

## Fundamentos Administrativos e Técnicos do Controle de Processo. Parte II

**Milton José Berto<sup>a</sup>, Glais Aluizio de Rossi<sup>b\*</sup>**

<sup>a</sup> *Consultor Técnico em Cerâmica - ex diretor Industrial da  
Cerâmica São Caetano e consultor técnico*

<sup>b</sup> *Consultor econômico da empresa Rossi & Barros S/C Ltda  
AV. Santa Catarina 619 cj. 21 - Vila Santa Catarina - Capital*

*\*e-mail: info@rossibarro.com.br*

**Resumo:** A presente matéria vem de encontro das necessidades do elemento humano, através do conhecimento, implementar técnicas de avaliação do processo produtivo, garantindo o controle das atividades com ações participativas e o comprometimento da alta administração com políticas que visam garantir a excelência da qualidade e a valorização do homem no trabalho.

**Palavras-chaves:** *Planejamento, organização, qualidade*

### Aspectos Organizacionais do Controle de Processo

A tarefa de uma organização para controle de processo é a administração das atividades das pessoas ou grupos que trabalham dentro da estrutura voltada para exercer:

- O auto-controle;
- Detecção de ajustes produtivos;
- Aprimoramento para aumentar a produtividade, melhorar a qualidade e reduzir custos.

O espírito motivador da organização deve ser aquele que estimule todos os empregados da empresa para a consciência agressiva da qualidade (de produto, de serviços, de relacionamento, de comunicação, etc...). Este espírito tem elementos intangíveis, entre os quais o comprometimento da alta gerência é de caráter supremo. Depende também de elementos tangíveis, o mais importante deles é que a estrutura organizacional para o controle do processo permita o máximo de resultados com um mínimo de atritos entre o pessoal envolvido, sem quebra de autoridades.

O estabelecimento de uma organização de controle de processo é um assunto preponderantemente de relações humanas.

Basicamente a responsabilidade geral do controle de processo recai diretamente sobre uma alta gerência, po-

rém ela não pode atuar por si só como tal mecanismo, daí a conveniência de se criar um organismo que sirva como um mediador, harmonizador de interesses conflitantes.

Este organismo, de maneira nenhuma, irá subtrair as responsabilidades gerenciais específicas.

Na maioria das empresas as alocações de recursos humanos, esforços e investimentos são feitas, em sua maior parte, no desenvolvimento tecnológico, desenvolvimento de marketing e desenvolvimento de sistemas de Processamento de Dados. O setor de Produção (recursos produtivos) raramente acompanha o ritmo de desenvolvimento dos outros setores citados anteriormente. As atividades do controle do processo em parte, procura detectar essas discrepâncias, afim de que os crescimentos dos vários setores da empresa sejam harmonizados.

Para que se obtenha produção econômica é necessária uma preocupação constante em se ajustar a aplicação de recursos compatíveis com o nível de qualidade requerido.

O controle de processo deve ser estruturado visando conseguir o equilíbrio entre os recursos aplicados e as demandas para o cumprimento de certos níveis de performances.

A Estrutura Organizacional deve facultar a conscien-

tização da qualidade em todos os níveis da organização.

A eficácia do processo é afetada por dois fatores principais:

- Tecnológicos - equipamentos, materiais, máquinas, etc.
- Humanos - operadores, gerência, pesquisadores, etc.

A gerência deve perceber e se conscientizar de que a maior parte dos problemas referentes a eficácia do processo para gerar produtos “Conforme”, dentro da melhor economicidade, é devida ao *Sistema* (organização, informações, recursos produtivos, etc.) e portanto de responsabilidade gerencial. Como consequência os resultados operacionais, em termos de produtividade, qualidade e redução de custos, ficam limitados pelo *Sistema*.

Especialistas Renovados tais como: Deming, Juran, Ishikawa, Shewhart, Box, etc, demonstram que apenas 15% do que pode ser melhorado numa indústria dependem dos operadores e que 85% dependem do *Sistema*, isto é, da *Gerência*.

## Aspectos Sistêmicos do Controle de Processo

O Sistema para o controle de Processo é um estabelecimento planejado de regras gerenciais e de comunicação, envolvendo atividades e eventos coletivos que são proporcionados para assegurar que um processo produtivo funcione com a máxima eficácia.

O sistema deve também ser apropriado para determinar e quantificar as limitações do processo, detectar gargalos de produção e também dimensionar, de forma equilibrada, as etapas do processo.

O sistema deve propiciar ações planejadas e sistemática no processo, necessárias para gerar produtos que satisfaçam a determinadas especificações.

Três problemas principais que afetam a conformidade do produto, com as suas especificações impedem o alcance eficaz na geração de produtos em níveis de excelência.

São eles:

1º O avanço tecnológico propicia produtos bem atuais, dentro das condições de laboratório. Os testes dos novos produtos em linha de produção são feitos cercados de cuidados especiais, resultando em uma avaliação que aprova a adaptação do produto em linha de produção quando o produto entra efetivamente em produção, começam a aparecer problemas e providências para correções de recursos fabris que não foram adaptados convenientemente para atenderem as exigências de especificações do novo produto.

