

CARVÃO VEGETAL CONSOLIDADO COMO COMBUSTÍVEL PRINCIPAL EM PELOTIZAÇÃO GRATE-KILN*

*Davi Silva Braga¹
Rodrigo Carneiro de Oliveira²
Alexssander Lopes Sampaio³*

Resumo

A Vallourec foi pioneira mundial ao implantar, desenvolver e consolidar tecnologia para uso do carvão vegetal pulverizado como fonte energética principal na primeira planta de pelletização Grate-kiln do Brasil. O objetivo deste trabalho é aprofundar sobre o tema e trazer mais informações sobre esta prática inovadora da Vallourec, que vem atraindo o interesse de outras empresas do setor de siderurgia. Testes industriais confirmaram a viabilidade técnica, levando a Vallourec à diante no projeto de adaptação e investimento. Com dados consolidados de dois anos e cinco meses do início da implantação, os principais benefícios são a redução média de emissões de CO₂e em 50%, redução de custos pelo acima do previsto e retorno do investimento em apenas 19 meses.

Palavras-chave: Pelotização; Carvão vegetal; Energia térmica; CO₂;

CHARCOAL CONSOLIDATED AS MAIN FUEL IN GRATE-KILN PELLETIZING

Abstract

Vallourec was world pioneer in the deployment, development and consolidation of technology for the use of pulverized charcoal as the main energy source on the first Grate-kiln pelletizing plant in Brazil. The objective of this work was to delve into the subject and to bring more information about this innovative practice of Vallourec that has been attracting the attention of other companies in the steel industry. Industrial tests confirmed the technical feasibility, taking Vallourec ahead in the project of adaptation and investment. With consolidated data of two years and five months from the beginning of the implementation, the main benefits are the average reduction of CO₂e emissions by 50%, cost reduction higher than expected and return on investment in just 19 months.

Keywords: Pelletizing; Charcoal; Thermal Energy; CO₂;

¹ *Bacharel em Engenharia Química - UFMG, Engenheiro de Processos para Pelotização, Superintendência de Tecnologia e Engenharia de Processos, Vallourec Soluções Tubulares do Brasil, Jeceaba, Minas Gerais, Brasil.*

² *Bacharel em Engenharia Mecânica - UFSJ, Engenheiro de Operação, Pelotização, Vallourec Soluções Tubulares do Brasil, Jeceaba, Minas Gerais, Brasil.*

³ *Bacharel em Engenharia de Controle e Automação - UNA, Engenheiro de Automação, Pelotização, Vallourec Soluções Tubulares do Brasil, Jeceaba, Minas Gerais, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

No atual cenário mundial de pressões ambientais e disputas econômicas em busca da competitividade e sustentabilidade, a Vallourec inovou ao desenvolver e consolidar tecnologia para uso do carvão vegetal pulverizado como fonte energética principal na primeira planta de pelletização de minério de ferro pelo processo Grate-kiln do Brasil. Braga, e Lerbach trazem as informações básicas sobre a planta de pelletização da Vallourec e início deste projeto. A Vallourec empregou o conceito *in-house-pellet-plant*, com planta instalada dentro da siderúrgica, para atender seus altos fornos. As diretrizes são: qualidade, adequação ao uso e custo otimizado.

Por estar dentro da siderúrgica, esta Pelotização foi concebida como recicladora, tal qual sinterização, dentro dos limites técnicos e de qualidade da pelota. Este conceito foi elaborado e definido pelo Professor Dr. Ronaldo Sampaio, ao estabelecer os meios para reutilizar os principais resíduos da usina que contenham Fe oxidado, carbono e fluxantes. Nesta concepção, a moinha de carvão vegetal era prevista para uso nos queimadores e no interior das pelotas. A Vallourec vem avançando continuamente neste conceito. Este trabalho resume o avanço com o carvão vegetal.

Este desenvolvimento foi iniciado pela Vallourec em Out/15, com a avaliação da rentabilidade da substituição do gás natural pelo carvão vegetal como combustível principal da pelletização. Nesta avaliação foi utilizada Metodologia *FEL*.

Partindo-se de projeto para 1,2 milhões ton/ano, o fornecedor chinês BSIET ajustou os equipamentos para capacitar a planta para 1,36 milhões ton/ano, de forma a atender a demanda de 70% de pelotas na carga dos altos fornos da Vallourec. Atualmente, cerca de 30% da produção de pelotas é utilizada internamente em apenas um alto forno e 70% estão à disposição no mercado nacional.

A capacidade de projeto da planta de pelletização já foi alcançada e ultrapassada.

