

SIMULAÇÃO E CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE LEITE: FERRAMENTAS PARA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE

Douglas Fernando Abatti

Engenheiro de Produção/ UTFPR
d.abatti@hotmail.com

Lais Marques Daminelli

Engenheira de Produção/ UTFPR
laismarquesdaminelli@gmail.com

Genilso Gomes de Proença

Discente do Mestrado Tecnologias
Computacionais para o Agronegócio/
UTFPR
genilsogp@yahoo.com.br

Carla Adriana Pizarro Schmidt

Doutora em Agronomia Prof.^a Efetiva
do Curso de Engenharia de Produção-
UTFPR
carlaschmidt@utfpr.edu.br

José Airton Azevedo dos Santos

Doutor em Engenharia Elétrica,
Professor Efetivo dos cursos de
Engenharia Elétrica e Produção –
UTFPR
airton@utfpr.edu.br

RESUMO

A ampliação da concorrência, o dinamismo dos mercados e as mudanças no perfil dos consumidores, cada dia mais informados e exigentes, vem motivando o remodelamento de rotinas no setor do agronegócio. Nesse contexto novas tecnologia oriundas da área de informática vêm sendo muito valorizadas, para auxiliar a realização de uma gestão cada vez mais estratégica. Dentro deste contexto este trabalho teve como objetivos: acompanhar os procedimentos produtivos de uma pequena propriedade rural situada na região oeste do estado do Paraná, simular o processo de ordenha mecânica, avaliar a quantidade e a qualidade do leite produzido por meio de testes laboratoriais e ferramentas estatísticas e verificar a viabilidade econômica da implantação de uma terceira ordenha. A simulação e as análises estatísticas foram realizadas pelos softwares Arena® e Action 2.7. Os resultados obtidos evidenciaram a eficiência da aplicação destas ferramentas na avaliação e gerenciamento da propriedade leiteira.

Palavras-chave: Arena®, ordenha mecânica, controle de qualidade, planejamento, administração rural.

ABSTRACT

The expansion of competition, dynamism of markets and changes in the consumer's profile, increasingly informed and demanding, has motivated the remodeling of the routines in the agribusiness sector. In this context, new technology coming from the area of information technology have been highly valued, to assist the realization of an increasingly strategic management. Within this context, this study aimed to monitoring the production procedures of a small farm located in western Paraná state, simulate the process of milking, evaluate the quantity and quality of milk produced by laboratory tests, tools statistics, and verify the economic feasibility of installing a third milking. The simulation and statistical analyzes were performed using software Arena® and Action 2.7. The results showed the efficiency of these application tools in the evaluation and management the dairy property.

Key-words: Arena®, milk production, quality control, planning, rural administration.

1. Introdução

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2014), em 1997 a produção de leite comercializado e industrializado no Brasil era de 10,7 bilhões de litros e passou para mais de 24 bilhões de litros em 2013, o que representa um aumento de mais de 100% nesses últimos 16 anos. Os seis estados que atualmente mais produzem leite são Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Goiás e Santa Catarina. O estado do Paraná é responsável por produzir mais de 2,4 bilhões de litros de leite ao ano. Produção anual menor que a metade da produção do estado de Minas Gerais, maior produtor de leite do País.

Com o aumento na quantidade de leite produzido, muitos produtores optaram pela ordenha mecânica, devido a rapidez e a maior eficiência. Além de oferecer melhores condições para manter-se a qualidade sanitária do leite. Observa-se que a estocagem do produto na propriedade em resfriadores é também um dos fatores para produção de um leite de qualidade (BRASIL, 2002).

A busca pela melhoria da qualidade contínua requer, de acordo com Carpinetti (2010), análise aprofundada da situação atual para planejamento e implantação de melhorias futuras. Para atingir esta melhoria faz-se necessário abordar a situação de maneira científica buscando fundamentos para tomar-se decisões baseadas em dados e fatos.

O anseio do consumidor vem de encontro aos princípios da busca pela melhoria contínua e nesse contexto o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) implantou normas de produção leiteira, objetivando a melhoria da qualidade do leite no país. Para tanto foi publicada a Instrução Normativa nº 51 (IN51), de 18 de setembro de 2002, mais recentemente alterados pela Instrução Normativa 62 (BRASIL, 2011), que determinam os métodos de produção, identidade e qualidade de leites tipo A, B, C, pasteurizado e cru refrigerado e regulamentou a coleta de leite cru refrigerado e seu transporte a granel. As normas dessas mesmas instruções determinam que o transporte legal só pode ser realizado em caminhões tanques refrigerados.

Porém cabe ressaltar que a qualidade do leite é variável e sofre influência da realidade específica de cada produtor, principalmente do manejo, da alimentação, do potencial genético dos rebanhos, bem como de fatores relacionados à obtenção e armazenagem do produto (KITCHEN, 1981). Portanto, fica clara a necessidade de avaliação do contexto específico para tomada de decisão e busca por melhorias contínuas nos processos produtivos individualizados, inerentes à propriedade rural.

O controle estatístico de processo pode ser aplicado na inspeção de produtos, pode levar em conta a análise de sua qualidade, avaliando-a comparativamente a limites superiores ou inferiores, ou outras medidas tais como média, mediana, moda, quartis, alvos e histogramas de frequência acumulada e desvios, em busca da meta de produção. Pode também auxiliar o pesquisador na busca de padrões em comparação com outras coletas, repetições, ou mesmo entre empresas. Isso tende a ajudar o pesquisador a encontrar ações a serem adotadas de modo a ampliar ou pelo menos manter o nível de qualidade, encontrando problemas por vezes indicados como pontos discrepantes. Tais pontos devem ser avaliados, de forma a buscar-se suas causas e consequências dentro dos processos avaliados (VIEIRA, 1999).

Os modelos matemáticos de simulação permitem obter projeções sobre o comportamento de um sistema sob determinadas circunstâncias (MIRANDA et al., 2006). Com a disseminação do uso de computadores com capacidade de executar modelos complexos de processos produtivos, a simulação computacional começa a ser utilizada como tecnologia corrente pelas empresas. Pacotes comerciais especialmente criados para modelagem e execução de processos produtivos estão disponíveis comercialmente e têm sido utilizados como ferramenta padrão de análise e auxílio à tomada de decisão em processos produtivos.

O ato de reproduzir o comportamento de sistemas reais, permitindo a análise de cenários, proporciona ao administrador identificar os efeitos de cada decisão tomada e a escolha mais adequada para solução de um problema específico. O método da simulação constitui-se portanto com uma ferramenta apropriada para auxílio à tomada de decisão, podendo ser aplicada em diversas áreas (PRADO, 2010).

Neste contexto o trabalho teve como objetivo acompanhar o processo produtivo de uma pequena propriedade leiteira, avaliando a produção, a ocupação dos funcionários que atuam no processo de ordenha mecânica, a qualidade do leite produzido e a viabilidade da implantação de uma terceira ordenha diária, visando um potencial aumento de lucratividade.

