

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR-MG
COORDENAÇÃO GERAL DE GRADUAÇÃO
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DETERMINAÇÃO DE LIMITES DE CONTROLE DA QUALIDADE NA PLANTA DE
BENEFICIAMENTO DE CALCÁRIO

FORMIGA - MG

Dezembro / 2009

KLEDSON LUIZ DE SOUZA

**DETERMINAÇÃO DE LIMITES DE CONTROLE DA QUALIDADE NA PLANTA DE
BENEFICIAMENTO DE CALCÁRIO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação Geral de Graduação do UNIFOR-MG,
Como requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Engenharia de Produção.
Orientadora: Prof^a. Msc. Andréa da Silva Peçanha

FORMIGA - MG

Dezembro / 2009

Kledson Luiz de Souza

**DETERMINAÇÃO DE LIMITES DE CONTROLE DA QUALIDADE NA PLANTA DE
BENEFICIAMENTO DE CALCÁRIO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação Geral de Graduação do UNIFOR-
MG, Como requisito parcial para obtenção do título
de bacharel em Engenharia de Produção.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Msc. Andréa da Silva Peçanha
Orientadora

UNIFOR-MG

Formiga, 07 de dezembro de 2009

Dedico esta monografia a minha amada esposa Ana Lúcia, aos meus queridos filhos Matheus e Ana Luiza, pelo incentivo e compreensão de minha temporária ausência. Aos meus pais, que mesmo ausentes, sempre estiveram presentes como exemplo de vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo seu infinito poder de fortalecimento a cada dia, diante dos obstáculos, aos meus colegas de trabalho, a todos os professores do curso de Engenharia de Produção da UNIFOR, em especial à Professora e Orientadora Andréa da Silva Peçanha que tanto contribuiu para a correta condução deste trabalho, aos colegas de graduação nos quais descobri grandes amigos e a todos que de alguma forma contribuíram para que este trabalho atingisse o objetivo almejado.

“Para a conquista não há fórmula pronta, o que podemos fazer é dar nosso melhor e esperar, de modo que a vida se encarregue do resto. E mesmo que nem sempre dê certo, o consolo é orgulhar-se de ter tentado, doando-se e fazendo o seu melhor.

Blue Angel

RESUMO

A exigência cada vez maior do mercado implica na necessidade de aplicação de melhoria contínua nos processos produtivos de qualquer organização para se manter competitiva diante dos seus concorrentes. Estas melhorias podem ser implantadas visando redução de custo, garantia de entrega do produto em quantidade, velocidade, tempo e principalmente na qualidade adequada ao cliente. Este trabalho aborda a determinação de limites de controle da qualidade para a planta de beneficiamento de calcário como melhoria à especificação de qualidade existente. A determinação de limites de controle mais rigorosos e específicos para a planta, tem como objetivo principal aumentar o controle da qualidade reduzindo a variabilidade dos teores durante a elaboração, permitir maior tempo de tomada de ação para eliminação das causas dos desvios e conseqüentemente minimizarem as não conformidades dos produtos finais embarcados para o cliente.

Palavras chaves: Competitividade, Limite de controle, Calcário, Qualidade.

ABSTRAT

The market's increased demand implies in the need of implementating a continuous improvement of production process for any organization to stay competitive with its competitors. These improvements can be implemented in order to reduce costs, guaranteed product delivery in quantity, speed, time and specially in appropriated quality to the costumer. This work is addressed to determinate the quality control limits for a limestone processing plant as an improvement for the specified quality existent. The determination of more specific and strict control limits for the power plant have, as main target, raise the quality control reducing the variability of contents during development, allowing more time to take action to eliminate deviation cause and therefore minimize nonconformity of final products shipped to the costumer.

Keywords: Competitively, Control Limit, Limestone, Quality,

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01: Tipos de variação de processo apontados pelas ferramentas de controle	18
FIGURA 02: Fluxo de execução da pesquisa	21
FIGURA 03: Diagrama de Causa e Efeito	28
FIGURA 04: Estratégia para melhorias no controle estatístico de processos	29

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 01: Variabilidade do processo com relação ao teor de Sílica do calcário	26
GRÁFICO 02: Variabilidade do processo com relação ao teor de sílica do calcário	27
GRÁFICO 03: Variabilidade dos resultados do teor de sílica do calcário (desvios eliminados)	31
GRÁFICO 04: Variabilidade do processo com relação ao teor de sílica (desvios eliminados)	32
GRÁFICO 05: Limites de controle de especificação X Limites de controle encontrados para o processo	33

LISTA DE TABELAS

TABELA 01: Teor de sílica do calcário	24
TABELA 02: Cálculo dos limites de controle para gráficos X da sílica	25
TABELA 03: Cálculo dos lim. de controle de variabilidade R da sílica	27
TABELA 04: Teor de sílica do calcário (desvio eliminado)	30
TABELA 05: Cálculo dos limites de controle para gráficos X e S (desvio eliminado)	31
TABELA 06: Cálculo dos lim. de controle de variabilidade R da sílica (desvios eliminados)	32
TABELA 07: Comparativo da especificação do produto X Limites encontrados	33

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS.....	14
2.1	Objetivo geral	14
2.2	Objetivo específico	14
3	REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1	Definição de qualidade	15
3.2	Contribuição dos envolvidos.....	16
3.3	Estabilidade do processo, através da eliminação de causas especiais.....	17
3.4	Ferramenta da qualidade para identificação do problema	18
4	METODOLOGIA	20
4.1	Pesquisa utilizada	20
4.1.1	<i>Método de pesquisa</i>	20
4.1.2	<i>Coleta e análise dos dados</i>	21
5	DESENVOLVIMENTO	22
5.1	Calculando a média de amplitude das variáveis de cada lote	22
5.2	Calculando a variabilidade do processo.....	26
6	CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
	BIBLIOGRAFIA	36

1 INTRODUÇÃO

O calcário é uma rocha com ampla variedade de aplicações, na indústria siderúrgica são várias as funções do calcário no processo de produção de aço, entre elas:

- Escorificar as impurezas da carga;
- Diminuir a temperatura de fusão da carga e a viscosidade da escória facilitando o seu escoamento.

A produção de calcário que ocorre na maioria das vezes em minas a céu aberto por razões técnicas e ambientais, é executada em várias etapas tendo como principais, a lavra da mina, que inclui a remoção de capeamento, perfuração, desmonte por explosivo, carga e transporte e o beneficiamento onde ocorre a classificação dos produtos, visando o atendimento da especificação, nesta etapa utiliza-se equipamentos como britadores, peneiras, correias transportadoras, etc.

A obtenção do produto dentro da especificação exige o monitoramento do processo visando identificar as anomalias para posteriores ações de correção. Este monitoramento ocorre através de amostragens dos produtos que são preparadas e analisadas conforme procedimentos pré-determinados. Usualmente os limites utilizados para controle da qualidade na planta de beneficiamento são os mesmos do produto final.

De acordo com Irwim (1965), *apud* Alves; Neumann; Ribeiro, (2003), a qualidade é o conjunto das técnicas e procedimentos para estabelecer critérios e medidas da qualidade de um produto, identificar produtos que não estejam conformes a tais critérios, evitando que cheguem ao mercado, e acompanhar o processo de produção, identificando e eliminando as causas que levaram as não-conformidades.

Na empresa estudada, após seu beneficiamento, os produtos são empilhados em pilhas cônicas onde permanecem até que sejam retomados com pás carregadeiras para embarque e destinação final, como o produto da planta de beneficiamento é basicamente a única entrada da planta de embarque, a interação dos dois processos é preenchida também com os procedimentos de retomada e carregamento do produto final. O volume contido nas pilhas é bastante expressivos em relação ao volume de cada embarque, este fato juntamente com o procedimento de retomada em torno de toda à circunferência da pilha, minimizam o impacto de qualquer desvio da qualidade ocorrido durante a produção, porém, há casos em

que estes desvios não são eliminados ocorrendo o não atendimento da especificação no embarque do produto.

