

## UTILIZAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO (CEP) PARA MONITORAMENTO DA GRADUAÇÃO ALCÓOLICA (°INPM) NA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL

### USE OF STATISTICAL OF PROCESS CONTROL (SPC) FOR MONITORING THE ALCOHOL CONTENT (°INPM) IN ALCOHOL PRODUCTION

Claudilaine Caldas de Oliveira<sup>1</sup>; Gabriel Campaner<sup>2</sup>; Fabiano Takeda<sup>3</sup>, Antonio Augusto de Paula Xavier<sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Ponta Grossa – Brasil

[clau\\_epa@yahoo.com.br](mailto:clau_epa@yahoo.com.br); [augustox@utfpr.edu.br](mailto:augustox@utfpr.edu.br); [takeda.f@bol.com.br](mailto:takeda.f@bol.com.br)

<sup>2</sup>Faculdade Estadual de Campo Mourão – FECILCAM – Campo Mourão – Brasil

[gabrielcampaner@hotmail.com](mailto:gabrielcampaner@hotmail.com)

#### Resumo

*Este estudo teve como objetivo principal a redução das perdas de álcool provenientes da variabilidade do processo. A metodologia utilizada na pesquisa se intitula quantitativa e qualitativa, tendo características de pesquisa explicativa e metodológica, sendo classificada como pesquisa documental, bibliográfica e estudo de caso. O monitoramento da graduação alcoólica (°INPM) foi efetuado devido a esse parâmetro não apresentar um comportamento estável, acarretando em perdas na produção. O propósito da aplicação era detectar a presença de causas especiais no processo que afastam sua média do valor alvo. Como o álcool hidratado é vendido por uma graduação média de 93 °INPM, a obtenção de graduação acima da média corresponde em perdas de álcool na venda. Já, graduações abaixo da média representam perda na qualidade do produto. Através do monitoramento da graduação reduziu-se a média do processo de 93,34 °INPM para 93,12 °INPM. Desta forma, houve uma redução de 0,235% das perdas de álcool no processo e conseqüentemente a redução das perdas de álcool da vinhaça. Sendo assim, a Empresa obteve ganhos monetários com a aplicação do CEP, uma vez que a aplicação desta ferramenta é simples e pode auxiliar na redução de perdas.*

**Palavras-chave:** controle estatístico do processo (CEP), variabilidade, álcool hidratado, perdas.

#### 1. Introdução

O setor de álcool vem possibilitando um posicionamento otimista, devido à expansão de novos mercados. A agroindústria canavieira apresenta um grande potencial energético por suas fontes renováveis e um balanço produtivo propício ao setor. Segundo Samora (2010), no Brasil, houve um aumento significativo na produção de álcool (etanol), devido à demanda do mercado interno, ocorrendo assim, a redução da exportação.

Diante disto, mesmo com o aumento da produção, as empresas devem assegurar a qualidade dos seus produtos e evitar perdas na produção. Entretanto, existem ferramentas estatísticas para subsidiar no acompanhamento dos processos de produção.

Sendo assim, o Controle Estatístico do Processo (CEP) é uma das ferramentas com forte aplicação em vários segmentos industriais, tendo maior aplicabilidade nas indústrias com o objetivo de medir a variabilidade existente nos processos, proporcionando melhorias na qualidade do produto e redução dos custos de produção por meio da diminuição das perdas. Também é uma ferramenta de fácil implantação, disponibilizando informações essenciais para a tomada de decisões (CARVALHO, 2005).

O presente estudo teve como objetivo, identificar e monitorar por meio da utilização do CEP, os fatores que ocasionam a variabilidade no processo de produção do álcool hidratado de uma usina sucroalcooleira localizada na região Centro-Oeste do estado do Paraná.

## **2. Revisão de Literatura**

Para a realização deste estudo, se faz necessário reportar alguns conceitos e definições pertinentes ao tema. Desta forma, será apresentada uma breve revisão de literatura, subsídio para o cumprimento do objetivo proposto.

Para se abordar sobre Controle Estatístico do Processo (CEP), primeiramente deve-se considerar a gestão da qualidade, pois no parecer de Toledo (2001, p. 483) a gestão da qualidade é “entendida como o conjunto de práticas utilizadas, nas diversas áreas funcionais da empresa, para obter-se, de forma eficiente e eficaz, a qualidade pretendida para o produto”. Na gestão da qualidade e sua abrangência, deve-se entender o que é qualidade, bem como os mecanismos utilizados pela gestão da qualidade para obter a qualidade pretendida.

