

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS GEOMÉTRICOS NA PRODUTIVIDADE DE UM FORNO ELÉTRICO À ARCO PARA PRODUÇÃO DE FESIMN^{*}

Iago Fernandes de Abreu
Anderson Silveira Lopes
Johne Jesus Mol Peixoto
Paulo Santos Assis⁷

Resumo

As ligas de manganês são produzidas através da redução de minérios de manganês em fornos elétricos de redução. O forno elétrico de redução é um equipamento que utiliza a eletricidade como fonte de energia para aquecer e fundir a carga e o agente redutor. Neste tipo de forno, a energia elétrica é fornecida por eletrodos inseridos no forno. Além da influência da geometria do forno em seu desempenho, diversos parâmetros de controle são importantes para garantir bons índices de produção. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o aumento da produtividade de um forno-elétrico para produção de ligas de manganês após reforma e redefinição de alguns parâmetros do forno, alterando seu dimensionamento, a fim de obter uma maior produtividade. O resultado deste projeto apresenta uma melhoria da produtividade em 33%, demonstrando a importância dos parâmetros geométricos do forno em sua performance.

Palavras-chave: Ferro-silício-manganês; Ferro-ligas; Eletrometalurgia.

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF GEOMETRIC PARAMETERS ON THE PRODUCTIVITY OF AN ELECTRIC ARC OVEN FOR THE PRODUCTION OF FESIMN

Abstract

Manganese alloys are produced by reducing manganese ores in electric reduction furnaces. The electric reduction furnace is a device that uses electricity as an energy source to heat and melt the load and the reducing agent. In this type of furnace, electrical energy is supplied by electrodes inserted into the furnace. In addition to the influence of furnace geometry on its performance, several control parameters are important to ensure good production rates. The present work aimed to evaluate the increase in productivity of an electric furnace to produce manganese alloys after reforming and redefinition of some furnace parameters, changing its dimensioning, in order to obtain a greater productivity. The result of this project shows a productivity improvement of 33%, demonstrating the importance of the oven's geometric parameters in its performance.

Keywords: Ferro-manganese; Ferro-alloys; Electrometallurgy.

¹ Mestrando em Engenharia de Materiais, Engenheiro metalurgista, Analista Comercial, Granha Ligas, São João Del Rei, Minas Gerais, Brasil.

² Engenheiro metalurgista, Gerente de Processos, Granha Ligas, São João Del Rei, Minas Gerais, Brasil.

³ Engenheiro Metalurgista, Doutor, Professor, Departamento de Engenharia Metalúrgica – UFOP, Ouro Preto, MG, Brasil. Formação/graduação, titulação, cargo/função, setor/departamento, Instituição de trabalho e/ou estudo, cidade, estado e país.

⁴ Engenheiro Metalurgista, Doutor, Professor, Departamento de Engenharia Metalúrgica – UFOP, Ouro Preto, MG, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O FeSiMn é uma ferro-liga que contém ferro, silício e manganês como seus principais componentes. É amplamente utilizado na indústria siderúrgica como um aditivo de liga para melhorar as propriedades do aço. No processo de fabricação, a carga de minérios e outros materiais é alimentada no forno. O forno é aquecido e fundido por meio de calor gerado por corrente elétrica em fornos elétricos de redução. Durante a reação de redução, o manganês é reduzido pelo carvão e se combina com o ferro e o silício presentes na carga, formando o FeSiMn.

Um forno elétrico de redução é um equipamento que utiliza eletricidade como fonte de energia para aquecer e fundir carga de minérios e agentes redutores. Nesse tipo de forno, a energia elétrica é fornecida por eletrodos que são inseridos no forno. A corrente elétrica passa pelos eletrodos e cria um arco elétrico, que gera calor intenso. Esse calor é utilizado para aquecer e fundir a carga de minérios e outros materiais.

Segundo Cardoso [1], os principais parâmetros de projeto em um forno elétrico a arco imergido são:

- Diâmetro dos eletrodos.
- Parâmetros elétricos.
- Espaçamento entre eletrodos.
- Diâmetro do forno.
- Revestimento refratário do forno.
- Capacidade do forno.

Já Gasik [2], considera a resistência e a corrente necessária do eletrodo como variáveis importantes no dimensionamento do forno.

O FeSiMn da Granha Ligas de Conselheiro Lafaiete, Minas Gerais, é produzido em forno elétrico à arco submerso. Em 2022, a fim de se aumentar a produtividade do forno 1, foi realizada uma reforma setembro e novembro de 2022 para redimensioná-lo, redefinindo seus parâmetros de projeto, tais como diâmetro e espaçamento entre eletrodos, diâmetro do forno e densidade de potência.

