



# A pecuária leiteira de precisão sob a ótica econômica

Fernanda Carolina Ferreira<sup>1</sup> -

Kenya Beatriz Siqueira<sup>2</sup>

Luiz Gustavo Ribeiro Pereira<sup>3</sup> - CRMV-MG 5930

<sup>1</sup> Doutoranda Universidade da Florida EUA - Embrapa Gado de leite, Juiz de Fora, Minas Gerais

<sup>2</sup> DSC Economia Aplicada - Embrapa

<sup>3</sup> Médico Veterinário e doutorado em Ciência Animal (UFMG); Pesquisador da Embrapa Semi-Árido, Petrolina, PE

bigstockphoto.com

## Introdução

Em 2014, 118 milhões de produtores ofertaram cerca de 819 milhões de toneladas de leite. No entanto, estima-se que em 2025 a demanda de leite será de 1.059 milhões de toneladas, o que representa um aumento 3 vezes maior que a produção dos Estados Unidos (IFCN, 2015). Para atender a essa demanda, será necessário um gerenciamento mais eficiente da produção leiteira, a qual convive regularmente com margens de lucro cada vez mais estreitas, exigindo que os produtores alcancem a ótima eficiência, tanto em termos de máxima produtividade quanto em

termos do mínimo custo de produção. Além disso, o ambiente em que o gestor de sistemas de produção de leite toma decisões tem se tornado cada vez mais complexo, e aspectos como segurança de alimentos, proteção ao consumidor, contínuo aumento na qualidade e na diversidade dos produtos, demanda por produtos naturais, controle de doenças transmissíveis, redução do uso de medicamentos e bem-estar animal são fatores que devem ser levados em consideração (Bewley *et al.*, 2015). Nesse cenário, a pecuária leiteira de precisão pode contribuir para melhorias na gestão da propriedade.

Na era da informação, a pecuária de pre-

cisão pode representar avanço em termos de gerenciamento mais eficiente da produção. As tecnologias têm modificado os sistemas de produção de leite e geralmente são variações das já utilizadas em indústrias como a automobilística ou eletrônica. Visam à melhoria do monitoramento detalhado de animais e recursos físicos com o objetivo de otimizar o desempenho econômico, social e ambiental de sistemas de produção de leite (Eastwood *et al.*, 2012). Teoricamente as novas tecnologias empregadas na pecuária de precisão oferecem benefícios na saúde e bem-estar dos animais, aumentam a produtividade das fazendas, reduzem custos dos sistemas de produção, além de facilitarem a vida do produtor. No entanto, alguns desses benefícios são questionáveis. Talvez por isso, ainda é incipiente o número de produtores que adotam a pecuária de precisão, especialmente no Brasil.

Como a pecuária de precisão ainda é um campo científico relativamente novo se comparado a outras ciências, e as tecnologias estão evoluindo a um ritmo cada vez mais rápido, a área ainda carece de estudos mais aprofundados. Além disso, pecuária de precisão é um campo interdisciplinar que engloba conceitos de informática, bioestatística, etologia, economia, genética, instalações, equipamentos, nutrição animal e engenharia (Spilke e Fahr, 2003). Assim, ainda são raros os estudos de viabilidade dos investimentos em pecuária leiteira de precisão devido principalmente ao alto custo de se manter experimentos controlados no longo prazo. Embora o aspecto tecnológico desses equipamentos possa definir a inovação, fatores econômicos e sociais ditam o sucesso na adoção dessas tecnologias (Bewley, 2015).

*As tecnologias têm modificado os sistemas de produção de leite e geralmente são variações das já utilizadas em indústrias como a automobilística ou eletrônica.*

Neste capítulo, pretende-se apresentar o estado da arte de estudos econômicos relacionados à pecuária leiteira de precisão, de forma a avaliar o retorno econômico da adoção, bem como os fatores que determinam essa decisão.