Segundo Lobos (1991), a qualidade refere-se com o processo pelo qual os produtos ou serviços são materializados, pois se o processo for realizado devidamente, conseqüentemente obterá um bom produto.

A qualidade deve ser buscada por todas as empresas por meio de um conjunto de atividades que possa definir e obter a qualidade desejada em seu produto. Esta função vai desde atuar sobre um amplo conjunto de atividades que abrange todo ciclo de vida do projeto até o consumo final (TOLEDO, 2001; PALADINI, 2005).

Na percepção de Toledo, Batalha e Amaral (2000), o Controle Estatístico da Qualidade (CEQ) é uma metodologia que busca por meio de ferramentas estatísticas melhorar a qualidade do processo, no qual estão inclusos o CEP, as ferramentas de diagnóstico, os planos de amostras e outras ferramentas estatísticas, orientados para o controle da qualidade no processo. O controle do

processo é um enfoque preventivo centrado no acompanhamento e controle das variáveis do processo que podem influir na qualidade final do produto.

Nesta pesquisa, foi realizado um estudo sobre o CEP, utilizando as cartas de controle para variáveis. Para Slack, Chambers e Johnston (2002), as cartas ou gráficos de controle são aplicados para observar se o processo está sob controle, ou inversamente, se não está sob controle.

### *Controle Estatístico do Processo (CEP)*

O CEP é uma ferramenta que visa garantir a estabilidade e a melhoria contínua de um processo, por meio do acompanhamento e controle do processo.

Esta metodologia, é utilizada com intuito de monitorar e aprimorar processos produtivos através da identificação das diferentes fontes de variabilidade que atuam sobre os mesmos, buscando o aperfeiçoamento contínuo da qualidade (AMARAL e ROZENFELD, 2009).

Os gráficos ou cartas de controle são considerados uma das suas ferramentas mais importantes, que monitoram e verificam os resultados de diversas amostras colhidas ao longo de um período de tempo, também para que se possam realizar análises e propor melhorias (SOUZA e RIGÃO, 2005).

O objetivo principal do CEP é controlar a qualidade e, simultaneamente, a produção, através da prevenção de falhas. Este método é quantitativo para monitorar um processo repetitivo, a fim de determinar se o processo está operando adequadamente, permitindo ao gerenciador distinguir entre as flutuações aleatórias inerentes ao processo e às variações que podem indicar que o processo está com problemas (DAVIS, 2001).

Os processos produtivos industriais dependem de diversas variáveis que devem ser mantidas em certos níveis, sempre que um determinado produto está sendo produzido.

De acordo com Davis (2001), todo processo varia de alguma forma, seja ela distinta, amplamente, ou de maneira tênue. Uma cuidadosa análise da variação inerente do processo torna possível a comparação de seu desempenho atual com o seu desempenho esperado, determinado a partir do desenvolvimento passado do processo.

Existem dois tipos de causas para a variação na qualidade dos produtos resultantes de um processo: Causas Comuns ou Aleatórias e as Causas Especiais ou Assinaláveis. A variação provocada por causas comuns, ou variabilidade natural do processo, está sempre presente em todos os processos produtivos. Isto é, quando a variabilidade se mantém em uma faixa estável diz-se que o processo está sob controle estatístico, apresentando um comportamento estável e previsível. Já as causas especiais de variação surgem decorrentes de algum problema no processo, que proporciona grandes variações no produto (WERKEMA, 1995).

A identificação e eliminação das fontes de variabilidade tornam o processo capaz de produzir produtos com características mais próximas das especificações, reduzindo os prejuízos decorrentes de problemas na produção.

Conforme Vieira (1999), por meio dos gráficos de controle pode-se visualizar o desempenho do processo ao longo do tempo. É importante destacar que um gráfico de controle não “descobre” quais são os problemas no processo, mas disponibiliza informações que podem ser utilizadas na identificação desses problemas.

Segundo Martins e Laugení (2005), o processo para construir um gráfico de controle deve-se seguir cinco fases:

1º fase: determinar os limites (LCS e LCI) do gráfico de controle da média e da amplitude;

2º fase: estabelecer um plano para retirada das amostras do processo;

3º fase: para cada amostra retirada, medir a média e a amplitude;

4º fase: colocar os valores encontrados nos gráficos, verificando se estes situam-se dentro dos limites de controle, ou seja, se o processo estará sob controle;

5º fase: os resultados obtidos devem ser analisados verificando se existe a necessidade de algum tipo de ação.