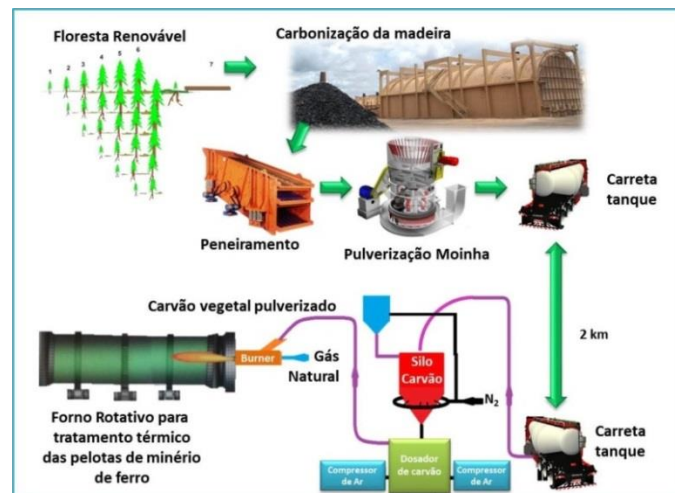


Figura 1. Fluxograma de processo da injeção de carvão vegetal no forno rotativo.

2 DESENVOLVIMENTO

O processo, ilustrado na figura 1, se inicia com o plantio consecutivo de eucalipto por 7 anos, como floresta renovável. Durante o período, as árvores fixam CO₂ retirado da atmosfera. No 7º ano, as dimensões são suficientes para realizar o corte

e carbonização da madeira. Após o período de secagem da madeira em campo, inicia-se a carbonização em fornos retangulares da Vallourec Florestal.

O carvão vegetal produzido é resfriado e em seguida transportado em caminhões fechados para a usina de Jeceaba. Uma vez na usina, o carvão vegetal bruto é despejado no silo através de um basculador. O processamento se inicia com grelha de 150mm de abertura para retirada de tiço, madeira não carbonizada. Em seguida o carvão é peneirado para separar as frações grossa, média e moinha, que é a fração passante em 10mm. As frações grossa e média são alimentadas no topo do alto forno enquanto a moinha segue para pulverização em moinho vertical. Após a pulverização o material segue para injeção nas ventaneiras do alto forno ou transporte em caminhões tanque para injeção na pelletização.

Uma vez na pelletização o caminhão tanque é conectado às tubulações de recebimento de carvão vegetal pulverizado e tubulação de ar comprimido, que pressuriza o tanque, permitindo o descarregamento do carvão pulverizado para o silo de estocagem de 60 m³, capaz de armazenar cerca de 20 toneladas.



Figura 2. Dosadora de combustível sólido pulverizado CWF1000 da HCRDI.

Para controle da taxa de injeção é utilizada uma dosadora de combustíveis sólidos modelo CWF1000, (figura 2) com capacidade para até 4,8 ton/hora, fabricada pela Hefei Cement Research Design Institute na China. Este dosador permite variar a velocidade de rotação do seu rotor interno para ajustar a taxa do combustível sólido em modo volumétrico ou mássico com medição instantânea do peso na dosadora.

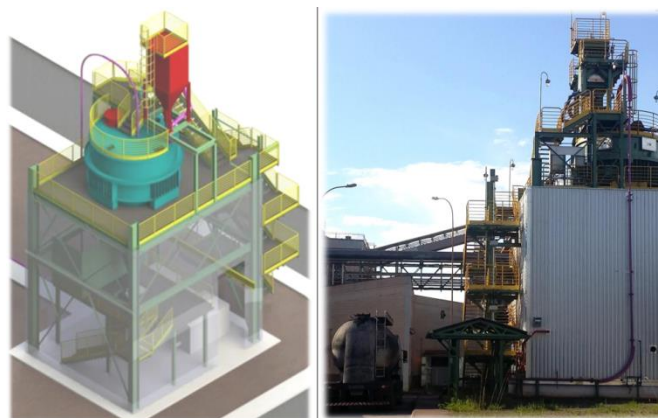


Figura 3. Projeto e instalação final do sistema de injeção de carvão pulverizado.

Para garantir a segurança da instalação contra incêndio, o silo foi dotado de termopares, membranas anti-explosão, detector de gás CO (monóxido de carbono), injeção pulsante de nitrogênio para fluidização e injeção de nitrogênio por válvula de controle automatizada para combate a incêndio. O prédio no qual está instalado o silo (visto na figura 3) também possui sistema de detecção e alarme de incêndio com chuveiros automáticos (sprinklers). A segurança da edificação foi baseada nas normas norte-americanas NFPA e Instruções Técnicas (IT) do Corpo de Bombeiros de Minas Gerais com avaliação e aprovação da FM-GLOBAL, empresa de seguros americana, especializada em prevenção de perdas e seguros de Risco.