2º As administrações das empresas se iludem quando acham que apenas um bem sucedido programa irá resolver os problemas de produtividade ; qualidade e custos da Empresa. Esse programa tem a grande virtude de criar a principal base, através, da satisfação dos operários, que ficam motivados para o melhor desempenho dentro dos recursos que a eles são ofertados. Especialistas renovados que implantaram esse tipo de programa no Japão, demonstram que

as contribuições controladas pelos operários, correspondem a menos de 20%, ao passo que as que requerem atenção da administração e dos órgãos gerenciais passam de 80%.

3º A convicção de que o treinamento sobre qualidade para os executivos, por si só, tornará a empresa competitiva. Os programas destinados a apoiar as empresas a “*Fazer as Coisas Corretamente na Primeira Vez*” nunca atingem resultados satisfatórios, a menos que se incluam um sistema de avaliação ativo, visando a solução de problemas estatísticos, através de investigação no processo e de planejamento e análise de experimentos industriais.

A dicotomia entre o projeto e a sua produção resulta em se desenvolver produtos cuja viabilização na fábrica é problemática devido à limitação de recursos fabris. Se a empresa adotar uma política de liderança em qualidade é necessário que os recursos produtivos sejam compatibilizados com essa política.

Em qualquer processo existem dois tipos de problema: *Crônico* e *Esporádico*. Fazendo uma analogia com o processo social, a mortalidade infantil no Brasil é um problema crônico enquanto que o acidente de radioatividade ocorrido em Goiânia é um problema esporádico.

Problemas crônicos, são problemas conjunturais que só a direção pode resolver. Já os problemas esporádicos podem ser resolvidos pela atenção dos executadores.

No processo produtivo, cabe ao sistema de: Controle de Processo identificar e quantificar esses problemas. De um modo geral a Gerência desconhece os problemas de forma quantificada.

O ideal seria que os supervisores de Produção fossem treinados em técnicas analíticas. O processo produtivo é complexo e tem interações de comportamentos em suas várias etapas e só com os métodos analíticos as anomalias podem ser descobertas e corrigidas.

O sistema deve estabelecer regras para que dados do processo sejam obtidos de forma sistemática, dentro de conceitos bastante objetivos, através de planos bem conduzidos.

A maior arma para envolver as equipes de trabalho de um setor, é criar um sistema de medição, que os próprios operadores executem e que os números sejam apresentados de forma gráfica. Os operários, mesmo que não possuem alto nível de escolaridade compreendem facilmente as demonstrações pictóricas. É também fácil de ensinar aos operadores a confeccionarem gráficos e a colocarem pontos nos gráficos.

Histogramas, Gráficos de Controle, e EVOP, resolvem mais de dois terços das necessidades analíticas referentes ao Controle de Processo.

## Aspectos Inovadores para a Condução do Controle de Processo

A maioria dos setores que controlam a qualidade de produtos, no Brasil, restringe suas atividades àquelas relacionadas com a *Inspeção*, “separando o jôio do trigo”. Con-

trolam mais os Efeitos do que as Causas. Há necessidade de se dar, mais ênfase ao controle das Causas, reduzindo como consequência o controle dos Efeitos. Isto quer dizer que o controle deve ser incrementado no Processo.

Para que o controle possa ser incrementado no Processo várias mudanças devem ser efetivadas. Para a efetivação das mudanças, políticas e diretrizes básicas devem ser modificadas.

No caso do Controle do Processo, o termo *Política* refere-se aos princípios básicos que irão guiar as ações na linha de produção, naturalmente alicerçados e harmonizados pelas orientações das Altas Gerências. Algumas questões básicas que merecem atenção na formulação de políticas podem ser enumeradas:

- 1º Controle mais centralizado no Processo do que no Produto;
- 2º Provocar mudanças para, cada vez mais melhorar a qualidade, a produtividade e os custos;
- 3º Equilibrar o ritmo de desenvolvimento dos Recursos Produtivos, de modo harmônico com o ritmo de desenvolvimento de Pesquisa e de Marketing.

Para efetuar as mudanças há que se considerar dois aspectos principais:

- Mudanças referentes a máquinas, produtos, processos, equipamentos, etc. - mudança técnica.
- Mudanças referentes às implicações associadas com as pessoas - mudança social.

Não se poderá efetivar uma mudança técnica sem considerar a mudança social. Uma mudança técnica, automaticamente implicará em uma mudança social. Essas mudanças sociais provocam ameaças a status, hábitos, tradições, crenças, etc. As pessoas se acomodam numa rotina de comportamento que são importantes para elas e que as defendem, o mais possível, de qualquer intromissão.

A mudança social é o maior entrave para a solução e evolução em qualquer processo, por causa disto necessário se torna a boa compreensão da natureza das mudanças sociais, para que se possa abordá-las de maneira apropriada.

