

UTILIZAÇÃO DE ÓLEO DA ETEO COMO COMBUSTÍVEL PARA GERAÇÃO DE ENERGIA NA UG50HZ ¹

José Francisco de Souza ²
José Maria do Nascimento ³
Luiz Antônio da Silva ⁴
Marcos Vinícios Salazar ⁴
Reinaldo Lopes Baptista ⁴
Sueli Aguiar Barros ⁵

Resumo

As áreas de acabamento de produto da CSN geram efluentes contaminados com óleos e graxas, que são encaminhados para a ETEO (Estação de Tratamento de Efluentes Oleosos). Nesta estação, o óleo é processado para ser disponibilizado à venda para o mercado consumidor. Porém, historicamente existem épocas do ano que o mercado não absorve todo o óleo disponibilizado, e a CSN é obrigada a custear a queima deste óleo, a fim de não interromper o processo produtivo e causar impacto ambiental. Diante desta situação, buscamos alternativas para o uso viável deste óleo dentro da UPV, não perdendo de vista a segurança do processo e o impacto ao meio ambiente. O presente trabalho trata do estudo e implantação da queima deste óleo da ETEO juntamente com o óleo BPF (tipo A – Petrobras), na caldeira 7 da UG50HZ (Unidade Geradora de Energia em 50 Hz). Para a implantação deste projeto foram preparadas contingências operacionais de segurança para equipamentos, pessoal e meio ambiente. Além disso, o trabalho contemplou análises físico-químicas dos óleos em questão e acompanhamento das condições da Caldeira. Os resultados alcançados demonstram a total viabilidade do projeto, foi comprovada mais uma alternativa de utilização para o óleo da ETEO, com redução no custo de combustível e conseqüentemente redução do custo de vapor e energia elétrica da UG50Hz. Os resultados financeiros atingiram R\$ 55,3 Milhões/ano levando em conta a economia direta e as reduções de riscos.

Palavras-chave: Óleo; Combustível; Resíduo; Queima.

OIL USE OF THE EFFLUENT PLANT ETEO AS COMBUSTIBLE FOR GENERATION OF ENERGY IN THE POWER PLANT UG50 Hz

Abstract

The areas of finishing products of CSN Steel Plant generate contaminated effluents with oil and grease, that are treated in ETEO (Effluent Station of Oil Treatment). In this plant, the oil is processed to be sold for the consuming market. However, some seasons of the year, the market does not absorb the oil, and CSN is obliged to defray the burning of this oil, to not interrupt the productive process and cause an environmental impact. Because of this situation, we search alternatives for the viable use of this oil inside CSN Steel Plant, taking care for the security of the processes and the impact to the environment. This paper describes the details of the work and the implantation of the burning of this oil of the ETEO with BPF oil (type of Petrochemical Oil) as combustible in the boiler 7 of the Power Plant UG 50 HZ. For the implantation of this project, operational contingencies of security for equipment was prepared. Moreover, the work included chemical analyses of the oil and the conditions of the boiler using this mixing of oils. The reached results demonstrate the total viability of this project and it was proved another alternative of the use of this residue, with reduction of the fuel costs, steam costs and the electric energy generated in the Power Plant of CSN.

Key words: Oil; Combustible; Residue; Burning.

¹ Contribuição técnica ao 30º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 24º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 19 a 21 de agosto de 2009, São Paulo, SP

² Técnico de Desenvolvimento da Gerência de Geração de Energéticos da Companhia Siderúrgica Nacional

³ Líder de Efluentes da ETEO da Companhia Siderúrgica Nacional

⁴ Engenheiro da Gerência de Geração de Energéticos da Companhia Siderúrgica Nacional

⁵ Engenheira da Gerência de Distribuição de Energéticos da Companhia Siderúrgica Nacional

1 INTRODUÇÃO

As áreas de acabamento a frio da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) em seu processo produtivo utilizam óleos e graxas que contaminam a água de refrigeração, gerando com isso um efluente contaminado. Esta contaminação é inerente ao processo siderúrgico e é necessário tratar o efluente gerado.

Este efluente é encaminhado para a Estação de Tratamento de Efluentes Oleosos (ETEO), a fim de ser tratado para posterior descarte.

No processo de tratamento o óleo e graxa são separados do efluente. Após a separação do óleo e graxa do efluente, o óleo/graxa é beneficiado com a finalidade de produzir um óleo que possa ser reaproveitado em outras atividades.

O óleo centrifugado é comprado por outras indústrias que o utilizam em fornos e caldeiras de pequeno porte.

