

# ESTABILIZAÇÃO DA PERFORMANCE DO PELOTAMENTO COM IMPACTO NA REDUÇÃO DE CONSUMO ENERGÉTICO\*

Leonardo Semedo de Mattos Siqueira<sup>1</sup>  
Renata Ferreira Muller<sup>2</sup>  
Viviane Leal<sup>3</sup>

## Resumo

Um dos fatores fundamentais para desempenho adequado da matriz energética em um forno de pelotização está diretamente vinculado à permeabilidade do leito de pelotas. Desta forma, a boa performance dos discos de pelotamento é fundamental, pois são neles em que as pelotas adquirem seu formato padrão e a resistência necessária para continuidade do processo e transporte até o cliente. O objetivo deste artigo é estabelecer parâmetros mínimos de controle de desempenho do processo de Pelotamento, iniciando pela configuração ótima dos equipamentos onde as pelotas de minério de ferro são formadas. Além de impactar na qualidade, estes parâmetros impactam diretamente na performance do forno (consumo de energia de ventiladores e consumo de gás). Devido à influência direta na permeabilidade do leito de pelotas.

**Palavras-chave:** Disco de pelotamento; Permeabilidade; Matriz Energética.

## STABILIZATION OF PELLETING PLANT PERFORMANCE WITH AN IMPACT ON ENERGY CONSUMPTION REDUCTION

### Abstract

One of the fundamental factors for the adequate performance of the energetic matrix in a pelletizing furnace is directly related to the permeability of the bed of pellets. In this way, the good performance of the pellet discs is fundamental as they are where the pellets acquire their standard format and the necessary resistance for the continuity of the process and transport to the customer. The objective of this article is to establish minimum parameters of performance control of the Pellet process, starting with the optimal configuration of the equipment where the iron ore pellets are formed.

In addition to impacting on quality, these parameters directly impact the furnace performance (energy consumption of fans and gas consumption). Due to the direct influence on the permeability of the bed of pellets

**Keywords:** Balling disc; Permeability; Energy matrix.

<sup>1</sup> Engenheiro Metalurgista e de Materiais, Especialização em Pelotização, Engenheiro de Operação,  
Diretoria de Pelotização, Vale S/A, Vitória-ES Brasil

- <sup>2</sup> *Bacharel em Economia e Tecnólogo em Gestão da Produção Industrial, Técnico de Controle de Processo, Diretoria de Pelotização, Vale S/A, Vitória-ES Brasil*
- <sup>3</sup> *Engenheiro Químico, MBA em Sistemas de Gestão, Analista de Melhoria Contínua, Diretoria de Melhoria Contínua e Excelência Operacional, Vale S/A, Vitória-ES Brasil*

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos fatores fundamentais para o desempenho adequado da matriz energética em um forno de pelotização está diretamente vinculado à permeabilidade do leito de pelotas.

O objetivo deste trabalho é a redução do consumo da matriz energética através do estudo de permeabilidade do leito de pelotas onde o processo mais importante para formação e classificação destas está na etapa de Pelotamento. Somente através da padronização de parâmetros e do bom desempenho dos discos de pelotamento bem como do sistema de classificação, torna-se possível a adequação das pelotas a serem entregues ao leito do forno de pelotização.

Entende-se como bom desempenho de um disco de pelotamento a avaliação do atendimento à produção, dispersão granulométrica (desvio padrão da amostra), atendimento ao tamanho médio das pelotas no tamanho ótimo (Gudenau et al. 1984) e a resistência mecânica destas (Meyer, 1980).

Além de impactar na qualidade, estes parâmetros impactam diretamente na performance do forno (consumo de energia de ventiladores e consumo de gás).