As pessoas frequentemente resistem a mudanças tecnológicas, embora a verdadeira razão para as suas objeções seja o efeito social. A mudança social, depende muito da cultura das pessoas envolvidas. A cultura é um grande agregado de procedimentos adquiridos, uma coleção de crenças, práticas e tradições compartilhadas por um grupo de pessoas.

Para se conseguir mudanças deve-se:

- Estar ciente de que se está lidando com modelos de hábitos, crenças, tradições, que podem ser diferentes do nosso próprio.
- Descobrir quais os efeitos sociais das mudanças tecnológicas propostas.

## Recomendações

- 1º Estabeleça a mudança em termos que seja importante

para as pessoas envolvidas, e não com base na lógica da mudança.

2º Use a participação para a obtenção de idéias, tanto sobre os aspectos técnicos como sociais da mudança:

- Conheça as pessoas para as quais a mudança se destina. Quais são seus objetivos, seus problemas, etc;
- Anuncie a necessidade da mudança e consiga a participação dos envolvidos, o mais cedo possível;
- Responda e discuta com os envolvidos as sugestões apresentadas de uma maneira que mostre respeito por todos;
- Execute mudanças gradativas, se possível, de modo que a otimização possa ser conseguida em função dos resultados anteriores (EVOP);
- Previna surpresas, mantendo informado todos os envolvidos;
- Ponha-se no lugar de um participante que resiste a mudança.

Na parte administrativa e organizacional há que se criar articuladores de inovações e fazedores de diagnósticos.

Os articuladores de inovações são componentes de um comitê que dá direção e recomendações num programa de desenvolvimento.

Os fazedores de diagnósticos são componentes de uma assessoria que desenvolve um trabalho com a participação de operadores, ajudantes e encarregados da operação, cuja principal finalidade é determinar sintomas, investigação do processo, planejando e conduzindo experimentos para testar teorias e estabelecendo relações entre causas e efeitos.

No diagnóstico, duas situações devem ficar bastante claras:

- Tipo de problema que é controlável pela ação dos operadores (problemas esporádico);
- Tipo de problema que é controlável pela ação gerencial (problema crônico).

As administrações de empresas vêm desenvolvendo mudanças nos seus sistemas administrativos e organizacionais, baseando-se na administração participativa, tomando como exemplo a experiência japonesa. Entretanto no Brasil, adaptações devem ser realizadas devido a diferenças culturais. Observe os confrontos na Tabela 1.

## Aspectos Técnicos do Controle de Processo

Princípios Estatísticos:

- Não existem duas coisas exatamente iguais;
- As variações de um produto ou processo podem ser medidas;
- As variações obedecem a uma lei definida;
- Uma elevada parte dos valores medidos tende a aproximar da média desses mesmos valores;
- A curva de distribuição de frequência desses valores pode ser estimada;
- As variações devidas a causas comuns podem ser

- separadas das variações devidas a causas especiais;
- Todo Efeito é produzido por um sistema de causas;
  - Na maioria das vezes duas ou três causas explicam mais de 50% das variações do Efeito.
- A influência dessas causas no Efeito pode ser estimada.

## Técnicas Analíticas

### Gráfico Sequencial:

É o mais simples de todos os gráficos. Em uma etapa de produção amostras sequenciais são coletadas a intervalos regulares. A medida de uma certa características das amos-

tras são plotadas em um gráfico, onde o eixo horizontal representa a sequência da produção e o eixo vertical representa os valores das medições. Esse tipo de gráfico é muito utilizado nas reuniões periódicas do Controle de Processo.

*Exemplo: Umidade na saída do secador (Fig. 1).*

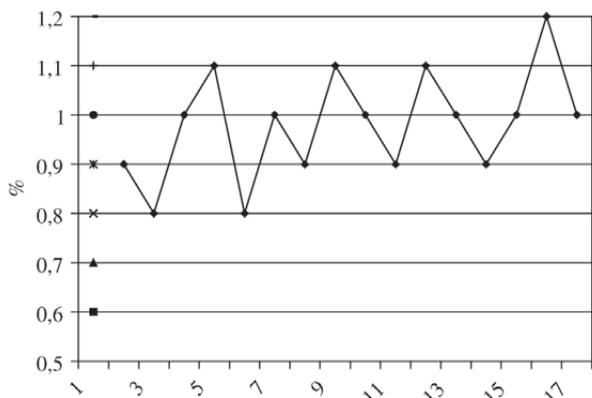
### Gráfico de Capacidade do Processo

É um gráfico sequencial, onde se acrescenta os limites de especificação, máximo e mínimo. Os pontos referem-se a valores individuais confrontados com a especificação.