O mercado consumidor deste óleo é sazonal e no verão é comum não ter clientes, sendo a CSN obrigada a pagar para empresas qualificadas para fazer a incineração do óleo centrifugado da ETEO.

2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREAS ENVOLVIDAS

A ETEO situa-se ao Sul da UPV (Usina Presidente Vargas), próximo das áreas da Laminação. E a Caldeira 7 da UG50Hz situa-se próximo dos Altos Fornos 2 e 3.

3 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES OLEOSOS

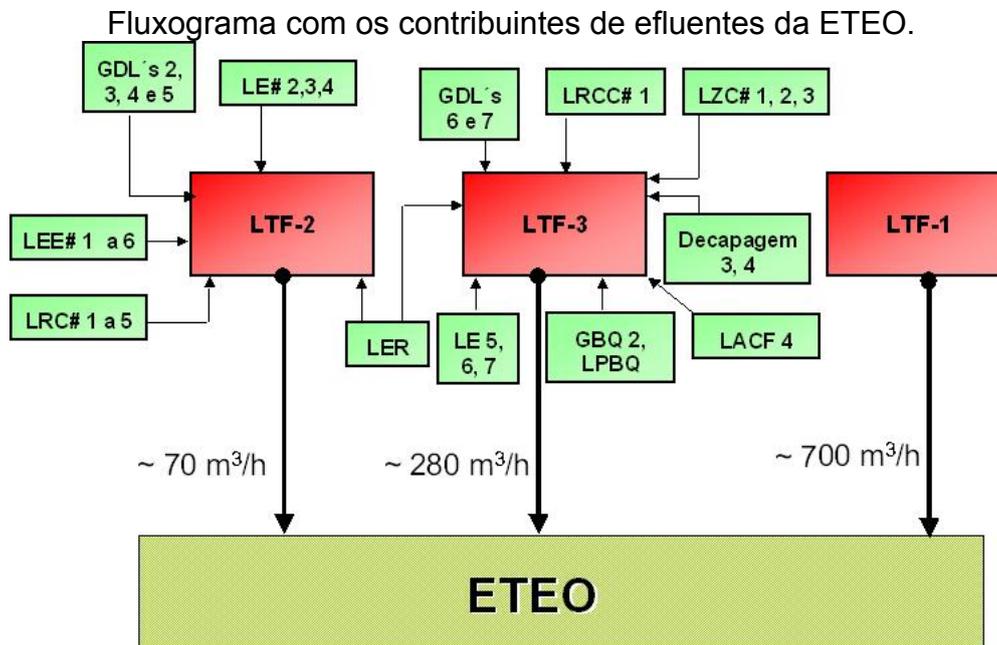


Figura 1 – Fluxo de Efluentes para ETEO.

Na Figura 2 temos o fluxograma de processo da ETEO. Podemos verificar que as unidades de produção de laminados a frio, entregam seus efluentes a ETEO.

A primeira fase do tratamento é o recebimento do efluente através dos tanques de estocagem, nestes tanques ocorre a separação primária do óleo e graxa do efluente, por decantação.

A terceira via mais a direita no fluxograma, é justamente a parte que mais interessa neste trabalho, pois trata-se das fases de beneficiamento do óleo. O óleo finalmente após a centrifugação estará pronto para a venda ou uso interno.

A linha em vermelho no fluxograma apontando para CTE (Central Termoelétrica), como poderá ser visto no desenrolar do relatório de projeto, é o caminho desenvolvido como opção para uso do óleo da ETEO.

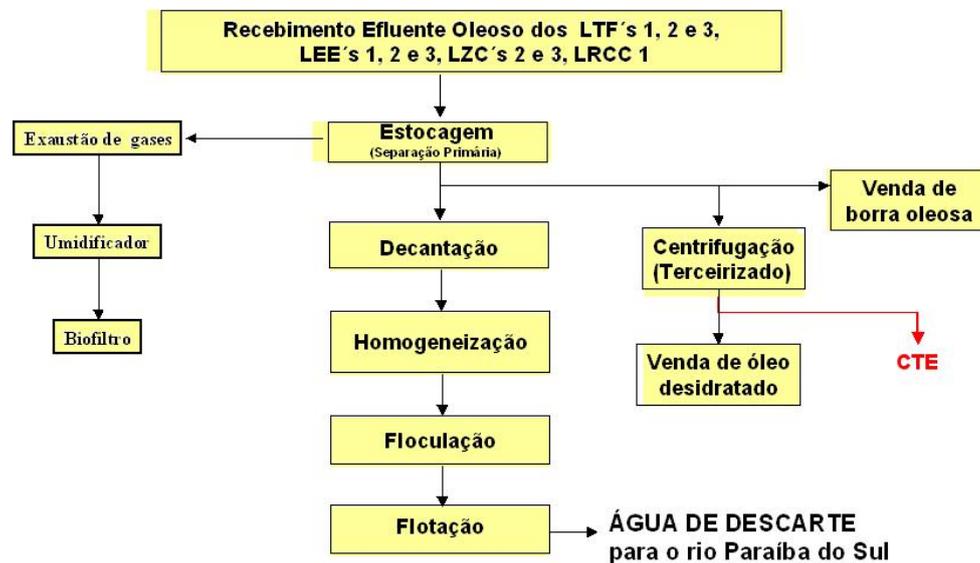


Figura 2 – Fluxograma da ETEO.

