

Investigação sobre o uso do Controle Estatístico de Processos: o caso de uma siderúrgica

Bráulio Moreira Pinto Coelho (UFOP) brauliorabbit@yahoo.com.br

Ricardo Coser Mergulhão (UFSCAR) mergulhao@dep.ufscar.br

Rodrigo Eduardo Mendes (UFOP) rodrigoemendes@gmail.com

William Bossas Paulino (UFOP) willbossas@yahoo.com.br

Resumo

O presente artigo apresenta uma investigação empírica sobre o uso do Controle Estatístico de Processos (CEP) em uma siderúrgica. O método utilizado para o trabalho é o do estudo de caso. O estudo de caso realizado apontou para alguns aspectos sobre o uso do CEP que, quando levados em consideração, podem auxiliar no uso efetivo do controle estatístico de processos. Entre eles estão a criação de comitês que direcionem o uso do CEP; a existência de indicadores de desempenho que relacionem os resultados às suas causas; a existência de normas ou programas que auxiliem no uso do CEP; e a existência de uma estrutura de tecnologia de informação que facilite a coleta e a análise dos dados. Palavras chave: Controle Estatístico de Processos, Processos Contínuos, Melhoria da Qualidade.

1. Introdução

Impulsionado principalmente pelo grande crescimento econômico da China, o setor siderúrgico aparece hoje com destaque no mercado internacional. A disparada da demanda liderada pela China, responsável pelo consumo de mais de um quarto da produção mundial, tirou esse setor da estagnação no fim de 2003. Em meio a esse cenário, a indústria siderúrgica brasileira tem buscado níveis recordes de produção e exportação de aço. Para isto, as companhias brasileiras contam com elevados investimentos para expandir suas plantas e melhorar seus sistemas de gestão, aumentando sua capacidade de produção e a melhorando a qualidade seus produtos. (VALOR ECONÔMICO, 2007)

Nesse cenário, uma forma de aumentar a capacidade produtiva e a qualidade dos produtos é a melhoria de processos. Esse tipo de melhoria pode ser alcançado de forma efetiva mediante a utilização de métodos estatísticos e ferramentas da qualidade. Tais métodos e ferramentas permitem que os dados gerados pelo processo possam ser interpretados, analisados e as conclusões tiradas (RAMOS, 2000).

Existem diversas abordagens para se alcançar a melhoria de processos. O Controle Estatístico de Processos (CEP) é uma delas e procura reduzir a variabilidade dos processos, propiciando melhores resultados como o aumento da qualidade e a redução de custos de produção (CARVALHO et al., 2005).

Diversos fatores permeiam a implantação e utilização do CEP. Segundo Ramos (2000), o tipo de empresa e de processo produtivo são exemplos desses fatores. Nesse sentido, o objetivo do presente artigo é o de investigar, por meio de um estudo de caso, a aplicação do

CEP em uma empresa de processos contínuos do setor siderúrgico.

2. Revisão Bibliográfica

A qualidade de um produto pode ser vista por dimensões diferentes. A proposta de Garvin (1992) sugere oito dimensões para a qualidade do produto: desempenho, confiabilidade, durabilidade, assistência técnica, características, estética, qualidade percebida e conformidade com as especificações.

Outro aspecto sobre a qualidade que pode ser estendido a todas as dimensões apresentadas por Garvin (1992) é que ela, segundo Montgomery (2001), é inversamente proporcional à variabilidade. Ramos (2000) destaca que em todo processo existe certa variação decorrente de inúmeros fatores e que para essas variações não acarretarem prejuízos futuros é necessário um controle ou fiscalização sobre as mesmas. Considerando-se que um processo possui entradas as quais são transformadas em saídas, Ramos (2000) ressalta que para se agir de forma a controlar essas variações é necessário que as entradas (inputs) e não apenas as saídas (outputs) do processo sejam controladas. Isso quer dizer que é preciso agir sobre os fatores de produção e não sobre os produtos acabados.

O processo de análise dessas entradas (inputs) e saídas (outputs) necessita de dados. Esses, segundo CAMPOS (1992), podem assumir a forma de itens de controle e itens de verificação. Os itens de controle são dados mensuráveis da qualidade do produto, relacionados com a saída de uma etapa ou de todo o processo. Já os itens de verificação são as causas que afetam um determinado item de controle. Para se definir os itens de controle de um processo a técnica de QFD (Quality Function Deployment) é útil, pois estabelece relações entre necessidades de clientes e os requisitos de projeto, identificando as características que mais contribuem para os atributos de qualidade (CARVALHO et al., 2005).

