



OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE FORNECIMENTO DE VAPOR DE PROCESSO PARA A USINA (AMT)¹

Gecimar Loss²
Heron Domingues de Oliveira³
José Geraldo Lessa Silva⁴
Marcelo Beccallí⁵
Paulo Sérgio Boni Calente⁴
Sérgio Anderson Monteiro⁶

Resumo

A área de produção de energia da ArcelorMittal Tubarão é composta por três subdivisões, sendo Fracionamento de AR (FOX), Central Termelétrica SOL (CTE 5 e 6) e Central Termelétrica (CTE 1 a 4). A CTE (1 a 4) são unidades de co-geração responsáveis pela geração de energia elétrica, energia mecânica (sopro para os Altos Fornos) e ainda fornecer vapor para complementar o consumo interno da usina que é atendido principalmente pelo CDQ (CDQ - caldeiras de recuperação de calor no apagamento de coque). A partir da implantação do RH2 (tratamento no refino do aço) houve aumento da participação da CTE como fornecedora desse insumo. Soluções foram necessárias para que o fornecimento de vapor fosse garantido pela CTE, mesmo em situações de manutenção do coletor de baixa pressão de vapor, uma vez que a menor disponibilidade de vapor por parada de fornecimento da CTE implica em reduções de produção de aço neste novo cenário.

Palavras-chave: Utilidades; Energia; Vapor de processo.

STEAM PROCESS SUPPLY OPTIMIZATION FOR ARCELORMITTAL TUBARÃO CONSUMERS

Abstract

The ArcelorMittal Tubarão Energy Production area is compounded by three units: Air Separation Units, Thermal Power Plants and Thermal Recovery Power Plants. The Thermo Power Plants are co-generated units responsible to generate electrical, mechanical (Blast Furnace blower) energy and also provide Steam to complement the facility internal consumption mainly provided by CDQ plant (CDQ – Coke Dry Quenching). Since RH2 (steel treatment process) start up, the steam consumption increased and the Thermal Power Plant contribution raised to attend this new demand. Solutions were needed to guarantee the steam supply by the Power Plant even in low steam header stoppages for maintenance, since the lack of steam caused by shortage in Power Plant steam supply resulting in steel production diminution in this new scenario

Key words: Utilities; Energy; Process steam.

¹ Contribuição técnica ao 31º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 25º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 17 a 20 de agosto de 2010, Foz do Iguaçu, PR

² Controlador de Central Termelétrica – ArcelorMittal Tubarão

³ Supervisor de Energia - ArcelorMittal Tubarão

⁴ Técnico de Instrumentação - ArcelorMittal Tubarão

⁵ Técnico de Produção de Energia – ArcelorMittal Tubarão

⁶ Controlador de Central Termelétrica – ArcelorMittal Tubarão



1 INTRODUÇÃO

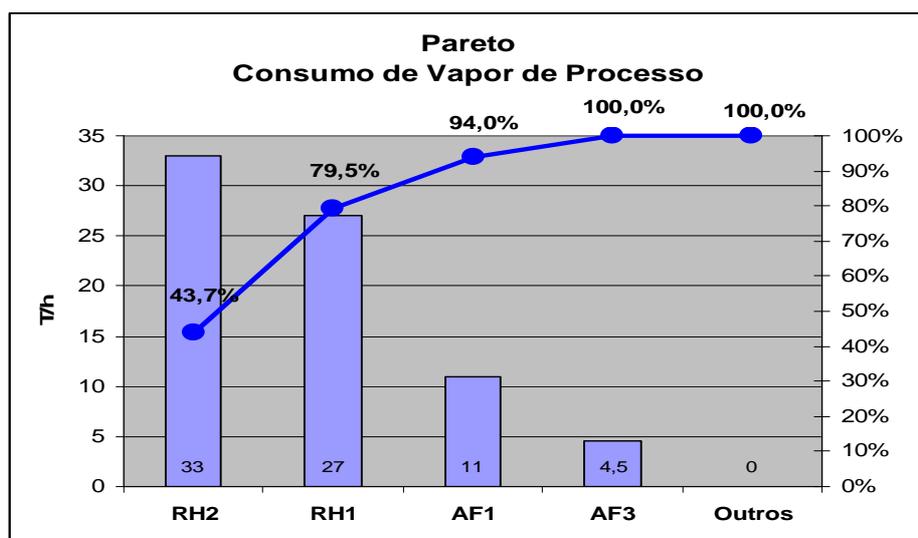
A energia é um dos fatores primordiais que contribuíram para o desenvolvimento da humanidade em muitos sentidos, incluindo o processo siderúrgico, cujo segmento promove programas que otimizam seus processos, podendo ser uma simples redução de consumo de água, de ar comprimido, de vapor de processo, de gases ou de energia elétrica, proporcionando melhores práticas técnico-operacionais.

O vapor de processo é uma das utilidades que passou a ter relevância no contexto da ArcelorMittal Tubarão devido à sua utilização diretamente ligada à produção do aço. Esse trabalho demonstra uma das formas de se adequar às mudanças de cenários através de análise dos processos à medida que alguma das partes é alterada dentro do contexto de expansão e/ou modernização do complexo industrial, identificando oportunidades de melhoria com o reconhecimento do potencial das instalações existentes ou processos atuais. Apresenta uma proposta de garantia do atendimento aos consumidores de vapor de processo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Descrição do Processo

A área de Produção de Energia da ArcelorMittal Tubarão possui três subáreas distintas, composta por: Fracionamento de Ar, Central Termelétrica SOL e Central Termelétrica. A Central Termelétrica (CTE) possui três atribuições: envio de ar soprado para os Altos Fornos, complemento de vapor de processo para a usina e geração de energia elétrica. O vapor de processo é fornecido pelas caldeiras do CDQ e complementado pela CTE para atendimento pleno à demanda da usina. A CTE envia o vapor pela interligação do coletor de baixa pressão $\frac{1}{2}$ com o sistema da usina (Figura 1), com limitação de envio de 50 T/h e utiliza como fonte interna, a 1ª extração da turbina 1 ou 2 e/ou a redutora de vapor de alta pressão (88 p/ 15 Kgf/cm²). Os maiores e principais consumidores de vapor da usina são o RH 1 e RH 2 com 79,5 % ou cerca de 60 T/h (Figura 1).

