

# RACIONALIZAÇÃO DO USO DE ENERGIA ELÉTRICA COM AUMENTO DE PRODUTIVIDADE E USO DE MATÉRIAS-PRIMAS ALTERNATIVAS EM FORNOS A ARCO E INDUÇÃO<sup>1</sup>

*José Moutinho Moreira da Silva<sup>2</sup>*

## **Resumo**

O objetivo deste trabalho é reduzir o KWH/ton nos fornos a arco tipo Herout e fornos à indução de frequência de rede e média frequência com aumento de produtividade e uso de matérias-primas alternativas que agreguem valor com redução de custo. Com relação à redução do KWH/ton produzida as mudanças se processam principalmente sobre a forma de operar os fornos. Já no caso das matérias-primas, o trabalho se concentra na substituição parcial ou total de materiais de uso consagrado por materiais gerados na indústria que possam agregar valor. Com isso concluímos: redução de até 15% do KWH e ganhos de até 10% em produtividade. No caso da matéria-prima as reduções de custo podem atingir 40%.

**Palavras-chaves:** kWh/ton; Produtividade; Matérias-primas.

## **STREMLINING ELECTRICAL POWER, INCREASING PRODUCTIVITY, AND USING ALTERNATIVE RAW MATERIALS ON INDUCTION AND ARC FURNACES**

### **Abstract**

Reduce the KWH/ton in Arc Furnace Herout type and Middle Frequency Induction Furnace increasing the productivity and applying alternative raw materials that adds value and save costs. About the KWH/ton reductions, was hit changing the furnace operation process. About the Raw materials the work focus in replace a share or totally the already standard raw material for materials generated in the industries that can adds value. Reduction in 15% and earn until 10% more in Productivity. About the raw material the cost reduction can reach 40%.

**Key-words:** KWH/ton; Productivity; Raw materials.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil*

<sup>2</sup> *JMMS ASSESSORIA.*

## 1 INTRODUÇÃO

A provável redução na intensidade de oferta de energia, com conseqüente aumento no preço da mesma, é uma preocupação constante no meio industrial e entendemos que a racionalização e a otimização do uso é a forma de amenizar tal situação, como também o aumento do uso de matérias-primas “alternativas”, sendo do que trata este nosso trabalho já implantado em algumas fundições com bons resultados.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A Metodologia Empregada consiste em:

- Descrição dos sistemas de fusão com as características inerentes e comparação de produtividade e capacidade de fusão com sistemas das fundições A, B e C padrões e proposta de trabalho;
- Determinação da capacidade de fusão concluída por comparação;
- Coleta de dados no local com comentários sobre o sistema de fusão da empresa analisada;
- Plano de Ação.

### **2.1 Descrição do Sistema de Fusão com as Características Inerentes e Comparação de Produtividade e Capacidade de Fusão com Sistemas das Fundições A, B e C Padrões e Proposta de Trabalho**

- Descrição propriamente dita do Sistema de Fusão (potencia de cada unidade, sistema de comando, informatização etc.);
- Comparação de produtividade e capacidade de fusão prática real em relação a fundições A, B e C padrões tabelados formulando comentários gerais do Sistema tais como:
  - Origem do metal recebido
  - Detalhamento da carga
  - Operações efetuadas
  - Para onde transferem metal?
  - Forma de trabalhar com os cadinhos de uma mesma fonte
  - Existe programação pré-determinada por forno?
  - Consumo de KWH/forno, e outros indicadores
  - O que fazem com a sobra de metal do painelão e anexos?
  - Os fornos de média freqüência derretem e recebem metal líquido
  - Os fornos de freqüência de Rede trabalham como Holding?
  - Operam os cadinhos de média freqüência de uma mesma fonte simultaneamente?
  - Qual a seqüência de derretimento?
  - Quais as características do derretimento
  - Qual a forma de usar a potencia do forno durante o derretimento?
  - Sempre preparam um cadinho inteiro para um único metal?
  - Como atuam os fornos holding
  - Constituição de abóbda
  - Kg de eletrodo por tonelada vazada
  - Ocorrência de quebra de eletrodo
  - Paredes refrigeradas ou não (no caso qual o tipo de refratário)