O Controle Estatístico de Processos (CEP) é uma abordagem muito utilizada na melhoria dos processos. Segundo Montgomery (2001), ele promove, entre outros benefícios, aumento da produtividade; prevenção de defeitos; e ajuste desnecessário de um processo.

Um processo está submetido a variações, que são oriundas de dois tipos de causas: as comuns e as especiais. As causas comuns (aleatórias) são aquelas que pertencem naturalmente ao processo e afetam todos os seus fatores. Elas possuem origens e valores individuais que diferem entre si, mas se combinadas formam certo padrão, seguindo uma distribuição de probabilidade. Não podem ser removidas sem que haja uma profunda mudança no processo. Já as causas especiais (atribuíveis) possuem um comportamento totalmente imprevisível, com resultados discrepantes se comparadas às causas comuns e para que sua remoção seja feita não é preciso uma mudança radical do processo (RAMOS, 2000).

Com isso, o CEP consiste no controle das causas comuns de variação e na eliminação das causas especiais de variação de forma a manter o processo dentro de limites de variação considerados aceitáveis. Esse controle é feito por meio dos gráficos de controle.

Um gráfico de controle comum apresenta uma linha central (LC), que corresponde ao valor médio da característica da qualidade que está sendo avaliada; limite superior de controle (LSC) e limite inferior de controle (LIC). Para que um processo seja considerado sob controle estatístico é necessário que os pontos representativos das amostras estejam dentro dos limites e distribuídos de forma aleatória, com isso, caso algum ponto esteja fora dos limites ou o

conjunto desses pontos não se comporte de forma aleatória em relação à linha central, o processo é considerado fora de controle estatístico e a causa que gerou tal perturbação precisa ser encontrada e eliminá-la. De forma simplificada, os limites de controle, superior e inferior, são múltiplos do desvio-padrão, que geralmente é 3 (MONTGOMERY, 2001). A Figura 1 ilustra um exemplo de gráfico de controle.

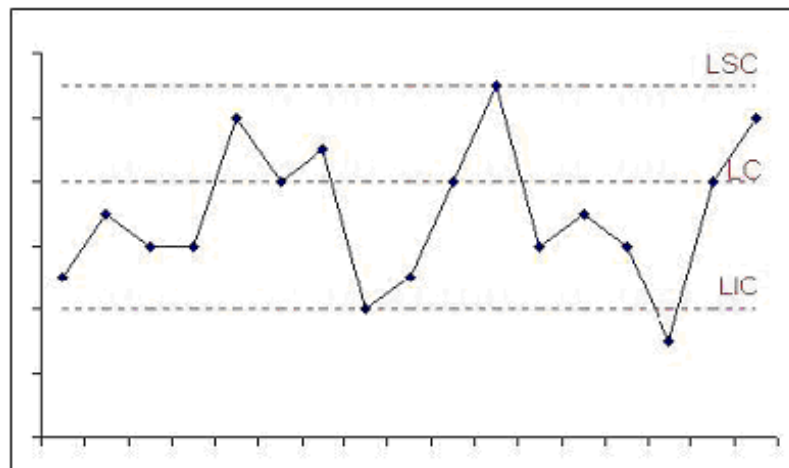


Figura 1 – Exemplo de gráfico de controle

Os gráficos de controle podem ser categorizados de acordo com a característica da qualidade que está sendo avaliada: variáveis ou atributos. Segundo Ramos (2000), os gráficos de controle para atributos mais comumente utilizados são:

- Gráfico p: usado para avaliar a fração defeituosa ou fração de não-conformidades de um processo, tendo como base uma distribuição binomial;
- Gráfico np: quando se tem um número de defeitos ou não-conformidades em um processo;
- Gráfico c: número de defeitos ou não-conformidades em uma amostra de tamanho constante; e
- Gráfico u: número de defeitos ou não-conformidades em uma amostra.

Ainda, segundo Ramos (2000), os gráficos de controle para variáveis comumente utilizados possuem mais informação do que os gráficos para atributos, embora sejam mais demorados para uma análise detalhada. Entre eles, destacam-se:

- Gráfico x-barra (média aritmética): utilizado para controlar a média de uma certa característica da qualidade, de modo que para cada amostra é calculada uma média aritmética;
- Gráfico s (desvio-padrão): para se calcular o desvio-padrão dentro da amostra;
- Gráfico R (amplitude): quando se quer controlar a amplitude dos valores da amostra; e
- Gráfico x (indivíduos): usado quando os dados são obtidos durante um longo intervalo de tempo sendo necessários controlar os valores individuais da variável de interesse.