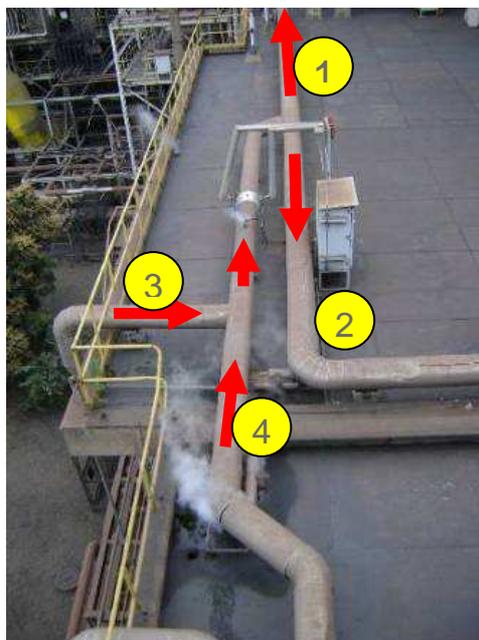


RH 2 – Desgaseificador a vácuo 2; RH 1 – Desgaseificador a vácuo 1; AF 1 – Alto Forno 1; AF 3 – Alto Forno 3; Outros – Outros consumidores na usina

Figura 1. Composição da demanda de vapor de processo.



Na fase 7,5 MT foi concebido o anel de vapor (Figura 2), concluído em 2007, com a função de suplementar a demanda normal e em situações de paradas parciais do CDQ ou parada do coletor de baixa da CTE 1/2, para evitar parada do RH 1 e 2 simultaneamente, tendo como interface os coletores de baixa pressão da CTE 3 e/ou CTE 4. O sistema ficou inativo por provocar intensa oscilação na pressão do vapor, com perda da eficiência dos ejetores e conseqüente variação no vácuo do condensador da turbina.



1 – Anel de vapor – sentido Usina; 2 – Anel de vapor – sentido FOX; 3 – Fonte: coletor de baixa pressão 3; 4 – Fonte: coletor de baixa pressão.

Figura 2. Anel de vapor.

A faixa de controle da pressão e temperatura de vapor de processo distribuído é:
Pressão: 10 Kgf/cm² a 17 Kgf/cm² e Temperatura: 180°C a 250 °C.

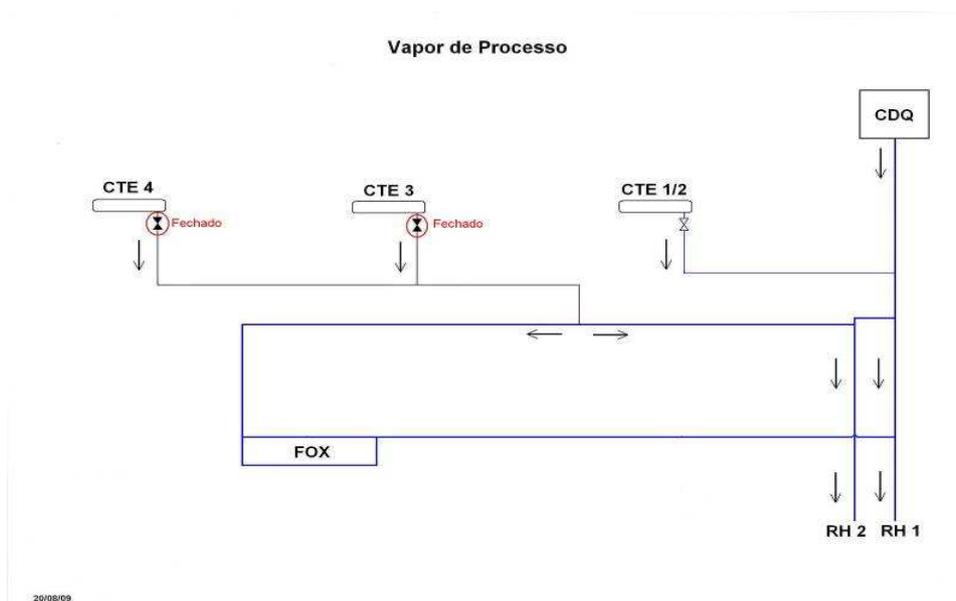


Figura 3. Fluxograma simplificado do sistema de vapor de processo.



2.2 Observação do Problema

2.2.1 Coleta de dados

Em 2008 o coletor de baixa pressão ½ acumulava diversos desvios, corrigidos de forma paliativa. Em Fevereiro de 2009, a parada programada desse equipamento foi cancelada devido à baixa produção de vapor no CDQ, ocasionando perdas de mão de obra de operação e recursos de manutenção, sendo postergada, por ser imperativo a parada dos RHs 1 e 2 simultaneamente, por 20 horas.