Este trabalho apresenta uma abordagem para definição e implementação de limite mais rigoroso de controle da qualidade do produto durante a sua elaboração na planta de beneficiamento de calcário, pois a utilização da especificação de qualidade do produto final como parâmetro de qualidade durante a execução do produto na planta de beneficiamento, pode ser considerado um procedimento inadequado, já que, se ocorrer qualquer desvio pouco ou nada pode ser feito para correção. A determinação de limites de controle da qualidade na planta de beneficiamento, visa garantir maior percentual de acerto dos limites de especificação para o produto final.

A ocorrência de não atendimento da especificação da qualidade do produto final é a razão principal ou justificativa para elaboração deste trabalho, pois, implica em impactos ao processo do cliente, que em consequência podem resultar em recusa do produto, indenização, retrabalhos e afetar a relação fornecedor e cliente. De acordo com Juran; Gryna (1988), *apud* Almeida (2004), qualidade consiste em satisfazer às necessidades do consumidor, associando-se com a idéia de adequação ao uso apropriado.

O uso de técnicas básicas da estatística poderá demonstrar a possibilidade de aplicação de ferramentas apropriadas para um monitoramento mais rigoroso durante a elaboração do produto visando minimizar os desvios já mencionados.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Determinar e implementar limites de controle da qualidade na fase do processo de produção (beneficiamento), do calcário da empresa estudada.

2.2 Objetivo específico

Analisar metodologia utilizada pela empresa estudada, verificando prováveis elementos causadores de desvios da qualidade.

Consolidar e avaliar dados das análises dos teores químico do calcário, visando identificar variáveis com influência de causas especiais ou atribuíveis.

Determinar limites de controle para o processo de produção (beneficiamento).

Implementar gráficos para controle e acompanhamento das variáveis da qualidade.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Definição de Qualidade

O termo qualidade vem do latim *qualitate*, e é utilizado em situações bem distintas como em casos em que se fala da qualidade de vida das pessoas, qualidade da água que se consome ou qualidade do serviço prestado por uma empresa. Porém quando se refere aos produtos colocados no mercado, são diversas as definições de qualidade:

Conformidade com o desejo do cliente, relação de custo e benefícios, vantagens sobre os produtos similares, executar corretamente a primeira vez e com efetividade ou seja, o termo mais adequado é “excelência”. Portanto, no mercado competitivo o produto sem excelência, dificilmente será bem aceito ou pelo menos, conseguirá ter vida longa e atingir o consumidor de maneira satisfatória. O grande desafio para as organizações nem sempre é a conquista de um novo cliente e sim a manutenção dos clientes existentes.

Para Betersfield (1986), *apud* Alves; Neumann & Ribeiro (2003), a qualidade é o conjunto de características de um produto ou serviço que contribuem para satisfação dos clientes. Essa satisfação envolve preço, segurança, disponibilidade, durabilidade e usabilidade.

A gestão da qualidade total consiste numa estratégia para conscientização da qualidade em todos os processos de uma organização com o objetivo de envolver não apenas os diversos escalões de uma organização, mas também dos seus parceiros como: clientes, fornecedores e etc. Segundo Slack (1997), o controle do processo é usualmente o método preferido para controlar qualidade, porque a qualidade está sendo “construída” no processo em vez de ser inspecionada no final. A implantação e manutenção devem ocorrer de maneira eficaz, compondo se de vários estágios como: planejamento, organização, controle e liderança.

De certa forma, a qualidade de um produto pode ser observada por dois pontos de vistas: O do cliente, que considera que a qualidade não avalia o produto tendo apenas uma das suas características, mas varias. Segundo Feigenbaum (1991), *apud* Almeida (2004), qualidade é uma determinação do consumidor, e não dos setores da engenharia, comerciais ou do gerenciamento geral da empresa. Neste caso, a qualidade se associa à concepção e

produção de um produto que vai ao encontro dos desejos do cliente, ou seja, o fornecedor deve verificar quais são as reais necessidades dos clientes e em função destas, definir os requisitos de qualidade do produto a ser fornecido.

E o do fornecedor que declara que o controle da qualidade tem como objetivo assegurar que estes requisitos estejam presentes no produto e que a satisfação do cliente relacionada ao atendimento das suas expectativas seja obtida. As organizações devem instituir e usar métodos para monitorar e medir a satisfação, neste processo deve se observar a confiabilidade das informações, a frequência de coleta dos dados e a fonte da qual é obtida.

3.2 Contribuição dos envolvidos

Empresas como a japonesa Toyota, que foi a primeira a empregar a gestão da Qualidade, superando a etapa do fordismo, onde responsabilidade era limitada apenas ao nível de gestão, passaram a perceber que na gestão da Qualidade, todos os colaboradores da organização deveriam possuir mais atribuições, se tornando responsável para o atendimento do objetivo da organização. Portanto, a comunicação passou a ser um ponto essencial para que todos os níveis hierárquicos se tornassem dinâmicos na execução de suas atividades cumprindo a parcela para qual estava destinado. Aliado ao aumento de atribuição aos colaboradores, as organizações nas últimas décadas passaram a integrar a concepção de Controle da Qualidade aos produtos industriais, somados aos itens técnicos e econômicos de projeto. Para tal, foi necessário desenvolver processos e tecnologias eliminando ou reduzindo os elementos causadores de não conformidade do processo. Desta forma a gestão da Qualidade passou a ser amplamente utilizada, sendo que a conscientização e a busca da qualidade e do reconhecimento da sua importância, passaram a ser indispensável para conseguir e aumentar a satisfação e fidelidade do cliente, elevar a produtividade dos seus processos, minimizar os custos de produção, viabilizar a abertura de novos mercados e vencer a competitividade cada vez mais acirrada apresentada pelo mercado.

O envolvimento e conscientização dos colaboradores dos diversos níveis da organização é fundamental para que melhorias sejam indicadas, consensadas e implementadas rotineiramente, assim o processo estará em pleno desenvolvimento e evolução.

3.3 Estabilidade do processo, através da eliminação de causas especiais

Para que a organização consiga manter seu produto no mercado é necessário que os seus processos sejam melhorados continuamente, implicando na redução das variabilidades e eliminação das não conformidades. Mas, qualquer processo produtivo, por mais bem elaborado que seja o projeto e a sua estabilidade, certamente ocorrerá variabilidade inerente a ele. Esta variabilidade é o resultado de efeitos aleatórios que podem ser entendidas como um sistema estável de causas comuns. Causas comuns são as que fazem parte da natureza do processo, sendo responsáveis pela variabilidade natural do processo (GRAÇA, 1996, pg. 84). Portanto, quando as variações do processo em operação são somente devido a causa comuns, é considerado que este processo se encontra controlado e as variações são aceitáveis do ponto de vista da estabilidade do processo. Por outro lado, as variabilidades podem estar presentes no processo em função de causas externas que costumam ser de grandes amplitudes quando comparadas com as de origem comum e normalmente são inaceitáveis, implicando no baixo desempenho do processo. Estas causas são normalmente denominadas como causas especiais ou assinaláveis. Causas especiais, por sua vez, são as causas específicas, acidentais e imprevisíveis que geralmente afetam uma determinada operação da máquina, operador ou período de tempo (GRAÇA, 1996, pg. 85). Quando o processo opera com a presença de causas especiais, é considerado um processo fora de controle, neste caso o controle da Qualidade inclui a aplicação de ferramentas para acompanhamentos, monitoramento e identificação das causas especiais e a sua eliminação.

A figura 01 mostra o motivo da necessidade de ferramentas estatística para analisar as categorias de causas da variabilidade do processo.

