

Adoção de tecnologias de precisão em fazendas leiteiras no Brasil

Adoption of precision technologies on dairy farms in Brazil

Abias Santos Silva¹, Jaciara Diavão², Rebeca Ribeiro Silvi³, Vanessa Amorim Teixeira⁴, Thierry Ribeiro Tomich⁵, Claudio Antônio Versiani Paiva⁶, Mariana Magalhães Campos⁷, Fernanda Samarini Machado⁸, Rafael Ehrich Pontes Ferreira⁹, João Ricardo Rebouças Dórea¹⁰, Luiz Gustavo Ribeiro Pereira¹¹

¹Pós-doutorando, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora (MG), Brasil, abias.severo@gmail.com

²Pós-doutorando, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora (MG), Brasil, jaciadiavao@gmail.com

³Doutora em Ciência Animal, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus (BA), Brasil, rebecasilvy@yahoo.com.br

⁴Doutora em Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG), Brasil, vanessateixeiraamorim@gmail.com

⁵Pesquisador, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora (MG), Brasil, thierry.tomich@embrapa.br

⁶Pesquisador, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora (MG), Brasil, claudio.paiva@embrapa.br

⁷Pesquisador, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora (MG), Brasil, mariana.campos@embrapa.br

⁸Pesquisador, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora (MG), Brasil, fernanda.samarini@embrapa.br

⁹Estudante de Doutorado, Animal and Dairy Sciences Department, University of Wisconsin, Madison, EUA, referreira@wisc.edu

¹⁰Professor Assistente, Animal and Dairy Sciences Department, University of Wisconsin, Madison, EUA, joao.dorea@wisc.edu

¹¹Pesquisador, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora (MG), Brasil, luiz.gustavo@embrapa.br

RESUMO

A otimização dos processos nas fazendas leiteiras vem ocorrendo devido à necessidade de equilibrar a carga de trabalho com margens de lucro cada vez mais estreitas. A adoção de tecnologias de precisão tem contribuído para o aumento da eficiência bioeconômica dos sistemas de produção. Nesse contexto, um levantamento sobre a adoção de tecnologias de precisão em fazendas leiteiras foi realizado para: i) caracterizar e identificar agrupamentos de fazendas leiteiras que adotam tecnologias de precisão, e ii) identificar as principais tecnologias utilizadas. Fazendas com maior produção de leite (10.001 e 30.000 L/dia) apresentam elevada adoção de tecnologias (n = 3,5), comparadas às fazendas de baixa produção (n = 0,41; < 500 L/dia). A “disponibilidade de assistência técnica” (4,55) é o critério mais importante apontado pelos produtores como fator para adoção das tecnologias, seguido por “custo-benefício” (4,48), “facilidade de uso” (4,39), “custo de investimento” (4,36) e “compatibilidade do *software* de gerenciamento” (4,20). A adoção de tecnologias de precisão pelas fazendas brasileiras ainda é considerada baixa, proporcionando aos fabricantes, pesquisadores e educadores uma oportunidade de explorar o setor. As tecnologias para monitorar automaticamente a produção de leite e a saúde do úbere foram as mais utilizadas pelos produtores. Os principais motivos para não investir em tecnologias de precisão estão relacionados às questões econômicas e ao desconhecimento do produtor sobre as tecnologias disponíveis ou a importância dos parâmetros monitorados.

Palavras-chave: dispositivos; pecuária de precisão; produção de leite; sensores.

ABSTRACT

The optimization of processes on dairy farms has been taking place due to the need to balance the workloads with increasingly narrow profit margins. The adoption of precision technologies has contributed to an increase in the bioeconomic efficiency of production systems. In this context, a survey on the adoption of precision technologies in dairy farms was carried out to i) characterize and identify clusters of dairy farms that adopt precision technologies and ii) identify the leading technologies used. Farms with higher milk production (10001 and 30000 L/d) show high technology adoption (n = 3.5), compared to low-production farms (n = 0.41; < 500 L/d) have low adoption of precision technologies (n = 0.41). Availability of technical assistance (4.55) is the essential criterion pointed out by producers as a factor for adopting technology, followed by “cost-effectiveness” (4.48), “ease of use” (4.39), “investment cost” (4.36), and “compatibility of management software” (4.20). The adoption of precision technologies by Brazilian farms is still considered low, providing manufacturers, researchers, and educators with an opportunity to explore the sector. Technologies to automatically monitor milk production

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-38-0.1000058>

 Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que sem fins comerciais, sem alterações e que o trabalho original seja corretamente citado.

and udder health were the most used by producers. The main reasons for not investing in precision technologies are related to economic issues and the producer's lack of knowledge about the technologies available or the importance of the parameters monitored.

