

IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE RECUPERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE GÁS DE ACIARIA NA COMPANHIA SIDERÚRGICA DE TUBARÃO ⁽¹⁾

Alexandre Rosado Barbosa ⁽²⁾
José Leal Neto ⁽³⁾
Derli da Silva Faria ⁽⁴⁾
José Ronald Pereira Martins ⁽⁵⁾
César Hitochi Yoshikawa ⁽⁶⁾
Cleber Torres ⁽⁷⁾

Resumo

Neste trabalho é apresentado o processo de estudo, a implantação e os resultados obtidos com o sistema de recuperação e distribuição do LDG (gás de Aciaria) na Companhia Siderúrgica de Tubarão.

Palavras-chave: Gás de Aciaria (LDG); Sistemas de energia; Utilidades.

- ¹ *Contribuição técnica apresentada no XXVI Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades, dias 24 a 26 de agosto de 2005 – Salvador – Bahia – Brasil.*
- ² *Engenheiro Mecânico, Especialista Energia e Utilidades, Companhia Siderúrgica de Tubarão – CST, Serra – ES – Brasil.*
- ³ *Engenheiro Mecânico, Especialista Energia e Utilidades, Companhia Siderúrgica de Tubarão – CST, Serra – ES – Brasil.*
- ⁴ *Engenheiro Civil, Especialista de Investimentos, Companhia Siderúrgica de Tubarão – CST, Serra – ES – Brasil.*
- ⁵ *Contador, Especialista de Investimentos, Companhia Siderúrgica de Tubarão – CST, Serra – ES – Brasil.*
- ⁶ *Engenheiro Eletrônico, Especialista de Automação, Companhia Siderúrgica de Tubarão – CST, Serra – ES – Brasil.*
- ⁷ *Engenheiro Mecânico, Especialista de Desenvolvimento Mecânico, Companhia Siderúrgica de Tubarão – CST, Serra – ES – Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

O gás de Aciaria – LDG – é produzido durante o processo de produção de aço, onde é soprado oxigênio no ferro gusa visando a redução da quantidade de carbono. Como resultado ocorre à oxidação do carbono gerando o gás combustível que possui um poder calorífico inferior próximo a 2.000 Kcal/Nm³ e com a seguinte composição química característica: 71,6% de monóxido de carbono (CO), 12,6% de dióxido de carbono (CO₂), 14,6% de nitrogênio (N₂) e 1,2% de outros componentes.

Este gás passou a ser recuperado para manter o equilíbrio energético da usina após a expansão da produção de placas da CST de 4,5 para 5,0 Mt/ano e o hating up do Laminador de Tiras a Quente (LTQ) atingindo uma produção de 2,0 Mt/ano, concluída no ano de 2004. Com isso, os seguintes projetos entraram em operação no ano de 2004:

a) Central Termelétrica nº 4 em janeiro de 2004, com 75 MW de capacidade, elevando a capacidade total de geração para 302 MW. Desse modo, mesmo com a operação de um laminador de tiras a quente, a CST mantém auto-suficiência energética;

b) Passa a ser aproveitado o gás de aciaria na matriz energética da CST a partir de agosto de 2004, equivalendo tal aproveitamento a 40 MW médios de geração elétrica. O fornecimento do sistema foi feito em regime *turn-key* pela empresa Kawasaki Heavy Industries do Japão.

