turbina foi parada para abertura do mancal externo, onde se observou desgaste acentuado com escoamento de metal patente e pontos de superaquecimento. Optou-se então por abrir toda a turbina. Nesta ocasião foram encontrados os seguintes problemas:



**Figura 3.** Danos acentuados no Anel Gap-cover.



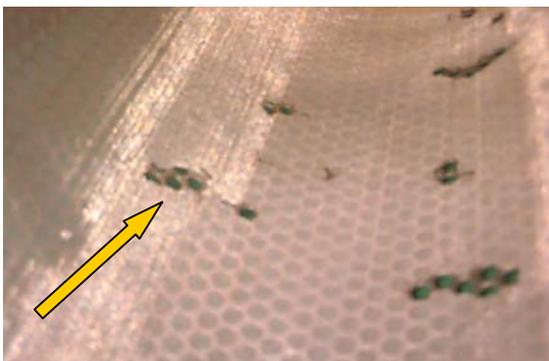
**Figura 4.** Amassamento no ponto de fixação para acionamento das palhetas móveis.



**Figura 5.** Rotor da turbina com bastante material fundido aderido as costas.



**Figura 6.** Parte da parede do canal do anel "O" de vedação da carcaça quebrado.



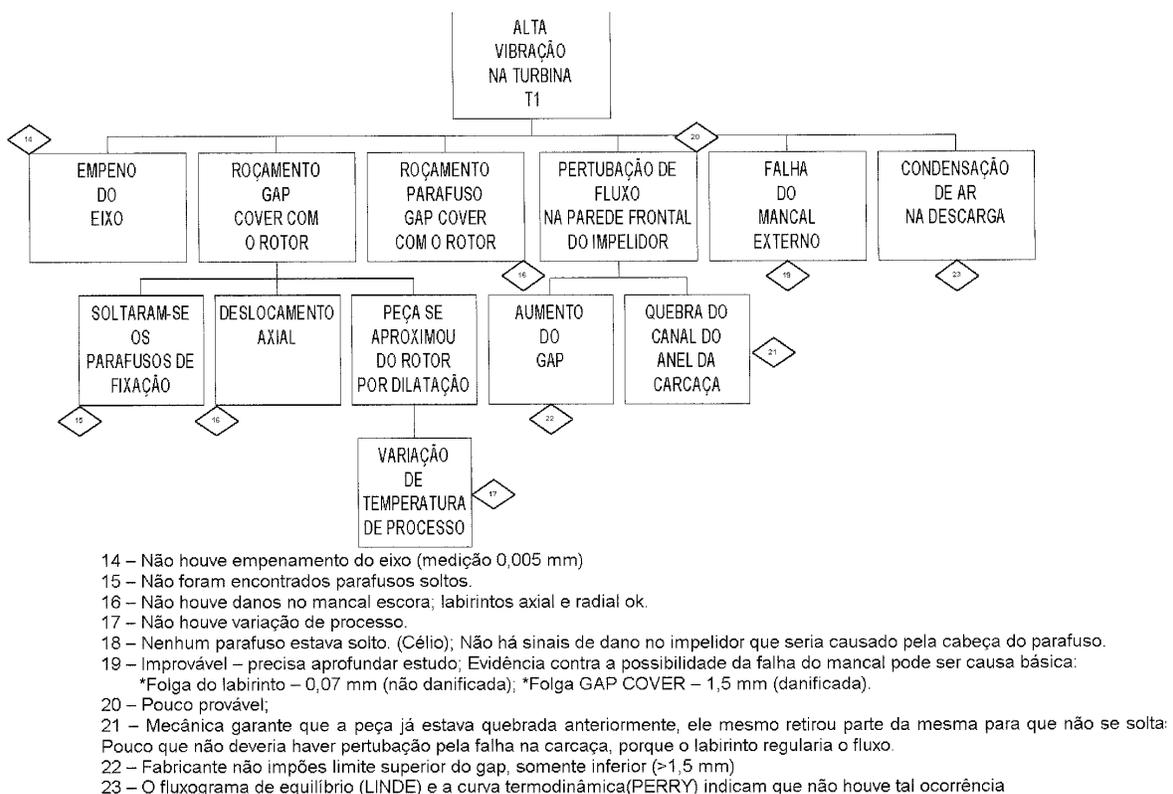
**Figura 7.** Interno do filtro de sucção danificado (dano provavelmente antigo).

Além dos problemas acima foram encontrados também os parafusos de fixação do “gap cover” e de fixação do flange do redutor soltos. Já os mancais LOA e de escora, bem como os labirintos não apresentavam danos.

#### 4.1 Investigação das Causas e Solução Adotada

Dado a urgência da situação, foi convocado um grupo multidisciplinar sob a coordenação do Eng. Denis Gustafson. O grupo reuniu-se logo em seguida e adotou a metodologia de árvore de falhas (Figura 8) como ferramenta de investigação, iniciando a busca de informações para elucidar a ocorrência.

O estudo de árvore de falhas bem como as ferramentas do PDCA são bastante difundidos na companhia, o que agilizou bastante os trabalhos do grupo.



