

# O MINI ALTO FORNO COM TECNOLOGIA DE PONTA<sup>1</sup>

*Rêmulo Andrade Maia<sup>2</sup>  
Klaus-Peter Kinzel<sup>3</sup>  
Carlos Eduardo Almeida da Silva<sup>4</sup>  
Mário Fernando G.d'Almeida Cunha<sup>5</sup>*

## **Resumo**

Os Mini Altos Fornos (MAF), por terem uma capacidade menor de produção se comparado com os fornos das médias e grandes empresas siderúrgicas, sempre foram tidos como equipamentos de produtividade baixa e nível tecnológico limitado. Este quadro vem ganhando contornos diferentes. Os novos projetos dos MAF têm mudado a face destes reatores fazendo com que eles atinjam produtividades maiores, maior controle das emissões, além de alcançar uma vida útil bem superior se comparado com projetos de épocas anteriores. Este trabalho vai mostrar o grau de desenvolvimento tecnológico que um MAF atingiu atualmente evidenciando quais as áreas em que mais se investiu nos projetos destes reatores. Quais foram os conceitos utilizados para se atingir os objetivos preconizados e as metodologias aplicadas tanto na engenharia como na fabricação de seus equipamentos.

**Palavras-chave:** Mini alto-forno; Novas tecnologias; Produtividade; Meio ambiente.

## **MINI BLAST FURNACE WITH TOP TECHNOLOGY**

### **Abstract**

The Mini Blast Furnaces (MBF), having a smaller capacity of production if compared with the furnaces of medium and major steelmaking companies, have always been considered as furnaces of low productivity and limited technological level. This scenario has gained different colors: the new MBF projects have been changing the face of these reactors helping them on the achievement of larger productivity, improved control of emissions, besides reaching a much superior life time if compared to the projects from the past. The objective of this paper is to demonstrate the degree of technological development reached by a MBF nowadays evidencing the areas that received more investments in the projects of these reactors; which were the concepts used to reach the intended objectives and the methodology applied in both engineering and equipments manufacturing.

**Key words:** Mini blast furnace; New technologies; Productivity; Environmental.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 39º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas e 10º Seminário Brasileiro de Minério de Ferro, 22 a 26 de novembro de 2009, Ouro Preto, MG.*

<sup>2</sup> *Engenheiro Mecânico, Especialista em Gestão Estratégica de Negócios, Coordenador de Contratos da Paul Wurth do Brasil.*

<sup>3</sup> *Engenheiro Químico, PhD em Química, Coordenador de Contratos da Paul Wurth do Brasil.*

<sup>4</sup> *Engenheiro Metalurgista, Mestre em Engenharia de Materiais, Assistente de Marketing e Processos da Paul Wurth do Brasil*

<sup>5</sup> *Engenheiro Metalurgista, Assessor de Marketing e Processos da Paul Wurth do Brasil*

## **1 INTRODUÇÃO**

O aumento das exigências de controle ambiental, exercido pelos órgãos responsáveis, e a competitividade nas empresas siderúrgicas foram as principais forças que levaram as empresas a repensarem o papel do MAF no contexto siderúrgico brasileiro.

Os produtores independentes de ferro gusa, assim como siderúrgicas integradas de médio porte que operavam MAF's, têm dado uma atenção maior a estes fornos, colocando-os no lugar em que sempre mereceram estar.

O aprimoramento técnico tem sido uma tônica nas discussões sobre reformas, aumento de capacidade produtiva e investimentos em novas unidades.

Os antigos fornos de guseiros que operavam sem maiores preocupações quanto à técnica, segurança operacional e controle ambiental têm se transformado em empresas produtoras de ferro gusa de primeira linha. Possuem em seus quadros equipes de engenheiros metalúrgicos, mecânicos, eletricitas, administradores, gestores etc, responsáveis por todo um programa de produção, manutenção e administração responsável, voltados para resultados de longo prazo.

Deste novo cenário, que já se desponta há algum tempo, a Paul Wurth tem participado de forma intensa com soluções técnicas para atender este novo nicho de mercado com tecnologia de ponta. Novos projetos foram desenvolvidos, equipamentos e sistemas existentes e já consagrados em fornos de grande porte foram redesenhados e adaptados para atender estas novas exigências. Entre os objetivos estão: a obtenção de campanhas mais longas almejando-se 08 anos ou mais, aumento da taxa de utilização dos equipamentos, maior nível de monitoração da operação, menores índices de ruídos e emissão de particulados, melhor tratamento dos gases do processo assim como melhores condições de trabalho. Atingir tais objetivos requer planejamento, conhecimento e técnica, fatores que serão detalhados nos tópicos seguintes deste trabalho.

## **2 A DEMANDA DE TECNOLOGIA PARA ALTOS-FORNOS DE PEQUENO PORTE**

A siderurgia mundial vem, durante a última década, se transformando e vencendo inúmeros desafios. Pressões ambientais crescentes, esforços para minimização de custos, elevado custo de capitais para investimentos e um mercado cada vez mais diversificado e dinâmico criaram um ambiente onde a palavra de ordem é inovar.