### 1.1 – O processo de fabricação de pelotas

Para adequação da qualidade da pelota de minério de ferro é necessário, além do atendimento aos parâmetros de qualidade de todos os processos, a estabilidade operacional. O fluxo básico de processo de pelotização está descrito na figura abaixo:

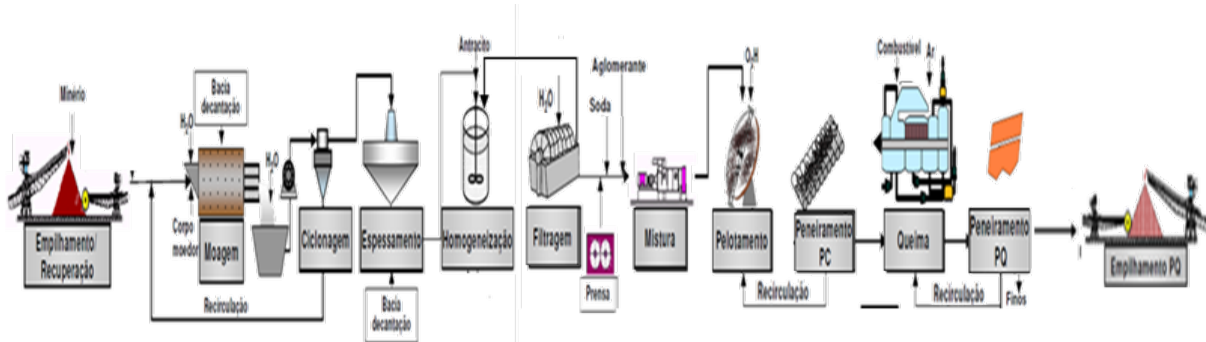


Figura 1. Fluxo do processo de pelotização

As variáveis críticas de processo para composição da qualidade da pelota são: superfície específica [ $\text{cm}^2/\text{g}$ ], granulometria -325# [%], Umidade [%H<sub>2</sub>O], Carbono Fixo [%], Dosagem de aglomerante [ $\text{kg}/\text{t}$ ], Dosagem de fundentes [ $\text{kg}/\text{t}$ ].

Uma das etapas mais críticas do fluxo de pelotização é o Pelotamento, pois é nesta fase em que a pelota adquire seu formato padrão e a resistência mecânica necessária para continuidade do processo e transporte até o cliente.

### 1.2 – A fase de Pelotamento

É o processo de formação de aglomerados esféricos (pelotas – Fig.2) a partir do rolamento de um pó fino e umedecido numa superfície em movimento de revolução e objetiva a produção de pelotas numa faixa de tamanhos apropriada e com resistência mecânica suficiente para suportar as etapas de transferência e transporte entre os equipamentos de formação desses aglomerados e o de tratamento térmico.



**Figura 2.** Pelotas de minério de ferro

Estas pelotas são formadas no disco de pelotamento, cujas características mecânicas e operacionais interferem diretamente na entrega destas na especificação adequada para atendimento à qualidade e performance energética das etapas subsequentes.

Entende-se como performance de um disco de pelotamento a avaliação do atendimento a produção, dispersão granulométrica (desvio padrão da amostra), atendimento ao tamanho médio das pelotas no tamanho ideal e a resistência mecânica das pelotas.

Na figura 3 é apresentado o disco de pelotamento e, na figura 4, o mecanismo de formação das pelotas no interior deste.



**Figura 3.** Disco de Pelotamento

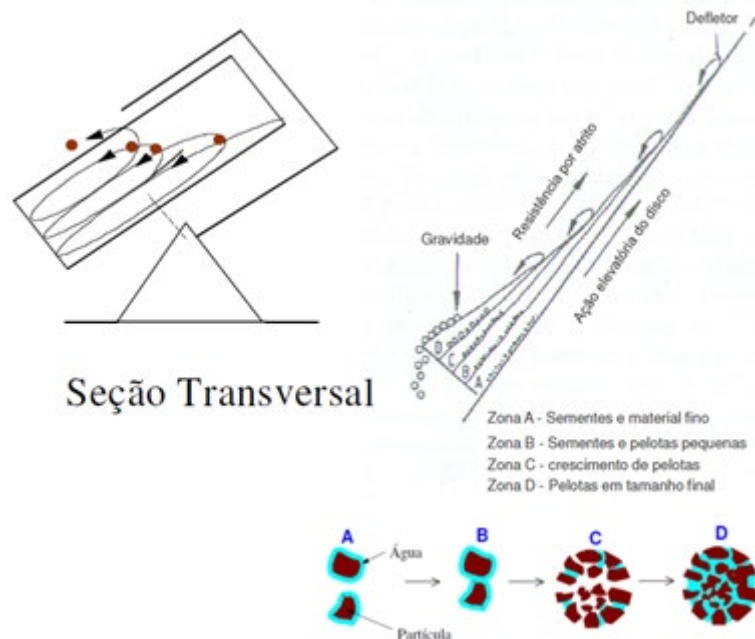


Figura 4. Mecanismo de formação das pelotas

Após a formação das pelotas, estas passam por um sistema de classificação através de mesas de rolos, com aberturas específicas para atendimento da melhor faixa granulométrica.