2.1 Metodologia *FEL*

A metodologia *FEL* (*Front-End Loading*), de acordo com Rutkowski, 2009, é uma importante ferramenta no gerenciamento de projetos que demandam investimentos. A estrutura sistematiza as fases do projeto, estabelecendo critérios para execução, utilizando boas práticas de gestão, auxiliando na valorização de pontos fortes e na identificação de pontos que podem impactar o bom andamento. Ao adotar a metodologia para todos os projetos de investimento, a Vallourec desenvolve escopo alinhado plenamente ao seu objetivo de negócio, ajudando as equipes de execução e avaliação de investimentos a melhorar continuamente a maturidade dos projetos desde a ideia inicial à entrega final com toda documentação e boas práticas arquivadas para referência futura e melhoria do próprio processo de avaliação *FEL*. Este processo permite reduzir as incertezas quanto aos custos, riscos e prazos necessários para a finalização bem sucedida do projeto. Garante também a avaliação quantitativa do sucesso ao utilizar tanto *KPIs* financeiros quanto técnicos.

Dentre estes *KPIs* (indicadores chave de processo), os financeiros são:

- *NPV* (*net present value*) – Valor presente líquido após 10 anos do projeto;
- *CAPEX* – *Capital expenditure* – Valor monetário investido ao longo do projeto;
- *NPV / CAPEX* – Relação entre valor presente líquido e capital investido;
- *Payback* – Tempo necessário para gerar valor igual ao custo de investimento;

Já, como *KPIs* técnicos, foram utilizados:

- Consumo de gás natural em Nm³ / tonelada de pelota;
- Consumo de carvão vegetal em kg / tonelada de pelota;

Estes indicadores compõem o pacote de dados e de projetos que deram suporte, antes da implantação, facilitando a concepção, desenho e construção. No estágio inicial, suportam os interessados (*stakeholders*) e patrocinadores (*sponsors*) na decisão de avançar com a execução e na decisão final de aprovação ou rejeição.

Rutkowski, 2009, registra que o processo *FEL* utiliza-se de etapas com *Gates* formais de aprovação que correspondem aos estágios de desenvolvimento, que apresentam objetivos claros e bem definidos para cada ciclo de vida do projeto, salientando que as etapas devem ser cumpridas antes do recebimento do capital a ser investido para se proceder aos estágios posteriores e ao estágio relativo ao desenvolvimento dos trabalhos de campo. A Vallourec divide as atividades relativas ao processo *FEL* em três estágios denominados *Gates* de aprovação e que são numerados como: *FEL 1 / FEL 2 / FEL 3*. Com cada etapa tendo ações e entregáveis específicos além de qualificação de 0 a 100% de acordo com o cumprimento dos entregáveis. A tabela 1 apresenta os critérios de aprovação.

Tabela 1. Entregáveis das etapas do processo FEL

FEL 1	FEL 2	FEL 3
Visualização	Conceituação	Definição
Objetivos do negócio alinhados com o da empresa	Planejamento preliminar	Plano e cronograma de execução do projeto
Definição da tecnologia de solução	Programação de implantação	Declaração final de escopo do projeto
Termo de abertura	Layout preliminar	Lista de exclusões
Oportunidades e cenários identificados	Portfólio definido	Engenharia básica
Estimativa preliminar de investimento ($\pm 50\%$)	Estimativa de custo preliminar ($\pm 20\%$)	Estimativa de custo ($\pm 10\%$)
Balanço de massa	Projeto preliminar de equipamentos	Propostas comerciais
Balanço de energia	Análise de riscos	Análise de risco com impacto e probabilidade
		Especificações dos principais equip. e serviços

Adaptada de Rutkowski, 2009.

Uma vez cumpridos os entregáveis, conforme Tabela 1, de cada etapa, inicia-se a preparação da seguinte até a aprovação final e início da execução, conforme exemplos da Figura 4, abaixo:

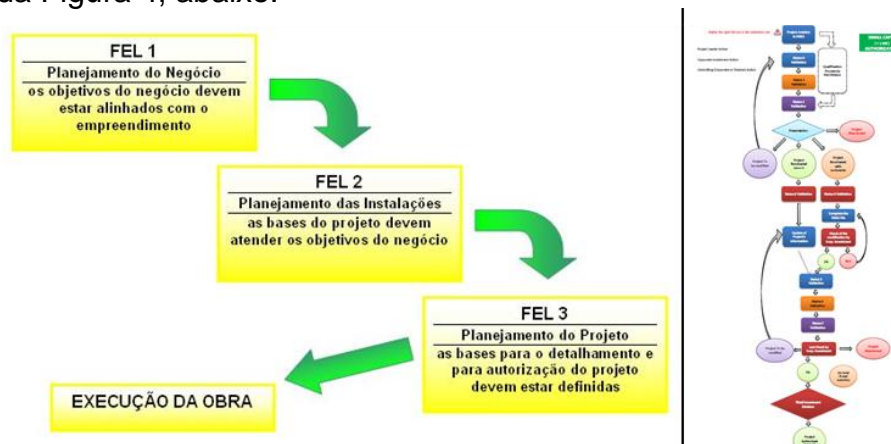


Figura 4. Objetivos das etapas da Metodologia FEL.