Observa-se a tendência da evolução tecnológica na siderurgia, numa busca permanente por soluções alternativas e criativas para a rota coqueria / sinterização / altos-fornos. O modelo siderúrgico convencional de grandes usinas integradas a base de coque tem sido confrontado cada vez mais pelas novas aciarias, baseadas em fornos elétricos a arco (FEA) conjugados ou não com os mini altos-fornos.

As políticas ambientais cada vez mais restritivas e a necessidade do atendimento às novas exigências com relação às emissões de SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, compostos orgânicos voláteis, pós, etc, se refletem diretamente no aumento dos custos de produção. Além disso, o crescente mercado de créditos de carbono referentes à emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera indica uma segmentação do mercado que se valerá destes benefícios para competir de forma mais equilibrada.

O desenvolvimento de novas soluções tecnológicas para a produção de ferro primário baseia-se na atenuação ou mesmo eliminação de restrições encontradas na rota tradicional, ligadas aos problemas de investimentos e meio ambiente.

Usualmente os principais objetivos são:

- eliminar as coqueiras com o uso de carvões vegetais de reflorestamento e atingir padrões operacionais comparáveis ao de um moderno alto-forno;
- utilizar a variedade de minérios disponíveis, principalmente os de baixo custo;
- apresentar altas produtividades, com baixo custo de investimento;
- produzir ferro gusa com qualidade para convertedores a oxigênio ou FEA; e
- alcançar elevadas taxas de utilização, bem como campanhas cada vez mais longas, atendendo as exigências futuras para controle ambiental.

## **2.1 A produção de Ferro Gusa**

Há muitas formas de se produzir o ferro gusa. A mais utilizada é através de altos-fornos convencionais e os Mini Altos Fornos. A produção de ferro gusa no Brasil corresponde, de acordo com o BNDES, a apenas 3,7% da produção mundial deste produto. Outros grandes produtores mundiais são a China (46,4% do mercado), o Japão (9,7%), a Rússia (5,9%), os Estados Unidos (4,3%) e a Ucrânia (3,8%). No entanto, mesmo sustentando uma posição como 6º maior produtor, o Brasil é o maior exportador mundial de ferro gusa, respondendo por quase 40% do mercado, tendo como principal cliente os Estados Unidos. Os MAF's são reatores de baixo custo de investimento para produção de gusa. Possuem soluções técnicas adequadas quando comparados com altos-fornos convencionais, sendo as principais referentes à:

- pressão de topo, sistema de selagem e de distribuição de carga;
- equipamentos para área de corrida;
- sopradores de ar quente e sistema de aquecimento de ar; e
- revestimento refratário e sistema de refrigeração.

Os baixos investimentos, junto com os custos operacionais, são uma das principais vantagens desta tecnologia. O principal custo associado para produção neste tipo de reator refere-se aos custos de produção da madeira a partir de florestas plantadas. Ainda assim, a atratividade do setor é grande, mesmo considerando-se as variações no preço de venda de gusa no mercado transoceânico, conforme Figura 1.<sup>(1)</sup>

O MAF pode ser considerado como o processo onde se utiliza energia renovável uma vez que o redutor é o carvão vegetal. Esta particularidade faz deste processo o único capaz de fechar o ciclo entre o oxigênio e o carbono, ajudando a minimizar os impactos relativos ao meio ambiente.

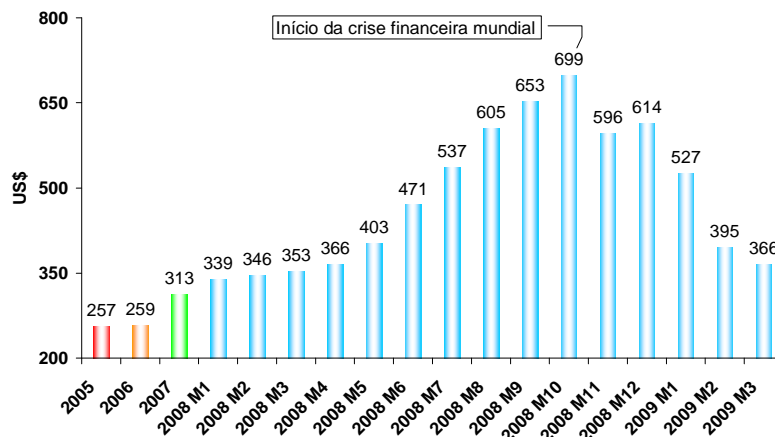


Figura 1 - Preço de venda de gusa brasileiro.

A alternativa criou sinergias com a indústria produtora de florestas e se tornou um excelente negócio para os produtores de ferro gusa, principalmente quando consideramos projeções de crescimento médio anual de 2006 até 2015 em torno de 3,2%<sup>(2)</sup> na produção mundial de aço bruto e as projeções de crescimento dos PIB's nas diferentes regiões do mundo.

A gestão de implantação de um projeto de alto-forno requer várias etapas, como se pode observar nos tópicos seguinte.

