

OPERAÇÃO DA UNIDADE DE FRACIONAMENTO DE AR Nº 3 DA ARCELORMITTAL TUBARÃO COM ALIMENTAÇÃO ALTERNATIVA¹

André Luiz Bonelar dos Santos²

Jose Leal Neto³

Humberto Celeste Gomes⁴

Paulo Sergio de Oliveira⁵

Rafael Wayand Christ⁶

Resumo

Este trabalho tem o objetivo de apresentar o problema, a análise e as ações tomadas pela ArcelorMittal Tubarão para a operação da Unidade de Fracionamento de Ar nº3 com fontes alternativas de alimentação de ar durante o período de reparo do compressor principal de alimentação da unidade, garantindo a produção e abastecimento para a Usina. Apresentar a importância desta unidade na produção de aço na ArcelorMittal Tubarão. Através das análises realizadas e as diversas simulações foi desenvolvida a solução de operar o compressor principal de alimentação sem o estágio danificado gerando o satisfatório resultado de garantir a produção total de aço da Usina sem que houvesse necessidade de fornecimento pelo mercado externo de argônio, ou de outro produto, através da operação reduzida da unidade nº3.

Palavras-chave: Operação reduzida; Fontes alternativas de alimentação.

ARCELORMITTAL TUBARAO'S AIR SEPARATION UNIT Nº 3 OPERATION WITH ALTERNATIVE AIR FEED SOURCE

Abstract

This paper has the purpose of presenting the problem, analysis and solutions adopted related to the operation of #3 Air Separation Unit with an alternative air feed source during shutdown time of the main feed air compressor; such actions granted the steel making process the required cryogenic supply to allow its full production. Basically, after some simulation work, the decision was to operate the main compressor without one of its compressing stages, which was damaged, hence allowing the Air Separation Unit to operate in a turn down production rate, enough to generate the required amount of air products and to avoid complementary purchases in the market.

Key words: Turn down operation; Alternative air feed source.

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

² *Supervisor de Unidade de Fracionamento de Ar – ArcelorMittal Tubarão.*

³ *Gerente de Produção de Energia – ArcelorMittal Tubarão.*

⁴ *Especialista de Manutenção Mecânica – ArcelorMittal Tubarão.*

⁵ *Supervisor de Unidade de Fracionamento de Ar – ArcelorMittal Tubarão.*

⁶ *Especialista de Energia e Utilidades – ArcelorMittal Tubarão.*

1 INTRODUÇÃO

Em junho de 2007 a Área de Produção de Energia se preparava para uma manutenção programada do compressor de alimentação principal e a entrada em operação de seu novo compressor *booster* da Unidade de Fracionamento de ar nº3 de seu parque fabril. Após os reparos no compressor de alimentação CP-101, foram iniciados os testes pós reparo, na partida de teste ocorreu falha no 3º estágio do compressor causando dano nos seguintes elementos: Impelidor, eixo pinhão e parafusos de fixação do impelidor e cone.



Figura 1 – Unidade de Fracionamento de Ar nº 3.

1.1 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo apresentar as análises e simulações realizadas dos diversos cenários possíveis para implantação de uma solução alternativa que pudesse suprir a necessidade de operar a Unidade de Fracionamento de ar nº 3 garantindo a produção e abastecimento de argônio para a Usina.

1.2 Apresentação do Fluxo de Produção da Unidade de Fracionamento de Ar nº 3

Os compressores CP-101 (Alimentação Principal) e CP-102 (*Booster*) são os elementos responsáveis pelo início do processo no fracionamento do ar. O Ar é captado na atmosfera, filtrado e comprimido até o valor 5,7 kgf/cm², após passar por um resfriador o ar tem sua pressão elevada pelo compressor *booster* até aproximados 11 kgf/cm². Estes valores de pressão são necessários para que a unidade possa realizar os processos de fracionamento de ar e com possa especificar os produtos oxigênio, nitrogênio e argônio com os parâmetros de pureza adequados para a aplicação nas diversas áreas da Usina.

1.3 Produtos da Unidade de Fracionamento de Ar nº3

A Unidade de Fracionamento de Ar nº3 tem capacidade produtiva de fracionar oxigênio na forma gasosa e líquida, nitrogênio gasoso e argônio líquido. Na figura abaixo apresentamos sua participação na disponibilidade total de produto na ArcelorMittal Tubarão.

