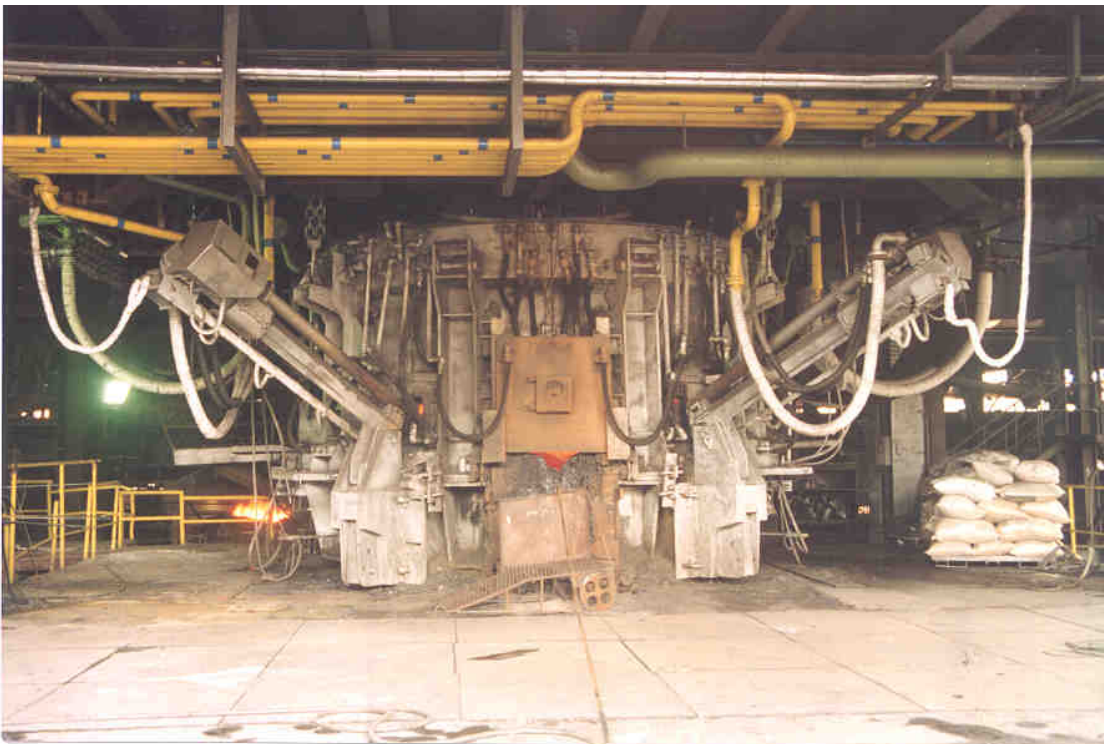


## PERFIL DE EQUIPAMENTO

---



## EOF – ENERGY OPTIMIZING FURNACE

---

**MINITEC** – Minitecnologias Ltda.  
Rua Bananal, 405 - 5º andar - Bairro Santo Antônio  
CEP: 35500-036 – Divinópolis/MG - Brasil  
Fones: +55 (37) 3085-7113 / 3222-7113 - Fax: +55 (37) 3085-7115  
e-mail: [minitec@minitecnologias.com.br](mailto:minitec@minitecnologias.com.br) site: [www.minitecnologias.com.br](http://www.minitecnologias.com.br)

## 1. INTRODUÇÃO

O EOF – “Energy Optimizing Furnace” – é um forno de fusão/refino associado com sucata pré-aquecida para a produção de aço líquido, trabalhando com combinado sopro atmosférico e submerso de oxigênio em uma carga inicial que contém o gusa líquido, sucata pré-aquecida continuamente e fluxos para a formação de escória.

O sopro submerso do oxigênio reage com o carbono do gusa líquido, gerando bolhas de CO que viajam do banho líquido para a atmosfera do forno, onde CO é queimado para CO<sub>2</sub> pelo sopro através dos injetores atmosféricos e lanças supersônicas.