Para o presente trabalho, foram alterados parâmetros geométricos do forno, tais como espaçamento entre eletrodos e área do cadinho, além de outras variáveis. Posteriormente, foi analisado o ganho de produtividade pós-reforma e redefinição dos parâmetros, alcançando uma elevação de quase 33% na produção por tonelada/hora, demonstrando a importância da relação geométrica do forno e sua produtividade.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais e Métodos

Para a reforma do forno 1 da unidade de Conselheiro Lafaiete/MG, foram considerados os aspectos funcionais do equipamento. Trata-se de um forno elétrico para redução e produção de FeSiMn com faixa de Si entre 12-16%. O forno possui 3 eletrodos de pasta soderberg, com potência útil anterior a reforma de 5000KW. Na figura 1 temos um esquema simplificado do forno.

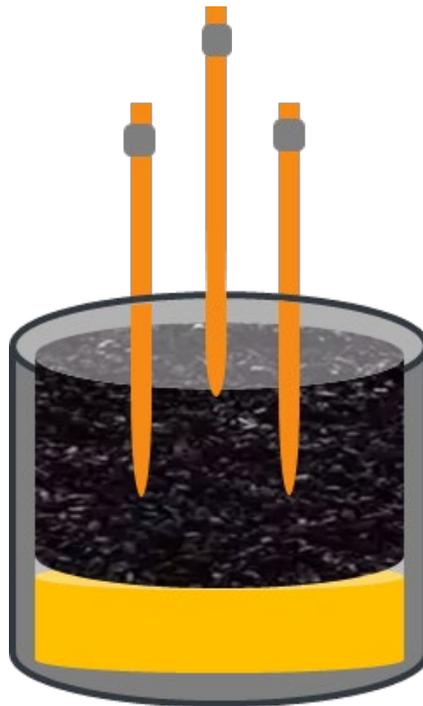


Figura 1. Configuração do forno 1.

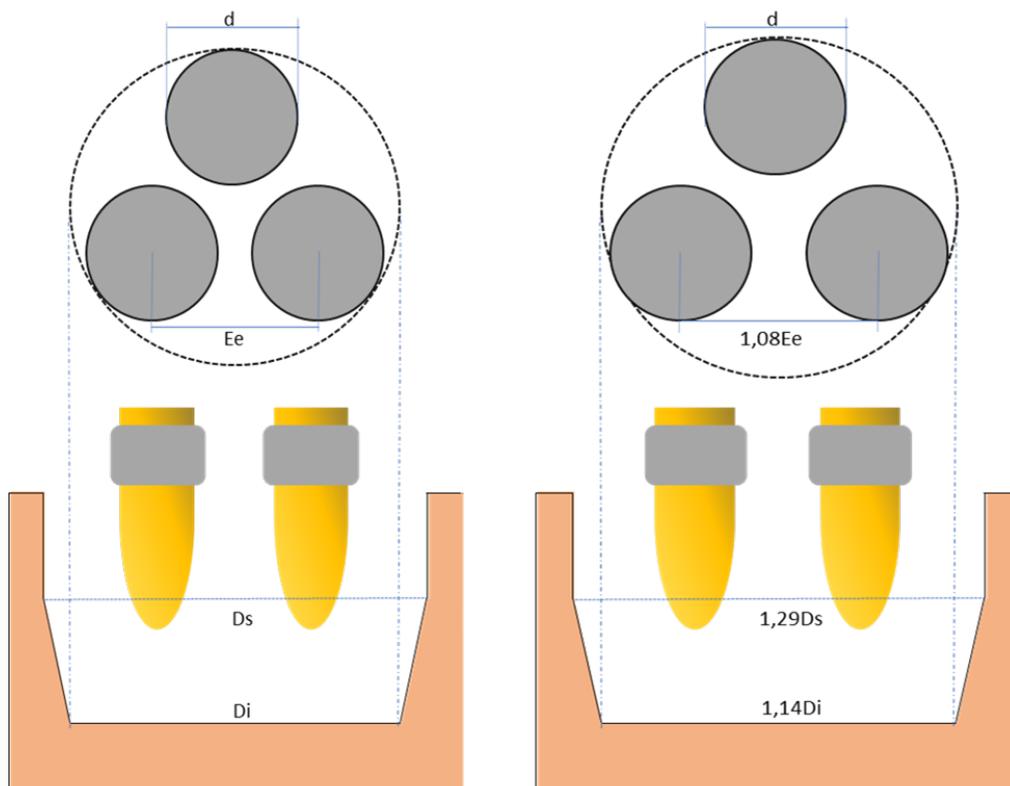
A reforma objetivou melhorar os parâmetros geométricos, aumentando o diâmetro do forno, desta forma, permitindo aumentar o distanciamento dos eletrodos. Para tal reforma, foi considerado os parâmetros funcionais do equipamento, conforme descrição da tabela 1:

Tabela 1. Características do forno 1

| Parâmetros | Antes | Depois |
|--|-------|---------|
| Potência Útil (kW) | 5000 | 7000 |
| Diâmetro dos eletrodos (mm) | De | De |
| Espaçamento entre os eletrodos (mm) | Ee | 1,08Ee |
| Diâmetro superior do cadinho (mm) | Ds | 1,29Ds |
| Diâmetro inferior do cadinho (mm) | Di | 1,14Di |
| Altura do cadinho (mm) | Hc | 0,96Hc |
| Área do cadinho (m ²) | Ac | 1,32Ac |
| Área círculo primitivo (m ²) | Acp | 1,16Acp |
| Densidade de potência círculo (kW/m ²) | Dp | 1,20Dp |
| Densidade de potência cadinho (kW/m ²) | Dc | 1,07Dc |

Comparativo em % dos parâmetros geométricos antes e após a reforma.

Conforme demonstra a tabela 1, a potência útil do forno foi elevada em 40%, passando de 5000kW para 7000kW. Além disso, a reforma possibilitou aumentar o espaçamento entre os eletrodos em 150mm. A seguir, na figura 2, temos uma comparação entre a geometria do forno antes e após a reforma.

**Figura 2.** Comparação entre parâmetros anteriores e pós-reforma.

Nota-se que as grandezas geométricas do forno foram alteradas, porém, os diâmetros dos eletrodos foram mantidos conforme especificação anterior à reforma.

Para a análise da produtividade, comparamos a média de produção anterior e pós-reforma, conforme equação 1:

$$\text{Ganho produtividade} = (P_p - P_a) / P_a * 100 \quad (1)$$

Sendo P_p a produtividade média pós-reforma e P_a a produtividade média anterior a reforma.

2.1 Resultados e discussão

Após redefinição dos parâmetros geométricos, obteve-se um ganho na produtividade média de 32,54%, conforme demonstra a figura 3.

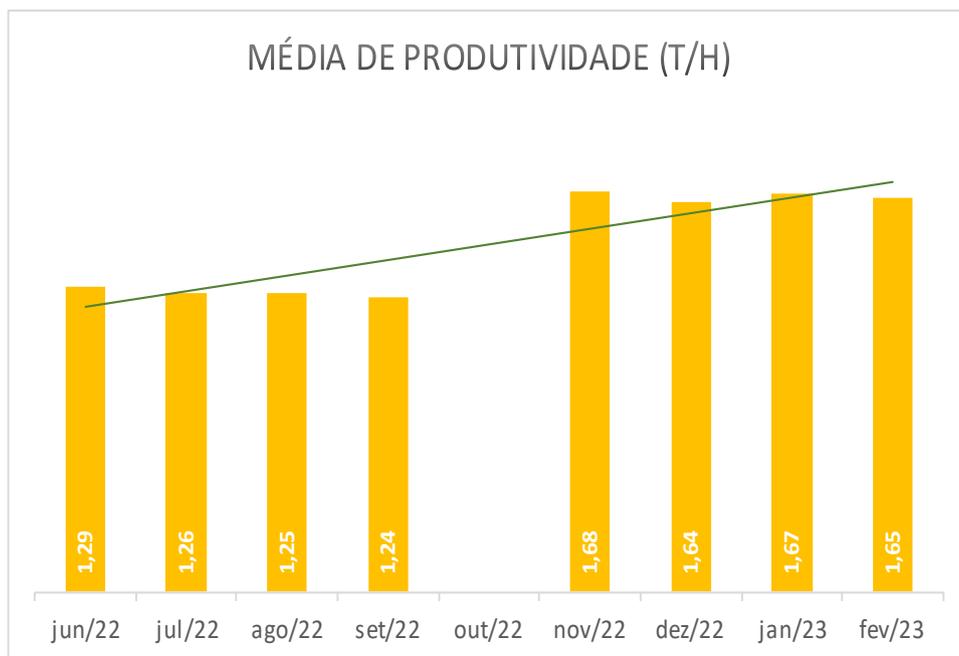


Figura 3. Produtividade Média do forno 1.