- Quantidade de escória gerada
  - Custo das matérias-primas e energia por tonelada vazada
  - Durabilidade da sola
  - Tonelada de refratário por ton vazada
  - Etc.
- Proposta de Trabalho para o Sistema de Fusão:
    - Determinação do pé de banho ideal;
    - Determinação da menor temperatura para recebimento de metal;
    - Determinação da forma ideal de carregamento da parte sólida;
    - Melhor forma de derreter, acertos e vazamento;
    - Propor trabalhar por transformador de forma a direcionar toda a energia ou parcial dependendo da fonte para o cadinho que estiver preparando a carga (carregamentos, derretimento, amostragem, correção, preparação para vazamento) e melhor condição de energia para o cadinho ao lado que já deve estar carregado;
    - Propor a melhor forma de aplicação do princípio que fornos fusores devem ser programados e operados para ligar, aquecer, derreter e vazar sem tempos de paradas e logo recarregar;
    - Melhor uso da reunião de programação diária, programação dia + 01, programação + 02 dias para a fusão priorizando racionalização e aumento de produtividade;
    - Fazer a programação diária e do dia + 01 o mais completa possível, envolvendo todas as áreas, sendo necessário entrar em detalhes como por exemplo, a necessidade de ser por forno isto é, com o momento de ligar, metal a preparar (ou metal a ser transferido para sistema 02) e hora de início de vazamento sendo que cada corrida deve ter as suas características registradas em boletim apropriado onde deve constar entre outras coisas todos os motivos das paradas para discutir em reunião do dia seguinte antes da primeira hora do dia com os responsáveis e evitando que se repita as mesmas informações;
    - Cada carregamento de carga sólida deve ser precedido de cálculo de carga para que possa atingir a meta do metal programado;
    - Nunca em hipótese alguma os carregamentos podem ser aleatórios por conta do carregador;
    - Toda adição de carga sólida e o metal líquido deve vir analisado para ao ser carregado já serem adicionadas as devidas correções tabeladas ou via pequenos cálculos efetuados pelo comandante do sistema.
    - A programação dos fornos deve se basear nos múltiplos do setor gergalo;
    - Um mesmo forno sempre deve iniciar a fusão tendo a evolução racional dos vários tipos de metais;
    - A programação deve prever também a passagem e quantias de metal líquido para outros setores;
    - As cargas devem ser otimizadas além do critério qualidade e custo também entre outros da densidade;
    - A manutenção do calor no forno deve ser prioridade

- A programação deve ser de tal forma que toda a capacidade do panelão vazador seja vazada em moldes não sendo permitido o lingotamento;
- Ter como princípio a eliminação de todo e qualquer reservatório de sobra de ferro;
- Com a programação o sistema, automaticamente vai passar a receber metal líquido com horário programado;
- Como princípio optar por derreter matéria-prima projetando menor ponto de fusão;
- Sempre que houver necessidade e havendo a possibilidade dividir um mesmo cadinho para mais de um tipo de metal;
- Com relação à densidade e menor ponto de fusão das cargas a exceção fica para a forração no fundo dos cadinhos;
- Estudar a racionalização e redução dos tipos de ferro;
- Otimizar potência e relação de *taps* para cada momento da carga;
- Minimizar custo das matérias-primas (usar o máximo possível de matérias-primas alternativas) e energia por tonelada vazada;
- Minimizar consumo de abóboda;
- Minimizar Kg de eletrodo por tonelada vazada;
- Minimizar ocorrência de quebra de eletrodo;
- Otimizar vida de paredes e soleiras;
- Maximizar o uso de matérias-primas que agreguem valor e de menor custo.

## 2.2 Determinação da Capacidade de fusão concluída por comparação

- Fora de Ponta (-----demanda contratada)  
Considerando perda de x min/vazamento – % de eficiência e adição de ferro líquido de outras fontes.
- Horário de Ponta ( -----demanda contratada)  
Considerando perda de y min/vazamento –% de eficiência e adição de ferro líquido de outras fontes.
- Capacidade de Fusão total = Fora de Ponta + Horário de Ponta = wton/dia.

**Observação:** É capacidade teórica e por comparação e em condições de trabalho ideal. Deverá ser certificada.

## 2.3 Coleta de Dados no Local com Comentários sobre o Sistema de Fusão da Empresa Analisada

### Exemplo 01

- 8:30 cadinho com carga pronta e forno cheio, vaza dois panelões de 2.800 Kg e carrega 1.800 Kg de carga sólida;
- 8:50 -1.500°C, forno espera para ser carregado;
- 9:10 carrega 1.800 Kg de carga sólida e fica com porta aberta aguardando outra carga e aguardando aquecer;
- 9:23 carrega 1.800 Kg de carga sólida;
- 9:33 Forno bem quente sem carregar o restante, tira amostra, deixam o forno com a porta aberta, adiciona correção, adicionam até oito sacos de grafite(25kg cada), não fazem calculo das várias cargas adicionadas mesmo tendo as análises das mesmas;