Keywords: devices; precision livestock farming; milk production; sensors.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a otimização dos processos é uma tendência mundial dentro de uma fazenda leiteira, devido à necessidade dos produtores em equilibrar altas cargas de trabalho com margens de lucro cada vez mais estreitas. Consumidores mais exigentes, mudanças climáticas, aumento da população e qualidade e segurança dos alimentos estão mudando os processos e a tomada de decisão pelos produtores de leite. Além disso, a eficiência desses processos será fundamental para aumentar a lucratividade da pecuária leiteira de forma sustentável (Bewley, 2010; Britt et al., 2018).

O monitoramento do rebanho é um dos mais complexos desafios das fazendas leiteiras, especialmente em fazendas de larga escala de produção (Borchers; Bewley, 2015). Ao levar em conta a complexidade das atividades realizadas nas fazendas leiteiras, o monitoramento automático pode direcionar as tomadas de decisão, melhorando as práticas de manejo, as quais geralmente se baseiam apenas na experiência e no julgamento do produtor (Frost et al., 2003).

Diversas opções de tecnologias e dispositivos de precisão estão atualmente disponíveis; contudo, alguns produtores simplesmente não as conhecem. Como exemplo, sensores e dispositivos podem ser usados para mensuração de produção de leite, ruminação, atividade, temperatura, peso corporal, escore de condição corporal (ECC) e outros eventos relacionados com a saúde e o bem-estar animal (Nebel, 2013).

Diversos estudos têm investigado o uso de tecnologias de precisão na pecuária leiteira (Borchers; Bewley, 2015; Gargiulo et al., 2018). No entanto, poucos estudos fornecem informações sobre quais sistemas são amplamente utilizados pelas fazendas leiteiras e quais são raramente utilizados. O crescente interesse por tecnologias para reduzir a mão de obra, maximizar a produtividade e aumentar a lucratividade de forma sustentável está se tornando perceptível em diversos países, incluindo o Brasil. Informações sobre a adoção de tecnologias, percepção e eficácia em fazendas leiteiras podem lançar luz sobre os desafios que precisam ser abordados pela pesquisa científica e programas de transferência de tecnologias. Nesse contexto, foi realizado o levantamento sobre a adoção de tecnologias de precisão em fazendas leiteiras com os ob-

jetivos de: i) caracterizar e agrupar fazendas leiteiras brasileiras que adotam tecnologias de precisão, e ii) identificar as principais tecnologias utilizadas pelos produtores brasileiros.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Uma pesquisa com 22 perguntas foi desenvolvida e distribuída via web, usando o Google Forms (Google Inc., Mountain View, CA, EUA), de julho de 2018 a julho de 2020. As informações de contato dos produtores foram obtidas nas bases de dados da Associação Brasileira de Produtores de Leite (Abraleite), da Associação Holandesa de Minas Gerais, da Associação Brasileira do Girolando, do Centro de Inteligência do Leite (CILEite/Embrapa) e do MilkPoint. Para evitar erros de amostragem, o questionário da pesquisa foi distribuído por todas as regiões geográficas brasileiras e a não adoção de ordenha mecanizada foi o critério de exclusão das fazendas respondentes.

Os produtores forneceram: número de colaboradores empregados na fazenda; sistema de produção (confinamento, semiconfinamento ou a pasto); participação do produtor e familiares na fazenda; tamanho atual do rebanho; produção diária de leite, e raça mais utilizada. Esses itens foram apresentados aos entrevistados em categorias.

As tecnologias da lista pré-determinada foram selecionadas com base no estudo de Bewley (2010) e nas tecnologias disponíveis no mercado brasileiro. Uma escala contendo valores numéricos (1 a 5) foi utilizada para as respostas sobre a importância de fatores predeterminantes na decisão de compra de tecnologias de pecuária leiteira de precisão. Os respondentes também usaram uma escala (1 a 5) para classificar as tecnologias da pecuária leiteira, com base na utilidade, da mesma lista usada na questão de adoção de tecnologia.

Um total de 448 produtores completaram a pesquisa. Para a amostragem e análise de dados, 70 fazendas foram excluídas devido a erros ou respostas incompletas. O conjunto de dados final foi composto por 378 propriedades leiteiras distribuídas em 17 estados brasileiros. Realizou-se uma análise de agru-

pamento para reunir fazendas com características semelhantes.

