

# Controle estatístico de processo autocorrelacionado: uma aplicação em uma indústria de café solúvel do Paraná

Wesley Vieira da Silva<sup>1</sup>   Paulo Sergio Macuchen   Eduardo Damião da Silva<sup>1</sup>   Luciana Santos Costa<sup>2</sup>  
Nogas<sup>1</sup>

[wesley.vieira@pucpr.br](mailto:wesley.vieira@pucpr.br)   [paulo.nogas@pucpr.br](mailto:paulo.nogas@pucpr.br)   [eduardo.damiao@pucpr.br](mailto:eduardo.damiao@pucpr.br)   [luvcosta@gmail.com](mailto:luvcosta@gmail.com)

1 Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), CCSA/PPAD – Curitiba, PR, Brasil

2 Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL) – Tubarão, SC, Brasil

## RESUMO

*Este trabalho tem por objetivo avaliar a estabilidade do processo de fabricação de café solúvel de uma indústria. A metodologia utilizada na análise da estabilidade do processo foi a carta de controle de Somas Acumuladas (CUSUM) sob a forma da V máscara. A amostra coletada corresponde 4.598 observações do peso de latas de 50g e 100g de café instantâneo em pó. O processo de coleta foi feito de forma automática durante o período de 08 de outubro de 2004 até o dia 05 de dezembro de 2004. Os resíduos provenientes dos modelos autoregressivos de terceira ordem foram avaliados com base na carta de controle de somas acumuladas (CUSUM) a qual evidenciou um processo de produtivo instável estatisticamente, o que corrobora com uma fragilidade do processo no que tange à garantia de produtos não conformes, principalmente o peso dos vasilhames de 50g. Os resultados apresentados propõem uma maior atenção por parte dos funcionários da indústria de fabricação de café, dispensando uma maior atenção, disciplina e controle nas atividades realizadas no dia-a-dia, além de dizimar importantes erros cometidos pelos mesmos na rotina de trabalho e que podem ser solucionados com uma boa orientação e mudança de comportamento.*

Palavras Chave: Gráfico de Controle, Somas Acumuladas, Café.

## 1 INTRODUÇÃO

Ao ser analisada determinada peça numa linha de produção, percebe-se a existência de algum grau de variação de um produto para outro, normalmente apresentando-se diferenças em suas formas ou dimensões. À medida que são melhoradas as performances de máquinas e equipamentos, surgem concomitantemente novos requisitos de projetos de produtos, com exigências de exatidões cada vez maiores e com mais frequência.

Diversas vezes o próprio operador de determinado sistema produtivo introduz variação adicional ao mesmo, o que acaba provocando não conformidades nos produtos elaborados *a posteriori*. DEMING (1986), afirma que “mesmo a melhor máquina automática não pode produzir todas as unidades exatamente iguais”. Vale salientar, que o operador ao reagir diante de episódios localizados, deixa de focalizar o sistema produtivo como um todo, onde está a maior parte das causas de variações e de possíveis erros provenientes da produção.

Assim, é preciso que o operador saiba identificar com clareza as variabilidades que ocorrem, buscando com isso as suas causas e tomando as devidas ações corretivas, dado que à medida que a variabilidade é reduzida no processo, a qualidade dos produtos é melhorada. Ademais, as ações preventivas no processo fazem ainda com que os itens fabricados não sejam expedidos aos potenciais clientes, promovendo ganhos de oportunidades à empresa.

Nesses termos o Controle Estatístico de Processos (CEP) é um método muito usado para controlar as variabilidades de processos produtivos. Adotam-se os gráficos de controle que buscam monitorar as características dos produtos com relação aos limites de tolerância ou

de especificação. Esses gráficos, também conhecidos na literatura como cartas de controle, buscam encontrar variabilidades no processo, aumentando por consequência a produtividade e prevenindo, com isso, possíveis ajustes desnecessários nos equipamentos monitorados.

O Controle Estatístico de Processo tem por objetivo monitorar as características de interesse, de forma que possa assegurar sua manutenção dentro de limites preestabelecidos e indicando quando adotar ações de correção e melhoria. Permite ainda a redução sistemática da variabilidade nas características da qualidade do produto, num esforço de melhorar a qualidade intrínseca, a produtividade, a confiabilidade e o custo do que está sendo produzido.

A empresa analisada nesse trabalho é considerada um veículo de competitividade nesse setor de atividade econômica e busca avaliar o comportamento do seu processo produtivo<sup>1</sup>, mais precisamente o processo de produção de café solúvel, para detectar possíveis anomalias no seu processo e, conseqüentemente, recolocar o sistema em condições estáveis.

Finalmente, este artigo encontra-se estruturado em cinco seções, a saber: a primeira refere-se à introdução, a segunda traz uma breve revisão sobre o gráfico de controle de Shewhart; a terceira mostra a descrição do processo produtivo; a quarta traz os resultados empíricos e a quinta mostra as considerações finais e recomendações para trabalhos futuros.

## 2 AS CARTAS DE CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS DE SHEWHART

O controle estatístico de processos é o ramo do controle de qualidade que consiste na coleta, análise e interpretação de dados, estabelecimento de padrões, comparação de desempenhos, verificação de desvios, tudo isso para a utilização nas atividades de melhoria e controle da qualidade de produtos e serviços. Sua ferramenta básica é a carta de controle, desenvolvida por SHEWHART (1931) *apud* REYNOLDS et al. (1990), com o objetivo de controlar a variabilidade dos processos.

