

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA  
JULIANA JANUZI ROQUETTE

**UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS ESTATÍSTICOS PARA AVALIAÇÃO DA  
QUALIDADE DO LEITE CRU REFRIGERADO**

UBERLÂNDIA

2014

JULIANA JANUZI ROQUETTE

**UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS ESTATÍSTICOS PARA AVALIAÇÃO DA  
QUALIDADE DO LEITE CRU REFRIGERADO**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-graduação em Ciências Veterinárias da  
Universidade Federal de Uberlândia, como  
requisito parcial para obtenção do título de  
mestre em Ciências Veterinárias.

Área de Concentração: Saúde Animal.

Orientadora: Professora Dra. Anna  
Monteiro Correia Lima.

UBERLÂNDIA

2014

Juliana Januzi Roquette

Utilização de métodos estatísticos para avaliação da qualidade do leite cru refrigerado

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-graduação em Ciências Veterinárias da  
Universidade Federal de Uberlândia, como  
requisito parcial para obtenção do título de  
mestre em Ciências Veterinárias.

Área de Concentração: Saúde Animal.

Uberlândia, 25 de abril de 2014

Banca Examinadora

Profa. Dra. Anna Monteiro Correia Lima

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – UFU

Prof. Dr. Alex de Matos Teixeira

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – UFU

Profa. Dra. Mônica Maria Oliveira Pinho Cerqueira

Escola de Medicina Veterinária - UFMG

Profa. Natascha Almeida Marques da Silva

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – UFU

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

R786u Roquette, Juliana Januzi, 1987-  
2014 Utilização de métodos estatísticos para avaliação da qualidade do  
leite refrigerado / Juliana Januzi Roquette. – 2014.  
62 f. : il.

Orientadora: Anna Monteiro Correia Lima.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de  
Pós-Graduação em Ciências Veterinárias.  
Inclui bibliografia.

1. Veterinária - Teses. 2. Leite – Qualidade - Teses. I. Lima, Anna Monteiro  
Correia. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em  
Ciências Veterinárias. III. Título.

CDU: 619

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, depois aos meus pais Francisco e Wânia que são a parte mais importante da minha vida.

À professora Anna Lima que acreditou em mim, me acolheu, ajudou e orientou em todos os momentos.

Ao professor Quintiliano que me ajudou prontamente.

E a todos os meus colegas que me deram força durante o curso.

Obrigada!

## SUMÁRIO

CAPÍTULO I .....	8
1. CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	9
1.1. A produção de leite e sua qualidade .....	9
1.2. Pagamento por qualidade.....	14
1.3. Controle estatístico da qualidade .....	16
REFERÊNCIAS .....	24
CAPÍTULO II.....	30
1. INTRODUÇÃO .....	33
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	35
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	39
4. CONCLUSÃO .....	58
REFERÊNCIAS .....	59

## **RESUMO**

A qualidade do produto é fundamental para sua aceitação no mercado. O monitoramento da qualidade do leite vai além de atender o consumidor; um produto com qualidade inadequada prejudica processos industriais causando prejuízos. A bonificação do produto por sua qualidade é uma forma de conscientizar o produtor da importância da qualidade da matéria prima. As bonificações também são utilizadas para gratificar o produto que possui resultados muito melhores que os padrões mínimos de qualidade exigidos. Já as deduções são utilizadas para advertir os produtores que não entendem o risco de produzir um gênero alimentício sem o mínimo controle e monitoramento. Várias são as análises estatísticas possíveis de serem realizadas para acompanhar a qualidade do produto captado pelos laticínios de forma rápida, precisa e objetiva. Entre elas é possível citar as ferramentas de controle estatístico de processos, como os índices de capacidade e os gráficos de controle para média e desvio padrão. Objetivou-se revisar os meios de monitoramento da CCS e CBT como índices de qualidade do leite e propor formas estatísticas de monitoramento. Foi possível julgar de forma precisa as propriedades, demonstrando assim a aplicabilidade e a necessidade da utilização de métodos estatísticos que possibilitam precisão, detalhamento e rapidez nas análises.

**Palavras-chave:** qualidade do leite, pagamento por qualidade, métodos estatísticos.

## **ABSTRACT**

Product quality is critical to its acceptance in the market. Monitoring milk quality goes beyond meeting the consumer; products with poor quality affect industrial processes inducing damage. Paying a bonus for the product quality is a way to educate the producers about the importance of quality from raw material. Bonuses are also used to gratify products that have better results than the minimum required quality standards. However, deductions are used to warn farmers who do not understand the risk of producing a food product without the slightest control and monitoring. There are several statistical analyzes that can be developed to monitor the quality of the dairy product collected quickly, accurately and objectively. Among them, it can be mentioned the tools of statistical process control, such as the ability to index and control charts for mean and standard deviation. The objective was to review the means of monitoring the SCC and TBC as milk quality scores and statistics propose ways of monitoring. It was possible to judge accurately the properties, thus demonstrating the applicability and the need to use statistical methods that enable precision, detail and speed in the analyzes.

**Keywords:** milk quality, payment for quality, statistical methods.

## CAPÍTULO I

### **CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE QUALIDADE DO LEITE E MÉTODOS DE AVALIAÇÃO**

## 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

### 1.1. A produção de leite e sua qualidade

A Food and Agriculture Organization (FAO) divulgou no ano de 2012, a produção preliminar de leite no mundo. O Brasil assume o quarto lugar com 32.091.000 mil toneladas de leite, atrás somente do Estado Unidos da América (EUA), Índia e China, respectivamente. Uma boa mudança foi a passagem do Brasil para a quarta posição, lugar antes ocupado pela Rússia (EMBRAPA, 2013) (Tabela 1).

**Tabela 1** - Ranking dos países maiores produtores de leite em 2011.

País	Produção (Mil toneladas)
<b>Estados Unidos</b>	89.015.200,00
<b>Índia</b>	52.500.000,00
<b>China</b>	36.928.901,00
<b>Brasil</b>	32.091.000,00
<b>Russia</b>	31.385.700,00
<b>Alemanha</b>	30.301.400,00
<b>França</b>	24.426.500,00
<b>Nova Zelândia</b>	17.893.800,00
<b>Reino Unido</b>	14.246.000,00
<b>Turquia</b>	13.802.400,00

FONTE: Adaptado de FAO (2012); EMBRAPA, 2013

Os países propulsores da economia pós-crise financeira ocupam as próximas posições como maiores produtores de leite após os EUA. No Panorama do Leite (EMBRAPA, 2013), relatam o perfil importador de lácteos desses países, mesmo ocupando as primeiras posições na produção mundial. A produção é em sua grande maioria consumida pelo mercado interno, corroborando com isso, esses países passam por crescimento econômico recente, com mercado em crescente expansão.

O leite é um dos mais populares alimentos, consumido no mundo todo por diversas faixas etárias (MORATOYA et al., 2013). Prezar por sua qualidade é de suma importância. Associado a isso, resulta-se o grande impacto da qualidade na produção dos derivados,

rendimento dos produtos, qualidade sensorial e vida de prateleira (*shelf life*) (SANTOS et al. 2002; SANTOS; FONSECA, 2003). O leite com qualidade também representa menores riscos da presença de antibióticos, patógenos e toxinas.

O leite é em sua maioria composto com água, cerca de 87,4%. A fração sólida é representada por aproximadamente 3,2% de proteína, 3,9% de gordura, 4,6% de lactose e 0,9% de minerais (HARDING, 1995), Esses resultados podem ser encontrados em diversos trabalhos, apresentando pequenas variações (RIBAS et al., 2004; LIMA et al., 2006; LIRA, 2007; RIBEIRO NETO et al., 2012) . A genética e a nutrição são fatores que podem alterar consideravelmente esses valores.

Heck et al. (2009) realizaram um estudo na Holanda em que semanalmente, durante um ano, coletaram amostras de leite para análise de composição e verificaram que a gordura, a proteína e a lactose possuem maior, intermediária e menor variação, respectivamente. Milani (2011) observou resultados parecidos aos do estudo realizado na Holanda.

Os principais indicadores utilizados no Brasil para classificação do leite são a contagem bacteriana total (CBT), contagem de células somáticas (CCS), porcentagem de gordura (G) e de proteína (P). Os requisitos microbiológicos, físicos e químicos do leite são regulados no Brasil pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio da Instrução Normativa 62 (IN62), de 29 de dezembro de 2011.

O MAPA busca adequação do leite produzido no Brasil a padrões aceitos internacionalmente. Para isso, estabeleceu prazos para redução dos valores de CCS e CBT por região. As regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste, maiores produtoras de leite do país (SEAPA, 2014), terão duas mudanças, com data pré-estabelecida, nos limites dos indicadores: a partir de 1 de julho de 2014 até 30 de junho de 2016, passando a vigorar 300.000 UFC/mL como limite de CBT e 500.000 CS/mL como limite de CCS. A partir de 1 de julho de 2016, a CBT passa a ter o limite de 100.000 UFC/mL e a CCS, de 400.000 CS/mL. Exige-se no mínimo uma análise mensal, para realização de média geométrica sobre os três últimos meses.

A CBT representa a quantidade de contaminação após a ordenha do leite. É influenciada diretamente pelo estado de limpeza de tetos e úbere no momento da ordenha, pela água utilizada, pela higiene durante os procedimentos, pela limpeza dos equipamentos e pelo resfriamento adequado do produto imediatamente após a ordenha. A CBT pode ser rapidamente reduzida quando se encontra fora dos padrões exigidos pela IN62, pois as causas são na maioria das vezes, falhas nos processos de ordenha e armazenamento, possíveis de serem contornadas em curto prazo.

A elevada carga bacteriana representa um risco à saúde pública, devido à chance de veiculação de patógenos e toxinas. Já para a agroindústria, bactérias psicotróficas, podem degradar a proteína e a gordura do leite por meio de enzimas, causando alterações sensoriais, no tempo de prateleira e na produção de derivados. Quando as bactérias são fermentadoras de lactose, provocam a acidez do leite, comprometendo processamentos industriais e a qualidade dos produtos (VARGAS, 2012).

As células somáticas, naturalmente presentes no leite, são constituídas por células de descamação, provenientes do processo normal de renovação do epitélio das glândulas e células brancas, as quais realizam a proteção do organismo. O aumento do número dessas células presentes no leite indica a quantidade de resposta do corpo a alguma inflamação presente nos quartos mamários (GIGANTE; COSTA, 2008).

A replicação das células do organismo, juntamente com os patógenos presentes nos quartos mamários, desencadeiam uma série de reações que alteram a composição e, consequentemente, a qualidade do leite. Ocorre degradação de micelas de gordura, quebra de proteínas, migração de lactose para a corrente sanguínea e de proteínas séricas para o leite (NMC, 1996). Além de todos esses acontecimentos, inicialmente, há lesão das glândulas secretoras, provocando diminuição na produção dos componentes do leite (SANTOS; FONSECA, 2007; GIGANTE; COSTA, 2008).

A CCS diferente da CBT é de difícil manipulação, pois está ligada diretamente a sanidade do animal, refletindo a incidência de mastite clínica e subclínica. Segundo Philpot e Nickerson (2002), existe um limite em 200.000 CS/mL a partir do qual há perda de 2 a 2,5% em produção a cada 100.000 CS/mL acima desse valor. O manejo dos animais, do ambiente, onde permanecem a maior parte do dia, o manejo de ordenha e a imunidade das vacas estão diretamente relacionados com a ocorrência de mastite. O controle da CCS deve fazer parte da rotina da propriedade. Valores elevados de CCS podem contribuir com maiores chances de presença de antibióticos no leite, devido à necessidade de tratamento dos casos de mastite.

A porcentagem de gordura e proteína está ligada ao rendimento industrial. Quanto maior a quantidade de sólidos que chega por volume de leite, maior será a produção dos derivados. A proteólise que ocorre em leite com elevados valores de células somáticas prejudica, entre outros derivados, a fabricação de queijos (VIANA et al., 2008; MAZAL et al., 2007; COELHO et al., 2012). Já a degradação da gordura, provoca liberação de ácidos graxos livres, causando alteração das características sensoriais e também redução da vida de prateleira (SANTOS; FONSECA, 2007).

Gigante e Costa (2008) separam os produtos lácteos processados em quatro grupos, sendo o primeiro formado pelo leite para o consumo líquido (pasteurizado; UHT). O segundo por creme de leite, leite concentrado (evaporado; concentrado), o terceiro por leite em pó e quarto por manteiga e produtos fermentados (iogurtes e queijos). Os autores relatam que entre os quatro grupos, os que possuem a base proteica, dependentes da caseína e representados pelos iogurtes e queijos, são os que possuem maior número de pesquisas. Comentam os grandes problemas causados na fabricação de iogurtes ao utilizar leite com altos valores de CCS. São vários os defeitos provocados, entre eles, podem ser citados alteração de sabor, textura e durante o processo de produção na fermentação e na coagulação.

A gordura e a proteína apresentam correlação com a CCS e CBT (VARGAS, 2012). Segundo Gigante e Costa (2008), vários são os resultados da CCS em relação à gordura, quando são observadas reduções em relação à gordura, ponderam a queda de produção dos sólidos devido à lesão do epitélio. Já quando há aumento da porcentagem de gordura, não existem provas do fato, mas utilizam a redução de produção como resposta do aumento proporcional do componente. Relatam também a existência de estudos que não observaram nenhuma variação significativa.

Da mesma forma, Gigante e Costa (2008) relataram variação nos resultados associando CCS e proteína, encontrados no leite de vacas e de ovelhas. Alguns relatam ausência de alteração e outros, redução no teor de proteína. Nesse caso, a redução seria explicada pela lesão do epitélio e redução de produção da fração sólida do leite. E a ausência de alteração, nesse caso é explicada pela passagem concomitante de proteínas do sangue para o leite, após iniciado o processo inflamatório e a resposta do organismo. Portanto, a análise da fração proteica seria mais adequada para avaliar as alterações.

Milani (2011) realizou um estudo com 326 unidades produtoras de leite durante três anos e observou diferenças significativas em relação a qualidade do leite ao comparar sistemas de produção. Os sistemas não especializados foram os que apresentaram maiores valores para CBT e gordura.

A sazonalidade é um fator natural que pode influenciar a qualidade do leite, já que os meses de primavera e verão são um desafio para a manutenção dos padrões de CBT e CCS no Brasil. Neste período, o ambiente torna-se quente e úmido, favorecendo a proliferação bacteriana e a contaminação da glândula. As vacas encontram-se muitas vezes em estresse calórico, o que reduz a imunidade facilitando novas infecções (HAMMAMI, 2013).

Pesquisas visualizaram melhoria da qualidade do leite no mês de outubro, apresentando aumento de sólidos totais e queda de CBT (ROMA JÚNIOR et al., 2009;

MILANI, 2011). Já Vargas (2012) ao analisar leite de 1541 propriedades, em 15 municípios da bacia leiteira do Vale do Taquari, no Rio Grande do Sul, no período de junho de 2008 a dezembro de 2011, não observou correlação entre CCS, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar, apenas com temperatura. Já CBT não apresentou correlação com nenhuma variável climática.

A qualidade do leite produzido no Brasil, conforme dados da Rede Brasileira de Laboratórios de Controle de Qualidade de Leite (RBQL) divulgados no último congresso em 2013 (CAMPOS FILHO, 2013), está abaixo do necessário para cumprimento das metas impostas pela IN62. Entre as amostras analisadas, 27% estão acima do limite para CCS e 40% acima do limite para CBT.

A International Dairy Federation (IDF, 1995) recomenda no máximo 48 horas entre a coleta da amostra do leite e a realização das análises, entretanto, existem algumas particularidades que dificultam esse processo. No último censo agropecuário realizado em 2006 (IBGE, 2006), o Brasil apresentou grande número de produtores de leite, caracterizados em sua maioria como pequenos, com baixa produtividade, além disso, é preciso considerar sua grande extensão territorial acrescida ao péssimo estado de conservação das estradas. Por isso, agroindústrias no Brasil utilizam frascos contendo conservante do tipo azidiol para as análises de CBT, que possibilita a estabilização e conservação do leite por sete dias, com temperatura máxima de 7º C (CASSOLI et al., 2010).