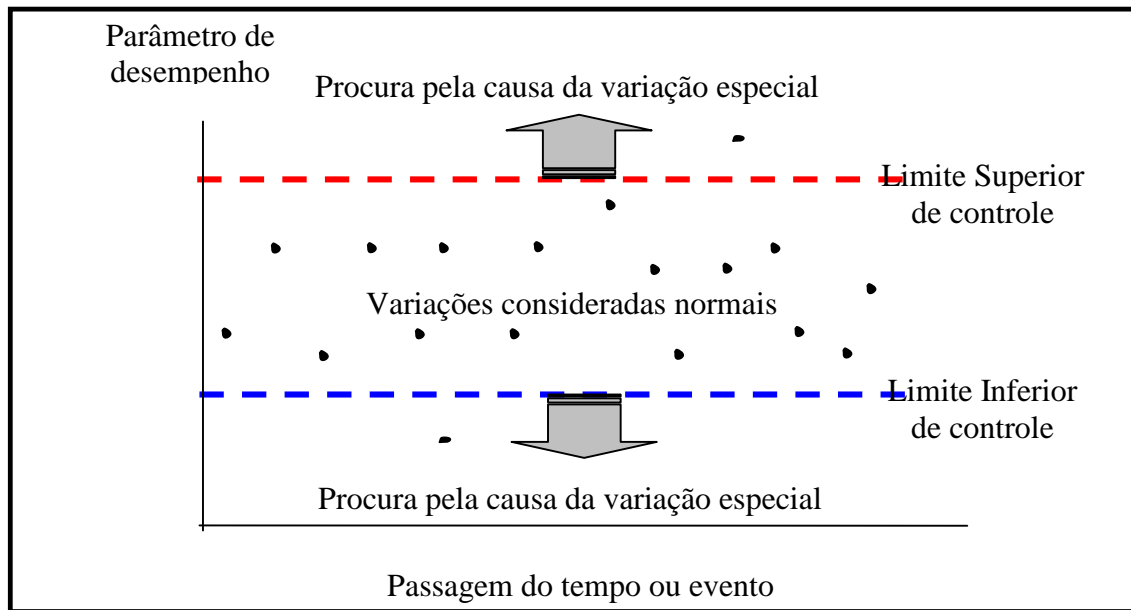


Figura 01: Tipos de variação de processo apontados pelas ferramentas de controle
 Fonte: Adaptado de Correia, 1994.

3.4 Ferramenta da qualidade para identificação do problema

Após um processo ser colocado sob controle um estudo de capacidade de processo pode ser iniciado para se verificar as condições de atendimento ou não de especificações. Características do processo como, capacidade, indicam se este está apto a produzir seus respectivos produtos dentro dos limites de tolerâncias previstas em alguma especificação.

Uma boa metodologia, aliada a um procedimento criterioso, fará com que surpresas não ocorram no processo final, eliminando a necessidade de retrabalhos para adequação do produto e desgaste da imagem junto ao consumidor final e comunidade. A capacidade do processo refere-se à uniformidade do processo, portanto, atuar na variabilidade é buscar a uniformidade do mesmo, sendo que um processo é denominado capaz, quando suas variações encontram dentro de um intervalo previamente especificado.

O controle estatístico baseia-se no pressuposto de que é impossível eliminar completamente a variabilidade de um processo, porém, quando ocorre uma variabilidade inerente ao processo e esta variabilidade é compatível com a faixa de tolerância de aceitável pelo cliente, dizemos que o processo encontra-se de acordo ou que o processo é capaz. Mas se a variabilidade deixa de conformar-se com a faixa de tolerância, pode-se considerar que esteja ocorrendo uma causa assinalável ou identificável (CORREIA, 2002),

A variabilidade do processo pode ser monitorada através de gráficos de controle, estes gráficos normalmente são separados por características do processo e as variáveis destas características podem ser plotadas e avaliadas mediante comparação com os limites de controle. Os limites de controle são definidos em: Limite inferior de controle (LIC) do processo, limite superior de controle (LSC). O estudo da capacidade dos processos segue o estudo dos gráficos de controle que após a eliminação das causas especiais, é avaliado se o processo é capaz de atender especificações de determinadas características da qualidade, os resultados podem ser traduzidos nos índices de capacidade.

Segundo Montgomery (1985), qualidade pode ser definida como um conjunto de atributos que tornam um bem e serviço plenamente adequado ao uso para o qual foi concebido. Sistemas de gestão da qualidade bem implementados e baseados em princípios adequados com objetivos específicos, vão de encontro à citação acima.

Os gráficos de controle e o estudo de capacidade são as principais ferramentas que descrevem o processo graficamente. Entre as vantagens do uso do gráfico estão a elaboração simples e a facilidade de ajustes contínuo do processo visando sua manutenção. Os modelos de gráficos são bem variados, podendo ser escolhido o que mais se aplica ao acompanhamento que se quer realizar e também em função de quem vai utilizar, levando em consideração o grau de instrução, por exemplo.

Gestão da qualidade é o processo de conceber, controlar e melhorar os processos. Montgomery (2004) *apud* Ribeiro; Catem (1998), traz a visão prática do conceito de qualidade associada à melhoria contínua de processos produtivos. Os produtos finais não possuem características idênticas, porém considera-se difícil e de alto preço fornecer ao consumidor produtos que tenham características de qualidade sempre idênticas, sem variações.

Crítérios devem ser definidos para que os métodos de monitoramento sejam executados de maneira consistente, os dispositivos de medição devem ser calibrados e verificados em intervalos de tempo predeterminados utilizando padrões rastreáveis. Os dados obtidos através do monitoramento são fundamentais para análise e tomadas de decisões, portanto, deve-se ter total certeza da origem, representatividade e confiabilidade. Estes dados também devem ser analisados e validados antes do uso pretendido.

4 METODOLOGIA

4.1 Pesquisa utilizada

Segundo Baffi (2008), pesquisa é o mesmo que busca ou procura. Pesquisar, portanto, é buscar ou procurar resposta para alguma coisa. Em se tratando de Ciência a pesquisa é a busca de solução a um problema que o alguém queira saber a resposta. A pesquisa realizada caracterizou-se por ser explicativa, com o método de pesquisa-ação e uma abordagem qualitativa. A revisão literária foi fundamental para conhecimento e entendimento dos assuntos referentes a controle estatístico da qualidade, ferramentas e sistemas de gestão da qualidade.

4.1.1 Método de pesquisa

Conforme a estrutura da pesquisa da Figura 02, a pesquisa iniciou com os conceitos teóricos, através de estudos de autores que tratam o controle de qualidade do processo e gestão da qualidade. Por meio da pesquisa teórica foi concebido um conjunto de informações sobre a prática de controle da qualidade. Em seguida foi aplicado o método de pesquisa-ação na visão para estabelecer a sistemática de implementação, a aplicação, avaliação dos resultados e o aprendizado geral.

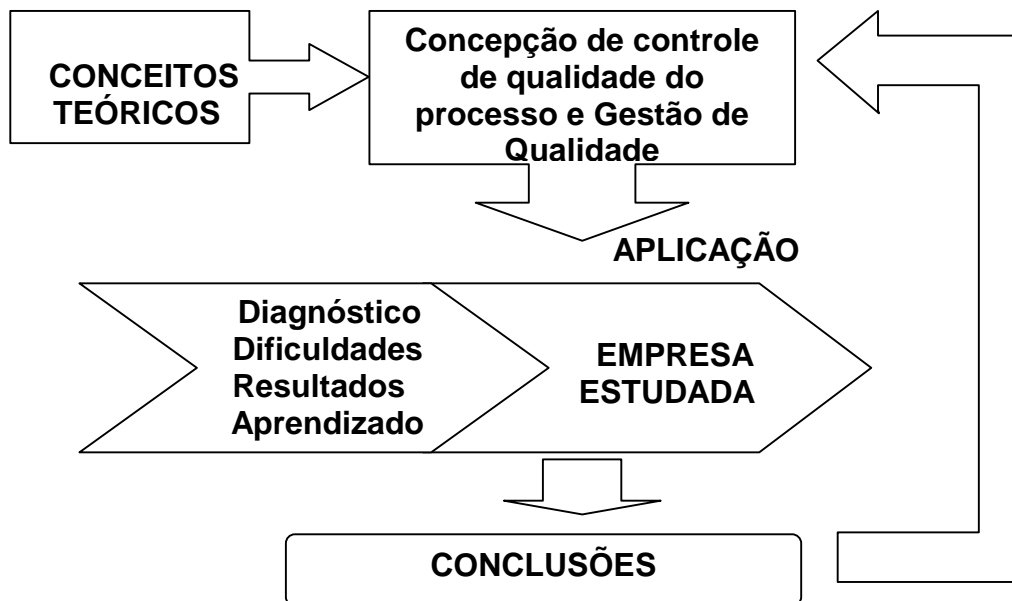


Figura 02: Fluxo de execução da pesquisa.