Figura 5. Classificação das pelotas através de peneira de rolos

### 1.3 – Parametrização do disco de pelotamento

As variáveis que influenciam no desempenho do disco de pelotamento são divididas em parâmetros de set up e parâmetros de controle automático.

### 1.3.1 – Parâmetros de set up

Os parâmetros de set up de máquina são variáveis que somente se alteram com ciclos específicos de parada do disco para manutenção preventiva.

São eles:

#### Camada de fundo

Camada de minério existente no fundo do disco, cuja função é garantir estabilidade durante a trajetória do minério até a formação da pelota. A sua uniformidade é que garante que as pelotas tenham boa formação. A altura da camada de fundo determinará a altura útil do disco, influenciando diretamente na região total para formação das pelotas (tempo de residência).

#### Raspadores

Os raspadores têm por função nivelar a camada de fundo do disco e definir a trajetória do minério alimentado até a formação da pelota, influenciando diretamente no tempo de residência no interior do disco.

#### Inclinação do disco

Assim como a altura da camada de fundo, influencia diretamente no tempo de residência das pelotas no interior do disco. Em algumas plantas de pelletização este parâmetro pode ser controlado automaticamente.

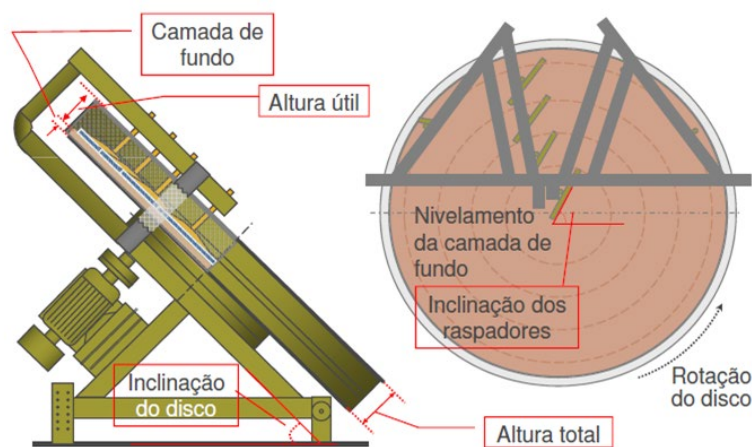


Figura 6. Parâmetros de Set Up

### 1.3.1 – Parâmetros de controle automático

#### Rotação

A velocidade periférica do disco de pelletamento interfere diretamente no levantamento da carga de minério alimentada, interferindo, desta forma, no tempo de residência para formação da pelota. Haverá um maior tempo de residência e o estreitamento da distribuição granulométrica das pelotas.

#### Taxa de alimentação

Igualmente à rotação, a taxa de alimentação influenciará diretamente no tempo de residência. Sendo esta variável definida normalmente pela produção programada de pelotas queimadas ou pela capacidade nominal da planta.

## 1.4 – Variáveis de entrada e variáveis de saída

### 1.4.1 Variáveis de entrada

#### Umidade

Essa variável tem influência direta nos parâmetros de controle automático, variando eles de acordo com a porcentagem de água no minério de alimentação do disco. A umidade é determinante para as forças de ligação entre as partículas, não podendo esta ser diferente ao especificado pelos parâmetros de processo.

#### Aglomerante

Responsável junto com a umidade de propiciar a ligação das partículas de minério de ferro que formam as pelotas, são também eles que conferem a resistência mecânica necessária para o transporte das pelotas.

#### Tamanho das partículas: Superfície específica e Granulometria

O tamanho dos grãos interfere diretamente no grau de compactação das pelotas, sendo que junto com o percentual de entrada de umidade e aglomerante influenciarão na resistência das pelotas.