2. Material e Métodos

A metodologia utilizada no estudo pode ser classificada quanto à natureza como pesquisa aplicada, aos objetivos como exploratória, à forma de abordar o problema como quantitativa com procedimentos técnicos de uma pesquisa operacional (KAUARK; MANHÃES; MEDEIROS, 2010; GIL, 2007).

2.1 Descrição da Propriedade Rural

A propriedade alvo do estudo, situa-se no município de Medianeira, oeste do estado do Paraná, esse município possui cerca de 40 mil habitantes, sendo que mais de 4 mil residem na Zona Rural (IBGE, 2010).

No oeste do Paraná, encontra-se localizada uma grande bacias leiteiras do estado. Em Medianeira existem cerca de 890 produtores de leite que fornecem mais de 7 mil litros de leite por dia de um total de mais de 25.000.000 de litros no ano (SICONV, 2013). Em comparação com outros municípios situados na mesma bacia leiteira Medianeira produz menores quantidades de leite. (Quadro 01).

Municípios	Rebanho Número de Vacas Ordenhadas	Produção em Mil Litros	Produtividade em Litros/Vaca/Ano
Marechal Candido Rondon	24.800	104.098	4.198
Toledo	26.800	102.711	3.883
Santa Helena	13.400	36.300	2.709
Cascavel	21.100	34.857	1.652
Mercedes	6.900	30.222	4.380
Catanduvas	13.000	29.728	2.287
Missal	10.000	27.000	2.700
Corbélia	7.900	25.731	3.257
São Miguel do Iguçu	8.019	25.000	3.118
Medianeira	9.600	24.960	2.600

Quadro 1 - Dados de alguns municípios próximos à Medianeira.

Fonte: Volpi e Difiovani, (2008).

Na propriedade, objeto deste estudo, existem 43 vacas leiteiras, 1 touro, 15 novilhas, 2 novilhos e 13 bezerras. A pastagem possui 7,5 hectares e é composta por Tifton (*Cynodon spp*), conforme ilustrado na Figura 1(a). Vilela e Resende (2001) e Fontaneli e Fontaneli (2000), afirmam que as forrageiras Tifton são recomendadas para reduzir custos e aumentar a lucratividade dessa atividade.

Para viabilizar a produção, utiliza-se ainda na propriedade, ração e silagem para complementar a alimentação dos animais, sendo que gasta-se em média 200 kg de ração e 1200 kg de silagem por dia para suplementação alimentar. O que está de acordo com o exposto por Vilela e Resende (2001). Os autores explicam que é possível a produção de leite em taxas de lotação em torno de 5 a 7 vacas/ha, em pastagens Tifton, de forma intensiva e racional. Sendo esta uma forma de manejo mais lucrativa que a produção em modelos exclusivamente de confinamento.

Os animais leiteiros que compõem o plantel são mestiços das raças europeias Jersey e Holandesa provavelmente cruzadas em algum nível com gado Zebuino. Sendo o mais comumente utilizado nas cruzas, nas propriedades da região, o Gir. leiteiro. Aproximadamente 38% das vacas leiteiras são mestiças com a raça Jersey, 41% com a Holandesa e 21% são resultado do cruzamento entre os animais mestiços das 2 raças citadas.

Na propriedade são realizadas duas ordenhas diárias. Inicialmente, os animais são conduzidos do pasto para uma sala de espera e ficam nesse local em repouso ao som de música ambiente. Tal manejo é recomendado e tem potencial de melhorar as condições de higiene do local de ordenha, pois segundo Rosa (2004) a movimentação do animal estimula a micção e as vacas urinam mais no momento da ordenha quando conduzidas diretamente, já Peters et al. (2010) explicam que a tranquilidade reduz o percentual de defecação no momento da ordenha. Na propriedade a instalação para ordenha é do tipo espinha de peixe (Figura 1(b)).



(a)



(b)

Figura 1 – Fotografias (a) Pastagem e (b) Sistema de ordenha utilizado na propriedade.

O processo de ordenha realiza-se simultaneamente em duas baias, enquanto de um lado os quatro animais são ordenhados do outro lado outros quatro são higienizados e preparados para ordenha, visando à realização do processo em um tempo menor. A sequência detalhada do processo pode ser visualizada no Fluxograma apresentado na Figura 2.

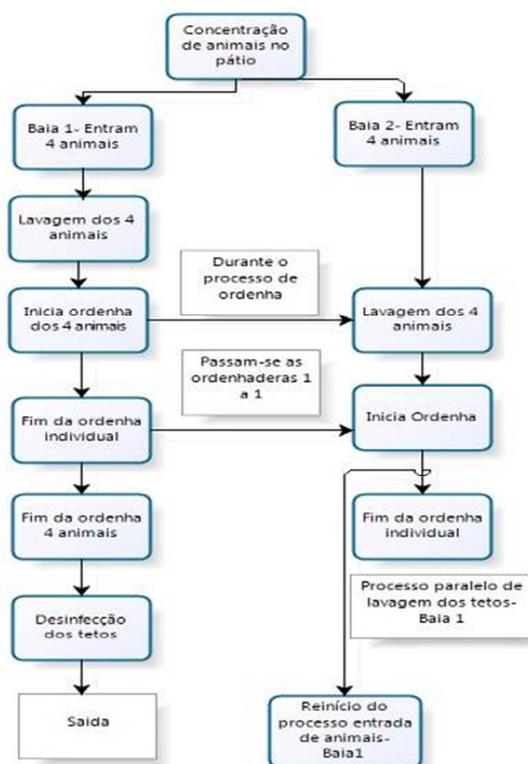


Figura 2 - Fluxograma do processo de ordenha.

2.2 Coleta de Dados

As etapas de construção do modelo conceitual e da coleta de dados foram feitas em parceria com o proprietário e funcionários, diretamente ligados ao processo de ordenha mecânica. Durante estas etapas, concluiu-se que seria necessário determinar as seguintes variáveis: TPRL: Processo de Retirada de leite e TL: Tempo de limpeza. Os tempos foram coletados na propriedade durante 10 dias. Observa-se que no momento da coleta haviam 32 animais em lactação.

As quantidades de leite produzido entre setembro de 2012 e março de 2014 e a qualidade do leite entre setembro de 2012 e março de 2014 foram obtidas da Cooperativa Agroindustrial Lar. A quantidade de leite diária produzida foi utilizada na avaliação estatística do processo produtivo e na avaliação da capacidade de produção.

2.3 Metodologia de realização da Simulação

Os dados, dos tempos coletados na propriedade, foram analisados por meio da ferramenta Input Analyzer do software Arena®. Segundo Prado (2010) esta ferramenta permite analisar dados reais do funcionamento do processo e escolher a melhor distribuição estatística que se aplica a eles.

A simulação da dinâmica operacional do processo de ordenha mecânica foi realizada com o software Arena®, e os resultados analisados nas ferramentas *Output Analyzer* e *Process Analyzer*.

2.4 Número de Replicações

Neste trabalho, o número de replicações (n^*) foi obtido através da seguinte expressão (PRADO, 2010):

$$n^* = \frac{4 \ln(2)}{h^2} \quad (1)$$

onde:

- n - número de replicações já realizadas;
- h - semi-intervalo de confiança já obtido; e
- h^* - semi-intervalo de confiança desejado.