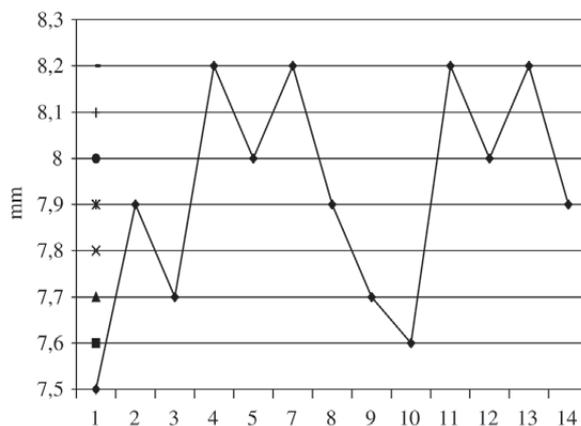
*Exemplo: Espessura na Prensagem (Fig. 2).*

**Tabela 1.**

Modo Negativo	Modo Positivo
Moldes do Japão – A maioria das empresas desconhece a capacidade de seus processos. Querem que os operários, resolvam problemas de qualidade, que dependem de limitações do processo é uma utopia devido a limitações de escolaridades de nossos operários, eles sozinhos são, incapazes de ir além dos pequenos ajustes dentro do âmbito de suas operações.	Formar grupos de controle de processo que deverão ser treinados e capacitados para o auto-controle. Assessorias especializadas deverão ajuda-los na solução de problemas, detectando limitação de recursos fabris.
Centralização administrativas nos níveis hierarquicos mais elevados.	Descentralização administrativas com delegações de responsabilidades a níveis hierarquicos inferiores
Programa de curto prazo. Tipo “apagar incêndio”	Programa de médio e longo prazo, com treinamento, integração e valorização do operário, criando motivação para produzir qualidade.
Grupos de investigadores de Processos e de Engenharia Industrial que estudam e chegam a conclusões para resolver problemas de forma rápida. Na prática a solução não é perpetuada.	Grupo de operários que coparticipam na solução do problema, garantindo perpetuação e reajustes periódicos



**Figura 1.** Gráfico Sequencial.



**Figura 2.** Gráfico de Capacidade do Processo. Obs: gráfica – 8,1 – máxima e 7,8 mínima.

### Carta de Controle

A carta de controle é um gráfico constituído por uma linha horizontal, central, que representa a média dos valores medidos de uma característica. Acima e abaixo, simetricamente a linha central, são colocados duas linhas que, de forma calculada, delimitam os valores considerados normais, de acordo com uma probabilidade de ocorrência. Os valores que ocorrem em torno da média, dentro dos limites, superior e inferior, tem variações aleatórias produzidas por múltiplas causas, variações essas que somente poderão ser reduzidas se o processo for modificado (Variação Crônica). Valores fora dos limites mostram que houve uma causa preponderante para as suas ocorrências, que pode ser descoberta e corrigida (Variação Esporádica).

É um dos métodos mais eficaz para análise e controle de um desempenho.

*Exemplo: Resíduo por lavagem do pó fornecido pela UNICER – lote de 14 ton (Fig. 3).*

### Histograma De Frequência

Constroi-se um histograma de frequencia traçando-se uma linha horizontal, na qual se assinalam tantos segmentos iguais é sucessivos quantas forem as classes da série. A esquerda da linha horizontal levanta-se uma vertical, onde se escalam as frequências em progressão aritmética.

Os pontos assinalados na horizontal, são identificados com os limites de classe da série.

Para cada intervalo de classe, levanta-se retângulos de várias alturas, proporcionais ao número de casos, ou seja, a frequência de cada classe e que devem coincidir com a escala da linha vertical.

*Exemplo: Bitolas de placas cerâmicas 330 x 330 (Nominal), (Fig. 4).*

### Índices de Qualidade

É uma técnica para avaliar a qualidade de lotes produzidos e/ou fornecidos, dentro do contexto da garantia da qualidade. Existem 3 Índices de Qualidade, envolvendo precisão e exatidão, em relação a parâmetros de especificações:

- Índice de Exatidão é o grau de concordância da média dos dados com um valor referencial (geralmente a semi-soma dos limites de especificação).
- Índice de Precisão que relaciona a amplitude da especificação com 6 desvios padrões dos dados.
- Índice de Capabilidade que mede a porção de dados dentro da especificação.

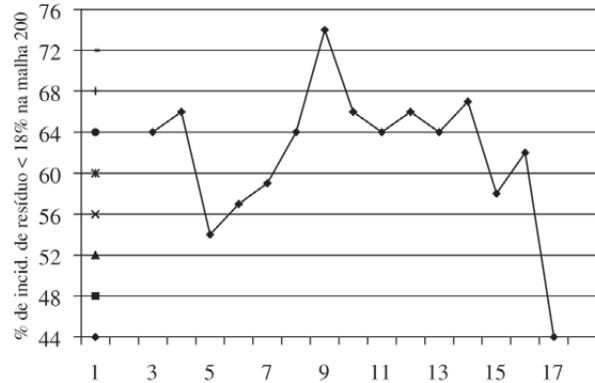
### Gráfico de Pareto

O gráfico de Pareto baseia-se no princípio de que poucas “Causas Vitais” são responsáveis pela maior parte de variação provocada no “Efeito” e muitas “Causas Triviais” são responsáveis por uma variação do “Efeito”. O princípio do Pareto define as prioridades do ataque do proble-