O Ciclo de fornecimento de vapor de processo e a frequência de início e término de consumo (tipo batelada) estão relacionados com o ritmo operacional dos RH 1 e RH 2, com duração de cerca de 30 minutos cada ciclo. Na figura 4 observa-se essa característica (RH1 – TAG FI-3205 e RH2 – TAG FI-514), além da variação no suprimento de vapor de processo pela CTE (TAG FI-500A).

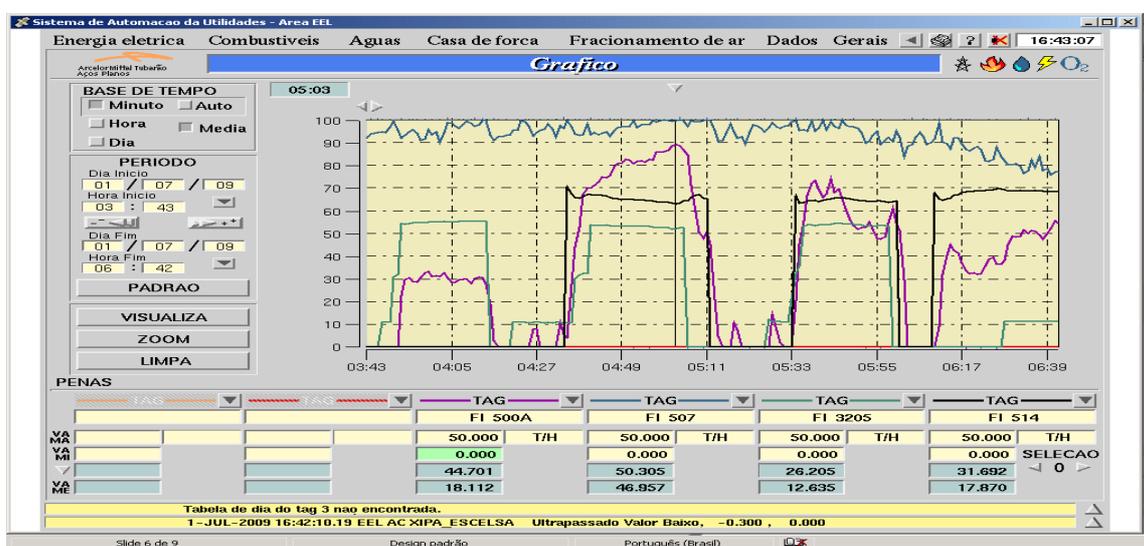


Figura 4. Consumo aprox. de vapor em cada ciclo: RH1: 26 T/h e RH2: 31 T/h.

O relato de anomalias é uma prática que utiliza um sistema dedicado para o registro, divulgação, tratamento e verificação das anormalidades ocorridas no processo ou equipamentos. Abaixo são mostradas algumas anomalias que têm relação com o vapor de processo no RH e este com o Lingotamento Contínuo:

25/02/2008 - 200802260019 - Queda de pressão do vapor para RH 1 e 2, com parada do RH 01 por 12 minutos e RH 02 por 10 minutos.

05/02/2009 - 200902060071 - CTE: Parada Coletor Baixa - Cancelada manutenção programada no coletor de baixa pressão devido baixa produção de vapor do CDQ, com perdas com hora extra da operação e serviços de manutenção sem utilização.

17/08/2009 - 200908170020 - Queda de temperatura no final do lingotamento, panela 15, com obstrução dos veios 01 e 02; Baixo rendimento (cascão de 37 T);

08/02/2009 - 200802090015 - Atraso na liberação de panela pela estação de tratamento RH 02 com perda de produtividade de 31 minutos.

2.3 Desenvolvimento

2.3.1 Escolha e análise das causas mais prováveis (hipóteses)

- Diferença de pressão entre o coletor de baixa 3 ou 4 e o anel de vapor. Coletor de baixa (15,5 Kgf/cm²) e a pressão do anel de vapor (12~15 Kgf/cm² - variável em



função do consumo do RH – consumo por batelada). No início de cada operação do RH há uma queda brusca na pressão do anel e conseqüentemente, do coletor de baixa. Essa queda de pressão no coletor (com o aumento significativo da vazão de vapor), provoca instabilidade interna da unidade.

- Deficiência no sistema de controle de pressão e temperatura do vapor de processo.

PCV-351/451: Limitação na vazão de vapor. Para manter o consumo interno de cerca de 5,5 T/h já é utilizada com 70% de abertura. Não é suficiente para suprir vapor de processo, ocasionando queda na pressão do coletor de baixa e instabilidade interna da unidade.

PCV-350/450: Está dimensionada para suprir o vapor de processo, porém, para evitar a queda da pressão no início de cada operação do RH, há uma inércia na abertura e conseqüente variação na pressão do coletor de baixa (com instabilidade interna da unidade). Já a abertura rápida provoca oscilação e instabilidade no controle da pressão do vapor principal e nível da caldeira.

PCV-353/453: Está dimensionada para suprir o vapor de processo, podendo abrir/fechar de forma rápida para controle da pressão. Porém, existe deficiência no sistema de controle de pressão e temperatura do vapor extraído da Turbina.