Na parte esquerda da Figura 4 observa-se o fluxo simplificado e objetivos, já à direita demonstra-se a complexidade de um fluxo real para projetos de até 1 milhão de Euros na Vallourec, com aprovações, etapas de avaliação, correção e liberações. Rutkowski, 2009, avalia que o processo FEL traz benefícios ao andamento de projetos de capital, pois auxilia a equipe tornando o planejamento de desenvolvimento mais claro e objetivo, melhorando o orçamento, otimizando o prazo, diminuindo os riscos, integrando os profissionais de múltiplas funções, reduzindo os custos e, conseqüentemente, otimiza o retorno do investimento. Na seção resultados a tabela 5 mostra como evoluíram os KPIs ao longo do projeto.

2.2 Análise de Cenários de combustíveis

Durante as fases iniciais do processo FEL foram estudadas alternativas ao cenário inicial com 100% gás natural. Carvão vegetal pulverizado, carvão mineral, coque de petróleo e mistura de carvão vegetal e coque de petróleo foram avaliados. Na avaliação de riscos foram estudados critérios de redução de custo, logística, disponibilidade de cada combustível, complexidade industrial para implantação, mudanças na qualidade das pelotas, e impacto ambiental, conforme figura 5.

Instalações	Cenários		Necessidade de compra?	Combustível		Custo (R\$/Mcal)	Risco	
	A	B		A	B		Alto	Médio
Prédio	X	X	SIM	NG	Gás Natural	100%		Baixo
Sistema Moagem		X	NÃO	PC	Carvão vegetal	33%		Médio
Silo	X	X	NÃO	CO	Carvão mineral	50%		Alto
Sistema Injeção	X	X	NÃO	PK	Coque petróleo	50%		Muito alto
CAPEX (MR\$)	100%	175%	-					

Cenários	Gás Natural - cenário original		Carvão Vegetal		Carvão Mineral		Coque petróleo		Carvão vegetal + coque	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
RISCOS	Redução de Custo									
	Logística									
	Disponibilidade combustível									
	Complexidade industrial									
	Qualidade da Pelota									
	Meio Ambiente									

Figura 5. Comparativo de cenários possíveis para mudança de combustível.

2.3 Testes Preliminares

Entre final de 2015 e início de 2016 foram planejados e executados testes preliminares para verificar a viabilidade técnica e a segurança da injeção de carvão vegetal pulverizado no queimador atual do forno rotativo da planta de pelotização da Vallourec, utilizando-se um caminhão tanque pressurizado.

As premissas do teste foram as seguintes:

- Utilizar o mesmo carvão vegetal injetado nas ventaneiras do alto forno;
- Quantidade de carvão pulverizado para o teste: 15 ton (01 dia de teste);
- Utilizar o caminhão tanque pressurizado para estocagem e injeção;
- Utilizar queimador já existente (projetado para gás natural + carvão mineral);
- Montar sistema provisório de transporte do carvão (caminhão/queimador);
- Acompanhamento da equipe de bombeiros industriais em 100% do tempo;

O forno rotativo, no processo Grate-Kiln, trabalha com fluxos em sentido contracorrente, de forma a maximizar o contato e interação entre as pelotas sendo tratadas termicamente e o gás aquecido proveniente da combustão e gás quente recuperado do resfriamento das pelotas ao final da queima, no resfriador circular. Nessa interação, componentes dos combustíveis utilizados no queimador, e principalmente as cinzas geradas na queima destes combustíveis, se misturam no leito de pelotas podendo interferir na composição química destas. Por isso, foram realizadas análises do carvão pulverizado e cinzas deste mesmo carvão. Estas análises permitem avaliar o risco de modificações na composição química das pelotas, bem como avaliar e calcular parâmetros da combustão do carvão.

2.4 Carregamento do Caminhão tanque e injeção no queimador

O carregamento foi feito a partir dos vasos pressurizados que abastecem o sistema de injeção para as ventaneiras do alto forno (dois vasos de 4 ton cada).

Foi instalado mangote do ponto de saída de carvão no vaso (figura 6) para a alimentação do caminhão pelas tampas removíveis na parte superior do tanque. Cada um dos três sub-silos do caminhão tanque foi cheio enquanto se fazia a proteção para evitar poluição por emissão de pó.

Para evitar emissões atmosféricas e perda de material, foi instalado filtro de manga na saída de alívio de pressão do caminhão. Na instalação final foi utilizada tromba telescópica fornecida pela POWDER com despoeiramento automático.