## Adoção de pecuária leiteira de precisão

Os benefícios advindos do uso de tecnologias voltadas à pecuária leiteira de precisão incluem aumento da eficiência dos sistemas, redução de custos, melhoria do produto final, minimização dos impactos ambientais negativos e melhoria na saúde e bem-estar animal. Tais tecnologias apresentam um maior impacto nas áreas de saúde, reprodução e qualidade do leite (De Mol, 2000) e o objetivo de sua utilização é melhorar a eficiência de fazendas produtoras de leite (El-Osta e Morehart, 2000).

A aquisição e implementação de determinada tecnologia representa um significativo investimento para o produtor, que tem o desafio de escolher a que trará os melhores resultados ao longo do tempo. Os efeitos de se investir em uma tecnologia que não trará o retorno desejado pode ser prejudicial ao sistema de produção de leite e, por isso, a decisão deve ser tomada com cautela (Russel e Bewley, 2013).

Apesar da ampla disponibilidade, a adoção de tecnologias voltadas à pecuária leiteira de precisão ainda é baixa (Huirne *et al.*, 1997; Gelb *et al.*, 2001). A maior parte dos avanços em pecuária de precisão pode ser encontrada na Europa. Destacam-se os países escandinavos, o Reino Unido, a Holanda, além da Austrália e da Nova Zelândia.

Holloway *et al.* (2014) citaram entrevis-

ta realizada com 2.600 produtores de leite da União Europeia. Os resultados indicaram que 40% dos novos investimentos desses produtores foram em sistemas de ordenha robotizada, o que sugere que a proporção de vacas que serão ordenhadas por robôs deve aumentar de 9% em 2014 para 18% em 2016. Nos Estados Unidos, um estudo com 109 produtores de leite, realizado em 2013, identificou que 68,8% empregavam alguma tecnologia na sua fazenda (Borchers e Bewley, 2014).

No projeto *Bright Animal* foi realizado levantamento das tecnologias de pecuária de precisão comercializáveis em vários países, entre eles: Estônia, Dinamarca, Noruega, Reino Unido, Austrália, Malásia, Vietnã e África do Sul. De um modo geral, o estudo mostrou que poucos produtores utilizam essas tecnologias, sendo que, nos países mais desenvolvidos, o número de adeptos da pecuária de precisão é maior, especialmente em tecnologias poupadoras de tempo e mão de obra (Banhazi *et al.*, 2012).

Austrália e Nova Zelândia também têm se destacado. Na primeira estimativa (2007), 10% dos produtores de leite utilizavam algum tipo de tecnologia de precisão para a alimentação do rebanho (Lubulwa e Shafron, 2007). Em 2009, em um estudo realizado com 300 produtores de leite australianos, observou-se que 19% já usavam identificação eletrônica, 25% utilizavam dispositivos para monitoramento de atividade animal e 91% empregavam sistemas de alimentação assistidos por computador (Watson, 2009). Na Nova Zelândia, em pesquisa realizada em 2008, constatou-se que 20%

dos produtores entrevistados usavam algum tipo de automação na fazenda, 5% utilizavam identificação eletrônica do gado e 2% empregavam medidores eletrônicos de leite (LIC, 2008).

Nos Estados Unidos, Borchers e Bewley (2015) reportaram que 68,8% dos respondentes utilizavam tecnologias de precisão em levantamento realizado com 109 produtores.

Os benefícios da adoção de tecnologias de precisão tendem a ser melhores para rebanhos maiores, já que a observação individual

é um desafio e tem menor chance de ocorrer (Lazarus *et al.*, 1990). Como os sistemas de produção de leite continuam crescendo, tecnologias voltadas à pecuária de precisão tendem a se tornar mais viáveis, uma vez que a redução na disponibilidade de mão de obra qualificada é uma realidade e a propriedade pode se beneficiar das vantagens da produção de leite em escala. Dados coletados em tempo real podem ser usados para monitoramento de animais e geração de relatórios com o objetivo de identificar desvios significativos na normalidade. Em muitos casos, a gestão de propriedades e atividades de controle podem ser automatizadas (Delorenzo e Thomas, 1996). Entretanto, resultados do sistema geram dados que exigem interpretação por parte do gestor (Pietersma *et al.*, 1998), ou seja,

tais informações são úteis apenas se interpretadas corretamente e utilizadas na rotina do dia a dia.