2.3.2 Elaboração da estratégia e execução da ação

Em função da identificação da interferência devido à diferença de pressão entre o coletor de baixa 3 ou 4 e o anel de vapor, foram sugeridas as seguintes soluções:

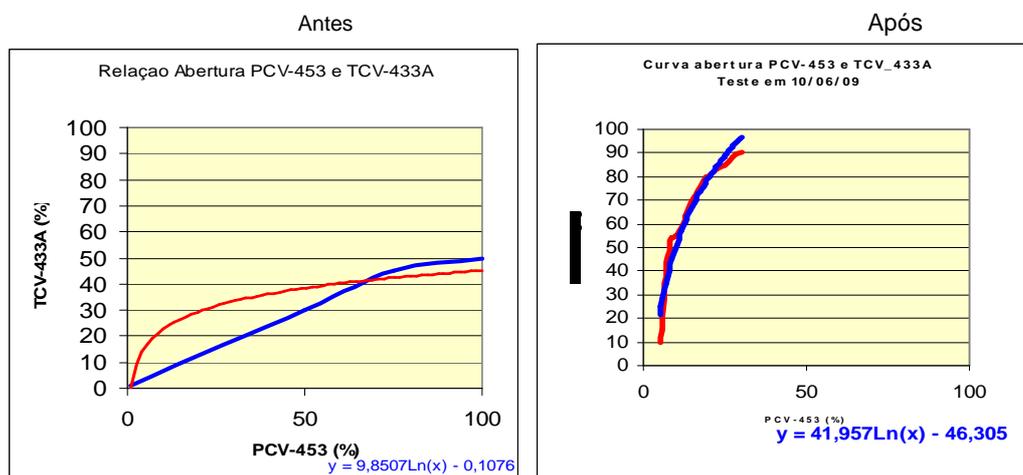
- Instalar válvula controladora de vazão no anel de vapor para manter a pressão estável no coletor de baixa pressão e restringir a vazão máxima de vapor para o processo, para evitar oscilações no consumo interno. Essa opção estava com uma solicitação de engenharia (SE) em processo, com dificuldades de implantação devido alto custo.
- Instalar placa para limitação da vazão de vapor para o anel, para limitar a interferência direta da oscilação da pressão do anel de vapor no coletor de baixa, evitando variações anormais no processo interno. Essa opção causaria a redução na capacidade de envio de vapor.
- Reduzir a pressão do coletor de baixa e equalizar com o anel para evitar o diferencial de pressão nas manobras para interligar/desinterligar o anel de vapor. Não se mostrou aplicável por alterar as características operacionais dos ejetores e vácuo da turbina, impactando em perda de geração elétrica/risco de desarme da unidade.
- Isolar o consumo interno do sistema externo (anel de vapor), com alimentação pela PCV-351/451 e utilizar a redutora da 2ª extração da turbina (PCV-353/PCV-453) somente para o coletor de baixa e anel de vapor, evitando interferência entre os sistemas interno e externo e redução da variabilidade do sistema de controle das caldeiras pela substituição do controle da pressão, da redutora da linha principal para a redutora da 2ª extração. Porém, o uso da 2ª extração da turbina 3 provocaria elevação anormal da temperatura e queda acentuada da pressão do coletor durante elevação da vazão de vapor requerido para o anel (Início de consumo de vapor pelo RH). Já o sistema da turbina 4 apresenta ineficácia de controle de temperatura do vapor (tanto para uso interno quanto para interligação com anel de vapor).

A indisponibilidade do sistema de controle da 2ª extração, que permitiria efetuar testes de suprimento para o anel de vapor antes não realizados, foi considerada como relevante, com soluções possíveis como substituição do sistema por outro



modelo ou adequação da relação de abertura válvula de água de spray com a abertura da válvula de vapor.

Ação: Efetuados diversos testes para reconhecimento das características do controle das 2^{as} extrações das Turbinas 3 e 4. Constatado diferenças entre os sistemas das CTEs 3 e 4 e feito alterações específicas para cada sistema, observando as peculiaridades de cada um. Na figura 5 pode ser observada a diferença entre a situação antes e após a alteração.



Linha Azul: Relação de abertura da PCV-453 com TCV-433A; Linha Vermelha: Linha de tendência

Figura 5. CTE 4: Comparativo das curvas da válvula controladora de temperatura da 2^a extração.

Concluídos os testes operacionais com a obtenção de controlabilidade adequada, como mostra a Figura 8, sendo os ajustes feitos na sintonia da válvula TCV-433A para melhor controle no atendimento às variações do processo (alterações súbitas na vazão, em função da característica de consumo dos RHs 1 e 2).

Foram preparados os procedimentos para isolar o consumo interno de vapor de processo, deixando-o alimentado pela PCV-351/451 (reduzora do superaquecedor secundário da caldeira) e utilizar a reduzora da 2^a extração da turbina (PCV-353/PCV-453) somente para o coletor de baixa e anel de vapor. Após a realização dos testes, a 2^a extração das Turbinas 3 e 4 passaram a operar com controle estável de pressão e temperatura.

As Figuras 6 e 7 mostram a configuração do sistema de vapor de processo da CTE em relação ao anel de vapor, antes e após alterações.