Tal borbulhar do CO gera um agito muito forte que aumenta bastante a área de banho, permitindo a transferência de uma porção apropriada de calor para o banho.

Calor sensível de gás é usado para pré-aquecer a sucata, localizada sobre a abobada do forno.

Abaixo estão algumas importantes características do EOF:

- Sopro de oxigênio combinado (submerso e atmosférico);
- Máxima utilização de calor sensível de todas as reações;
- Sucata pré-aquecida, usando o calor sensível de gases perdidos;
- Produção de aço líquido combinando gusa líquido e sucata em carga;
- Possibilidade de usar alta porcentagem de carga sólida (> 40%);
- Ventaneiras especiais submersas para soprar oxigênio, com longa duração;
- Sistema de despoeiramento úmido;
- Descorificação e formação de segunda escória durante o sopro;
- Aço líquido de alta pureza, com níveis baixíssimos de fósforo e enxofre;
- Muito baixo nível de barulho;
- A mais alta produtividade – até uma média de 42 fornadas por dia.

Combinando as características acima, o EOF apresenta um custo mais baixo que qualquer outro processo, combinado com grande flexibilidade com recomendações para a mistura de carga metálica.

## 2. DESCRIÇÃO – EQUIPAMENTO PRINCIPAL

O EOF propriamente dito é um forno de fusão baseado em sopro de oxigênio – submerso e dentro da atmosfera do forno – a fim de conseguir a fusão, descarbonetação, desfosforação e dessulfuração da carga, com os seguintes componentes:

- Carro soleira (2 unidades) do tipo lançadeira, para permitir a rápida troca de soleira para uma nova campanha. Um carro soleira suporta o EOF em operação e o outro suporta uma segunda soleira em um ou outro lado para manutenção dos refratários. Ambos os carros são equipados com pista de anel de cilindro para bascular o forno para vazamento ou descorificação. O basculamento é desempenhado pelos cilindros hidráulicos.
- Forno EOF com linha de refratário na soleira, abobada e painéis refrigerados à água, e vedação entre o forno e o pré-aquecedor de sucata, bica de gusa líquido, bica de corrida de aço, ventaneiras submersas, injetores atmosféricos e lança supersônica para sopro de oxigênio, queimadores de combustível para aquecimento de nova soleira.
- O pré-aquecedor de sucata colocado imediatamente acima do forno, provido de refrigeração à água com garfos basculáveis que suporta a carga sólida metálica que é aquecida pelo gás do processo. No momento de carregamento, os garfos basculáveis, liberam a sucata reaquecida no fundo do EOF. Também provido com água refrigerada com tubo inclinado colocado debaixo dos garfos, para adições no forno. Outros itens são injetores de ar para pós-combustão subsequente de monóxido de carbono, jatos de água para controlar a temperatura do gás antes da camada de sucata, duto de gás, refrigeração de água na porta corrediça e no sistema de carregamento de sucata, ambos colocados na parte superior do pré-aquecedor.
- Sistema de limpeza de gás, sistema úmido, com tubo de descenso alinhado provido com jatos de água, compartimento vertical de choque térmico com jatos de água, chaminé de emergência para escape de gás em caso de queda de energia, instalação para lavagem de gás tipo venturi, coletor de pó, ventiladores ID com controle abafador e chaminé, colocados do lado de fora do prédio.
- Sistema de ligas e fluxos, com unidades de peso e alimentação para adições no forno durante a fusão e adições na panela durante o vazamento.
- A válvula padrão para sopro de oxigênio submerso/ atmosférico e queimadores oxicomcombustíveis.
- Pacote de energia hidráulica para:
  - (a) Basculamento do Forno;
  - (b) Todos componentes hidráulicos do pré-aquecedor de sucata, painéis e caixa de comando local para manutenção.