Para Souza e Rigão (2005), os gráficos ou cartas de controle podem ser elaborados a partir de atributos ou variáveis. Os gráficos de controle por atributos se referem às características de qualidade que classificam itens conformes e não-conformes, enquanto que por variáveis baseiam-se na medida das características de qualidade do produto em uma escala contínua.

### *Índices de Capabilidade*

Além de identificar as causas especiais, as cartas de controle podem ser utilizadas para verificar se o processo é capaz de produzir os produtos dentro das especificações pré-estabelecidas. Quando, mesmo eliminando todas as causas especiais de variabilidade, o processo não for capaz de produzir produtos dentro das especificações, será preciso agir sobre as causas comuns, acentadamente mais custoso em termos de tempo e recursos.

De acordo com Amaral e Rozenfeld (1999), os índices de capabilidade podem ser obtidos diretamente dos dados registrados nas cartas de controle. Estes índices medem se o processo está sob controle estatístico, a razão entre as especificações do produto e no que o processo é capaz de produzir.

Se a variabilidade do processo devida apenas às causas comuns for bastante elevada, ultrapassando os limites de especificação, o processo é definido como não capaz. Neste caso, mudanças significativas no processo ou mesmo a adoção de processos alternativos podem ser necessárias para tornar o processo capaz de produzir dentro das especificações desejadas. Para isso

servem os índices de capacidade: indicar se o processo é ou não capaz de produzir dentro das especificações desejadas (AMARAL e ROZENFELD, 1999).

Segundo Martins e Laugeni (2005, p.529) são utilizados dois tipos de índices de capacidade:

[1] Capacidade potencial ( $C_p$ ): indica a capacidade que o processo pode atingir se estiver centrado. Um processo é dito potencialmente capaz se  $C_p > 1$ . Caso contrário, existem causas comuns que não permitem produzir dentro da faixa de especificação. De qualquer forma, a capacidade potencial não deve ser analisada isoladamente, mas acompanhada da capacidade atual (MARTINS; LAUGENI, 2005).

[2] Capacidade atual ( $C_{pk}$ ): mede diretamente a qualidade do processo produtivo. Para Martins e Laugeni (2005), um  $C_{pk} > 1$  significa que a fração de unidades fora dos limites de especificação será menor que 1%. Usualmente, um processo é dito capaz se  $C_{pk} > 1$ ; porém empresas com um padrão de qualidade elevado utilizam a meta de  $C_{pk} > 1,33$ .

Para o caso de um  $C_{pk}$  baixo, mas com  $C_p > 1$ , basta centrar o processo para torná-lo atualmente capaz. Entretanto, se ambos os índices apresentam valores baixos, ações para remover causas comuns serão necessárias.

### 3. Material e Métodos

A pesquisa em questão foi realizada em uma usina de álcool, com intuito de monitorar a graduação alcoólica ( $^{\circ}$ INPM) do álcool hidratado, devido a instabilidade desse parâmetro, acarretando em perdas na produção.

O método utilizado para coletar e analisar os dados é o método de abordagem quantitativo-qualitativo, conforme Richardson (1999). O método quantitativo, por meio da utilização da ferramenta estatística de controle –CEP– utiliza de conceitos estatísticos de tratamento dos dados para avaliação e monitoramento do processo. Já o método qualitativo, da avaliação de determinado fenômeno aos padrões e limites de variabilidade dentro das etapas de produção do produto, sendo fornecidos pela Empresa.

Segundo os critérios de classificação de uma pesquisa propostos por Vergara (2003), esta pesquisa caracteriza-se como pesquisa explicativa, metodológica e, no que diz respeito aos fins e aos meios é classificada com pesquisa documental, bibliográfica e estudo de caso.

Quanto aos fins, a pesquisa é explicativa, pois há necessidade de esclarecimento de determinado fenômenos e acontecimentos ocorridos no decorrer da pesquisa. Vale ainda ressaltar, que tais explicações foram embasadas na revisão de literatura. E ainda é denominada metodológica,

pois se utiliza de ferramentas e técnicas que mostram os caminhos e procedimentos necessários para identificação dos problemas.

Quanto aos meios, a pesquisa realizou-se numa usina *in loco*, sob a forma de estudo de caso acompanhando a produção no chão de fábrica, utilizando o Controle Estatístico do Processo (CEP) para monitorar as variáveis provenientes do processo. Adicionalmente, este estudo apresenta características de pesquisa documental, pois foram utilizados dados e relatórios sobre a produção no período de realização do estudo, além da pesquisa bibliográfica, desenvolvida por meio de livros e artigos científicos já elaborados.