No Brasil, a maioria das amostras de leite é colhida pela equipe das transportadoras que realizam a captação do leite nas propriedades, seguindo um procedimento operacional padrão estabelecido pela agroindústria, com base em instruções do MAPA e da RBQL para a correta amostragem (BRASIL, 2011), acondicionamento e transporte dessas amostras. A equipe das transportadoras passa por treinamento periódico e continuado para realizar os procedimentos corretos. Após a coleta, as amostras são enviadas para um laboratório pertencente à RBQL, elas são analisadas no máximo em sete dias.

O leite de qualidade representa menores riscos para a saúde, maior aceitação do consumidor já que possui características sensoriais adequadas, possibilita melhor distribuição e comercialização do produto devido à maior vida de prateleira, representa menores custos de transporte e de produção para a indústria, além de maior rendimento industrial (GIGANTE; COSTA, 2008).

O Brasil está passando por melhoria constante na qualidade do leite após a implantação de pagamento por qualidade realizado por algumas indústrias (MOREIRA; BERNARDO, 2011). Vários países já utilizam essa metodologia de pagamento e também

obtiveram resultados positivos, pois o produtor é incentivado e instruído a produzir com qualidade e a se adequar a padrões aceitos internacionalmente pelo mercado consumidor (MACHADO, 2008).

## **1.2. Pagamento por qualidade**

Segundo Ibarra (2004), diversos países utilizam parte do pagamento do leite baseado em qualidade. As formas de aplicação do pagamento variam, mas em geral são: benefícios quando o produto atinge a primeira qualidade, preço base quando estão classificados em segundo lugar na escala de qualidade e deduções quando estão colocados entre produtos de terceira e quarta qualidade. Outros países utilizam apenas deduções havendo o princípio que a qualidade mínima é obrigação dos produtores, e por fim, existem aqueles que aplicam apenas benefícios para os que estão nas categorias superiores, sem deduções para os que estão nas categorias inferiores.

Hoje na Nova Zelândia, a Fonterra reúne cerca de 89% da oferta total de leite cru. Nesta situação, não há um processo de mercado interno para obter um preço de leite, sendo portanto, determinado pela Fonterra usando uma metodologia administrativa. Dada a posição dominante da Fonterra no mercado de leite cru, o preço do leite do produtor da Fonterra também acaba definindo o preço mínimo que outros processadores de lácteos irão pagar (CCN, 2013). O preço é relacionado à quantidade de sólidos, não há benefícios, mas apenas deduções ou exclusão do fornecedor (IBARRA, 2004; WOODCOCK, 2013). As análises de CCS são realizadas diariamente e o produtor recebe o resultado no dia seguinte. Quando o produtor atinge 20 pontos de demérito, possuirá um resultado de 100% de dedução (WOODCOCK, 2013).

Os pagamentos por sólidos começaram levando em consideração apenas a gordura, já que muitos países tinham a manteiga como produto principal. Atualmente, produtos com alto teor de gordura têm sido menos valorizado pelo mercado consumidor. Ocorreram mudanças nas principais linhas de produtos das empresas. Leite em pó e queijos se destacaram e muitos países optaram por dar foco no pagamento pela proteína, sem deixar, no entanto, de lado a gordura (IBARRA, 2004).

O pagamento por qualidade vai além da composição e de padrões higiênicos sanitários do leite. Segundo Pinheiro (2009), é necessária uma operação adequada que garanta a correta amostragem, acondicionamento e transporte até a Rede de Laboratórios de Controle de

Qualidade do Leite (RBQL), garantindo a confiabilidade e a imparcialidade dos resultados obtidos.

O pagamento do leite pela qualidade vem sendo cada vez mais discutido e colocado em prática no Brasil, estreitando a relação entre o produtor e a indústria. Garvin (1992 apud NOMELINI, 2007) propõe um método de determinação de qualidade de produtos em geral, que pode ser adotado nos laticínios, a fim de melhorar a qualidade do leite nos processos produtivos (Tabela 2).

**Tabela 2** - Diferentes definições para qualidade.

<b>Dimensões</b>	<b>Definição</b>
<i>Desempenho</i>	Características fundamentais de um produto.
<i>Características</i>	Características secundárias de um produto, seus “adereços que complementam as características fundamentais. A distinção entre o que é fundamental e o que é secundário é função subjetiva do usuário”.
<i>Confiabilidade</i>	Reflete a probabilidade de mau funcionamento de um produto ou de falhas num determinado período.
<i>Durabilidade</i>	Medida da vida útil do produto. Há duas dimensões: técnica e econômica.
<i>Conformidade</i>	É o grau em que o projeto e as características operacionais de um produto estão de acordo com os padrões pré-estabelecidos.
<i>Atendimento</i>	Algumas variações associadas com a qualidade do atendimento podem ser objetivamente medidas, já outras são subjetivas.
<i>Estética</i>	São percepções dos cinco sentidos mais o “agrado” que eles produzem.
<i>Qualidade percebida</i>	São as percepções indiretas de qualidade, não a própria qualidade. Propaganda e reputação, principalmente.

FONTE: GARVIN (1992) apud NOMELINI (2007)

Além disso, esse tipo de pagamento possui variada forma de cálculo, existindo diferenças entre regiões de um mesmo país e entre agroindústrias. A IN62 impõe padrões mínimos de qualidade para o leite comercializado no Brasil. É importante o entendimento de que as reais e merecidas bonificações deverão vir de valores muito melhores.

Algumas das maiores empresas de laticínios do Brasil realizam pagamento similar por qualidade, no qual mais de 60% do valor destinado a qualidade refere-se aos sólidos (%G e

%P) e possuem como limite máximo de CCS, a partir do qual iniciam-se as bonificações, o valor de 400.000 CS/mL. Diferenciam-se na formação do resultado final de cada mês, alguns resultados são obtidos por meio de média aritmética e outros média geométrica, não havendo um padrão.

Paiva et al. (2012) estudaram o comportamento de produtores de um mesmo laticínio antes e após implementação de pagamento por qualidade, no qual a mudança ocorreu em 2005 e o grupo foi observado até 2008. A pesquisa demonstrou que o pagamento por qualidade é importante para a melhoria da qualidade da matéria-prima, principalmente, considerando a CBT. Durante esse período os produtores não melhoraram seus padrões de qualidade em relação à CCS, mesmo após a implantação de benefícios. Os autores observaram que os produtores não atingiam as bonificações e não mudavam seu comportamento, ficando indiferentes à situação, já que a tabela de pagamento por qualidade não contemplava deduções, mas apenas benefícios e neutralidade. No estudo, a falta de controle específico para CCS e a não utilização de medicamento de vaca seca seriam as possíveis causas dos altos valores de CCS.

Assim como foi observado por Paiva et al. (2012), Vargas (2012) também pondera a necessidade de mudança representada pelo pagamento por qualidade, buscando a melhoria da matéria-prima. O autor comenta ainda sobre normativas enfatizando que o padrão mínimo estabelecido pelas mesmas não são suficientes, devendo as metas para melhoria serem superiores.

Ferreira et al. (2012) realizaram um estudo com produtores de uma cooperativa do Paraná que estava adotando pagamento por qualidade. Observou-se que em relação a CCS, 71% das amostras estavam dentro do padrão da IN62. A média da CBT do leite apresentava-se acima do estabelecido.

Os modelos de pagamentos são diversos, variando conforme o objetivo da agroindústria ou do país. Recomenda-se compartilhar mais a experiência dos países que possuem a atividade leiteira em destaque há muitos anos, pois já superaram os desafios que se podem vir a passar.

### **1.3. Controle estatístico da qualidade**

O controle estatístico de processos (CEP) é um método de monitoramento utilizado há mais de 30 anos por indústrias de diversas áreas. O primeiro setor que descreveu a utilização

desse tipo de monitoramento foi o de telefonia e atualmente esse tipo de controle é utilizado por diversos ramos industriais, como o de peças, militar, alimentício (DE VRIES; RENEAU, 2010; TAKAHASHI, 2011). O CEP é um conjunto de ferramentas utilizadas para resolução de problemas, buscando a estabilidade de processos por meio da redução de variabilidade (MONTGOMERY, 2004).

Uma das ferramentas desse monitoramento é o gráfico de controle, utilizado para visualizar o comportamento de determinado processo e identificar variações não esperadas, que podem ser traduzidas em falhas nos processos, as quais devem ser corrigidas rapidamente (MONTGOMERY, 2004). Portanto, essa ferramenta possibilita uma ação rápida e preventiva, antes que grandes problemas se instalem (LUKAS et al., 2005; TAKAHASHI et al. 2012, HENNING et al., 2013).

Outra utilização dos gráficos de controle é a observação de variações esperadas, nas quais a mudança em um processo foi planejada e os gráficos são utilizados para verificar o comportamento de determinado indicador de qualidade após a alteração (FRAILE et al., 2009; DE VRIES; RENEAU, 2010).

Os gráficos não devem ser utilizados isoladamente, e sim para complementar e auxiliar uma observação de determinado processo. Os processos são influenciados algumas vezes por fatores naturais, que não podem ser previstos, mas precisam ser identificados e interpretados com o auxílio de outras informações do processo. De Vries e Reneau (2010) citaram em sua revisão uma observação de Deming (1986) o qual relata que muitas vezes o problema da gestão de um líder é não compreender a informação que está implícita na variação.

Segundo Milani (2011), os fatores que podem ser responsáveis pela alteração dos indicadores de qualidade do leite nunca podem ser analisados isoladamente. Devido a isso foi proposto no seu estudo a utilização de análise estatística que possa reunir vários pontos de controle, prováveis responsáveis pelas não conformidades. Os dados foram analisados por meio de modelo misto com medidas repetidas no tempo, tendo como efeito fixo, os sistemas de produção, anos e estações do ano. A unidade produtora de leite foi utilizada como efeito aleatório.

No Brasil, empresas como Belgo-Mineira, Kodak, Motorola, Ambev, Gerdau, Cimentos Votorantim e Multibrás estão colhendo resultados concretos da utilização das ferramentas de controle estatístico de qualidade (NOMELINI, 2007). Essas ferramentas ainda estão sendo pouco utilizadas na agropecuária, o que segundo Mertens (2009) pode ser atribuído à falta de conhecimento dos gestores em relação a esse tipo de ferramenta e a

dificuldade encontrada em utilizar dados de origem biológica, que são estatisticamente não convencionais e possuem muitas vezes dados perdidos, oriundos de falhas técnicas no processo.

Lukas et al. (2008b) realizaram observações que possibilitaram criar um índice de consistência da média dos indicadores de qualidade observados, partindo do pressuposto de tornar a avaliação dos dados de média de CCS mais robustos. Buscou-se identificar um padrão que possibilitasse inferir variações futuras nos valores de qualidade baseado nos padrões de violação observados e no índice de consistência.

O maior número de amostras, obviamente, representa melhor as condições de um rebanho do que análises realizadas uma vez ao mês, diante desse precedente. Lukas et al. (2005) buscaram verificar a correlação da taxa de mastite subclínica com os resultados de CCS do tanque obtidos durante todo o mês. No estudo realizado, demonstrou-se que essa relação existe e possui melhor resultado em rebanhos com maior escala de produção, pois em rebanhos com pouca produção por dia, a influência de um indivíduo é grande em relação ao total do tanque (LUKAS et al., 2008a).

Lukas et al. (2005) demonstraram a utilização dos gráficos de controle estatísticos de processo para visualizar alterações na taxa de mastite subclínica de rebanhos. Com essa ferramenta, os produtores poderiam se adiantar, tomar providências e realizar verificações antes que os problemas aumentassem, junto com os prejuízos provocados pela mastite clínica e subclínica. Utilizando os gráficos de controle eles podem monitorar mensalmente as análises de CBT e CCS do rebanho e caso após observação dos gráficos verifiquem tendência a piora ou instabilidade dos resultados podem atuar estrategicamente no rebanho antes das próximas análises.

Autores como Takahashi et al. (2012) e Niza-Ribeiro et al. (2004) defendem a ideia de que a média dos valores de CCS não é representativa da realidade. Sozinha não possibilita uma interpretação detalhada de uma propriedade ou mesmo de um animal, sendo que sua simples visualização é passível de falhas na formação de conclusões que podem classificar erroneamente uma propriedade. Estes mesmos autores sugerem a utilização de ferramentas do CEP que possibilitam uma interpretação mais robusta dos dados.

Dando continuidade a esse raciocínio, Takahashi et al. (2012) demonstraram que a utilização do CEP pode auxiliar as fazendas que foram anteriormente identificadas, por apresentarem desvios nos padrões de qualidade, a visualizar o comportamento dos indicadores de qualidade dentro da propriedade. Possibilita, por exemplo, relacionar situações e falhas

ocorridas com os desvios apresentados nos gráficos de controle, facilitando assim identificar as causas mais prováveis do desequilíbrio.

Os gráficos de controle são uma técnica estatística utilizada para medição e análise do comportamento de um processo (NOMELINI, 2007; HENNING et al., 2013). Estatisticamente, existem dois tipos de variáveis, as quantitativas e as qualitativas. As quantitativas podem ser expressas em unidades contínuas de medida e as qualitativas não podem ser medidas em escala contínua, apenas classificadas como conforme ou não-conforme, sendo possível apenas contabilizar o número de vezes que esses julgamentos ocorrem (NOMELINI, 2007).

As variáveis qualitativas podem ser analisadas utilizando os chamados gráficos de atributos e as quantitativas, gráficos de variáveis (NOMELINI, 2007). Existem três tipos de gráficos de controle para variáveis, os que expressam média, os de desvio padrão e os de amplitude.

Os gráficos de controle possuem uma linha de centro que representa a média das medidas do processo e duas outras linhas (uma acima da linha de centro, que representa o limite superior das medidas e uma abaixo da linha de centro, que representa o limite inferior). Após a montagem do gráfico os pontos que se localizam fora dos limites de controle, são interpretados como falhas, ou indicam que algum processo está fora de controle (NOMELINI, 2007; HENNING et al., 2013). Quando modificações no processo são planejadas, essas variações são justificadas (DE VRIES; RENEAU, 2010).

Os gráficos de média e desvio padrão possuem os limites calculados da seguinte forma (NOMELINI, 2007):

$$LSC = \bar{x} + A_3 \bar{s}$$

$$LM = \bar{x}$$

$$LIC = \bar{x} - A_3 \bar{s}$$

e

$$LSC = B_4 \bar{s}$$

$$LM = \bar{s}$$

$$LIC = B_3 \bar{s}$$

em que  $s$  é o desvio padrão médio;  $x$  é a média das médias e  $A_3$ ,  $B_3$  e  $B_4$  são constantes encontradas nas tabelas de Montgomery (2004).

Entre as ferramentas do CEP utilizadas por Niza-Ribeiro et al. (2004), Takahashi et al. (2011), e Takahashi et al. (2012) estão os gráficos de controle e o índice de capacidade ( $C_{pk}$ ), os quais possibilitam visualizar não só as propriedades que possuem excelentes padrões de qualidade, mas quais e quantas são aquelas que possuem a capacidade de manter os bons resultados com baixa variabilidade. Takahashi et al. (2011) demonstraram a possibilidade de identificar com maior precisão produtores que violam padrões mínimos de qualidade, fundamentais para implantação e desenvolvimento de políticas de pagamento e leite baseadas em qualidade.

O chamado índice de capacidade ( $C_p$ ) é outra ferramenta utilizada para melhor interpretação e visualização de processos, avalizando a capacidade ou não de produzir dentro das especificações de qualidade (NOMELINI, 2007). O  $C_p$  irá relacionar informações das amostras das propriedades (média e variação), com os padrões pré-estabelecidos de qualidade. Possibilita a verificação de desempenho das propriedades frente aos valores de qualidade desejados (NOMELINI, 2007).

Segundo Gonçales e Werner (2009) o  $C_p$  deve ser utilizado para identificar dois tipos de problemas: de localização, se o processo atende em média o valor nominal de especificação e de variabilidade quando o processo apresenta grande dispersão e não atende os limites que são estabelecidos. Cortez et al. (2013) explicaram que os índices podem ser: índice de capacidade potencial ( $C_p$ ), índice de capacidade potencial mínimo ( $C_{pk}$ ), índice de capacidade geral ( $P_p$ ), índice de capacidade mínimo geral ( $p_{pk}$ ), índice de capacidade em relação à meta ( $C_{pm}$ ).