2.5 Tamanho da Amostra

O tamanho de cada uma das amostras, cronometradas neste trabalho, foi obtida, para um nível de confiança de 95%, através da seguinte expressão (MARÔCO, 2011):

$$n_A = \frac{Z_{\alpha/2}^2 S^2}{E^2} \quad (2)$$

onde:

- n_A - número de indivíduos da amostra;
- $Z_{\alpha/2}$ - valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado;
- S - desvio padrão;
- E - erro máximo estimado.

2.6 Validação do Modelo Computacional

A validação tem por objetivo proceder à comparação de valores de variáveis geradas pelo modelo com os obtidos do sistema real (SARGENT, 1998). Na execução do procedimento de validação, para o sistema em estudo, foi realizada uma comparação de médias por meio de análise de variância (ANOVA). Observa-se que todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software Action 2.7.

2.7 Método de Avaliação da Viabilidade Econômica

A viabilidade econômica da implantação de uma terceira ordenha foi avaliada por meio da Equação (3) proposta por Barbosa et al., (2013), calculando-se os valores mínimos de produção de leite por animal, que viabilizariam esse procedimento.

$$\frac{PM}{PF} = \frac{CO + CV}{PL - P} \quad (3)$$

Onde:

PM = produção mínima de leite de cada animal, por dia, desejada para tornar a terceira ordenha economicamente viável, em Kg;

PF = produção de leite por dia da propriedade em Kg;

CO = custo operacional total da terceira ordenha, em reais;

PL = preço recebido por Kg de leite em reais;

CV = custo variável de um Kg de leite em reais;

QA = quantidade de animais ordenhados por dia;

P = aumento de produção diária de leite com a terceira ordenha, em Kg

2.8 Acompanhamento da Qualidade do Leite Produzido

A qualidade do leite foi acompanhada com base em: resultados das análises de Crioscopia, Teor Percentual de Gordura, Contagem de Células Somáticas e Contagem Bacteriana Total, fornecidos em laudos de análises realizadas pelo Laboratório da Cooperativa Agroindustrial Lar.

O teor de gordura, de acordo com Behmer (1999), pode variar com a genética e também durante os diferentes períodos da gestação dos animais, sendo que essa variação fica geralmente entre teores de 2,5% a 6%, sendo que para a indústria quanto mais alto este nível, maior será o aproveitamento da matéria-prima.

De acordo com Madalena (2001), para produzir um quilo de gordura os animais devem ingerir 56 vezes mais energia do que para produzir um quilo de água com carboidratos. Já para produzir um quilo de proteína, precisa de 28 vezes mais energia no alimento ingerido, de forma que o custo de produção dos três componentes torna-se claramente diferente. Desta forma pode-se observar que; para o produtor, o valor econômico de cada componente resulta da diferença entre o preço por ele recebido e seu custo de produção.

A determinação do índice crioscópico do leite é atualmente avaliada por equipamentos denominados crioscópicos eletrônicos digitais e ela foi segundo Murta et al., (1995) utilizada pela primeira vez em 1920 por Julius Horvet, com o objetivo de detectar adulteração de leites por adição de água da mesma forma que segue sendo empregada até os dias atuais.

Esse índice é definido por Tronco, (1997), como a temperatura em que o leite passa do estado líquido para o sólido, por essa temperatura de congelamento ser considerada uma característica constante nesse produto essa prova é considerada de precisão e seus resultados são dados em graus Horvert (°H) sendo que $^{\circ}\text{H} = 1,03711 \times ^{\circ}\text{C} - 0,00085$.

A Instrução Normativa 51 (BRASIL, 2002), estabelece um padrão mínimo de qualidade para a crioscopia do leite de $-0,530^{\circ}\text{H}$ ou $0,512^{\circ}\text{C}$. Dessa forma esse índice representa um atributo muito importante na qualidade do leite, tendo em vista que a adição de água além de ser uma fraude, dilui os componentes naturais do produto e pode ser uma fonte de contaminação (TRONCO, 1997).

A CBT vem sendo empregada para tentar agregar valor ao leite. Ela representa a contagem do número de colônias presentes em uma dada amostra de leite, previamente incubada a 32°C . Representa a contaminação inicial do leite bem como a taxa de multiplicação microbiana durante a estocagem. Com base na Instrução Normativa 62 (BRASIL, 2011), a quantidade máxima de bactérias totais que será aceitável para a região Sul a partir de 07/2016 será de 100.000 UFC/ mL sendo atualmente de 300.000 UFC/ mL.

A Contagem Bacteriana está diretamente relacionada com a higiene na ordenha, com a limpeza e desinfecção das superfícies e equipamentos e até com a qualidade da água empregada no processo. A manutenção de um bom padrão microbiológico é encontrada quando a contagem situa-se em limite inferior a 10.000 UFC/mL, sendo que um leite com esta contagem pode ser até classificado como leite tipo A (BEHMER, 1999). Sendo que o uso de resfriamento rápido

contribui muito na redução dos valores encontrados (CARVALHO et al., 1995; NICKERSON, 1998).

Atualmente o limite máximo de CCS estabelecido pela Instrução Normativa 62 (BRASIL, 2011), para um leite de boa qualidade é de 500.000 células, mas a meta para um futuro próximo, na região Sul a partir de 07/2016, deverá ser de no máximo 400.000 células. Estas células podem ser leucócitos, resultantes da defesa do animal contra patógenos que invadem o úbere, originadas nesse caso do sangue, ou células de descamação da glândula mamária denominadas de células epiteliais que se incluem nessa contagem. Com isso uma infecção mamária como a mastite pode aumentar o valor de CCS enquanto a quantidade de células epiteliais permanecerá inalterada (EMBRAPA, 2014b).

De acordo com Brito, (2013) a contagem de células somáticas representam a qualidade do leite e a saúde dos animais ordenhados. Vacas infectadas com os chamados patógenos secundários, como os estafilococos coagulase negativos, podem ter CCS acima de 250.000/mL. Os microrganismos quando classificados com patógenos principais podem elevar a CCS a um milhão por mL de leite.

De acordo com Brito e Sales (2007) a maior parte das infecções que resultam em mastite são ocasionadas pelas bactérias *Streptococcus agalactiae*, *S. aureus*, *Streptococcus dysgalactiae*, *Streptococcus uberis* e *Escherichia coli*. As três primeiras apresentam denominados contagiosos, ou seja chegam até o animal por meio de transmissão da contaminação pré-existente em outros animais do plantel. Esta contaminação passa por meio das mãos do operador ou dos equipamentos e geralmente ocasionam mastites denominadas sub clínicas. Já as duas últimas são ambientais, amplamente disseminadas no ambiente da fazenda na água, nas fezes, nos materiais utilizados na cama e encontram-se disseminadas por todos os rebanhos e podem ocasionar mastites agudas ou super agudas comprometendo de forma sistêmica o animal.

3. Resultados e Discussão da Simulação

Na Tabela 1 apresenta-se uma avaliação descritiva dos dados cronometrados no processo de ordenha mecânica.