Fonte: Adaptada de SIMÕES, R & ALLIPRANDINI, D. H (2006)

4.1.2 Coleta e análise dos dados

A metodologia adotada na coleta de dados para o trabalho, não incluiu novos ensaios de análise de laboratório, os dados utilizados foram os coletados nos arquivos da empresa estudada, sendo avaliado um volume de informações referentes ao período de 18 meses, estes dados possibilitaram uma avaliação da evolução da qualidade do calcário. Para avaliação dos dados determinou-se os elementos estatísticos como:

Análise dos dados;

Tamanho do lote de amostras;

Média aritmética de cada lote de amostras.

Considerou-se o tamanho de cada lote como sendo as amostras realizadas no período de um mês e elaborou-se uma planilha para calcular os dados a seguir:

Média das médias;

Variabilidade;

LSC;

LIC.

5 DESENVOLVIMENTO

O primeiro passo para a determinação dos Limites de Controle apropriados e específicos para a planta de beneficiamento, foi o levantamento dos dados de resultados de análises da qualidade do calcário no período de dezoito meses. O uso de computador e o software Excel, para elaboração de planilhas que facilitasse a análise destes dados, a partir daí aplicou-se fórmulas e conceitos de estatística básica para cálculos como: Média dos resultados do lote de amostra, média das médias dos lotes, a amplitude ou variabilidade dos lotes de amostras e a médias das amplitudes;

5.1 Calculando a média de amplitude das variáveis de cada lote

Através da fórmula:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

Onde: \bar{X} é a média amostral, ou seja, a média das variáveis de cada lote;
 X são as variáveis das amostras;
 E n , o tamanho do lote de amostras

Em seguida depois de obtido a média das variáveis das amostras, aplicou-se outra fórmula muito comum em controle estatístico para encontrar a média das médias encontradas anteriormente:

$$\bar{X} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \dots + \bar{X}_m}{m}$$

Onde: \bar{X} é a média das médias de todos os lotes;
 M é a quantidade de lotes de amostras

Assim o valor encontrado posteriormente será a linha central do gráfico de \bar{X} .

Para determinar os limites de controle, foi necessário uma estimativa do desvio padrão σ para isto utilizou-se o método da amplitude, já que as amostras são de tamanho conhecidos. Amplitude da amostra é a diferença entre a maior e menor variável da amostra e pode ser determinada através de um simples cálculo:

$$R = X_{m\acute{a}x} - X_{m\acute{i}n}$$

Encontrado as amplitudes de todos os lotes, buscou-se a média das amplitudes através da fórmula:

$$R = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_m}{m}$$

A seqüência de planilhas apresenta os valores de Média e Variabilidade das variáveis referentes ao elemento sílica (SiO_2). Em destaque (célula cinza), estão as variáveis que foram atribuídas causas especiais.

Tabela - 01 Teor de sílica do calcário

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Média \bar{X}	variabilidade		
jan/08	1,00	1,03	1,01	1,24	1,06	0,93	1,09	1,32	1,35	0,99	1,28	1,21	1,07	0,97	0,72	1,08	0,630		
fev/08	1,02	1,34	0,94	0,68	0,80	0,99	0,80	1,02	1,10	0,95	0,70	0,75	1,35	1,51	1,18	1,01	0,833		
mar/08	0,97	0,90	0,95	0,57	0,63	0,72	0,62	0,71	0,80	0,75	0,96	0,79	0,93	0,78	0,76	0,79	0,400		
abr/08	0,75	0,81	0,68	0,73	0,76	0,93	1,01	1,08	0,86	0,88	0,74	1,20	1,23	1,25	0,69	0,91	0,575		
mai/08	0,82	0,93	0,95	1,20	1,00	0,98	0,83	0,96	0,85	1,10	1,05	1,10	0,78	1,09	0,99	0,97	0,415		
jun/08	1,02	0,82	0,84	0,85	1,81	1,30	1,39	1,00	1,50	1,79	0,87	1,11	1,09	1,43	1,24	1,20	0,988		
jul/08	2,00	1,49	1,36	1,48	1,50	1,44	1,12	1,26	1,43	1,12	1,38	1,44	1,31	1,34	1,52	1,41	0,880		
ago/08	1,17	1,10	1,10	1,10	1,22	0,98	2,04	1,35	1,05	0,94	1,06	1,15	1,27	1,09	1,12	1,18	1,103		
set/08	1,09	0,99	1,19	1,09	0,98	1,02	1,08	1,39	1,41	0,86	0,85	1,13	1,08	1,13	1,14	1,09	0,560		
out/08	1,20	1,24	1,11	1,03	1,05	1,13	0,97	1,01	1,04	0,90	1,02	1,25	0,89	0,45	1,01	1,02	0,803		
nov/08	1,30	1,16	1,02	0,80	0,93	1,17	1,30	1,41	1,20	1,05	1,32	0,87	0,76	0,61	0,51	1,03	0,904		
dez/08	0,92	1,14	0,95	1,15	1,23	1,02	1,23	1,39	1,05	0,99	0,94	1,11	1,28	1,43	1,01	1,12	0,510		
jan/09	0,79	0,82	0,82	1,03	0,78	0,96	0,92	0,77	0,86	0,65	0,70	0,64	1,02	0,72	0,72	0,81	0,395		
fev/09	1,03	1,10	1,30	1,09	0,84	0,89	1,19	1,25	0,70	1,35	1,16	1,13	0,92	1,04	0,75	1,05	0,651		
mar/09	0,82	0,82	0,97	1,60	1,19	1,20	1,15	0,92	0,99	0,90	1,14	1,20	1,29	1,53	1,40	1,14	0,775		
abr/09	0,88	1,02	0,98	0,95	1,01	1,07	1,03	0,98	1,04	1,18	1,28	1,39	1,30	1,07	1,02	1,08	0,518		
mai/09	1,42	1,45	1,02	0,90	1,28	1,24	1,52	1,87	1,18	1,35	1,58	1,69	1,57	1,65	1,32	1,40	0,973		
jun/09	1,26	1,30	1,32	1,41	1,15	1,28	1,45	1,46	0,97	1,33	1,59	1,24	1,44	1,04	0,88	1,27	0,705		
																Média \bar{X}	1,09	Média \bar{R}	0,70

FONTE: O autor

Nota: Dados extraídos dos banco de dados da Área de qualidade da empresa pesquisada

Com a definição dos dados mencionados acima, pode-se aplicar a fórmula para construção dos limites de controles para o gráfico X:

$$LSC = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$\text{Linha central} = \bar{\bar{X}}$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

Obs.: A constante A_2 encontra tabulada para vários tamanhos de amostras, que neste caso é 15.