Aproveitamento dos Gases Combustíveis

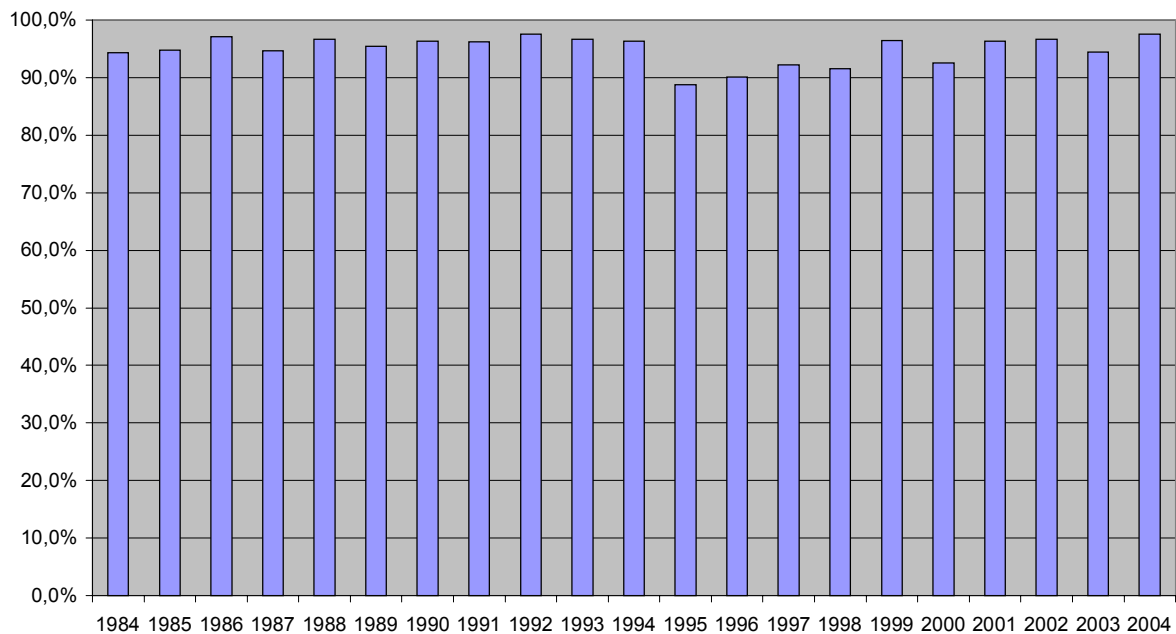


Figura 1. Aproveitamento dos gases combustíveis gerados.

Como podemos ver na Figura 1, o aproveitamento dos gases combustíveis gerados internamente sempre foi superior a 90%, exceto no ano de 1995 quando aconteceu a grande parada para manutenção das Centrais Termelétricas 1 e 2 com reforma dos rotores dos geradores, mas mesmo assim o índice ficou em 88%.

Outros pontos também são importantes na análise do gráfico:

1998 – entrada em operação do Alto Forno 2 e Central Termelétrica 3 (75 MW).

2002 – entrada em operação do Laminador de Tiras a Quente

2004 – entrada em operação do sistema de recuperação de LDG e CTE 4 (75 MW).

2 SISTEMA DE RECUPERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE LDG

2.1 Sistema de Recuperação do LDG

O gás produzido nos convertedores é succionado pelo ventilador induzido (IDF) e passa pelo sistema de lavagem, resfriamento e separação de pó. A qualidade deste gás é controlada através de analisadores, que indicam continuamente a composição química do gás. Enquanto a quantidade de oxigênio for maior do que 1% e a quantidade de monóxido de carbono (CO) inferior a 40% todo o gás é enviado para a torre de queima. Quando as condições anteriores são invertidas, o gás está na qualidade requerida para consumo e é desviado pela válvula 3 vias para o gasômetro. Caso haja algum problema no sistema de recuperação o gás é desviado para a torre de queima através da válvula 3 vias.