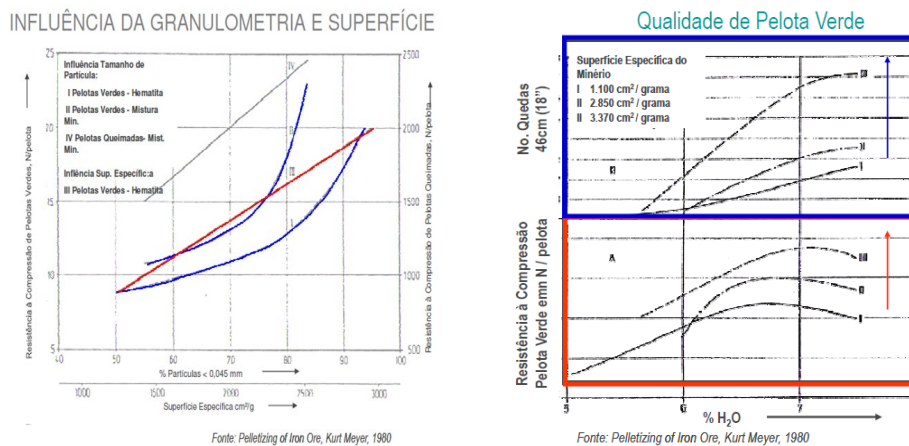


Figura 7. Influência de Superfície e umidade na qualidade física das pelotas

### 1.4.1 Variáveis de saída

#### Tamanho Médio

Corresponde a média dos tamanhos de uma amostra de pelotas, esta variável é de extrema importância para controle de qualidade das pelotas, consumo da matriz energética e diagnóstico de desempenho dos discos de pelotamento, bem como das etapas de processos anteriores. Contudo, esta variável não pode ser analisada isoladamente, sendo necessária a análise da distribuição granulométrica.

#### Distribuição Granulométrica

Corresponde as faixas amostrais dos tamanhos de pelotas, podendo variar desde <5mm até >18mm, dependendo do processo.

#### Dispersão Granulométrica

É o desvio padrão da amostra de pelotas. Esse desvio, quanto menor, melhor será para a permeabilidade do forno e conseqüentemente para a qualidade.

GRANULOMETRIA DE PELOTAS X PERMEABILIDADE DO FORNO:

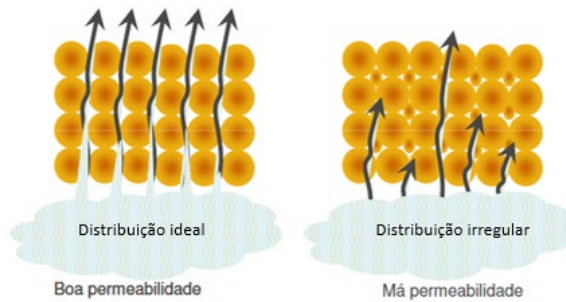


Figura 8. Influência da dispersão granulométrica na permeabilidade do forno

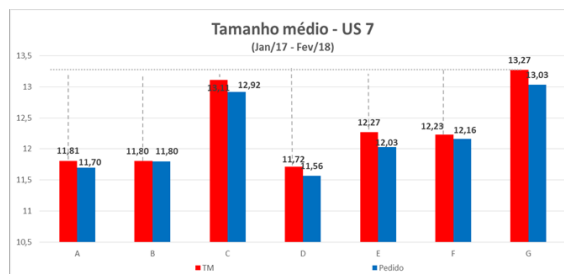
## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Durante o período de observação das variáveis de saída dos discos de pelotamento: tamanho médio, distribuição granulométrica e dispersão granulométrica, verificou-se uma grande variação em cada um desses indicadores.

### 2.1 Medição das variáveis de saída

#### Tamanho Médio

Esse indicador sofria grande flutuação nas entregas de cada um dos sete discos de pelotamento, foi verificada entregas variando de 10.5 mm até 14 mm, o que descrito acima tem influência direta nos custos do processo e na qualidade das pelotas. Essa flutuação era devido a uma despadronização de pedidos de tamanho médio de cada disco.