- Sala de controle no nível da plataforma de trabalho, para o controle de todas as operações do forno e do pré-aquecedor de sucata.
- Poço de escória em frente da porta de trabalho do forno e debaixo da plataforma de trabalho.
- Ponte rolante para manuseio de painéis de sucata, ligas e fluxos bags/recipientes e serviços de manutenção.
- Ponte rolante para vazamento do gusa líquido para dentro do forno e serviços de manutenção na área de corrida.
- Caçambas de sucata para manipulação e liberação da carga fria no pré-aquecedor de sucata.
- Equipamento de amostra para análises do aço e escória.
- Equipamento de medição da temperatura do aço líquido.
- Equipamento de medição de carbono no aço líquido.

### **3. VANTAGENS DO EOF**

O EOF apresenta algumas vantagens proeminentes:

- Extrema flexibilidade a respeito do mix da carga metálica.
- O não uso de energia elétrica para a fusão.
- Alta produtividade da planta e disponibilidade, comprovado industrialmente.
- Excelentes características metalúrgicas, especialmente a respeito de desfosforação e dessulfuração.
- Baixo conteúdo de resíduos no aço.
- Descarga contínua de escória durante o sopro, vazamento livre de escória.
- O aço vazado pode ser transferido diretamente para o lingotamento contínuo ou ser submetido à metalurgia secundária no forno panela e unidade de tratamento a vácuo.
- Controle de processo fácil, completamente automatizado.

- Economiza energia, devido a:
  - Alta taxa de combustão subsequente (95%).
  - Boa taxa de transferência de calor da pós-combustão para o banho (30%).
  - Sucata pré-aquecida até 850°C.
  - Alta eficiência operacional.
- Características construtivas que são industrialmente comprovadas por mais de 20 anos:
  - Ventaneiras horizontais submersas para injeção de oxigênio;
  - Utilização de painel de refrigeração de água para estrutura de parede e abobada;
  - Injetores de oxigênio e queimadores oxicom bustíveis;
  - Lança supersônica para injeção de oxigênio;
  - Alta eficiência no pré-aquecimento de sucata, também alinhada com elementos refrigerados à água;
  - Soleira trocável, em distribuição de lançadeira.
  - Operação sob mínima pressão negativa.
  - Sem emissão de poeira secundária.
  - Atendimento às regulamentações ambientais, com sistema de limpeza de gás úmido.
  - Baixos níveis de emissão de poeira e barulho.

#### **4. ASPECTOS DE QUALIDADE DO AÇO**

O EOF é apropriado para produzir todas as qualidades de aço. O aço vazado apresenta uma química típica para aço obtido do processo combinado de sopro. Devido à prática contínua de retirada de escória, uma excelente desfosforação (até 0,008 %) e dessulfuração (até 0,025%) são alcançadas.

Trabalhando com alta porcentagem (>60%) de gusa líquido na carga, o EOF tem como produto final um aço com conteúdo muito baixo de elementos residuais, que significa uma grande vantagem quando produzindo aço especial de qualidade como forjaria, especialmente aços limpos, aços para tubos sem costura, etc .

O alto CO a pressão parcial durante todo o período de sopro conduz para um baixíssimo teor de nitrogênio e hidrogênio no aço produzido.

Do mesmo modo para todo tipo de aciaria em caso de alta qualidade e aços especiais, uma metalurgia secundária é requerida, ex. Forno panela, degasificação a vácuo etc.

#### **5. APLICAÇÃO**

O EOF é um processo econômico para produção de todos os tipos de aço. As vantagens são as maiores, de qualquer modo, quando pelo menos 50% do gusa líquido é utilizado – sendo do alto forno, cubilô ou de processo de redução direta tipo Corex, HiSmelt, Tecno red, etc.

Além disso, em caso de baixa disponibilidade de energia elétrica o EOF venha ser a solução. A flexibilidade considerando materiais de carga sólida (sucata, ferro gusa, DRI, HBI) é uma atração adicional.

A aplicação ideal do EOF encontra-se em áreas com déficit de energia elétrica e falta de sucata. Sobre a disponibilidade de gusa líquido, certo volume anual de ferro gusa será produzido, o qual, com a adição de outros metálicos, permitirá uma produção de aço quase o dobro que a disponibilidade de gusa líquido.