- 9:35 carrega 3.000 Kg de carga líquida e ainda falta dois palmos para completar, aproximadamente 2.000 Kg, a panela do Cubilot é de 5.000, não se meche na carga;
- 9:56 1.470°C;
- 9:56 às 10:32 forno espera para vaziar e vazou quatro panelões de 2.800 Kg, logo 11.200 Kg e fica com pé de banho de 1.800 Kg;
- Nesse intervalo de vazamento olhando-se os outros cadinhos se observa falta de ritmo na área de fusão. Em um dos cadinhos a porta está aberta aguardando o bloco de aço descer e em outro não se limpa a escória antes de carregar o forno já cheio;
- 10:37 carrega 1.800 Kg de carga sólida, forno aberto aguardando;
- 10:43 Fechou o forno e ligou. Como conceito: nunca deixar forno aberto esperando, e evitar trabalhar com forno vazio;
- 10:45 carrega 3.500 Kg de bloco;
- 11:03 carrega 5.000 Kg de carga líquida, Metal todo derretido e mexendo bem “pedindo mais carga sólida” que não foi feito;
- 11:27 carrega 3.000 Kg de carga líquida logo ficou com 11.600 Kg, faltando dois palmos para encher e com 1.351°C, não se limpa a escória e não se completa o forno;
- 11:35 tira amostra;
- 11:44 vazou 1.000 Kg para levantar a temperatura do panelão do Cubilot;
- 11:45 1.498°C joga liga e se mantém a porta aberta;
- 11:52 vazou 2.600 Kg para moldagem manual, metal está bem quente, poderia se completar o forno. Não se completa;
- 12:00 vazou 1.500 para outro panelão cinzento;
- 12:13 forno desligado aguardando;
- 12:26 vazou 2.650 para nodular manual e carrega 1800 de carga sólida, foi rápido, mudou o carregador, forno faltando em torno de 1/3 para encher, o operador aguarda o ferro do Cubilot, agora forno com 7.500 e a linha para às 13hs;
- 12:42 forno com 1.331°C.

Vemos que partindo de cadinho cheio e carga pronta em um intervalo de 4h carregou 14.300 Kg de carga sólida, carregou 11.000 Kg de carga líquida do Cubilot, e vazou 24.550 Kg e forno com 7.500 Kg, logo faltando para completar o cadinho 5.500 Kg.

Carregou 56,5% de carga Sólida e 43,5% de Líquida e vazou  $24550 - 5500 = 19050$  em 4 horas logo  $4,762 \text{ ton/h}$ , porém, derreteu  $4,762 \times 0,565 = 2,69 \text{ ton/h}$  com capacidade para derreter  $5,0 \times 0,69 = 3,45 \text{ ton/h}$ .

### **Exemplo 02**

- 15:41 cheio 1.525°C *esperando*
- 15:54 1.570°C *esperando*
- 16:01 1.528°C *esperando*
- 16:06 vazou 1.500Kg
- 16:18 vazou 1.500Kg e forno vazio logo ficou parado aguardando 25 min
- 16:20 início do carregamento
- 16:50 forno parado e *direcionou energia para o outro cadinho*
- 17:29 forno novamente ligado

- 17:48 forno cheio com 1.479°C
- 18:00 vazou 1500 com 1.530°C
- 18:11 vazou 1.500Kg, forno vazio.

Preparou e vazou 3.000 Kg em 1h e 51min logo 1,62ton/h com capacidade para derreter 2,1ton/h /transformador.

