

SUBSTITUIÇÃO DE GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO POR GÁS NATURAL EM UMA SIDERÚRGICA: UM ESTUDO DE CASO¹

Isac Quintão Pessoa²
Luciano Lellis Miranda³
Benjamin Fullin Júnior⁴
Henrique de Castro Rodrigues⁵
Roberto Manella⁶
Vanessa de Freitas Cunha Lins⁷

Resumo

Minas Gerais é um Estado que não tem produção de gás natural. Com o objetivo de aumentar o consumo de gás natural em Minas Gerais, a Petrobras expandiu a malha de gasoduto do país e a concessionária do estado (GASMIG) implantou o projeto chamado de Gasoduto Vale do Aço. O estudo de caso aqui relatado se refere ao projeto de uma empresa siderúrgica visando viabilizar o seu abastecimento em gás natural, sendo apresentados os resultados obtidos pela empresa com a substituição do gás liquefeito de petróleo pelo gás natural. A substituição do gás liquefeito de petróleo pelo gás natural produz benefícios em relação ao custo, ao meio ambiente, com a redução na geração de CO₂. Além disso, o gás natural contém menor teor de impurezas do que o gás liquefeito de petróleo e é operado com maior segurança.

Palavras-chave: Gás natural; Gás Liquefeito de Petróleo; GAF; Energia.

SUBSTITUTION OF PETROLEUM LIQUEFIED GAS FOR NATURAL GAS IN A METALLURGICAL INDUSTRY: A CASE STUDY

Abstract

Minas Gerais is a State where there is no production of natural gas. Aiming to increase the consumption of natural gas in Minas Gerais, Petrobras increase the network of gas natural distribution in the State of Minas Gerais and the State concessionaire (GASMIG) installed the Project of Natural Gas Valley. The Case Study is associated to an enterprise that firmed contract for supplying of natural gas. The fuel to be substituted is the Liquefied Petroleum Gas and the results of the substitution were shown. The advantages of the substitution were related to costs, and environmental aspects with the reduction of CO₂ production. The natural gas contains a lower content of impurities and is operated with higher safety than the petroleum liquefied gas.

Key words: Natural gas; LPG; BFG; Energy.

¹ Contribuição técnica ao 32º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 26º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 16 a 19 de agosto de 2011, Salvador, BA.

² Engenheiro Mecânico, Mestre em Engenharia Química (Otimização de Processo), Especialista em Utilidades e Eficiência Energética da Aperam South America - Timóteo – MG.

³ Engenheiro Metalurgista, Mestre em Engenharia Mecânica (Calor e Fluidos), Assistente Técnico em Eficiência Energética da Aperam South America - Timóteo – MG.

⁴ Engenheiro Mecânico, Mestre em Engenharia Mecânica (Calor e Fluidos), Analista Consultor em Eficiência Energética da Aperam South America - Timóteo – MG.

⁵ Coordenador de Processo na Laminação a Quente da Aperam South America - Timóteo – MG

⁶ Consultor em Energia da Aperam South América – Timóteo – MG.

⁷ Departamento de Engenharia Química da UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O gás natural pode ser definido como uma mistura de hidrocarbonetos que existe na fase gasosa ou em solução no petróleo, nas condições de reservatório, e que permanece no estado gasoso nas condições atmosféricas de pressão e temperatura.⁽¹⁾ É resultante da decomposição da matéria orgânica fóssil no interior da Terra. No seu estado bruto, como encontrado na natureza, o gás natural é composto principalmente por metano, além de apresentar proporções de etano, propano, butano, hidrocarbonetos mais pesados e também, porém em menores proporções, CO₂, N₂, H₂S, água, ácido clorídrico e outras impurezas. É extraído diretamente a partir de reservatórios petrolíferos ou gasíferos, incluindo gases úmidos, secos, residuais e gases raros. A proporção em que o petróleo e o gás natural se encontram misturados na natureza varia muito. Pode ocorrer petróleo com muito pouco gás associado, bem como jazidas em que há quase exclusivamente a presença do gás natural.

O gás natural tem sido usado desde a antiguidade. Os antigos se referiam às “Chamas eternas” que eram a chama do gás natural queimando em áreas hoje conhecidas pela sua produção de petróleo e gás. O primeiro uso em larga escala do gás natural para propósitos energéticos, que se tem registro, ocorreu na China. Um dos mais antigos registros foi o reportado por Confúcius, que descreveu perfurações de poços de água, salmoura e gás que alcançavam 500 metros de profundidade, realizadas no ano 600 antes de Cristo. No século XIX, foram encontrados na China poços com profundidade superior a 4.000 metros, comparáveis à profundidade de muitos dos atuais poços comerciais para prospecção de gás. O gás natural era freqüentemente encontrado associado à salmoura, e era usado para evaporar a água da mesma para a obtenção do sal. Em alguns poços, o gás natural era transportado por tubulações de bambu para outros centros de consumo.⁽²⁾

Em 1872, o primeiro gasoduto dos Estados Unidos foi construído, com nove quilômetros de extensão e duas polegadas de diâmetro, visando atender à demanda da cidade da Pensilvânia. Em 1912, no Canadá, foi construído um gasoduto de dezesseis polegadas de diâmetro e 273 km de extensão, visando atender às necessidades da cidade de Calgary.⁽³⁾