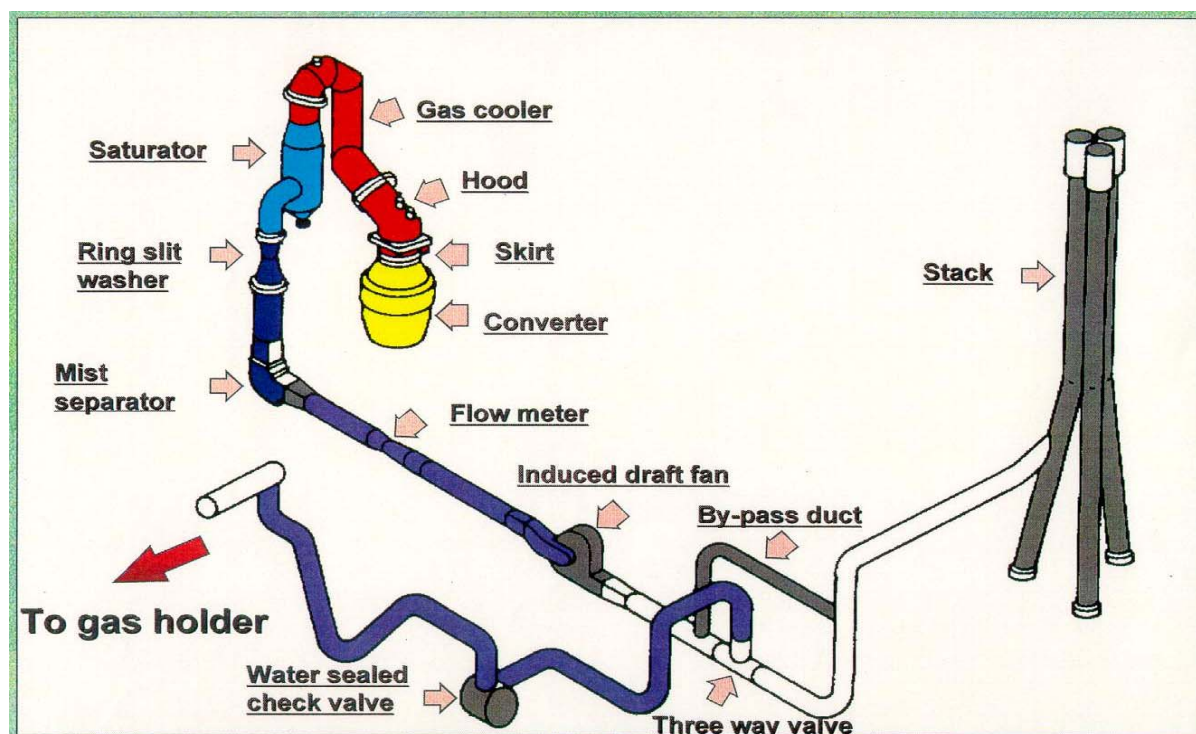


Figura 2. Fluxograma do sistema de recuperação de LDG

2.1.1 Restrições encontradas durante a análise de viabilidade técnica do sistema de recuperação de LDG

Durante a fase de análise de viabilidade técnica foi verificado que com a recuperação do LDG, o sistema de captação e lavagem do gás na Aciaria seria afetado, pois, haveria aumento na pressão na saída do exaustor dos convertedores (IDF) para transportar o LDG e vencer a pressão do gasômetro. Isso levaria a uma

redução da pressão na entrada do IDF e consequentemente reduzindo a eficiência do sistema de exaustão e limpeza do gás. Como o sistema de limpeza do gás estaria trabalhando no limite, levaria a uma perda de controle da pressão na boca do convertedor o que poderia ocasionar o escape de fumos e a emissão de material particulado pelo topo da Aciaria.

Para solucionar os problemas foram analisadas as seguintes alternativas:

- a) Implantar um compressor (booster) em série com o IDF para elevar a pressão do LDG;
- b) Modificar ou trocar o IDF existente para aumentar a pressão de aspiração do LDG;
- c) Modificar ou trocar o sistema de lavagem de gases existente.

A alternativa “a” foi considerada inviável devido à falta de espaço disponível no leiaute da área da Aciaria. A alternativa “b” teria um alto custo no investimento e a elevação do consumo de energia elétrica, além de ser necessária uma grande parada para adequar a nova base civil do conjunto e das torres de queima, sem agregar melhorias na limpeza do gás, tornando esta alternativa inviável.

Como a torre de lavagem existente já havia sido reformada e otimizada em 1992/1993, não havia mais como reformá-la para atender as exigências operacionais e ambientais da implantação do projeto. Assim, a alternativa “c” de troca da torre de lavagem do gás se mostrou a mais viável, mesmo que sendo necessários 12 dias de parada de cada convertedor para realizar a instalação.

2.2 Sistema de Distribuição do LDG

Depois do gasômetro o gás tem sua pressão elevada por compressores boosters para em seguida ser enviado para os consumidores.