Figura 6. Carregamento de carvão pulverizado no caminhão tanque para transporte e injeção

A injeção do carvão vegetal pulverizado no queimador do forno rotativo na pelletização foi realizada pelo sistema de compressor de ar do caminhão.

Foram instalados tubulação para transporte do pó (caminhão/queimador) e válvula de controle manual na tubulação do carvão, bem como interligação com linha de nitrogênio para combate a incêndio, em caso de alguma emergência.

A pressão para transporte do bocal até o queimador foi da ordem de 1,2 bar.

A pressão necessária para injeção no queimador é da ordem de 0,5 bar, e estava disponível ar comprimido da linha industrial, mas não foi necessário.

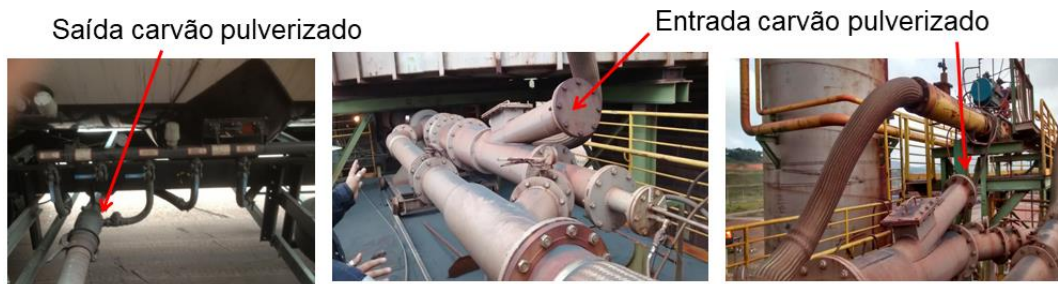


Figura 7. Descarga de carvão pulverizado do caminhão tanque para injeção no queimador

O teste foi iniciado com 100% de gás natural, e injeção de carvão vegetal pulverizado aumentado gradativamente (controle através da pressão do caminhão, figura 7) com redução do GN (sala de controle), até 100% de carvão vegetal.

Os seguintes parâmetros de controle foram avaliados durante o teste:

- Análise visual da chama (com auxílio da câmera mostrada na figura 8);
- Temperatura da pelota na saída do forno rotativo;
- Temperatura externa da carcaça do forno rotativo;
- Parâmetros gerais de processo;
- Características físicas, químico-metalúrgicas das pelotas (antes e depois);



Figura 8. Instalação provisória para teste e câmera para monitoramento

2.4 Resultados e Discussões

Os testes de injeção de carvão direta do caminhão foram bem sucedidos e provaram a viabilidade técnica da injeção sem afetar a qualidade das pelotas produzidas. As medidas de segurança observadas durante os testes garantiram zero acidente.

Seguem abaixo nas tabelas 2, 3 e 4 os resultados das análises das propriedades do carvão vegetal pulverizado utilizado no primeiro teste preliminar.

A análise imediata demonstra propriedades inferiores ao carvão médio e grosso que comumente têm carbono fixo de 68 a 70% e cinzas entre 3 a 5%. Em conjunto com a análise das cinzas, entende-se que os resultados indicam que há contaminação do carvão pulverizado por cinzas ou terra, pela presença elevada de SiO₂, Al₂O₃, e CaO. A contaminação reduz o poder calorífico normal e aumenta riscos de acúmulo de material nas paredes do forno rotativo caso a cinza do carvão atinja a fusão.

Tabela 2. Análise imediata do carvão vegetal pulverizado

Umidade	Carbono fixo	Matéria volátil	Cinzas
1,5%	66%	27%	7%

Metodologia ASTM D4326 - 94, 1996

Tabela 3. Análise química das cinzas do carvão vegetal pulverizado

Al ₂ O ₃ %	CaO %	Fe %	K ₂ O %	MgO %	MnO %	Na ₂ O %	P %	S %	SiO ₂ %	TiO ₂ %	PPC %
17,57	11,62	7,66	6,67	2,43	0,48	0,78	0,43	0,26	42,99	1,27	3,58

Metodologias NBR 8293-1983; 8289-1983, 8290-1983 e ASTM, D 3172-89, 1993.

Tabela 4. Análise adicionais do carvão vegetal pulverizado

< 200# 0,074mm	< 325# 0,045mm	Poder calorífico inferior	Densidade aparente
93%***	17%**	6400* kcal/kg	350 kg/m ³

* Valor estimado com uso de correlações empíricas

** Peneiramento seco ***Peneiramento úmido



Figura 9. Instalação provisória para teste e câmera para monitoramento

Na figura 9 observa-se a chama mista com carvão vegetal e gás natural no primeiro teste de comissionamento da instalação. Podendo-se observar a parte mais escura com o pó de carvão na zona de mistura e a maior radiação logo à frente. Medições com pirômetro óptico Fluke para até 2000°C indicaram temperaturas entre 1200 a 1700 graus célsius em regiões próximas à chama. A chama apresentou-se mais curta com a injeção de carvão do que com gás natural puro.