Ramos (2000) destaca que esses gráficos, que são considerados gráficos de controle convencionais, costumam gerar alguns problemas. Entre eles cita-se que a maioria desses gráficos emprega amostras com base em médias para o controle de processo, diferentemente do tamanho das amostras utilizadas em empresas de processo contínuo que costumam utilizar apenas um tipo de amostra para análise. Outro fator que limita o uso desses gráficos de controle é o uso de fluxos múltiplos de materiais, tornando necessário o uso de vários gráficos de controle. Ainda segundo Ramos, um gráfico que pode ser utilizado para que esses problemas sejam minimizados é uma mistura do gráfico x-barra e R com \bar{x} e R_m , em que R_m representa a amplitude móvel.

Destaca-se que paralelamente ao uso dos gráficos de controle pode ser feita uma análise da capacidade do processo, que diz respeito à sua uniformidade. Vale atentar para as especificações sobre característica da qualidade, as quais são determinadas externamente ao processo por exigências técnicas (projetistas, engenheiros etc.) ou dos clientes. Não existe qualquer relação estatística entre limites de especificação e limites de controle. (MONTGOMERY, 2001)

De acordo com Montgomery (2001) algumas ferramentas da qualidade podem ser usadas em conjunto com o Controle Estatístico de Processos para que as causas especiais sejam eliminadas. Entre elas destacam-se: histograma; folha de verificação; diagrama de Pareto; diagrama de causa-e-efeito; diagrama de dispersão; e fluxograma.

Enfim, convém destacar que a melhoria contínua, base que sustenta a melhoria de processos, é bem mais ampla que apenas a aplicação de métodos e ferramentas. Por isso, ela precisa ser vista como um processo que depende de uma filosofia gerencial, que oriente e planeje as ações a serem tomadas para executar as mudanças necessárias. Desta maneira, um gerente não precisa ser um especialista em métodos estatísticos, mas precisa entender sua finalidade e incentivar seu uso (RAMOS, 2000).

3. Pesquisa de campo

A empresa investigada é uma siderúrgica que atua no mercado de aços longos, também conhecido como fio máquina, tendo seus principais clientes inseridos nos mercados nacional e internacional. A empresa está instalada na região do Vale do Aço em Minas Gerais, sendo certificada pelas normas ISO 9000, ISO 14000 e OSHAS 18001. O método de pesquisa escolhido foi o do estudo de caso porque ele é mais adequado quando o objetivo é investigar um fenômeno contemporâneo que está sob a perspectiva dos indivíduos e o contexto das empresas (YIN, 1994). A forma de coleta de dados foi por meio de entrevistas semiestruturadas, observações e análise de documentos os quais são instrumentos de pesquisas mais adequados para a coleta de informações de caráter qualitativo que estão na perspectiva dos indivíduos e no contexto das empresas (YIN, 1994).

A empresa realiza a produção completa do aço, desde a extração do minério, passando pela sinterização, produção de ferro gusa em alto-forno, fazendo o refino do aço e sua laminação. Produz aço de baixo e alto teor de carbono para diversas aplicações, destacando-se o insumo para a lâ de aço e o steel cord, este usado para reforço de pneus radiais. Cada quantidade de aço produzida é denominada como corrida de aço, ou somente corrida. Na Figura 2 está representado o processo de produção do aço. Destaca-se que o escopo da pesquisa abordará apenas os setores de Aciaria e a Laminação.

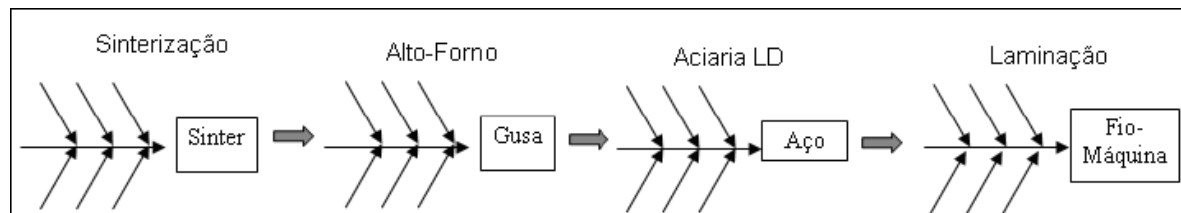


Figura 2 – Processo de Produção de Aço

A Aciaria é composta por três processos principais: o Convertedor (CV), o Forno Panela (FP) e a Máquina de Lingotamento Contínuo (MLC). Os nomes desses processos correspondem aos principais equipamentos de cada setor.