Shewhart desenvolveu as cartas da média ( $\bar{X}$ ), da amplitude ( $R$ ) e do desvio padrão ( $S$ ) e que normalmente são aplicadas a processos contínuos e semicontínuos, onde uma dimensão ou característica do produto é medida em uma amostra aleatória tirada sob um determinado período de tempo, com o objetivo de avaliar o estado de controle estatístico de um processo. Segundo HRADESKY (1989), a principal vantagem proporcionada pelo CEP é a realimentação do processo em tempo real. Essa realimentação deve ser contínua e estatisticamente fundamentada. Desse modo, em todo processo produtivo existem pontos específicos que são determinantes para que o fluxo de produção não apresente problemas.

A produção em série da peça ou a repetição do serviço traz certo grau de variação, certa dispersão dos resultados ao redor de um valor nominal, chamado comumente na literatura de causa comum ou aleatória. Caso contrário, quando a mudança passa a ser não mais aleatória, mas associada a alguma causa especial que foge ao controle de quem está acompanhando o processo, isso passa a ser um problema e deve ser rapidamente corrigido.

Apesar de amplamente usadas nas indústrias, essas cartas não possuem memória; ou seja, só levam em consideração as informações obtidas no período presente. Logo, qualquer mudança que tenha ocorrido anteriormente, simplesmente é ignorada, fazendo com que as cartas de Shewhart não sejam capazes de detectar pequenas variações, o que acaba não sendo o caso focado neste trabalho uma vez que a variabilidade amostral apresentada é superior a um desvio padrão, corroborando desta forma com o uso das tradicionais cartas de Shewhart.

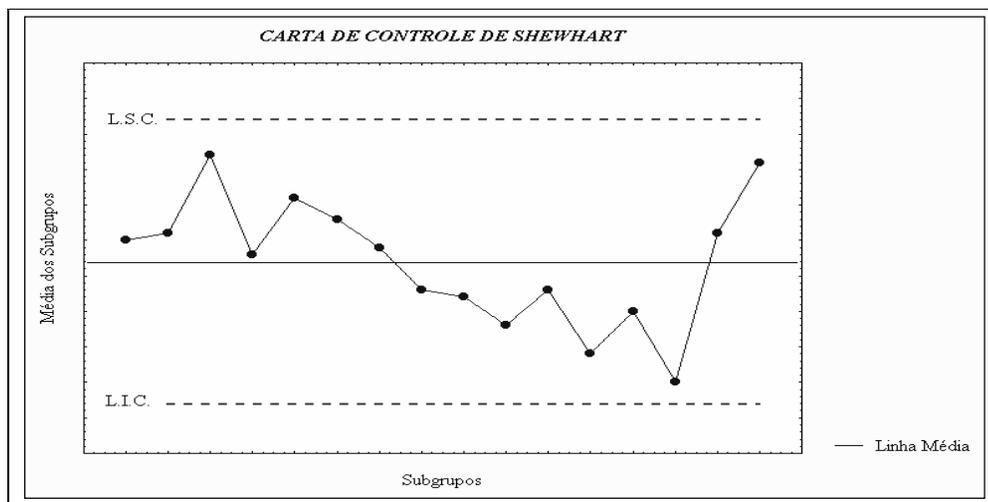
Tal como afirmou PARANTHAMAN (1990, p. 69) é perceptível que variação estará sempre presente e parece ser qualidade intrínseca da Natureza, sendo que os processos de

---

<sup>1</sup> Não foi permitida aos autores do trabalho a divulgação do nome da empresa paranaense que está sendo avaliada.

fabricação não constituem exceção. KUME (1993, p. 4) chega a afirmar que quando se considera o processo de fabricação sob o ponto de vista da variação de qualidade, pode-se entender o processo como um agregado das causas de variação. O mesmo autor afirma que a explicação das mudanças nas características da qualidade dos produtos, originando produtos defeituosos ou não-defeituosos, está exatamente na variabilidade.

Segundo MONTGOMERY (1997), as cartas de controle são registros gráficos dos dados mensurados em um ponto crítico do processo, construídos num sistema de coordenadas cartesianas. O eixo da ordenada é representado pelas mensurações feitas de uma característica de qualidade do produto e/ou serviço e o eixo da abscissa representado pelos subgrupos. A Figura 1 traz a ilustração de uma tradicional carta de Shewhart, onde existem três linhas paralelas ao eixo da abscissa, identificadas como linha central (*LC*), relacionada a um valor médio e duas linhas chamadas de limite inferior de controle (*LIC*) e limite superior de controle (*LSC*), aceitáveis para mudanças devido a causas comuns e fixados para uma variação de  $\pm 3$  desvios padrões.



**Figura 1: Carta de Controle de Shewhart**

Para DRAIN (1997), existem diversos tipos de cartas de controle, cuja escolha é feita de acordo com o tipo de processo trabalhado e também com o tipo de variável escolhida, se dados contínuos ou discretos, variável qualitativa ou quantitativa. A expressão para o cálculo dos limites de controle para as Cartas  $\bar{X}$  e  $S$  pode ser estabelecida da seguinte forma:

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^g S_i}{g} \quad \text{e} \quad \bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{X}_i}{g}, \quad \text{para o cálculo do valor central,} \quad (1)$$

Onde:

- $\bar{S}_i$  : desvio padrão do *i*-ésimo subgrupo;
- $\bar{\bar{S}}$  : média dos desvios padrões dos subgrupos;
- $\bar{\bar{X}}$  : média das médias dos subgrupos;
- $\bar{X}_i$  : média do *i*-ésimo subgrupo;
- g*: número de subgrupos.