Uma Mini Planta de Aciaria de tal conceito, devidamente equipada com forno de panela e lingotamento contínuo, apresenta as seguintes vantagens:

- Não depende em disponibilidade substancial de energia elétrica;
- Não requer disponibilidade de muita sucata; se prontamente disponível, portanto, a sucata pode ser utilizada para quase 50% da carga;
- Elevado rendimento na produtividade;
- Apresenta reduzidos custos de produção – mais baixo que qualquer outro processo;
- Suas características melhoram o conceito ambiental – diminuindo níveis de barulho, reduzindo emissões primária e secundária de poeira;
- Requer o mais baixo custo de capital;
- Garantia da mais elevada limpeza no aço.

## 6. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

Os fornos EOF são projetados para capacidade de 30/40t, 60/80t e 100/120t e tem as seguintes características básicas e dimensões (podem ser trocados sem observação):

- Superfície do cadinho: 6,6 a 22,0 m<sup>2</sup>.
- Diâmetro da carcaça: aproximadamente 5,3 a 7,5 m
- Altura total da plataforma de trabalho para o nível do topo: aproximadamente 17 a 25m
- Número de etapas do aquecedor de sucata: 01 ou 02 etapas
- Ângulo de inclinação para vazamento: até 8°
- Ângulo de inclinação para descorificação: até 8°
- Estrutura da construção do EOF:
  - Largura : 16 a 20m
  - Comprimento: 64 a 70m
  - Altura : 25 a 30m do nível do chão ao topo do trilho da ponte rolante.

## 7. PRÉ-AQUECEDOR DE SUCATA

O pré-aquecedor, uma parte essencial do EOF, é provido de um conjunto de garfos com refrigeração à água sobre as quais a sucata fria é depositada. O gás quente desprendido do EOF passa através da sucata, aquecendo-a até 850°C. Os garfos são inclinados em ordem de deixar cair à sucata dentro do forno, retornando para a posição original deles para uma nova carga.

## 8. DESEMPENHO

Os seguintes dados são características para o funcionamento de um EOF convencional:

• Disponibilidade do forno:		- 340 dias por ano
• Composição da carga:	gusa líquido	- 50% a 90%
	carga sólida	- 50% a 10%
• Tempo de cada corrida:		- 30 a 50 minutos
• Consumo de oxigênio:		- 50 a 70 Nm <sup>3</sup> /t
• Consumo de óleo (aquecimento de nova soleira):		- 0,5 a 1,0 kg/t
• Consumo do Refratário:	revestimento novo	- 1 a 2 kg/t
	cimento refratário	- 3 a 6kg/t
• Corridas por campanha:		- 800 a 1.500
• Troca de soleira (entre campanhas):		- 12 a 24 horas

## 9. CÁLCULOS DO CONSUMO ESPECÍFICO PARA PRODUÇÃO CONVENCIONAL (em t/t de aço líquido)

Gusa líquido (exemplo)	- 778 kg/t	(70%)
Ferro gusa e sucata de aço (exemplo)	- 333 kg/t	(30%)
Produção metálica	- 87% a 89%	
Cal	- 45 kg/t	(dependendo do P no gusa líquido)
O <sub>2</sub>	- 50 a 70 Nm <sub>3</sub> /t	
N <sub>2</sub> / CO <sub>2</sub>	- 3 a 5 Nm <sub>3</sub> /t	
Combustível	- 5 a 10 Mcal/t	
Temperatura de vazamento	- 1700°C	sem forno panela
	- 1650°C	com forno panela

## 10. PRINCIPAIS ÍTENS INCLUÍDOS NO EOF

• O prédio do EOF com ponte rolante, forno propriamente dito e pré-aquecedor de sucata, sistema de limpeza de gás, sistemas de água para SLG e para elementos refrigerados à água, elétrica, controle e instrumentação, espessador.