Tabela 1 - Análise exploratória dos tempos de ordenha

Parâmetro analisado	TPRL	TL
Média (s)	306	1074.7
Mediana (s)	274	1031.5
1 Quartil (Q1) (s)	237	999
3 Quartil (Q3) (s)	340.5	1154
Mínimo (s)	195	909
Máximo (s)	533	1431
Desvio Padrão (s)	95.8	153.8
Coefficiente de Variação	31.3%	14.3%

Segundo Pimentel Gomez (2000), nos experimentos de campo, se o coeficiente de variação for inferior a 10% tem-se um coeficiente de variação baixo, de 10 a 20% médio, de 20 a 30% alto e acima de 30% muito alto.

3.1 Tratamento dos Dados

Inicialmente, os dados coletados no processo de ordenha mecânica foram plotados em forma de *boxplot* (Figura 3) para uma análise preliminar do comportamento das observações. A seguir, aplicou-se a técnica de identificação de *outliers* (valores fora da normalidade) apresentada na Tabela 2 (CHWIF; MEDINA, 2007). As razões mais comuns para o surgimento desses valores são os erros na coleta de dados ou eventos raros e inesperados. Nesta técnica os *outliers* considerados como extremos são descartados das observações.

Após a utilização da técnica de identificação dos outliers, determinou-se, através da ferramenta Input Analyser, as curvas de distribuição teórica de probabilidades que melhor representem o comportamento estocástico do sistema em estudo. Através dos testes de aderência: teste Chi Square e do teste Kolmogorov-Smirnof, concluiu-se que as distribuições, apresentadas na Tabela 3, são as expressões que melhor se adaptaram aos dados coletados na propriedade.

Para validação do modelo computacional utilizou-se análise de variância, ao nível de 1% de significância, na comparação das médias obtida a partir do sistema real e a gerada pelo modelo de simulação, para a variável Tempo Total do Processo (processos de retirada do leite e de limpeza). Nesta comparação não foram constatadas diferenças estatísticas ($F_0 = 0,112344$ enquanto $F_{\text{crítico}} = 5,117355$).

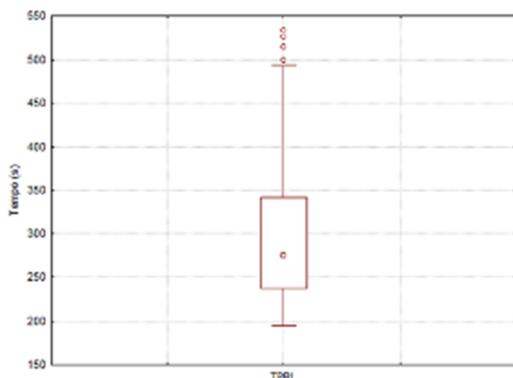


Figura 3 - Boxplot dos tempos do processo de retirada do leite (TPRL).

Tabela 2 - Identificação dos *Outliers*

$$A = Q^3 - Q^1$$

Valor $< Q^1 - 1,5A$ - *Outlier Moderado*
 Valor $> Q^3 + 1,5A$ - *Outlier Moderado*
 Valor $< Q^1 - 3,0A$ - *Outlier Extremo*
 Valor $> Q^3 + 3,0A$ - *Outlier Extremo*

Fonte: Chwif e Medina, (2007). Onde Q^1 e Q^3 são, respectivamente, os valores do primeiro e terceiro quartis, assim a amplitude entre interquartil “A” é calculada pela diferença: $A = Q^3 - Q^1$.

Tabela 3 - Distribuições de Probabilidade.

Item	Distribuição	Chi Square	Kolmogorov-Smirnov
TPRL	195 + WEIB(112, 1.02)	p-value=0.934	p-value=0.945
TL	90 + EXPO(166)	p-value=0.611	p-value=0.965

Uma vez validado o modelo computacional (Figura 4) pode-se passar, segundo o método de pesquisa, para a etapa de análise.

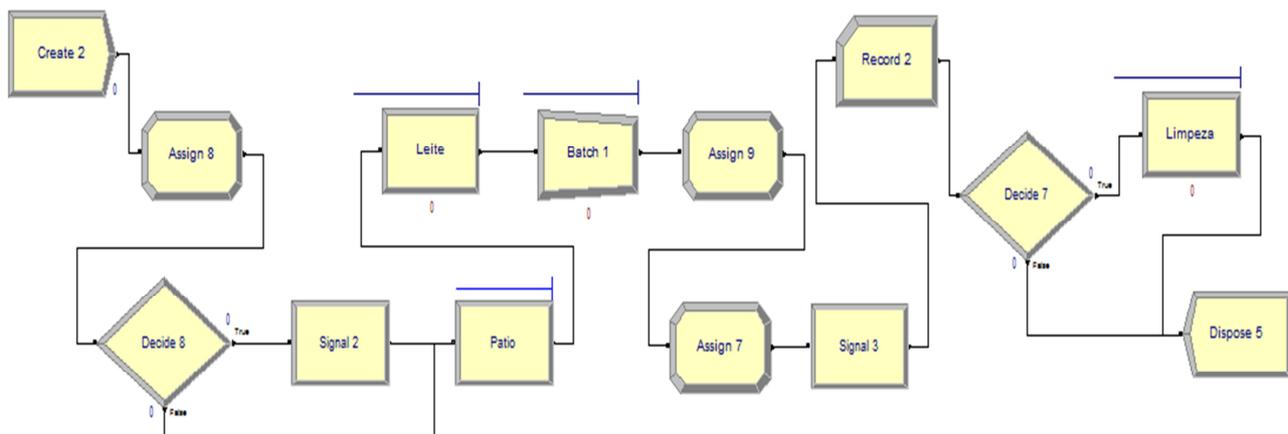


Figura 4 -: Modelo computacional.

Na Tabela 5 apresenta-se a ocupação dos funcionários que trabalham nos processos de retirada do leite e limpeza do ambiente.

Tabela 5- Ocupação dos funcionários.

Cenário	Nº de Funcionários	Ocupação (%)
1	1	100
2	2	70

Através dos dados apresentados na Tabela 5 observa-se que a ocupação dos funcionários utilizados atualmente na propriedade (Cenário 2) é compatível com o trabalho realizado, pois são dois os funcionários que executam o serviço.

3.2 Resultados da Produção e Produtividade de Leite

Avaliou-se a quantidade de leite produzido, sendo que a variação nos valores de litros de leite coletados durante o período do estudo pode ser explicada pela entrada e saída de animais do período de lactação. Pode-se também observar pelo gráfico de controle apresentado na Figura 5, que tanto a redução como o aumento na produção foi gradual ao longo dos meses, sendo que o limite superior identificado foi de 585,99 litros diários, o inferior em 439,77 litros diários e a média em 512,84 litros diários.

De acordo com Zadra, (2012), uma propriedade leiteira para ser produtiva e economicamente viável deve possuir entre 80% e 83% das vacas em lactação e 17% a 20% de vacas secas no rebanho. Isso pode ser conseguido utilizando-se um intervalo entre partos próximo a 1 ano. Para tanto os animais precisam estar cobertos 120 dias após o parto e devem permanecer 10 meses em lactação e conseqüentemente 2 meses em período seco o que significa 83% dos dias do ano produzindo leite.