Já para os limites superior e inferior de controle para as cartas *XBar* e *S*:

$$e \quad LSCs = B_4 \bar{S} \quad (2)$$

$$e \quad LICs = B_3 \bar{S} \quad (3)$$

Onde:

*LSC*: limite superior de controle para as cartas *X-Bar* e *S*;

*LIC*: limite inferior de controle para as cartas *X-Bar* e *S*;

$A_3, B_3, B_4$ : fatores retirados a partir de tabelas próprias<sup>2</sup>

A partir das expressões estabelecidas para a construção das Cartas de Shewhart o procedimento para a construção das outras cartas é semelhante, modificando-se apenas os parâmetros da média e desvio padrão que são substituídos por outros relacionados a cada carta. Assim, através das cartas, são assinalados os possíveis problemas que estão afetando a qualidade dos produtos e/ou serviços, devendo ser investigadas e tomadas as devidas ações corretivas, buscando controlar o padrão de qualidade estabelecido para aquela atividade.

Se um administrador não utiliza dados e métodos estatísticos, e se baseia apenas em sua própria experiência, sexto sentido e pressentimentos internos, ele está admitindo que a sua empresa não possui alta tecnologia. Neste sentido BATISTA (1996, p.1) afirma que "...o uso de técnicas estatísticas nos garante exatidão e é a renúncia aos palpites em favor da precisão, do conhecimento comprovado daquilo que precisamos, substituindo intuição por evidência".

Na visão de PAESE (1998), o principal objetivo do CEP é possibilitar o controle em tempo real, feito pelo próprio operador, e desta forma aumentar o seu comprometimento com a qualidade do que está sendo produzido. O controle do processo permite ainda a redução sistemática da variabilidade nas características da qualidade do produto, num esforço de melhorar a qualidade intrínseca, a produtividade, a confiabilidade e o custo do que está sendo produzido.

### 3 A DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CAFÉ SOLÚVEL

O café é uma das bebidas quentes mais populares do país, em função do seu sabor e do aroma que são apreciados universalmente. Por ser um produto considerado estimulante, diversos estudos científicos já comprovam a sua eficácia na melhoria do raciocínio e, conseqüentemente, da associação de idéias, o que o torna um importante aliado na eficiência de pessoas que fazem tarefas mecanizadas.

O café surgiu no Brasil por volta do século XVIII trazido pelos portugueses. Em pouco tempo a bebida se tornou o principal produto de exportação do Brasil, gerando riquezas e impulsionando o desenvolvimento econômico da então colônia. Hoje existe uma preocupação cada vez maior por parte das empresas produtoras de café acerca da qualidade desse produto no mercado consumidor, sob pena de não poder colocar uma bebida que atenda as exigências dos órgãos fiscalizadores e os consumidores, cada vez mais exigentes.

A qualidade da bebida café nas visões de CARVALHO e CHALFOUN (1985), depende também da composição química do grão, determinada por fatores genéticos, tratos culturais e características do ambiente de cultivo. De acordo com CORTEZ (2001), é indispensável que o café colhido seja preparado e submetido em seguida à secagem para evitar o desenvolvimento de processos fermentativos e prejuízos à qualidade da bebida. Sob

<sup>2</sup> Em razão da dificuldade em calcular esses fatores, existem tabelas já feitas para amostras de tamanho até 25; a partir daí as fórmulas são apresentadas como segue:  $A_3 = \frac{3}{c_4 \sqrt{n}}$ ; sendo  $c_4 = \frac{4(n-1)}{4n-3}$ . A expressão de  $B_4$  é calculada da mesma forma que  $B_3$ , trocando-se apenas o sinal. Veja [MONTGOMERY (1997)].

este prisma, é fundamental o manejo pós-colheita, em particular, o tempo de exposição aos microrganismos, os quais iniciam a infecção na planta e persistem após a colheita, até mesmo em parte do período de secagem.

KRUG (1940a e 1940b), destaca que as características da bebida café são influenciadas por modificações nos grãos atribuídos a distúrbios fisiológicos e às fermentações microbianas que degradam os açúcares da mucilagem dos frutos na planta, formando álcoois ou ácidos carboxílicos.

Nesse sentido, as empresas fabricantes de café vêm procurando avaliar os seus processos produtivos, visando melhorar a qualidade durante todas as etapas de elaboração do produto. A empresa analisada nesse trabalho também tem procurado atender as novas exigências dos consumidores. Para tanto, procurou-se descrever todo o processo de fabricação do produto analisado, visando dar uma idéia ao leitor de como se dá todo o processo de fabricação do café no estabelecimento que fora avaliado.

A Indústria analisada produz, ainda, café solúvel aglomerado através de equipamento especial. O processo preserva a essência natural do produto, aromatizado pela adição de óleo de café, resultando em grânulos de ótima solubilidade. O produto final pode então ser comercializado em embalagens a granel (20,40 kg) e frascos com 50g, 100g e 200g.

#### 4 APLICAÇÃO DO GRÁFICO DE CONTROLE DE SHEWHART

A amostra coletada corresponde 3.900 observações do peso de latas de 50g e 200g de café instantâneo em pó. O processo de coleta foi feito de forma automática durante o período de 01 de Setembro até 20 de dezembro de 2004, através de um sistema computadorizado que, de alguma forma, evita qualquer tipo de erro de medida que porventura venha existir.