A produtividade média subiu de 1,26 ton/hora para 1,67 ton/hora, representando um ganho considerável na produção.

É possível observar que com a alteração dos parâmetros como espaçamento entre eletrodos e diâmetro do forno, mantendo-se o diâmetro dos eletrodos fixo, há um ganho considerável na produtividade, conforme sugere Cardoso [1].

Ainda, o consumo de energia específico se manteve após a reforma, demonstrando que a produtividade aumentou sem afetar o consumo de energia. A seguir, na figura 4, apresentamos a comparação de consumo específico.

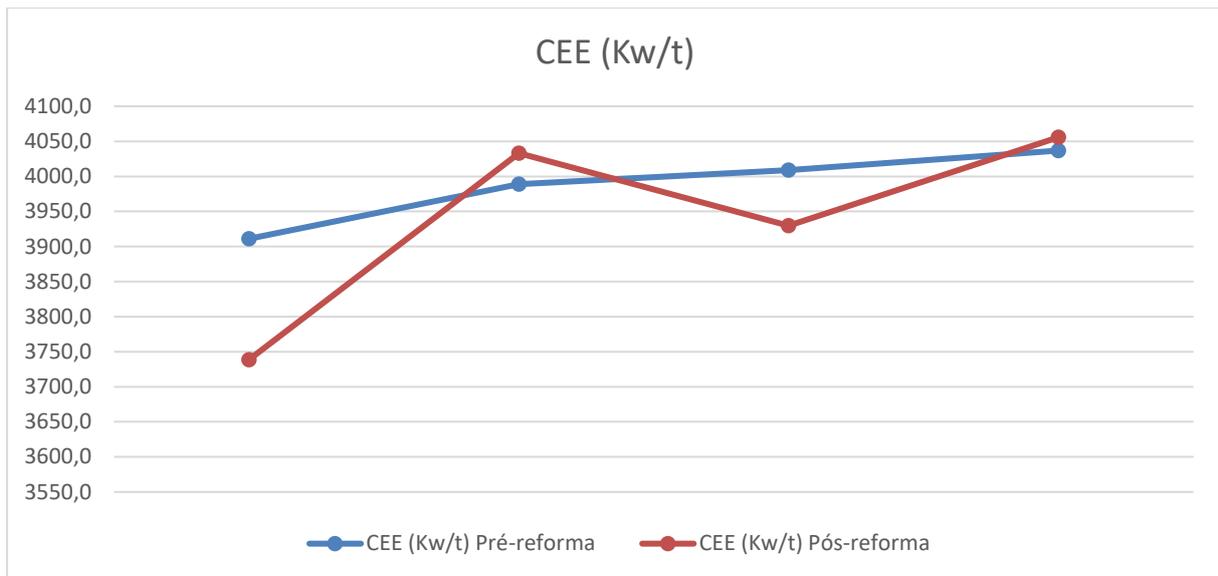


Figura 4. Consumo específico do forno antes e após a reforma.

O consumo específico médio passou de 3986,4kW/ton para 3939,3kW/ton, mantendo-se estável após a reforma. Isto demonstra o ganho da produtividade sem afetar o consumo específico do forno.

Portanto, fica evidente a influência dos parâmetros geométricos na produtividade do forno, sem afetar seu consumo específico.

3 CONCLUSÃO

Através deste trabalho é possível concluir:

- A redefinição dos parâmetros geométricos do forno garantiu um ganho considerável na produtividade, demonstrando sua relevância para garantir a rentabilidade do processo.
- A relação entre espaçamento dos eletrodos e diâmetro de reação é um dos parâmetros mais influentes na rentabilidade do forno.

Agradecimentos

Os autores agradecem à REDEMAT – UFOP/UEMG, Escola de Minas da UFOP e à Granha Ligas S.A pelo trabalho em cooperação e pela estrutura para a pesquisa.

REFERÊNCIAS

- 1 CARDOSO, J. J. Eletrotermia – Fornos Elétricos a Arco. Ouro Preto/MG. Imprensa Universitária da Universidade Federal de Ouro Preto; 1987.
- 2 GASIK M., DASHEVSKII V., BIZHANOV A. Ferroalloys – Theory and Practice. Cham – Suíça. Springer Nature Switzerland AG; 2020. |