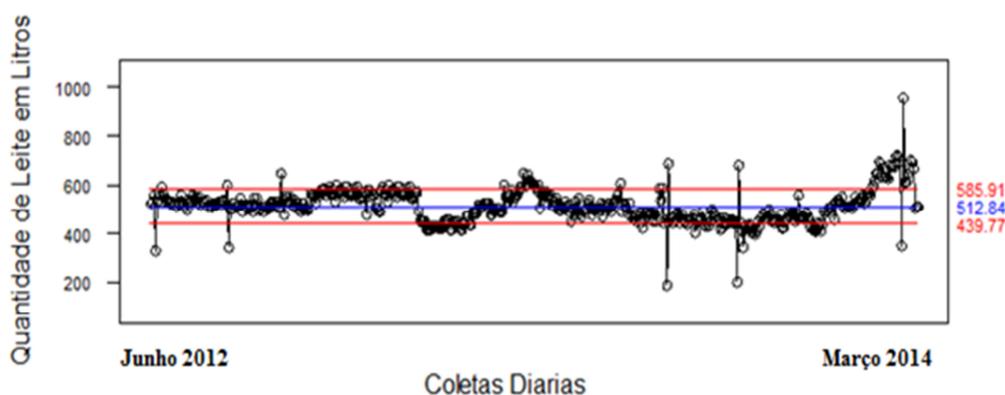


Figura 5 - Gráfico de Controle Estatístico construído com base nas quantidades individuais de litros de leite coletados na propriedade diariamente durante os 22 meses de produção acompanhados.

Considerando-se a média de litros de leite produzidos durante o período estudado (Figura 5) e a observação de manutenção de pelo menos 80% do total de vacas leiteiras da propriedade estudada em lactação a produção em litros de leite por animal ao dia seria aproximadamente 16 litros. O aumento de produtividade no período final do estudo reflete um atual investimento do proprietário na substituição de animais menos produtivos por animais mais produtivos, buscando a melhoria de qualidade e a produtividade do processo de ordenha. Cabe ressaltar que tal modificação tende a ser gradual.

Ao longo de todo o período estudado a produção mensal de leite esteve entre 12,5 e 20 mil litros conforme pode-se observar na Figura 6, o que ilustra também esse aumento de produção no período final do estudo o que já reflete iniciativas de mudança.

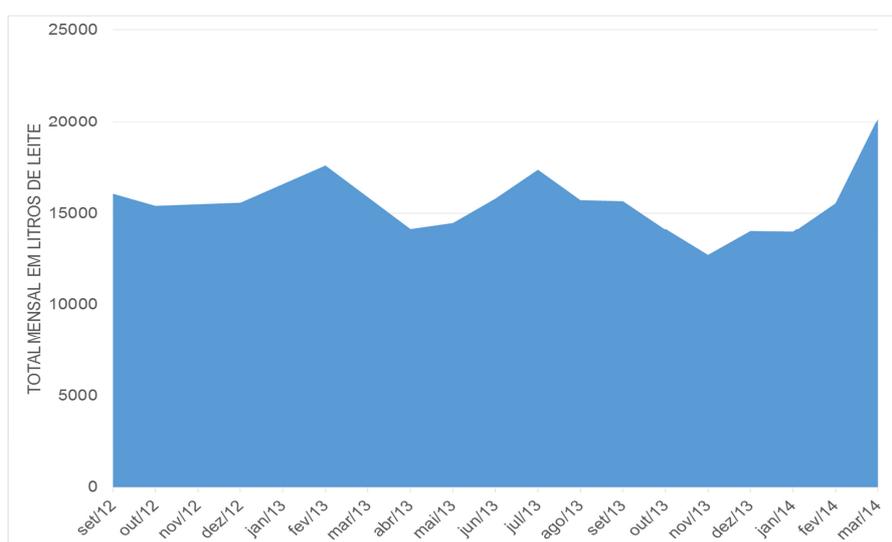


Figura 6 - Produção média mensal em litros de leite ao longo do período estudado.

3.3 Resultados da Avaliação da Implantação da Terceira Ordenha

Utilizando-se a fórmula proposta por Barbosa et al., (2013), a possibilidade de implantação de uma terceira ordenha na propriedade em estudo foi avaliada. No Quadro 2 apresentam-se, para realizações dos cálculos, os valores dos custos da propriedade e dos itens ligados à produção de leite.

Variável	Custo	TOTAL
Mensalmente		
Salário do funcionário	(+) R\$ 1000,00	R\$ 2000,00
Desconto no INSS (8%)	(-) R\$ 80,00	R\$ 160,00
Encargos	R\$ 190,90	R\$ 381,18
SALÁRIO LÍQUIDO	R\$ 920,00	R\$ 1840,00
Anualmente		
Férias + 1/3 Adicional	(+) R\$ 1333,33	R\$ 2666,66
Décimo Terceiro	(+) R\$ 1000,00	R\$ 2000,00

(a)

Especificação	Valor
Quantidade de vacas em lactação	35
Produção de Leite (L)	537
Produção média/animal (L)	16
Valor recebido por litro de leite (R\$)	1,07
Custo Operacional do leite (R\$)	0,60
Custo Operacional total	2695,62 mês = 89 reais dia
Aumento na produção (%)	16,75

(b)

Quadro 2 – Demonstrativo de valores onde (a) Pagamentos, custos e encargos, para os 2 funcionários e (b) Especificações e valores para produção de leite.

Os resultados apresentados no Quadro 2 mostram que seria necessária a capacidade individual de produção por animal de no mínimo 18,26 litros diários. Sendo que a produção média diária atual está próxima de 15 litros. Portanto, essa implantação não mostrou-se interessante, mas pode ser planejada como um objetivo a ser buscado para um futuro próximo.

Realizando-se uma avaliação estatística da capacidade do processo com base no histograma de frequências acumuladas, pode-se claramente observar que a meta de 18 litros de leite por vaca dia (Figura 7 (a)) está muito distante da realidade atual, que se encontra próxima aos 15 litros de leite por vaca dia conforme apresentado na Figura 7 (b).

Para realização dessa análise foi necessário o ajuste dos dados pois estes não foram considerados normais, para tanto utilizou-se o método gaussiano de Kernel com posterior construção dos gráficos ilustrados na Figura 7.