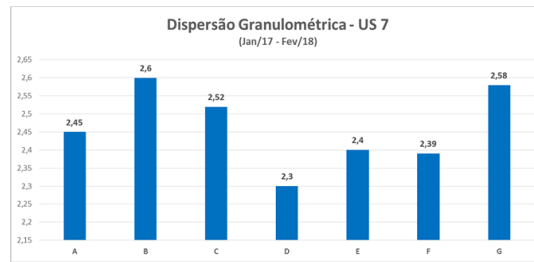
Dispersão do tamanho médio entre os discos é **1,18mm**.

Figura 9. Histórico de entregas de tamanho médio por disco de pelotamento

#### Dispersão Granulométrica

Ao verificar esse indicador foi constatado uma grande variação na resposta de cada disco. Cada um demonstrando um desempenho distinto.





Dispersão granulométrica (desvio padrão da amostra) dos discos é **2,46mm**.

Figura 10. Histórico de dispersão granulométrica por disco de pelotamento

## 2.2 Determinação do ponto ótimo de operação

### 2.2.1 Controle de granulometria da pelota verde

O controle de produto final dos discos é realizado de forma automática variando-se somente os parâmetros Rotação e Taxa de alimentação (vide item 1.3.1). Como entrada para tomada de decisão, é realizada medição instantânea de granulometria da pelota verde através de sistema de medição por imagem.

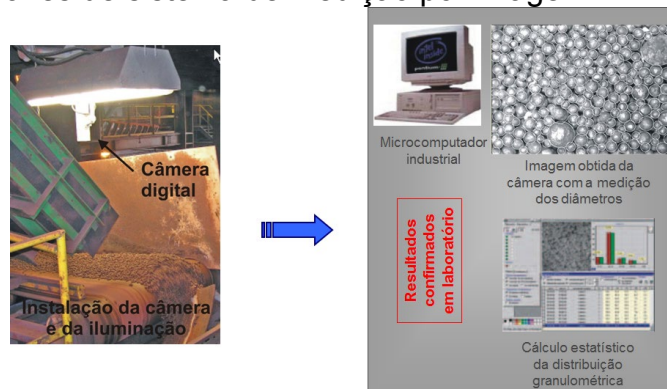
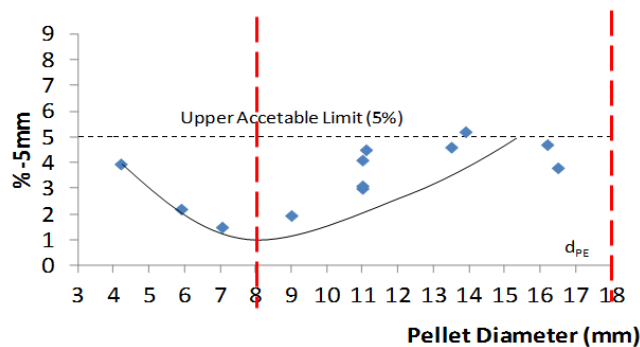


Figura 11. Sistema de medição de granulometria da pelota verde

### 2.2.2 Padronização de tamanho médio

A variação do pedido de tamanho médio impacta diretamente na permeabilidade do leito de pelotas devido à influência gerada pela dispersão granulométrica.

Além disso, faz-se necessária a determinação de um tamanho ótimo de pelotas de a ser entregue por todos os discos de forma a facilitar a cinética do forno de pelotização facilitando, desta forma, o fluxo de gases promovendo melhor secagem e queima destas.



Fonte: GUDENAU, H. W.; KORTMANN, H.; PAPACEK, H. G. Influence of diameter of iron ore pellets on their production and quality properties. AURBEREITUNGS-TECHNIK, n.1, 1984.

Figura 12. Gráfico relação tamanho médio x abrasão

De acordo com análises de correlação conforme figura 13, bem como a teoria de tamanho médio ótimo (Gudenau et al. 1984), foi constatado que a melhor performance da matriz energética e resultados de qualidade ocorre com tamanho médio em torno de 12mm. Sendo assim, adotou-se de forma experimental, a parametrização de pedido de tamanho médio em 11,8mm para todos os discos.