### 3 OS PROJETOS PARA OS ALTOS-FORNOS

Os projetos para Altos Fornos (mini ou de grande porte) são desenvolvidos pela Paul Wurth dentro das três premissas básicas para o sucesso de um projeto: prazo, custo e qualidade (figura 2). O mercado cada vez mais exige que os projetos sejam executados dentro do menor prazo e com custos reduzidos, por isso, ferramentas modernas são utilizadas para minimizar falhas, garantir que os equipamentos sejam seguros, bem dimensionados e assim viabilizar o empreendimento.

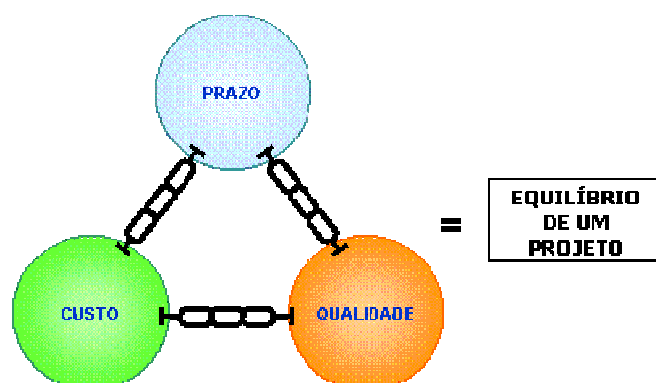


Figura 2 - Fatores de sucesso para um projeto.

Os projetos de Altos-Fornos se caracterizam por serem empreendimentos não repetitivos. Para o sucesso de um projeto metas devem ser alcançadas:

- ser construído no prazo previsto e dentro do orçamento previsto;
- atingir a qualidade e o desempenho desejado;

- ter sido aceito pelo cliente sem restrições e satisfazer aos acionistas; e
- cumprir com as obrigações ambientais.

### 3.1 Gerenciamento do Contrato

O resultado de um projeto está na sua forma de gerenciamento, sendo cada fase acompanhada para que os objetivos sejam alcançados. As principais fases que compreendem a execução de um contrato são (Figura 3):

#### 3.1.1 Consolidação

Fase de definição de todas as interfaces e do escopo de fornecimento.

#### 3.1.2 Planejamento

Fase em que as datas de início e término das atividades são determinadas, elaborando-se um cronograma detalhado com o caminho crítico.

#### 3.1.3 Execução do projeto

Fase onde a área técnica desenvolve o projeto dentro das melhores práticas de engenharia, garantindo acessos para montagem e desmontagem, equipamentos eficientes e funcionais e melhorias operacionais em função do layout de instalação, mantendo os princípios de segurança e manutenção.

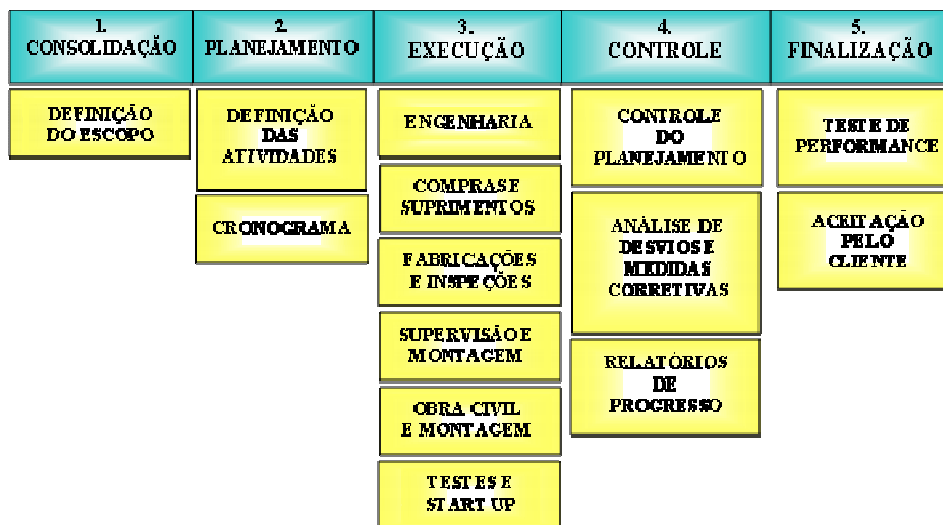
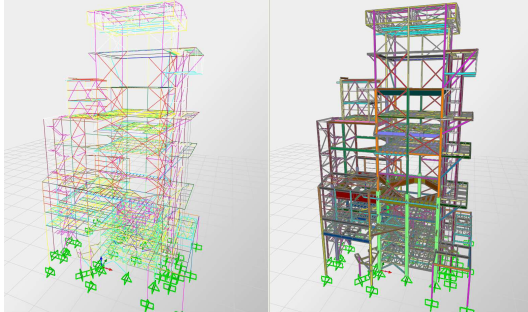


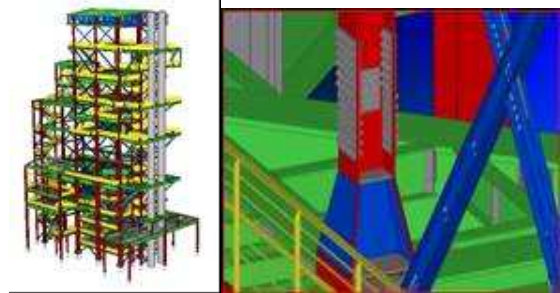
Figura 3 – Fases de um projeto.