No Brasil, em 1895 foi instalada a Companhia de Iluminação a Gás, no Rio de Janeiro, e a São Paulo Gas Company Ltda., em São Paulo, ambas com a incumbência de produzir e distribuir o gás para uso doméstico e iluminação.⁽⁴⁾

A utilização industrial do GN no Brasil começou por volta de 1940,⁽⁵⁾ com as descobertas de petróleo e gás na Bahia, atendendo a indústrias localizadas no Recôncavo Baiano. Depois de alguns anos, as bacias do Recôncavo, Sergipe e Alagoas eram destinadas quase em sua totalidade para a fabricação de insumos industriais e combustíveis para a refinaria Landolfo Alves e o Pólo Petroquímico de Camaçari. No entanto, por muitos anos o GN foi considerado um subproduto do petróleo, sendo utilizado para re-injeção nos poços para potencializar a produção deste, ou queimado em tochas nas plataformas de produção.

O governo federal elaborou, em 1980, o plano nacional do gás natural, cujo principal objetivo era aumentar de 1% para 12% a participação deste combustível na matriz energética brasileira até 2010.⁽⁶⁾ O grande marco inicial do consumo de GN no Brasil ocorreu com a exploração da Bacia de Campos, no Estado do Rio de Janeiro. Até 1985, a participação do gás natural na matriz energética brasileira era de 2,2% e subiu para 3,1% a partir de 1990. Em 2008, a participação do gás natural na matriz energética brasileira foi de 10,3%.⁽⁷⁾

As discussões a respeito do aproveitamento das reservas da Bolívia, tanto para a Argentina quanto para o Brasil vêm desde a década de 1930,⁽⁸⁾ apesar de a integração entre as reservas e mercados gasíferos da região ter se iniciado apenas em 1972.⁽⁹⁾ Tanto a Argentina quanto o Brasil tinham interesse na compra do gás natural boliviano e apresentaram projetos distintos para a integração gasífera entre os países. A Bolívia, por sua vez, esperava que seus vizinhos financiassem não apenas os gasodutos, mas também investissem em projetos na exploração e produção de hidrocarbonetos no território boliviano.⁽¹⁰⁾

As reservas de gás do Brasil não são capazes de suprir toda a demanda nacional, o que o tornou dependente do gás boliviano. Dessa forma foi assinado o acordo *take-or-pay* por ambos os países para o fornecimento do gás e inaugurado, em 1999, a primeira etapa da construção do gasoduto Bolívia-Brasil, chamado de Gasbol.⁽⁶⁾ Com este gasoduto, o Brasil conseguiu aumentar significativamente a competitividade econômica deste energético.⁽¹¹⁾ Sessenta por cento da demanda total brasileira de gás natural é proveniente da Bolívia.⁽¹²⁾

2 ESTUDO DE CASO DA APERAM SOUTH AMERICA

2.1 Motivação para o Projeto Gás Natural

A Aperam South America (Aperam) é uma usina siderúrgica integrada a coque e a carvão vegetal. Em seu portfólio de produtos estão incluídos os aços planos inoxidáveis, os siliciosos para aplicações elétricas e aços ao carbono especiais (ligados). Todos estes processos consomem uma grande quantidade de várias formas de energia. A matriz energética da empresa em 2008 é mostrada na Figura 1, onde se observam em primeiro lugar os redutores (coque e carvão vegetal), seguidos por energia elétrica e Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) como maiores fontes da energia consumida.

O GLP, em 2008, representava 10,6% de toda a energia consumida na empresa, e este montante correspondia a 3,5% do mercado industrial do Brasil, fazendo da Aperam a maior consumidora de GLP da América Latina.⁽¹³⁾

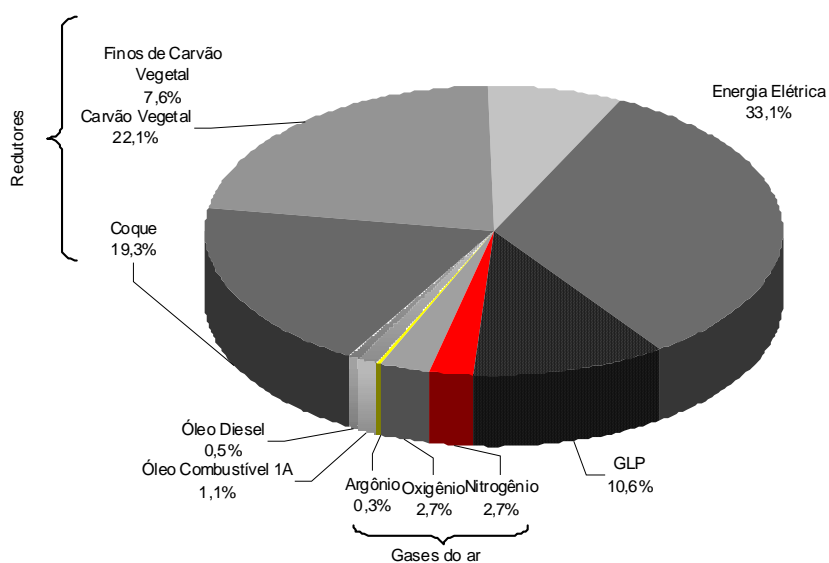


Figura 1. Matriz energética da Aperam South America em 2008.⁽¹⁴⁾

O GLP consumido é proveniente da Refinaria Gabriel Passos, em Betim, Minas Gerais. A Aperam tem contrato de fornecimento com uma grande empresa distribuidora nacional de GLP. A Fornecedora realiza o transporte do GLP na forma líquida através de carretas, além das operações de descarga, estocagem, bombeamento, vaporização, redução da pressão e entrega aos consumidores na forma gasosa, conforme Figura 2. A Fornecedora ainda é responsável pela manutenção de todo sistema de abastecimento de GLP. Cabe à Aperam a responsabilidade pelo pagamento do GLP, que é medido em balanças em sua própria planta, bem como o fornecimento, sem ônus, da energia elétrica e do vapor consumidos no fluxo de fornecimento de GLP.