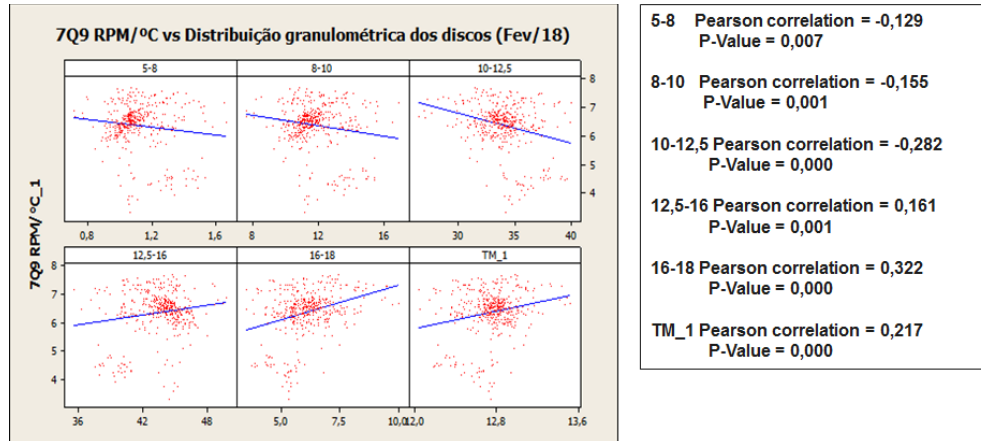


Figura 13. Correlação entre T.M. e Consumo da Matriz Energética

Como não o desempenho da matriz energética também depende de outros fatores tais como umidade na polpa retida, percentual de carbono fixo, entre outros, também foi gerado modelo de efeito estatístico de algumas variáveis, onde o Tamanho médio e percentual de pelotas na faixa entre 10 a 12,5 mm, mostraram influência significativa para o consumo total de ventiladores (vide figura 14).

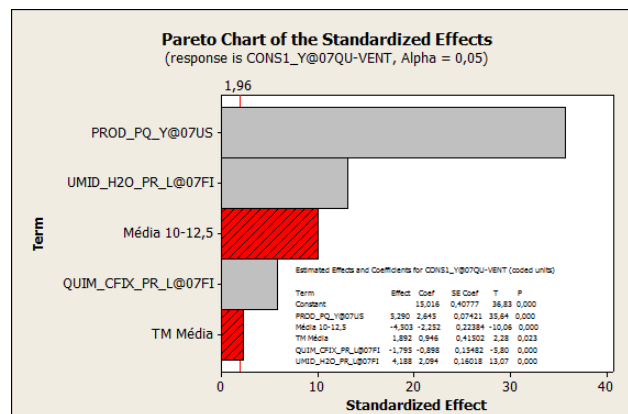


Figura 14. Correlação entre T.M. e Consumo da Matriz Energética

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após mudança nos resultados de tamanho médio, a partir da padronização dos pedidos por disco em 11,8mm, foi verificada uma melhor performance da matriz energética, indicando melhor permeabilidade e cinética do forno de pelotização. Vide, na figura 14, a padronização de pedidos x resposta dos TMs dos discos com redução do tamanho médio e, conseqüente redução no consumo dos principais ventiladores, por faixa de produção de pelotas.