**Tabela 1** - Softwares utilizados no desenvolvimento de projetos

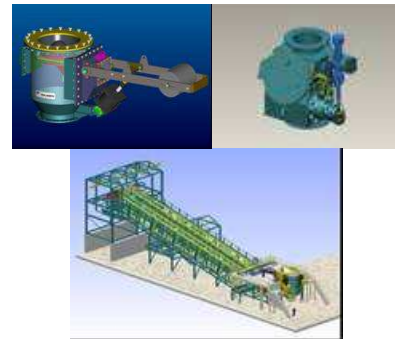
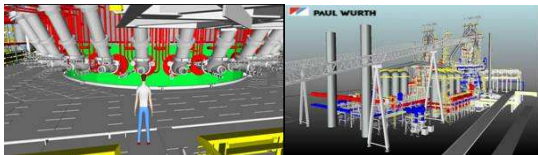
SAP 2000: para análise estrutural tridimensional por elementos finitos, estática e dinâmica, linear e não-linear;



TEKLA: tecnologia cria um modelo 3D simulando uma estrutura real;



NAVISWORKS: visualização de modelos tridimensionais (software de integração);



AUTOCAD: gera desenho 2D com alta produtividade, mundialmente conhecido.  
PRO-ENGINEER: cria um modelo 3D de um equipamento, permitindo a realização de simulações de cálculos;

Estas ferramentas auxiliam a Paul Wurth a garantir que os produtos sejam desenvolvidos com qualidade e segurança e ao mesmo tempo asseguram que os projetos sejam executados com prazos reduzidos.

Além disso, toda a administração de um novo projeto é realizada considerando-se:

- planejamento da execução do projeto;
- elaboração de documentos para consulta e compra;
- negociação comercial;
- avaliação de fornecedores;
- fabricações e inspeções;
- diligenciamento, inspeção e testes.
- obra civil e montagem eletromecânica:
- supervisão de montagem;
- controle de produto não conforme; e
- testes e *start-up* (comissionamento).

A Paul Wurth busca nos mercados fornecedores os meios necessários para fabricar ou fornecer as partes que compõem suas instalações e equipamentos. Relatórios das visitas, inspeções e testes garantem a rastreabilidade dos produtos Paul Wurth.

A obra civil e montagem eletromecânica geralmente são executadas sob a responsabilidade do próprio cliente, porém, na maioria dos casos os serviços de

supervisão de montagem são contratados da Paul Wurth. As obras em regime *turn key* também são executadas pela Paul Wurth.

Os testes e *start-up* das plantas são executados por profissionais com larga experiência que acompanham e dão todo o suporte necessário no campo para que os equipamentos sejam ajustados para atender as exigências contratuais.

### 3.1.4 Controle

A partir da consolidação do projeto cada fase é acompanhada de forma a garantir que a qualidade, os custos e os prazos sejam atendidos. A figura 4 ilustra bem a importância do gerenciamento dos custos de um projeto.

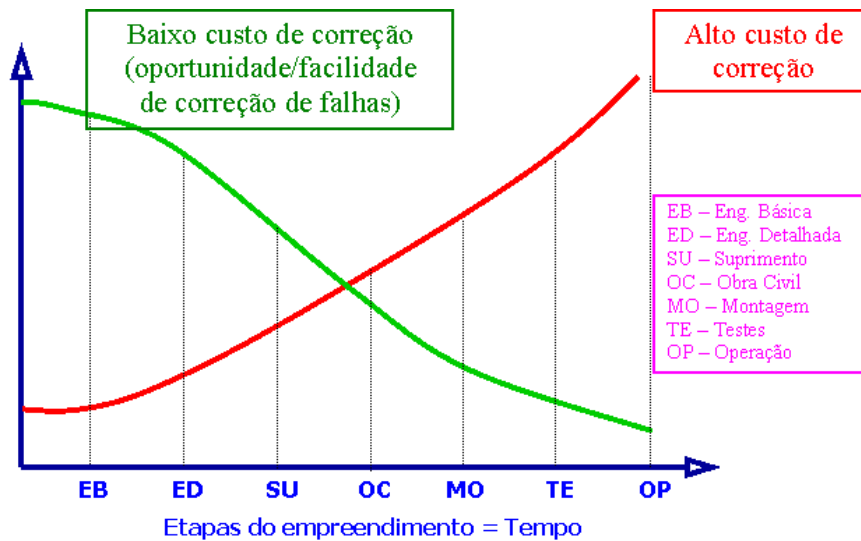


Figura 4 - Gerenciamento de custos de um projeto.