Tabela - 02 Cálculo dos limites de controle para gráficos \bar{X} da sílica

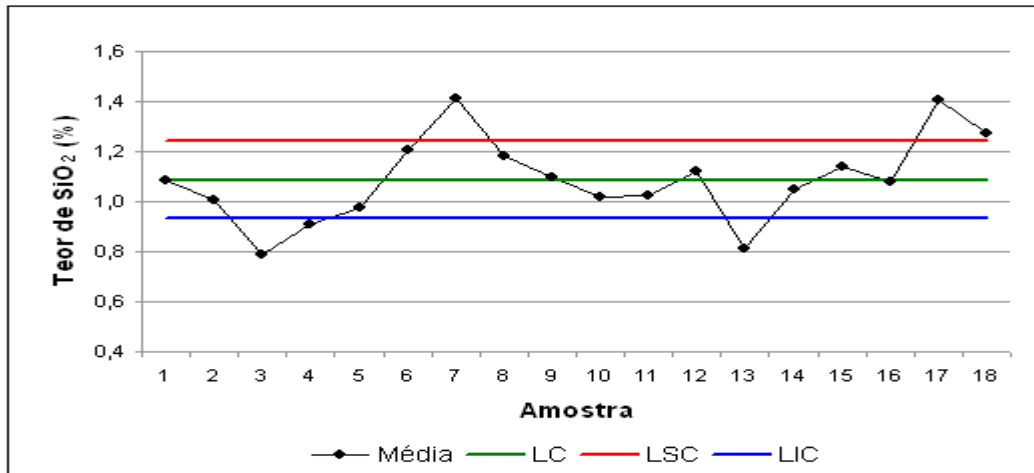
Amostra	$\bar{\bar{X}}$	\bar{X}	\bar{R}	A_2	LSC	LIC
jan/08	1,08	1,09	0,70	0,223	1,24	0,93
fev/08	1,01	1,09	0,70	0,223	1,24	0,93
mar/08	0,79	1,09	0,70	0,223	1,24	0,93
abr/08	0,91	1,09	0,70	0,223	1,24	0,93
mai/08	0,97	1,09	0,70	0,223	1,24	0,93
jun/08	1,20	1,09	0,70	0,223	1,24	0,93
jul/08	1,41	1,09	0,70	0,223	1,24	0,93
ago/08	1,18	1,09	0,70	0,223	1,24	0,93
set/08	1,09	1,09	0,70	0,223	1,24	0,93
out/08	1,02	1,09	0,70	0,223	1,24	0,93
nov/08	1,03	1,09	0,70	0,223	1,24	0,93
dez/08	1,12	1,09	0,70	0,223	1,24	0,93
jan/09	0,81	1,09	0,70	0,223	1,24	0,93
fev/09	1,05	1,09	0,70	0,223	1,24	0,93
mar/09	1,14	1,09	0,70	0,223	1,24	0,93
abr/09	1,08	1,09	0,70	0,223	1,24	0,93
mai/09	1,40	1,09	0,70	0,223	1,24	0,93
jun/09	1,27	1,09	0,70	0,223	1,24	0,93

FONTE: O autor

Nota: Dados extraídos dos banco de dados da área de qualidade da empresa pesquisada

A plotagem dos valores encontrados para LC, LIC, LSC juntamente com o valores das médias de todos os lotes do elemento estudados permitiu a construção do gráfico preliminar, neste gráfico pode se observar a ocorrência de valores fora da linhas de limites.

GRÁFICO 1 - Variabilidade do resultados do teor de sílica do calcário



FONTE: O autor

Nota: Dados extraídos dos banco de dados da Área de qualidade da empresa pesquisada

5.2 Calculando a variabilidade do processo

Para se conhecer a amplitude média do processo fórmula abaixo foi aplicada utilizando os valores da amplitude amostras R :

$$LSC = D_4 \bar{R}$$

$$\text{Linha central} = \bar{R}$$

$$LIC = D_3 \bar{R}$$

Obs.: As constantes D_3 e D_4 encontram se tabuladas para vários tamanhos de amostras, que neste caso é 15.

Tabela - 03 Cálculo dos lim. de controle de variabilidade R da sílica

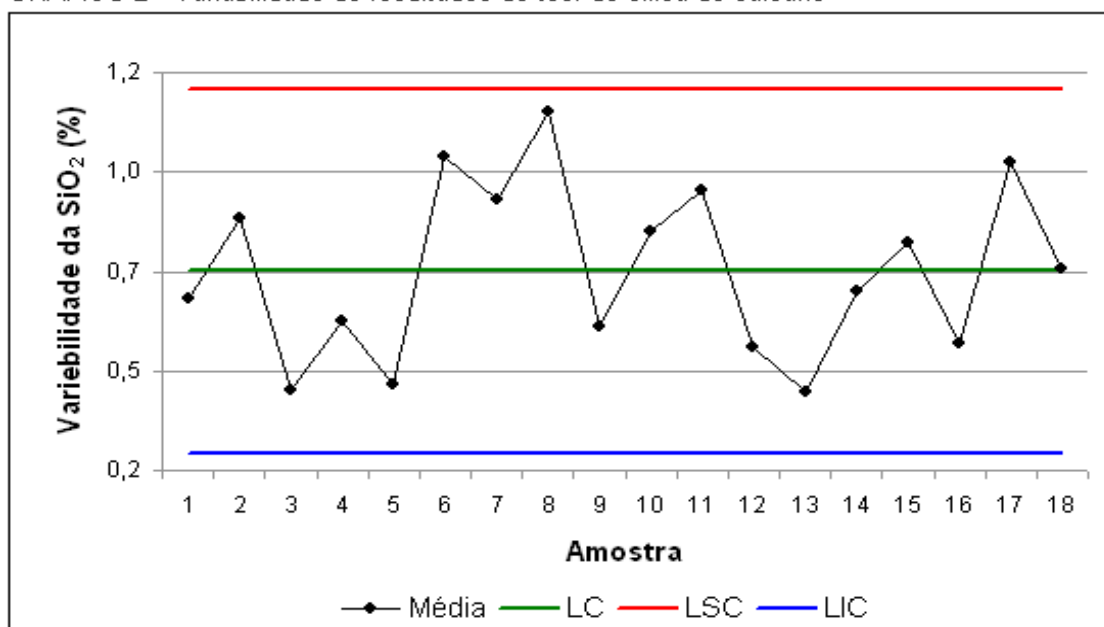
Amostra	\bar{R}	D ₃	D ₄	LIC	LC	LSC
jan/08	0,70	0,347	1,653	0,24	0,70	1,16
fev/08	0,70	0,347	1,653	0,24	0,70	1,16
mar/08	0,70	0,347	1,653	0,24	0,70	1,16
abr/08	0,70	0,347	1,653	0,24	0,70	1,16
mai/08	0,70	0,347	1,653	0,24	0,70	1,16
jun/08	0,70	0,347	1,653	0,24	0,70	1,16
jul/08	0,70	0,347	1,653	0,24	0,70	1,16
ago/08	0,70	0,347	1,653	0,24	0,70	1,16
set/08	0,70	0,347	1,653	0,24	0,70	1,16
out/08	0,70	0,347	1,653	0,24	0,70	1,16
nov/08	0,70	0,347	1,653	0,24	0,70	1,16
dez/08	0,70	0,347	1,653	0,24	0,70	1,16
jan/09	0,70	0,347	1,653	0,24	0,70	1,16
fev/09	0,70	0,347	1,653	0,24	0,70	1,16
mar/09	0,70	0,347	1,653	0,24	0,70	1,16
abr/09	0,70	0,347	1,653	0,24	0,70	1,16
mai/09	0,70	0,347	1,653	0,24	0,70	1,16
jun/09	0,70	0,347	1,653	0,24	0,70	1,16

FONTE: O autor

Nota: Dados extraídos dos banco de dados da Área de qualidade da empresa pesquisada

Os valores encontrados foram utilizados como componentes do gráfico R, este tipo de gráfico permite que a avaliação possa ser mais dinâmica facilitando a visualização da grande variação do processo.

GRÁFICO 2 - Variabilidade do resultados do teor de sílica do calcário



FONTE: O autor

Nota: Dados extraídos dos banco de dados da área de qualidade da empresa pesquisada

Durante a análise dos gráficos gerados, observou - se vários pontos fora das linhas de limites de controle, o passo seguinte então, foi verificar se estas ocorrências foram em

função de causas comuns ou causas especiais, esta verificação foi executada utilizando métodos de rastreabilidades, buscando ocorrências de falhas como: matéria prima indisponível ou fora da qualidade, falha de equipamentos, paradas repentinas provocando a quebra de seqüência de produção, falha na amostragem e falhas de operação, seja por descumprimento ou desconhecimento do procedimento.

Na identificação e eliminação de causas especiais ou atribuíveis, fez se necessário descobrir a causa raiz ou fundamental referente aos desvios encontrado e tratá-la para evitar repetição do problema, para isto utilizou-se ferramentas da qualidade para análise de causa do problema, como: Diagrama de causa e efeito e o 5 porquês. As causas podem se referir à vários aspectos e um *braistorming* (geração livre de idéias) podem listar várias causas. Segundo Correa & Gaon (2002), uma forma útil de iniciar é usar o *check list* dos “6Ms” para auxiliar a busca pelas causas.

Os “6Ms” citados acima se referem à:

Mão de obra, Método, Máquina, Materiais, Meio ambiente e Matéria prima. Cada uma dessas possíveis causas devem ser exploradas a fundo até chegar na causa raiz do problema. A figura 03 representa como estas causas ficam dispostas no gráfico.