O processo de coleta de dados realizou-se através de observação aberta, documentos já existentes na Empresa e entrevistas ou conversas com funcionários de forma não-estruturada, para obter informações do processo produtivo.

O controle da graduação do álcool é realizado na Empresa por meio de análises em intervalos de duas horas, sendo coletada uma amostra e analisada no laboratório para obtenção do grau do Instituto Nacional de Pesos e Medidas (INPM).

A organização dos dados foi realizada de forma resumida, mostrando os dados de forma agrupada, em intervalos de tempo, utilizando cálculos estatísticos para mostrar com maior clareza os resultados obtidos.

Para a realização da pesquisa utilizaram-se como instrumento, planilhas eletrônicas para tabulação dos dados e realização dos cálculos para a elaboração das cartas (ou gráficos) de controle e dos índices de capacidade. Para medir as graduações, são utilizados um densímetro e um termômetro, obtendo a densidade e a temperatura do álcool, em seguida utiliza-se uma tabela elaborada pelo INPM, que indica o grau do álcool através de uma relação entre densidade e a temperatura.

#### **4 Resultados e Discussão**

Conforme relatórios da Empresa estudada, o álcool hidratado é vendido por uma graduação média de 93 °INPM. Se esse valor estiver acima da média, corresponde em perdas de álcool na venda e graduações abaixo da média representam perda na qualidade do álcool.

Foram coletadas nove amostras durante 20 dias. Os resultados obtidos estão demonstrados na Tabela 1, com 20 amostras da graduação do álcool (°INPM), sendo cada uma com nove elementos (X1 a X9). Na coluna das amostras são enumeradas amostras de um a vinte e em cada unidade desta está incluso um determinado valor de graduação alcoólica. Em seguida, na coluna da  $\bar{X}$  apresentam-se as médias de cada amostra coletada, ao final encontra-se sua respectiva média

( $\bar{\bar{X}}$ ). A coluna R (Amplitude) representa a diferença entre o maior e o menor valor que compõem a amostra, ao final desta coluna a média da somatória das amplitudes ( $\bar{R}$ ).

Tabela 1 – Graduação alcoólica das amostras

Amostras	Valores das amostras (°INPM)									$\bar{X}$	R
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>		
1	93,1	93,2	92,8	93	93	93	93,1	93,3	93,1	93,07	0,50
2	93	93,1	93	92,7	93,1	93,2	93,2	93,1	93,1	93,06	0,50
3	93,2	93,1	93,3	93,4	93,2	93,1	93,1	92,9	93,2	93,17	0,50
4	93,2	93	93,3	93,3	93,1	92,9	93,4	93	93,3	93,17	0,50
5	93,3	93,2	93,2	93,2	93,3	93,5	93,1	92,8	93,4	93,22	0,70
6	93,2	93,2	93,1	93	93,2	93	93,1	93,1	93	93,10	0,20
7	93,3	93,4	93,2	93	93	93,5	92,9	93,2	93,5	93,22	0,60
8	92,9	93,3	93,1	92,9	93	93,1	93,2	93,1	93,2	93,09	0,40
9	93,1	93,2	93,2	93,3	92,9	93,1	92,8	92,9	93,3	93,09	0,50
10	93	93,3	93,4	93,3	93,2	93,3	93,4	93,1	93	93,22	0,40
11	93,4	93,2	92,7	92,9	93,3	93	93,2	93,4	93	93,12	0,70
12	92,9	92,7	93	93	93,2	92,9	93,2	93,1	93,3	93,03	0,60
13	93,3	93,3	93,2	93,2	93	93,1	92,9	93,3	93,2	93,17	0,40
14	92,8	93,3	93,2	93	93,2	93,4	93,2	93,2	93,1	93,16	0,60
15	93,1	93,1	93	93,2	93,4	93,2	93,4	93,1	93,1	93,18	0,40
16	93,5	93,3	93,3	93,2	92,9	92,9	93,3	92,2	93,3	93,10	1,30
17	93,2	93,3	93,1	93,2	93	93	92,8	92,9	93,3	93,09	0,50
18	93,1	93,2	93	93,3	93,4	93,3	93,2	93	93	93,17	0,40
19	92,9	93,3	93,2	93	93	92,9	93,1	93	93,2	93,07	0,40
20	92,9	93	93,1	93	93,1	93,1	92,9	92,8	93	92,99	0,30
Média =										93,12	0,52