O numerador do  $C_p$  informa a amplitude sobre a qual as observações de processo podem variar, enquanto o denominador, descreve a amplitude sobre a qual o processo está atualmente variando. Espera-se que o  $C_p$  possa ser tão grande quanto possível (RAMOS et al., 2013). Segundo Harsteln et al. (2010) outra possibilidade é analisar o denominado índice de performance ( $P_{pk}$ ), que é calculado e interpretado da mesma forma que o  $C_p$  só que utilizando como estimativa de desvio padrão medições individuais (Quadro 1).

Segundo Montgomery (2004), o  $P_{pk}$  deve ser utilizado quando o processo for descentralizado ou não normal. Quando o processo for normal ou centralizado deve-se utilizar o  $C_{pk}$  com avaliador de desempenho. Quando o processo segue uma distribuição normal o  $P_p=C_p$  e o  $C_{pk}=P_{pk}$ . Quando o processo não segue uma distribuição normal o  $C_p$  pode ser maior ou menor que o  $C_{pk}$  e o  $P_p$  pode ser maior ou menor que o  $P_{pk}$ .

**Quadro 1** - Interpretação do índice de capacidade ( $C_{pk}$ ).

$C_{pk}, P_{pk} \geq 2,0$	PROCESSO EXCELENTE	Altamente Confiável	Está ocorrendo um perfeito controle do processo
$1,33 \leq C_{pk}, P_{pk} < 2,0$	PROCESSO CAPAZ	Relativamente Confiável	É preciso monitorar para evitar algum descontrole
$1,00 \leq C_{pk}, P_{pk} < 1,33$	PROCESSO RELATIVAMENTE INCAPAZ	Pouco Confiável	Exige controle contínuo
$0 \leq C_{pk}, P_{pk} < 1$	PROCESSO INCAPAZ	Podemos ter produção defeituosa	
$C_{pk}, P_{pk} < 0$	PROCESSO TOTALMENTE INCAPAZ	Não tem condições de manter as especificações	Exige controle de 100%

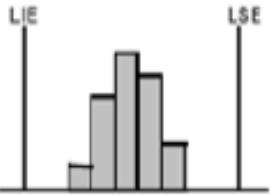
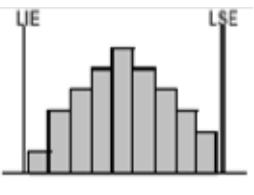
FONTE: adaptado de Nomelini (2007).

Harsteln et al. (2010) destacaram a necessidade de verificar a normalidade do processo para que se possa realizar um correto cálculo e avaliação do mesmo, garantindo a qualidade desejada no julgamento dos dados. Segundo Miranda (2005), o  $C_p$  não leva em consideração a localização da média do processo. Devido a isso, foi desenvolvido o  $C_{pk}$ , que possibilita mediar a distância entre a média do processo e os limites inferior e superior em relação à metade da variabilidade do processo. O  $C_{pk}$  é interpretado da mesma forma que o  $C_p$ .

Niza-Ribeiro et al. (2004) compararam a utilização do  $C_{pk}$  com a média de CCS normalmente utilizada pelos laticínios e a ferramenta estatística se mostrou eficiente, pois demonstrou o número de fazendas que conseguiram atingir padrões de qualidade satisfatórios durante todo o ano. Os resultados foram diferentes quando utilizaram a média dos resultados das propriedades para verificar quantos produtores atingiram os padrões de qualidade. A média dos resultados de uma fazenda pode mascarar a real situação da propriedade. Portanto, o julgamento dos resultados precisa ser realizado utilizando ferramentas estatísticas que possibilitem avaliação mais precisa dos dados.

Os gráficos de controle devem ser utilizados como a principal forma de analisar capacidade, sendo preciso apenas construir o gráfico adequado e estimar seus parâmetros (NOMELINI, 2007) (Quadro 2).

**Quadro 2** - Classificação e análise de gráficos para identificação da capacidade de um processo.

CLASSIFICAÇÃO	COMPARAÇÃO GRÁFICA	CARACTERÍSTICAS	AÇÕES PERTINENTES
<b>VERDE</b> ADEQUADO BOA CAPABILIDADE		- Todos os dados estão localizados dentro dos Limites de Especificação com uma boa margem de segurança de ambos os lados. Essa margem é de pelo menos 16.	- Como o histograma atende à especificação com folga, só precisa manter a atual situação. - O processo está pronto para ser delegado para as pessoas que operam.
<b>AMARELO</b> ACEITÁVEL CAPABILIDADE RAZOÁVEL		- Todos os dados estão localizados dentro dos Limites de Especificação, porém, aparecem alguns resultados muito próximos deles. Esta distância entre os valores extremos e os limites é menor que 16.	- Como praticamente não existe uma margem extra, é importante reduzir um pouco a variabilidade. - A gerência deve promover uma melhoria (PDCA) de tal forma que o processo se torne verde.
<b>VERMELHO</b> INCAPAZ INADEQUADO		- Alguns dados estão localizados fora dos limites de especificação, exigindo inspeção 100% para separar os itens defeituosos e garantir a qualidade especificada.	- É necessário agir para trazer a média mais próxima ao centro das especificações.
			- São necessárias ações para reduzir a variação – melhoria do processo (PDCA).
			- São necessárias não só ações para reduzir a variação, como também para trazer a média mais próxima ao centro da especificação.

FONTE: Nomelini (2007).

Acredita-se que o CEP seja uma ferramenta extremamente útil para a indústria láctea, pois possibilita visualizar quais propriedades se encontram dentro dos padrões durante um

determinado período de tempo. A interpretação de resultados de contagem de células somáticas (CCS) e de contagem bacteriana total (CBT) com o uso de CEP pode ser diferente, possibilitando identificar desuniformidade ou até mesmo falhas que a análise tradicional por média não identifica. Estudos sobre o uso do CEP em laticínios deveriam ser mais utilizados para melhorar a qualidade do leite no Brasil.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 62, de 29 de dezembro de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, 31 dez. 2011. Seção 1, p. 6-11.

CAMPOS FILHO, M. M. **Quem está interessado na qualidade do leite no Brasil.** Milk Point, 2013. Disponível em: <[http://www.milkpoint.com.br/mypoint/20372/p\\_quem\\_esta\\_interessado\\_na\\_qualidade\\_do\\_leite\\_no\\_brasil\\_5369.aspx](http://www.milkpoint.com.br/mypoint/20372/p_quem_esta_interessado_na_qualidade_do_leite_no_brasil_5369.aspx)>. Acesso em: 24 abr. 2014.

CASSOLI, L. D.; MACHADO, P. F.; COLDEBELLA, A. Métodos de conservação de amostras de leite para determinação da contagem bacteriana total por citometria de fluxo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa: UFV, [S.l.], v. 39, p. 434-439, 2010.

CCN – COMMERCE COMMISSION NEW ZEALAND. **The setting of the farm gate milk price in New Zealand.** Information paper, [S.l.], 2013. 6 p.

COELHO, K. O. et al. Níveis de células somáticas sobre a proteólise do queijo Mussarela. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, [S.l.], v.13, n.3, p. 682-693, 2012.

CORTEZ, J. W. et al. Capabilidade do processo de semeadura do milho safrinha com mecanismo dosador tipo pneumático. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 12., 2013, **Anais...** Dourados, 2013. p.1-6.

DE VRIES, A.; RENEAU, J. K. Application of statistical process control charts to monitor changes in animal production systems. **Journal of Animal Science**, [S.l.], v. 88, p11-24, 2010.

EMBRAPA. **Panorama do Leite.** Brasília: Embrapa Gado de Leite, v. 6, n. 75, 2013. 9 p.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT.** 2012. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 04 mar. 2014.

FERREIRA, A. G. et al. Avaliação da qualidade do leite do Sudoeste do Paraná. In: CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA UTFPR, 2., 2012, Paraná. **Anais...** Paraná: UTFPR, 2012. p. 1-4.

FRAILE, L. J. et al. Effect of treatment with phytosterols in three herds with porcine respiratory disease complex. **Journal of Swine Health and Production**, [S.l.], v.17, n.1, p. 32-41, 2009.

GIGANTE, M. L.; COSTA, M. R. Influência das células somáticas nas propriedades tecnológicas do leite e derivados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO LEITE, 3., 2008, Recife. **Anais...** Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2008, p. 161-174.

GONÇALES, P. U.; WENER, L. Comparação dos índices de capacidade do processo para distribuições não-normais. **Gestão & Produção**, São Carlos, [S.l.], v. 16, n. 1, p. 121-132, 2009.

HAMMAMI, H. et al. Evaluation of heat stress effects on production traits and somatic cell score of Holsteins in a temperate environment. **Journal of Dairy Science**, [S.l.], v. 96, n. 3, p. 1844-1855, 2012.

HARDING, F. **Compositional quality: milk quality**. Glasgow: Blackie Academic Professional, 1995. 165p.

HARSTELN, R. E.; AMARAL FILHO, J. R.; WERNER, L. Análise de capacidade de dados não normais de um sistema de tratamento de efluente industrial. **INGEPRO**, [S.l.], v. 2, n.11, p.13-25, 2010.

HECK, J. M. L. et al. Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 92, n. 10, p. 4745-4755, 2009.

HENNING, E. et al. Gráficos de Controle Shewhart, CUSUM, EWMA e combinado Shewhart-CUSUM: uma proposta de monitoramento para implantação do Controle Estatístico do Processo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 3., 2013, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa, 2013.

IBARRA, A.A. Sistema de pagamento do leite por qualidade – visão global. In: DURR, J.W., CARVALHO, M.P., SANTOS, M.V. **O Compromisso com a Qualidade do Leite**. Passo Fundo: UPF, 2004, v.1, p. 72-86.

IDF – INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. **Milk – Enumeration of somatic cell**. Bulletin of International Dairy Federation, Brussels: IDF / FIL, 1995, 8p (IDF Standard 148 A).

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2006.** Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/>>. Acesso em: 26 abr. 2014.

LIMA, M.C.G. et al. Contagem de células somáticas e análises físico-químicas e microbiológicas do leite cru tipo c produzido na Região Agreste do Estado de Pernambuco. **Arquivos do Instituto Biológico**, [S.l.], v.73, p.89-95, 2006.

LIRA, A.V. **Contagem de células somáticas e composição do leite cru resfriado nos estados da Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte.** 2007. 56f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

LUKAS, J. M. et al. Bulk tank somatic cell counts analyzed by statistical process control tools to identify and monitor subclinical mastitis incidence. **Journal of Dairy Science**, [S.l.], v. 88, n. 11, p. 3944-3952, 2005.

LUKAS, J. M.; RENEAU, J. K.; KINSEL, M. L. Predicting somatic cell count standard violations based on herd's bulk tank somatic cell count. Part I: Analyzing variation. **Journal of Dairy Science**, Minessota, v. 91, n. 1, p. 427-432, 2008a.

LUKAS, J. M. et al. Predicting somatic cell count standard violations based on herd's bulk tank somatic cell count. Part II: Consistency index. **Journal of Dairy Science**, Minessota, v. 91, n. 1, p. 433-441, 2008b.

MAZAL, G. et al. Effect of somatic cell count on Prato cheese composition. **Journal of Dairy Science**, [S.l.], v. 90, p. 630-636, 2007.

MACHADO, P.F. Pagamento do leite por qualidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO LEITE, 3., 2008, Recife. **Anais...** Recife: CCS Gráfica e Editora, 2008. p.373.

MERTENS, K. **An intelligent system for optimizing the production and quality of consumption eggs based on synergistic control.** 2009. 363f. Tese (Doutorado em Engenharia Biocientífica) – Kaholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgica, 2009.

MILANI, M.P. **Qualidade do leite em diferentes sistemas de produção, anos e estações climáticas no noroeste do Rio Grande do Sul.** 2011. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

MIRANDA, R. G. **Um modelo para a análise da capacidade de processos com ênfase na transformação de dados.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade.** 4<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro, RJ: Livros técnicos e científicos, 2004.

MORATOYA, E. E. et al. Mudanças no padrão de consumo alimentar no Brasil e no mundo. **Revista de Política Agrícola**, [S.l.], v. 22, n. 1, p. 72-84, 2013.

MOREIRA, M. S. P.; BERNARDO, W. F. **Conceitos técnicos e econômicos para a sustentabilidade da bovinocultura leiteira na Zona da Mata Mineira.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2011. 173 p.

NMC - NATIONAL MASTITIS COUNCIL. **Current concepts of bovine mastitis.** Madison, 1996. 64 p.

NIZA-RIBEIRO, J.; NOORDHUIZEN, J. P. T. M.; MENEZES, J. C. Capability index – A statistical process control tool to aid in udder health control in dairy herds. **Journal of Dairy Science**, [S.l.], v. 87, n. 8, p. 2459-2467, 2004.

NOMELINI, Q. S. S. **Padrões de não-aleatoriedade no controle estatístico de processos.** 2007. 197f. Dissertação (Mestrado Estatística e Experimentação Agropecuária) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

PAIVA, C. A. V. et al. Evolução anual da qualidade do leite cru refrigerado processado em uma indústria de Minas Gerais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, [S.l.], v.64, n.2, p.471-478, 2012.

PHILPOT, W. N.; NICKERSON, S. C. **Vencendo a luta contra a mastite.** São Paulo: Milkbizz, 2002, 192 p.

PINHEIRO, F. F. Sistema de pagamento como incentivo à qualidade do leite. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BUIATRIA, 8., 2009, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2009.

RAMOS, E. M. L.S.; ALMEIDA, S. S.; ARAÚJO; A. R. **Controle estatístico de qualidade.** Porto Alegre: Bookman. 2013. 160p.

RIBEIRO NETO, A. C. et al. Qualidade do leite cru refrigerado sob inspeção federal na região Nordeste. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte: UFMG, [S.I.], v. 64, n. 5, 2012.

ROMA JÚNIOR, L. C. et al. Sazonalidade do teor de proteína e outros componentes do leite e sua relação com o programa de pagamento por qualidade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, [S.I.] v. 61, n. 6, p. 1411-1418, 2009.

RIBAS, N.P. et al. Sólidos Totais do leite em amostras de tanques nos estados do Paraná, Santa Catarina e São Paulo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S.I.], v.33, p.2343-2350, 2004. SANTOS, et al. Sensory threshold of off-flavors caused by proteolysis and lipolysis in milk. **Journal of Dairy Science**, [S.I.] v. 86, p. 1601-1607, 2002.

SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. L. Bactérias psicrotróficas e a qualidade do leite. **Revista CBQL**, Botucatu: UNESP, v.19, p. 12-15, 2003.

SANTOS, M.V.; FONSECA, L.F.L. **Estratégias para controle de mastite e melhoria na qualidade do leite: contagem de células somáticas e o efeito da mastite sobre a qualidade do leite**. 1.ed. Barueri: Manole, 2007. 314p.

SEAPA – Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais. **Perfil do Agronegócio Brasileiro**. Belo Horizonte: SEAPA, 2013. 57 p.

TAKAHASHI, F. H. **Aplicação do controle estatístico de processo (CEP) como ferramenta para a melhoria da qualidade do leite**. 2011. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

TAKAHASHI, F. H.; CASSOLI, L. D.; MACHADO, P. F. Utilização do controle estatístico de processos (CEP) como indicador de violação em programas de pagamento do leite pela qualidade. **Ciência Animal Brasileira**, [S.I.], v. 12, p. 661-669, 2011.

TAKAHASHI, F. H. et al. Variação e controle da qualidade do leite através do controle estatístico de processos. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 13, n. 1, p. 99-107, 2012.

VARGAS, D.P. **Efeito da contagem de células somáticas e contagem bacteriana total sobre os constituintes do leite**. 2012. 99f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

VIANNA, P. C. B. et al. Microbial and sensory changes throughout the ripening of Prato cheese made from milk with different levels of somatic cells. **Journal of Dairy Science**, v. 91, p. 1743-1750, 2008.

WOODCOCK, B. **Controle de CCS na Nova Zelândia**. Milk Point, 2013. Disponível em: <http://www.milkpoint.com.br/cadeia-do-leite/espaco-aberto/controle-de-ccs-na-nova-zelandia-84676n.aspx>. Acesso em: 30 mar. 2014.