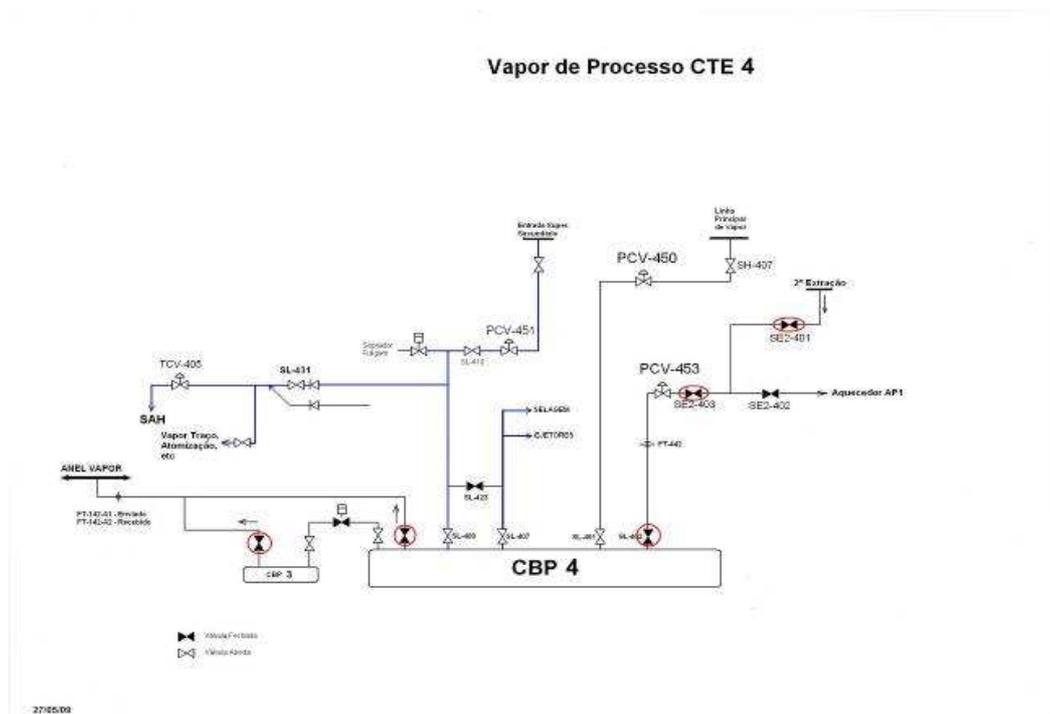
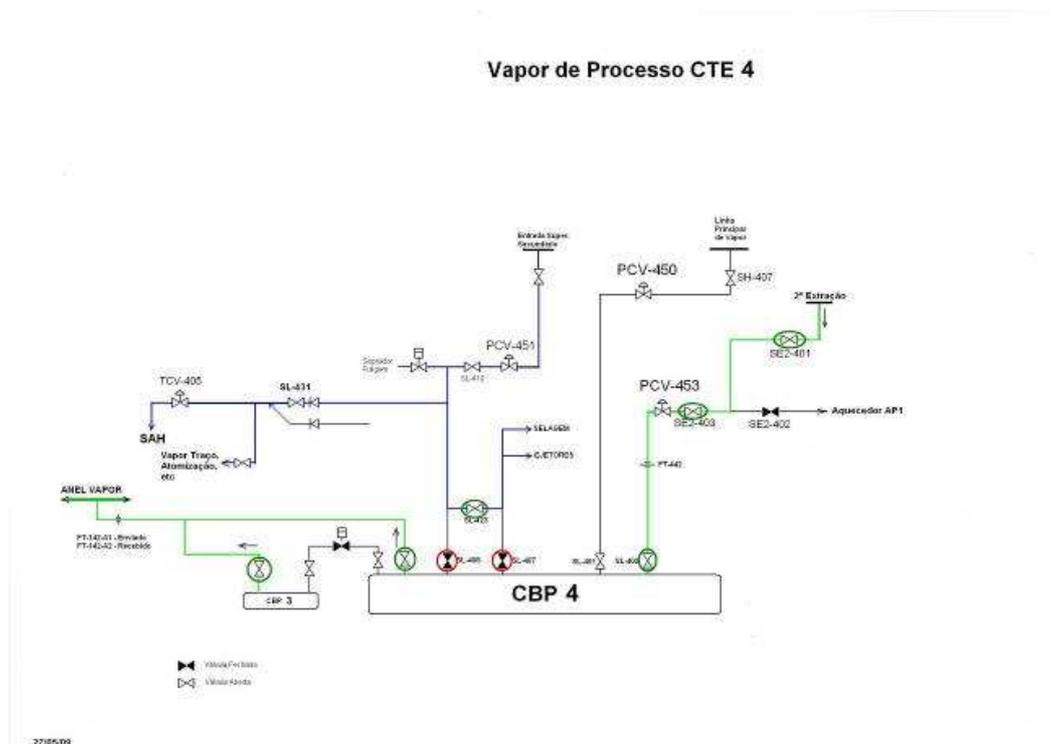


Figura 6. Configuração do sistema de vapor de processo 4 – Antes.

O sistema de vapor de processo da CTE 3 e 4 atendia apenas ao consumo interno, cada unidade fornecendo para seus equipamentos individualmente, utilizando-se uma terceira redutora, de saída do superaquecedor secundário, com baixo consumo.



CBP 4: Coletor de Baixa Pressão 4.

Figura 7. Configuração do sistema de vapor de processo 4 – Após



Conforme Figura 8, as variações de temperatura do vapor durante a retomada de envio, atingiam valores acima de 250 °C. (linha vermelha). Após a implementação da nova curva, a temperatura do vapor atingiu o máximo de 234°C. (linha vermelha).