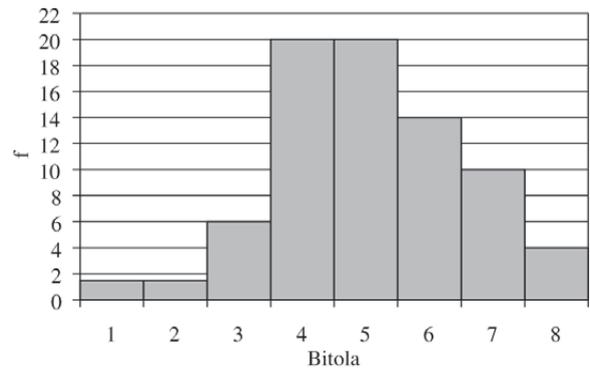
ma. “Primeiro caça-se os elefantes, depois cuida-se das formiguinhas”.

*Exemplo: Fatores que mais Influenciam a qualidade de placas cerâmicas (Fig. 5).*

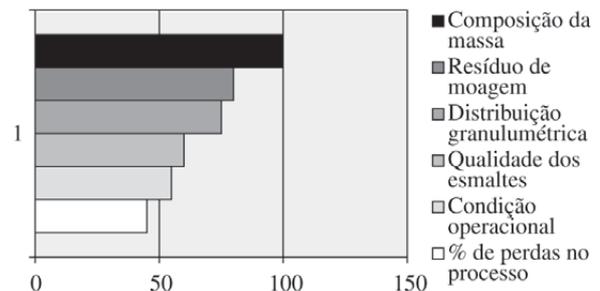
(Neste exemplo a classificação é qualitativa. Há exemplos em que os fatores podem ser quantificados, como é o caso dos principais produtos que concorrem para a receita de uma empresa).



**Figura 3.** Carta De Controle Cada ponto representa um caminhão. Obs: na linha 68 - LSC; na linha 52 - LIC.



**Figura 4.** Histograma de Frequências.



**Figura 5.** Gráfico de Pareto.

## EVOP – Evolução Operacional

EVOP é um sistema de Planejamento e Análise de experimento, em linha de produção, pautado nas técnicas de Experimento Fatorial, porém usando métodos bastantes simples e de fácil compreensão. Baseia-se no conceito de que todo lote produzido pode contribuir com informações a respeito das variáveis do processo sobre as características de qualidade do Produto. O projeto de experimento considera a introdução de *Pequenas Mudanças*, nas variáveis causas do processo, de tal maneira que não comprometa a qualidade atual do produto, porém suficientes para gradualmente estabelecer:

- Quais as variáveis importantes;
- Ajustes das variações para otimizar o processo.

## Teste de Hipóteses

Em numerosas situações as decisões devem estar baseadas na interpretação dos dados. Esta situação não se restringe apenas a um Engenheiro de Investigação é um assunto que deve ser tratado por vários funcionários ligados à produção, manutenção, vendas, técnica, etc...

A interpretação de dados, nesses casos, se configura na definição se determinadas diferenças de valores encontrados são significativas ou elas ocorrem simplesmente por acaso.

Veja os seguintes exemplos:

- O resíduo da massa recebido no ano de 1997 deu valor médio de 25% na malha 200; no primeiro semestre de 1998, esse valor médio subiu para 28%. Pode-se concluir que a qualidade da massa piorou?
- O consumo de GLP no segundo semestre de 1997 foi de 13,2%. No primeiro semestre de 1998 passou para 13,8% pode-se afirmar que esse consumo aumentou de forma significativa?
- A variação dimensional das Placas Cerâmicas durante o ano de 1998 deu valores de + ou - 2,1 mm em torno do nominal. No primeiro semestre de 1998 a dispersão caiu para + ou - 2,1 mm em torno do nominal. Pode-se concluir que a dispersão foi reduzida de modo significativo?

## Distribuição de Frequência

Uma etapa importante na análise de dados é a arrumação de valores observados. Quando esses valores são listados em ordem numérica e de frequência, o arranjo é denominado uma distribuição de frequência. Existem muitas maneiras de se mostrar uma distribuição de frequência em forma gráfica. A mais popular é o Histograma de Frequência.

O conhecimento e o domínio da distribuição de frequência, são condições básicas para o estudo de todas as técnicas analíticas.

Para que serve? Onde se aplica?

- Comparação de padrões de comportamento de qualquer fenômeno em estudo.

- Ajustamento de padrões com especificações
- Determinação de probabilidades em função do afastamento da média da população.
- Visualização simples e fácil de qualquer fenômeno.

Os valores que geram diferenças significativas tem causas detectáveis que uma vez descobertas orientam a tomada de ações para as devidas correções.

As cartas de controle constituem-se num dos mais fortes métodos de controle, tanto para qualidade, como para produtividade, ou outro desempenho qualquer.