4 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Ao longo do ano a ETEO como pode ser verificado na gráfico (Figura 3), recebe de forma bastante estável o efluente das unidades de produção (Laminação a Frio).

Embora a ETEO tenha capacidade de armazenamento de um volume muito significativo de efluente (1.600 m³) o mesmo não se pode dizer da capacidade de armazenamento de óleo centrifugado. O volume total do tanque de óleo é de 24 m³ e a produção média de óleo na estação é de 16 m³/dia.

Com os dados acima fica fácil deduzir que pelo menos a cada dois dias a CSN precisa se desfazer de 24 t. de óleo. Caso contrário o nível dos tanques de recebimento irão a cada hora receber mais efluente com óleo e graxa, que sem poder retirar o óleo/graxa sobrenadante, comprometerá o funcionamento do processo de separação.

Caso os tanques atinjam um nível tão elevado que impossibilite o tratamento do efluente, o que restará a fazer é parar a produção das unidades de produção para cessar o recebimento.

O gráfico (Figura 3) mostra que durante alguns meses por ano a curva de produção de óleo diminui, embora o nível de recebimento permaneça estável. Isto significa que nestas ocasiões a CSN é obrigada incinerar óleo e graxa não beneficiado, pagando à empresas especializadas por este serviço. Este fato encarece ainda mais o processo de tratamento do efluente.

Gráfico: VOLUME DE EFLUENTE X PRODUÇÃO DE ÓLEO – jan/06 a set/08

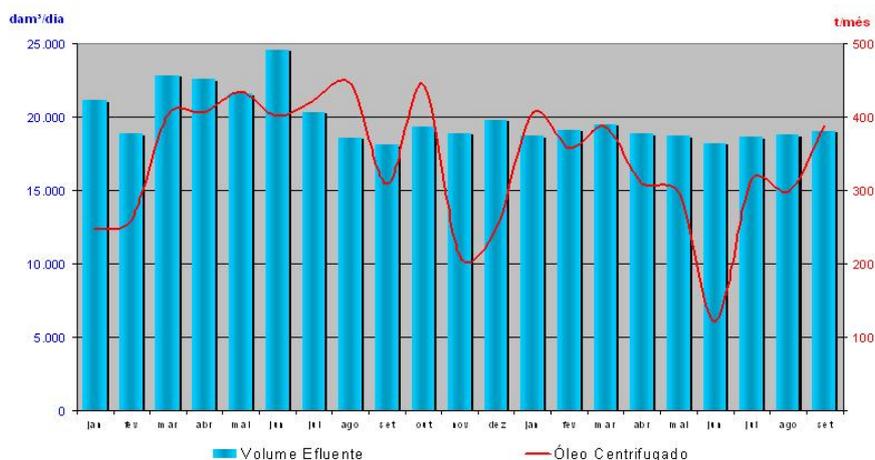


Figura 3 – Volume de efluente x Produção de óleo

Em 2007 o custo para a queima externa em emergência foi de: **R\$ 54.381,80.**

O gráfico (Figura 4) a seguir evidencia de forma clara, como o nível alto dos tanques de recebimento de efluente influencia negativamente na separação do resíduo óleo/graxa do efluente a ser tratado para descarte no Rio Paraíba do Sul.

A linha reta pontilhada em azul é o limite máximo do parâmetro óleo e graxa permitido para descarte pela legislação ambiental (OG < 20 ppm). A linha vermelha pontilhada é o limite máximo do nível dos tanques de recebimento (1.200 m³), acima do qual é esperada a perda de controle sobre a separação de resíduo (óleo/graxa) do efluente. A curva em amarelo é a linha de tendência da taxa de óleo e graxa. Note que, com o aumento do volume do tanque a tendência da taxa do óleo/graxa cresce.