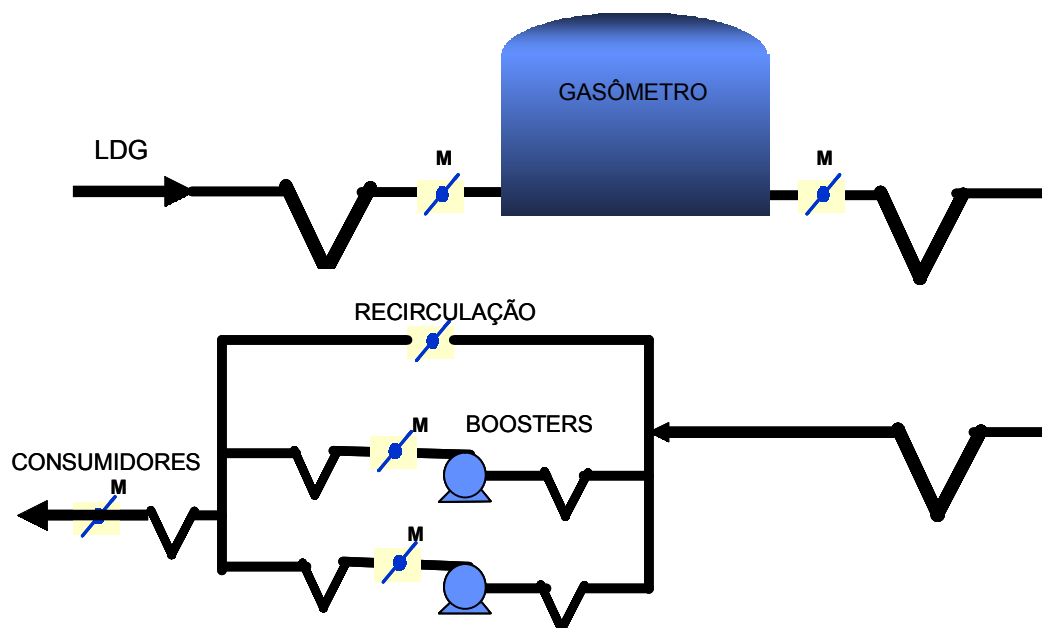


Figura 3. Sistema de distribuição de LDG.

Como no caso da CST as Centrais Termelétricas (CTE's) seriam as únicas consumidoras do LDG houve a necessidade de desenvolver um sistema de controle para otimização do consumo, uma vez que o gás é produzido em processo de bateladas, ou seja, a cada corrida na Aciaria e não haveria como realizar as manobras de inserção ou remoção dos combustíveis das caldeiras em períodos curtos de tempo devido ao risco de desarme das unidades. Isto significaria perda de geração de energia elétrica com aumento da compra do sistema interligado brasileiro e dependendo da situação implicaria em parada de áreas de produção da usina para controle de demanda.

A solução encontrada foi a utilização da geração estável de LDG (em torno de 25.000 Nm³/h em 95% do tempo – calculada com base no histórico de corridas da Aciaria) na caldeira da CTE 4. A parte variável seria injetada na tubulação de gás de Alto Forno (BFG) que atende às CTE's.