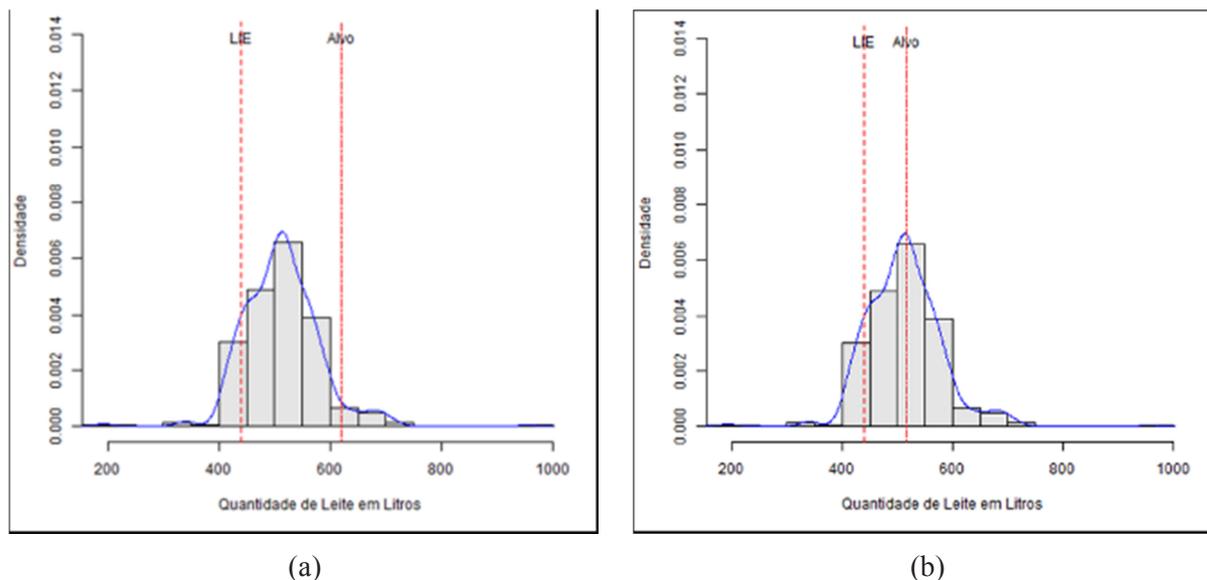


Figura 7. Figura do Histograma de Frequências Produtivas Atual e Avaliação da Performance do Processo a ser buscada para a viabilização da implantação de uma terceira ordenha diária e (b) Histograma de Frequências Produtivas atual e Avaliação da Performance atual do Processo com Alvo bem inferior e portanto próximo à realidade produtiva.

3.4 Resultados da Avaliação de Qualidade do Leite

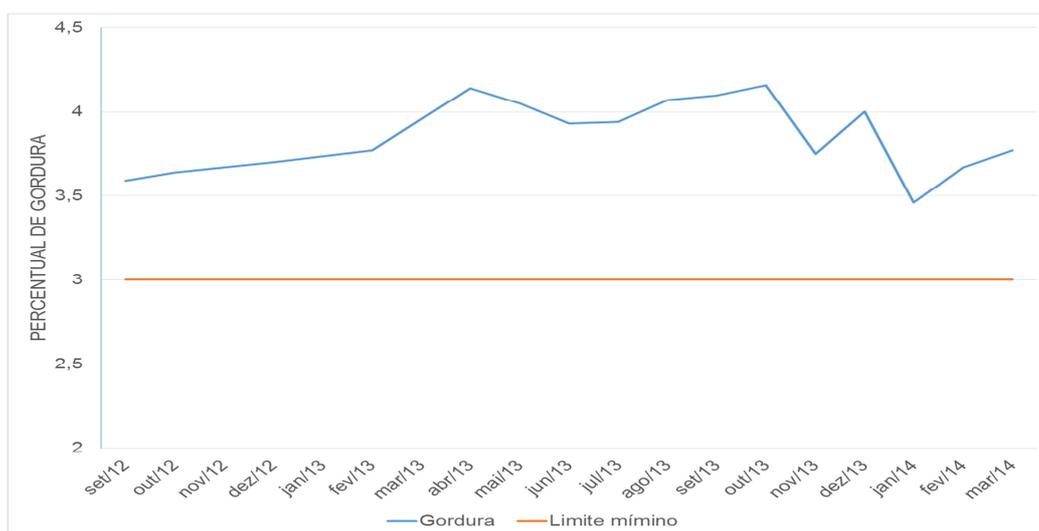
De acordo com (BRASIL, 2002 e 2011), as exigências mínimas para que um leite seja considerado de qualidade são: possuir: teor de gordura mínimo de 3%, um índice crioscópico de $-0,530^{\circ}\text{H}$, uma Contagem de Células Bacterianas Totais (CBT) a partir de 07/2016, inferiores a 100.000 UFC/mL e uma Contagem de Células Somáticas (CCS) inferior a 400.000 por mL, dessa forma esses valores foram escolhidos para avaliar os resultados obtidos na propriedade em estudo.

Na Figura 8(a) pode-se notar que a quantidade de gorduras existentes no leite em janeiro de 2014 esteve abaixo de 3,5%, portanto próxima do limite mínimo de 3% exigido pelos laticínios, em todas as demais amostragens o teor esteve acima de 3,5%.

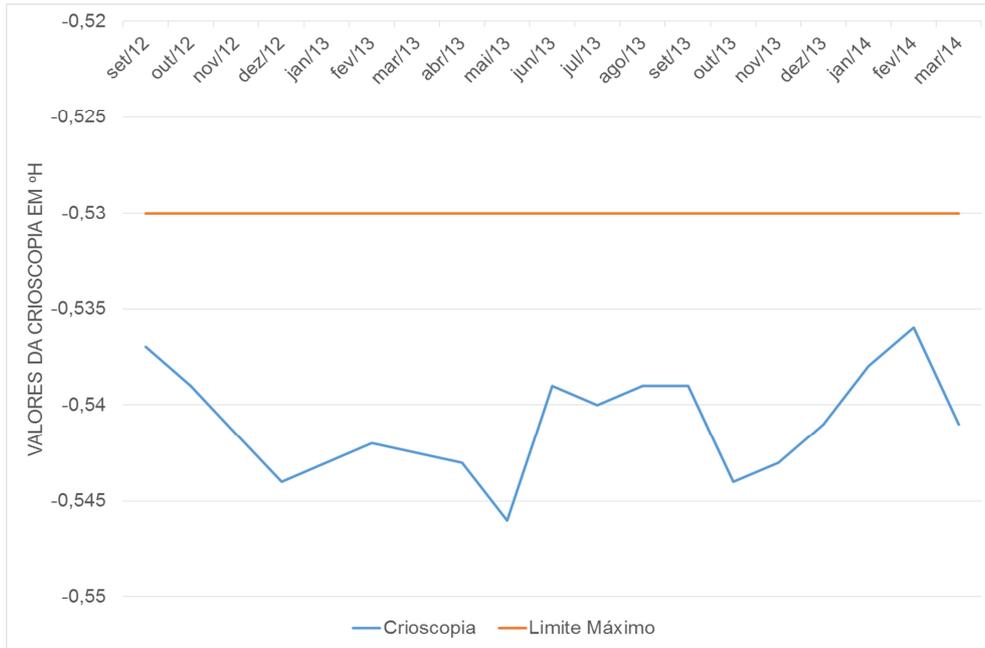
Essa informação está de acordo com a pesquisa apresentada por Noro et al. (2006). Os autores observaram em seu estudo que os teores de gordura tendem a se apresentarem maiores nos meses de inverno (3,7%) em relação aos meses de verão (3,4%). Eles atribuíram o fato às diferentes fontes de alimentação fornecidas aos animais. Sendo no inverno necessária a suplementação com gramíneas temperadas, somada ao efeito do stress calórico que segundo os autores atua negativamente nos teores de proteínas e gorduras do leite no período de verão.