As tecnologias voltadas à pecuária de precisão permitem aos produtores a tomada de decisão rápida e baseada em melhores in-

*Nos Estados Unidos, um estudo com 109 produtores de leite, realizado em 2013, identificou que 68,8% empregavam alguma tecnologia na sua fazenda.*

*As tecnologias voltadas à pecuária de precisão permitem aos produtores a tomada de decisão rápida e baseada em melhores informações, o que resulta em maior produtividade e lucratividade*

formações, o que resulta em maior produtividade e lucratividade (van Asseldonk *et al.*, 1999). Além disso, devido ao volume massivo de informações geradas, sistemas computadorizados são essenciais para a interpretação do grande volume de dados gerado.

Os produtores de leite contam com uma ampla gama de tecnologias disponíveis no mercado, e muitos produtores nem sequer têm ideia dessa disponibilidade (Russel e Bewley, 2013). Entretanto, embora estejam disponíveis sistemas que monitoram atividade animal, ruminção, tempo de descanso das vacas, temperatura e muitos outros eventos associados com comportamento e bem-estar animal (Nebel, 2013), pouco se sabe a respeito da perspectiva do produtor em relação a adoção, entendimento sobre cada tecnologia individualmente ou opinião sobre a importância e a utilidade de se monitorar os parâmetros medidos por tais tecnologias (Borchers e Bewley, 2015). O retorno sobre o investimento percebido pelo produtor em uma nova tecnologia é sempre um fator que influencia a sua adoção ou não (Dijkhuizen *et al.*, 1997; van Asseldonk, 1999).

## Fatores que influenciam na adoção da pecuária de precisão

A escolha entre o sistema convencional e a pecuária de precisão envolve muitos fatores. A adoção de robôs e sistemas automatizados está muito relacionada com ganhos de produtividade, principalmente por serem tecnologias intensivas em capital e poupadoras de mão de obra. Do ponto de vista social, essas tecnologias são condenáveis, visto

que eliminam postos de trabalho. No entanto, considerando-se o aumento do tamanho das fazendas leiteiras no Brasil e no mundo, associado à escassez de mão de obra no campo e o elevado custo desta, a adoção da pecuária de precisão pode significar redução de custos no longo prazo.

Entretanto, assim como ocorre com toda tecnologia intensiva em capital, o maior limitador para a adoção é o elevado investimento inicial, pois a visão de curto prazo e falta de capital inicial impedem o avanço do produtor. Em estudo de 10 anos (2000-2010) realizado na Finlândia, foram identificados poucos fatores econômicos como determinantes para a mudança de um sistema convencional para um automatizado. O capital empregado em maquinários e os subsídios a investimentos estão entre as variáveis mais relevantes (Banhazi *et al.*, 2012).

As características dos produtores são também fatores importantes na decisão de adotar ou não a pecuária de precisão. Fatores como baixa familiaridade com computadores, idade e grau de escolaridade podem influenciar nessa decisão (Bewley, 2010).

No entanto, a identificação dos benefícios da tecnologia e a transparência na divulgação dessa informação parecem ser os fatores mais importantes para o sucesso da pecuária de precisão. Isso deriva principalmente da cultura dos produtores, já que estes são biólogos por natureza e tecnólogos e economistas

ocasionalmente. Assim, de um modo geral, os produtores são conservadores, em especial por causa das reduzidas margens de lucro com as quais frequentemente trabalham.

Banhazi *et al.* (2012) identificaram a oferta de treinamento e suporte téc-

*Banhazi et al. (2012) identificaram a oferta de treinamento e suporte técnico adequado e a correta especificação, instalação e monitoramento do sistema como fatores importantes para o sucesso na adoção da pecuária leiteira de precisão.*

nico adequado e a correta especificação, instalação e monitoramento do sistema como fatores importantes para o sucesso na adoção da pecuária leiteira de precisão.