No CV ocorre a mistura do gusa líquido, sucata, fundentes e ferros-liga, que determina a composição química dos aços. No CV ocorre o primeiro refino do aço. O FP é o elo entre o CV e a MLC, sendo o responsável pelos ajustes finais de composição química e temperatura, que caracteriza o refino secundário do aço. Após esse refino, o aço é levado para a MLC, assumindo nesse processo, após ser moldado pelas chamadas lingoteiras, a forma de tarugo (barra de aço).

A Laminação é o processo de conformação mecânica que consiste em reduzir a espessura da seção transversal do tarugo e, para o caso analisado, procura atribuir uma forma com seção circular. O processo de laminação da empresa começa com o aquecimento do tarugo e é realizado em um forno de reaquecimento. Em seguida, os tarugos são laminados à quente em um trem contínuo de laminação até a obtenção do diâmetro desejado, para então ser submetida ao processo de formação das bobinas de fio-máquina.

A utilização do Controle Estatístico de Processo (CEP) na empresa surgiu de uma demanda advinda do programa Seis Sigma em 2001. Este último é um programa de melhoria da qualidade que busca a redução da variabilidade dos processos e, com isso, o uso do CEP mostrou-se bem coerente com o objetivo do programa. O uso do CEP na empresa também procurou fornecer suporte ao atendimento de alguns requisitos da ISO 9001.

Os responsáveis pela implementação e acompanhamento do CEP são membros do staff técnico da empresa, que é composto por engenheiros de processo e técnicos ligados a área de metalurgia e garantia da qualidade. Em relação à abrangência do CEP na empresa, devido à grande variedade de aços produzidos pela mesma, optou-se por implementá-lo apenas para o controle de alguns produtos. Os produtos escolhidos foram os aços de alto teor de carbono (ATCs), pois são os que possuem maior valor agregado.

A abordagem do QFD foi utilizada para identificação dos itens de controle do laminador e da Aciaria. Na Aciaria, os itens de controle se referem, quase que em sua totalidade, à composição química dos aços, que é expressa em termos de porcentagem de um determinado elemento na mistura de aço, tais como: carbono, enxofre ou fósforo. No caso o aço, esses elementos estão associados a propriedades, tais como: ductibilidade, resistência à tração, condutibilidade térmica e condutibilidade elétrica. Os dados associados a esse tipo de característica da qualidade é do tipo variável, pois resulta de uma mensuração expressa por valor numérico em uma escala. Os itens de verificação monitorados nesse processo foram o

tempo de aquecimento do CV, o tempo de enformamento do aço no CV e quantidade de insumos adicionados.

Na Laminação, os itens de controle são a porcentagem de carbono, índices de defeitos superficiais, limite de resistência e outros, que dependem de uma análise metalográfica. O responsável pelo acompanhamento desses itens é o departamento associado à Laminação. Os itens de verificação associados aos itens de controle apresentados são de responsabilidade do Staff técnico, entre eles tem-se: temperatura das zonas do forno de aquecimento, nível de oxigênio dentro do forno de aquecimento, tempo que cada tarugo permanece no forno e a tonelagem de canal, que diz respeito à quantidade de toneladas laminadas nos canais das cadeiras do laminador.

Outro destaque notado na empresa é que a forma de coleta de dados é distinta entre os processos. Isso se deve à adaptação quanto a fatores relacionados à natureza do processo produtivo de cada produto. Por exemplo, os dados da Aciaria são decorrentes de uma única amostra de aço em cada corrida/batelada, caracterizando uma amostragem do tipo individual.

Já na Laminação, a amostragem segue parâmetros estabelecidos pela literatura da empresa, englobando amostras de rolos e espiras para cada item.

A análise de dados para os itens de controle é realizada mediante gráficos de controle e do cálculo da capacidade dos processos. Para os itens de verificação são plotados apenas gráficos de acompanhamento. Para os pontos fora do limite de controle é feita uma análise mais aprofundada do produto (ou lote) que foi finalizado para se verificar se o produto atende às especificações do cliente. Com isso, para os pontos fora do limite de especificação a corrida não é enviada para o cliente. Neste caso, a corrida é reclassificada para outro cliente ou aplicação, em que a qualidade resultante seja aceitável. Em ambos os casos é feita uma análise de anomalia para descobrir a causa fundamental do problema. Os gráficos de controle usados para a análise dos itens de controle são do tipo I-MR (Individual Moving Range). Essa análise é estudada por meio do software estatístico MINITAB®.