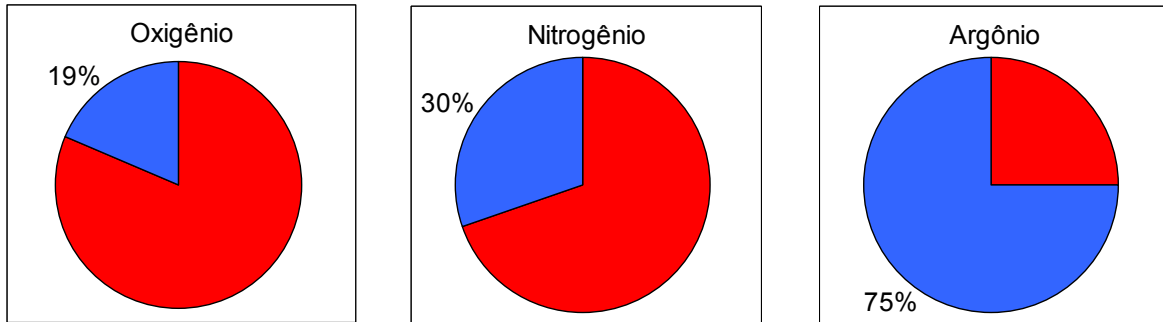


Figura 4 – Participação da unidade nº3 em oxigênio, nitrogênio e argônio.

A produção de oxigênio da unidade nº3 equivale ao fornecimento de oxigênio necessário para o sopro de 31 corridas de produção do aço nos convertedores.

O balanço de nitrogênio previa a utilização de 85% do total disponível para o aumento de produção da Usina, impossível de atender sem os 30% da unidade 3.

O argônio é de fundamental importância na fabricação e peça chave na qualidade do aço. E garantir a produção de aço da Usina sem a sua principal fonte de argônio (75% do argônio total diário) seria um grande desafio.

Desta forma conhecendo a fundamental importância da Unidade de Fracionamento de Ar nº3 toda a estrutura de operação, manutenção e engenharia da Área de produção de Energia iniciaram seus esforços para que uma solução fosse encontrada e a sua produção restabelecida.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 O Problema e Ações Imediatas

Com a identificação dos danos sofridos pelo compressor de alimentação CP-101, pode-se consultar o fabricante (GHH-BORSIG) e verificar a extensão do problema. Segundo o fabricante o fornecimento das peças levaria 4 meses, somados ao processo de importação das peças e a intervenção no compressor para as devidas correções totalizando de 5 a 6 meses para restabelecer as condições normais do compressor.

Desde o primeiro instante após a perda do equipamento, ações para a mitigação das perdas foram tomadas, entre elas: Gestão dos estoques de argônio, consumo reduzido pelos clientes, identificação de fornecedores de argônio e contratação de fornecimento adicional pela Unidade de Fracionamento nº 6 (Pertencente a White Martins).

2.2 Análise e Simulações de Alternativas

Iniciado em conjunto com as diversas disciplinas um trabalho de análise e simulação das possíveis alternativas para a solução do problema e dentre elas destacamos as seguintes opções e suas conclusões:

- Utilizar a interligação dos compressores MC-1200 e MC-2200 à rede após a descarga do compressor CP-101;
 - Operar unidade nº 3 com o compressor MC-1200 ou MC-2200 e parar a unidade correspondente nº 1 ou 2;
 - Operar as unidades nº 1, 2 e 3 em paralelo com 70% da capacidade nominal de cada uma;
 - Operar as unidade nº 1 e 2 com 100% de sua capacidade e operar a unidade nº com 70 % da unidade com a adição de ar de uso geral para completar a necessidade mínima de ar.
- Criar interligação da rede que alimenta a Unidade de Fracionamento nº 5 (unidade fora de operação na época) após o resfriador ao compressor *booster* da unidade nº 3;
- Adaptar o compressor CP-101 para operar apenas com 2 estágios e com o compressor *booster* realizando o trabalho do 3º estágio do compressor.

Todas as alternativas acima foram encaminhadas para a engenharia de processo da White Martins que forneceu apoio técnico no processo de análise e decisão sobre as opções acima. Operar o compressor CP-101 com apenas 2 estágios demandou de análise adicional pelo fabricante (GHH-BORSIG).

Opção 1 – Operar a Unidade 3 utilizando o compressor da unidade 1 ou 2 e parar a mesma.