## Análise de Regressão e Correlação Simples

Em muitos fenômenos estatísticos existem relações entre variáveis. A regressão simples é uma técnica analítica para estimar de forma empírica uma relação entre duas variáveis, por exemplo:

*Se a D.A feita através de teste geométrico tiver uma relação linear com D.A feita pelo método de pesagem em balança hidrostática, então poder-se-ia evitar o ensaio de M.E.A e realizar sua estimativa do P/V geométrico, resultando em economia de controle.*

*Uma vez que se descubra a existência de uma relação útil e significativa entre duas características pode ser conveniente fazer uso dessa técnica.*

A correlação mede o grau de certeza da obtenção de uma variável que se quer estimar através de outra para a qual se faz a medição.

### Resumindo:

A regressão simples estima a melhor linha de ajuste entre duas variáveis.

A correlação avalia os erros entre os valores reais e a linha ajustada.

Exemplos de aplicação de Regressão e Correlação:

- Determinação de P.A. em função de D.A.
- Determinação de aumento de venda em função de redução de preço.
- Determinação das medidas das peças em função da vida do estampo.
- Determinação do consumo de GLP no forno em função da produção.

## Análise de Variância

A amostra necessária para avaliar com certo grau de confiabilidade da qualidade média de um lote de produto depende de:

- Variações reais de sua qualidade;
- Variações associadas com a amostragem;
- Variações associadas com a redução da amostra para ensaio;
- Variações associadas com o ensaio, etc.

Quando uma amostra é coletada pressupõe-se que ela é representativa de um lote do qual essa amostra foi coletada.

Ao se fazer a redução da amostra, por exemplo de 50 Kg para 1 Kg, pressupõe-se que esse 1 Kg represente os 50 Kg.

Ao se fazer uma análise química pressupõe-se que haja uma boa reprodutibilidade.

Entretanto sabe-se que todos esses pontos citados sofrem variações e que contribuem para a variação total dos resultados finais.

A análise de Variância é uma técnica que quantifica as variações devidas a cada um desses pontos. Claro está que providências para correções devem ser concentradas na fonte de maior variação, por outro lado mostra a precisão da avaliação da característica de qualidade em estudo ou sob controle.

## Programação Linear

É uma técnica analítica que se aplica na solução de qualquer problema envolvendo a distribuição da Recursos Escassos entre atividades competitivas. Suas grandes virtudes são: Ampla aplicabilidade e grande simplicidade.

Um problema de Programação Linear pode ser assim estruturado:

- Existe um *Objetivo* a ser alcançado, que se deseja otimizar. São exemplos:
  - minimizar tempo, maximizar produtividade
  - minimizar custo, maximizar venda, maximizar lucro.
- Existe o envolvimento de muitas *Variáveis*, que devem ser consideradas simultaneamente. Algumas dessas variáveis, são variáveis causas, tais como: Nível de produção de cada produto, nível de qualidade de cada produto, índice de refugo, etc.
- Existe muitas *Interações* entre as variações. Essas interações se origina do fato de que se tivermos recursos limitados, por exemplo, capacidade de queima, e produzirmos uma determinada quantidade do produto A, haverá então menos recursos disponíveis para a produção dos produtos B, C, D, etc. Os produtos, de certo modo, disputam os recursos disponíveis. Como resolver esse conflito, de modo a se obter o programa de produção mais vantajoso.

Algumas aplicações da Programação Linear:

- problema de mistura: Qual a melhor combinação de matérias primas que resulte num produto com as características desejadas, a um custo mínimo.
- problema de transporte: Qual a melhor rede de distribuição de modo a minimizar o custo de transporte.
- problema de planejamento da produção: Como alocar os produtos às máquinas, equipamentos que resulte no menor custo de produção.
- problema de vendas: Como determinar o produto Mix que otimize o lucro da empresa.

## Planejamento de Experimento

A essência do método científico é o processo de se tirar

conclusões a partir de fatos, de resultados, de experimentos reproduzíveis e não através de crenças, conjecturas, opiniões ou por adivinhações.

A pesquisa científica é um processo para se atingir o conhecimento. O conhecimento sobre qualquer fenômeno técnico ou científico somente pode ser alcançado através de medições. Essas medições devem ser planejadas, de tal maneira que se possa estabelecer as relações e influências entre variáveis. Essas medições devem estar subordinadas a um grau de fidedignidade compatível com as exigências de cada caso. Todos esses pontos são resolvidos pelas técnicas de Planejamento de Experimento.

A grande virtude de um planejamento de experimento bem conduzido é a conversão das opiniões em números. Não há desacordo quanto ao significado numérico. As técnicas mais utilizadas num planejamento e análise de experimento são: Teste de hipóteses, análise de variância, experimento fatorial e correlações simples e múltiplas.

### A Medição e Seus Problemas

Para que se possa controlar o processo é imprescindível que se faça avaliações sistemáticas, envolvendo:

- Determinação de uma unidade de medição, como por exemplo: Da, Kg, mm, etc.
- Instrumento adequado para a medição (Paquímetro, Balança, etc.)
- Equipamentos adequados para testes e ensaios, como por exemplo equipamentos para determinar granulometria, umidade, fluência, viscosidade, etc.
- Normalização dos sistemas de medição, incluindo amostragem e preparação da amostra, além da norma do próprio ensaio.