Na Figura 8 (b) pode-se observar os valores encontrados para a crioscopia, ao longo dos meses estudados. Sendo que em todas as análises realizadas o valor apresentou-se abaixo de seu limite máximo, ou seja, apresentou-se como um leite de boa qualidade.

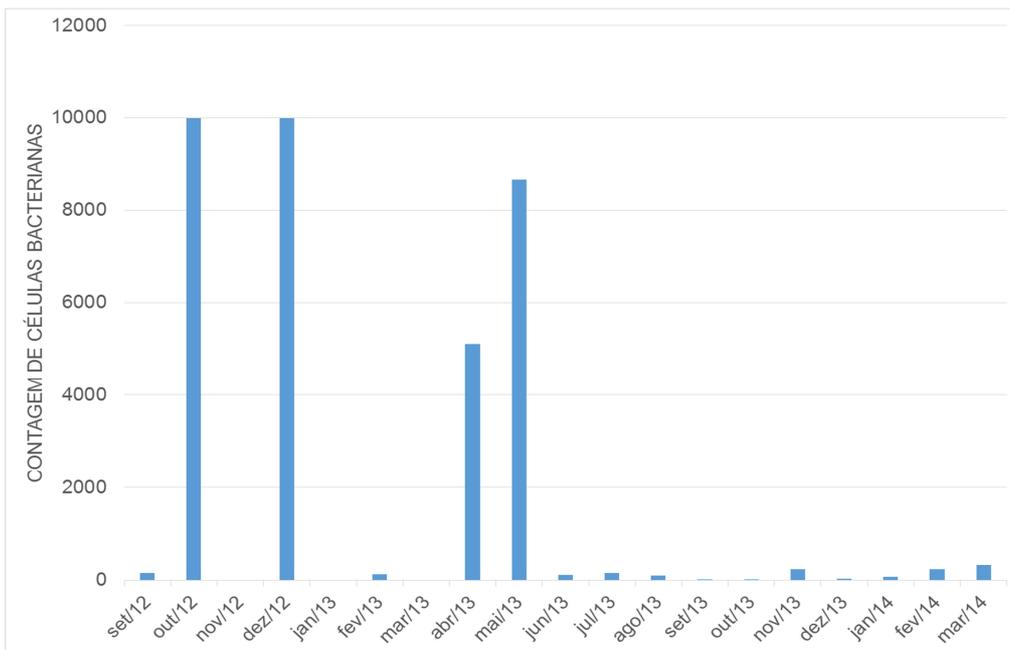
Segundo Henno et al., (2008), o aumento do ponto crioscópico do leite pode ser atribuído à maior ingestão de água decorrente das elevadas temperaturas ambientais e do maior período de luminosidade durante os dias de verão. Já Fruscalso et al. (2014), afirmam que os animais submetidos à restrição alimentar apresentaram aumento do ponto crioscópico, sendo que a restrição alimentar ocorre de maneira mais evidente, na região oeste do Paraná, no período de inverno. Esses dois fatores podem contrapor-se e manter os valores crioscópicos mais próximos ao longo das estações do ano na região do estudo.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 8 – Gráficos onde (a) Média dos teores de Gordura em %, (b) Média dos valores de crioscopia em ° H, (c) Média das Contagens de CBT - Células Bacterianas Totais (UFC/mL) e (d) Média das Contagens de Células Somáticas (CCS) ao longo do período estudado.

Os valores encontrados, para Contagem Bacterianas Totais (CBT), foram todos inferiores a 10 mil UFC por mL, conforme observa-se na Figura 8 (c). Portanto acredita-se que o problema principal não seja a higiene do local ou mesmo da ordenha.

A Contagem de Células Somáticas do produto apresentaram-se abaixo do limite de 400.000 mL^{-1} apenas nos meses de fevereiro e outubro de 2013 e janeiro de 2014. Isto revelou-se um problema pois também não se encontram em todos os pontos abaixo de 600.000 células, limite estabelecido na época de realização do estudo pela Instrução Normativa 62 (BRASIL, 2011), cabendo lembrar que a partir de julho de 2016, para região sul do nosso País o limite será reduzido para no máximo 400.000 células (Figura 8(d)).

Esse aumento de contagem também apresenta reflexo na produtividade. Portanto, deve-se buscar meios de reduzir esses valores para que o produto tenha mais qualidade (BRITO; SALES, 2007).

Observou-se *in loco* que a ordenha dos animais com mastite não estava ocorrendo de forma adequada. Portanto, sugere-se a separação desses animais em um piquete. Sendo liberados para sala de espera somente depois da saída dos demais. Com isso pretende-se evitar a

contaminação do equipamento de ordenha com leite que apresente elevadas Contagens de Células Somáticas (CCS). O leite retirado dos animais com mastite deve ser separado para uso, por exemplo, na alimentação dos bezerros.

Como terapias complementares recomenda-se a medicação das vacas secas com antibiótico e selante interno. Segundo Godden et al. (2003) o uso de um selante interno de tetos associado com um antibiótico de rotina, terapia da vaca seca, apresenta-se como uma alternativa melhor do que somente a terapia com o uso exclusivo de antibióticos.

Mais um manejo que pode ser indicado é a suplementação dos animais em lactação com 1 ou 2 gramas do produto Biofórmula Leite. Este produto, fornecido na alimentação dos animais, tem a capacidade de reduzir as Contagens de Células Somáticas (CCS) e a incidência de mastite.

A EMBRAPA (2014a) do estado de Goiás realizou experimentos e confirmou a redução média de 53% nas Contagens de Células Somáticas dos animais tratados. O produto é natural e contém enzimas que melhoram a digestão, leveduras próbióticas encapsuladas, benéficas para o animal e um prébiótico que absorve as bactérias patogênicas, melhorando a saúde do animal e melhorando a resposta imune.

4. Considerações Finais e Conclusão

De acordo com os resultados das análises procedidas na simulação computacional, foi possível concluir que a ocupação dos funcionários utilizados atualmente na propriedade é compatível com o trabalho realizado.

Observou-se que uma terceira ordenha não é viável atualmente. Uma alternativa para sua viabilização seria o descarte de animais doentes e pouco produtivos e a aquisição de animais mais puros, objetivando o aumento da produção para 18 litros. Cabe ressaltar que animais pouco produtivos geram praticamente os mesmos custos que animais com alta produtividade leiteira.

Verificou-se que o leite produzido diariamente está por volta dos 500 litros e é de boa qualidade higiênica. Não observaram-se contagens bacterianas elevadas. O leite esteve sempre acima do limite mínimo de gordura e apresentou-se dentro dos padrões exigidos para os valores de crioscopia.

O único problema mais sério identificado foi a Contagem de Células Somáticas. Esta contagem apresentou-se, em alguns meses, abaixo da qualidade mínima solicitada pela Instrução Normativa 62, para região sul do nosso País. Portanto, sugere-se melhorias nos cuidados da ordenha das vacas que se apresentem com mastite, a terapia da vaca seca e o uso do produto Biofórmula Leite para melhorar a nutrição e a imunidade dos animais.