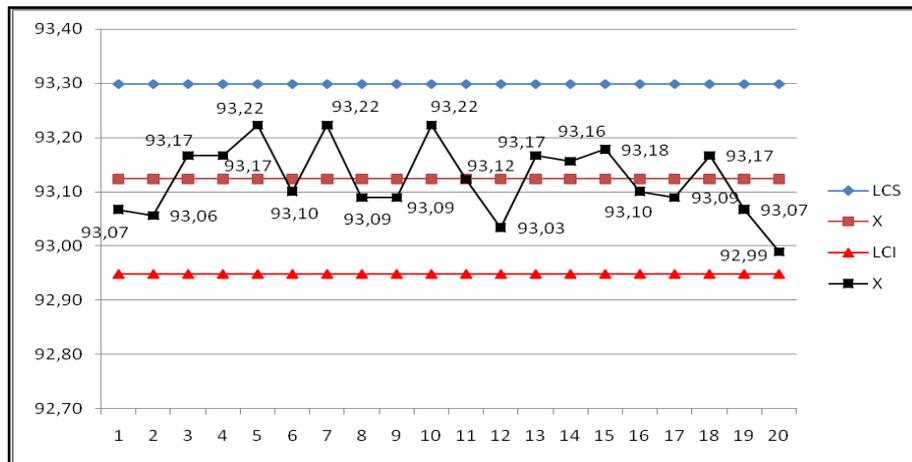
Com os dados obtidos, calculou-se os limites superior (LCSX) e inferior (LCIX) de controle, encontrando os valores 93,30 e 93,95, respectivamente.

Para os cálculos, utilizou-se os valores dos coeficientes A2, D2, D3 e D4 retirados da tabela do Grant e Leavenworth (*apud* Kume, 1993, p. 225), visto que dependem do tamanho da amostra. O tamanho da amostra utilizado foi de nove, conforme o número de elementos que compõem as amostras (X1 a X9).

Após obter os limites de controle, elaborou-se a carta de controle  $\bar{X}$  conforme mostra a Figura 1. A carta  $\bar{X}$  é composta por uma linha central ( $\bar{\bar{X}} = 93,12$ ) representando a média do processo e as duas linhas nas extremidades que representam os limites superior e inferior de controle (LCSx = 93,30 e LCIx = 92,95). Os limites de especificação impostos pela empresa para o

monitoramento desta variável são  $LESX = 93,4$  e  $LEIX = 92,8$ , utilizados na elaboração dos índices de capacidade.

Figura 1 - Carta de Controle  $\bar{X}$



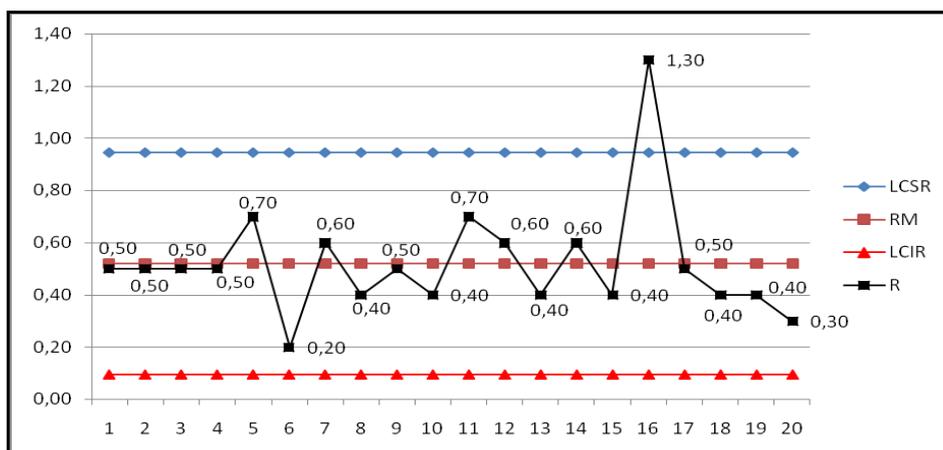
Em seguida, calcula-se o desvio padrão ( $\sigma$ ), encontrando o valor de 0,175, para posteriormente efetuar os cálculos dos índices de capacidade do potencial ( $Cp$ ) e índices de capacidade do atual ( $Cpk$ ) para avaliar se o processo está centrado.

Para os cálculos dos índices de capacidade foram encontrados os valores para  $Cp$  igual a 0,57 e para  $Cpk$  igual a 0,53.