Um efeito importante observado após as primeiras semanas com injeção de carvão vegetal pulverizado foi o aumento da taxa de crescimento e queda de materiais aderidos às paredes internas do forno rotativo. A equipe de operação denomina o material como cascão, mas na literatura (Stjernberg, 2013, 2015, Sharikov, 2018) encontra-se *deposit formation*, *chunk*, *skull*, *acrescion*. Foi percebido ao longo da curva de aprendizagem para aumento da taxa de injeção, que o carvão vegetal apresenta influência na acumulação de material nas paredes, mas o controle de processo e variabilidade das variáveis operacionais do forno rotativo tem impacto maior. Mesmo em períodos com 100% de gás natural ocorreu formação acelerada de acúmulos, enquanto períodos com 100% de carvão vegetal no queimador, mas com baixa variabilidade nas variáveis como: taxa de alimentação do forno, taxa de alimentação de carvão vegetal, teores de CaO, MgO, SiO₂; houve formação e acúmulo de cascões significativamente menor (figura 10).



Figura 10. Crescimento de acúmulo de materiais nas paredes do forno rotativo

Parte importante do comissionamento foi o ajuste das lógicas de operação entre diferentes equipamentos, limites de alarme e ajustes de parâmetros de controle na tela do sistema de injeção no sistema supervisório (SCADA), figura 11.

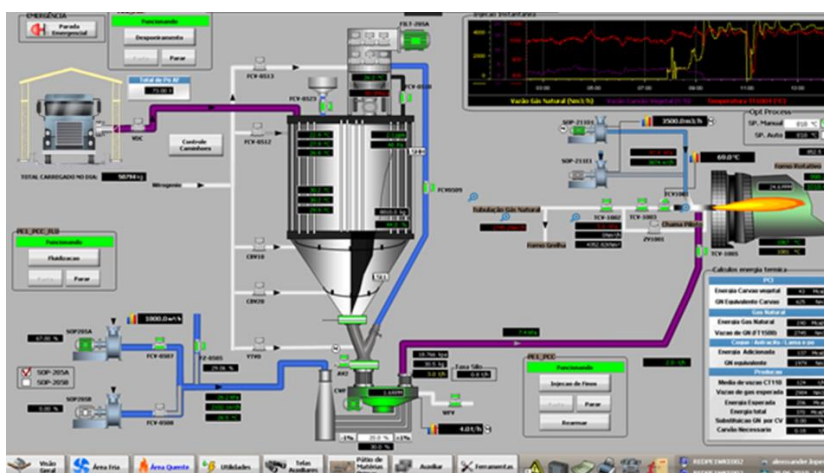


Figura 11. Tela de controle do sistema de injeção no supervisório da pelotização

Quanto ao aspecto financeiro o projeto se mostrou muito bem sucedido conforme se vê nos *KPIs* demonstrados na tabela 5. A tabela traz a coluna da situação em Julho de 2018, momento em que o projeto venceu as dificuldades técnicas observadas um ano antes, em Julho de 2017.

Tabela 5. Resultados dos KPIs do Projeto

	Projeto Original	Situação em Julho de 2018	Situação em Fevereiro/2019
CAPEX ↓	100% MR\$	90,5% MR\$	98% MR\$*
NPV ↑	100% MR\$	95% MR\$	152% MR\$*
NPV/CAPEX ↑ (adimensional)	4,5	4,8	7,1*
Payback ↓ (tempo)	1,5 anos (18 meses)	2,0 anos (24 meses)	1,6 anos (19 meses)
Planejamento de Desembolso ↓	2016 → 89% MR\$ 2017 → 11% MR\$	2016 → 73% MR\$ 2017 → 11% MR\$ 2018 → 6,5% MR\$	2016 → 73% MR\$ 2017 → 11% MR\$ 2018 → 6,5% MR\$ 2019 → 7,5% MR\$*
Gás Natural ↓ Carvão Vegetal ↓	100% R\$/Mcal 32% R\$/Mcal	114% R\$/Mcal 47% R\$/Mcal	149% R\$/Mcal* 71% R\$/Mcal*
KPI Consumo de Gás Natural ↓ Nm ³ / tonelada de pelotas	2016 → 100% 2017 → 65% 2018 em diante → 34%	2016 → 100% 2017 → 52% 2018 → 51% 2019 em diante → 34%	2016 → 100% 2017 → 52% 2018 → 44% 2019 → 18%* 2020 em diante → 15%**
Destaques	Projeto original	- Maior NPV/CAPEX - Menor CAPEX que o planejado - Demora em atender o KPI de redução de consumo de GN	- Maior NPV/CAPEX - Menor CAPEX que o planejado - 6 meses com KPI de redução de consumo de GN melhor que a meta

Fonte: Medições realizadas ao longo do projeto

↓ KPI para o qual quanto menor o valor melhor

* Valores com asterisco são parciais para 2019

↑ KPI para o qual quanto maior o valor melhor

** Redução esperada ao longo prazo após o fim do projeto

Para cada KPI o valor original do projeto foi definido como 100% e as porcentagens nos dois cenários seguintes são calculadas em relação à referência do valor original para cada item.