Gráfico: VOLUME DE EFLUENTE X TAXA DE ÓLEO/GRAXA – jan/06 a set/08

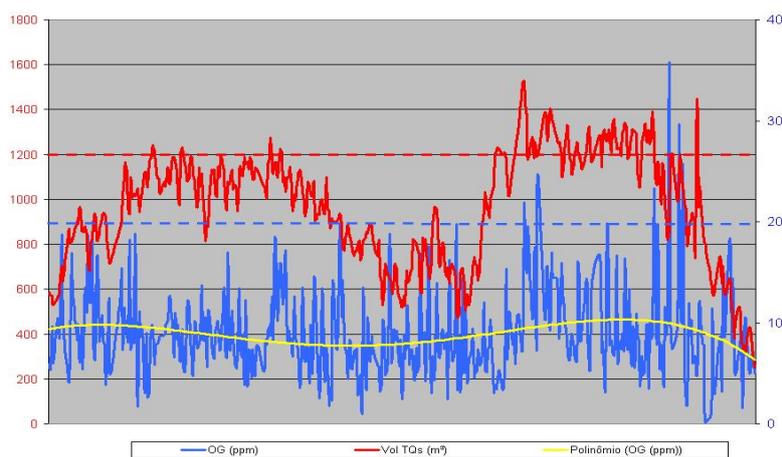


Figura 4 –Volume de efluente x Taxa de óleo e graxa.

4.1 Conclusões sobre o Histórico

O tratamento do efluente e a produção de óleo (resíduo) são inerentes ao processo de Laminação à Frio e precisa ser equacionado no que tange a criar uma opção para o consumo firme do resíduo gerado, sob pena de:

- Interferir na produção por excesso de óleo nos tanques de recebimento da ETEO.
- Interferir com o meio ambiente e sofrer multas por descarte de efluente fora dos limites permitidos pela legislação ambiental.

5 SOLUÇÃO PROPOSTA

A falta de alternativas para a utilização firme (não sazonal) para o óleo produzido na ETEO é um problema histórico.

No quadro abaixo estão listadas as alternativas elencadas, a avaliação do grupo e a conclusão sobre cada uma delas.

Quadro 1: Avaliação de alternativas

Alternativas	Avaliação	Conclusão
Misturar o óleo da ETEO ao Alcatrão	Com esta mistura a CSN permanecerá dependendo do mercado externo	Não viável
Queimar o óleo da ETEO nos Altos Fornos	Alto custo para de implantação de sistema para queima.	Não viável
Criar tanques de estocagem na UPV	Alto custo para implantação de sistema de armazenamento (tanques, aquecimento e recirculação)	Não viável
Transformar em Biodiesel	Alta flutuação da composição do óleo centrifugado da ETEO não garante a qualidade do biodiesel	Não viável
Queimar o óleo da ETEO nas Caldeiras da UG50Hz	Para a utilização do sistema existente é necessário testar a queima misturando ao óleo BPF	Viável

Considerando os custos, riscos operacionais, segurança e meio ambiente, chegou-se a conclusão que a melhor opção seria efetuar os testes e a implantação da queima de óleo da ETEO na Caldeira-7 da termoeletrica nº1, UG50Hz (Unidade Geradora de 50 Hz).

Os motivos que levaram a esta conclusão são:

- a Caldeira 7 da UG50Hz é a única que utiliza apenas dois combustíveis (óleo e gás de alto forno) e o óleo da Petrobrás tem um custo muito alto;
- todas as vezes que o gás de alto forno tem a sua disponibilidade e/ou qualidade reduzida, a Caldeira 7 por uma questão de segurança operacional é obrigatoriamente alimentada com óleo combustível, para atender as necessidades de produção de vapor;
- possibilidade de ser atendida com o tanque 5 separadamente das outras caldeiras. Este fato implica que qualquer anormalidade com o óleo da ETEO poderá ser resolvido sem afetar as demais caldeiras da termoeletrica.

CALDEIRA DE ALTA PRESSÃO Nº 7

As Caldeiras 7, 8 e 9 da UG50Hz são responsáveis pelo fornecimento de vapor para produção de energia elétrica em 50Hz, vapor de processo para a usina e ar soprado de emergência para os altos fornos.