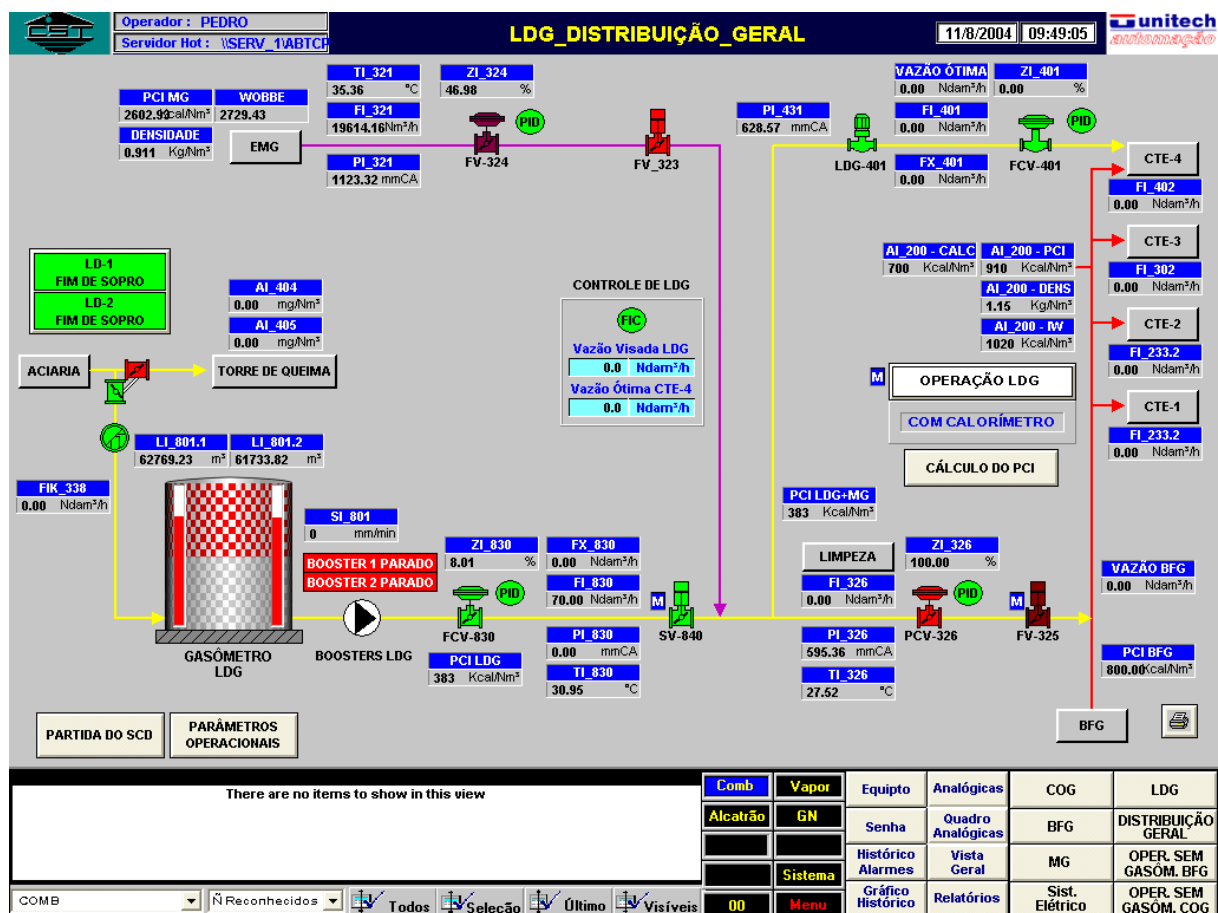


Figura 4. Tela do sistema de distribuição de LDG.

4 IMPLANTAÇÃO DO PROJETO DE RECUPERAÇÃO DE LDG

O sistema foi projetado baseado nas seguintes premissas:

Tamanho da corrida	315 t/corrida
Tempo de sopro	16 minutos
Tempo tap-to-tap	40 minutos
Vazão de sopro de oxigênio	66.000 Nm ³ /h
Vazão de LDG gerado	192.000 Nm ³ /h (máximo)

Fator de combustão	0,1
Corridas por dia na Aciaria	44 (máximo 54) fase atual 68 (máximo 80) fase 7,5 Mt/ano
LDG recuperado	90 Nm ³ /t de aço líquido
Poder calorífico inferior do LDG	2.000 kcal/Nm ³
Temperatura máxima do LDG na entrada do gasômetro	70° C
Umidade do gás	100% (saturado)
Pressão de trabalho do gasômetro	200 mmH ₂ O
Vazão média na saída do gasômetro	63.500 Nm ³ /h
Composição química do gás	Monóxido de carbono (CO) – 69% Hidrogênio (H ₂) – 0% Dióxido de carbono (CO ₂) – 15,4% Nitrogênio (N ₂) – 15,6%

4.1 Características dos Principais Equipamentos Instalados

4.1.1 Gasômetro

- Fabricante: Clayton Walker
- Tipo: cilíndrico, único estágio e parede grossa (autoportante)
- Selagem: selo seco de borracha (tipo wiggins)
- Volume total: 80.000 m³
- Volume útil: 66.497 m³
- Dimensões: diâmetro 55.700 mm e altura 51.995 mm
- Vazão máxima de gás na entrada: 192.000 Nm³/h (1 convertedor) e 384.000 Nm³/h (2 convertedores).
- Vazão máxima de gás na saída: 63.500 Nm³/h (1 convertedor) e 127.000 Nm³/h (2 convertedores).
- Pressão de trabalho: 170 ± 25 mmH₂O
- Temperatura máxima do gás na entrada: 70°C
- Medição de volume: tipo célula de carga
- Indicação de inclinação do pistão
- Velocidade máxima do pistão: 8 m/minuto

4.1.2 Boosters

- Fabricante: Howden (Fábrica em São Paulo – Matriz na Escócia)
- Tipo: centrífugo único estágio
- Capacidade: 63.500 Nm³/h (seco)
- Vazão mínima: em torno de 40% da capacidade – 25.400 Nm³/h
- Head: 1.000 mmca (1.170 ± 25 mmca)
- Tempo máximo de recirculação: 30 minutos
- Temperatura do gás na entrada: 70°C
- Umidade do gás: 100% (saturado)
- Método de lubrificação: banho de óleo
- Potência do motor: 500 kW