## Aspectos relacionados a estudos de viabilidade econômica da pecuária leiteira de precisão

Tradicionalmente, as decisões de investimento em determinada tecnologia são feitas baseadas em recomendações padrão, consultoria ou mesmo seguindo-se a intuição do produtor. Assim, métodos de análise de retorno sobre o investimento mais específicos são necessários. Muitos estudos econômicos em pecuária de precisão utilizam-se de questionários para avaliar o ponto de vista do produtor. Nesses estudos procura-se identificar os principais desafios e dificuldades na adoção da pecuária de precisão, através de visitas às fazendas e entrevistas com os proprietários, que podem ser estruturadas ou não. Em alguns casos, os empregados da fazenda também são entrevistados. Nesse tipo de estudo, as entrevistas podem ocorrer antes, durante e/ou depois da adoção da tecnologia, dependendo dos objetivos da pesquisa. Os resultados dos questionários são analisados por estatísticas descritivas e geralmente são estudos de caso.

Outra categoria de estudos econômicos em pecuária de precisão procura avaliar a viabilidade de investimentos. Nessa categoria, destacam-se as análises de viabilidade econômico-financeira que permitem estimar o desempenho financeiro das fazendas e tecnologias adotadas, evidenciando as que são economicamente viáveis ou não. Dessa forma, envolvem levantamento de todos os custos e variáveis relacionados à inversão do capital no

sistema de pecuária leiteira de precisão. Para isso, são empregados procedimentos convencionais de engenharia econômica por meio dos seguintes indicadores:

VPL (Valor Presente Líquido): indicador de viabilidade de investimentos que determina o valor presente de pagamentos futuros.

TIR (Taxa Interna de Retorno): taxa econômica necessária para igualar o valor de um investimento com seus retornos futuros, ou seja, a taxa de remuneração do projeto ou tecnologia que iguala o seu investimento.

Período de *Payback*: indicador que determina o número de períodos (meses ou anos) necessários para se recuperar o capital investido.

Apesar de ser uma análise básica, a análise de viabilidade de um investimento é muito empregada e útil. Para complementar, geralmente são realizadas análises de sensibilidade e/ou análises de risco. A primeira consiste em variar certos itens componentes do custo e/ou receita, mantendo os demais constantes. Com isso, avalia-se a mudança nos indicadores de rentabilidade do empreendimento. Já a análise de risco trabalha com probabilidades e permite identificar os riscos do empreendimento. Assim, é possível comparar, em termos econômicos, as fazendas e tecnologias, assim como avaliar os riscos.

A análise de Custo Benefício é outra opção que não necessariamente precisa ser calculada em termos monetários. É uma análise das vantagens e desvantagens da adoção da tecnologia e pode apresentar algum grau de subjetividade.

No entanto, independentemente da metodologia adotada, os objetivos dos estudos econômicos em pecuária leiteira de precisão são entender os fatores que influenciam e são influenciados pela adoção da tecnologia, bem como entender melhor os retornos desse investimento.

De acordo com Mayer *et al.* (1998), as melhores estratégias de gestão e manejo de propriedades leiteiras são difíceis de serem testadas através de experimentos de campo, uma vez que são muito variáveis e complexas, e mudam rapidamente. Assim, as simulações são a melhor forma de integrar e estimar esses efeitos. Os modelos de simulação são úteis e relativamente baratos para uso em pesquisas que envolvem cenários complexos e um grande número de variáveis com um grande grupo de animais durante um longo período de tempo e sob diferentes condições (Shalloo *et al.*, 2004). Tais modelos econômicos são também efetivos quando utilizados para a avaliação de alternativas quando existem poucos dados reais disponíveis.

Modelos de simulação são ideais para a análise de estratégias de investimento porque eles podem efetivamente simular e avaliar a melhoria em parâmetros biológicos baseados em dados provenientes de fazendas específicas. Risco e incerteza são os dois maiores aspectos a serem considerados dentro de um sistema de produção de leite devido à natureza aleatória dessa atividade. Em um modelo de simulação, é possível considerar a natureza biológica de alguns eventos dentro da propriedade, simular doenças, condições climáticas, custos de produção e de insumos, e preço do leite (Delorenzo e Thomas, 1996). A incerteza deve ser considerada em um processo de tomada de decisão para se evitar estimativas com viés e decisões errôneas (Kristensen e Jorgensen, 1998). Custos e retornos futuros são sempre incertos. Em relação à pecuária de precisão, uma representação acurada do risco associada com a adoção de tecnologias é crítica

no processo de tomada de decisão.