Nesta alternativa operamos a unidade 3 utilizando o compressor da unidade 1 ou 2. Como fator restritivo encontramos a temperatura do ar na saída do compressor booster muito elevada, pois a sua troca de calor ocorria antes na unidade de origem agora parada.

Alternativa descartada.

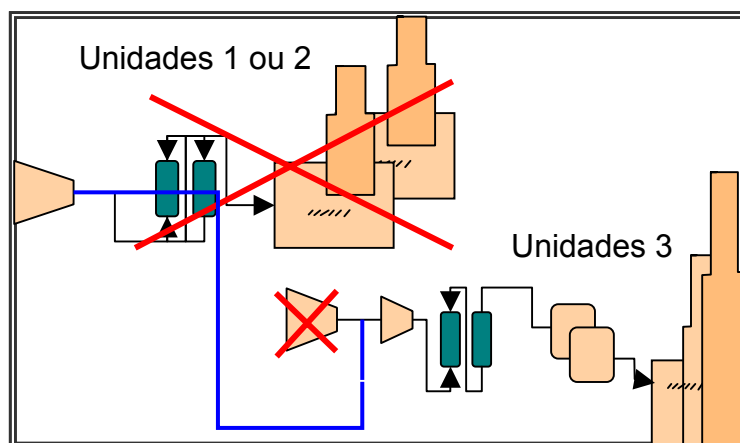


Figura 5 – Visualização da Opção 1.

Opção 2 – Operar as Unidades 1, 2 e 3 em paralelo com 70% da capacidade. Nesta alternativa operamos com as unidades 1, 2 e 3 em paralelo com produção de 70% de sua capacidade. Como fator restritivo temos o risco elevado de operação em paralelo, em caso de uma unidade parar, todas as 3 poderiam cair, ficamos com alta interdependência entre as unidades.

Alternativa descartada.

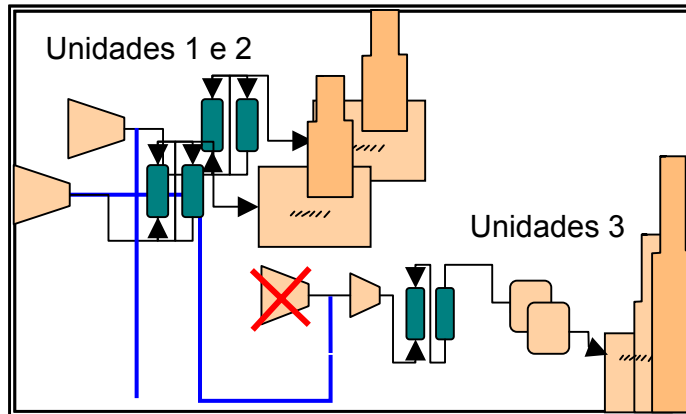


Figura 6 – Visualização da Opção 2.

Opção 3 – Operar as unidades 1 e 2 em 100% e a unidade 3 em 70% com adição de ar.

Nesta alternativa operamos com as unidades 1 e 2 em 100% de sua capacidade produtiva e com 70% na unidade 3. Apesar de maior disponibilidade de produto, continua como fator restritivo o risco elevado de operação em paralelo, mantendo a alta interdependência entre as unidades.

Alternativa descartada.

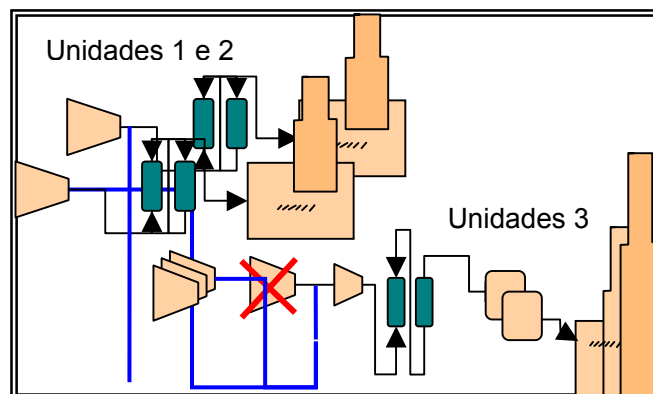


Figura 7 – Visualização da Opção 7.

Opção 4 – Interligar o ar para a unidade 5 no compressor Booster.