A experiência vivida em investigação e análise do processo produtivo, mostra que o maior problema com que se defronta para controle do processo está associado com o sistema de medição. Antes de se iniciar qualquer estudo de capacidade de Processo, deve se dar um destaque especial a adequação do sistema de medição, sendo que o valor da confiabilidade do sistema deve ser caracterizado. A precisão da medição deve se situar com 1/10, ou menor, em relação a faixa de tolerância, ou da variação total da propriedade que se esta medindo.

O primeiro passo na investigação de um sistema de medição é o de se inteirar das respostas das seguintes questões:

- 1º Os dados referentes as medições estão recebendo influências ou tendências, em função dos limites de controle?
- 2º No caso de se Ter mais de um instrumento, ou mais de um laboratório, ou mais de um analista, quais as variações associadas com cada um desses itens?
- 3º Quais as variações associadas com:
  - a amostragem?
  - a preparação da amostra?
  - o método de medição?

Para solucionar esses problemas utiliza-se conjunto de métodos estatísticos denominado análise de variância.

## Gráfico de Causa e Efeito

*Efeito*, no caso de controle de Processo, significa o resultado de um trabalho ou o resultado obtido através de um processo de produção. Pode ser a qualidade de um produto, a melhora de uma produtividade, um determinado tipo de defeito, uma certa faixa de variação da propriedade de um produto, etc.

*Causa* é a razão, o motivo porque o *Efeito* acontece. É um elemento ou fator que possa exercer alguma influência em um outro fator, em um resultado, aqui chamado de *Efeito*.

O Gráfico de *Causas e Efeito* tem o propósito de representar as várias causas que possam Ter alguma influência num determinado *Efeito*. Um exemplo simples mostra um Gráfico de *Causas e Efeito*.

O Esq. 1 mostra apenas as causas diretas que podem influenciar o *Efeito*, objeto de estudo, isto é, linhas inclinadas incidindo diretamente na linha horizontal (*Efeito*).

Na prática nem todas as causas são *Diretas*, na realidade, o que existem são conjuntos de causas e sub-causas; causas que influenciam outras causas que por sua vez vão incidir no efeito que se está estudando. Uma causa que afeta uma *Causa Direta* é chamada de *Causa Indireta*. No Esq. 2 é dado um exemplo extrapolado do Esq. 1, onde se apõem *Causas Indiretas*.

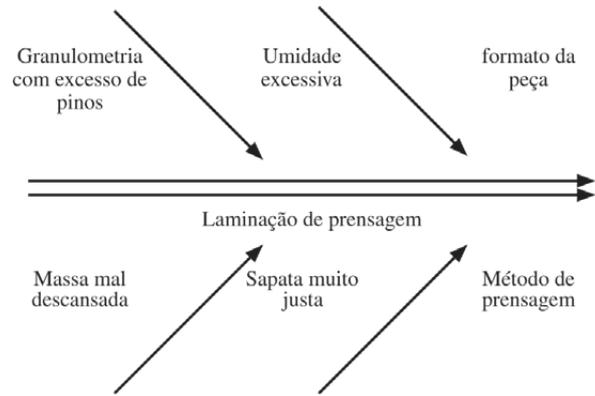
Para se construir um Gráfico de *Causa e Efeito* é conveniente se utilizar a participação de todos os elementos envolvidos num problema de produção. Uma pessoa isolada por mais perita que seja, jamais conseguirá listar todas as Causas influentes num *Efeito*.

Os elementos que trabalham numa área ou em um setor devem se reunir e debater o problema até que se possa iniciar a construção do Gráfico de Causa e Efeito em um grande quadro, onde todos possam ver com facilidade. Afim de orientar a sua construção, serão dadas a seguir as etapas importantes:

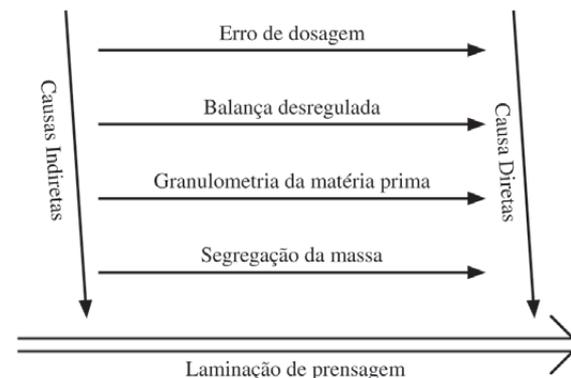
### *Etapas 1 - Esclarecer O Problema*

Em qualquer estudo ou investigação que se pretenda realizar, a primeira etapa consiste em se definir o problema. O grupo deve delimitar o campo de estudo, com o máximo cuidado, decidindo com antecipação o que é que se deseja investigar. Suponha que o problema fosse o de se determinar a variação de bitolas. Daí poderiam surgir as seguintes questões:

- Quais as massas que serão estudadas?
- As variações dimensionais (*Estampo - Peça Crua - Peça Queimada*) devem ser consideradas iguais para comprimento, largura e espessura?
- Existe uma especificação a ser cumprida?
- O atual processo é capaz de cumprir essa especificação?