## CAPÍTULO II

**UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS ESTATÍSTICOS PARA AVALIAÇÃO DA  
QUALIDADE DO LEITE CRU REFRIGERADO**

**RESUMO:** O Brasil iniciou o pagamento pela qualidade do leite há alguns anos. Entretanto, esta prática não tem sido utilizada por todos os laticínios. De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, é necessário realizar no mínimo uma análise ao mês da qualidade do leite do tanque de todos os fornecedores do laticínio. Algumas indústrias realizam mais de uma análise. Esse grande número de informações geradas são pouco interpretadas e subutilizadas. Saber utilizar métodos estatísticos que possibilitem uma interpretação rápida e precisa das propriedades fornecedoras e que permitam avaliar a efetividade das ações utilizadas para a melhoria da qualidade do leite é fundamental. Todos os setores de um laticínio trabalham no limite de tempo e atribuições, não sendo permitidas falhas e perda de tempo por falta de interpretação e foco nos trabalhos realizados. O aperfeiçoamento é sempre necessário para melhorar a eficiência das ações. Objetivou-se com essa pesquisa analisar a utilização do controle estatístico de processos (CEP) para avaliar indicadores de qualidade como a contagem bacteriana total (CBT) e a contagem de células somáticas (CCS) do leite recebido por um laticínio. Foram analisados dados mensais do leite oriundo de 142 propriedades rurais que forneceram leite ininterruptamente no ano de 2013. Utilizaram-se duas ferramentas do controle estatístico de processos, sendo elas índice de capacidade e gráfico de controle de média e desvio padrão. Os resultados foram comparados com a análise de médias que é procedida tradicionalmente pelas empresas beneficiadoras de leite. Após as análises foi proposto um plano de ação para uso de todos os dados e informações geradas pelo laticínio, para trabalhar de forma objetiva ações que visem à melhoria da qualidade do leite. Foi possível observar que a análise de média isolada não representa fielmente os resultados de qualidade de leite obtidos por um produtor, os gráficos de controle avaliam de forma mais completa, em relação aos outros métodos utilizados e o  $C_{pk}$  não deve ser utilizado para avaliar CBT e CCS. Não é correto utilizar uma análise isolada para avaliar indicadores como CBT e CCS, contudo, é preciso perpetuar estudos de métodos estatísticos e programas de computador (*software*) que possam realizar avaliações da qualidade do leite e do produtor de forma segura, simples e ágil.

**Palavras-chave:** bovinos; índice de capacidade; gráficos de controle.

**ABSTRACT:** Brazil started to pay for the quality of milk a few years ago. However, this practice has not been used for all dairy products. According to the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply, it's necessary to perform at least one analysis per month of the milk quality from the tank of all dairy milk suppliers. Some industries achieve more than an analysis. This large number of information generated is little understood and underutilized. Knowing how to use statistical methods that enable quick and accurate interpretation of donor properties and to evaluate the effectiveness of actions used to improve the quality of milk is essential. All sectors of the dairy work in the time limit and assignments, failures and loss of time are not permitted for lack of interpretation and focus on the work carried out. The improvement is always necessary to increase the efficiency of actions. The objective of this research was to analyze the use of statistical process control (SPC) to assess quality indicators such as total bacterial count (TBC) and somatic cell count (SCC) from the milk received at a dairy. Monthly data of the milk from 142 farms that provided milk continuously in 2013 were analyzed. We used two tools of statistical process control, and they ability to index and mean and standard deviation control chart. The results were compared with the analysis means which is traditionally preceded by milk processing companies. After the analysis, it was proposed an action plan for use of all data and information generated by the dairy to work objectively the actions that aimed the improving the quality of milk. It was observed that the average analysis alone does not accurately represent the milk quality results achieved by the producer, the evaluate control charts more fully in relation to other methods and  $C_{pk}$  should not be used to evaluate CBT and CCS. It is not correct to use a separate analysis to evaluate indicators such as CBT and CCS, however, it is necessary to perpetuate studies of statistical methods and computer programs (software) that can conduct assessments of the quality of milk and safely producer, simpler and faster.

**Keywords:** cattle, capacity index, control charts.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é hoje o quarto maior produtor de leite do mundo com 32.091.000 toneladas de leite produzidas (FAO, 2012). O leite é um dos alimentos mais consumidos no Brasil, em que a ordem de consumo é liderada pelos cereais, seguida pelo leite e em terceiro lugar pelas frutas. Já no mundo, a ordem se inverte para cereais, verduras e leite, mas ele não deixando de ocupar as primeiras colocações (MORATOYA, 2013). A busca pela qualidade do leite é de grande importância e indiscutível diante de seu grande mercado consumidor.

Os padrões mínimos de qualidade no leite no Brasil são regulados pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio da Instrução Normativa 62 (N62), de 29 de dezembro de 2011. Segundo a IN62, a partir de 1 de julho de 2016 a CBT passa a ter o limite de 100.000 UFC/mL e a CCS de 400.000 CS/mL. São exigidas no mínimo uma análise mensal, para realização de média geométrica sobre os três últimos meses (BRASIL, 2011).

Diversos países já realizam pagamento de leite por qualidade (IBARRA, 2004), alguns contemplando deduções e bonificações sobre o preço do produto, como é o caso de alguns laticínios do Brasil (MILANI, 2011), outros apenas deduções, como na Nova Zelândia (IBARRA, 2004) e alguns apenas bonificações. Entretanto, para que se possa bonificar corretamente o produto entregue, é preciso haver um bom planejamento dos laticínios (MOREIRA; BERNARDO, 2011; PINHEIRO, 2009). Treinamento da mão de obra para que tenham como realizar uma boa amostragem, acondicionamento e transporte das amostras (DIONIZIO, 2013) e laboratórios credenciados que realizem análises iguais e adequadas, são fundamentais para que não surjam questionamentos sobre os resultados (MOREIRA; BERNARDO, 2011; PINHEIRO, 2009).

A demanda por aumento de eficiência e competitividade gerada pelas agroindústrias e a crescente pressão realizada pelos produtores de leite, embora ainda pequena, gera a busca por mecanismos mais modernos de fixação do preço do leite que envolve o pagamento diferenciado pela qualidade da matéria-prima, pelo volume esperado e até mesmo pela sazonalidade da produção.

Hoje, a maioria dos laticínios fazem análises mensais de qualidade do leite e realizam julgamento dos resultados por meio de médias, comparando resultados dos meses anteriores com os próximos e com os parâmetros mínimos exigidos pelo MAPA. Separam os produtores mensalmente por grupos segundo a qualidade, avaliando se estão atendendo os parâmetros desejados ou não. A análise da variabilidade dos produtores que compõem esses grupos não é

visualizada, sendo que muitas vezes a porcentagem de fazendas que atingem os padrões desejados pode não mudar e os produtores que estão compondo esse grupo estarem mudando constantemente. Portanto, não há identificação dos produtores que atingem os padrões de qualidade e que conseguem reproduzir esses valores constantemente, o que impossibilita maior segregação dos produtores e planejamento direcionado de ações.

Tem-se observado diferentes sistemas de análise de dados (NIZA-RIBEIRO et al., 2004; TAKAHASHI et al., 2011; TAKAHASHI et al., 2012; NOMELINI, 2007), mas poucos conhecem e utilizam essas análises, mesmo não sendo novas. Diante disso foi proposto como objetivo geral utilizar o controle estatístico de processos no monitoramento de resultados de CBT e CCS de 142 fazendas no período de um ano.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os resultados de CCS e de CBT de 142 fazendas do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba que forneceram leite ininterruptamente para um mesmo laticínio no ano de 2013. Este realiza no mínimo duas análises mensais da qualidade do leite de todos os produtores e as amostras foram coletadas segundo a rotina da empresa (IDF, 1995). As análises foram realizadas no Laboratório de Análise da Qualidade do Leite da Escola de Veterinária da UFMG (LabUFMG). A CBT foi realizada utilizando o princípio de citometria de fluxo em equipamento eletrônico BactoCount IBC da Bentley Instruments Incorporated®, Chaska, EUA (BENTLEY, 2002). A análise para CCS foi realizada utilizando o princípio de citometria de fluxo (IDF, 1995) em equipamento eletrônico CombiScope FTIR 400® (Delta Instruments, Drachten, Holanda, 2008).

Primeiramente, foi realizado o cálculo da média aritmética dos resultados de CBT e CCS do ano de 2013. Na sequência, foi calculada a média aritmética dos resultados juntamente com o desvio padrão dos mesmos e os valores foram apresentados na forma de gráficos de controle (MONTGOMERY, 2004, NOMELINI, 2007). Para complementar, realizou-se o cálculo do índice de capacidade ( $C_{pk}$ ) para os resultados das amostras de CBT e CCS (NIZA-RIBEIRO et al., 2004; HARSTELN et al., 2010).

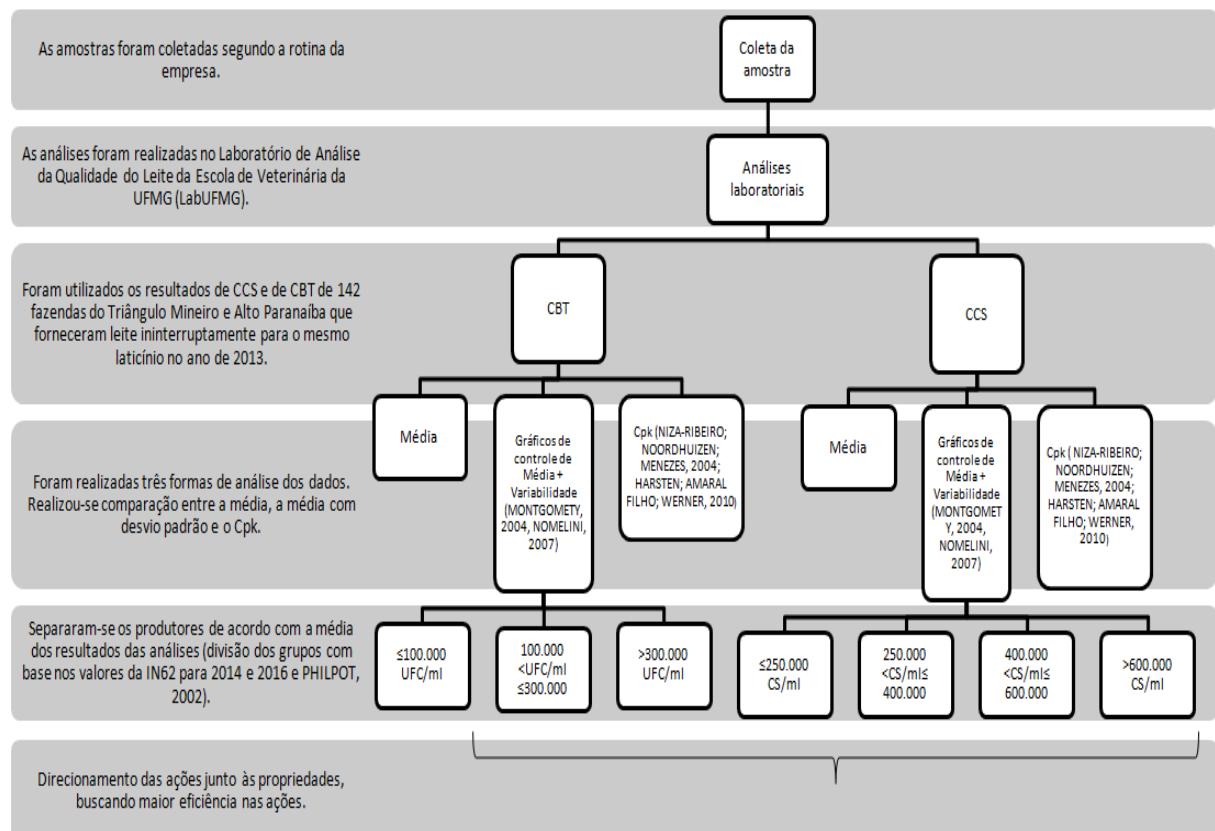
Anteriormente a escolha da utilização do CEP, outras metodologias foram analisadas, como a análise de variância (ANOVA) do banco de dados. As pressuposições dos resíduos para ANOVA não foram satisfeitas, mesmo realizando transformações. A aplicação do CEP pelos gráficos de controle para médias e desvio padrões foi feita a partir dos dados originais sem preocupação com a normalidade dos mesmos, visto que pelo teorema do limite central as médias seguem uma distribuição normal (MONTGOMERY, 2004).

Foram utilizados para o  $C_{pk}$  alguns testes e avaliações, os dados de CBT e CCS passaram por teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, para confirmar a normalidade dos dados. Além disso, foram montados histogramas nas avaliações dos  $C_{pk}$ , neles os dados de CCS demonstrava normalidade confirmando. Nos dados de CBT utilizou-se Box-Cox (WHEELER; CHAMBERS, 1992; WHEELER, 1995), que possibilitou deixar os dados simétricos.

As propriedades foram separadas de acordo com a média dos resultados das análises de CBT e de CCS e foram analisadas segundo a média e a média com as análises de variabilidade (Figura 1). Compararam-se os resultados apresentados pela avaliação de média,

de média com variabilidade e do índice de desempenho. Foi feita identificação dos produtores que possuem bons resultados e baixa variabilidade, demonstrando qualidade e estabilidade. A variabilidade foi calculada entre os resultados dos índices de qualidade mensais, quanto menor o limite estabelecido para análise dos valores da variabilidade, mais rigoroso fica o processo de avaliação dos resultados de qualidade de leite dos produtores.

**Figura 1** - Esquema das avaliações realizadas durante a pesquisa



FONTE: ROQUETTE (2014).

Foram criados grupos sendo todos compostos por produtores identificados por uma ferramenta do controle estatístico de processos, o gráfico de controle. Utilizando-se dos índices de CCS e CBT de cada propriedade (Tabela 3):

**Tabela 3** - Divisão das propriedades rurais, de acordo com a média dos resultados das análises de CBT e CCS.

CCS (UFC/mL)	CBT (CS/mL)	CCS (CS/mL) e CBT (UFC/mL)
<b>Grupo A</b> CCS $\leq$ 250.000	CBT $\leq$ 100.000	CBT $\leq$ 100.000 e CCS $\leq$ 250.000

**Tabela 3** - Divisão das propriedades rurais, de acordo com a média dos resultados das análises de CBT e CCS. (continuação)

<b>Grupo B</b>	250.000 <CCS≤ 400.000	100.000 <CBT≤ 300.000	CBT≤100.000 e CCS≤ 400.000
<b>Grupo C</b>	400.000 <CCS≤ 600.000	CBT >300.000	
<b>Grupo D</b>	CCS>600.000		

FONTE: BRASIL (2011); PHILPOT e NICKERSON (2002).

A análise dos valores de CBT e de CCS do ano de 2013 e a segregação de grupos possibilitou um direcionamento das ações de acordo com o grupo que a propriedade pertencia e com os valores que as mesmas apresentaram dos indicadores de qualidade de leite.

Os gráficos de controle e os  $C_{pk}$  dessa pesquisa foram calculados e desenvolvidos utilizando o *software* Minitab® 14 release (2004).

A comparação entre os métodos foi avaliada utilizando um grupo controle, os resultados da avaliação mensal da CBT de cada produtor pertencente ao grupo com resultado menor ou igual a 100.000 UFC/mL em média por ano foram avaliados individualmente. Os mesmos produtores foram avaliados pela análise da média, média com desvio padrão e  $C_{pk}$ . Os produtores pertencentes ao grupo controle foram analisados e classificados da seguinte forma: produtor bom: possui grupo de análises com valores sem constância, por exemplo, apresenta valor menor que 20.000 UFC/mL, maior que 100.000 UFC/mL, menor que 10.000 UFC/mL, sucessivamente, portanto, demonstram falta de sequência e padronização dos trabalhos realizados na propriedade; produtor ótimo: possui análise com sequencia de bons resultados, intercalados com alguns ruins; produtor excelente: possui sequencia de análises com bons resultados.

O grupo de produtores com resultados de CCS menores ou iguais a 400.000 CS/mL foi avaliado da mesma forma que o de CBT, os produtores foram classificados como bom, ótimo ou excelente, utilizando os mesmos critérios e passaram por igual comparação entre os métodos de análise. Também se tentou separar os produtores pertencentes ao grupo com CCS menor que 400.000CS/mL, em faixas de resultados de CCS anuais, para realizar análise de  $C_{pk}$ . Dividiu-se os produtores com valores de CCS menores igual a 150.000CS/mL, maior que

150.000CS/mL e menor igual a 250.000CS/mL, maior que 250.000CS/mL e menor igual que 350.000CS/mL, maior que 350.000CS/mL e menor ou igual a 400.000CS/mL, essa classificação poderia reduzir as variações normais dos resultados de CCS.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conjunto de dados analisados de CBT e CCS apresentou média aritimética de 375.000UFC/mL e 566.000CS/mL, respectivamente. Segundo a avaliação da média os produtores estão atendendo a IN 62. Alguns laticínios segregam seus produtores por faixa de produção e avaliam os resultados de qualidade por grupo, mas essa avaliação é pouco eficiente já que não possibilita visualizar a variação dos resultados das análises de cada propriedade.