Nesta alternativa operamos a unidade 3 utilizando o ar que alimentaria a unidade 5 após o resfriador de ar. Apesar de alta confiabilidade para a unidade 3 e de produzir na capacidade nominal, existem muitos fatores restritivos, o primeiro é o tempo elevado para a construção da interligação e o desenvolvimento e instalação do controle, em segundo lugar não seria possível operar a unidade 5, unidade esta de maior capacidade de fracionamento de oxigênio e por último e mais importante em caso de queda o distúrbio que causaria no Alto Forno 3 seria muito grande.

Alternativa descartada.

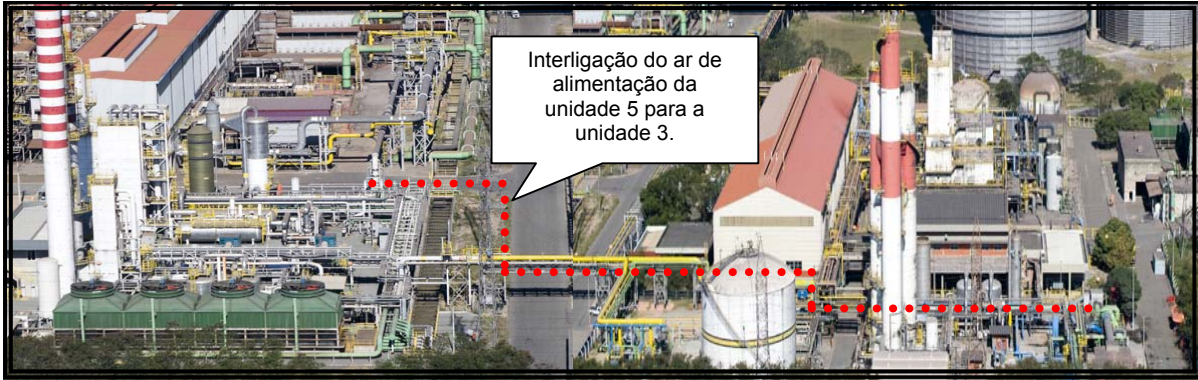


Figura 8 – Visualização da Opção 4.

Opção 5 – Operar o compressor CP-101 com apenas 2 estágios.

Das alternativas propostas existia a Opção de operar o compressor CP-101 com apenas 2 estágios, a voluta do 3º estágio ficaria vazia e para que a unidade operasse com a pressão mínima requerida o compressor booster CP-102 atuaria realizando o trabalho do 3º estágio. Esta opção era de baixo risco, não interferia com a operação das outras unidades e garantia a produção de 70% da capacidade nominal da unidade.

Esta alternativa tinha o fator restritivo de possibilidade de operação do CP-101 com apenas 2 estágios que demandava de aprovação do fabricante.