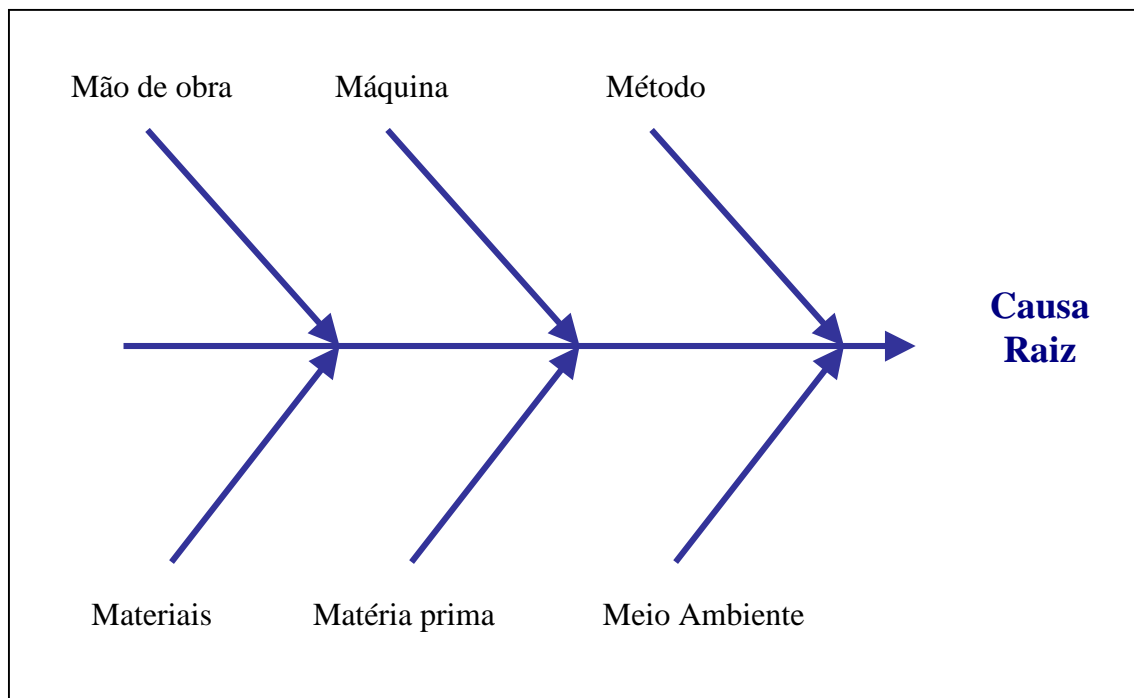


Figura 03: Diagrama de Causa e Efeito
Fonte: Autor pesquisador

A figura 04 apresentada abaixo, demonstra claramente a estratégia que considera todas as etapas de avaliação de um processo, reafirmando a importância de ação após identificação do problema e análise da causa principal deste problema.

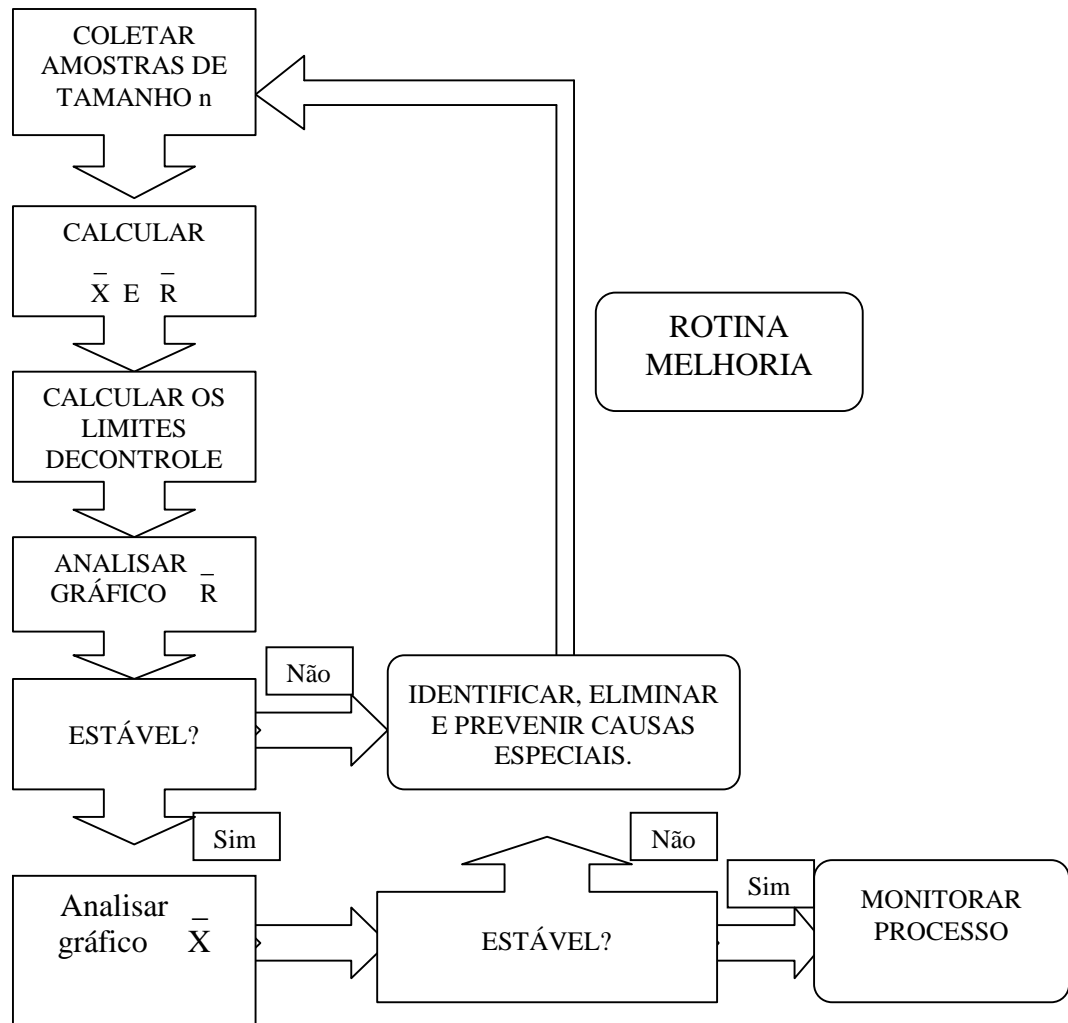


Figura 04 - Estratégia para melhorias no controle estatístico de processos
Fonte: Adaptado de Ribeiro & Caten, 1998.

Obviamente após eliminação das variáveis que se encontravam fora das linhas de controle, recalculou-se novos limites voltando nos passos anteriores pois, o objetivo é encontrar limites de controle significativos que sejam baseados em dados de um processo que esteja sob controle, os dados foram novamente analisados até que todos os pontos se encontrasse sob controle.