Relatórios usualmente utilizados na gestão de laticínios fornecem uma grande quantidade de dados geralmente em forma de tabela, o que requer muito estudo e esforço para interpretação. Acredita-se que a mente humana não absorve bem uma grande quantidade de dados de uma única vez, muitos dados não são utilizados e simplesmente são descartados. A maneira mais comum de laticínios gerenciarem seus dados é realizando uma comparação entre a média do mês com a do mês anterior (RENEAU, 2000) ou com a média do ano anterior.

A interpretação dessa média de dados em adequada ou não, não representa bem a infinidade de informações de uma agroindústria (RENEAU, 2000). Diante disso, Reneau (2000) realizou uma série de questionamentos que deveriam ser feitos instintivamente todas as vezes que novas informações fossem visualizadas. As mesmas foram dispostas na forma de *Checklist* (Quadro 3).

**Quadro 3** - Informações a serem levantadas para a análise de qualidade.

1	Analizar a coleta e cálculo dos dados	Quem coletou
2	Analizar o valor mais alto	
3	Analizar o valor mais baixo	
4	Analizar a média	
5	Analizar a mediana	
6	Nível de variação normal	Nível variação anormal
7	Ação para tornar a variação normal	
8	A variação é anormal quando	
9	Preocupar quando	
10	Analizar o potencial de melhoria	Indicar de quanto seria
11	Analizar se a intervenção vale o custo	

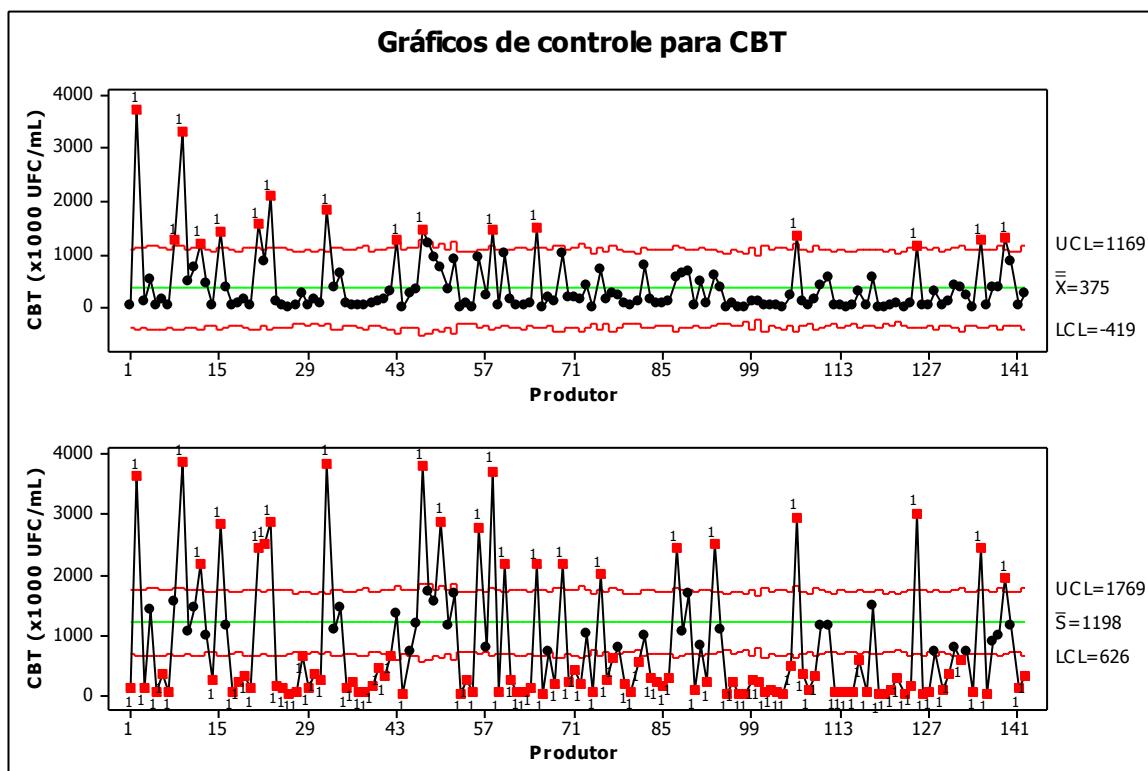
**Quadro 3 – Informações a serem levantadas para a análise de qualidade. (continuação)**

12	Analizar se os rebanhos tem atualmente um problema como indicado pela CCS	
13	Analizar se sua intervenção fez a diferença	

FONTE: RENEAU (2000).

As análises de média e da variabilidade dos resultados das amostras de CBT e de CCS para todos os produtores estão representadas nos gráficos de controle (Figuras 2 e 3).

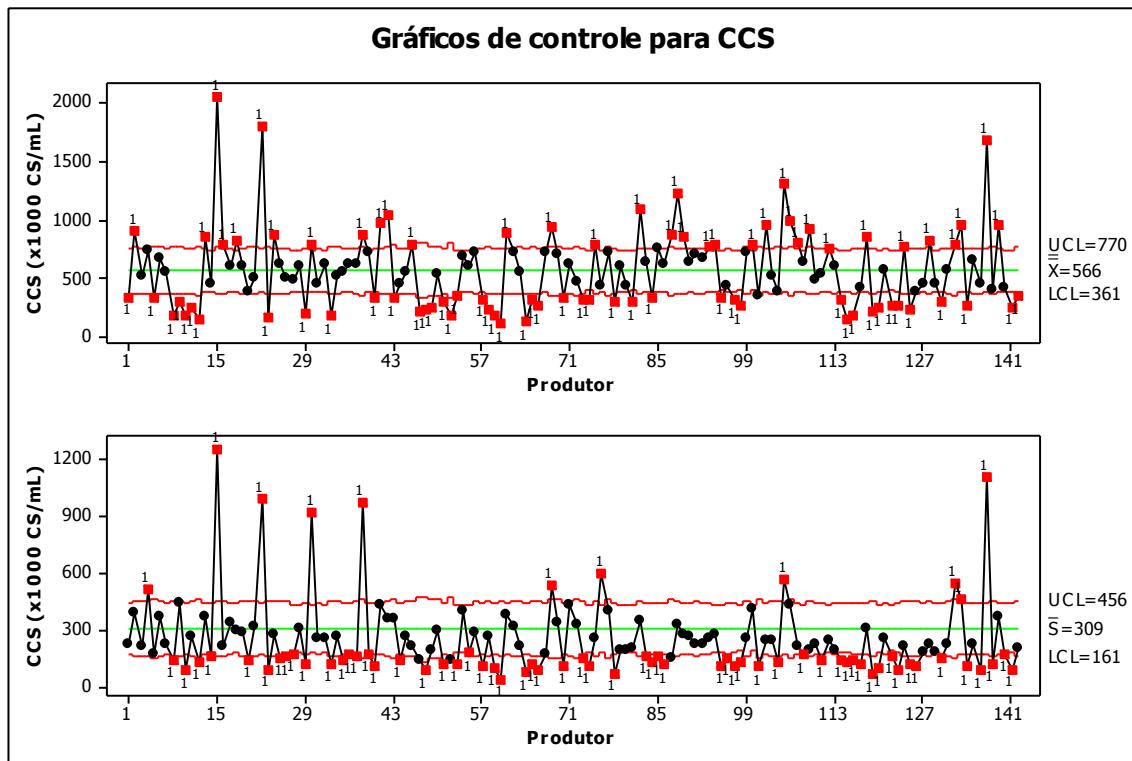
**Figura 2 - Gráficos para média e variabilidade dos resultados de CBT durante o ano de 2013, Uberlândia, 2014.**



Na figura UCL refere-se a limite superior, X a média e LCL a limite inferior.

FONTE: ROQUETTE (2014).

**Figura 3** - Gráficos para média e variabilidade dos resultados de Contagem de Células Somáticas (CCS) durante o ano de 2013, Uberlândia, 2014.



Na figura UCL refere-se a limite superior, X a média e LCL a limite inferior.

FONTE: ROQUETTE (2014).

Utilizando os gráficos de controle foi possível monitorar não só a média, mas a variabilidade dos resultados de cada produtor em relação às médias e desvio padrão geral. A avaliação da variabilidade completa a análise das médias, pois os produtores além de possuírem médias semelhantes, para termos um processo sob controle, devem ter também a variabilidade de seus resultados controlada dentro dos limites de controle.

Na figura 2 os resultados de CBT apresentaram desvio padrão médio de 1.198.000 UFC/mL, limite superior de 1.769.000 UFC/mL e limite inferior de 626.000 UFC/mL. Diante desses resultados é possível afirmar que CBT possui um padrão de não aleatoriedade, que são os vários pontos fora dos limites de controle, seja estes superior ou inferior, o que implica em um processo fora de controle devido a variabilidade não controlada. Várias podem ser as causas para essa falta de padrão e instabilidade de resultados. É possível citar: falta de padronização dos procedimentos de higiene realizados na propriedade, incorreta amostragem do leite, incorreta conservação da amostra até a chegada ao laboratório de análises, falta de

padronização do método de análise. É importante verificar, eliminar e monitorar cada um desses pontos. Após eliminadas as causas de altas variações no processo deve ser inspecionado os pontos de não-aleatoriedade do gráfico das médias.

Já a média da variabilidade dos resultados de CCS foi de 309.000 CS/mL, o limite superior foi de 456.000 CS/mL e o limite inferior foi de 161.000 CS/mL. Os resultados de CCS também atendem os padrões da IN62. Semelhante ao CBT, o CCS também teve problemas de variabilidade a partir dos gráficos de controle para o desvio padrão (Figura 3).

Portanto, sem as análises de variabilidade poderia ser realizada uma avaliação incorreta dos indicadores de CBT e CCS, pois mensalmente os resultados médios apresentavam-se satisfatórios, não possibilitando visualizar que os produtores que faziam parte do grupo que atende os padrões mínimos de qualidade não são os mesmos no decorrer do ano. A análise de variabilidade possibilitou visualizar que a falta de constância dos produtores era significativa.

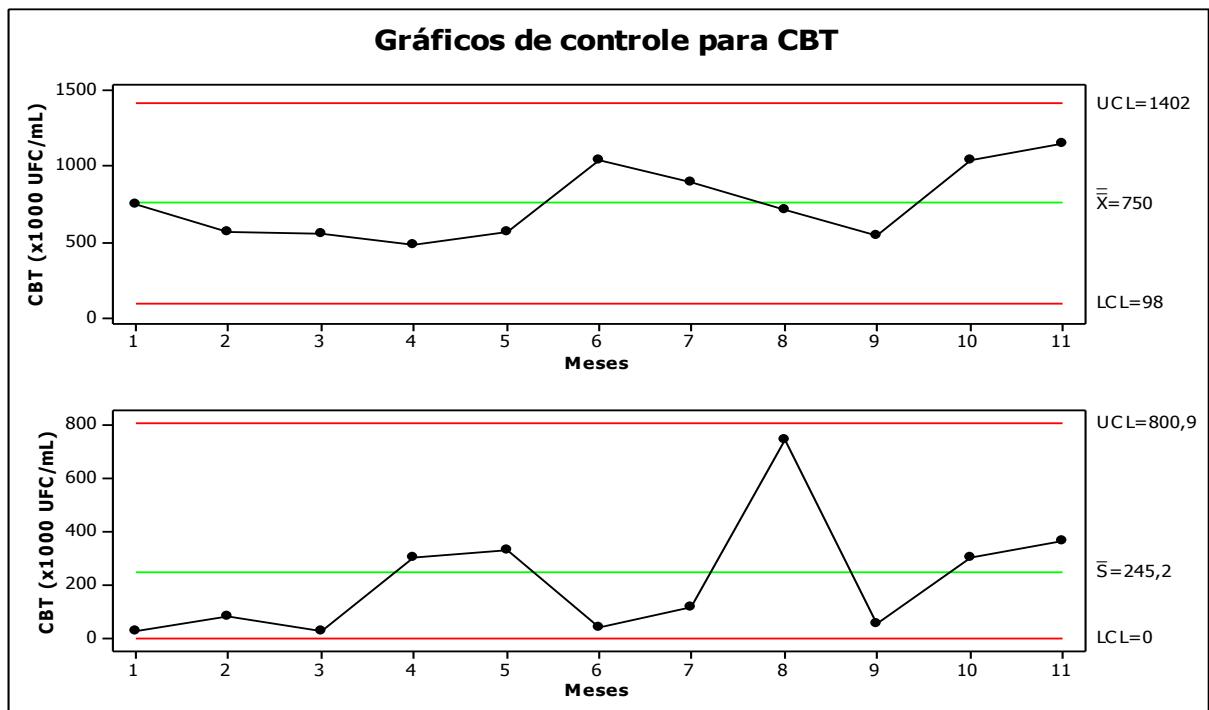
Gráficos de controle são excelentes ferramentas para controle e monitoramento de rebanhos leiteiros (DE VRIES et al., 1997; DE VIRIES; CONLIN, 2003; RENEAU, 2000), desde que utilizados por empresas que busquem o aperfeiçoamento constante. Seria uma grande evolução se esse tipo de ferramenta fosse propagada para as propriedades leiteiras engajadas e profissionais (RENEAU, 2000; RENEAU; KINSEL, 2001).

Lukas et al. (2008b) observaram que na situação em que os rebanhos se encontravam, algo deveria ser feito para promover um refinamento da interpretação dos dados, buscando maior foco, objetividade e rapidez para lidar com as variações nos padrões de qualidade da matéria prima. Tanto na pesquisa realizada por Takahashi et al. (2011) quanto na de Lukas et al. (2008a), foi evidenciado que a utilização de média e variação dos indicadores de qualidade são úteis tanto para os produtores quanto para a indústria, já que podem alertar quanto a falhas nos padrões de qualidade, possibilitando ações corretivas. Com essas informações a indústria também consegue visualizar quais são os produtores que possuem maior potencial de violarem os padrões de qualidade.

O mesmo foi observado nessa pesquisa, produtores diferentes possuem resultados de qualidade de leite variados, próximos ou não, assim como cada fornecedor, não possui resultados sempre iguais. Os valores de qualidade de leite não são resultados de um cálculo exato, são várias as causas que podem surtir efeito positivo ou negativo sobre os indicadores. Quando observados juntos, apresentaram alta variabilidade e média aritmética de CBT e CCS elevados. O aglomerado de valores não possibilita clareza para interpretação, apresentaram-se melhor quando separados por grupos com intervalos definidos (Figura 4), assim para cada

situação é possível criar uma estratégia de melhoria da qualidade e migração dos produtores para os melhores grupos.

**Figura 4** - Análise da média e desvio padrão dos resultados da qualidade de leite de janeiro a dezembro de 2013 (exceto março) do grupo de produtores com CBT maior que 300.000UFC/mL, Uberlândia, 2014.



Na figura UCL refere-se a limite superior, X a média e LCL a limite inferior.

FONTE: ROQUETTE (2014).