4.1.3 Projeto elétrico e de controle de processo

- Nova sala elétrica na área do gasômetro localizada próxima aos boosters.
- A alimentação principal em 13,8 kV feita pela subestação da Aciaria e a alternativa em 3,45 kV pela sala elétrica da área de combustíveis (existente).
- A proteção do sistema feita utilizando-se os relés MULTILIN/GE.
- Duas novas estações supervisórias de controle foram instaladas: uma na sala elétrica e outra no centro de energia.
- Conforme mencionado no item 2.2, para o desenvolvimento do sistema de controle foram simulados as condições de recuperação do gás na Aciaria, baseado em dados históricos. Após isto, definiu-se então a estratégia de controle de distribuição do gás para as Caldeiras, considerando as várias situações de mistura deste gás na rede de BFG que poderiam ocorrer na prática. Com isto, procurou-se não comprometer o controle de combustão das Caldeiras.
- Para garantia da qualidade da mistura foi implantado um calorímetro para monitorar a mistura do LDG no gás BFG.
- Para o projeto do sistema de controle de injeção de LDG no BFG foi considerado a necessidade de integração com o controle do nível do gasômetro de LDG, além da necessidade de garantir a estabilidade de pressão e a qualidade do gás BFG com a mistura de LDG.

5 SEGURANÇA OPERACIONAL

O gás de Aciaria é altamente tóxico e inflamável por possuir uma quantidade de monóxido de carbono (CO) em torno de 70%. Além disso, por ser mais pesado do que o ar tende a acumular-se próximo ao solo podendo ocasionar explosões, incêndios em nuvens e intoxicação a seres humanos, que em casos extremos podem levar a morte. Daí a necessidade de monitoração de vazamentos deste gás na área.

Com isso, foi realizado um estudo científico em conjunto com uma empresa especializada para definir a posição e a quantidade dos detectores de CO, onde foram simulados computacionalmente os vazamentos de gás considerando:

- Modelo tridimensional a partir do leiaute real da instalação;
- A intensidade, probabilidade e direção dos ventos, temperatura ambiente;
- Vazão do gás vazado em função das características do processo.

O resultado do trabalho indicou a necessidade de instalação de 16 detectores de monóxido de carbono no sistema de distribuição de LDG. O painel de controle foi instalado no Centro de Energia e Utilidades da CST, conforme figura a seguir:



Figura 5. Painéis sinópticos do sistema de detecção de CO

6 RESULTADOS

No dia 09 de agosto de 2004 às 13h00 foi iniciada a recuperação de gás de Aciaria na CST. Durante o mês de agosto foram realizados testes, comissionamento do sistema e a operação assistida pela KHI e CST.

Na Figura 6 temos a comparação entre a quantidade de LDG recuperada e a energia elétrica gerada nas Centrais Termelétricas com exclusivamente com este gás. A média no período de geração de energia é de 35 MW e a do gás recuperado de 33.738 Ndam³.