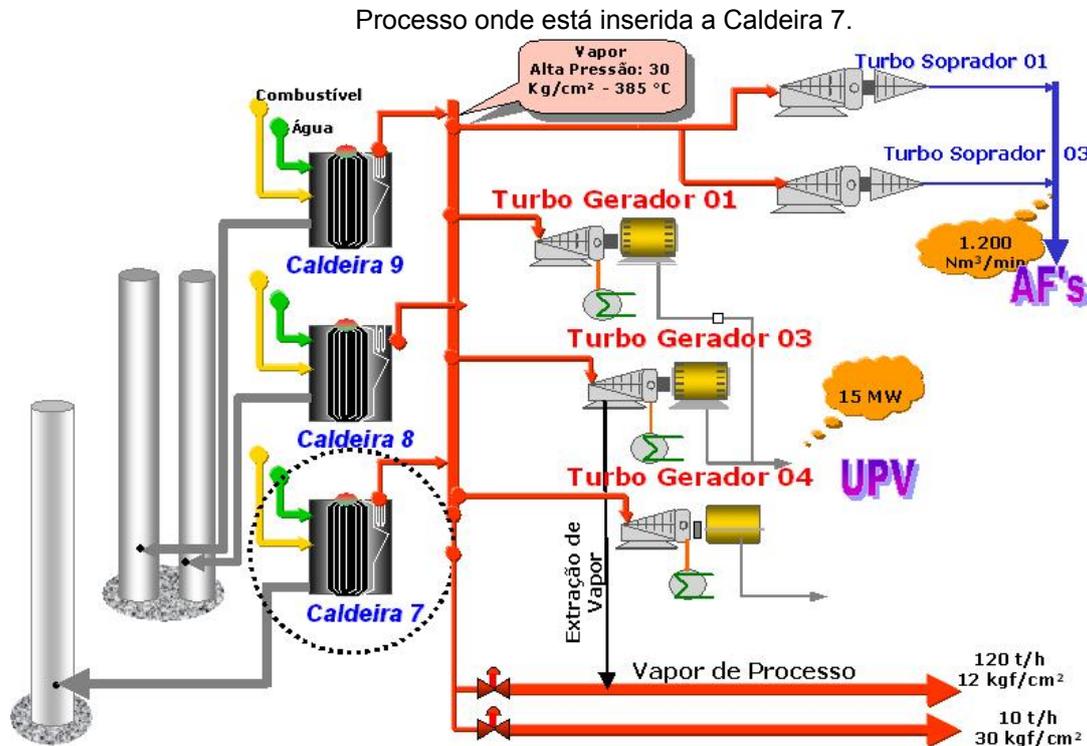


Figura 5 – Fluxograma da UG50Hz.

6 O PROJETO

6.1 Caracterização do Óleo da Eteo

A Tabela 1, mostra alguns itens relevantes para comparação entre o óleo da ETEO e o óleo da Petrobrás tipo A-1. Nesta tabela podemos verificar o alto poder calorífico do óleo da ETEO, a diferença entre a viscosidade entre os óleos o que por si só limita a utilização, não podendo o óleo da ETEO ser consumido puro devido a utilização do mesmo sistema de bombeamento e o teor de cinzas que merece cuidado durante a queima.

Tabela 1. Análise óleo da ETEO e o óleo da Petrobrás tipo A-1

Óleo	Água %	Resíduo de Carbono %	Cinzas %	Densidade	Viscosidade (60°C) mm ² /s	PCI Kcal/Kg	Ponto de Fulgor °C	Ponto de Inflamação °C
BPF	0,1	12,1	0,01	0,973	469,4	9756	128	161
ETEO	3,7	6,97	5,21	0,923	200	7398	181	198

Fontes: Centro de Pesquisas CSN e Nova Ambi Serviços

Na Figura 6 é mostrado o índice de similaridade entre o Óleo da ETEO e o Óleo BPF. Tipo de Análise: Espectrometria de infravermelho com transformada de Fourier, utilizando pastilha de KBr. O espectro aponta um índice de similaridade de 91,59%.