A importância em controlar o processo produtivo é de fundamental importância sob o ponto de vista financeiro, haja vista que as alterações no peso do produto acima do que fora especificado podem mudar os planos de produção da empresa, já que o peso estando muito acima leva a um aumento dos custos de produção que no longo prazo pode vir a ser repassado para o consumidor. Enquanto que as alterações no peso abaixo do que fora especificado podem deixar um campo propício para constantes reclamações por parte dos consumidores nos órgãos fiscalizadores e órgãos de defesa do consumidor, o que obriga o empresário a reprocessar o café, aumentando assim os custos de produção.

Inicialmente testou-se a hipótese de normalidade e independência da variável estudada, com o objetivo de garantir o correto uso das cartas de shewhart. Desse modo, espera-se que o processo seja normal, independente e identicamente distribuído (*i. i. d.*). Os resultados dos cálculos para o teste de aderência (normalidade) de Kolmogorov-Smirnov (K-S) e Shapiro Wilk (W) além do coeficiente de assimetria de pearson estão na Figura 2.

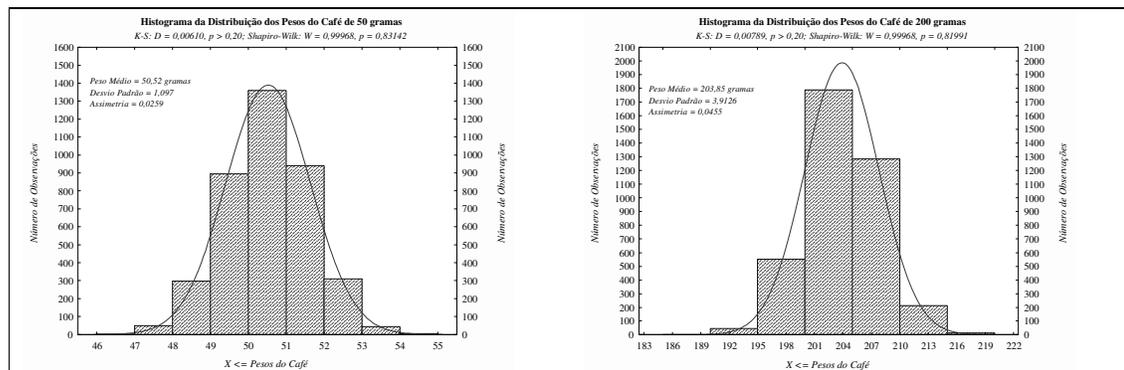


Figura 2: Histograma de Freqüências dos Pesos do Café Solúvel

Através da Figura anterior percebe-se que as duas distribuições dos pesos do café parecem seguir uma distribuição próxima de uma normal, levando-se em conta um nível de significância menor que 1% tanto para a estatística (K-S) quanto para a estatística (W). Além disso, o coeficiente de assimetria de Pearson foi muito próximo de zero nas distribuições, corroborando com os resultados obtidos nos teste de hipóteses de normalidade.

Para verificar a independência temporal das observações, utilizou-se a estatística Portemanteau ( $Q$ ) proposta por LJUNG e BOX (1979). A partir dessa estatística evidenciou-se que todos os pesos não podem ser considerados independentes ao nível de significância estatística de 5%, considerando-se 07 defasagens, que corresponde ao período semanal de funcionamento da indústria, uma vez que possuem padrões de autocorrelação ( $\rho$ ) que são estatisticamente significantes segundo a estatística  $Q$ , tal como se encontra na Tabela 2.