### 3.1.5. Finalização

Testes de desempenho são executados com o acompanhamento do cliente para a aceitação definitiva do projeto implantado. Nesta fase procede-se com uma análise crítica do contrato e de cada etapa registrada, sendo avaliados, dentre outros:

- o cumprimento dos prazos;
- ocorrências de não conformidades durante o processo produtivo (se existiram: qual o impacto delas no alcance dos resultados esperados, qual a sua criticidade, quais as causas que as motivaram);
- ocorrência ou não de produto não conforme;
- satisfação do cliente;
- se há sugestão de melhoria no processo produtivo e/ou dos procedimentos da qualidade, em decorrência dos resultados desta análise crítica; e
- aspectos comerciais.

Porém, todo este trabalho de gerenciamento de um projeto de nada valerá se as soluções técnicas e adaptações necessárias não forem realizadas. E para isso, a quebra de paradigmas e a adoção de novas abordagens criam o diferencial competitivo necessário. Alguns tópicos mais relevantes serão abordados a seguir.

## 4 AS TECNOLOGIAS APLICADAS

Na Tabela 2 estão descritos os dados técnicos de duas plantas de MAF's, cada uma com 2 fornos, que exemplificam esses tipos de instalações dedicadas a fornecer gusa (sólido ou líquido) para aciarias elétricas.

Tabela 2 - Exemplos de MAF's.

Parâmetro	Usina 1	Usina 2
Capacidade por alto-forno	180.000 t gusa / ano	300.000 t gusa / ano
Produção diária	520 t/d	840 t/d
Redutor	Carvão vegetal	C. vegetal ou coque
Matéria-prima	100% Granulado	70% Pelotas/30% Granulado
Diâmetro do cadinho	4,3 m	4,8 m
Volume útil	250 m <sup>3</sup>	350 m <sup>3</sup>
Quantidade de ventaneiras	12	14
Geração de ar quente	4 glendons	3 regeneradores
Temperatura de sopro	850 °C	1.100 °C
Vazão de sopro	36.000 Nm <sup>3</sup> /h	50.000 Nm <sup>3</sup> /h
Pressão de topo	0,35 bar (m)	0,4 bar (m)
Sistema de refrigeração	Sprays de água	Tubos e caixas de refrigeração em cobre

Os dois exemplos possuem características similares. Para adaptar a produção das plantas às solicitações exigidas, o fornecedor de tecnologias dispõe de diferentes conceitos técnicos de forma a obter sucesso mesmo com condições especiais de projetos, como por exemplo, qualidade das matérias-primas, CAPEX-OPEX, exigências ambientais, etc. A seguir serão descritos alguns aspectos fundamentais para MAF's e as diferentes abordagens empregadas.

### 4.1 Área de Estocagem

Um dos principais desafios dos MAF's é que, devido as menores exigências quanto às matérias-primas, os mesmos possibilitam a utilização de fontes minerais de baixo custo e qualidade, fatores que tem de ser considerados no projeto conceitual. Um exemplo é a viabilização de elevada proporção de granulados usando um sistema de secagem, integrado na área. O sistema precisa atender a vários aspectos, dentre os quais:

- possibilidade do uso de diferentes fontes de calor, sendo ideal o uso da energia disponível nos gases do alto-forno ou mesmo nos gases de saída dos regeneradores ou Glendons;
- elevada eficiência de secagem para permitir a redução do tamanho dos silos, mesmo em casos de ciclos rápidos para uma produção intensa; e
- aspectos de segurança e ambientais como análise do CO no gás de alto-forno usado na secagem.

### 4.2 Sistema de Carregamento e Distribuição de Carga

O sistema de carregamento de um alto-forno é considerado o coração do mesmo e deve ser cuidadosamente selecionado, observando-se aspectos ambientais, elevada produtividade combinada com a extensão da campanha do alto-forno. Somente um sistema de carregamento que permita diferentes perfis de



carregamento pode assegurar elevada produtividade combinada com uma longa campanha, considerando as matérias-primas para os MAF's.

Enquanto o sistema de carregamento mini *Bell Less Top* representa um equipamento topo de linha para MAF's, a tecnologia do *Single Bell Pressure Top* (SBPT) associado a um distribuidor de armadura móvel acionado hidráulicamente (Figura 5) representa uma alternativa mais econômica, especialmente projetada para atender os aspectos mencionados anteriormente. Comparado aos sistemas tradicionais de topo de cone, a tecnologia do SBPT é diferenciada devido à válvula selo superior (Figura 6) que permite uma selagem mais eficiente para pressões de operação até 1 bar (manométrica), além da flexibilidade e facilidade de manutenção, combinadas com um aumento da campanha e maior disponibilidade do equipamento.

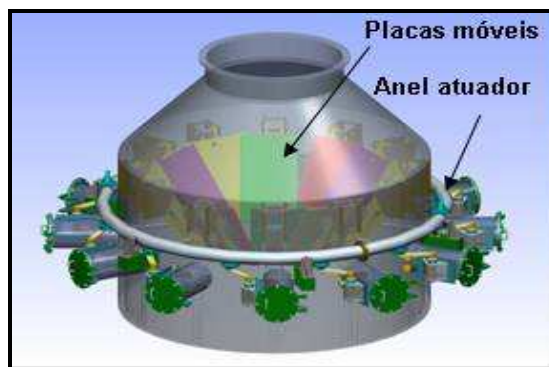


Figura 5 - Sistema de distribuição de carga SBPT.