Muitos trabalhos têm sido publicados utilizando-se da metodologia de simulação Monte Carlo. Por esse método, variáveis que são aleatórias em um sistema de produção de leite são simuladas levando-se em consideração a natureza de sua variação. A metodologia permite que se desenvolva um modelo amplo de avaliação de impactos técnicos e econômicos de acordo com a realidade utilizada e permite também que análises de sensibilidade sejam desenvolvidas. O impacto econômico de tecnologias é avaliado, usualmente por meio de modelos econômicos (Upton *et al.*, 2015). Entretanto, uma boa base de dados é necessária para a construção desses modelos.

Upton *et al.* (2014) desenvolveram um modelo que simulou o consumo anual de eletricidade e custos associados com seis cenários diferentes em relação à adoção e uso de tecnologias e três diferentes sistemas de produção na Irlanda. Tal modelo foi utilizado por Upton *et al.* (2015) com o objetivo de avaliar o retorno sobre o investimento de três tecnologias comumente utilizadas por produtores de leite, e que são também as principais responsáveis pelo consumo de energia elétrica na fazenda. Além disso, os autores simularam dois cenários de preços de energia elétrica. Os três sistemas de produção de leite estudados tinham concentração de partos na primavera, foram considerados como sendo pequenos (45 vacas em lactação), médios (88) e grandes (195), e todas produziam leite a pasto. As informações levantadas contemplaram detalhes relacionados ao manejo de gestão das fazendas (estação de nascimento de bezerras,

*Os modelos de simulação são úteis e relativamente baratos para uso em pesquisas que envolvem cenários complexos e um grande número de variáveis com um grande grupo de animais durante um longo período de tempo e sob diferentes condições.*



frequência de ordenha, horários de início e final das ordenhas. Os autores concluíram que os resultados das avaliações de retorno sobre o investimento são dependentes da tarifa considerada, e que produtores devem levar em consideração o valor do retorno sobre o investimento da tecnologia antes de optar por investirem na mesma.

Bewley *et al.* (2010) desenvolveram um modelo com o objetivo de avaliar o custo benefício de tecnologias voltadas à pecuária leiteira de precisão, considerando a complexidade biológica e econômica de uma fazenda de leite. Os autores utilizaram dados históricos de preços de leite, custos de produção de novilhas, alimentos, preço de vacas de descarte e consideraram a volatilidade nos preços chave na análise de rentabilidade do investimento em tecnologias de precisão para pecuária leiteira. Ao avaliarem os fatores que influenciam a rentabilidade potencial de um sistema automático para avaliação de escore de condição corporal, os autores consideraram benefícios como redução na incidência de cetose, febre do leite e metrite, melhoria na taxa de concepção ao primeiro serviço e eficiência do uso de energia nutricional como os principais benefícios de tal tecnologia.

A métrica utilizada pelos autores para avaliar a rentabilidade sobre o investimento foi o VPL, com uma taxa de desconto de 10% devido ao elevado risco de se adotar uma tecnologia relativamente nova. A regra geral é que uma tecnologia com um VPL maior do que 0 compensa o investimento. Os resultados foram extremamente variáveis: 13,1% dos resultados da simulação indicaram um VPL positivo em um cenário onde a adoção da tecnologia acarretaria pequenas melhorias no sistema de pro-

*Melhorias na performance reprodutiva [no caso de adoção do sistema de medição de condição corporal automatizado] tiveram os maiores impactos no retorno sobre o investimento, seguidas por eficiência no manejo nutricional... e redução na incidência de doenças.*

dução de leite, ao passo que em 87,8% o VPL foi maior que 0 quando as melhorias foram mais significativas.