## 2.4 Plano de Ação

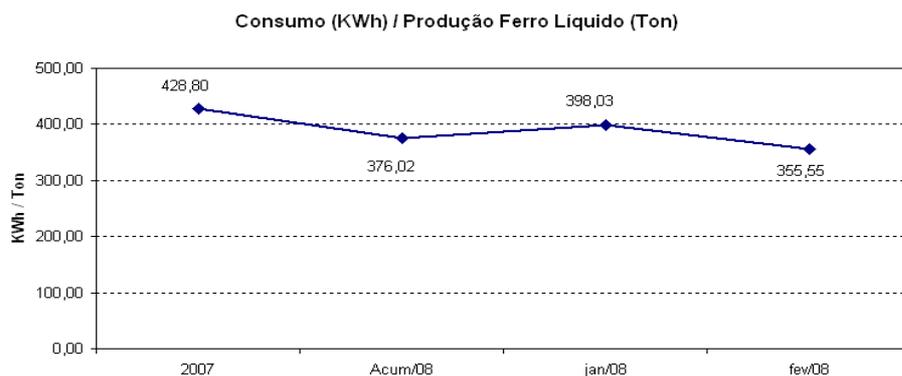
- Criar indicadores de gestão relacionados com as características dos fornos de indução de frequência de rede e média por cadinho e fornos a arco;
  1. Campanha do refratário;
  2. kwh/ton e kwh total;
  3. Tempo por corrida do início ao final do vazamento;
  4. Ton/hora.
  5. Motivos das paradas
  6. Etc.
- Verificar em todos os fornos a relação entre potência gerada e potência que chega a unidade de fusão.
- Reunião antes da primeira hora para comentários a respeito dos indicadores do dia anterior e parado que devem vir resumido em documento preparado pela programação, juntamente com os boletins, reprogramações se necessário, definições de novas metas e correções dos problemas baseado na “proposta de trabalho” para o sistema de fusão e coleta de dados no local com comentários sobre o sistema de Fusão da empresa analisada.
- Acompanhamento da produção pelos assessores trabalhando junto com a fábrica.
- Passagem de filosofia de trabalho comentada sem colocar em risco a programação da fábrica.
- Racionalização das classes de metais nodulares e cinzentos e no que for possível a prática de metalurgia de panela.
- Treinamento dos colaboradores para incorporação de proposta para substituição parcial de matérias-primas habituais como gusa, sucata de aço pacote ou solta, elementos de liga e carburante por matérias-primas alternativas à estas que agreguem mais valor tais como: sucata de gusa, sucata de aço com elementos químicos que substituam parcialmente adições de elementos de liga como: Ferro Silício, Ferro Manganês, Cobre, Estanho e Alternativas de carburantes.

## 3 RESULTADOS

Após a aplicação do plano de ação seguem resultados gráficos quanto a redução do KWH/ton em conjunto de fornos à indução de frequência de rede e média frequência que trabalham em paralelo à forno Cubilot e aumento de produção sem aumento de recursos humanos, logo, com aumento de produtividade (Tabela 1, Figuras 1, 2 e 3). As ações sobre o uso de matérias-primas alternativas que agregam valor com redução de custo seguem no Quadro 1 em relação à redução das matérias-primas padrões inclusive com redução de custo das matérias-primas alternativas uma vez comparadas às Habituais.

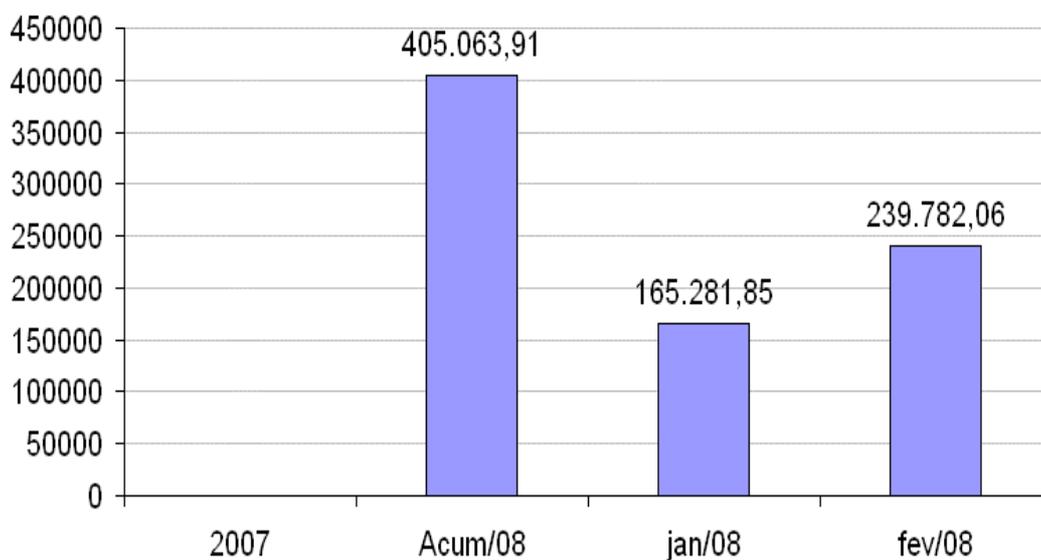
**Tabela 1.** Período, Consumo KWh, Custo, KWh/Ton, Economia no Período, R\$/Ton, KWh/R\$ e Média Mensal Ferro Líquido.