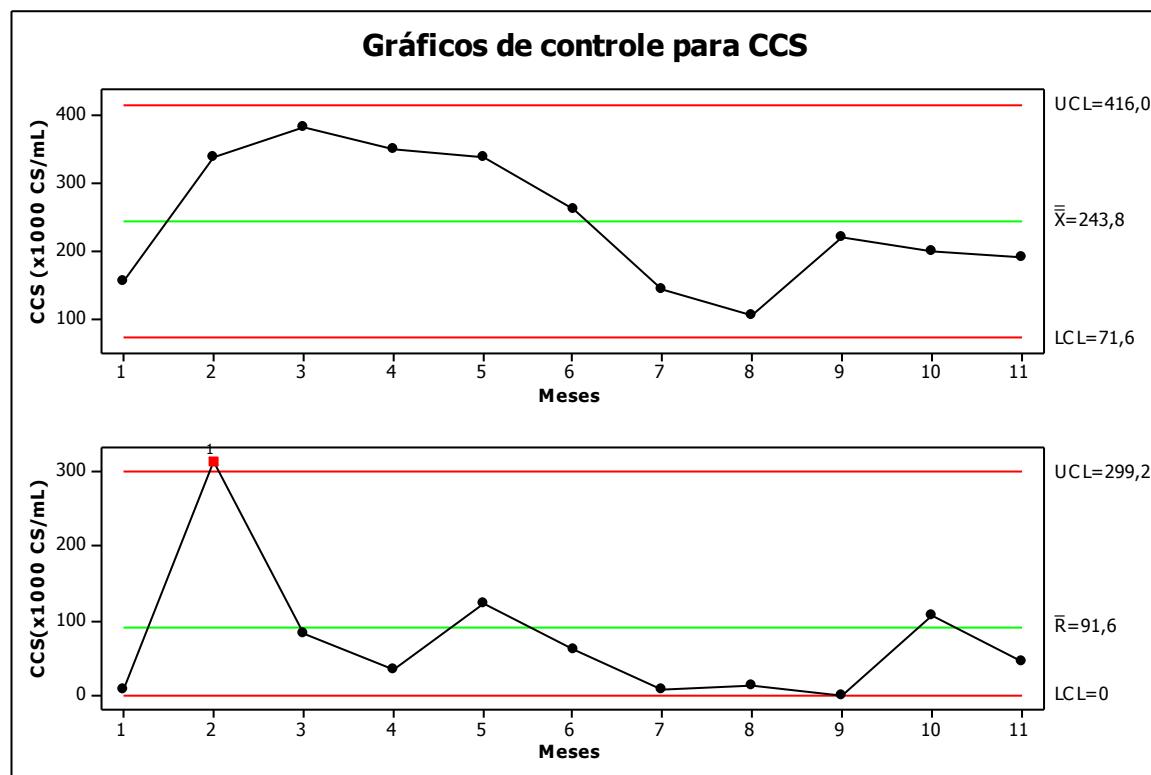
Lukas et al. (2008b) observaram que ao levar em consideração padrões adotados por países exportadores mundiais de leite e de produtos lácteos (países da União Europeia e a Nova Zelândia), apenas 27,5% dos 1501 rebanhos, durante os 24 meses, foram capazes de apresentar resultados de CCS, de forma consistente, abaixo do padrão estabelecido por esses países, valores que devem ser inferiores a 400.000 CS/mL. Nessa pesquisa, 21% dos 142 rebanhos acompanhados durante o ano de 2013, apresentaram CCS menor que 400.000 CS/mL, resultado próximo ao da pesquisa de Lukas et al. (2008b).

Os gráficos auxiliam na interpretação e rápida tomada de decisão nas propriedades. Alguns gestores buscam ferramentas que lhe mostrem rapidamente a direção, pois possuem dezenas de outras preocupações em um mesmo dia. Da mesma forma, buscam métodos que lhes possibilitem mensurar, também com rapidez, o resultado de ações tomadas e mudanças realizadas para a melhoria dos processos e novamente os gráficos de controle se mostram

úteis para esse monitoramento (DE VRIES et al., 1997; RENEAU, 2000; MERTENS, 2009; HENNING et al., 2013).

O gráfico de controle abaixo (Figura 5) demonstra os resultados de CCS de um produtor durante o ano de 2013, o produtor e a indústria poderiam utilizá-lo durante o ano para observar variações que demonstrem perda de controle e sinalizem atenção para identificar e tratar alguma não conformidade que provocou a piora dos resultados. No mês de fevereiro segundo o gráfico ocorreu algum problema que provocou o aumento do valor de CCS e instabilidade, servindo de alerta aos gestores que poderiam agir antes que os resultados piorassem ou permanecessem instáveis. Disponibilizar essa ferramenta auxilia a interpretação dos dados pelos produtores, ajudando na tomada de decisão.

**Figura 5** - Análise da média e desvio padrão dos resultados da qualidade de leite de janeiro a dezembro de 2013 (exceto março) de um produtor do grupo de produtores com CCS menor igual a 250.000CS/mL, Uberlândia, 21014.



Na figura UCL refere-se a limite superior, X a média e LCL a limite inferior.

FONTE: ROQUETTE (2014).

Em relação à CBT da presente pesquisa utilizando os gráficos de controle para média e desvio padrão foi possível avaliar que, 91 de 142 fazendas apresentaram valores abaixo de

300.000 UFC/mL (IN62), todavia, apenas 59 apresentaram constância nos resultados. E essa avaliação não foi possível utilizando o  $C_{pk}$  devido à grande variabilidade e ao processo fora de controle estatístico encontrado nos valores de CBT e CCS.

A identificação dos produtores que possuem e os que não possuem capacidade de perpetuar resultados adequados ao longo do ano, além dos que estão fora dos padrões mínimos de qualidade, foi possível utilizando o estudo da média e da variabilidade das amostras de CBT e de CCS. A Tabela 4 demonstra a quantidade de produtores pertencentes a cada faixa de CBT e de CCS no ano de 2013 e a constância do resultado dos mesmos (Tabela 4). Foi considerada baixa variabilidade desvios menores que 300.000 UFC/mL (IN62) e 400.000 CS/mL (limite estabelecido por países da União Europeia e a Nova Zelândia, exportadores de leite e derivados lácteos).

**Tabela 4** - Grupos de produtores divididos segundo a média anual de CBT e CCS, segundo a média da variabilidade dos resultados das amostras de leite do tanque desses produtores, Uberlândia, 2014.

<b>Variabilidade</b>	<b>Baixa</b>	<b>Alta</b>	<b>Total</b>
	<b>Número de produtores</b>		
<b>CBT (UFC/mL)</b>			
<b>CBT ≤ 100.000</b>	59	0	59
<b>100.000 &lt; CBT ≤ 300.000</b>	16	16	32
<b>CBT &gt; 300.000</b>	0	51	51
<b>CCS (CS/mL)</b>			
<b>CCS ≤ 250.000</b>	18	2	20
<b>250.000 &lt; CCS ≤ 400.000</b>	25	6	31
<b>400.000 &lt; CCS ≤ 600.000</b>	9	19	28
<b>CCS &gt; 600.000</b>	9	54	63

FONTE: ROQUETTE (2014).

**Tabela 5** - Porcentagem de produtores que pertencem a cada grupo de CBT e CCS segundo o tipo de análise, somente média (Md) ou média e baixa variabilidade (Md + Vr), Uberlândia, 2014.

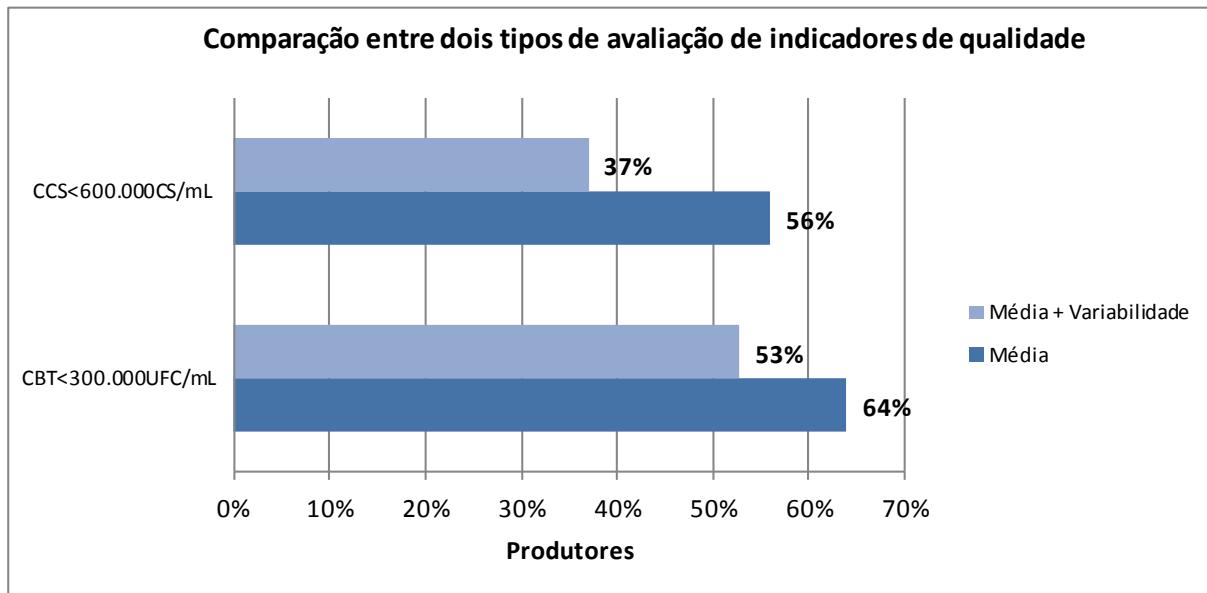
CBT (UFC/mL)	Md (%)	Md+Vr (%)
<b>CBT ≤ 100.000</b>	41,5	41,5
<b>100.000 &lt; CBT ≤ 300.000</b>	22,5	11,3
<b>CBT &gt; 300.000</b>	35,9	0
CCS (CS/mL)	Md (%)	Md+Vr (%)
<b>CCS ≤ 250.000</b>	14,1	12,7
<b>250.000 &lt; CCS ≤ 400.000</b>	21,8	17,6
<b>400.000 &lt; CCS ≤ 600.000</b>	19,7	6,3
<b>CCS &gt; 600.000</b>	44,4	6,3

FONTE: ROQUETTE (2014).

Todos os produtores com média aritmética abaixo de 100.000 UFC/mL apresentaram baixa variabilidade nos resultados (Tabela 5). Já do grupo de produtores com média anual de CBT menor que 300.000 UFC/mL e maior que 100.000 UFC/mL, 50% apresentaram baixa variabilidade (Tabela 5). Média de CBT anual acima de 300.000 UFC/mL foi verificada no leite de 36% dos produtores, dos quais todos apresentaram alta variabilidade (Tabela 5).

A Figura 6 demonstra que 64% dos produtores apresentaram média de CBT abaixo de 300.000 UFC/mL durante o ano. Entretanto, apenas 52,8% apresentaram baixa variabilidade. Assim como 56% apresentou média de CCS abaixo de 600.000 CS/mL durante o ano e apenas 37% apresentou também baixa variabilidade. Aproximadamente 19% dos produtores apresentam alta variabilidade nos indicadores de CCS abaixo de 600.000 CS/mL. E 11% dos produtores apresentaram alta variabilidade nos indicadores de CBT, abaixo de 300.000 UFC/mL. Isso somente foi possível de visualizar utilizando os gráficos de controle. Vale atentar que os produtores podem ter bons resultados de CBT e ruins de CCS, independente.

**Figura 6** - Percentual de produtores frente aos indicadores de qualidade do leite Bacteriana Total (CBT) e Contagem de Células Somáticas (CCS) durante o ano de 2013. As avaliações comparadas foram apenas média e média com baixa variabilidade, Uberlândia, 2014.



FONTE: ROQUETTE (2014).

Takahashi et al. (2011) e Lukas et al. (2008a, 2008b) verificaram em suas respectivas pesquisas, que a maior frequência de violação ocorria quando a maior média de CCS estava associada a maior variação dos valores durante o período observado. Essa observação também foi observada no presente estudo, no qual todas as propriedades que possuíam média anual de CBT acima de 300.000 UFC/mL apresentaram alta variabilidade durante o ano. Em relação à CCS, 85,7% das propriedades que possuíam média anual de CCS maior que 600.000 CS/mL apresentaram alta variabilidade, e 14,3%, baixa variabilidade. Ao considerar que nesse grupo estão os maiores valores de CCS é possível criar uma nova interpretação: 14,3% das propriedades apresentaram resultados sempre fora dos padrões, sendo pior que a instabilidade.

Diante das classificações de grupos de CBT e CCS foi possível confrontar os dados de ambos os gráficos para gerar um grupo de informações ainda mais precisas. Informações que podem julgar uma propriedade como estável em relação à qualidade de seu leite (Figura 7). Portanto, apenas vinte e dois produtores apresentaram boa qualidade do leite e estabilidade em relação aos resultados, traduzindo bom acompanhamento do rebanho e profissionalismo.

**Figura 7** - Esquema que representa o número de produtores que pertencem ao mesmo grupo de CBT e CCS, Uberlândia, 2014.

CBT (UFC/mL)	CCS (CS/mL)			
	Número de produtores			
	<250.000	250.000≤CCS<400.000	400.000≤CCS<600.000	CCS≥600.000
<b>UFC&lt;100.000</b>	6	16	8	7
<b>100.000≤UFC&lt;300.000</b>	0	1	0	2
<b>UFC≥300.000</b>	0	0	0	0

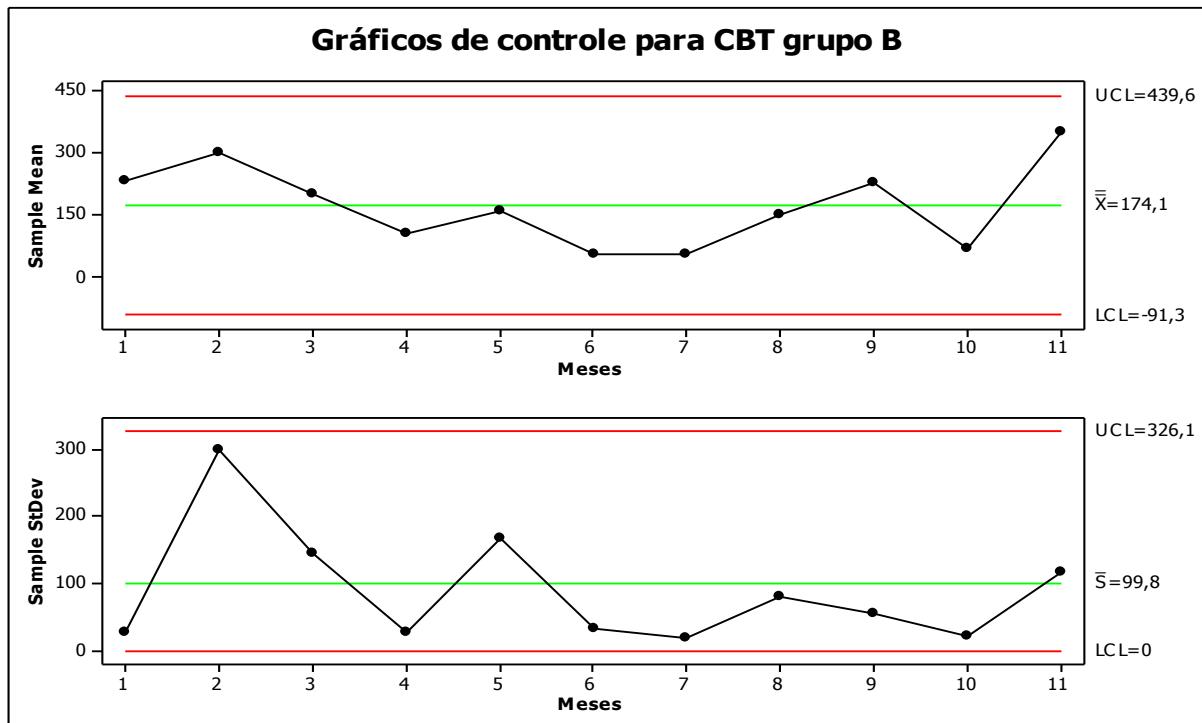
Os produtores distribuídos nessa figura precisavam apresentar inicialmente baixa variabilidade em ambos critérios de qualidade. A cor verde escura representa os melhores resultados, a verde claro são resultados aceitáveis, a amarela representa valores relativamente ruins, a cor vermelha clara representa valores ruins, a cor laranja representa valores relativamente inaceitáveis e a cor vermelha representa resultados inaceitáveis.

FONTE: ROQUETTE (2014).

Mertens (2009) advertiu que algumas avaliações ganham maior força quando realizadas em conjunto, como por exemplo, dois indicadores de qualidade que juntos definem o produto como pertencente a um padrão adequado ou não. Esse tipo de caracterização, quando é avaliada utilizando os indicadores separadamente podem dar uma falsa idéia de adequação.