Nesse mesmo estudo, Bewley *et al.* (2010) fizeram a análise de sensibilidade com o objetivo de estudar quais fatores que mais influenciaram a lucratividade no caso de adoção do sistema de medição de condição corporal automatizado.

Melhorias na performance reprodutiva tiveram os maiores impactos no retorno sobre o investimento, seguidas por eficiência no manejo nutricional com otimização da formulação de dietas para grupos específicos e redução na incidência de doenças. As variáveis que mais influenciaram o VPL foram: aumento no custo variável após a adoção da tecnologia; probabilidade para cetose e febre do leite e a taxa de concepção ao primeiro serviço associada com diferentes escores de condição corporal.

Estudos de casos também têm sido realizados com o objetivo de avaliar a viabilidade de determinadas tecnologias adotadas na pecuária leiteira. Yule *et al.* (2013) realizaram um estudo de caso na Nova Zelândia e verificaram que a produção de leite aumentou 70%, a produção de pastagem cresceu 43% e os gastos com fertilizantes foram reduzidos em 43%, em quatro anos, com a adição de tecnologias de precisão.

Na Austrália, um estudo com sistemas de irrigação automático em fazendas leiteiras mostrou que esse é um investimento lucrativo e poupador de mão de obra. Porém, a lucratividade mostrou-se sensível à quantidade e valor do trabalho poupado (Armstrong *et al.*, 2011).

Para avaliar sistemas de tomada de decisão na pecuária leiteira de precisão, Eastwood

et al. (2012) estudaram seis fazendas australianas. Um estudo de caso exploratório qualitativo foi aplicado, com o emprego de entrevistas aos fazendeiros antes da instalação dos sistemas e até dois anos após a implementação. Os produtores entrevistados apresentaram uma trajetória semelhante de aprendizado e uso da tecnologia. Nos primeiros três a seis meses, todos estavam na fase de aprendizado inicial.

De seis a doze meses, os produtores passaram para uma fase de consolidação do conhecimento. E, só após doze meses, os produtores apresentaram domínio do novo sistema. Isso indica que o retorno do investimento na pecuária pode demorar mais a acontecer, visto que é necessário se considerar esse período de adaptação e aprendizado da nova tecnologia.

Um estudo interessante realizado nas fazendas leiteiras do Casquistão comparou os resultados da viabilidade da pecuária de precisão usando a metodologia clássica do VPL com a avaliação do Retorno sobre o Ativo (ROA), que é um indicador contábil de rentabilidade. Os autores encontraram que o investimento calculado pelo ROA foi consideravelmente maior do que aquele obtido através do VPL. Isso indica que os produtores que se orientarem por esse indicador contábil podem ser desestimulados a adotar a pecuária de precisão (Tubetov et al., 2012).

## Considerações Finais

Por ainda ser uma novidade para o setor leiteiro, a pecuária de precisão ainda é olhada com desconfiança por muitos. Apesar de muitas publicações destacarem os benefícios téc-

*...métodos de simulação  
... em diferentes cenários,  
podem ser utilizados com  
o objetivo de auxiliar  
produtores, técnicos e  
mesmo a iniciativa privada  
no desenvolvimento, adoção,  
formulação de políticas  
públicas e disponibilização  
de linhas de crédito para  
que tecnologias voltadas à  
pecuária de precisão sejam  
adotadas de maneira eficaz.*

nicos da utilização de tecnologias voltadas à pecuária de precisão, poucas avaliam o seu impacto econômico e sua viabilidade de acordo com diferentes sistemas de produção de leite. Carentes de informação confiável, muitos produtores ainda relutam na adoção dessas tecnologias na fazenda.

Sugerem-se aplicações de modelos (ex.: *logit e probit*) nos estudos com questionários ou modelos do tipo

tomada de decisão mais complexos, baseados em multicritérios. Além disso, métodos de simulação de fazendas e análise de sensibilidade em diferentes cenários, podem ser utilizados com o objetivo de auxiliar produtores, técnicos e mesmo a iniciativa privada no desenvolvimento, adoção, formulação de políticas públicas e disponibilização de linhas de crédito para que tecnologias voltadas à pecuária de precisão sejam adotadas de maneira eficaz.