O primeiro agrupamento (1) incluiu as fazendas de alta produção e caracterizou-se por uma média de 31 funcionários, um número a partir de 1.001 vacas leiteiras no rebanho mantido em sistema confinado e produção de leite entre 10.001 e 30.000 L/dia. O segundo agrupamento (2) incluiu fazendas com média de 15 funcionários, 501 a 1.000 vacas leiteiras e produção de leite entre 5.001 e 10.000 L/dia. O terceiro agrupamento (3) incluiu fazendas com média de seis funcionários, 201 a 300 vacas leiteiras e produção de leite entre 2.001 e 5.000 L/dia. As principais características do quarto agrupamento (4) foram uma média de cinco funcionários por fazenda, 101 a 200 vacas leiteiras e produção de leite entre 1.001 e 2.000 L/dia. O quinto agrupamento (5) caracterizou-se por uma média de três funcionários por fazenda, 51 a 100 vacas leiteiras e produção de leite entre 501 e 1.000 L/dia. O sexto agrupamento (6) apresentou média de três funcionários por fazenda, 101 a 200 vacas leiteiras e produção de leite entre 501 e 1.000 L/dia. O sétimo agrupamento (7) caracterizou-se por uma média de três funcionários por fazenda, 51 a 100 vacas leiteiras e produção de leite abaixo de 500 L/dia. Utilizou-se como variáveis discriminatórias a idade do agricultor, o número de funcionários, o sistema de produção, o tamanho do rebanho, a produção de leite e o número de tecnologias adotadas. A análise dos dados foi realizada em Python 3.6 utilizando o módulo Scikit-Learn (Tabela 1).

Para serem usadas no algoritmo de agrupamento, todas as variáveis discriminatórias receberam valores numéricos, pois algumas delas eram categóricas. A conversão para valores numéricos foi feita da

seguinte forma: “idade do agricultor” foi convertida para valores inteiros entre 0 e 4, sendo 0 (menor ou igual a 30 anos) e 4 (maior ou igual a 60 anos); para “sistema de produção”, foram atribuídos valores inteiros entre 0 e 2, sendo 0 (a pasto), 1 (semiconfinado) e 2 (confinado); para “tamanho do rebanho”, foi atribuído um valor médio para cada faixa: entre 201 e 300 animais, foi atribuído o valor 250, e as faixas extremas “menor ou igual a 50 animais” e “maior ou igual a 1.001 animais”, foram atribuídos os valores 25 e 1.250, respectivamente; para “produção de leite”, foi atribuído o valor médio para cada faixa: entre 1.001 e 2.000 litros por dia”, foi atribuído o valor 1.500, e as faixas extremas “menor ou igual a 500 litros por dia” e “maior ou igual a 30.001 litros por dia” foram atribuídos valores 250 e 40.000, respectivamente. Foram atribuídos pesos para cada variável discriminatória, a saber: “idade da fazenda”, “número de colaboradores”, “sistema de produção” e “tamanho do rebanho” (peso 1); “produção de leite” (peso 2) e “número de tecnologias adotadas” (peso 3).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As fazendas que participaram do levantamento apresentaram, em média, 5,66 empregados, 561 L/dia/empregado, produção de leite de 3.780 L/dia e 1,33 tecnologia por fazenda.

Houve maior adoção de tecnologias nas fazendas com maior produção de leite (Tabela 2). As fazendas do agrupamento 1 apresentaram adoção de 3,5 tecnologias/fazenda. As fazendas do segundo agrupamento tinham 1,07 tecnologia/fazenda. As fazendas do terceiro agrupamento apresentaram a maior adoção de tecnologias (6,67 tecnologias/fazenda), enquanto o agrupamento 4 apresentou média adoção (2,74 tecnologias/fazenda). As fazendas dos agrupamentos 6, 7 e 8 caracterizaram-se por baixa adoção de tecnologias de precisão (0,4; 0,36, e 0,41, respectivamente).