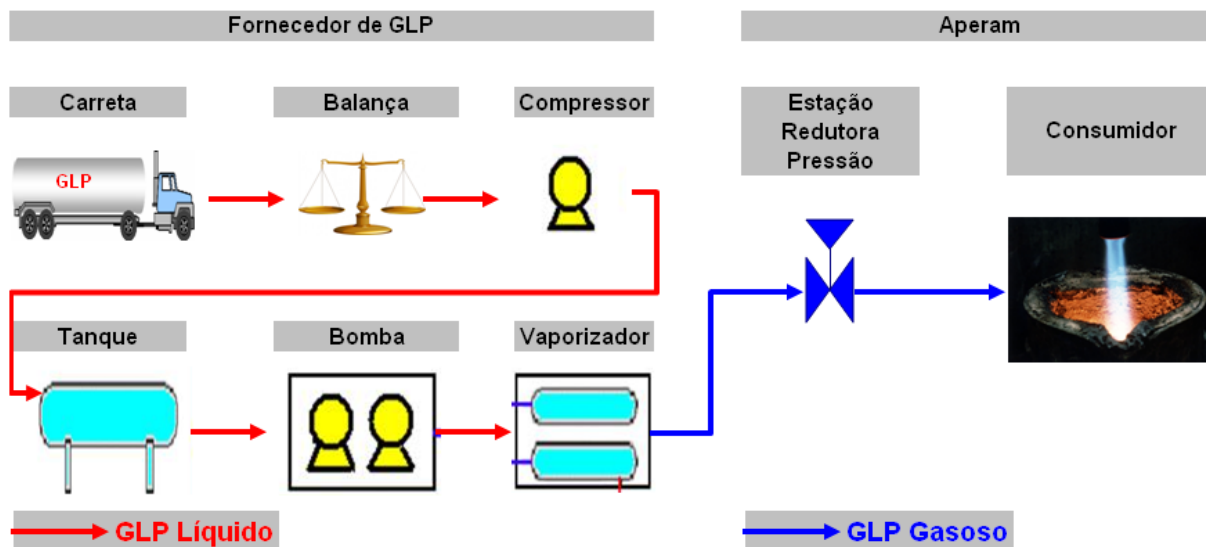


Figura 2. Esquema dos escopos de atuação do Fornecedor de GLP (operações de recebimento, descarga, estocagem, bombeamento, vaporização, redução da pressão e entrega aos consumidores na forma gasosa) e da Aperam.

O GLP é utilizado predominantemente para complementar a energia fornecida pelo Gás de Alto Forno (GAF) em fornos de aquecimento de placas na laminação de tiras a quente, fornos de recozimento de bobinas e secagem de revestimento nas laminações a frio e regeneradores de calor no alto-forno a coque. O GLP é ainda utilizado puro em aquecedores de panela na aciaria, fornos de manutenção de temperatura e de tratamento térmico na laminação a quente, em maçaricos, em queimadores pilotos dos diversos fornos e da caldeira. A rede de distribuição de GLP na Aperam é mostrada na Figura 3.

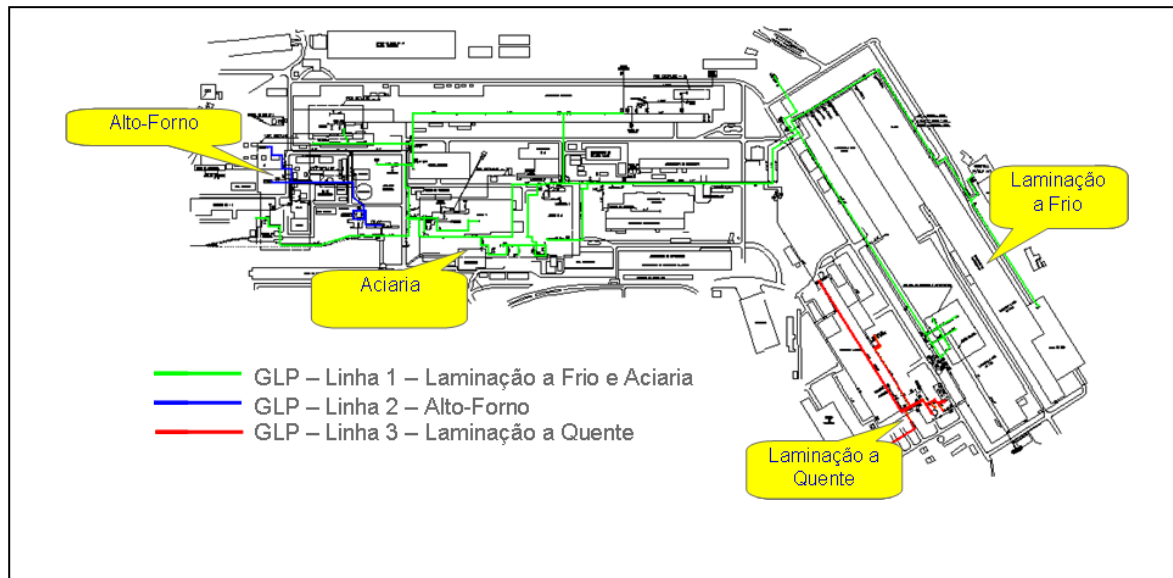


Figura 3. Rede de geral distribuição de GLP na planta da Aperam South America.