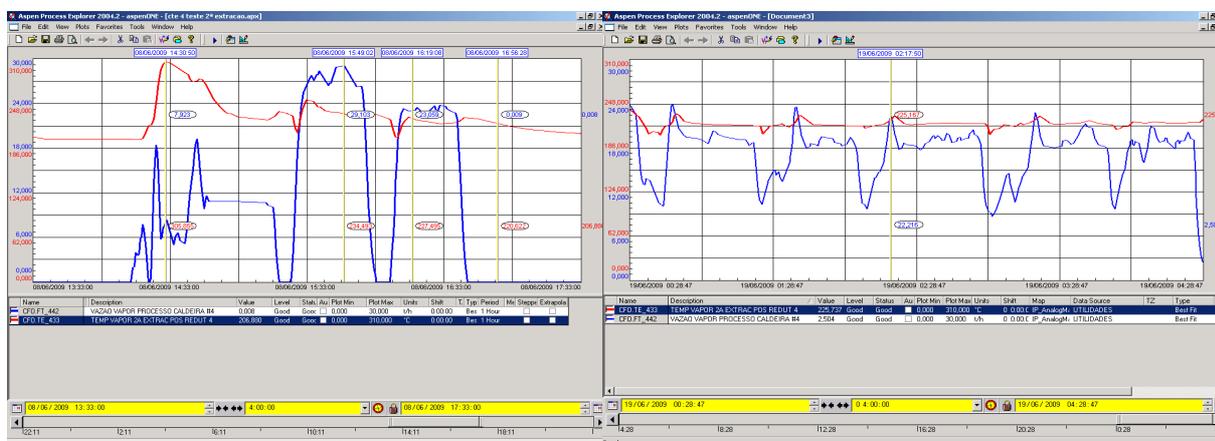


Figura 8. CTE 4: Controle de temperatura 2ª extração (linha vermelha) – Antes e Após.

Foi elaborada a seqüência de manobras para testes no sistema e feita a revisão do padrão, com inclusão das manobras de alinhamento e isolamento do anel de vapor através do coletor de baixa pressão. Feita a divulgação dos procedimentos a todo o efetivo da operação da CTE, com reciclagem do padrão alterado e informação à área de distribuição de vapor quanto à disponibilidade do sistema para uso em caso de necessidade.

3 RESULTADOS

O anel de vapor passou a ser utilizado para fornecimento de vapor à usina em casos de manutenção no coletor de baixa da CTE ½ ou mesmo nas paradas de CDQ, permitindo que os RHs permaneçam em operação nesses eventos. Os novos testes de fornecimento de vapor de processo via anel, separado do sistema de consumo interno e utilizando as válvulas de controle das 2ªs extrações, apresentaram resultados acima das expectativas. A meta era fornecer 15 T/h por cada unidade. Foram enviadas acima de 25 T/h por unidade durante os testes e enviadas até 30 T/h por unidade em picos de demanda.

A economia e as perdas potenciais quantificadas chegaram a aproximadamente R\$ 662.000. Este resultado está relacionado a fatores como: economia por evitar custo (mínimo) para implementação de sistema de controle do anel, homem hora por cancelamento de parada do coletor de baixa ½ e perda de vapor por vazamento no coletor de baixa 1/2.

Também foram listadas outras formas de benefícios como: evitar perdas de produtividade na área de RH/Lingotamento, tanto por parada programada (por solicitação da área de Energia/CDQ) quanto por parada não programada de CDQ, maior flexibilidade do CDQ para programar paradas para manutenção, garantia operacional dos demais consumidores da usina (Altos Fornos e outros), novas perspectivas para soluções de problemas de fornecimento de vapor em emergência para FOX, que o utiliza para vaporização de Nitrogênio em caso de blecaute. (situação que pode ser estudada e desenvolvido plano específico),

disponibilidade de vapor de processo para cumprimento do plano de reforma das caldeiras ½ e caldeiras do CDQ (Planejamento 2010).

3.1 Aplicação Prática do Anel de Vapor

No dia 19/06/09, houve parada não programada do CDQ (parcial e seguida de parada total, por aproximadamente 3 horas), sendo mantidos os 2 RHs em funcionamento devido à disponibilidade do anel de vapor (O RH 1 ficaria em operação pelo suprimento de vapor da CTE ½), permitindo o RH 2 produzir aproximadamente 1.940 T de aço nesse período, sem interrupções.

No dia 06/11/09, durante parada programada do coletor de baixa ½, o anel de vapor foi colocado em operação, evitando parada do RH 2 por 10 horas, com uma produção de 3.000 T de aço nesse período.