Tabela 04 Teor de sílica do calcário (desvios eliminado)

Período	Amostra															Estatística		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	média	variabilidade	
jan/08	1,00	1,03	1,01	1,24	1,06	0,93	1,09	1,32	1,35	0,99	1,28	1,21	1,07	0,97	0,72	1,08	0,630	
fev/08	1,02	1,34	0,94	0,68	0,80	0,99	0,80	1,02	1,10	0,95	0,70	0,75	1,35	1,51	1,18	1,01	0,833	
mai/08	0,82	0,93	0,95	1,20	1,00	0,98	0,83	0,96	0,85	1,10	1,05	1,10	0,78	1,09	0,99	0,97	0,415	
jun/08	1,02	0,82	0,84	0,85	1,81	1,30	1,39	1,00	1,50	1,79	0,87	1,11	1,09	1,43	1,24	1,20	0,988	
ago/08	1,17	1,10	1,10	1,10	1,22	0,98	2,04	1,35	1,05	0,94	1,06	1,15	1,27	1,09	1,12	1,18	1,103	
set/08	1,09	0,99	1,19	1,09	0,98	1,02	1,08	1,39	1,41	0,86	0,85	1,13	1,08	1,13	1,14	1,09	0,560	
out/08	1,20	1,24	1,11	1,03	1,05	1,13	0,97	1,01	1,04	0,90	1,02	1,25	0,89	0,45	1,01	1,02	0,803	
nov/08	1,30	1,16	1,02	0,80	0,93	1,17	1,30	1,41	1,20	1,05	1,32	0,87	0,76	0,61	0,51	1,03	0,904	
dez/08	0,92	1,14	0,95	1,15	1,23	1,02	1,23	1,39	1,05	0,99	0,94	1,11	1,28	1,43	1,01	1,12	0,510	
fev/09	1,03	1,10	1,30	1,09	0,84	0,89	1,19	1,25	0,70	1,35	1,16	1,13	0,92	1,04	0,75	1,05	0,651	
mar/09	0,82	0,82	0,97	1,60	1,19	1,20	1,15	0,92	0,99	0,90	1,14	1,20	1,29	1,53	1,40	1,14	0,775	
abr/09	0,88	1,02	0,98	0,95	1,01	1,07	1,03	0,98	1,04	1,18	1,28	1,39	1,30	1,07	1,02	1,08	0,518	
															Média \bar{X}	1,08	Média \bar{R}	0,72

FONTE: O autor

Nota: Dados extraídos dos banco de dados da Área de qualidade da empresa pesquisada

A tabela 04 apresenta os dados retrabalhados após ter sido eliminado as variáveis que se encontravam fora da linhas de controle.

Em seguida recalculou-se os novos limites de controle, encontrando os valores para o LIC de 0,90 %; para a LC 1,09 % e para o LSC 1,27 %. Os dados foram novamente plotados para elaboração do gráfico.

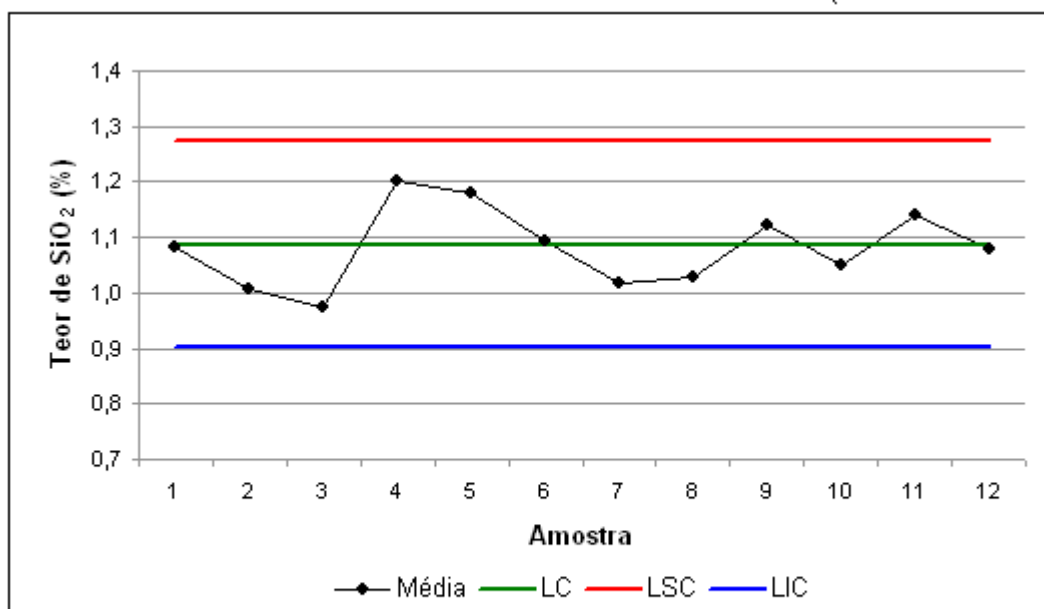
Tabela 05 Cálculo dos limites de controle para gráficos X e S (desvios eliminado)

Amostra	média	media med	variabilidade	A_2	LSC	LIC
jan/08	1,08	1,09	0,70	0,266	1,27	0,90
fev/08	1,01	1,09	0,70	0,266	1,27	0,90
mai/08	0,97	1,09	0,70	0,266	1,27	0,90
jun/08	1,20	1,09	0,70	0,266	1,27	0,90
ago/08	1,18	1,09	0,70	0,266	1,27	0,90
set/08	1,09	1,09	0,70	0,266	1,27	0,90
out/08	1,02	1,09	0,70	0,266	1,27	0,90
nov/08	1,03	1,09	0,70	0,266	1,27	0,90
dez/08	1,12	1,09	0,70	0,266	1,27	0,90
fev/09	1,05	1,09	0,70	0,266	1,27	0,90
mar/09	1,14	1,09	0,70	0,266	1,27	0,90
abr/09	1,08	1,09	0,70	0,266	1,27	0,90

FONTE: O autor

Nota: Dados extraídos dos banco de dados da área de qualidade da empresa pesquisada

GRÁFICO 3 - Variabilidade dos resultados do teor de sílica do calcário (desvios eliminados)



FONTE: O autor

Nota: Dados extraídos dos banco de dados da Área de qualidade da empresa pesquisada

Quando comparado o gráfico 03 acima, com o gráfico 01, percebe-se a redução da variabilidade e a conformação dos dados entre as linhas de controle de limite superior e inferior.

A verificação da variabilidade do processo pode ser analisada após montagem da planilha de variabilidade R e gráfico utilizando os dados encontrados.

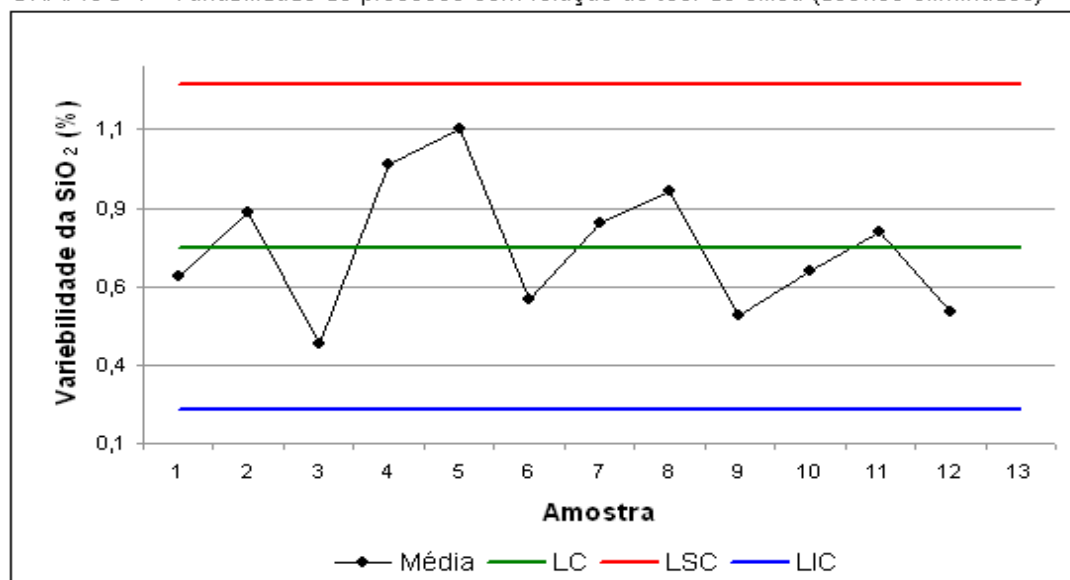
Tabela - 06 Cálculo dos lim. de controle de variabilidade R da sílica (desvios eliminado)

Amostra	\bar{R}	D ₃	D ₄	LIC	LC	LSC
jan/08	0,72	0,283	1,717	0,20	0,72	1,24
fev/08	0,72	0,283	1,717	0,20	0,72	1,24
mai/08	0,72	0,283	1,717	0,20	0,72	1,24
jun/08	0,72	0,283	1,717	0,20	0,72	1,24
ago/08	0,72	0,283	1,717	0,20	0,72	1,24
set/08	0,72	0,283	1,717	0,20	0,72	1,24
out/08	0,72	0,283	1,717	0,20	0,72	1,24
nov/08	0,72	0,283	1,717	0,20	0,72	1,24
dez/08	0,72	0,283	1,717	0,20	0,72	1,24
fev/09	0,72	0,283	1,717	0,20	0,72	1,24
mar/09	0,72	0,283	1,717	0,20	0,72	1,24
abr/09	0,72	0,283	1,717	0,20	0,72	1,24
jan/00	0,72	0,283	1,717	0,20	0,72	1,24

FONTE: O autor

Nota: Dados extraídos dos banco de dados da Área de qualidade da empresa pesquisada

GRÁFICO 4 - Variabilidade do processo com relação ao teor de sílica (desvios eliminados)



FONTE: O autor

Nota: Dados extraídos dos banco de dados da Área de qualidade da empresa pesquisada

O gráfico 4 apresenta uma menor variabilidade com as variáveis do processo ocorrendo mais próxima da linha central, e os Limites de controle encontrados podem ser comparados com a especificação para o produto final. Portanto os limites de controle podem ser considerados satisfatórios e adequados ao processo.