**Tabela 2: Resultado da Estatística ( $Q$ ) para o Peso do Café.**

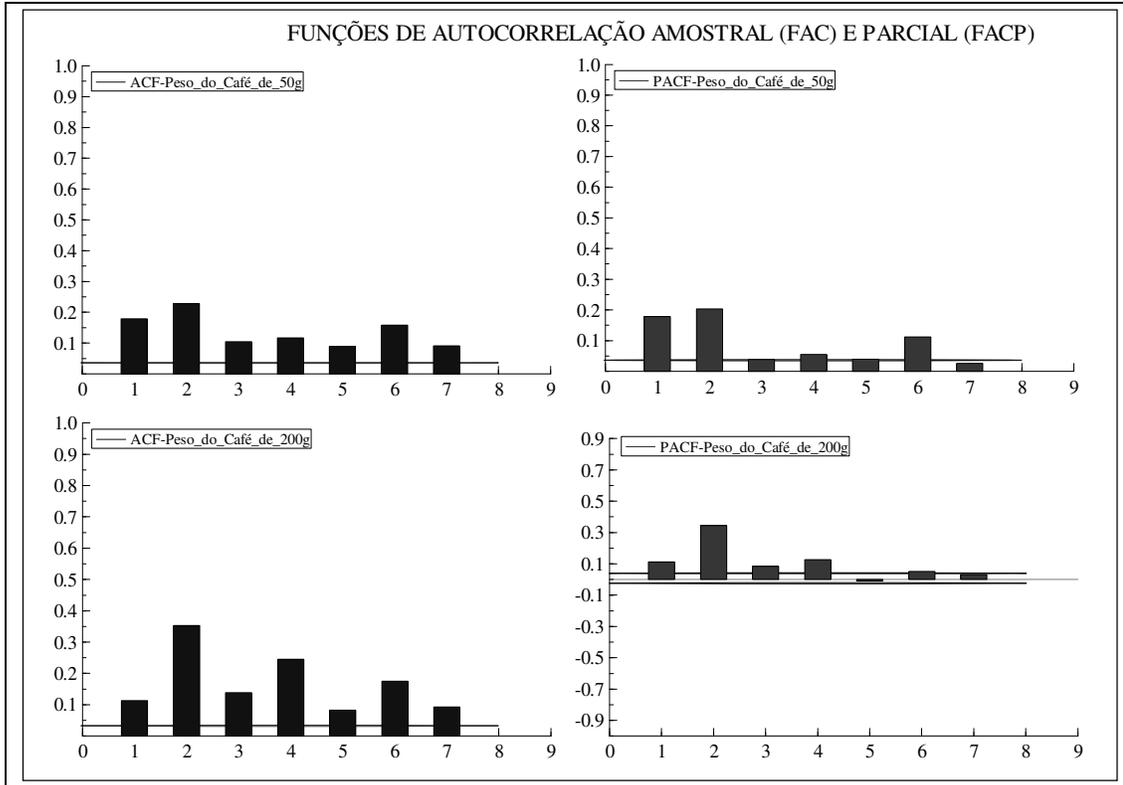
Lags	Peso do Café de 50g				Peso do Café de 100g			
	$\rho$	Erro Padrão	$Q$	Significância	$\rho$	Erro Padrão	$Q$	Significância
t-1	0,179	0,016	124,63	0,000	0,113	0,016	49,70	0,000
t-2	0,228	0,016	327,68	0,000	0,353	0,016	535,10	0,000
t-3	0,105	0,016	370,37	0,000	0,138	0,016	609,71	0,000
t-4	0,117	0,016	423,94	0,000	0,245	0,016	844,35	0,000
t-5	0,089	0,015	454,72	0,000	0,083	0,015	871,26	0,000
t-6	0,158	0,015	552,07	0,000	0,175	0,015	990,41	0,000
t-7	0,091	0,015	584,18	0,000	0,093	0,015	1.024,27	0,000

A tabela supracitada evidencia padrões de autocorrelações ( $\rho$ ) considerado elevados. Os valores das significâncias foram denotados pela estatística  $Q$  com valores de probabilidade menores que 1%. Uma vez que as autocorrelações foram elevadas, o passo seguinte será a modelagem das variáveis valendo-se de uma estrutura Autoregressiva Integrada de Médias Móveis (ARIMA).

Assim, torna-se salutar a identificação dos valores de ( $p, d, q$ ), diferenciando-se as séries de entrada ( $X_t$ ), uma vez que na Função de Autocorrelação Amostral exposto na Figura 4, existem evidências de que as variáveis são não estacionárias. Ademais, um processo estacionário é obtido quando a função de autocorrelação amostral (FAC) de  $Z_t = \Delta X_t$  decresce rapidamente para próximo de zero. Observa-se a partir da mesma figura que a série  $Z_t$  decresce rapidamente para próximo de zero após a primeira defasagem, indicando que o processo analisado tornou-se estacionário. Assim, podem-se classificar as séries temporais  $Z_{ts}$  como sendo integradas de primeira ordem ( $d = 1$ ).

A figura 3 a seguir indica a existência de padrões de autocorrelação que são estatisticamente significativos até o 7º período de defasagem. Do lado esquerdo em cor azulada evidenciou-se um o nível de significância de 1%, aceitando-se a hipótese da presença de autocorrelação na série dos pesos do café, sugerindo assim, o ajuste dos dados a modelos de série temporal adequados às observações individuais, aplicando-se posteriormente a carta de controle de Shewhart para a média e o desvio padrão com base nos resíduos provenientes destes modelos.

Na mesma figura, as autocorrelações parciais situadas do lado direito anteriores sugerem que o processo investigado, além de ser autocorrelacionado sugerem que tal processo pode ser descrito por uma estrutura do tipo ARMA (2, 1) para o caso do peso do café de 50g. Os parâmetros do modelo ARMA (2, 1) foram obtidos por meio das estimativas de máxima verossimilhança e encontram-se descrito através da expressão (4).



**Figura 3: Funções de Autocorrelação Amostral e Parcial para os Pesos de 50g e 200g**

$$\Delta \hat{p}_t = 0,071 \cdot p_{t-1} + 0,133 \cdot p_{t-2} + 0,942 \cdot \varepsilon_{t-1} \quad (4)^3$$

(3,85)
(7,35)
(112,13)

A variável designada por “ $p_t$ ” é vista como o peso do café solúvel e “ $\varepsilon_t$ ” é a estrutura de média móvel. Já o modelo que melhor descreve o processo de produção do peso de café de 200g, com base na função de autocorrelação parcial designada na figura anterior é uma estrutura autoregressiva de quinta ordem ou AR (5). Os parâmetros do modelo autoregressivo também foram obtidos por meio das estimativas de máxima verossimilhança e encontram-se descrito através da expressão (5).