**Figura 8.** Exemplo de folha de dados utilizado no estudo para evidenciar o problema.

Ao finalizar o estudo, chegou-se a conclusão que os danos observados na turbina teve como causa básica a presença de partícula que atingiu o espaço anular (clearance) entre o rotor e a peça estacionária denominada “gap cover“, que foi a parte mais danificada no evento. O estudo indicou que o corpo estranho teve como fonte mais provável, o desprendimento de um pedaço do próprio anel gap cover, uma vez que a entrada do corpo estranho pela sucção da turbina teria muita dificuldade para atingir este espaço devido ao posicionamento de anel gap cover em relação ao rotor.

A possibilidade de a partícula ter vindo da sucção, cujo filtro estava danificado e com perda de material (Figura 7), foi identificada como uma causa possível.

A hipótese de o corpo estranho ser oriundo do próprio anel é reforçada ainda pelo fato deste apresentar pequenas falhas com falta de material na região dos seus parafusos

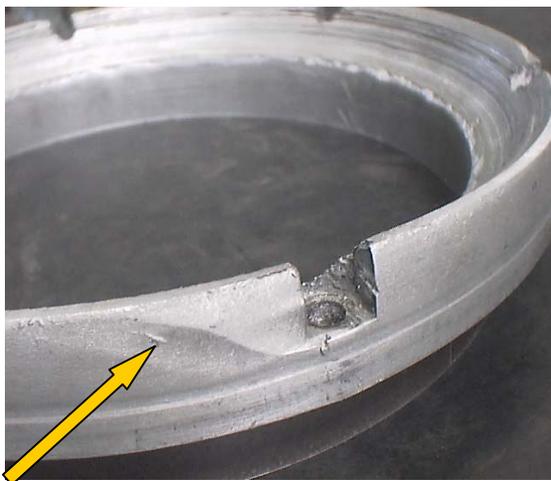
de fixação. (ver Figuras 9 e 10), bem como desgaste nesta região causada por fluxo e abrasão (relacionado ao pó de peneira molecular), reduzindo com isto sua resistência (ver Figura 11). Sendo a velocidade relativa entre as peças extremamente elevada, inferiu-se que este corpo ao atingir o espaço (clearance), danificou o anel gerando material que se funde ao rotor desbalanceado e aumentando com isto o dano. Tudo o evento ocorreu de forma muito rápida, pois após a identificação do aumento de vibração, esta não mais se alterou até que se procedeu com a parada do equipamento.



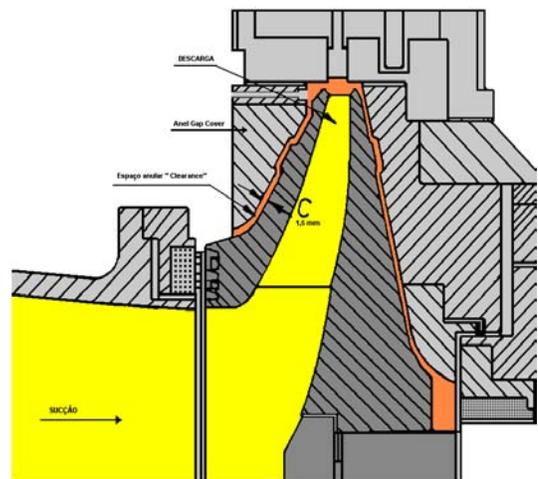
**Figura 9.** Região do parafuso de fixação mostrando perda de material



**Figura 10.** Região do parafuso de fixação, aspecto normal



**Figura 11.** Região do parafuso de fixação com perda de material por abrasão.



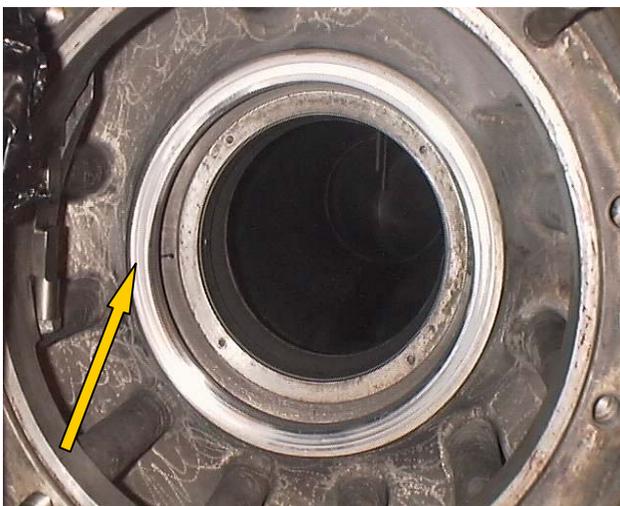
**Figura 12.** Posição do gap cover e espaço anular "Clearance"

## 4.2. AÇÕES CONTINGENCIAIS

Como a parada da turbina 01 representou um impacto razoável na operação da planta de separação de ar, pois em acréscimo a esta circunstância a turbina 02 estava com sua capacidade limitada devido um problema com o redutor de velocidade, Utilizou-se a alternativa de suprir em caráter de emergência, Nitrogênio e Oxigênio líquido de terceiros, o que nos permitiu manter a unidade de Amônia em operação com uma capacidade entre 86% e 93%.