Na estratégia da matriz energética brasileira, o GLP é direcionado preferencialmente para o uso residencial (80% do consumo), o que gera uma vulnerabilidade em sua política de preços e utilização. Por outro lado, o Gás Natural é direcionado preferencialmente para a indústria (55% do consumo) e acompanha a política de preços do mercado internacional.⁽⁷⁾ Pensando nisto, a Aperam decidiu desenvolver um projeto para substituição do GLP pelo GN em sua matriz energética. Esta decisão tinha ainda uma forte motivação de redução de custos operacionais, uma vez que a energia decorrente do GN é aproximadamente 30% mais barata que a energia do GLP (base julho/04).

A utilização do GN na Aperam demandou necessariamente algumas frentes de trabalho:

- implantação do *Gasoduto Gasbel 2* pela Petrobras;
- implantação do *Gasoduto Vale do Aço* pela Gasmig; e
- implantação do *Projeto Gás Natural* pela Aperam.

A Aperam foi a primeira empresa da região do Vale do Aço a assinar contrato de fornecimento de GN com a Gasmig em abril de 2005, com previsão de implantação do Gasoduto Vale do Aço em dezembro de 2007, data em que era prevista a utilização de gás natural pelas empresas da região. Nesta ocasião os grandes consumidores previstos na região eram Aperam (na época Acesita S.A.), ArcelorMittal Monlevade, Cenibra, Usiminas, CVRD, Gerdau Açominas e Novelis⁽¹⁵⁾.

2.2 Desenvolvimento do Projeto Gás Natural

A partir da assinatura do contrato com a Gasmig a Aperam mobilizou uma grande equipe de profissionais para cuidar da implantação do **Projeto Gás Natural** dentro da empresa. Foram envolvidas neste processo as áreas de Utilidades, Automação, Instrumentação, Planejamento, Produção, além de fornecedores externos sendo coordenados pela Equipe de Engenharia. Este projeto consistiu basicamente nas seguintes etapas:

- aprovação do projeto e liberação da verba dentro do grupo ArcelorMittal, do qual a Aperam fazia parte na ocasião;

- realização de engenharia básica e de detalhamento;
- concorrências técnica e comercial e contratação dos serviços e equipamentos necessários;
- construção das redes e sistemas de distribuição do gás internamente na planta, composta por tubos e válvulas;
- adequação dos equipamentos para consumir o gás, incluindo construção de estações redutoras e reguladoras de pressão; adequações em estações de mistura de gases combustíveis, sistemas de monitoramento e controle e queimadores de todas as instalações de aquecimento, tais como, fornos de reaquecimento de placas, fornos de recozimento contínuo, aquecedores de panela etc.; e
- comissionamento dos sistemas e início de utilização do gás.

A substituição de GLP por GN nos equipamentos da Aperam foi planejada de forma a não interferir no plano de produção e venda, demandando assim um tempo 10 meses para a implantação. Havia, entretanto, a necessidade de sincronizar o cronograma do projeto interno com os cronogramas de implantação dos dois gasodutos de responsabilidade da Petrobras e Gasmig, respectivamente. Dessa forma, seriam evitados a perda de oportunidade de uso do gás e o pagamento de *take or pay* ou antecipação de desembolso sem a contrapartida do uso do gás.

2.2.1 Implementação da rede de distribuição interna de gás natural

As tubulações existentes de GLP não estavam adequadas para transportar o gás natural. Portanto, foi construída uma nova linha de gás em conformidade com a Norma Brasileira NBR 12312⁽¹⁶⁾ (sistema de combustão - Controle e segurança para utilização de gases combustíveis em processos de baixa e alta temperatura) e com a Norma de Distribuição de Gás Natural NBR 15348⁽¹⁷⁾ (redes de distribuição para gases combustíveis em instalações comerciais e industriais - Projeto e execução).

A rede de gás foi construída em uma única etapa e planejada para ficar pronta simultaneamente com a chegada do gás na planta. A Figura 4 mostra um esquema do rede geral de distribuição que foi montada.

O gás foi disponibilizado pela Gasmig em um “Conjunto de Medição e Regulagem de Pressão - (CMRP)” na entrada da planta industrial.



Figura 4. Rede geral de distribuição de GN na planta da Aperam South America.

2.2.2 Adaptação dos equipamentos térmicos para utilizar gás natural

Uma das premissas básicas do projeto de adequação era a de que o GLP seria substituído por GN, porém seriam mantidos os outros combustíveis complementares. Assim as premissas foram:

- Nas instalações que usavam GLP misturado com GAF:
 - queimadores seriam mantidos;
 - estações misturadoras seriam adequadas para receber GN. A rede de GLP não poderia ser utilizada para GN, porque a vazão volumétrica de GN é aproximadamente três vezes maior que a do GLP;
 - como contingência para falta do GN a alternativa de mistura de GLP + GAF seria mantida; e
 - representa 70% do consumo de GLP da Aperam.
- Nas instalações que usavam GLP puro:
 - queimadores seriam trocados. Com GN sua potência energética ficaria limitada a 36% da potência do queimador com GLP, porque o poder calorífico inferior do GLP é aproximadamente 25.000 kcal/Nm³ e o do gás natural é 9.000 kcal/Nm³;
 - seriam construídas novas estações controladoras;
 - como contingência para falta do GN seriam implantadas, em nível de equipamento, estações misturadoras de AR + GLP, de forma a adequar o uso do GLP em queimadores projetados para GN; e
 - representa 30% do consumo de GLP da Aperam.