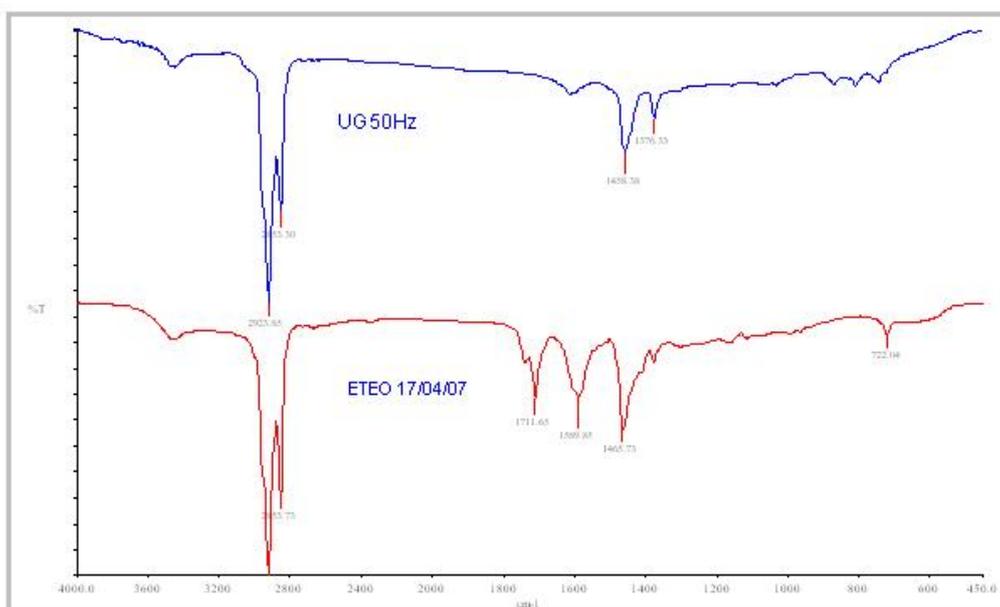


Figura 6 – Espectro de similaridade.

A caracterização do óleo centrifugado da ETEO e a sua comparação com o óleo BPF possibilitou a continuidade do projeto com mais tranquilidade por indicar que:

- poderia ser bombeado pelo sistema existente até os queimadores da caldeira para queima, **desde que fosse feita a mistura com o óleo BPF**, visto que a bomba do sistema existente não foi projetada para operar com a viscosidade do óleo da ETEO; e
- a combustão poderia ser controlada e monitorada tendo em vista que a composição do óleo da ETEO não apresentava diferenças negativas em relação ao óleo BPF.

6.2 Segurança das Pessoas, Meio Ambiente e Equipamentos

Foi realizada a análise de risco levando em consideração as pessoas, o meio ambiente e os equipamentos envolvidos no projeto. E para cada um dos itens levantados foi elaborado um procedimento de operação segura e a sua respectiva ação de contingência.

6.3 Inspeção da Caldeira Antes dos Testes

Conforme programado no plano de ação, foi realizada uma inspeção na Caldeira 7, para verificação das condições de conservação de suas partes que teriam contato direto com a chama do óleo misto, e outros auxiliares que poderiam ter qualquer tipo impacto durante os testes de queima de óleo misto (ETEO e BPF). Para a realização desta inspeção a caldeira ficou parada por quatro dias.

Foram verificados todos os pontos do tanque de óleo 5 até a chaminé da Caldeira 7, não sendo encontradas anormalidades impeditivas ao teste. O registro fotográfico de cada ponto foi feito para posterior comparação pós-teste.

6.4 Controle do Abastecimento do Tanque de Óleo N° 5

Para o controle da mistura do óleo da ETEO ao óleo BPF, foi desenvolvida uma planilha automatizada (MS EXCELL) que ao longo dos meses de teste foi atualizada com três dados, a saber: carregamento de óleo da ETEO, carregamento de óleo BPF e consumo de óleo misto na Caldeira 7. O programa fornecia como resultado dos cálculos: o consumo de óleo BPF, o consumo de óleo da ETEO, o saldo dos óleos em separado, o total no tanque e o percentual da mistura.

O controle da mistura foi eficaz e apontou até que percentual o óleo da ETEO poderia ser utilizado.

Quando a mistura dos óleos atingiram 31%, a bomba de combustível perdeu o recalque, apresentando ruído anormal (típico de cavitação) e a pressão (normal) de 15 bar caiu até 8 bar. Mesmo trocando de bomba o problema persistiu (veja controle da mistura na Figura 7).

Tão logo foi reduzido o percentual de óleo da ETEO na mistura as bombas voltaram a sua performance de operação normal.

Planilha de controle da mistura de óleo

Data	Óleo ETEO (%)	Óleo BPF (%)	Consumo Misto (%)	Observações
21	0,22	16,3	4,7	teste normal
20	0,17	16,54	3,46	teste normal
0	0,25	0,00	0,00	
0	0,31	0,00	0,00	Retirado de operação MBO 15 devido a perda de pressão de recalque
10	0,31	6,93	3,07	Queima de óleo com MBO 13 normal, feito teste com MBO 15 S/ sucesso
16	0,31	11,08	4,92	teste normal
0	0,31	0,00	0,00	31/12/07 09:00 / 09:05 Realizado teste na MBO#15 s/ êxito, continua
0	0,31	0,00	0,00	
0	0,29	0,00	0,00	
0	0,29	0,00	0,00	
35	0,29	24,76	10,24	teste normal
35	0,29	24,76	10,24	teste normal

Figura 7– Planilha de Acompanhamento do Abastecimento do Tanque 5

6.5 Controle Operacional

O controle operacional foi realizado através de planilhas de acompanhamento, preenchidas pelos operadores, de acordo com cronograma de teste.