## Referências

1. ARMSTRONG, D.P.; HO, C.K.M. Economic analysis of automatic flood irrigation for dairy farms in northern Victoria. *AFBM Journal*, v. 8, n.1, 2011.
2. BACH, A.; VALLS, N.; SOLANS, A.; TORRENT, T. Associations between nondietary factors and dairy herd performance. *J. Dairy Sci.* V. 91, 2008.
3. BANHAZI, T.M.; LEHR, H.; BLACK, J.L.; CRABTREE, H.; SCHOFIELD, P.; TSCHARKE, M.; BERCKMANS, D. Precision livestock farming: an international review of scientific and commercial aspects. *Int J Agr & Biol Eng.* V. 5, n.3, 2012.
4. BEWLEY, J. Precision dairy farming: advanced analysis solutions for future profitability. *First North American Conference on Precision Dairy Management*, Toronto, Canadá. 2010.
5. BEWLEY, J. M.; BOEHLJE, M. D. ; GRAY, A. W.; HOGVEEN, H.; KENYON, S. J.; EICHER, S. D.; RUSSELL, M. A.; SCHUTZ, M. M. Stochastic simulation using @Risk for dairy business investment decisions. *Agric. Fin. Rev.* V. 70, 2010.



6. BEWLEY, J. M.; RUSSELL, R. A.; DOLECHECK, K. A.; BORCHERS, M. R.; STONE, A. E.; WADSWORTH, B. A.; MAYO, L. M.; I-CHING TSAI. **Western Dairy Management Conference**. Reno, Nevada, 2015.
7. BORCHERS, M. R.; BEWLEY, J. M. An assessment of producer precision dairy farming technology use, prepurchase considerations, and usefulness. 2015. **J. Dairy Sci.** 98: 4198-4205.
8. DABERKOW, S. G.; MCBRIDE, E. W. D. Socioeconomic profiles of early adopters of precision agriculture technologies. **J. Agrib.** 16: 151-168. 2003.
9. DELORENZO, M. A.; THOMAS, C. V. Dairy records and models for economic and financial planning. **J. Dairy Sci.** 79 (2): 337-345, 1996.
10. DE MOL, R. M. 2000. Automated detection of oestrus and mastitis in dairy cows. **PhD Thesis**. Wageningen University, The Netherlands.
11. DIJKHUIZEN, A. A.; HUIRNE, R. B. M.; HARSH, S. B.; GARDNER, R. W. Economics of robotic application. **Comput. Electron. Agric.** 17 (1) 111-121. 1997.
12. EASTWOOD, C. R.; CHAPMAN, D. F.; PAINE, M. S. Network of practice for co-construction of agricultural decision support systems: case studies of precision dairy farms in Australia. **Agricultural Systems**, 108, 10-18, 2012.
13. EL-OSTA, H. S.; MOREHART, M. J. Technology adoption and its impact on production performance of dairy operations. **Rev. Ag. Econ.** 22:477-498. 2000.
14. GALLIGAN, D. T.; GROENEDAL, H. Economic concepts in the evaluation of "products" used in dairy production including a real option's approach. Pages 233-245 in **36th Annual Pacific Northwest Animal Nutrition Conference**, Boise, Idaho. 2001.
15. GELB, E.; PARKER, C.; WAGNER, P.; ROSSKOPF, K. Why is the ICT adoption rate by farmers still so slow? Pages 40-48 in **Proc. ICAST**, Vol. VI, 2011, Beijing, China. 2001.
16. HUIRNE, R. B. M.; SAATKAMP, H. W.; BERGEVOET, R. H. M. Economic analysis of farm-level health problems in dairy cattle. **Cattle Practice**, 11 (4): 227-236. 2003.
17. LAZARUS, W. F.; STREETER, D.; JOFRE-GIRAUDO, E. Management information systems: impact on dairy farm profitability. **North Cent. J. Agric. Econ.** 12(2): 267-277. 1990.
18. HEMME, T. Current status of milk production worldwide and expected development to 2025. **IDF Conference 2015**. Vilnius, Lithuania, 2015.