A partir das amplitudes ( $R$ ) das amostras obtidas na Tabela 1, calculou-se os limites de controle superior ( $LCSR$ ) e inferior ( $LCIR$ ) de controle para carta de controle  $R$ , encontrando os valores 0,95 e 0,096 respectivamente.

Após obtenção dos limites de controle elaborou-se a carta de controle  $R$  (Figura 2), na qual é composta por uma linha central que representa a média das amplitudes ( $\bar{R} = 0,52$ ) e duas linhas que representam os limites superior e inferior de controle ( $LCSR = 0,95$  e  $LCIR = 0,096$ ). O objetivo desta carta é facilitar a visualização da amplitude das amostras, além de auxiliar na identificação de causas especiais.

Figura 2 – Carta de Controle  $R$



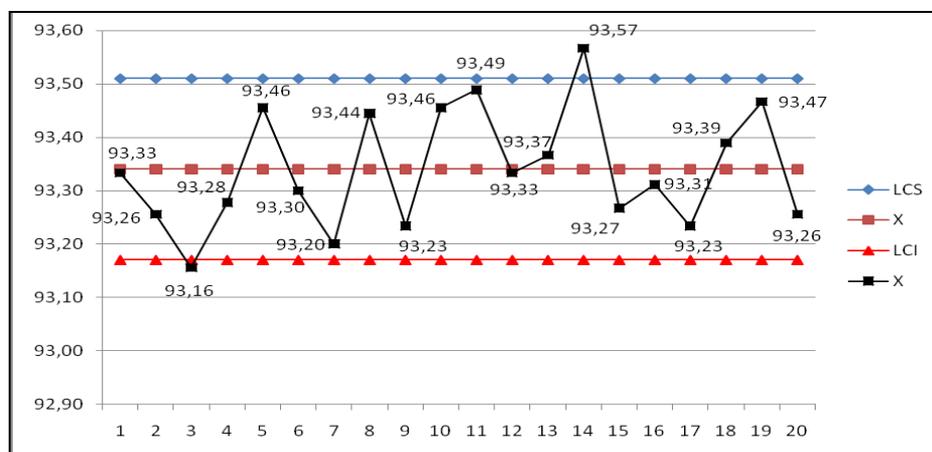
Os gráficos de controle foram monitorados utilizando o método de visualização de uma sequência não-aleatória e através da observação dos gráficos, identificaram-se os padrões não-aleatórios. Estas regras são simplesmente métodos de avaliação da forma de como a variação dos gráficos podem ser interpretadas.

Para realização de uma análise comparativa da eficiência da aplicação do CEP, foram coletados dados de meses anteriores (julho e agosto), sem o controle estatístico. Para a coleta dos mesmos seguiu-se o mesmo padrão conforme a Tabela 1, encontrando-se a média  $\bar{X} = 93,34$  e  $\bar{R} = 0,49$ . Vale ressaltar, que os dados foram coletados nas mesmas condições que no período de aplicação do CEP, uma vez que a Empresa realiza as análises da graduação alcoólica, mas não realiza o monitoramento e acompanhamento. Assim, possibilitou a realização de uma comparação dos dados.

Obtidos as médias, calcularam-se os limites de controle superior (LCSx) igual a 93,51 e inferior (LCIX) igual a 93,17, o desvio padrão ( $\sigma$ ) igual a 0,16498 e os índices capacidade potencial (Cp) igual a 1,51 e atual (Cpk) igual a 1,33.

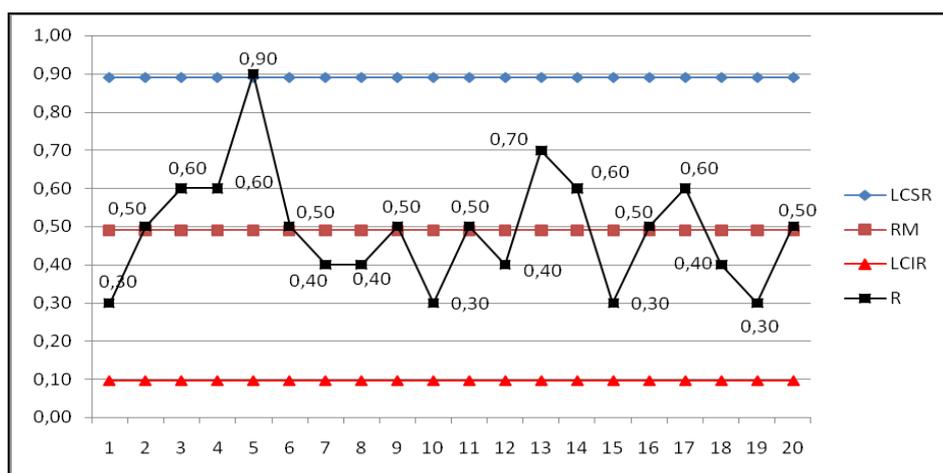
A partir dos cálculos dos limites, elaborou-se a carta de controle  $\bar{X}$  conforme ilustra a Figura 3.