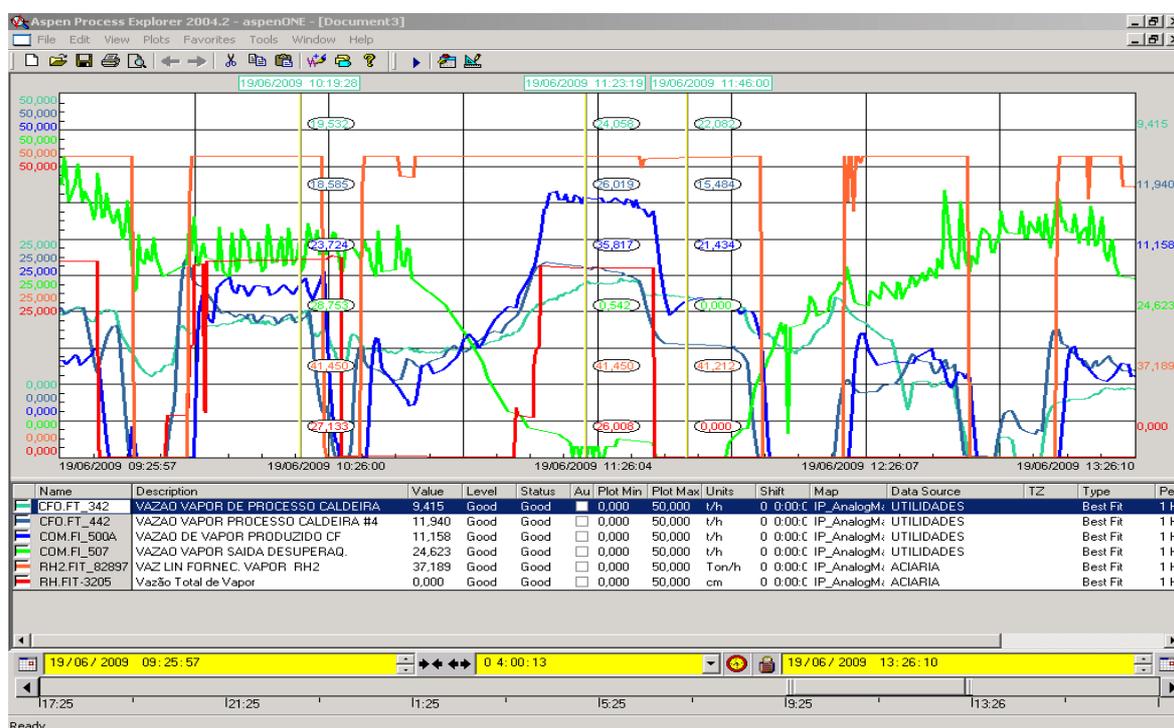


Figura 9. Parada do CDQ.

Parada parcial do CDQ

Fornecimento: CTE ½: 24 T/h CTE 3: 19 T/h CTE 4: 19 T/h CDQ: 29 T/h

Total: 91 T/h

Consumo: RH1: 27 T/h RH2: 42 T/h RH1 + RH2: 69 T/h Outros: 22 T/h.

Total: 91 T/h

A CTE ½ tem capacidade de enviar até aprox. 50 T/h de vapor para o processo da usina. Na condição acima, com a redução no fornecimento de vapor pelo CDQ, caso não estivesse disponível o anel de vapor (CTE 3 e 4), a produção total de vapor seria de 79 T/h (CTE ½ + CDQ). Portanto, seria imperativa a parada de 1 RH em virtude do déficit de aprox. 12 T/h de vapor.

Parada total do CDQ

Fornecimento: CTE ½: 36 T/h CTE 3: 24 T/h CTE 4: 26 T/h CDQ: 0 T/h

Total: 86 T/h

Consumo: RH1: 26 T/h RH2: 42 T/h RH 1 + RH2: 68 T/h



Outros consumidores: 18 T/h.

Total consumidores: 86 T/h

Nesse caso seria imperativa a parada do RH 2 (de maior consumo) em virtude do déficit de aprox. 36 T/h de vapor. Nessa condição, manteria o RH 1 em funcionamento (consumo de 26 T/h). A produção foi mantida, não havendo parada por falta de fornecimento de vapor nos horários de redução e parada de produção do CDQ.

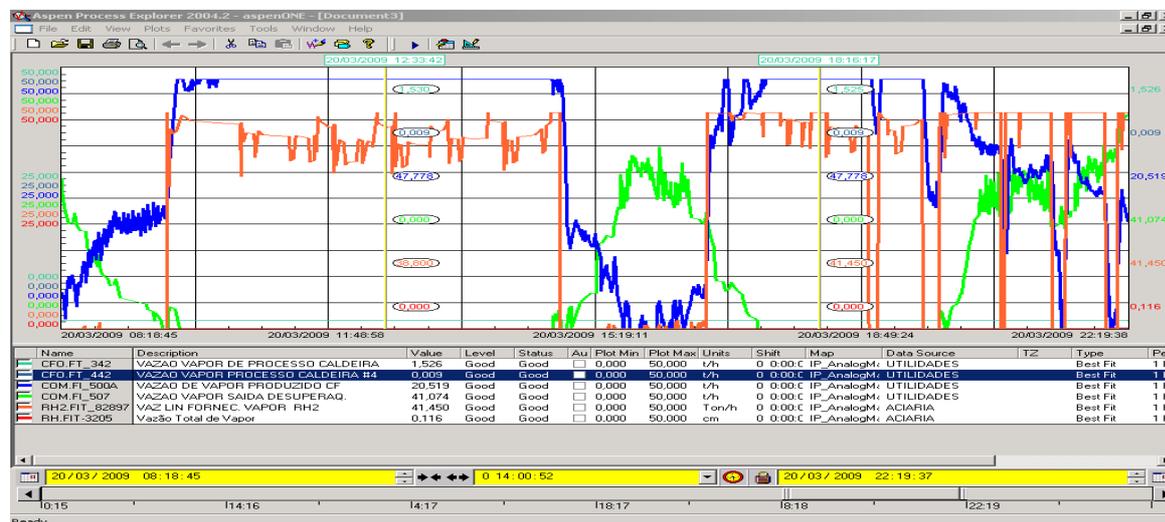


Figura 10. Parada do CDQ.

A implantação desse trabalho tem correlação com a atividade fim da empresa, contribuindo para a continuidade na produção e qualidade do produto final. Os impactos da interrupção de funcionamento dos RHs são variados, podendo implicar em atraso na produção e não cumprimento do plano, perda de material, falta de sincronismo com o lingotamento contínuo, taxas extras por atraso no embarque e atraso na entrega do produto final aos clientes.

4 DISCUSSÃO

As fontes de vapor disponíveis para fornecimento de vapor de processo pelas CTE 3 e 4 podem ser diferenciadas pelo impacto que provocam no processo:

- Uso de válvula redutora da saída da caldeira: Interferência direta com a fonte de produção (pressão de saída da caldeira) quando ocorre variação da pressão de vapor de processo após a válvula controladora. É necessário redução de vazão de vapor na entrada da turbina a cada abertura excessiva da válvula, a fim de não ultrapassar a capacidade máxima da caldeira, ocasionando redução na geração elétrica.
- Uso da extração de vapor da turbina: A vazão de vapor na entrada da turbina permanece constante (não afeta a produção de vapor na caldeira) e à medida em que a válvula automática da extração atua, a retirada de parte do vapor do corpo da turbina, após realização de trabalho, com 24 Kgf/cm², causa a redução proporcional de geração elétrica.