A Figura 5 mostra um esquema comparativo das situações antes e após a modificação dos equipamentos.

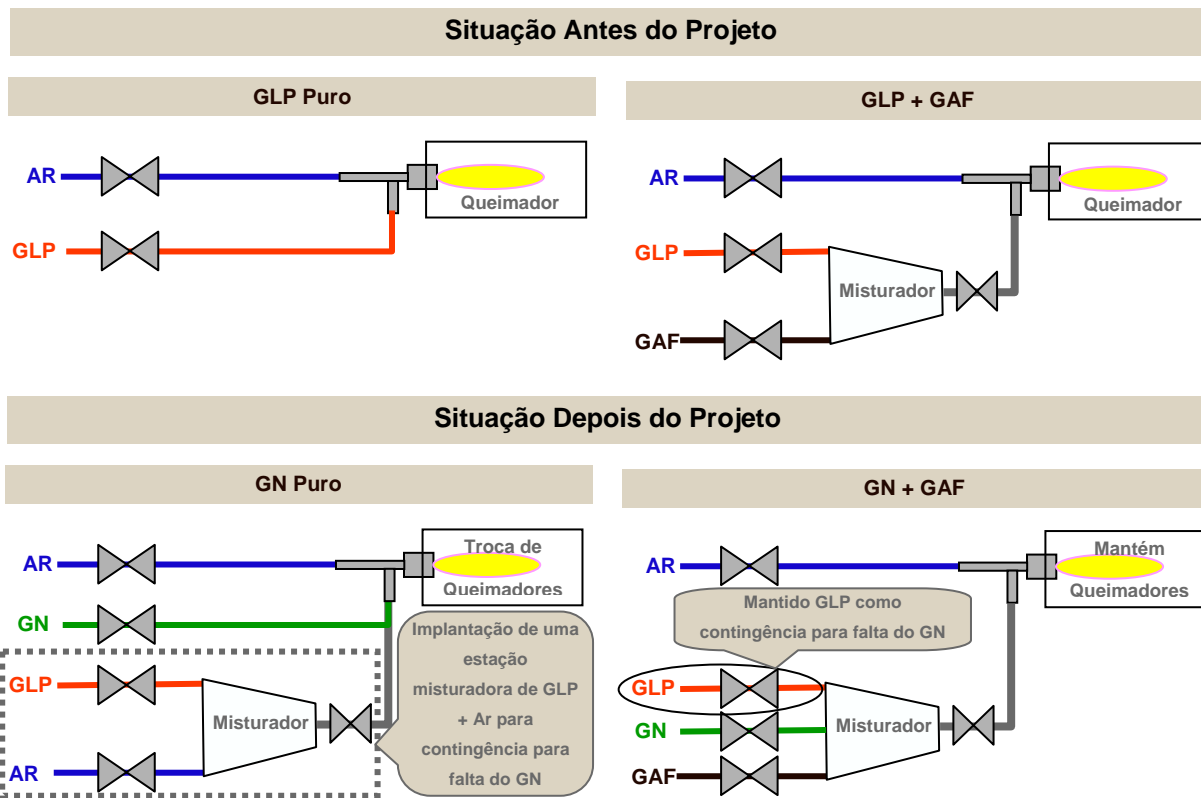


Figura 5. Esquema das adequações dos equipamentos para consumo do GN.

De acordo com a estratégia de implantação do projeto, as adequações dos equipamentos possíveis de serem feitas sem afetar o fluxo de produção seriam feitas antecipadamente. As adequações que exigissem paradas do fluxo de produção seriam distribuídas aproveitando as oportunidades de paradas programadas. O planejamento da produção definiria estas oportunidades em data mais próxima da implantação, utilizando a flexibilidade contratual de evolução do consumo em até dez meses para atingir o consumo contratado com a Gasmig⁽¹⁸⁾.

2.3 Fluxo de processo do Gás Natural na Aperam South America

Após a implantação do Projeto Gás Natural, o fluxo de abastecimento e distribuição de gás combustível para os equipamentos da Aperam foi significativamente simplificado. A Figura 6 mostra todo este fluxo para o caso do Gás Natural. Cabe ao fornecedor, a Gasmig, disponibilizar o gás na forma gasosa na saída da CMRP, nas condições contratadas de vazão, pressão e poder calorífico. É de responsabilidade da Aperam o pagamento do GN, que é medido e devidamente corrigido na CMRP. Diferentemente do GLP, o GN não é tarifado por massa, ou volume, e sim por energia. Dessa forma, o poder calorífico real do GN é medido pela Gasmig/Petrobras de forma a corrigir os montantes medidos na CMRP. Cabe agora à Aperam a manutenção do sistema interno de distribuição, basicamente tubulações e válvulas.