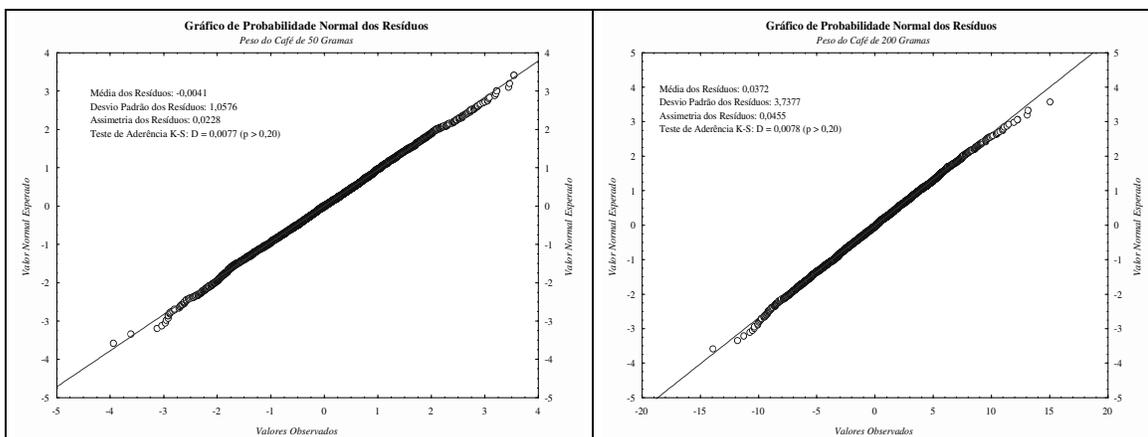
$$\Delta \hat{p}_t = -0,884 \cdot p_{t-1} - 0,518 \cdot p_{t-2} - 0,377 \cdot p_{t-3} - 0,199 \cdot p_{t-4} - 0,133 \cdot p_{t-5} \quad (5)$$

(-55,65)
(-24,61)
(-17,29)
(-9,449)
(-8,36)

Vale destacar que as variáveis analisadas foram diferenciadas uma vez visando garantir a estabilidade da média e variância da série temporal. Observou-se também que o comportamento dos resíduos provenientes das estimativas dos modelos (4) e (5), respectivamente, cuja função de autocorrelação amostral e o teste Portmanteu, conduzem à hipótese de erro do tipo *ruído branco* ao nível de significância de 1%.

Para que não haja qualquer violação dos pressupostos inerentes à carta de controle de Shewhart, violando assim a suposição de que as observações da variável de interesse  $p_t$  seguem uma distribuição normal, a hipótese de normalidade do conjunto de dados disponíveis para a avaliação da estabilidade do processo pode ser visualizada pelo gráfico de probabilidade normal na Figura 4.

<sup>3</sup> Os valores abaixo dos coeficientes estimados são as estatísticas t-Student.

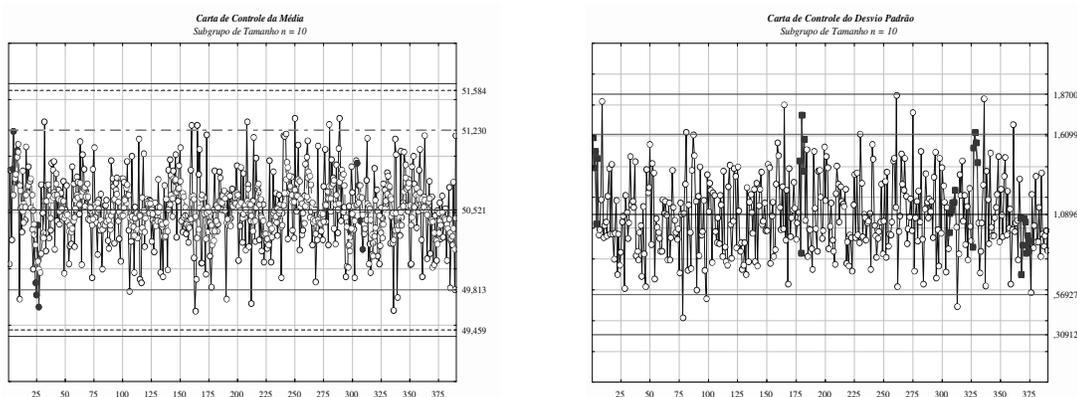


**Figura 4: Gráfico de Probabilidade Normal dos Resíduos dos Pesos do Café**

Veja através da Figura 4 que a hipótese de que os resíduos provenientes dos modelos ARMA (2, 1) e AR (5), seguem uma distribuição normal, uma vez que todos os resíduos oriundos das expressões (4) e (5), respectivamente, encontram-se alinhados sobre a reta teórica de normalidade designada em cor vermelha.

Obtidas as estimativas anteriores, e garantidas a não violação das hipóteses básicas para se utilizar a carta de controle, utilizou-se o vetor de resíduos do tipo *ruído branco*. O critério para o uso do par de cartas de controle estatístico de processos da média e do desvio padrão em função dos valores residuais foi em função dos valores amostrados para os pesos dos vasilhames de café de 50g e 200g ser iguais a 1,07 e 3,74, respectivamente.

No que tange a carta de controle da média a análise realizada para a característica de qualidade peso do café de 50g, considerou-se um subgrupo de tamanho igual a 10, que é o tamanho amostrado automaticamente na empresa. Verificou-se, por exemplo, que as observações de número 35, 292, 335, 1.780, 1.944, 2.073, 2.327, 2.742, 3.966 e 3.581, respectivamente, indicam que o processo investigado encontra-se fora de controle, tal como atesta o gráfico da média e do desvio padrão visualizado na Figura 5.