A análise de anomalia citada anteriormente é uma técnica muito utilizada pela empresa, a qual é realizada a partir da formação de uma equipe específica para estudo e busca de uma solução para o problema indicado na análise dos gráficos de controle. Durante a análise de anomalia são utilizadas outras ferramentas do CEP, tais como: diagrama de causa-e-efeito, diagrama de Pareto, entre outras.

O engenheiro de processo de cada área de produção é responsável pelo estabelecimento dos itens de controle e pela revisão anual dos itens de controle e de verificação, além do estabelecimento e manutenção de um procedimento documentado que define os limites de especificação, segundo o cliente, e os limites de controle advindos das análises dos processos.

Qualquer alteração que envolver as características da qualidade e/ou os parâmetros de controle dos produtos e processos, antes de ser incorporada, passa por um processo de aprovação em uma banca formada por outros membros. Existe um acompanhamento diário dos itens de controle pelos engenheiros de processo. A coleta e análise dos dados são facilitadas pela tecnologia de informação disponível na empresa. Com isso, as medidas corretivas podem ser executadas de forma rápida.

4. Considerações finais

Os resultados empíricos deste estudo de caso evidenciam alguns aspectos positivos e negativos que precisam ser considerados no uso do Controle Estatístico de Processos (CEP). Esses aspectos estão relacionados com diversos fatores que são explorados a seguir. A criação de um comitê, representado pelo staff técnico na empresa em questão, pode ser considerada como uma forma de disseminação efetiva no uso do CEP pelas áreas da empresa na medida em que coordena as atividades de coleta e análise dos dados. Estas, por sua vez, passam a ser executadas de forma analítica ao priorizar produtos que são considerados críticos para a organização, pois caso contrário recursos poderiam ser gastos desnecessariamente.

A existência de itens de controle e verificação pode ser considerada como um agente facilitador do CEP, uma vez que o encadeamento proporcionado por tal estrutura de indicadores de desempenho possibilita um entendimento maior sobre o processo e, com isso, uma priorização adequada das variáveis críticas para a qualidade dos produtos.

O CEP precisa estar difundido de forma que os responsáveis pelos itens de controle tenham como atuar sobre os itens de verificação que o causam, ou seja, precisam de autonomia sobre os indicadores relacionados com a variável que estão controlando. Caso isso não ocorra, o tempo entre a detecção de um problema e a sua solução pode ser acrescido desnecessariamente.

A ISO 9000 foi destacada como facilitadora do CEP porque sua estrutura sistemática de procura pelas causas raízes dos problemas auxiliou no controle e melhoria dos processos. A presença da norma ISO 9000 em conjunto com o uso de ferramentas da qualidade foram evidenciados como facilitadores do uso do CEP, pois a busca sistemática pela causa raiz do problema demonstrou-se efetiva. Ao lado disso, a tecnologia de informação existente na empresa atuou como um agente facilitador, devido a promover uma coleta e análise de dados mais eficiente e confiável.

O estudo de caso realizado apontou para alguns aspectos sobre o uso do CEP que quando levados em consideração podem auxiliar no uso efetivo do controle estatístico de processos. No entanto, destaca-se que futuras pesquisas podem elucidar melhor os fatores que precisam ser considerados na implementação do CEP.

Referências

- CAMPOS, V. F. (1992) – TQC: controle da qualidade total no estilo japonês. 5ª Edição. Belo Horizonte: UFMG.
- CARVALHO, M. M. et al. (2005) – Gestão da qualidade: teoria e casos. Rio de Janeiro: Atlas.
- GARVIN, D. A. (1992) – Gerenciando a qualidade. Rio de Janeiro: QualityMark.
- MONTGOMERY, D.C. (2001) – Introduction to Statistical Quality Control. John Wiley & Sons. 4ª Edição.
- RAMOS, A.W. (2000) – CEP para processos contínuos e em bateladas. 1ª Edição. São Paulo: Edgard Blucher.
- VALOR ECONÔMICO. São Paulo. Diário. Disponível em: <<http://www.valoronline.com.br>>. Acesso em: 20/12/2007.
- YIN, R. K. (1994) – Case study research: design and methods. Newbury Park: Sage Publications.