Os grupos dos resultados de qualidade ficam camuflados quando não são realizadas análises de variabilidade. No grupo de produtores com resultado de CBT abaixo de 300.000 e maior igual a 100.000 UFC/mL (Figura 8), não são todos os indivíduos que possuem estabilidade e pertencem a esse grupo durante o ano todo, alguns possuem alta variabilidade, a qual pode ser percebida analisando o limite superior (UCL), ele apresenta valor de 439.600 UFC/mL, portanto, alguns produtores apresentaram resultado médio superior a 300.000 UFC/mL durante um determinado mês. Com isso, saem desse grupo para fazer parte de outro que possui resultado de CBT maior que 300.000 UFC/mL, da mesma forma produtores de outros grupos podem migrar para esse. Isso pode ocorrer sucessivamente, passando uma falsa impressão de estabilidade. Apenas o resultado médio anual não permite identificar esses valores e nem ao menos saber que ocorreu essa variação de produtores entre grupos de resultados.

**Figura 8-** Análise da média e desvio padrão dos resultados da qualidade de leite de janeiro a dezembro de 2013 (exceto março) do grupo de produtores com CBT maior que 100.000 UFC/mL e menor igual a 300.000 UFC/mL, Uberlândia, 2014.



Na figura UCL refere-se a limite superior, X a média e LCL a limite inferior.

FONTE: ROQUETTE (2014).

Esse tipo de identificação e caracterização é importante, pois além do refinamento, direciona os tipos de trabalho e abordagem. Os trabalhos devem ser direcionados para aumentar ao máximo o número de produtores atendendo os padrões, principalmente, abaixo de 100.000 UFC/mL. Todavia, a busca do direcionamento para que os produtores permaneçam atendendo os padrões de qualidade representa maior evolução das ações, que podem não só estabilizar o produtor, mas também levar os mesmos a padrões ainda melhores de CBT.

Seria interessante realizar outro tipo de abordagem e plano de ação para os produtores estáveis abaixo de 300.000 UFC/mL e maiores que 100.000 UFC/mL, pois são potenciais participantes do grupo de produtores abaixo de 100.000 UFC/mL estáveis. E outra atuação totalmente diferenciada com os produtores acima de 300.000 UFC/mL, em que todos são instáveis.

Segundo os dados, apenas oito produtores apresentaram média de CCS abaixo de 400.000 CS/mL e alta variabilidade, portanto, também precisam ser trabalhados, pois

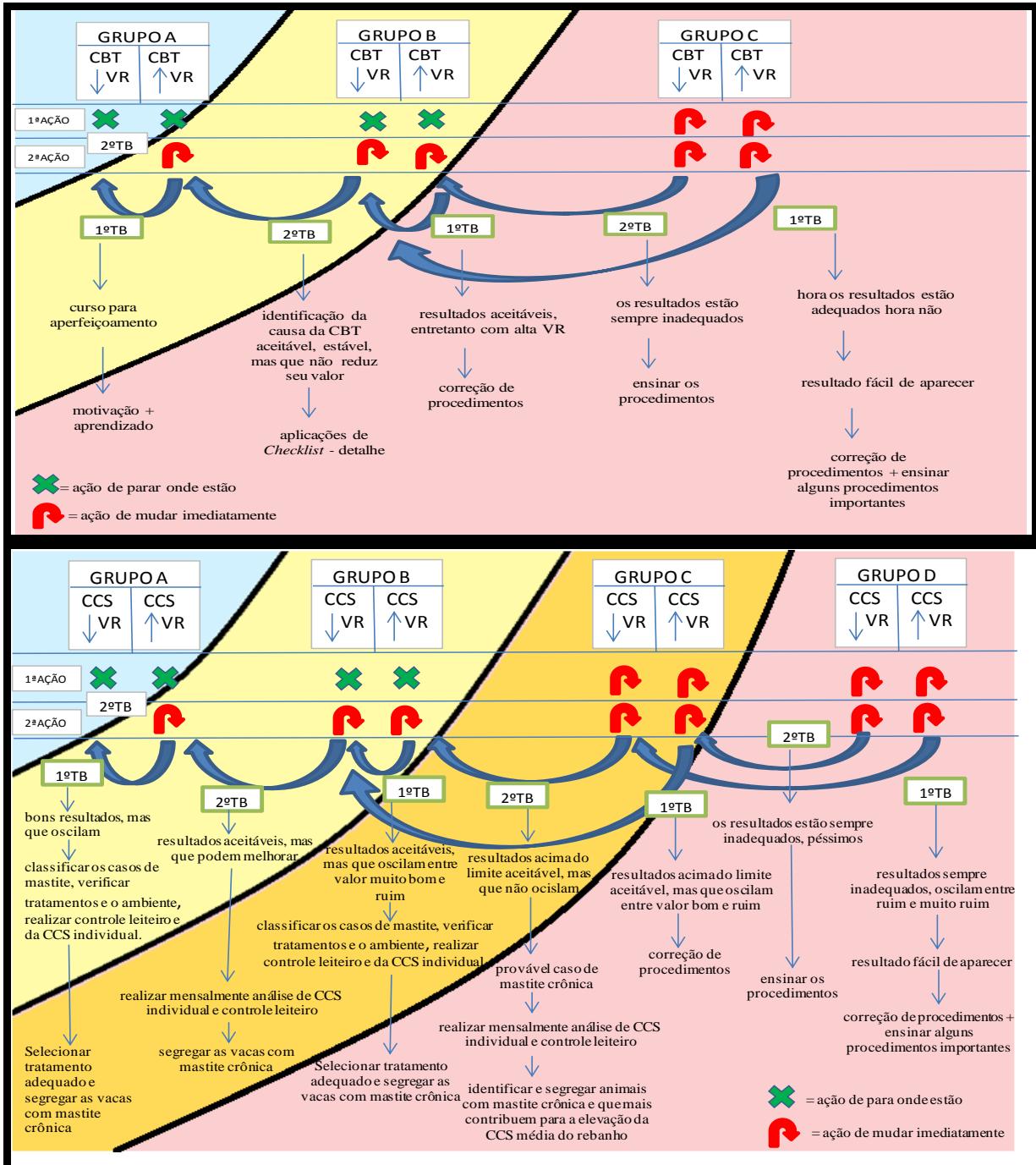
representam produtores que formam uma ameaça para os indicadores de qualidade. Outra possibilidade é atuar nos produtores com a média de CCS acima de 400.000CS/mL, mas abaixo de 600.000CS/mL. Esse grupo representa um bom desafio, mas não tão grande quanto do grupo de produtores com CCS maior que 600.000CS/mL.

Os nove produtores do grupo com CCS maior que 600.000CS/mL que apresentam baixa variabilidade, possuem uma interpretação diferente. Nesse caso, a baixa variabilidade contribuiu para demonstrar resultados negativos, já que segundo os dados, essas fazendas estão sempre com resultados ruins.

A identificação e separação das fazendas que possuem dificuldade em atingir ou manter os padrões necessários de qualidade também auxiliam o direcionamento dos trabalhos que devem ser realizados nessas propriedades. Permite também demonstrar de forma detalhada em cada propriedade fora do padrão, qual foi seu comportamento durante o período observado, possibilitando um trabalho de auxílio junto ao produtor com identificação das não conformidades.

Os laticínios necessitam realizar atuações rápidas mediante descumprimento dos padrões de qualidade para garantirem a qualidade do leite. Para isso, precisam ser objetivos e certeiros na identificação dos produtores que realmente estão fora dos padrões adequados. A análise precisa ser mais refinada e o presente trabalho mostrou possíveis análises para isso. Seria impossível mediante o elevado número de produtores por região, analisar mês a mês cada produtor isoladamente. Os grupos de produtores separados por faixa de resultados de qualidade de leite, segundo dados do ano de 2013, são o início de todos os planejamentos que podem ser tomados posteriormente para a melhoria da qualidade no ano de 2014. A partir dessa segregação é possível visualizar a situação detalhada da qualidade do leite dos produtores, em qual grupo eles estão e com isso planejar onde deverão chegar a curto, em longo prazo, e quais são as ações que deverão ser tomadas para cada grupo (Figura 9).

**Figura 9** - Figura esquemática do direcionamento das ações que podem ser realizadas após a separação e caracterização dos grupos de CBT e de CCS, Uberlândia, 2014.

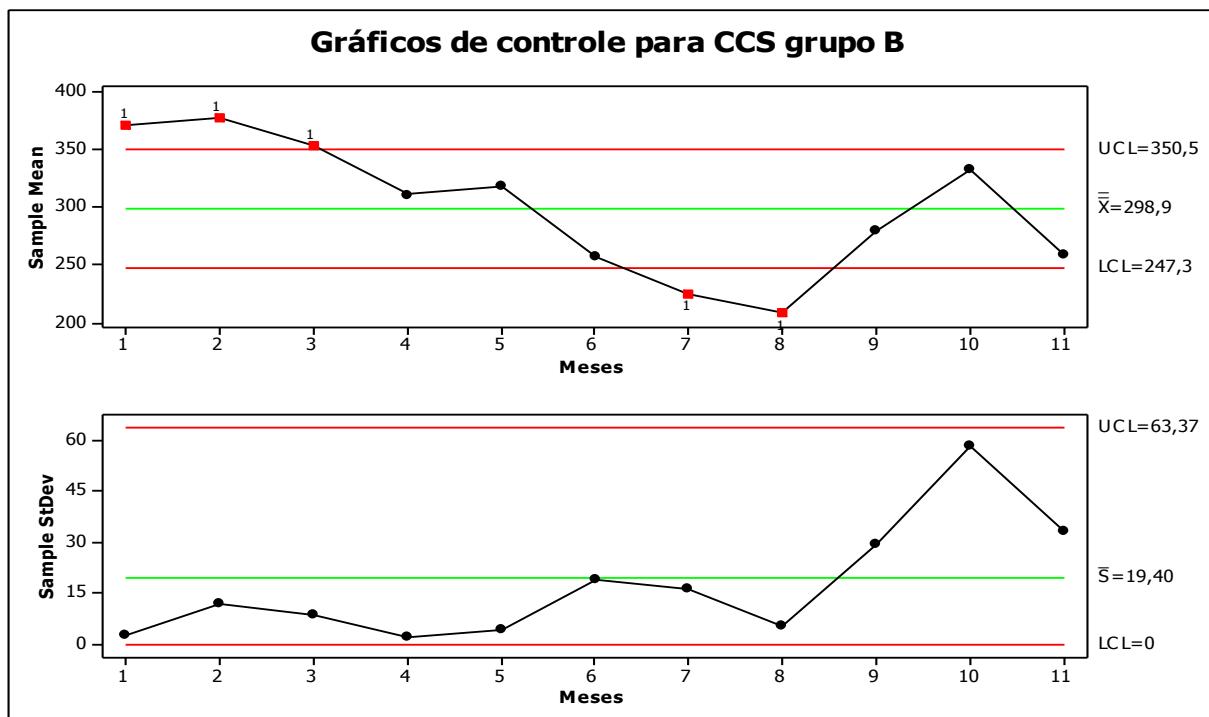


Os trabalhos (TB) foram direcionados por ordem de importância e as ações foram divididas em um primeiro momento (1<sup>a</sup>Ação) e o segundo momento (2<sup>a</sup> Ação). Elas foram ilustradas por figuras (legenda) que indicam quais ações devem ser tomadas em cada momento. Grupos de CBT (UFC/mL): A – CBT ≤ 100.000; B – 100.000 < CBT ≤ 300.000; C – CBT > 300.000. Grupos de CCS (CS/mL): A – CCS ≤ 250.000; B – 250.000 < CCS ≤ 400.000; C – 400.000 < CCS ≤ 600.000; D – CCS ≥ 600.000.

FONTE: ROQUETTE (2014).

Os grupos de produtores separados pelos resultados das análises de CBT e CCS do leite que produzem foram acompanhados mensalmente (Figura 4, Figura 5, Figura 8, Figura 10, Figura 11, Figura 12) para possível extração de informações que permitam auxiliar a montagem de estratégias para a melhora dos indicadores de qualidade por grupo. Todavia os gráficos de controle não demonstraram evidências claras de relação da piora, da melhora dos resultados ou do aumento de variabilidade dos valores dos grupos devido ao mês do ano. Entretanto, permitiram alguma interpretação e retirada de outros dados para a tomada de decisões, por exemplo, foi possível perceber que o grupo de produtores com análise de leite entre 250.000 CS/mL e 400.000 CS/mL (Figura 10) apresentou melhora progressiva nos valores durante o ano de 2013, acrescidos de baixa variabilidade, o que qualifica ainda mais os resultados obtidos.

**Figura 10** - Análise da média e desvio padrão dos resultados da qualidade de leite de janeiro a dezembro de 2013 (exceto março) do grupo de produtores com CCS maior que 250.000CS/mL e menor igual a 400.000CS/mL, Uberlândia, 2014.



Na figura UCL refere-se a limite superior, X a média e LCL a limite inferior.

FONTE: ROQUETTE (2014).

Todavia, a partir de setembro de 2013, os resultados voltaram a piorar e possibilitaram inferir que o grupo não possui grande quantidade de animais com casos graves de mastite crônica, provavelmente, comungam do mesmo problema ambiental.

Esse grupo poderia obter melhorias nos indicadores de qualidade e redução da variabilidade por meio de visitas focadas em gerenciamento e planejamento da propriedade rural. Deveriam buscar a conscientização dos proprietários sobre pontos críticos que facilitam a contaminação do animal por agentes ambientais como área de descanso, corredores, sala de espera, áreas ao redor de cochos e bebedouros, bolsões de retenção de água, período que permanecem sem deitar após a ordenha, limpeza adequada dos tetos em dias que os animais apresentam alto escore de sujeira nos tetos e úbere. A visualização dos gráficos gerou ações que só puderam ser propostas a pós a análise dos mesmos.

As informações fornecidas pelos gráficos de controle podem ser acrescidas de outros dados os quais poderão proporcionar maior precisão as conclusões obtidas, são eles: volume médio de leite produzido pela propriedade e o modelo de produção utilizado por ela (Tabela 6). O grupo de fazendas que apresentam CBT maior que 300.000 UFC/mL possui o maior número de propriedades que realizam ordenha manual, 23,5%, além disso, no grupo de produtores que possuem CBT menor que 100.000UFC/mL, 79% possui modelo de produção intensivo e semi intensivo. Entre todas as propriedades acompanhadas nesse estudo, 92% possuem ordenha mecânica.

**Tabela 6** - Grupos de produtores divididos segundo a média anual de CBT e CCS, segundo a faixa de produção (litros/dia), segundo o modelo de produção (SI: semi intensivo, I: intensivo, E: extensivo) e segundo o tipo de ordenha (Mec: ordenha mecânica, Man: ordenha manual), Uberlândia, 2014.