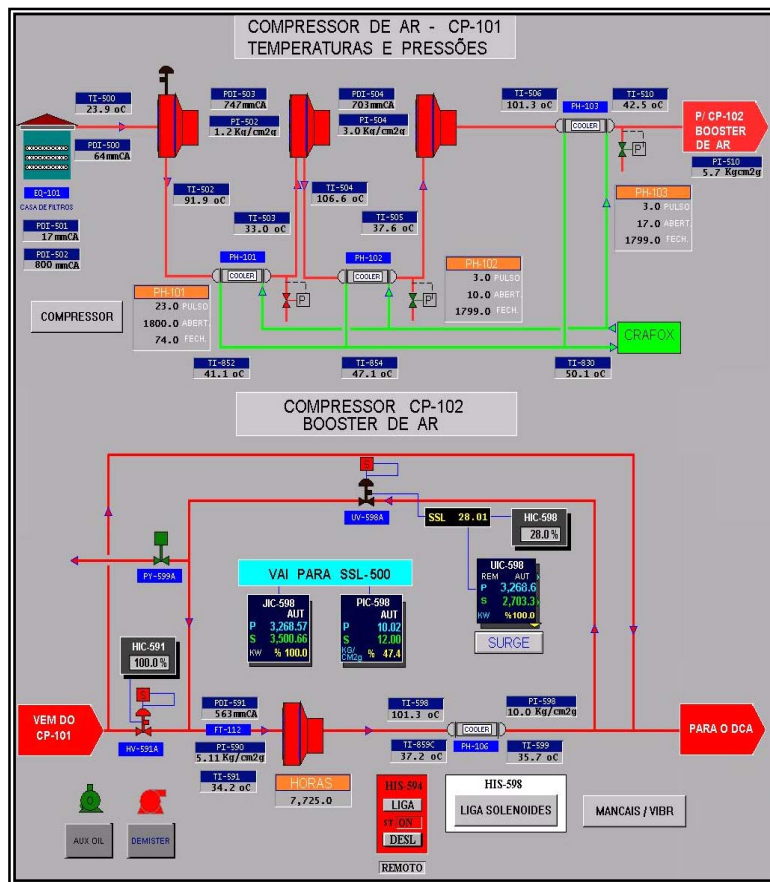


Figura 9 – Visualização da Opção 5.

Através da consulta realizada pela manutenção, que já analisava as causas da quebra junto ao fabricante, consultamos a cerca de utilizar o compressor com apenas 2 estágios.

Duas semanas após a ocorrência recebemos do fabricante o de acordo para a operação com 2 estágios, bem como as novas curvas de Surge dos compressores CP-101 e CP-102 nos novos pontos de operação.

Existem procedimento e experiência de operação da unidade em carga reduzida com alimentação de ar em 5,6 kgf/cm² e com 85.000 Nm³/h (produção de cerca de 70% da produção nominal), sem turbina de expansão e com a adição de nitrogênio líquido.

Alternativa selecionada.

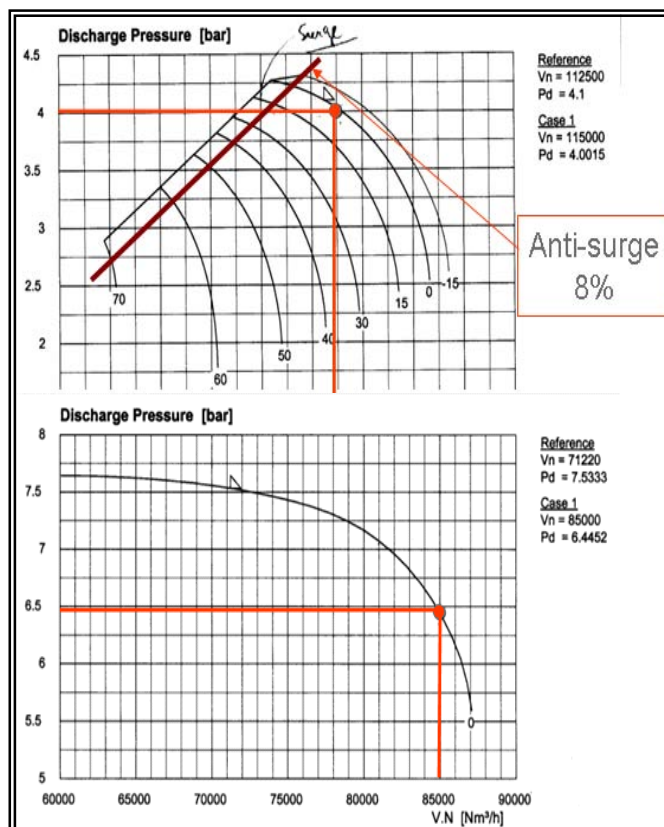


Figura 10 – Curvas de performance do CP-101 com dois estágios e CP-102 modificada. (Fonte: MANTURBO)

A seguir apresentamos os pontos fortes e fracos de cada alternativa, foram realizadas análises de todas as opções e identificada a melhor delas.