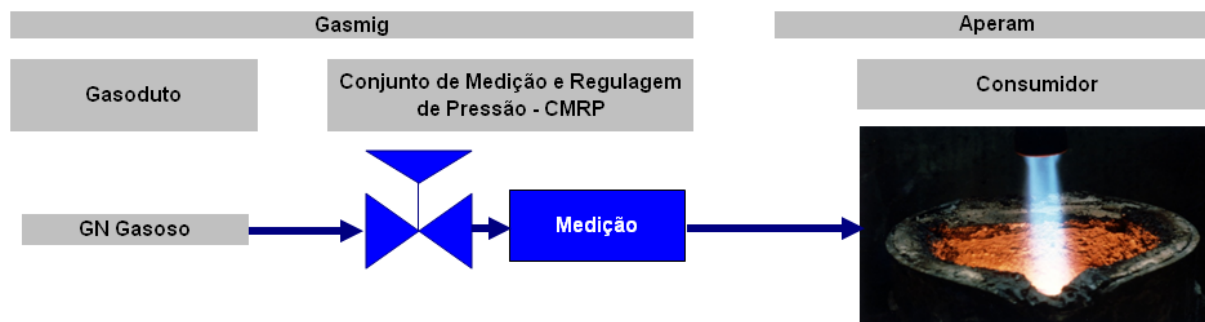


Figura 6. Esquema do escopo de atuação da Gasmig e Aperam.

2.4 Resultados

O projeto Gasoduto Vale do Aço foi inaugurado pela Gasmig em setembro de 2010. Neste mesmo mês, partiu o primeiro equipamento da Aperam, que consome 40% do volume do gás natural contratado. Em maio de 2011, aproximadamente noventa e dois por cento (92 %) de todo o GLP que era consumido já estava praticamente substituído.

Após seis meses de utilização do gás natural na Aperam os principais resultados observados foram: a redução de custo com combustível, a melhoria da qualidade de aquecimento dos produtos, a redução de emissões de CO₂ e o aumento da segurança nos processos.

2.4.1 Redução de custo com combustível

O principal ganho do projeto, e o que motivou a sua realização, foi a redução do custo unitário da energia consumida. Neste período de utilização do GN foi apurada uma redução de 32% neste custo. No caso do GN uma alternativa de aquisição do gás em leilão torna o custo unitário da energia ainda menor, aumentando ainda mais sua atratividade. A Aperam já aproveitou esta oportunidade de aquisição de gás em leilão no período de novembro/2010 a março/2011. Além do custo unitário da energia, foram também reduzidos outros custos do sistema de recebimento e distribuição dos combustíveis. A Tabela 1 apresenta uma comparação deste outros custos com o GN e o GLP na Aperam.

Tabela 1. Comparação dos custos com GN e GLP na Aperam

Item	Descrição	GN	GLP	Comentários
1	Custo de mão de obra	Menor	Maior	O GLP necessita de operadores para monitorar descarga, bombeamento e vaporização. GN é comandado à distância.
2	Consumo de energia elétrica	Dispensa	Necessário	GLP necessita de energia elétrica para descarga e bombeamento. GN já é fornecido na pressão de consumo.
3	Consumo de vapor	Dispensa	Necessário	GLP necessita de vapor para a vaporização. GN já é fornecido na forma gasosa.
4	Custo de manutenção	Menor	Maior	GLP necessita tubulações, válvulas, bombas, vaporizadores, tanques, etc. GN necessita apenas de tubulações e válvulas.
5	Custo com seguro	Menor	Maior	GLP é transportado e armazenado na forma líquida. GN é transportado em gasoduto já na forma gasosa.

2.4.2 Melhoria no aquecimento dos produtos

O primeiro equipamento a ser adaptado para o consumo do GN foi o Forno de Reaquecimento de Placas Walking Beam na Laminação de Tiras a Quente. Como dito anteriormente, este é o maior consumidor individual da empresa. Neste equipamento foi detectada uma grande influência na qualidade de aquecimento das placas, atestada através alguns indícios/indicadores:

- foram observadas significativas reduções nas correntes dos motores no laminador desbastador, primeiro equipamento após o forno, indicando reduções nas cargas de laminação. Em geral, quanto maior a temperatura média e uniformidade de temperatura da placa, menores são as cargas de laminação, para um mesmo plano de passes de redução;
- as “Temperaturas de Tesoura”, ou seja, as temperaturas das tiras na entrada do laminador acabador Steckel apresentaram um aumento sistemático; e
- diminuíram as ocorrências de “pontas altas” no laminador desbastador, ou seja, as extremidades da tira tendendo a se projetar para cima ao sair do laminador. Entre as variáveis que influenciam esta ocorrência está a uniformidade de temperatura da placa, embora esta não seja a principal. Mantendo-se inalteradas as demais variáveis influentes, observou-se que estas ocorrências diminuíram para todos os aços produzidos, e em especial para uma classe de aços onde isto ocorria com elevada incidência. Neste último caso, a ocorrência de “pontas altas” foi praticamente eliminada.

Nos fornos de recozimento nas laminações a frio também foi encontrada evidência de melhor aquecimento das tiras. Em todos os casos existem pirômetros medindo a temperatura da tira. A observação destes processos mostrou que as indicações de temperaturas da tiras aumentaram sistematicamente, mesmo mantendo as mesmas temperaturas de forno usadas anteriormente. Para contornar este efeito, e conseqüentemente garantir as corretas temperaturas de recozimento das tiras, foi necessário reduzir as temperaturas dos fornos.