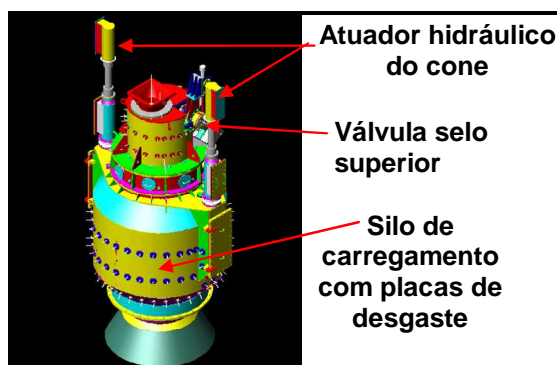


Figura 6 - Sistema SBPT e a válvula selo superior.

### 4.3 Refrigeração e Refratários dos MAF's

O conceito clássico de refratário e refrigeração para MAF's é uma combinação do uso de tijolos sílico-aluminosos de baixo custo com refrigeração por spray em circuito aberto. Este sistema limita as campanhas a um máximo de 6 anos. As exigências de aumento de produtividade combinadas ao aumento das campanhas justificam a mudança deste conceito simples por outro mais sofisticado e prevendo as exigências de refrigeração e diferentes materiais refratários para as diversas regiões do forno. Neste contexto, atenção especial deve ser dada às duas áreas críticas do MAF: cadinho e zona coesiva (composta pela rampa, ventre e baixa cuba). Para o cadinho a refrigeração por spray pode ser mantida e combinada com uma tubulação de refrigeração do sub cadinho, sendo interessante melhorar o material refratário e incluir blocos de grafite e de carbono micro poroso. A zona coesiva, caracterizada como a mais crítica do forno, exige elevada resistência à

abrasão e ao ataque químico. Somente se obtém isso pela melhoria da qualidade do material refratário combinada com um eficiente sistema de refrigeração. Uma abordagem efetiva com bons resultados combina um sanduíche de refratários composto de tijolos de grafite e de carbetos de silício, associado a um sistema intensivo de refrigeração forçada de caixas de cobre em circuito fechado. Complementando todo o sistema há a possibilidade do uso de barras cerâmicas de desgaste (que auxiliarão nas inspeções) associadas a termopares distribuídos ao longo da carcaça do alto-forno em pontos específicos, que permitem acompanhar o perfil de desgaste do material refratário..

#### **4.4 Casa de Corrida**

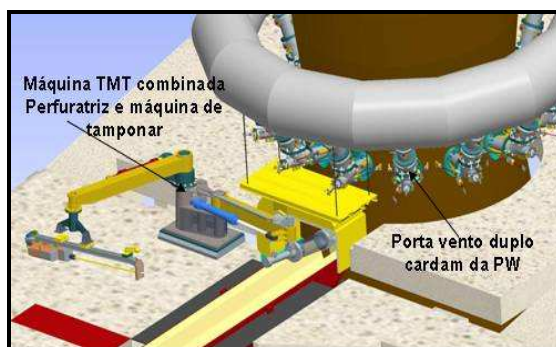
O bom projeto de uma casa de corrida respeita muitos critérios, assim como precisa de máquinas confiáveis a fim de permitir uma operação e manutenção eficientes desta área. Neste caso estamos falando de sistemas de corrida intermitente. Os MAF's são concebidos com um furo de gusa, e o que frequentemente se observa é uma área pequena, com acesso ruim, uma vez que as máquinas do furo de gusa ficam situadas em ambos os lados do canal (quando se utiliza perfuratriz). Com um sistema de exaustão ruim, quando existente, e que usualmente não permite o desempoeiramento eficaz e/ou que interfere com a operação e a manutenção, especialmente das ventaneiras, tornando a área mais conturbada e perigosa.

A operação de abertura do furo de gusa ainda hoje em muitos casos é feita usando-se lanças de oxigênio. Também em relação à massa de tamponamento geralmente observa-se uma qualidade inferior, uma vez que as máquinas de tamponar não conseguem manusear as argilas baseadas em resinas viscosas. Como resultado, a vida do furo de gusa é fortemente reduzida, exigindo paradas sem programação, além do risco operacional da auto-abertura do furo de gusa.

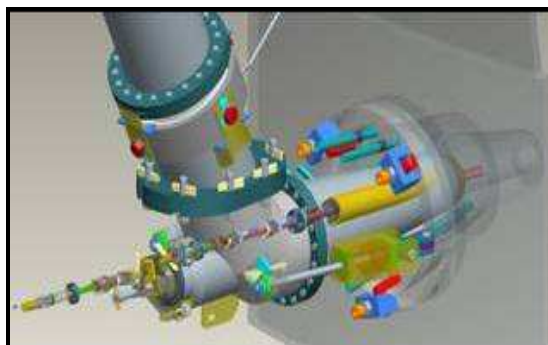
Na Figura 7 observa-se uma disposição moderna da casa de corrida, contendo uma máquina hidráulica combinada completa, com perfuratriz e canhão e uma cobertura móvel de desempoeiramento, com partes refrigeradas a água. Este projeto inovador de máquina combinada permite o livre acesso ao furo de gusa a partir do lado oposto à máquina. A máquina combinada é de alto desempenho e permite adotar uma operação do furo de gusa como praticada em altos-fornos de grande porte.