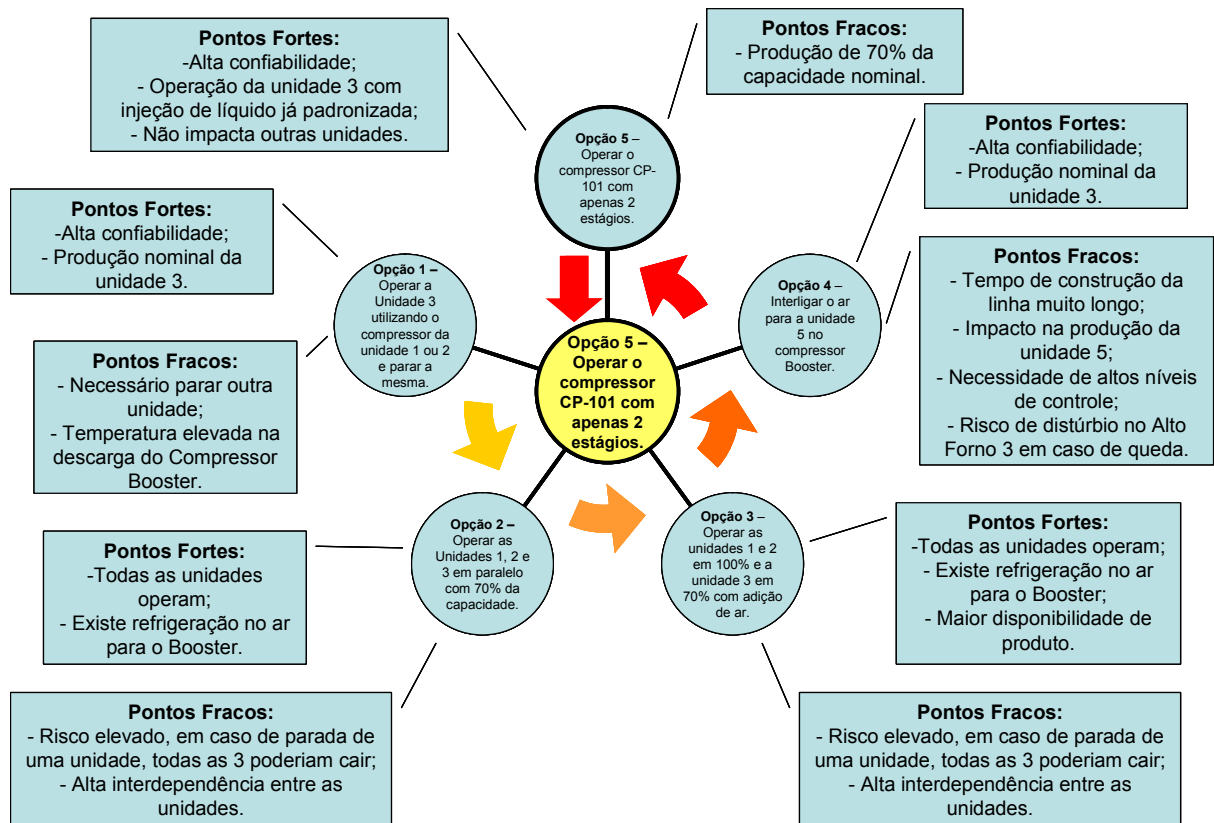


Figura 11 – Pontos fortes e fracos das alternativas de operação da unidade 3.

3 RESULTADOS

3.1 Produção da Unidade de Fracionamento de Ar nº3

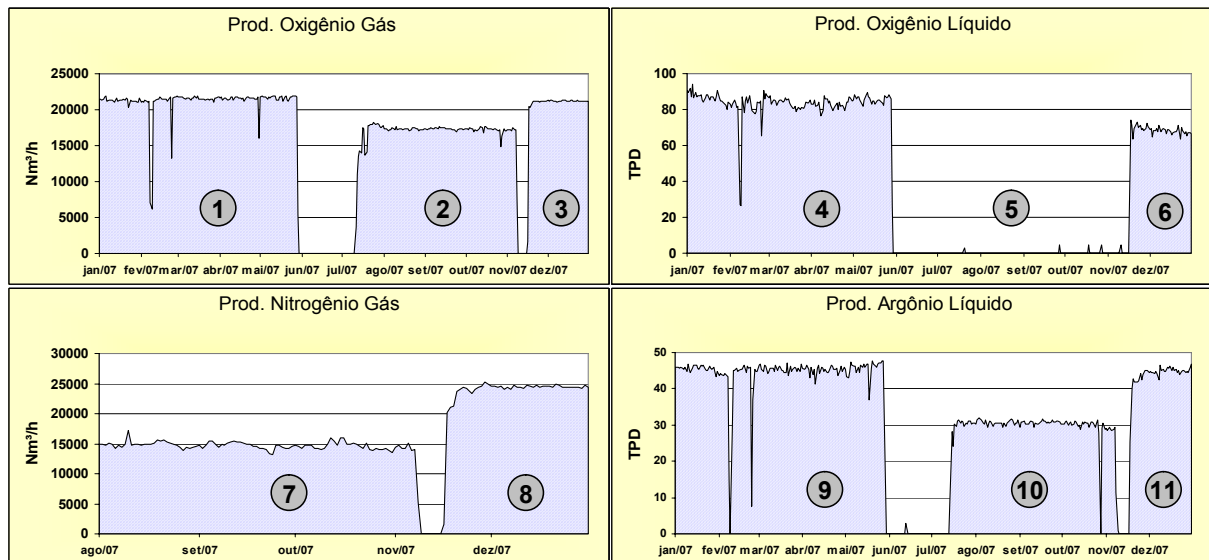


Figura 12 – Produção da Unidade de Fracionamento de Ar nº3 - ano de 2007.