Referência	Consumo (KWh)	Custo Energia(R\$) dos Fornos	KWh/Ton	Economia*	R\$/Ton	KWh/R\$	Média Mensal Ferro Líquido( t)**
2007	4.518,72	1.327.326,23	428,80		125,9562	3,40	10538
Acum/08	4.198,24	1.203.768,79	376,02	405.063,91	107,8163	3,49	11165
Jan/08	4.282,06	1.189.754,73	398,03	165.281,85	110,5926	3,60	10758
Fev/08	4.114,41	1.217.782,86	355,55	239.782,06	105,2353	3,38	11572



**Figura 1.** Consumo (KWh) / Produção Ferro Líquido (ton)

**Estimativa de Economia (R\$) em relação ao Consumo dos Fornos (Cubillot + Elétricos)**



**Figura 2.** Estimativa de Economia ( R\$ ) em relação ao consumo dos forno

## Cinco princípios básicos usados para redução do kwh/ton dos fornos

1 – Uso máximo da potência do forno.

(Melhor rendimento possível da potência gerada x potência recebida pela bobina, e trabalhar com o forno sempre cheio)

2 – Manutenção do calor.

(Tampa sempre fechada)

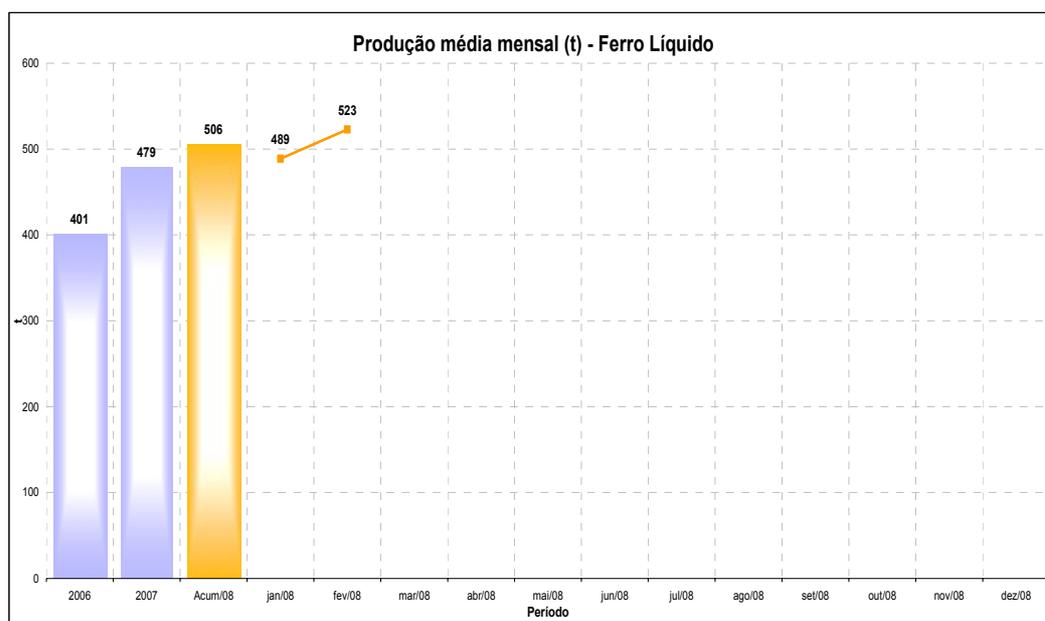
3 – Manter a carga do forno o menor tempo possível dentro do mesmo.

(Carregar, derreter e vaziar, no menor espaço de tempo possível)

4 – Ferro derretido deve ser vazado no molde.

(Tabela de pesos/obra)

5 – Cargas com maior densidade possível.



**Figura 3.** Produção média mensal (ton) Ferro Líquido

**Quadro 1.** Resultado do uso de matérias-primas alternativas com redução em Kg/ Ton de carga ao forno das matérias-primas padrões.

Gusa	FeSi75%	FeMn75%	Cobre
143 para 10,6 Kg	8,65 para 4,05 Kg	3,74 para 2,62 Kg	4,85 para 3,69 Kg
Estanho	Carburante Habitual	-----	-----
0,5 para 0,28 Kg	Substituição total	-----	-----

## 5 CONCLUSÃO

A Metodologia empregada em empresas do ramo de fundição mostrou resultados em relação à redução do KWH/ton produzida, produtividade e uso de matérias-primas alternativas de acordo com os objetivos do trabalho, isto é, redução de até 15% no KWH, ganho de até 10% em produtividade e reduções de custo de até 40% no uso das matérias-primas Habituais.