Figura 3 - Carta de Controle  $\bar{X}$  Sem Aplicação do CEP



Também calculou-se os limites de controle para carta R, encontrado para  $LCS_R$  igual a 0,89 e  $LCI_R$  igual a 0,10. Com os dados das amplitudes e dos limites de controle construiu-se a carta de controle R, para fins comparativos, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4 - Carta de Controle R Sem Aplicação do CEP



Através as cartas de controle dos períodos de aplicação e posterior a aplicação do CEP, realizou-se uma análise comparativa dos resultados obtidos nos dois períodos conforme mostra a Tabela 2. As linhas em destaques demonstram as variáveis que indicam que o processo melhorou com a aplicação do CEP.

Tabela 2 - Análise comparativa da eficiência da aplicação do CEP

Variáveis	Período		Diferença
	Antes da Aplicação do CEP	Depois da Aplicação do CEP	
LSC <sub>X</sub>	93,51	93,30	0,21
$\bar{X}$	93,34	93,12	0,22
LIC <sub>X</sub>	92,17	92,95	- 0,78
C <sub>p</sub>	1,51	0,57	0,94
C <sub>pk</sub>	1,33	0,53	0,80
LSC <sub>R</sub>	0,89	0,95	- 0,06
$\bar{R}$	0,49	0,52	- 0,03
LIC <sub>R</sub>	0,1	0,096	- 0,004

Analisando-se a Tabela 2, observa-se que a graduação média do álcool ( $\bar{X}$ ) no período que não havia aplicado o CEP foi de 93,34 °INPM, muito acima da média ideal de 93,0 °INPM. Já no período de aplicação do CEP, conforme pode ser observado obteve uma média de 93,12 °INPM, desta forma houve uma recuperação das perdas de álcool, com uma diferença 0,22 °INPM.

O processo é dito potencialmente capaz de produzir álcool dentro da faixa de especificação se  $C_p > 1$ . Caso contrário, existem causas comuns que impedem que o processo trabalhe dentro dos limites de especificação. No entanto, o índice de capacidade potencial deve ser analisado juntamente com o índice de capacidade atual ( $C_{pk}$ ), que mede diretamente a qualidade do

processo produtivo, ou seja, se  $Cpk > 1$ , significa que a fração de amostras de álcool analisadas que ultrapassam dos limites de especificação é menor que 1%.

Desta forma pode-se observar que  $Cp$  e  $Cpk$  antes da aplicação controle estatístico apontavam que o processo não produzia álcool dentro dos limites de especificação, ou seja, os índices de capacidade  $Cp = 1,51$  e  $Cpk = 1,33$ , ambos obtiveram valores acima de um. Após aplicação do CEP, os valores dos índices apontaram uma melhoria significativa, determinando que o álcool produzido está dentro dos limites de especificação e que as amostras de álcool analisadas não ultrapassaram os limites de especificação.

Com relação à média das amplitudes ( $\bar{R}$ ), pode-se observar que houve uma elevação de 0,49 para 0,52 devido ao aumento da variabilidade normal do processo, um fator necessário para que a média do processo abaixe gradativamente, pois o processo antes do monitoramento trabalhava apenas com uma graduação média acima do ideal. Após a implantação do CEP, ocorreu um aumento da variação dos valores das graduações para níveis abaixo da média, o que proporcionou uma redução da média do processo.

Após a análise comparativa da eficiência da aplicação do CEP, pode-se demonstrar na Tabela 3 os resultados financeiros obtidos com a recuperação do álcool que a Empresa obteve.

Tabela 3 - Análise da recuperação de álcool através da aplicação do CEP

Variável	°INPM		Redução	Produção/dia	Dias	Litros Recuperados	Total (R\$)
	Antes	Depois					
$\bar{X}$	93,34	93,12	0.235 %	250.000 litros	20	11.750	9.752,50

Com a aplicação do CEP houve uma redução de 0,235% das perdas de álcool. Considerando que a produção média de álcool hidratado é de 250.000 litros/dia, no período de 20 dias obtive-se um ganho de 11.750 litros de álcool, como no período de aplicação do CEP o preço do álcool era de R\$ 0,83, desta forma a Empresa obteve ganhos monetário de R\$ 9.752,50.