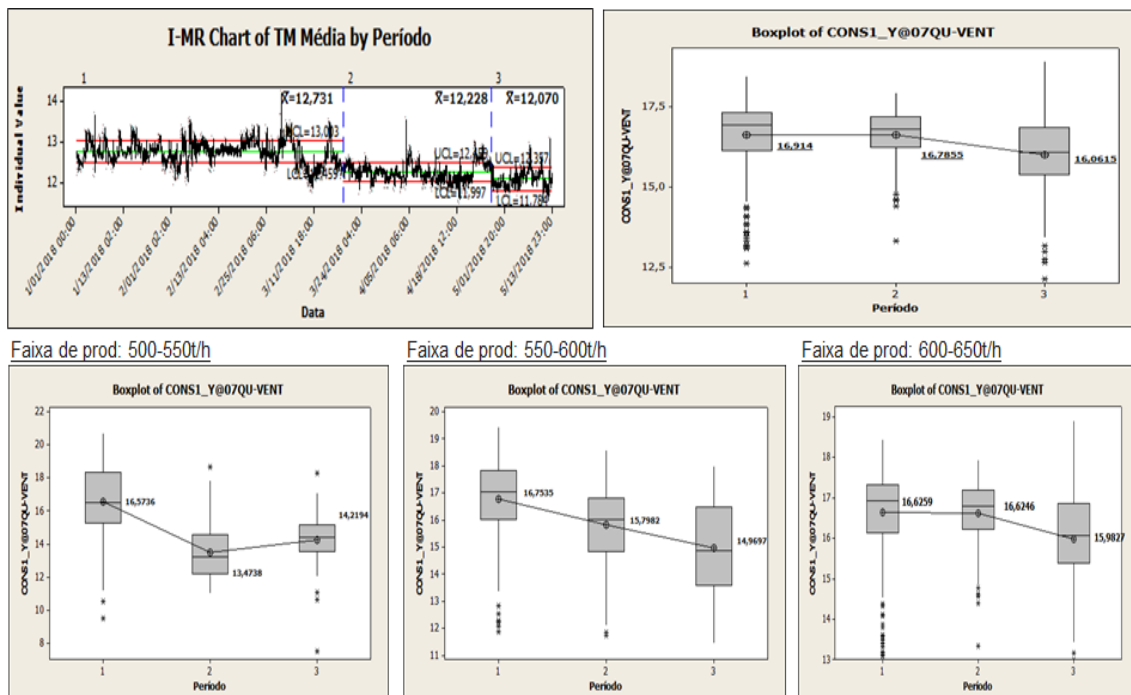


Figura 15. Correlação entre T.M. e permeabilidade do forno

Um dos benefícios que a redução do tamanho médio, bem como padronização dos discos gerou, foi menor temperatura na descarga da grelha, indicando melhor trocar térmica entre o leito de pelotas e os ventiladores. Vide, na figura 16, a redução de temperatura da descarga após padronização do tamanho médio:

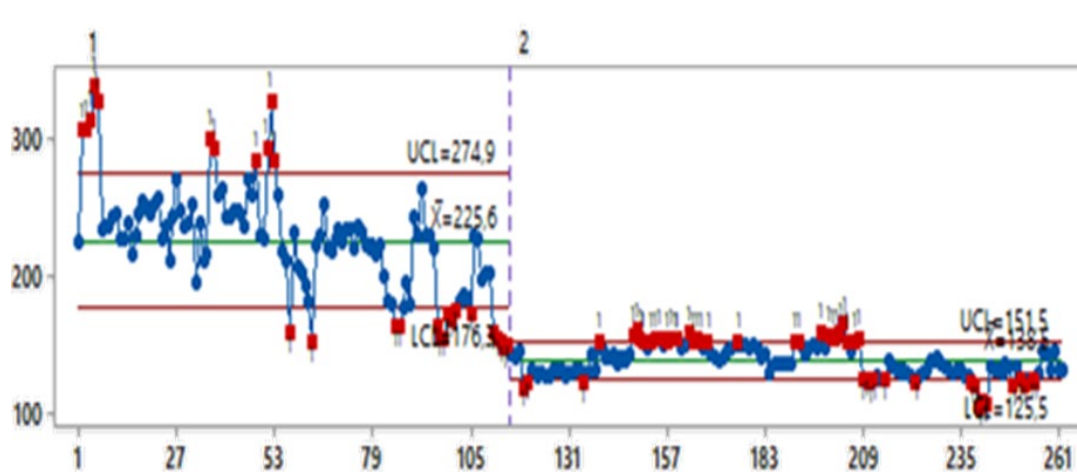


Figura 16. Queda temperatura de descarga da grelha após o período de padronização do tamanho médio.

## REFERÊNCIAS

- 1 MEYER, K. Pelletizing of Iron Ores; Springer. Verlag Berlin. Heidelberg, and VerlagStahleissenmbH, Düsseldorf, Germany, 1980.
- 2 MATOS, A.P., Influência da temperatura, pressão, produção e granulometria no processo de secagem das pelotas cruas, Ouro Preto: REDEMAT-UFOP, 2007, 115p (Dissertação, Mestrado em Engenharia de Materiais).
- 3 H. W. Gudenau, H. Walden, H. Kortmann, H. G. Papacek – Influence of the diameter of iron ore pellets on their production and quality properties – 1984.