Grupo	Qualidade	Faixa de produção (L/dia)				SI	I	E	Mec	Man					
		CBT (UFC/mL)													
		1 à 500	500 à 1000	1001 à 3000	≥3000										
A	CBT ≤ 100.000	9	7	64	20	75	4	21	97	3					
B	100.000 < CBT ≤ 300.000	7	20	66	7	47	0	53	94	6					
C	CBT > 300.000	24	53	17	6	35	6	59	77	23					
CCS (CS/mL)															
A	CCS ≤ 250.000	39	15	31	15	69	8	23	77	23					
B	250.000 < CCS ≤ 400.000	10	6	60	24	88	0	12	88	12					
C	400.000 < CCS ≤ 600.000	0	24	62	14	72	5	23	100	0					
D	CCS > 600.000	3	31	57	9	37	0	63	100	0					

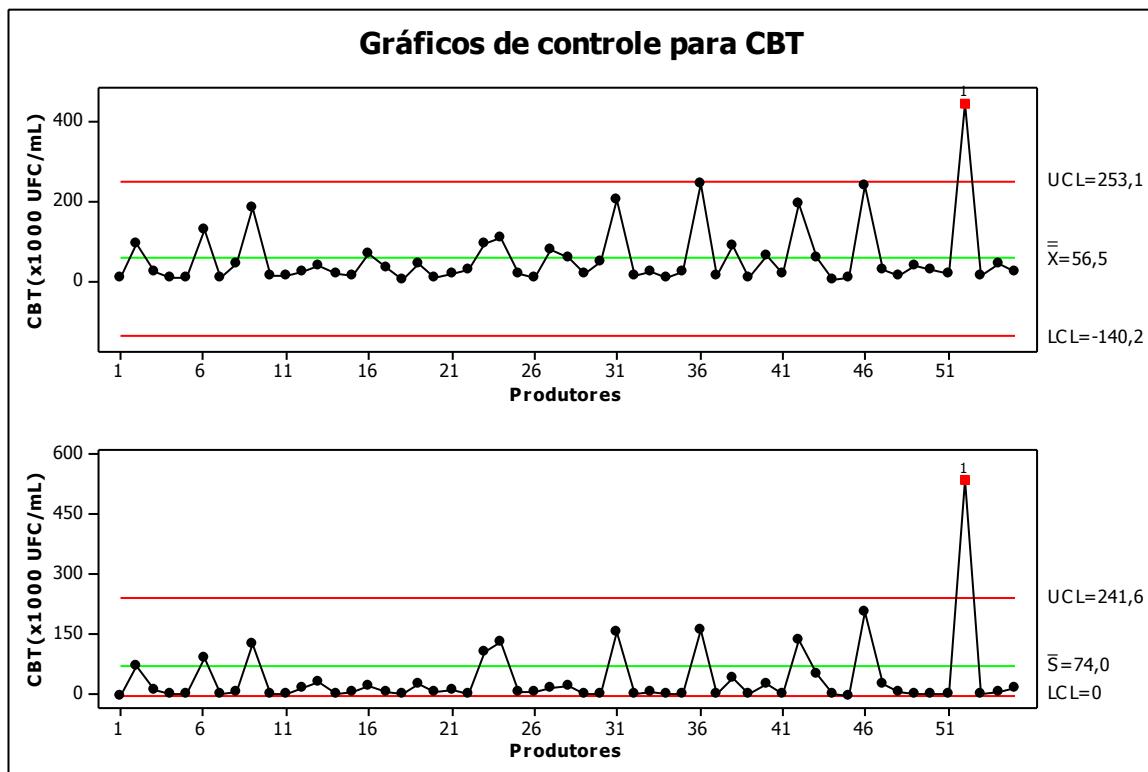
FONTE: ROQUETTE (2014).

Niza-Ribeiro et al. (2004) realizaram estudo com 414 propriedades, durante 13 meses e verificaram que o  $C_{pk}$  é mais eficiente na avaliação de propriedades que a média normalmente calculada pelos laticínios. Também observaram que o  $C_{pk}$  pode ser utilizado para estimar a taxa de mastite subclínica do rebanho.

Takahashi et al. (2011) obtiveram resultados semelhantes a Niza-Ribeiro et al. (2004), verificaram que valores de média e de  $C_{pk}$  de CCS descrevem as propriedades de forma diferente. Os parâmetros de tendência central da média (média e mediana) de CBT demonstraram que todas as 422 propriedades estavam dentro da especificação ideal, enquanto que o  $C_{pk}$  apresentou valor menor que um, indicando um processo incapaz, em que apenas 159 fazendas foram classificadas como capazes.

O gráfico de controle (Figura 11) dos resultados de CBT de dezembro de 2013 do grupo de produtores abaixo de 100.000 UFC/mL demonstra que o processo está fora de controle estatístico, devido a isso ao calcular o  $C_{pk}$ , o valor de 0,31 demonstrou um processo incapaz. Buscando a estabilidade do grupo e melhora da qualidade do leite, sete produtores formam retirados da amostra (Figura 12) e deveriam ser trabalhados para que os resultados de qualidade melhorassem. Entretanto, não foi suficiente para o  $C_{pk}$  interpretar o processo como capaz, o valor aumentou para 0,79, continuando abaixo de 1,00. Seria necessário trabalhar uma grande quantidade de produtores, para que o  $C_{pk}$  pudesse atingir valores excelentes, incluiria ações em fazendas que não possuem grandes problemas, já que as variações na qualidade do leite são normais e por mais que possuam valores maiores, ainda estão dentro do limite aceitável de 100.000 UFC/mL.

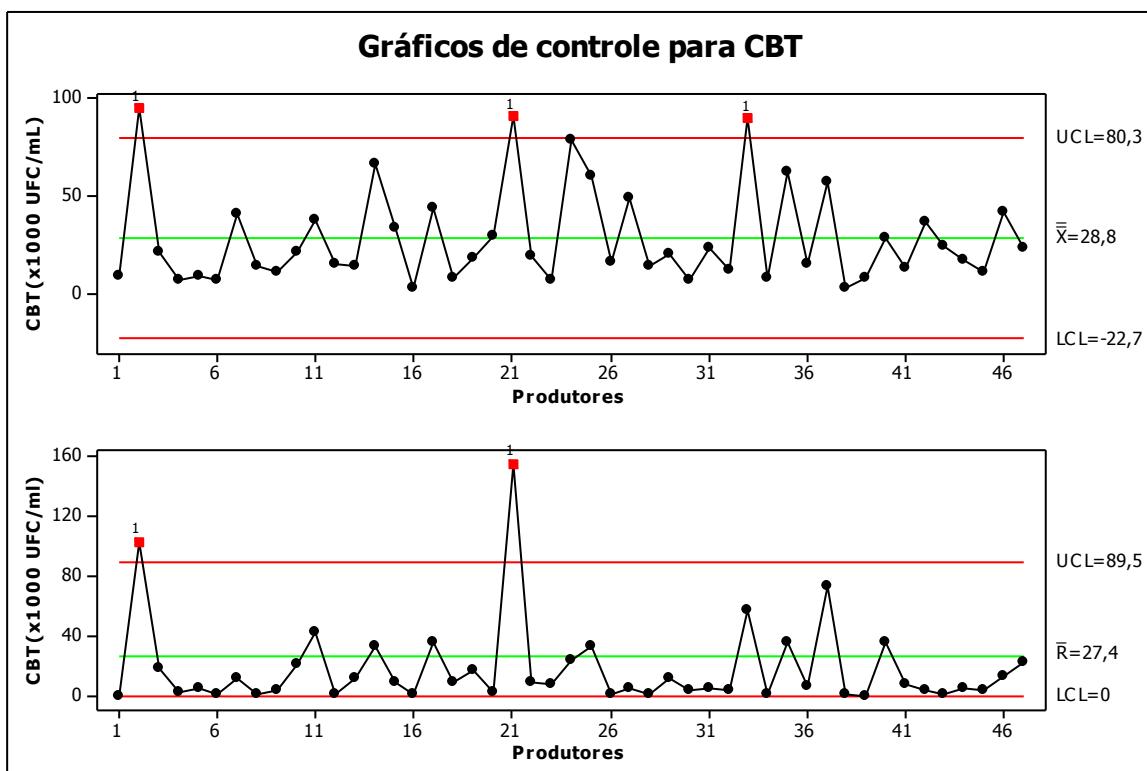
**Figura 11** - Análise da média e desvio padrão dos resultados da qualidade de leite de dezembro de 2013 do grupo de produtores com CBT menor ou igual a 100.000UFC/mL, Uberlândia, 2014.



Na figura UCL refere-se a limite superior, X a média e LCL a limite inferior.

FONTE: ROQUETTE (2014).

**Figura 12** - Análise da média e desvio padrão dos resultados da qualidade de leite de dezembro de 2013 do grupo de produtores com CBT menor igual a 100.000UFC/mL, exceto sete produtores excluídos da amostra para serem trabalhados individualmente para a melhoria da qualidade, Uberlândia, 2014.



Na figura UCL refere-se a limite superior, X a média e LCL a limite inferior.

FONTE: ROQUETTE (2014).

Constantemente, pesquisas buscam adequar diferentes análises e cálculos ao agronegócio, procuram métodos mais completos e precisos que auxiliem na avaliação e julgamento de dados e que possibilitem aumentar a eficiência do negócio. O  $C_{pk}$  ou os gráficos de controle são exemplos dessa busca.

A avaliação que melhor retratou os resultados de qualidade foi a de média com desvio padrão, pois permitem demonstrar a variabilidade normalmente presente nos resultados de CBT e CCS. O  $C_{pk}$  não possibilita real avaliação em 100% dos casos, em alguns momentos sua avaliação foi errônea como foi o caso dos produtores 98 e 99, segundo o  $C_{pk}$  o produtor 99 possui melhores resultados que o produtor 98, mas segundo o grupo controle o produtor 98 se destaca como melhor entre os dois, isso também ocorreu entre outros produtores.

Quando métodos estatísticos são utilizados para reduzir a variabilidade entre os resultados e permitir certas análises, informações são perdidas. Se o  $C_{pk}$  for avaliar variações

entre os valores 1,2 e 3 e 97, 98 e 99 em um intervalo com limite inferior de 0 e superior de 100 não se verifica diferença significativa entre os dois grupos, pois ambos variam em uma unidade de um resultado para o outro e das extremidades. Da mesma forma, o  $C_{pk}$  não indica que os resultados de CBT de 97, 98 e 99 são piores. Ele interpreta que os valores estão igualmente distribuídos dentro do intervalo permitido.

Apesar de diferentes pesquisas (TAKAHASHI et al. 2012; NIZA-RIBEIRO et al. 2004) afirmarem que o uso do  $C_{pk}$  é útil para avaliação de CBT e CCS, Montgomery (2004) alertou que a análise de  $C_{pk}$  só deve ser utilizado em amostras sob controle estatístico. E como os valores de CBT e CCS não estão sob controle, devido as variáveis inerentes a produção leiteira, esse índice não deve ser utilizado para esses indicadores. Essa afirmação foi obtida quando se comparou os seguintes métodos de avaliação:  $C_{pk}$ , gráficos de controle de média e desvio padrão e média. Verificou-se que o  $C_{pk}$  não se adequa devido à variabilidade normal dos resultados desses indicadores de qualidade.

Dos métodos de julgamento avaliados, a média com desvio padrão foi a que melhor representou a realidade de cada propriedade. A utilização dos gráficos de controle ajudou a visualizar a situação, mas pode se considerar que não é um método prático para um grande número de amostras de animais ou de leite cru refrigerado de muitos produtores. Por ser uma boa ferramenta seria necessária a criação e adaptação dos gráficos de controle em um sistema de computador (*software* a ser elaborado específico para este fim) que pudesse processar rapidamente várias informações e fornecer de forma resumida quais são aos animais problemáticos em um grande rebanho, ou mesmo quais produtores precisam ser trabalhados para a melhoria da qualidade em uma agroindústria.

#### **4. CONCLUSÃO**

A média anual de CBT e CCS analisada isoladamente é insuficiente para realizar avaliações sobre os resultados da qualidade do leite de laticínios. A análise de variabilidade complementa as análises de média. O controle estatístico de processos foi capaz de identificar produtores com boa qualidade, constantes durante o mês e com reprodutibilidade no decorrer de um ano.

Ao comparar os métodos tradicionais com os métodos do CEP, foi possível afirmar que as análises tradicionais são ineficientes para realizar julgamento dos resultados e dos produtores. Com o controle estatístico de processos foi possível discriminar produtores com resultados adequados e constantes de forma precisa. As ferramentas estatísticas como gráficos de controle precisam ser utilizadas pelas indústrias para julgar de forma mais adequada os processos que estão sendo utilizados para melhoria da qualidade do leite.

## REFERÊNCIAS

BENTLEY Instruments Inc. **Bactocount 150 operator's manual.** Chaska: Bentley Instruments Inc., 2002. 49p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 62, de 29 de dezembro de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, 31 dez. 2011. Seção 1, p. 6-11.

DE VRIES, A. et al., Some illustrations of the use of statistical process control techniques in monitoring dairy herd performance. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM FOR VETERINARY EPIDEMIOLOGY AND ECONOMICS, 8., 1997, Paris, **Anais...** Paris: Epidemiologie et Sante Animale, 1997. p. 31-32.

DE VRIES, A.; CONLIN, B. J. Design and Performance of Statistical Process Control Charts Applied to Estrous Detection Efficiency. **Journal of Dairy Science**, [S.l.], v.86, p.1970–1984, 2003.

DIONIZIO, F. L. **Qualidade do leite impacto econômico de diferentes tipos de coletas e condições de transporte da fazenda até à indústria.** 2013. 63f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT.** 2012. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 04 mar. 2014.

HARSTELN, R. E.; AMARAL FILHO, J. R.; WERNER, L. Análise de capacidade de dados não normais de um sistema de tratamento de efluente industrial. **INGEPRO**, [S.l.], v. 2, n.11, p.13-25, 2010.

HENNING, E. et al. Gráficos de Controle Shewhart, CUSUM, EWMA e combinado Shewhart-CUSUM: uma proposta de monitoramento para implantação do Controle Estatístico do Processo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 3., 2013, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa, 2013.

IBARRA, A.A. Sistema de pagamento do leite por qualidade – visão global. In: DURR, J.W., CARVALHO, M.P., SANTOS, M.V. **O Compromisso com a Qualidade do Leite.** Passo Fundo: UPF, 2004, v.1, p. 72-86.

IDF – INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. **Milk – Enumeration of somatic cell.** Bulletin of International Dairy Federation, Brussels: IDF / FIL, 1995, 8p (IDF Standard 148 A).

LUKAS, J. M.; RENEAU, J. K.; KINSEL, M. L. Predicting somatic cell count standard violations based on herd's bulk tank somatic cell count. Part I: Analyzing variation. **Journal of Dairy Science**, Minessota, v. 91, n. 1, p. 427-432, 2008a.

LUKAS, J. M. et al. Predicting somatic cell count standard violations based on herd's bulk tank somatic cell count. Part II: Consistency index. **Journal of Dairy Science**, Minessota, v. 91, n. 1, p. 433-441, 2008b.

MERTENS, K. **An intelligent system for optimizing the production and quality of consumption eggs based on synergistic control.** 2009. 363f. Tese (Doutorado em Engenharia Biocientífica) – Kaholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgica, 2009.

MILANI, M.P. **Qualidade do leite em diferentes sistemas de produção, anos e estações climáticas no noroeste do Rio Grande do Sul.** 2011. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade.** 4<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro, RJ: Livros técnicos e científicos, 2004.

MORATOYA, E. E. et al. Mudanças no padrão de consumo alimentar no Brasil e no mundo. **Revista de Política Agrícola**, [S.l.], v. 22, n. 1, p. 72-84, 2013.

MOREIRA, M. S. P.; BERNARDO, W. F. **Conceitos técnicos e econômicos para a sustentabilidade da bovinocultura leiteira na Zona da Mata Mineira.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2011. 173 p.

NIZA-RIBEIRO, J.; NOORDHUIZEN, J. P. T. M.; MENEZES, J. C. Capability index – A statistical process control tool to aid in udder health control in dairy herds. **Journal of Dairy Science**, [S.l.], v. 87, n. 8, p. 2459-2467, 2004.

NOMELINI, Q. S. S. **Padrões de não-aleatoriedade no controle estatístico de processos.** 2007. 197f. Dissertação (Mestrado Estatística e Experimentação Agropecuária) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

PHILPOT, W. N.; NICKERSON, S. C. **Vencendo a luta contra a mastite.** São Paulo: Milkbuzz, 2002, 192 p.

PINHEIRO, F. F. Sistema de pagamento como incentivo à qualidade do leite. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BUIATRIA, 8., 2009, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2009.

RENEAU, J. K. Process control: timely feedback for quality milk production at the farm. In: NATIONAL MASTITIS COUNCIL ANNUAL MEETING PROCEEDINGS, 39., 2000, Atlanta. **Anais...** Atlanta, 2000. p. 140-148.

RENEAU, J.; KINSEL, M. Record systems and herd monitoring in production oriented health and management programs in food producing animals. In: RADOSTITS, O. M. **Herd Health: Food Animal Production Medicine.** 3 ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 2001. cap. 3, p. 107-141.

TAKAHASHI, F. H.; CASSOLI, L. D.; MACHADO, P. F. Utilização do controle estatístico de processos (CEP) como indicador de violação em programas de pagamento do leite pela qualidade. **Ciência Animal Brasileira**, [S.l.], v. 12, p. 661-669, 2011.

TAKAHASHI, F. H. et al. Variação e controle da qualidade do leite através do controle estatístico de processos. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 13, n. 1, p. 99-107, 2012.

WHEELER, D. J.; CHAMBERS, D. S. **Understanding Statistical Process Control.** 2 ed. Knoxville: SPC Press, 1992. 406p.

WHEELER, D. J. **Advanced Topics in Statistical Process Control: The Power of Shewhart Charts.** 2 ed. Knoxville: SPC Press, 1995. 470p.