## 5. Considerações Finais

De acordo com análise realizada, obteve-se resultados satisfatórios com a aplicação do CEP, pois resultaram em maior estabilidade do processo e redução das perdas provenientes da instabilidade do processo. Como pode-se observar no período em que não havia controle estatístico a graduação alcoólica média do álcool produzido era de 93,34 °INPM, sendo este valor acima da média desejada de 93,0 °INPM, o que resulta em perdas de álcool.

Por meio da aplicação efetiva do CEP o processo começou a produzir álcool com uma graduação média de 93,12 °INPM, valor mais próximo da média ideal. Desta forma, ocorreu uma redução das perdas de álcool na vinhaça e um aumento da produção.

Porém, no período de aplicação do CEP a variação do processo aumentou de 0,49 para 0,52, aumento devido à variabilidade normal do processo para que ocorresse redução da média do processo. Dessa forma, a graduação alcoólica do álcool obtida variava com maior frequência para níveis acima e abaixo da média, o que não ocorria antes da aplicação do CEP, sendo que o processo operava somente com uma média acima da ideal.

Portanto, com a identificação e o monitoramento da graduação alcoólica do álcool utilizando o CEP proporcionou um aumento da produção e uma redução das perdas de álcool, além de ser uma ferramenta com baixo custo de implantação e fácil manuseio e que proporciona resultados satisfatórios.

## **Abstract**

*This study aimed to identify and monitor through the use of the Statistics of Process Control (SPC), the factors that cause variability in the production of hydrated alcohol from a sugarcane mill located in the Midwestern region of the state of Parana. The methodology used in this research is called quantitative and qualitative, with search features and methodological explanation, being classified as documentary research, literature and case study. Monitoring the alcohol content (°INPM) was made due to it not present a stable behavior, resulting in production losses, the purpose of the application of SPC was to detect the existence of special causes in the process. As the hydrated alcohol is sold for a graduation average of 93 INPM, earning above-average graduation corresponds to a loss of alcohol on sale, already ranks below average, representing a loss in quality. By tracking graduation, reduced the mean of the process of 93.34 to 93.12 °INPM thus there was a reduction of 0.235% of the loss of alcohol in the process and thus reducing the loss of alcohol vinasse, thus, the Company obtained monetary gains to the implementation of the SCP.*

**Key-words:** statistics of process control, variability, alcohol, losses.

## **Referências**

- AMARAL, D. C; ROZENFELD, H. **Índices de Capabilidade do Processo (Cp, CpK): conceitos básicos**. 1999, disponível em <[http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos\\_port/pag\\_conhec/capabilidadev4.html](http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/capabilidadev4.html)>, acesso em 25/03/2009.
- CARVALHO, M. M. et al. (sic) **Gestão da Qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- DAVIS, M.M. **Fundamentos da Administração da Produção**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- KUME, H. **Métodos Estatísticos para Melhoria da Qualidade**. São Paulo: Editora Gente, 1993.
- LOBOS, J. **Qualidade através das pessoas**. São Paulo, J. Lobos, 1991.
- MARTINS, P. G. e LAUGENI, F. R. **Administração da Produção**. 2. ed, São Paulo: Saraiva, 2005.
- PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade: Teoria e casos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SAMORA, R. **Unica vê exportação de etanol despencar e mercado interno forte.** São Paulo: Estadão, disponível em <http://www.estadao.com.br/noticias/geral.unica-ve-exportacao-de-etanol-despencar-e-mercado-interno-forte.532003,0.htm>, acesso em 13/04/2010.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção.** São Paulo: Atlas, 2002.

SOUZA, A. M.; RIGÃO, M. H. Identificação de variáveis fora de controle em processos produtivos multivariados. **Revista Produção on-line**, n. 1, v. 15, 2005.

TOLEDO, J. C.; BATALHA, M. O.; AMARAL, D. C. Qualidade Agroalimentar: situação atual e perspectivas. **Revista de Administração de Empresas**, n. 2, v. 40, 2000.

TOLEDO, J. C. Conceitos básicos de qualidade de produto. In: BATALHA, M.O. **Gestão Agroindustrial.** v. 1. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de Pesquisa em Administração.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

VIEIRA, S. **Estatística para a qualidade:** como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviço. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos.** Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

Submetido em 25 ago 2010; Revisão enviada pelos autores em 31 dez 2010; Aceito para publicação em 30 jun.2011.