#### **4.5 Geração de Ar Quente**

A geração de ar quente que é feita com glendons nos MAF's tradicionais pode, especialmente no caso da operação com coque, ser realizada por regeneradores, atingindo temperaturas acima de 1.100°C. Neste caso, o projeto considera o aumento da temperatura em toda a linha quente, da tubulação de ar quente até as ventaneiras. Na figura 8 observa-se o porta vento duplo cardam da Paul Wurth. Observa-se que esta é uma área crítica quanto à disposição devido à grande quantidade de tubulações, sendo, portanto, de grande valia uma engenharia em 3D com o objetivo de reduzir problemas de interferência durante a montagem ou condições quase impossíveis de manutenção no funcionamento do MAF.



**Figura 7** – Máquina combinada da casa de corrida.



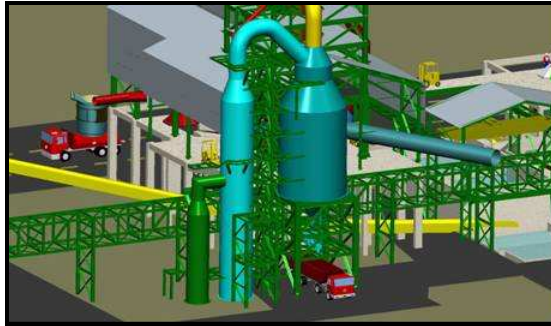
**Figura 8** – Porta vento duplo cardam.

#### **4.6 Sistema de Limpeza de Gases**

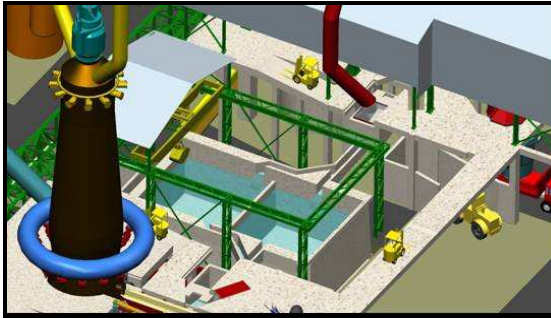
A limpeza dos gases num MAF é fator chave de sucesso na implantação de um novo projeto, uma vez que as condicionantes ambientais exigem parâmetros de controle dentro de limites restritos. Os projetos tradicionais consideram o uso de balão de pó, seguidos ou não de sistemas secundários de limpeza a úmido. Os projetos modernos consideram dois estágios para a limpeza de gases (figura 9). O primeiro estágio, a seco, pode ser feito por um balão de pó ou por ciclone axial (patente Paul Wurth), onde a eficiência de separação no ciclone é da ordem de 80%. O segundo estágio, a úmido, faz-se numa coluna lavadora onde um elemento anular variável que permite uma melhor eficiência na lavagem e possibilita o controle da pressão de topo do MAF, contribuindo para a obtenção de um melhor resultado operacional. Ao final deste estágio os gases são direcionados a um sistema de retirada de gotas (Demister) que permitirá a obtenção de um gás pronto para posterior consumo em outras unidades da planta. Neste estágio final o conteúdo de pó ainda presente no gás de alto-forno poderá ser até  $5\text{mg}/\text{Nm}^3$  e a quantidade de gotas livres até  $5\text{g}/\text{Nm}^3$ .

#### **4.7 Sistema de Granulação de Escória**

A escória gerada em um MAF pode ser granulada de várias formas, sendo uma delas a tecnologia de granulação por tambor (Processo INBA) de alta eficiência e custo mais elevado ou tanque de água fria e leito filtrante. Este último sistema permite o condicionamento com deságüe simultâneo da escória, o que garante sua qualidade e condições de transporte. Além disso, garante o suporte de vazões de escória de até 2,0 t/minuto durante períodos de até 200 minutos (Figura 10).



**Figura 9** - Sistema de limpeza de gases.



**Figura 10** - Sistema de granulação de escória.

#### **4.8 Máquinas de Lingotamento**

A moldagem de gusa nos MAF's é feita geralmente em rodas de lingotamento (Figura 11) por serem equipamentos de baixo custo de investimento, se comparados com os sistemas lineares. No entanto, problemas com o espaço requerido para a montagem, a exigência de alto desempenho do equipamento e o elevado custo operacional levaram ao desenvolvimento de uma nova geração de máquinas de lingotamento lineares, com capacidades de até 300 t/h (Figura 12) e principalmente com baixo custo de investimento.