Este efeito de melhoria do aquecimento dos produtos nos fornos era esperado e pode ser explicado, principalmente, pelos seguintes fatos:

- existe uma maior concentração de vapor d’água (H₂O) nos produtos da combustão com GN, quando comparado aos produtos da combustão com o GLP.

Esta maior quantidade de vapor d'água aumenta a emissividade dos gases, aumentando assim a transferência de calor por radiação para os produtos;⁽¹⁷⁾

- o volume de gases com o GN é um pouco superior ao volume com GLP, contribuindo para uma maior troca de calor também por convecção; e
- a queima com GN ocorre de forma mais eficiente do que a com GLP. O GN é facilmente miscível com o ar, formando com este uma melhor mistura e com contato íntimo, contribuindo para uma combustão completa com menos excesso de comburente. Com o GN é mais fácil o controle da atmosfera do forno e a obtenção de uma chama longa, de combustão lenta, com liberação gradual e uniforme de energia. Esta uniformidade de liberação de energia também contribui para um aquecimento mais uniforme dos produtos.⁽¹⁹⁾

2.4.3 Redução de emissões de CO₂

As emissões diretas de CO₂ na queima do GN são inferiores às da queima do GLP. O fator de emissão do GN é de 0,056 tCO₂/GJ enquanto o do GLP é de 0,065 tCO₂/GJ.⁽²⁰⁾ Com esta redução de 14% no fator de emissão direta a substituição de aproximadamente 92% do consumo de GLP por GN no Projeto Gás Natural propiciou um potencial de redução anual de 34.040 t CO₂. Além deste montante existem outras emissões indiretas cujas reduções não foram quantificadas. Por exemplo, a logística de abastecimento do GLP exigia o tráfego de aproximadamente 250 carretas/mês percorrendo uma distância média de 400 km (ida e volta). Com a redução de 92% deste montante, as emissões indiretas correspondentes a 2.760 carretas/ano deixaram ser geradas neste transporte.

2.4.4 Melhoria na segurança nos processos

Sob vários aspectos, desde o transporte até a utilização, a operação com GN é bem mais segura do que com GLP. A Tabela 2 mostra uma comparação entre GN e GLP de vários aspectos de segurança envolvidos.

Tabela 2. Comparação dos aspectos de segurança com GN e GLP na Aperam

Item	Descrição	GN	GLP	Comentários
1	Acúmulo de gás	Menor	Maior	GLP é bem mais pesado do que o ar e se mantém no ambiente. GN é mais leve que o ar e se dispersa facilmente.
2	Risco de asfixia	Não existe	Existe	
3	Risco de explosão	Quase nulo	Maior	GLP tende a se acumular em caso de vazamento, possui limites de inflamabilidade mais amplos e menor valor de limite inferior de inflamabilidade. GN se dispersa facilmente em caso de vazamentos, possui limites mais estreitos de inflamabilidade e maior valor de limite inferior de inflamabilidade.
4	Risco interno de fornecimento	Menor	Maior	GLP apresenta risco de falha em bombas, vaporizadores, válvulas termostáticas e redutoras de pressão. GN apresenta risco apenas em válvulas.
5	Risco externo de fornecimento	Maior	Menor	O GLP tem estoque para dois dias de consumo. O GN não possui estocagem.
6	Segurança no transporte	Maior	Menor	GLP é transportado em carretas. GN é transportado em gasodutos.

2.4.5 Outros benefícios não mensuráveis ou não quantificados

Além dos benefícios citados anteriormente a substituição do GLP pelo GN traz ainda outros não mensuráveis ou que não foram quantificados. As Tabelas 3 e 4 resumem estes principais benefícios e compara o GN com o GLP.

Outra vantagem do GN em relação ao GLP é o nível de impurezas do gás. GLP contém óleo e água e GN é praticamente isento deles.

Tabela 3. Comparação entre GN e GLP na Aperam – manuseio e estocagem

Item	Descrição	GN	GLP	Comentários
1	Condicionamento	Dispensa	Necessário	GLP necessita ser estocado, bombeado e vaporizado para consumo. GN necessita apenas redução da pressão.
2	Mudança de fase para líquido	Temperatura criogênica	Temperatura Ambiente	GLP muda de fase pela alteração de temperatura, pressão e vazão. GN é sempre gasoso nas condições de uso.
3	Estocagem	Dispensa	Necessário	GLP é armazenado na forma líquida. GN não é armazenado.
4	Área utilizada	Menor	Maior	GLP necessita área para estocagem, bombeamento e vaporização para consumo.

Tabela 4. Comparação entre GN e GLP na Aperam – Controle e faturamento

Item	Descrição	GN	GLP	Comentários
1	Medição para faturamento	Energia	Peso	GLP é faturado em massa. GN tem medição de vazão, com correção para pressão, temperatura e energia para faturamento.
2	Take or Pay	Necessário	Dispensa	GLP não tem exigência de consumo mínimo. GN requer um consumo mínimo do volume contratado.
3	Condição de pagamento	Após o uso	Antecipado	GLP é pago quando a carreta é descarregada e vai para estoque. GN é pago após o consumo.
4	Vazão máxima	Necessário	Dispensa	GLP não tem limitação na vazão máxima. GN requer uma vazão máxima contratada em função da limitação do gasoduto.