5. Referências

BARBOSA, G. L.; LOPES, M. A.; NOGUEIRA, T. M.; COSTA, G. M.; ALBUQUERQUE, F. T. Viabilidade econômica da terceira ordenha em sistemas de produção de leite com ordenhadeira tipo circuito aberto. **Arq.Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.65, n.4, p.1123-1130, 2013.

BEHMER, M. L. A. **Tecnologia do leite**: 13.ed. São Paulo: Nobel, 1999.

BRASIL. **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa N° 51**. Aprovado em 18 de setembro de 2002. Dispõe sobre os regulamentos técnicos aplicados ao leite cru e pasteurizado. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 2002. n. 183.

BRASIL. **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa N° 62**. Aprovado em 29 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os regulamentos técnicos de produção, identidade e qualidade de leite. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 2011.

BRITO, J. R. F. **Células Somáticas no leite**. EMBRAPA Gado de Leite. 2013

BRITO, J.R.; SALES, R.O. Saúde do Ubre. Uma Revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.1. n.1, p.67–90, 2007.

CARPINETTI, L.C.R., **Gestão da Qualidade – Conceitos e Técnicas**, São Paulo, Atlas, 2010.

CARVALHO, A. L. et al. **Qualidade do leite do Centro-Oeste**. Goiânia: UFG, 1995.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos, teoria & aplicações**. São Paulo: Brazilian Books, 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Biofórmula Leite melhora a produção do rebanho**. Disponível em: http://www.spm.embrapa.br/noticias/noticia_completa/106/. Acesso em: 02 jul. 2014a.

EMBRAPA. **Parâmetros de qualidade do leite. Embrapa Gado de Leite**. Disponível em: <http://www.cnpqgl.embrapa.br/sistemaproducao/472-par%C3%A2metros-de-qualidade-do-leite>. Acesso em: 24 jul. 2014b.

FONTANELI, R.S.; FONTANELI, R.S. Sistemas de produção de leite a pasto podem ser mais econômicos do que confinamento – uma contribuição do desenvolvimento de sistema sul-brasileiro. In: KOCHHANN, R. et al. **Sistemas de produção de leite baseados em pastagens sob plantio direto**. Passo Fundo, RS : PROCISUR/EMBRAPA, 2000. p.229-252.

FRUSCALSO, V.; FISCHER, V.; ZANELA, M.B. **Características Físico-Químicas do Leite de Vacas Holandesas Submetidas à Restrição Alimentar**. Disponível em: http://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/teses/caracteristicasfisicoquimicasleitevacasholandessubmetidasrestricaoalimentar.pdf. Acesso em: 20 de maio de 2014.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2007.

GODDEN, S.; RAPNICKI, P.; STEWART, S.; FETROW, J.; JOHNSON, A.; BEY, R.; FARNSWORTH, R. Effectiveness of an internal teat sealant in the prevention of new intramammary infections during the dry and early-lactation periods in dairy cows when used with an intramammary antibiotic. **Journal of Dairy Science**. v.86, p.3899-3911, 2003.

HENNO, M.; OTS, M.; et al. Factors affecting the freezing point stability of milk from individual cows. **International Dairy Journal**, v.18, p.210-215, 2008.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicativos agropecuários**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl1.asp?c=1086&n=0&u=0&z=t&o=24&i=P>. Acesso em: 01 de abril 2014.

IBGE. **Cidades@**. 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=411580>. Acesso em: 28 de nov. 2013.

KAUARK, F.; MANHÃES, F. C.; MEDEIROS, C.H. **Metodologia da pesquisa**: guia prático. Itabuna: Via Litterarum, 2010. 88p.

KITCHEN, B. J. Review of the progress of dairy science: Bovine mastitis: milk compositional changes and related diagnostic tests. **Journal of Dairy Research**, v.48, n. p.167-188, 1981.

MADALENA, F.E. A cadeia do leite no Brasil. Capítulo 1. In: MADALENA, F. E.; MATOS, L. L.; HOLANDA JR., E.V. **Produção de Leite e Sociedade**: Uma análise crítica da cadeia do leite no Brasil, 2001. Disponível em: http://fernandomadalenacom/livro_leite_sociedade.html. Acesso em: 23 de jan. 2014.

MARÔCO, J. **Análise Estatística com Utilização do SPSS.5** ed. Pero Pinheiro: Silabo, 2011, p.824.

MIRANDA, J. C. et al. **O Software ARENA**. Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS-MG. Varginha, 2006.

MURTA, P. H.G. et al. Investigação sobre o ponto de congelamento do leite. **Revista Higiene Alimentar**, v.9, n,37, p.28-31, 1995.

NICKERSON, S. C. **Estratégia para combater mastite bovina**. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE DO LEITE, 1., Curitiba – PR: ANAIS... Curitiba – PR, 1998. p. 20-27.

NORO, G. et al. Fatores ambientais que afetam a produção e a composição do leite em rebanhos assistidos por cooperativas no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, supl. June 2006.

PETERS, M.D.P.; BARBOSA SILVEIRA, I.D.; PINHEIRO MACHADO FILHO, L.C.; MACHADO, A.A.; PEREIRA, L.M.R. Manejo Aversivo em Bovinos Leiteiros e Efeitos no Bem-Estar, Comportamento e Aspectos Produtivos. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v.59, n.227, p.435-442, 2010.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Degaspari, Piracicaba, 2000.

PRADO, D. S. **Usando o Arena em Simulação**. v. 3, Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços, 2010.

ROSA, M.S. **Ordenha sustentável: a interação retireiro-vaca**. Tese (Doutorado em Zootecnia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2004. 83 pp.

SARGENT, R. G. **Verification and validation of simulation models**. In: WINTER THE SIMULATION CONFERENCE, 1998, Proceedings... Washington: WSC, p. 20-8, 1998.

SICONV. **Portal dos convênios do Governo Federal**. *Dados Abertos*. Disponível em: <http://api.convenios.gov.br/siconv/id/convenio/421010>. Acesso em: 28 de nov. 2013.

TRONCO, V. M. **Controle Físico-Químico do Leite**. In: Manual para Inspeção da Qualidade do Leite. Santa Maria, RS: UFSM, 1997. Cap V, p.103-105.

VIEIRA, S. **Estatística para a Qualidade**. São Paulo: Editora Campus, 1999.

VILELA, D.; RESENDE, J.C. Custo de produção de leite segundo o sistema de produção a pasto ou confinado. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. *Anais...* Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2001. p.218-241.

VOLPI, R.; DIFIOVANI, M. S. C. **Aspectos econômicos da produção e dados estatísticos**. FAEP - Federação da Agricultura do Estado do Paraná. Boletim Informativo nº 997. Semana de 24 a 30 de março de 2008. Disponível em: <http://www.faep.com.br/boletim/bi997/encarte/encbi997pag02.htm>. Acesso em 15 dez. 2013.

ZADRA, L. El F. Persistência da Lactação de Bovinos Leiteiros. **Pesquisa & Tecnologia**, São Paulo, v.9, n.2, Jul-Dez 2012.