Já na figura 12, pode-se observar a evolução dos KPIs técnicos. Partindo da referência de 26,5 Nm³/tp em 2016, alcançamos em Jul/17 o primeiro resultado melhor que a meta de 9,1; porém, dificuldades técnicas relacionadas ao controle de processo, encurtamento da chama e superaquecimento da saída do forno rotativo levaram-nos a postergar até Fev/18 o recomeço das ações do projeto.

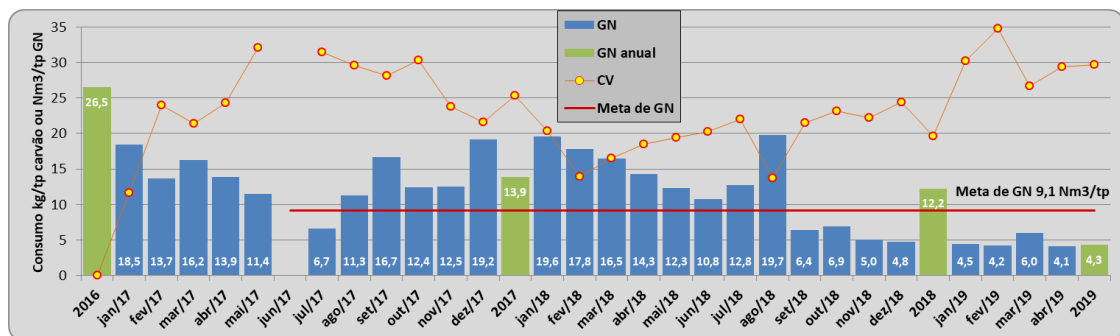


Figura 12. Evolução dos KPIs técnicos de consumo de gás natural (GN) e carvão vegetal

Em Fevereiro de 2018 foi feito um diagnóstico e *brainstorm* das dificuldades técnicas para retomar o caminho de substituição de gás natural por carvão vegetal.

As principais iniciativas realizadas que impactaram positivamente nos KPIs foram:

- Melhorar estratégia de malhas de controle de válvulas de Gás natural;
- Reduzir variabilidade na dosagem de coque verde de petróleo;
- Reduzir GN alcançando abertura mínima das válvulas de controle;
- Especificar e instalar nova válvula de controle de GN;
- Usar a nova válvula para controlar e limitar a vazão máxima de GN;

- Aumentar consumo de carvão para suprir energia do GN retirado;
- Estudos e simulações de processo em parceria com o Programa ALIANÇA:
 - Desligar queimadores auxiliares de baixo impacto no perfil térmico;
 - Reduzir *set-point* de temperatura de controle no final do forno grelha;
 - Aumentar vazão do ar secundário no forno rotativo;
- Melhorias na injeção de carvão (Consultoria com Ricardo Luchese):
 - Melhorias no despoeiramento do silo de carvão;
 - Adequação no sistema de pesagem do silo;
 - Modificação de válvulas de controle e segurança;
- Instalar novos racks para controle de GN em *Split-range* de 50 a 6500 Nm³/h;

Uma parte importante, tanto na motivação do projeto quanto para a sustentabilidade do negócio da Vallourec é reduzir o impacto ambiental de suas atividades.

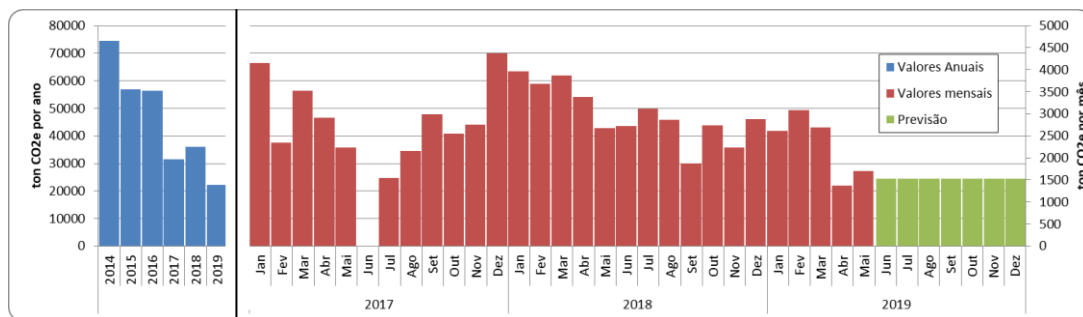


Figura 13. Evolução da emissão de CO₂e por consumo de gás natural + carvão vegetal

Vê-se na figura 13, que de 2014 a 2019 as emissões de CO₂e tiveram expressiva queda. Comparando-se a média do período de 2014 a 2016 com a média do período seguinte 2017 a 2019 a redução já alcançada é de 50%.