**Esquema 1.** Exemplo de um Gráfico de Causa e Efeito, Simples.



**Esquema 2.** Causas Diretas e Indiretas

- Quais as causas que provavelmente alteram o dimensionamento das Peças?
- Tem havido fuga de tolerâncias para todos os formatos?
- Qual a dimensão mais crítica?

O problema não ficará perfeitamente claro com o estabelecimento apenas de que se vai estudar a variação de bitolas. Deve-se esmiuçar, definir, especificar, esclarecer, até que se possa Ter uma idéia nítida e perfeita do problema de que se vai ocupar.

Problemas a serem estudados não se aтем apenas ao aspecto técnico do processo, ou questão de qualidade do produto. Podem também se referir a outros aspectos, tais como, rendimento no processo, eliminação de desperdícios, facilidades no trabalho e redução de esforço físico, melhora de segurança no trabalho, melhora de características ambientais, etc.

Na reunião para a construção do gráfico de Causa e Efeito, o importante é a participação de todos, utilizando-se a prática de Brainstorming.

### Etapa 2 - Listagem Das Causas

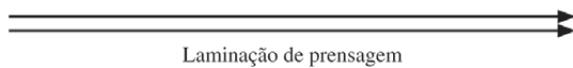
O problema, uma vez definido, é escrito no quadro em letras “garrafais”. A seguir de aos membros do grupo uma folha de papel, para que eles escrevam as várias causas do problema, que lhes venham na cabeça, de uma forma a mais livre possível. Vale tudo, nada será desprezado. Normalmente esta tarefa consome 10 min.

A seguir o líder pede a cada membro que apresente a sua idéia. Essas idéias vão sendo escritas no quadro. A listagem das idéias suscitam novas idéias associadas.

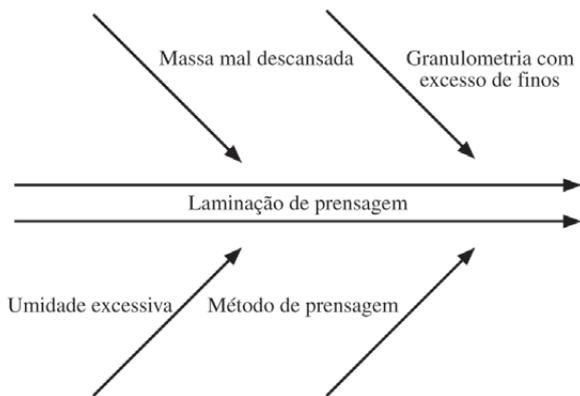
As causas devem ser descritas, tanto quanto possível, as mais específicas. Evitar palavras vagas (Má Qualidade).

### Etapa 3 - Classificação Das Causas

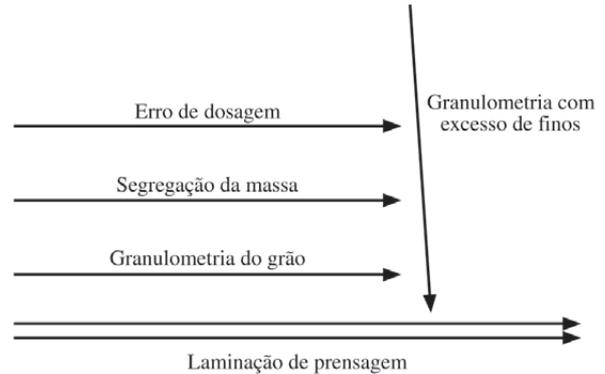
Existem várias formas para se classificar as causas como por exemplo, agrupamento 4M – ( mão de obra - máquina - material - método ). Porém no caso de controle de Processo da Cerâmica *Terranova*, parece que bastaria apenas uma classificação de *Causas Diretas e Causas Indiretas*. Nessa etapa discute a validade das causas, isto é, se realmente o item em discussão é uma *Causa*. Em seguida classificar cada *Causa Direta* com as *Causas Indiretas*.



Esquema 3. Início da Construção do Gráfico



Esquema 4. Evolução das Relações de Causa e Efeito



Esquema 5. Relação das Causas Indiretas.

### Etapa 4 - Desenhar o Gráfico de Causa E Efeito

O gráfico é iniciado com 2 linhas próximas e paralelas, na parte central, tendo em sua direita a ponta de uma flexa, que indica o *Efeito*.

A seguir linhas simples inclinadas, da esquerda para a direita, irão incidir sobre as duplas paralelas, essas linhas irão retratar as causas *Diretas*.

Outras sub-causas que possam afetar as causas *Indiretas* podem também ser grafadas, direcionando-se linhas que irão recair sobre as linhas que simbolizam as causas *Indiretas*.