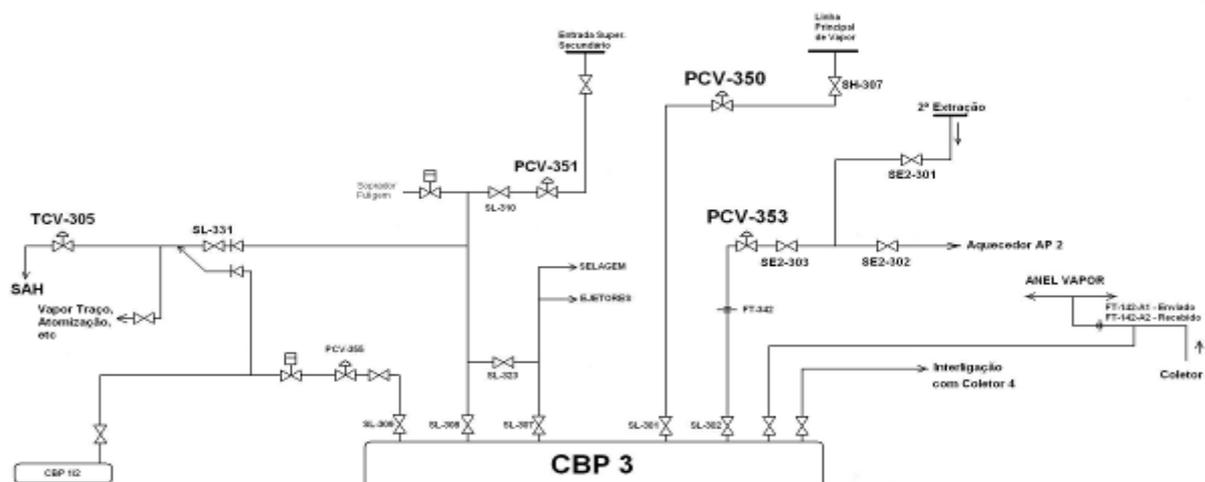
As duas formas citadas apresentam uma diferença significativa na pressão primária. A pressão anterior à válvula de saída da caldeira é de 103 Kgf/cm², enquanto que a pressão anterior à válvula da extração da turbina é de 24 Kgf/cm².



Dessa forma, a 2ª opção também demonstra ser mais viável, já que o vapor utilizado passa por realização de trabalho.

As turbinas a vapor com extração automática ou extrações reguláveis são projetadas para permitir a retirada de quantidades variáveis de vapor sob pressão constante, em um ou mais pontos de extração.⁽¹⁾

Outra forma de se avaliar a viabilidade da escolha da fonte de suprimento de vapor está relacionada ao impacto que a dinâmica do processo causa no sistema interno. Sendo assim, cada possibilidade deve ser analisada no contexto que permita a harmonia dos processos externos e internos.



CBP 3: Coletor de Baixa Pressão 3.

Figura 11 – Fluxograma de vapor da 2ª extração Turbina 3 para Coletor de baixa e Anel de vapor.

O uso da 2ª extração das turbinas 3 e 4 tornou-se útil para suprir o consumo interno e o a anel de vapor ficou disponível para uso de acordo com a necessidade, com capacidade de envio de até 50 T/h. (25 T/h por unidade) em picos, ou 35 T/h (média hora), em casos de manutenção no coletor de baixa da CTE ½ que antes dependia de parada de RH e, em alguns casos, dos 2 RHs ou mesmo nas paradas de CDQ, permitindo que os RHs permaneçam em operação nesses eventos. Embora não quantificadas, passou-se a evitar perdas de produtividade por parada de RH (em caso de produção nominal do CDQ) ou parada conjugada com apenas 1 RH (caso o CDQ não tenha como manter sua produção nominal). Ainda evitou-se perdas por cancelamento de parada do coletor de baixa em virtude da flexibilidade para intervenção de manutenção, sendo evitados vazamentos excessivos e contínuos de vapor, principalmente por haver perda cumulativa por necessidade de aguardar parada de 2 RHs simultaneamente.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho foi desenvolvido considerando as possibilidades de se modificar um processo utilizando-se de recursos existentes, com aplicação de conceitos fundamentais de análise e solução de problemas. O suprimento de vapor de processo via anel de vapor passou a ser utilizado para manter a continuidade operacional de todos os consumidores de vapor na usina, especialmente nas ocasiões expostas no trabalho, permitindo a conciliação da programação da manutenção com o plano de produção da usina, evitando desperdícios e redução da produção.



Agradecimentos

Agradecemos o apoio e incentivo dos colaboradores:

Luiz Enrique Sturião e José Leal Neto (Gerentes de área).

Rafael Wayand Christ e Walmir Venturini (Especialistas)

Alan Patrick Gozzi e Gilmar Escouto (Inspeção Mecânica).

Toda equipe de operação da Central Termelétrica da Arcelormittal Tubarão, pela cordialidade e disponibilidade para realização de testes, com zelo e presteza.

REFERÊNCIAS

- 1 LORA, E. E. S.; NASCIMENTO, M. A. R.. Geração termelétrica: planejamento, projeto e operação. Parcerias Estratégicas, Rio de Janeiro: Interciência, p 259, 2004.