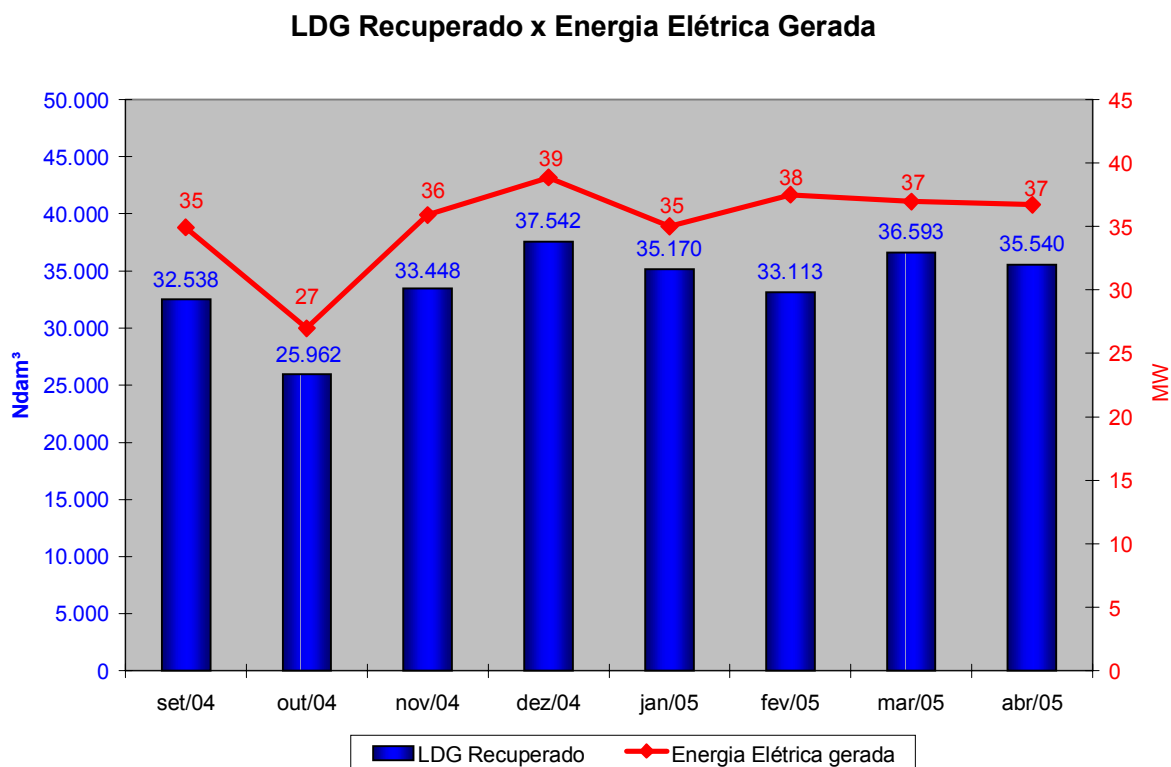


Figura 6. Gráfico comparativo entre o LDG recuperado e a energia elétrica gerada

Na Tabela a seguir estão apresentados os demais resultados médios do período de setembro de 2004 a abril de 2005:

Tabela 1. Dados de projeto do sistema de recuperação de LDG.

Parâmetro	Resultado
Poder calorífico	1.933 kcal/Nm ³
Recuperação específica	94 Nm ³ /t aço líquido
Temperatura do gás na entrada do gasômetro	56,7°C
Velocidade máxima do pistão do gasômetro	1,75 m/minuto
Aproveitamento do gás gerado nas CTE's	88%

7 CONCLUSÃO

Com a entrada em operação desses novos investimentos a CST mantém as premissas de seu modelo energético: consumo zero de óleo combustível e auto-suficiência em energia elétrica.

IMPLEMENTATION OF STEELMAKING GAS RECOVERY AND DISTRIBUTION SYSTEM AT COMPANHIA SIDERÚRGICA DE TUBARÃO ⁽¹⁾

Alexandre Rosado Barbosa ⁽²⁾

José Leal Neto ⁽³⁾

Derli da Silva Faria ⁽⁴⁾

José Ronald Pereira Martins ⁽⁵⁾

César Hitochi Yoshikawa ⁽⁶⁾

Cleber Torres ⁽⁷⁾

Abstract

This paper presents the basic project evaluation, implementation and results regarding the steelmaking gas (LDG) recovery and distribution system at Companhia Siderúrgica de Tubarão.

Key-words: Steelmaking gas (LDG); Energy system; Utilities.

¹ (1) Technical contribution to be presented XXVI Energy and Utilities Seminar, August 24, 25 and 26, 2005 – Salvador – Bahia – Brasil.

² (2) Mechanical Engineer, Utilities Specialist, Companhia Siderúrgica de Tubarão – CST, Serra, ES – Brasil.

³ (3) Mechanical Engineer, Utilities Specialist, Companhia Siderúrgica de Tubarão – CST, Serra, ES – Brasil.

⁴ (4) Civil Engineer, Investment Specialist, Companhia Siderúrgica de Tubarão – CST, Serra, ES – Brasil.

⁵ (5) Accountant, Investment Specialist, Companhia Siderúrgica de Tubarão – CST, Serra – ES – Brasil.

⁶ (6) Electronic Engineer, Automation Specialist, Companhia Siderúrgica de Tubarão – CST, Serra – ES – Brasil.

⁷ (7) Mechanical Engineer, Mechanical Development Engineer, Companhia Siderúrgica de Tubarão – CST, Serra – ES – Brasil.