Uma vez que tínhamos no estoque um conjunto rotativo reserva para a turbina, mas não tínhamos o anel “gap cover”, foi contatado fabricante para fornecimento de emergência, porém o prazo mínimo de fornecimento possível foi de 15 dias, acrescidos dos procedimentos burocráticos. O fato de não termos desenho deste item, e o fabricante não fornecê-lo por razões de normas internas vinculadas à garantia de performance, nos levou à alternativa de tentar reproduzir a peça aqui no Brasil à partir do que restou da mesma. Este foi um passo fundamental, uma vez que a peça original comprada demorou 6 meses para chegar. Com isto o tempo de parada da turbina reduziu-se a 6 dias.

Além da substituição dos itens danificados no evento, executou-se o reparo da falha no anel interno da carcaça da turbina, através da instalação de um “insert” especialmente concebido e usinado para este fim. Estas medidas permitiram a operação da turbina até a parada seguinte, quando foram instalados novos anéis gap cover nas duas turbinas.



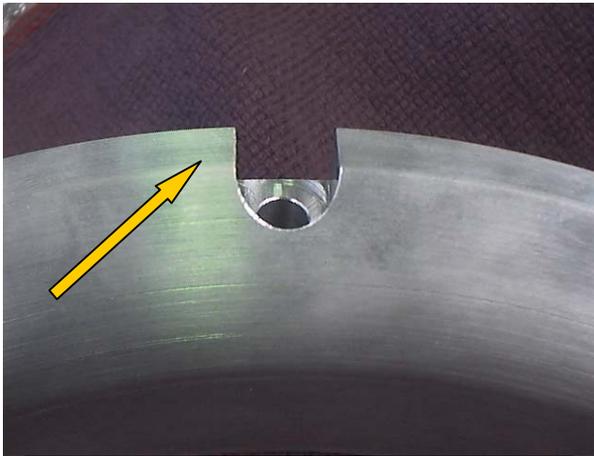
**Figura 13.** Região usinada.



**Figura 14.** Anel “Insert” utilizado para recuperar a região afetada.

## 4.3 Melhorias Implementadas

- Adicionalmente aos trabalhos de recuperação, percebeu-se que o gap cover apresentava na região do orifício de fixação do gap cover, uma conformação que facilitava a erosão devido a passagem do ar por ali. Mudou-se então a conformação do orifício para que fosse dificultado a erosão naquela região. Ver Figuras 15 e 16. Foi sugerida a instalação de sensores de vibração permanentes na turbina para possibilitar análises de vibração confiáveis.



**Figura 15.** Conformação anterior do da região dos parafusos de fixação do gap cover.



**Figura 16.** Conformação atual do da região dos parafusos de fixação do gap cover.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O grupo considerou positiva a metodologia utilizada no trabalho, pois permitiu o desenvolvimento e a interação entre as pessoas envolvidas, além de propiciar reunir em curto espaço de tempo as informações necessárias para melhor entendimento do evento e suas causas, bem como gerar as medidas que orientaram uma melhor investigação da causa básica. É uma metodologia que deve ser explorada sempre que aplicável à qualquer área.

### Agradecimentos

Agradecemos as pessoas que participaram do grupo de trabalho:

Luiz Carlos Pinto Bueno	– Chefe do setor de Engenharia
João Ricardo Policarpo Lied	– Engenheiro Mecânico
José Tadeu Genaro	– Engenheiro mecânico
Marcos Aurélio Leal Nunes	– Técnico de manutenção
Roberto Carlos Schreiber	– Operador de processo III

# EXPANSION TURBINE FAILURE INVESTIGATION AN AIR SEPARATION PLANT <sup>(1)</sup>

*João Antônio do Carmo* <sup>(2)</sup>

*Denis Gustafson* <sup>(3)</sup>

*Mauro Pereira Garajau* <sup>(4)</sup>

## **Abstract**

The shutdown of a expansion turbine in the Fosfertil ASU located in Araucária, affects considerably the unit performance and also causes the reduction in the capacity for the Ammonia and Urea plants. This type of event, considering its high lost potential, pushes the engineering and maintenance personal to look for a quick and adequate solution for solving the problem. This presentation is a report of an incident that happened with one of the two expansion turbines of the Araucaria ASU, in which there were significant damages, including the lost of the rotor, besides the decrease of the plant capacity. The study developed by a multi functional group together with the use of appropriate tools, like the fault tree analysis ( FTA ), were the indispensable factors for finding a quick and safe solution, which also helped to reduce the shutdown time of the unit.

**Key-words:** Expansion turbine; Failure Investigation

<sup>1</sup> *XX Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, August 24th, 25th and 26th, 2005. Salvador – BA.*

<sup>2</sup> *Adm - Operation Technician – Fosfertil - Araucária.*

<sup>3</sup> *M.Sc. Chemical Engineer – Process Engineer – Fosfertil - Araucária.*

<sup>4</sup> *Physicist – Maintenance Planning Technician – Fosfertil - Araucária.*