19. KRISTENSEN A. R.; JORGENSE, E. Decision support models. Pages 145-165 in **Proc. 25<sup>th</sup> International Dairy Congress**, Aarhus, Denmark.
20. LIC - **Livestock Improvement Corporation. Dairy milking practices and technology use survey**. Dairy NZ, 2008.
21. LUBULWA, M. SHAFRON, W. Australian dairy industry: technology and farm management practices, 2004-05. **ABARE Research Report 07.9**. Dairy Australia. Canberra, Australia, 2007.
22. NEBEL, R. Attaining reproductive solutions through activity and health monitoring. Pág. 75-80 em **Proc. 2013 Prec. Dairy Conference Expo**, Rochester, MN. University of Minnesota, MN. 2013.
23. PIERCE, F. J.; NOWAK, P. Aspects of precision agriculture. **Adv. Agron.** 67: 1-85. 1999.
24. PIETERSMA D.; LACROIX, R.; WADE, K. M. A framework for the development of computerized management and control systems for use in dairy farming. **J. Dairy Sci.** 81 (11): 2962-2972. 1998.
25. RUSSELL, R. A.; BEWLEY, J. M. Characterization of Kentucky dairy producer decision-making behavior. **J. Dairy Sci.** 96:4751-4758. 2013.
26. SHALOO, L.; DILLON, P.; RATH, M.; WALLACE, M. Description and validation of the Moorepark Dairy System Model. **J. Dairy Sci.** 87 (6) 1945-1959. 2004.
27. SPILKE, J. T.; FAHR, R. Decision support under the conditions of automatic milking systems using mixed linear models as part of a precision dairy farming concept. Pages 780-785 in **Proc. EFITA 2003 Conference**, Debrecen, Hungria. 2003.
28. TUBETOV, D.; MUSSHOLF, O.; KELLNER, U. Investments in Kazakhstani Dairy Farming: a comparison of classical investment theory and the real options approach. **Quart. J. Int. Agr.** 51, no. 3: 257-284, 2012.
29. UPTON, J.; MURPHY, M.; SHALOO, L.; GROOT KOERKAMP, P. W. G.; DE BOER, I. J. M. A mechanistic model for electricity consumption on dairy farms: Definition, Validation and Demonstration. **J. Dairy Sci.**, 97: 4973:4984. 2014.
30. UPTON, J.; MURPHY, M.; DE BOER, I. J. M. Investment appraisal of technology innovations on dairy farm electricity consumption. **J. Dairy Sci.**, 98: 898-909. 2015.
31. VAN ASSELDONK, M. A. P. M.; JALVINGH, A. W.; HUIRNE, R. B. M.; DIJKHUIZEN, A. A.; BEULENS, A. J. M. Dynamic programming to determine optimum investments in information technology on dairy farms. **Agric. Syst.** V. 62 (1): 17-28. 1999.
32. VERSTEGEN, J. A. A. M.; HUIRNE, R. B. M.; DIJKHUIZEN, A. A.; KLEINJNEN, J. P. C. Economic value of management information systems in agriculture: a review of evaluation approaches. **Computers and Electronics in Agriculture**, V. 13, p. 273-88. 1995.
33. WARD, J. M. A portfolio approach to evaluating information system investments and setting priorities. **J. Inf. Technol.** V5: 222-231. 1990.
34. WATSON, P. Cowtime tracking survey 2009. Primary Industry Victoria. Disponível em: <[http://www.cowtime.com.au/edit/Reports/COWTIME\\_TRACKING\\_SURVEY\\_2009\\_REPORT\\_FINAL.PDF](http://www.cowtime.com.au/edit/Reports/COWTIME_TRACKING_SURVEY_2009_REPORT_FINAL.PDF)>. Acesso em: 30 set. 2015.
35. YULE, I.; LAWRENCE, H.; MACKENZIE, C.; HEDLEY, C.; GRAFTON, M.; PULLANAGARI, R. Case studies which demonstrate the financial viability of precision dairy farming. **Proceed of the 22<sup>nd</sup> Intern. Grassland Congress**, 2013.