Ao longo de todo o período de teste, os valores registrados nestas planilhas foram comparados aos parâmetros usuais e as variações ocorridas se situaram dentro dos limites normais de operação. Com exceção à ocorrência de perda de recalque das bombas de combustível, quando o percentual da mistura ultrapassou 30% de óleo da ETEO.

Na Figura 8 temos parte da planilha que demonstra como foi realizada a medição e monitoramento durante os testes e encontrado o teor ideal de mistura.

ACOMPANHAMENTO DOS PARÂMETROS OPERACIONAIS DA CAP-7															
PLANILHA DE ACOMPANHAMENTO DE TESTE DE QUEIMA DE ÓLEO DE ETEO NA CALDEIRA 7															
DATA: 02 / 01 / 2008															
CAP#7															
SICOM	TEMPERATURA DO	NÍVEL DO S	VARO F. ATOM. GEPAL	111.1 PRESSÃO ÓLEO GEPAL	111.2 PRESSÃO ÓLEO	PRESSÃO FETOFINO ÓLEO	PRESSÃO IMBO ÓLEO	TEMPERATURA ÓLEO QUEIMADO F	VAZÃO DE ÓLEO	TEMPERATURA AQUECIMENTO	TEMPERATURA GASES QUEIMADOS	VAZÃO VARGAS DA CALDEIRA	VAZÃO DE GAF	PRESSÃO FORNALHA	
DATA	°C	dm	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	°C	dm ³ /h	°C	°C	dm ³ /h	dm ³ /h	mm CA	
01:00															
02:00															
03:00															
04:00															
05:00															
06:00															
07:00															
08:00										7	8	5	6		
09:00	65		9,02	12,21	12,35	10,3	12,5	126*	0	618	610	247	310	66 TH 73	65
10:00	65		9,91	10,82	3,91	10,3	12,5	76*	4,02 TH	615	609	246	310	59 TH 50	70
11:00	65		9,30/5,50	10,79	3,97	10,2	12,5	75*	5,94 TH	684	589	245	310	66 TH 49	73
12:00	65		9,95/5,56	10,49	4,45	10,0	12,5	69*	4,25 TH	700	566	237	310	70 TH 45	77
13:00	65		10,29/5,62	10,49	4,45	10,0	12,5	68*	4,45 TH	680	537	238	310	65 TH 35	80
14:00	65		10,37/5,47	10,32	4,47	10,0	13,0	68*	5,20 TH	697	600	240	310	64 TH 39	82
15:00	65		10,27/5,60	10,4	4,52	10,0	13,0	68*	5,10 TH	716	602	245	300	63 TH 42	84
16:00															
17:00															
18:00															
19:00															
20:00															
21:00															
22:00															
23:00															
00:00															

HORÁRIO DE INÍCIO	10:30
HORÁRIO DE TÉRMINO	14:40
TOTAL DE ÓLEO QUEIMADO	30

Figura 8– Planilha de Acompanhamento dos Parâmetros Operacionais da Caldeira utilizando a mistura de óleo BPF + óleo da ETEO.

6.6 Controle da Queima do Óleo Misto

Foi evidenciado a queima da mistura sem geração de fumaça preta, cor de chama característica (normal) e pressão do sistema de óleo normal.

As emissões mantiveram as mesmas características de queima, comparadas ao uso do óleo BPF puro.

6.7 Inspeção da Caldeira Após os Testes

Após 90 dias de teste, a caldeira 7 foi paralisada para realização de Manutenção Preventiva e atendimento à NR-13.

Durante os 15 dias em que a caldeira ficou fora de operação, foram inspecionados todos os pontos necessários à verificação de possíveis anormalidades e comparação com a condição anterior ao teste.

O óleo da ETEO conforme verificado nas análises laboratoriais apresenta até 5% de cinza em sua composição, enquanto o óleo BPF não chega a 0,5%. Isto contribuiu para pequeno acúmulo de pó no piso da fornalha, não resultando em emissão adicional de particulado. Nos demais pontos observados na caldeira, nada se observou que chamasse a atenção se comparado ao que já havia sido encontrado na inspeção antes do teste de queima de óleo misto.

7 RESULTADOS

7.1 Redução de Custo com Óleo Combustível

O consumo médio da Caldeira 7 em um período de 12 meses foi de 108 t/mês. Uma informação importante a respeito deste consumo é que, a utilização do óleo na Caldeira 7, mesmo no período de teste, foi feito obedecendo às necessidades de processo. Como o óleo utilizado é uma mistura do óleo da ETEO com o óleo BPF e a proporção do óleo da ETEO é de até 30%, significa que utilizar esta mistura traz uma economia do óleo BPF, da mesma ordem de grandeza.