Em nível de comparação, a tabela 07 mostra os valores encontrados para os limites de controle e os valores de especificação do produto final.

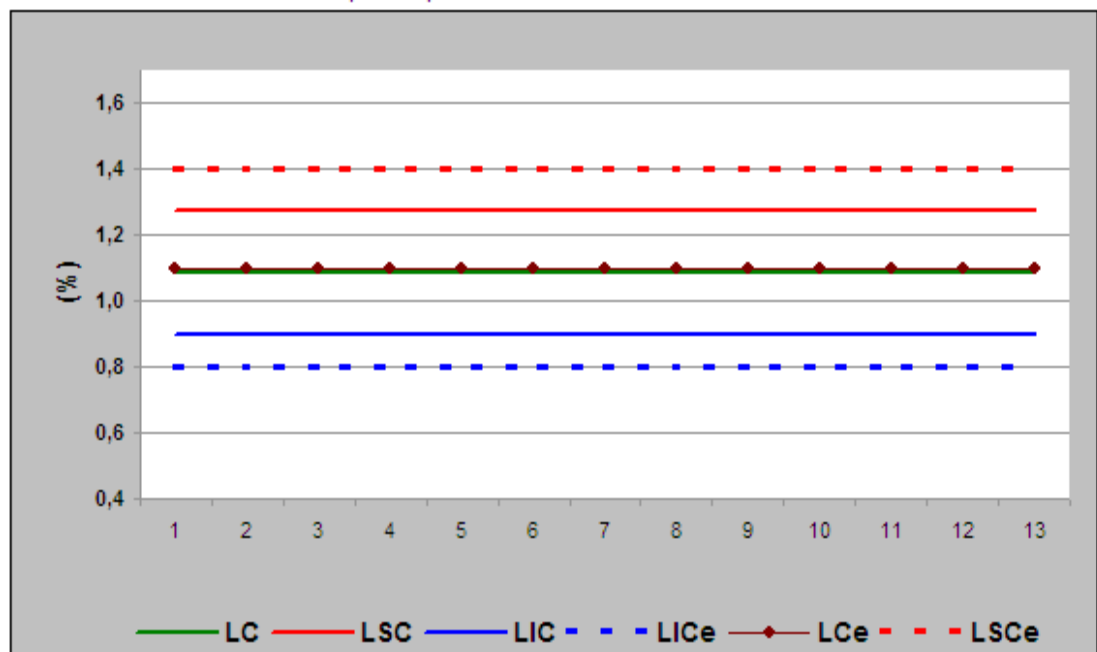
Tabela - 07 Comparativo da especificação do produto X Limites encontrados

Especificação do produto			Limites de controle encontrados		
LIC _e	LC _e	LSC _e	LIC	LC	LSC
0,80	1,10	1,40	0,90	1,09	1,27

FONTE: O autor

Esta comparação fica mais clara para ser entendida através do gráfico 5, no qual pode se observar que os Limites de controles encontrados apresentam-se com linhas de limites mais próximas da linha central, ou seja, o Limite inferior de especificação (LIE) está abaixo do limite inferior de controle do processo (LIC), e o limite superior de especificação (LSE) está acima do limite superior de controle (LSC).

GRÁFICO 05 - Limites de controle de especificação X Limites de controle encontrados para o processo



FONTE: O autor

6 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste trabalho permitiu a ampliação do conhecimento teórico de técnicas da estatística da qualidade, atingindo expectativa de maneira satisfatória para definição de limites de controle das variáveis da qualidade do calcário, garantindo que o acompanhamento e monitoramento do processo possam ser entendidos para que as suas causas sejam investigadas minimizando o impacto à qualidade do produto final. A tabela 07 e o gráfico 05 mostram que os Limites de controles encontrados quando comparados com a especificação do produto final apresenta-se com linhas de limites mais próximas da linha central, ou seja, o Limite inferior de especificação (LIE) está abaixo do limite inferior de controle do processo (LIC), e o limite superior de especificação (LSE) está acima do limite superior de controle (LSC). Os valores encontrados foram: 0,90 % para o LIC e 1,27% para o LSC. A sua implementação permite aos envolvidos no processo satisfazer o conceito de processo sob controle. É evidente que quando se opera um processo sob controle, a energia antes dispensadas para eliminar as não conformidade e executar ações para tratamento das mesmas, passam a ser canalizadas para aplicação de melhorias que deixará o processo cada vez mais eficiente.

Espera-se que com a determinação dos novos limites para o beneficiamento de calcário, haja uma redução significativa ou eliminação das não conformidades de qualidade do processo seguinte, expedição e embarque do produto. Porém, somente ter definido os limites para controle do processo não é suficiente para que o mesmo se mantenha sob controle, é necessário implantar procedimentos bem definidos que descrevam textualmente as atividades e responsabilidades. A implantação dos limites de controle na planta de processo, resultará em ganhos não só de qualidade do produto final, mas, também trará benefícios como redução de retrabalhos e conseqüentemente redução de custos de produção e aumento da produtividade do processo.

Um estudo comparativo entre as variáveis após implementação dos limites de controle na planta de beneficiamento e o atendimento da qualidade do produto final deverá ser realizado, baseando se no dados de um período no mínimo de seis meses. Outra análise que deverá ser executada é um comparativo de eventos de não conformidades do produto final, expedido para o cliente, considerando um período antes da implantação e pós implantação dos limites de controle determinados. A duas avaliações servirão para analisar a efetividade do trabalho realizado. Os trabalhos também deverão ser continuados para que demais

características de qualidade do calcário possam ter seus limites de controle definidos, garantindo maior atendimento da satisfação do cliente.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, A. S. (2004), **Engenharia da Qualidade na Mineração**: Modelo de controle estatístico de processo para brita e areia industrial. Tese de doutorado, Depart. de Engenharia de Minas e de Petróleo da EPUSSP, Editores associados Ltda. São Paulo, pg. 19 - 26

ALVES, P. H. B. F; NEUMANN, C. S. R & RIBEIRO, J. L. D. (2003) - **Etapas para implantação de controle estatístico do processo: um estudo aplicado.**

BAFFI, M. A. T (2008) - **Tipos de pesquisa** disponível em
<<http://vilmarpereira.blogspot.com/2008/03/tipos-de-pesquisa.html>>. Acesso em 14 de março de 2009

CORREA, H. L. & GAON, M (2002). **Gestão de serviços**. Editora Atlas S.A. São Paulo

GRAÇA, J. C. (1996) - **O CEP acaba com as variações?** Revista da Qualidade. Editora Banas. São Paulo, pg 84-85

MONTGOMERY, D.C (1985) – **Introdução ao controle Estatístico da Qualidade.**

RIBEIRO, J. L. & CATEN, C. T. (1998) – **Controle Estatístico do Processo**. Apostila do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Editora da UFRGS. Porto Alegre.

SIMÕES, R & ALLIPRANDINI, D. H (2006) - **Gestão da melhoria contínua**: modelo de boas práticas e aplicação em uma empresa de médio porte, Faculdade Etapa e PPGEP/UFSCar

SLACK (1997) – **Administração da Produção**. Editora Atlas. São Paulo.