Analisando a Figura 12, podemos observar a produção da Unidade de Fracionamento de Ar nº3 ao longo do ano de 2007. Estratificado por produto temos:

Oxigênio Gás

- 1 – Produção antes da quebra, vazão de 21.700 Nm³/h médios;
- 2 – Produção em operação reduzida (sem o terceiro estágio do compressor CP-101), vazão de 17.100 Nm³/h médios;
- 3 – Produção após reparo, vazão de 21.100 Nm³/h médios (Obs1).

Oxigênio Líquido

- 4 – Produção antes da quebra, vazão de 84 TPD médios;
- 5 – Sem produção em operação reduzida;
- 6 – Produção após reparo, vazão de 68,6 TPD médios (Obs1).

Nitrogênio Gás

- 7 – Produção em operação reduzida (sem o terceiro estágio do compressor CP-101), vazão de 14.700 Nm³/h médios;
- 8 – Produção após reparo, vazão de 24.400 Nm³/h médios (Obs1).

Argônio Líquido

- 9 – Produção antes da quebra, vazão de 45,5 TPD médios;
- 10 – Produção em operação reduzida (sem o terceiro estágio do compressor CP-101), vazão de 30,4 TPD médios;
- 11 – Produção após reparo, vazão de 45 TPD médios.

Obs1 – Em novembro de 2007 durante o reparo do terceiro estágio do CP-101 foi introduzido um novo elemento na rede de alimentação (previsto na rede do novo compressor booster), um separador de umidade que passou a incrementar a perda de carga do trecho de rede entre o CP-101 e o CP-102 em 0,6 kgf/cm² impactando diretamente na produção da unidade nº3. Este elemento foi retirado na parada de janeiro de 2008 sua aplicação esta em reavaliação.

3.2 Efeito Mitigador das Perdas de Produto por Operação Reduzida

Analisamos a seguir os resultados de mitigação do impacto econômico negativo da quebra através da operação reduzida da Unidade de Fracionamento de Ar nº3. considerando a perda total em caso de sua parada total.

Tabela 1 – Perdas gerais por produto em cada caso.

Perdas Gerais (Toneladas)			
Produtos		Sem ação	Com a solução
Perda de Produção	Oxigênio	136.620,00	65.527,17
	Nitrogênio	128.700,00	77.887,46
	Argônio	7.507,50	3.991,63
Compra de Produto Extra	Oxigênio	24.596,00	17.920,94
	Nitrogênio	0,00	0,00
	Argônio	7.323,21	4.072,27
Total Geral (Toneladas)	Oxigênio	161.216,00	83.448,11
	Nitrogênio	128.700,00	77.887,46
	Argônio	14.830,71	8.063,90

A perda diária recuperada acima representa o produto deixado de comprar e a recuperação da perda de produção.

Tabela 2. Resumo da recuperação de perdas.

Resumo Geral	Recuperação de perdas com a operação reduzida da unidade nº 3	Recuperação diária
Oxigênio	77.767,89	457,46
Nitrogênio	50.812,54	298,90
Argônio	6.766,81	39,80

Considerando-se que a unidade nº 3 é uma planta de fracionamento de ar de produção de 720 TPD de oxigênio, 780 TPD de nitrogênio e 45 TPD de argônio. A produção atingida durante sua operação reduzida foi de 81% para o oxigênio, 57% para o nitrogênio e 68% para o argônio.

4 CONCLUSÃO

O resultado alcançado foi de recuperação de 2/3 da produção nominal da unidade garantindo o abastecimento da Usina sem haver cortes ou aumentos significativos do custo através da compra de produtos.

Conclui-se que a operação reduzida utilizando o compressor de alimentação CP-101 sem o terceiro estágio foi a opção mais segura para operação do sistema de produção e distribuição dos gases do ar, houve a garantia da produção da Usina com estabilidade e redução nas perdas por compra de produto.