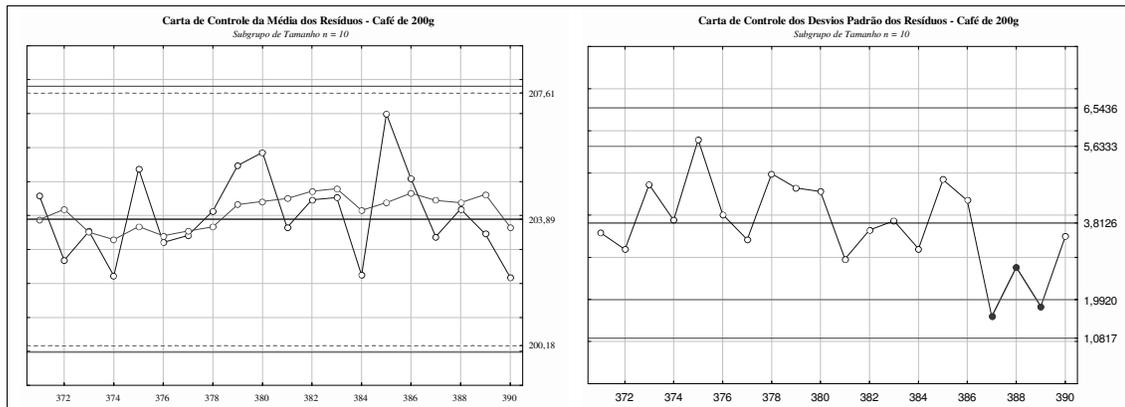
**Figura 5: Cartas da Média e Desvio Padrão para o Peso do Café de 50g.**

A figura anterior revela que os pesos encontram-se acima daquilo que é determinado pelo órgão fiscalizador, que seria uma variação de 5% para mais e para menos. Os pesos do café de 50g encontram-se sobreavaliados, em média, aproximadamente 5,41%, levando-se em conta apenas o período amostral que fora estudado, o que representaria uma economia adicional para a indústria investigada caso esse desajuste fosse minimizado. Só para se ter

uma idéia da instabilidade do processo, alguns pesos chegam, inclusive a terem seus valores majorados em até 19.6% acima daquilo que determina a lei nacional.

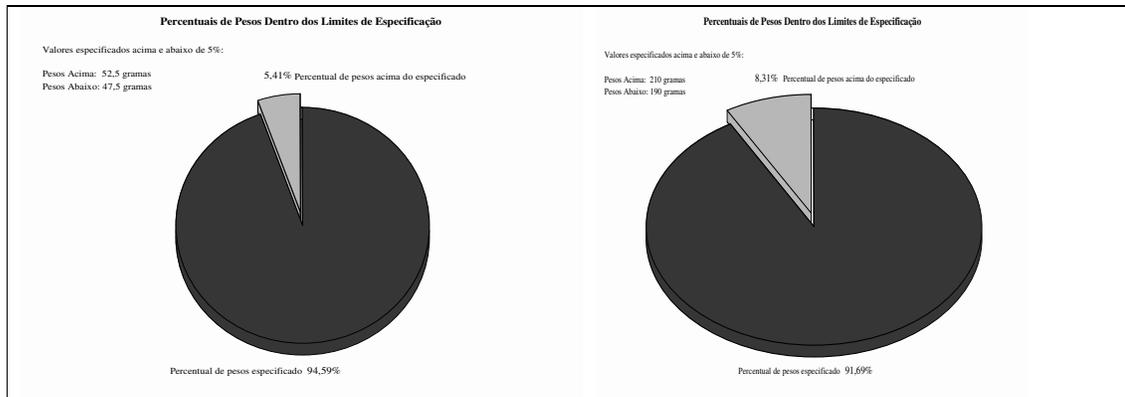
Vale salientar que na amostra coletada não foi encontrado pesos que estivessem abaixo de 50g, o que elimina por completo qualquer possibilidade de reclamações por parte dos consumidores nos órgãos de defesa competentes.

Com base na Figura 6, percebe-se que os dois gráficos que evidenciam a carta de controle da média e desvio padrão para o peso do café de 200g, estes encontram-se fora de controle estatístico de processo. Vê-se, por exemplo, que as observações de número 428, 430, 439, 841, 979, 1.464 e 2.384, respectivamente, atestam evidências de um processo produtivo fora de controle.



**Figura 6: Carta da Média e Desvio Padrão para o Peso do Café de 200g.**

A figura supracitada ainda mostra que o processo de produção estudado apresenta-se com peso superior ao que determina o rótulo impresso no produto. Os pesos investigados também se mostram sobre avaliados em até 8,31%, em média, evidenciando com isso uma instabilidade no processo sem, contudo, comprometer o cumprimento das leis de defesa do consumidor. Os pesos das latas de 200g chegam a pesar, em alguns casos, até 14,9% acima do peso médio, onerando com isso a planilha de custos da indústria alimentícia. O percentual de pesos que estão acima dos valores especificados pelos órgãos fiscalizadores encontra-se a Figura 7.



**Figura 7: Percentual de Pesos do Café que Estão fora de Especificação.**

Uma investigação mais detalhada no processo produtivo avaliado poderia levar a inferência de que, dentre todos os fatores considerados, uma calibração errada do equipamento poderia estar interferindo nos pesos dos produtos fabricados. Recomenda-se,

para trabalhos futuros, que se utilizem modelos *ARIMA* (p, d, q) com intervenção, com o objetivo de classificar o efeito das observações espúrias.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho teve como objetivo avaliar o grau de estabilidade do processo produtivo de café solúvel de uma indústria localizada no Estado do Paraná. Os dados obtidos do processo foram compilados de forma aleatória e a amostra corresponde cerca de 3.900 observações do peso de latas de 50g e 200g de café instantâneo em pó. O processo de coleta foi feito de forma automática durante o período de 01 de setembro de 2004 até o dia 20 de dezembro do mesmo ano, através de um sistema computadorizado de forma a evitar qualquer tipo de erro de medida.