**Figura 11** - Roda de lingotamento.

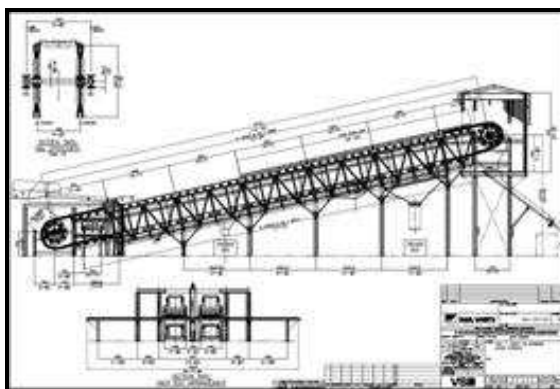


Figura 12 - Máquina de lingotamento linear padrão Paul Wurth.

#### 4.9 Sistema de Controle e Supervisão

O sistema de controle e supervisão do MAF é todo executado através de controladores lógicos programáveis (CLP's) que enviam seus dados para os computadores do nível de supervisão. Os dados são apresentados em telas sinóticas de fácil compreensão pelo operador. Através destas telas os equipamentos são comandados quando necessário. O sistema de controle e supervisão é feito para operar em modo automático gerando relatórios de produção para análise do operador. Para se obter um sistema de baixo custo são utilizados computadores comerciais facilmente encontrados no mercado. A automação do MAF traz muitas vantagens como economia de gastos com pessoal, aumento da produtividade, economia nas matérias-primas através de programações mais diversificadas de carregamento, etc.

### 5 RESULTADOS E CONCLUSÃO

Todo investimento em novos projetos, bem como os desenvolvimentos tecnológicos, têm como finalidade precípua a obtenção de resultados melhores e de menor custo de investimento do que se tinha anteriormente.

Os resultados descritos relatam o sucesso do processo de fabricação de gusa em MAF cujos objetivos são:

- **Confiabilidade** – Todos os projetos implantados já foram testados e comprovados em todo o mundo, contando com a aprovação de todos os usuários destas tecnologias. Eventos de reparos significativos, como trocas de peças ou de componentes principais não foram necessários dentro dos períodos das campanhas realizadas.
- **Produtividade** – Os equipamentos e sistemas utilizados nos projetos de MAF visam alto desempenho e baixo índice de manutenção.
  - A produtividade prevista era de  $2,10 \text{ t/m}^3$ , no entanto, a média mensal atual obtida é de  $2,55 \text{ t/m}^3$  (volume útil). O ritmo de produção atual sinaliza uma produção anual de 456 mil t, quando o previsto era de 380,0 mil t.
- **Campanha** – Da mesma forma que os equipamentos, os quesitos do projeto relacionados com a campanha de um MAF como revestimento refratário, sistema de resfriamento e monitoração são projetados de acordo com a estimativa desta campanha.
  - Apesar do pouco tempo em campanha da usina 1 (~ 2,5 anos) o forno não mostra nenhum indício de desgaste precoce.

- **Segurança** – Este aspecto é considerado primordial até mesmo em detrimento da produtividade. Se ele não for 100% atendido procura-se outra solução para os equipamentos.
  - Os equipamentos do topo, o sistema de limpeza de gás e conjuntos porta vento são completamente estanques. Esta é a garantia de uma área livre de gás.
- **Meio Ambiente** – A preocupação com a manutenção do meio ambiente é uma constante nos novos projetos e nas particularidades de cada item que compõe os equipamentos e sistemas desenvolvidos.
  - O gás de AF obtido apresenta um elevado grau de pureza, contendo particulados em quantidade  $\leq 5,0 \text{ mg/Nm}^3$ , sendo utilizado em várias áreas da usina sem a necessidade de manutenção nem limpeza. A recuperação de toda a água utilizada na operação do AF também é realizada com sucesso.

**Tabela 3** - Tabela atual dos parâmetros operacionais dos AF's da Usina 1

Produção (t/dia)	Consumo de carvão	PCI (Kg/t)	Volume de escória	I.B.	Temp. do vento	Temp. do topo (°C)	% Si Média mensal	Vazão de vento (Nm <sup>3</sup> /h)	Pressão de topo (Bar)
615	435	110	160	0,76	775	110	0,34	34.000	0,2

Sabemos que uma boa parte do sucesso de um projeto depende também do seu bom uso, além de, principalmente, uma manutenção preventiva e adequada.

Como foi dito anteriormente, o projeto dos AF's da Usina 1, que já estão operando desde início de 2007, se enquadra bem dentro dos conceitos apresentados acima.

Para os AF's da Usina 2, que estão em fase de fornecimento ainda, há uma expectativa muito grande para o início de seu funcionamento, muito em função da intensa utilização de tecnologia devido às exigências do projeto.

## Agradecimentos

Os autores do trabalho agradecem a Usina da ArcelorMittal Juiz de Fora em especial ao eng<sup>o</sup> Marcelino Vieira Lopes pela colaboração e informações prestadas.

## REFERÊNCIAS

- 1 Metals Consulting International (MCI). **Steel costs 2008 - pig iron prices - Brazil fob exports - Fe scrap substitutes**. Disponível em: <<http://www.steelonthenet.com>>. Acesso em: 01/06/2009.
- 2 World Steel Dynamics. Global Steelmaking Capacity Outlook. Core Report C – March 2008.