Para monetizar a economia com óleo combustível, verificamos o custo do óleo BPF e calculamos a equivalência do óleo da ETEO em energia, levando em consideração o poder calorífico de ambos e o percentual de mistura (fig. 9).

Com isto chegamos a uma economia de R\$ 309.451,83 somente com a redução de óleo BPF que foi substituído por óleo da ETEO.

Redução de custo com óleo/ano			
	MISTURA	BPF	ETEO
VOLUME (t)	1304,4	913,08	391,32
PCI (Gcal)	7,875	9,756	7,398
ENERGIA (Gcal)	10272	8908	2895
CUSTO (R\$/ton)		1042,81	790,77
CUST TOT (R\$/ton)		952.168,95	309.442,36

pci BPF	pci ETEO
9756	7398
0,758302583	

Óleo BPF equivalente (t)
 $391,32 \times 0,758 = 296,75$

Economia de óleo BPF (R\$/ano)
 $296,75 \times 1042,81 = 309.451,83$

Figura 9 – Cálculo redução de custo com combustível

7.2 Redução de Custo com Queima de Emergência do Óleo da ETEO

Em 2007 a CSN desembolsou mais de R\$ 50.000,00 com pagamento para queima de óleo da ETEO em emergência, devido aos tanques de recebimento estarem no limite máximo de sua capacidades. Este é mais um ganho que o projeto apresenta, porque como já explanado anteriormente, a venda de óleo centrifugado da ETEO ocorre de forma intermitente e nos meses de novembro a março é costume não haver clientes interessados. Portanto a CSN deixa de desembolsar mais de R\$50 mil/ano com pagamento de queima de óleo da ETEO em emergência.

7.3 Monetização da Redução de Risco de Parada da Produção

Até a implementação deste projeto, todas as vezes que faltava consumidor para o óleo da ETEO, o nível dos tanques de recebimento começavam a subir alcançando valores que interferiam na qualidade do efluente da ETEO e colocavam em risco a operação das unidades de laminação a frio.

Levando em consideração a produção diária das áreas de produção envolvidas (LTF-1, 2 e 3 entre outras) e o custo dos produtos, pudemos verificar que a paralização destas por apenas um dia, causam um prejuízo de até **R\$5,2 milhões**.

7.4 Monetização da Redução de Risco de Infração Ambiental

A CSN se livra do risco de sofrer multas de até **R\$ 50 Milhões** por infração ambiental, porque com a implementação deste projeto ganha meio de manter os tanques da ETEO dentro de limites de operação mais confortáveis.

Multas ambientais podem variar de R\$50 a R\$50 milhões dependendo do Impacto ambiental e da violação do padrão.

7.5 Resultados Quanto à Segurança

Todos os passos, tanto do teste quanto do uso regular do óleo da ETEO, seguiram e continuarão a seguir padrões rígidos de controle e com contingências suficientes para evitar riscos a segurança das pessoas, do meio ambiente e dos equipamentos envolvidos.

7.6 Resumo dos Benefícios Financeiros

Tipo de Redução	R\$/ano
Consumo de óleo BPF	309.000,00
Queima de óleo da ETEO em emergência	50.000,00
Total	359.000,00

Tipo de Redução	R\$/ano
Interrupção da Produção	5.200.000,00
Multas ambientais	50.000.000,00
Total	55.000.000,00

8 CONCLUSÃO

O presente trabalho atingiu os objetivos estabelecidos de redução de custos e a criação de alternativa de consumo do óleo centrifugado da ETEO.

Além disto, foi possível contabilizar os ganhos ao Meio Ambiente, que com um maior controle dos níveis dos tanques da ETEO, reduz as possibilidades de descarte de efluente fora do parâmetro de óleo e graxa (OG) no Rio Paraíba.

Eliminamos o risco de parada da Laminação a Frio, por dificuldade de venda do óleo centrifugado para o mercado no verão.

Por tudo o que foi exposto, concluímos que, com segurança, respeito ao meio ambiente, utilizando ferramentas de qualidade e com uma solução técnica a GGCE contribui mais uma vez para que a CSN torne-se cada vez mais competitiva.

BIBLIOGRAFIA

- 1 DANTAS, Evandro. **Tratamento de água de refrigeração e caldeiras**. Rio de Janeiro: José Olimpio Editora, 1988. 370 p.
- 2 SMITH, J M; NESS, H.C. Van. **Introdução à termodinâmica da engenharia**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1985. 593 p.
- 3 CARVALHO JR., João Andrade de E LACAVA, Pedro Teixeira. **Emissões em processo de combustão**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP 2003. 103 p.