A metodologia utilizada foi a de séries temporais para modelar a estrutura de dados provenientes dos pesos dos vasilhames de café. Observou-se que os dados violam as suposições básicas de independência estatística e identicamente distribuídos (*i.i.d.*) proposto pelo modelo que fora apresentado. A série de entrada  $p_t$  foi submetida ao operador diferença visando induzi-la à estacionaridade nos dados.

Os modelos de séries temporais foram ajustados, encontrando-se uma estrutura do tipo ARMA (2, 1) e AR (5) para os pesos de 50g e 200g, respectivamente, apresentando coeficientes estatisticamente significantes e estáveis, bem como a menor variância residual. O teste Portmanteu, aplicado para distribuição dos resíduos do modelo estimado, não evidenciou autocorrelações residuais consideradas estatisticamente significativas.

Os resíduos provenientes dos modelos estimados foram avaliados com base no par de cartas da média e desvio padrão de Shewhart a qual evidenciou um processo produtivo instável estatisticamente, o que corrobora com uma fragilidade do processo no que diz respeito à garantia de produtos não conformes, principalmente o peso dos vasilhames de 200g.

Os resultados apresentados propõem uma maior atenção por parte dos funcionários da indústria de fabricação de café, exigindo maior atenção, disciplina e controle nas atividades realizadas no dia-a-dia, além de dizimar importantes erros cometidos pelos mesmos na rotina de trabalho e que podem ser solucionados com uma boa orientação e mudança de comportamento.

Finalmente, é necessário que as ferramentas aplicadas em algumas etapas do processo possam ser expandidas para as demais atividades da indústria, a fim de que se consiga atingir a melhoria da qualidade na sua totalidade, e que os custos relacionados a cada ponto escolhido possam ser mensurados e otimizados, fazendo com que a relação custo/benefício seja satisfatória para a empresa. Não obstante, as indústrias de laticínios precisam começar a pensar que os resultados reais de melhorias obtidas somente serão visíveis para o consumidor se as medidas adotadas conseguirem abranger toda a estrutura da empresa.

## REFERÊNCIAS

ACOSTA-MEJIA, Cesar A. Monitoring Reduction in Variability with the Range. IIE Transactions, 1998, 30, pp. 515–523.

BATISTA, Nilson. Introdução ao Estudo de Controle Estatístico de processo - CEP. Rio de Janeiro, Qualitymark Editora Ltda, 1996.

CARVALHO, V.D.; CHALFOUN, S.M. Aspectos qualitativos do café. Informe Agropecuário, v.11, p.79-92, 1985.

CORTEZ, J.G. Efeito de espécies e cultivares e do processamento agrícola e industrial nas características da bebida do café. 2001. 71p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

DEMING, W. E. Out of Crisis. Cambridge, Mass. MIT Center for Advanced Engineering Study, 1986.

KRUG, H.P. Café duros. Revista do Instituto do Café, v.26, p.636-638, 1940a.

KRUG, H.P. Café duros – II: um estudo sobre a qualidade dos cafés de varrição. Revista do Instituto do Café, v.27, p.1393-1396, 1940b.

HRADESKY, John L. Aperfeiçoamento da Qualidade e da Produtividade: Guia Prático para Implementação do Controle Estatístico de Processo – CEP. Tradução: Maria Cláudia de Oliveira Santos. São Paulo: McGraw-Hill, 1989, pp. 151.

HAWKINS, Douglas M. and OLWELL, David H. Cumulative Sum Charts and Charting for Quality Improvement. New York: Springer, 1997.

KUME, Hitoshi – Métodos Estatísticos para Melhoria da Qualidade. São Paulo, Editora Gente, 1993.

LJUNG, G. M.; BOX, G. E. P. The Likelihood Function of Stationary Autoregressive – Moving Average Models. Biometrika, v. 66, p. 265 – 270, 1979.

JURAN, J. M. – Juran Planejando para a Qualidade. 3ª Edição. São Paulo, Livraria Editora Pioneira, 1995.

MONTGOMERY, Douglas C. Introduction to Statistical Quality Control. Canada: John Wiley & Sons, Inc, Third Edition, 1997.

PAESES, C. ; CATEN, C. ; RIBEIRO, J.L. Aplicação da análise de variância na implementação do CEP. In: XVII ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1998, Niterói. Anais (em CD ROM).

PARANTHAMAN, D. – Controle da Qualidade. Technical Teacher's Training Institute, Madras. São Paulo, Editora McGraw-Hill Ltda, 1990.

REYNOLDS Jr., Marion R., RAID W. Amin and ARNOLD, Jesse C. *CUSUM* Charts with Variable Sampling Intervals. Technometrics. November, 1990, vol. 32, nº 4. pp. 371–384.

WALDMANN, K. H. Bounds for the Distribution of the Run Length of One-Sided and Two-Sided CUSUM Quality Control Schemes. Technometrics, February, 1986, vol. 28, nº 1, pp. 61–67.

YASHCHIN, Emmanuel. Performance of CUSUM Control Schemes for Serially Correlated Observations. Technometrics, February, 1992. vol. 34, nº 1, pp. 54–63.