• Forno propriamente dito

Soleira, carcaça e elementos da abobada refrigerado à água, queimadores, injetores, sistema de vazamento, instrumentação e controle.

- Pré-aquecedor de sucata

Carcaça, garfos, painéis refrigerados à água, abobada móvel, sistema de passagem da panela de sucata.

- Sistema de limpeza de gás

Tubos, câmara de expansão, depuradores venturi, ciclone, válvulas de controle, sopradores ID com controle de abafadores, sistema de medição do fluxo, chaminé, circuito de água para limpeza incluindo bombas, espessador, etc.

- Equipamento de carregamento de sucata

Panela de sucata, carro de transferência, pontes rolante, compartimento de sucata etc.

- Compartimento de sucata, ponte com eletroímã, sistema de pesagem, carro para panela de sucata, panela de sucata, etc.

- Refratários

Soleiras, pré-aquecedor de sucata, calha para gusa líquido e calha de vazamento, painéis, tubulações, etc.

- Sistema de adição de ligas (no prédio do EOF)

Silo, sistema de pesagem e descarga, tubo de carregamento dentro do forno e panela de aço.

- Sistema hidráulico

- Dispositivo de basculamento do forno, passagem da panela de sucata, movimento dos garfos e abobada móvel, etc.

- Sistema de água de refrigeração

Torre de resfriamento, tubulações e acessórios, bombas, tratamento químico, etc.

- Escória, gusa líquido e sistema de manuseio do aço líquido, aço e panela de gusa líquido, caçambas de escória, veículo opcional para transporte de gusa líquido, equipamento para remover escória, carro para panela de aço e escória, etc.

- Sistema de gases e fluídos

O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>, ar, combustível, tubulações, painéis de controle, etc.

- Elétrica, Controle e Instrumentação.

Subestação principal, transformadores, aparelhamento de comando elétrico, MCC's, motores, cabos, PLC, software, subestação, iluminação.



## **11. ESCOPO DE SERVIÇOS**

O escopo de serviços oferecidos pela MINITEC é o seguinte:

- 11.1 Estudos conceituais para EOF - baseado nas “Mini Steel Plants”.
- 11.2 Estudos de viabilidade para EOF baseado à implementação.
- 11.3 Engenharia conceitual para Aciaria e Engenharia Básica e Detalhada completa para EOF e EOF propriamente dito.
- 11.4 Assistência técnica para obtenção, manufatura e montagem.
- 11.5 Assistência para comissionamento e Partida.
- 11.6 Treinamento e Assistência Operacional.

## **12. ANEXOS**

Desenho EOF-0000-01-9-00/01 – Fluxograma do processo;

Desenho EOF-0000-01-0-00/04 – Arranjo geral – corte BB.

**EOF – a solução mais flexível e eficiente para a produção de aço.**

### **O ESCOPO DA MINITEC DE SUPRIMENTO NA ÁREA DE MINI STEEL PLANT E METALURGIA EM GERAL:**

- Estudos Conceituais e viabilidade;
- Engenharia básica e detalhada;
- Coordenação e gerenciamento para implantação;
- Completo suporte técnico;
- Assistência Operacional.



## **OUTROS PERFIS DE EQUIPAMENTOS**

- Plantas de Mini Sinterização com capacidade de 50,000 a 300,000 tpy
- Mini Altos-Fornos de 125, 135, 175, 215, 250 e 350m<sup>3</sup> volume útil;
- Sonda de carga para Mini Alto-Forno;
- Sistema de desumidificação de sopro para Mini Alto-Forno;
- Canhão de lama e perfuratriz.

Para informações mais detalhadas, favor contatar:

**Minitec Minitecnologias Ltda.**

Henrique Carlos **Pfeifer**.

Fone: +55 (037) 3085-7113 / 3222-7113

Fax: +55 (037) 3085-7115

E-mail: [minitec@minitecnologias.com.br](mailto:minitec@minitecnologias.com.br)