Com a previsão para os meses restantes de 2019 alcançaremos 52% de redução. Nos valores mensais observamos que a redução foi rápida no início do projeto, mas houve retrocesso na segunda metade de 2017, por dificuldades técnicas já citadas.

3 CONCLUSÃO

Através do uso da metodologia *FEL*, testes preliminares, reengenharia de componentes e equipamentos, trabalho em conjunto das disciplinas de Controle de Processo, Automação, Operação, Consultores externos e apoio do PNUD, foi possível obter o sucesso do projeto demonstrado através dos *KPIs* financeiros e técnicos em valores melhores que o planejamento inicial.

O carvão vegetal pulverizado renovável foi consolidado na rotina operacional como combustível principal da Pelotização da Vallourec. Registra-se como a planta pioneira mundial no uso deste combustível como principal em Grate-Kiln, bem como a pelota de hematita com menor impacto ambiental em gases de efeito estufa dentre as já instaladas até o momento.

Os benefícios ambientais, redução de custo, estabilidade operacional e controle de processo justificam a sustentabilidade e manutenção das implementações na rotina.

A Vallourec, alinhada às suas crenças e valores, atua como protagonista e pioneira, mantendo a visão de avançar no uso de combustíveis renováveis levando à produção de pelotas e tubos sem costura *Premium* cada vez mais sustentáveis.

Agradecimentos

Um ponto chave para o avanço do projeto e sustentabilidade dos resultados foi o reconhecimento pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e pelo Governo Federal dentro do Projeto Siderurgia Sustentável.

Este programa desde seu início vem trabalhando para criar um arcabouço técnico e normativo na esfera governamental para apoiar e fomentar projetos que visam à redução de emissões com plantio de florestas energéticas renováveis, melhoria nas práticas de silvicultura, produção de carvão e emprego do carvão vegetal em aplicações industriais, substituindo combustíveis fósseis.

Receber a subvenção e apoio institucional do Projeto Siderurgia Sustentável para executar e custear as melhorias necessárias para a solução das dificuldades técnicas foi crucial para o sucesso do projeto. As boas práticas identificadas pelo Projeto Siderurgia Sustentável neste projeto estão sendo registradas e sistematizadas para serem difundidas para outras empresas, de forma a possibilitar a replicação e auxiliar a cumprir o compromisso do Governo Brasileiro nas reduções de emissões globais.

REFERÊNCIAS

- 1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), Determinação mineral do teor de umidade, 1983, NBR 8293; Determinação mineral do teor de cinzas, 1983 NBR 8289; Determinação mineral do teor de matérias voláteis, 1983 NBR 8290.
- 2 Braga D., Criscuolo LGR., Carvalho JLR. e-Pellet - Carvão Vegetal Como Alternativa Energética Para Pelotização. ABMWEEK2017 - 5º Simpósio Brasileiro de Aglomeração. 2017; DOI: 10.5151/2594-357X-30528
- 3 Lerbach F., Braga D., Aguiar FCS., Criscuolo LGR. Finos de carvão como alternativa renovável na matriz energética da Vallourec. ABMWEEK 2017 - 38º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades. 2017; DOI: 10.5151/2594-3626-31026
- 4 Rutkowski E.S. *Front-End Loading* – Aplicação do Processo *FEL* no Gerenciamento de Projetos. TECHOJE. 2009 [acesso em 24 maio 2019]. Disponível em: http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/682
- 5 Sharikov IV. Modelling processes in tubular rotary kiln for creating control systems for sintering processes. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 13, #1. 2018: 110-119. Disponível em: <https://bit.ly/2JT3qnF>
- 6 STANDARD TEST METHOD (ASTM), Determinação mineral de carbono fixo, 1993 D 3172-89.
- 7 Stjernberg J, Carrie YCJ., Wiinikka H., Lindblom B., Boström D., Öhman M. Deposit Formation in a Grate-Kiln Plant for Iron-Ore Pellet Production. Part 2: Characterization of Deposits. *Energy & Fuels*. 2013; 27 (10): 6171-6184 DOI: 10.1021/ef4009746
- 8 Stjernberg J., Isaksson O., Ion JC. The grate-kiln induration machine - history, advantages, and drawbacks, and outline for the future. *J. S. Afr. Inst. Min. Metall.*, Johannesburg. 2015. v. 115, n. 2:137-144. Disponível em: <https://bit.ly/2WiCaWh>.