3 CONCLUSÃO

A substituição do GLP pelo gás natural na Aperam gerou um expressivo benefício em termos de redução do custo unitário com energia, da ordem de 32%, contribuindo para um aumento de competitividade da empresa. Além deste, outros benefícios relacionados à redução de custos em todo o processo de recebimento, manuseio e distribuição do gás também foram alcançados. O gás natural se mostrou ainda vantajoso quando foram analisados outros aspectos como segurança, qualidade, controle e faturamento e meio ambiente. Neste último aspecto, a

introdução do gás natural no lugar do GLP gerou um potencial de redução anual de 34.040 t de emissões de CO₂. Uma marcante melhoria na qualidade de aquecimento dos produtos nos principais processos envolvidos foi ainda detectada. Finalmente, a introdução desta nova forma de energia na Aperam tornou sua matriz energética mais flexível.

Para a região do Vale do Aço a chegada do gás natural foi um marco importante de desenvolvimento, abrindo novas possibilidades futuras. E neste contexto, a Aperam cumpriu um importante papel por ser a primeira empresa da região a assinar o contrato de fornecimento do gás para a construção do Gasoduto Vale do Aço.

Agradecimentos

Os autores agradecem as áreas de Geração e Distribuição de Fluidos, Contraladoria, Suprimento, Segurança, Financeira, Contábil, Jurídica, Estratégica, Engenharia, Automação, Manutenção e Operação da Aperam South America.

REFERÊNCIAS

- 1 CARVALHO, André. Manual de dados técnicos do gás natural. Rio de Janeiro. Petrobras, 2001, 53p. Relatório Técnico.
- 2 NAKICENOVIC, N., et al, 2000, Global Natural Gas Perspectives, IIASA International Institute for Applied Systems Analysis, 1a edição, Kyoto, Japão, International Gás Union for the Kyoto Council Meeting.
- 3 LOURENÇO, Sérgio Ricardo, Gás Natural: Perspectivas e Utilização, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2003. 106p. Dissertação (Mestrado).
- 4 PETROBRAS. Pequena História do Petróleo. Rio de Janeiro, 1986.
- 5 PARO, A. C. Estudo da contribuição do gás natural no setor elétrico – uma análise de cenários de sua expansão nos setores de geração termelétrica, cogeração e residencial. 2005. 101p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2005.
- 6 CARVALHINHO FILHO, J. C. L. O valor da flexibilidade em cláusulas “Take or Pay” de contratos para fornecimento de gás natural industrial. Dissertação de Mestrado em Administração. Departamento de Administração, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- 7 BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. Disponível em <http://WWW.mme.gov.br>. Acesso em 12/02/2011.
- 8 MATHIAS, M. C. P. P. A formação da indústria global de gás natural: definição, condicionantes e desafios. 2008. 253p. Tese de Doutorado em Ciências de Planejamento Energético. COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
- 9 BEHRENS, A. (1990). “Regional energy trade: its role in South America”, Energy Policy. March, pp. 175–185.
- 10 MARES, D. R. (2004). “Natural Gas Pipelines in the Southern Cone”, In: Geopolitics of Gas Working Paper Series, Working Paper 29, James A. Becker III. Institute for Public Policy Energy Forum, Rice University, May.
- 11 MONTES, P. M. F. O potencial de consumo do gás natural pelo setor industrial no Brasil. 2000. Dissertação de Mestrado em Planejamento Energético. COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.
- 12 CARDOSO, Beatriz. FOSTER, Maria das Graças. Gás Natural: aptidão despertada. Revista Brasileira de Petróleo, Gás, Química fina e indústria do plástico. Rio de Janeiro. n.37, p.20-27, 2004.

- 13 Agência Nacional do Petróleo (ANP). Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Rio de Janeiro, 2009.
- 14 SEMINÁRIO DE BALANÇOS ENERGÉTICOS GLOBAIS E UTILIDADES, 30., 2009, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2009, 522p.
- 15 GUIMARÃES, D. Gasmig e Acesita viabilizam gasoduto. *Gazeta Mercantil*, Belo Horizonte, p. 4, 20 abr. 2005.
- 16 Associação Brasileira de Normas Técnicas. Sistema de combustão - Controle e segurança para utilização de gases combustíveis em processos de baixa e alta temperatura: NBR – 12.313. Rio de Janeiro: ABNT; 2000.
- 17 Associação Brasileira de Normas Técnicas. Redes de distribuição para gases combustíveis em instalações comerciais e industriais - Projeto e execução: NBR – 15.348. Rio de Janeiro: ABNT; 2006.
- 18 MANELLA, R.; BASTOS, P. R. M.; PESSOA, I. Q.; LAGE, L. D.; GONÇALVES, I. N.; ARAUJO, S.; Switching from LPG into Natural Gas at ArcelorMittal Timóteo Plant. Dossiê Interno da ArcelorMittal Inox Brasil, Novembro 2007.
- 19 PINHEIRO, P. C. C. O Gás Natural e sua Utilização em Equipamentos Térmicos. In. II SEMINÁRIO DE GERENCIAMENTO ENERGÉTICO DA INDÚSTRIA QUÍMICA E PETROQUÍMICA, 12-13 Junho 1996, Guarulhos, SP, *Anais...* São Paulo, ABIQUIM, Associação Brasileira da Indústria Química e de Produtos Derivados, Palestra 9, 11 p.
- 20 BAGUR, A., LASSAT, Y. CTO-EN-SP-002.00 - Group Standards Energy Units and Conversions, ArcelorMittal Internal Standard, July 2009.