O nível de produção de leite, a adoção de tecnologia e o tamanho do rebanho (L/dia) diminuíram do agrupamento 1 para o agrupamento 7. O agrupamento 1 reuniu fazendas com alto nível de adoção de tecnologia (equipamentos e infraestrutura), rebanhos com maior número de vacas e a maior produção de leite. Por outro lado, o agrupamento 7 reuniu fazendas com baixo nível de adoção de tecnologia e pequenos rebanhos de animais mestiços, criados em sistemas de pastejo, com baixa produção de leite. Stone (2020) usou os critérios propostos por Rogers (1995) para categorizar os adotantes de tecnologia, como: (1) inovadores, (2) adotantes iniciais, (3) maioria inicial, (4) maioria tardia e (5) retardatários. Os inovadores

Tabela 1. Agrupamentos e distribuição das fazendas em cada agrupamento.

Agrupamentos [*]	Número de fazendas
1	13
2	27
3	12
4	50
5	112
6	108
7	56

*1: alta produção, alta tecnologia; 2: média-alta produção, média tecnologia; 3: média produção, alta tecnologia; 4: média produção, média tecnologia; 5: média-baixa produção, baixa tecnologia, jovens; 6: média-baixa produção, baixa tecnologia, mais velhos; 7: a pasto, baixa tecnologia.

Tabela 2. Tecnologias usadas nas fazendas leiteiras no Brasil.

Tecnologia	Agrupamentos* (n e porcentagem)														Total	
	1		2		3		4		5		6		7		n378 %	
	n13	%	n27	%	n12	%	n 50	%	n 112	%	n108	%	n56	%	n378	%
Sensor de medição de leite	10	77	14	52	10	83	36	72	28	25	19	18	3	5	120	32
Sala de ordenha com portão inteligente	6	46	3	11	8	67	15	30	7	6	9	8	7	13	55	15
Sensor para detecção de mastite	5	38	1	4	12	100	12	24	0	0	2	2	0	0	32	8
Pedômetro	4	31	1	4	10	83	11	22	0	0	0	0	1	2	27	7
Sensor de temperatura corporal	0	0	2	7	4	33	12	24	4	4	2	2	2	4	26	7
Sistema automatizado de alimentação	1	8	0	0	4	33	13	26	3	3	3	3	0	0	24	6
Sensor de ruminação	3	23	1	4	6	50	10	20	0	0	1	1	0	0	21	6
Plataforma automática de pesagem	2	15	3	11	1	8	7	14	3	3	2	2	2	4	20	5
Alimentador para bezerros	3	23	1	4	6	50	5	10	0	0	1	1	0	0	16	4
NIRs ^y	2	15	1	4	3	25	5	10	0	0	0	0	0	0	11	3
Cochos e bebedouros automáticos	0	0	0	0	5	42	4	8	0	0	0	0	0	0	9	2
Analisador de composição do leite	1	8	0	0	4	33	1	2	0	0	0	0	0	0	6	2
Sensor de ECC	1	8	0	0	2	17	1	2	0	0	0	0	0	0	4	1
Sensor de ofegação	0	0	1	4	2	17	1	2	0	0	0	0	0	0	4	1
Sensor de pH ruminal	0	0	0	0	1	8	0	0	1	1	1	1	1	2	4	1
GPS ou sistema de posicionamento	0	0	0	0	1	8	1	2	0	0	0	0	1	2	3	1
Sensor de problemas de casco	1	8	1	4	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1
Sensor de fertilidade acoplado à ordenha	1	8	0	0	1	8	1	2	0	0	0	0	0	0	3	1
Câmera termográfica	1	8	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	3	1

*1: alta produção, alta tecnologia; 2: média-alta produção, média tecnologia; 3: média produção, alta tecnologia; 4: média produção, média tecnologia; 5: média-baixa produção, baixa tecnologia, jovens; 6: média-baixa produção, baixa tecnologia, mais velhos; 7: a pasto, baixa tecnologia; ^yNIRs: espectrofotômetro no infravermelho próximo.

assumem riscos e os retardatários são extremamente aversos ao risco.

Os produtores dos agrupamentos 4 a 7 provavelmente são mais aversos ao risco do que aqueles dos agrupamentos 1 a 3. Fazendas de alta produção, caracterizadas por proprietários mais jovens, adotam novas tecnologias simplesmente porque ela é nova (Rogers, 1995), o que é uma característica provavelmente mais evidente no agrupamento 3. Eles tendem a se preocupar em manter uma reputação de estar à frente da curva (Tibshirani; Walther; Hastie, 2001). As fazendas concentradas nos agrupamentos 1 e 2, provavelmente, tomam decisões de adoção de tecnologias com base na utilidade e no benefício prático, em oposição à reputação ou ao fator de novidade. Por outro lado, os retardatários (agrupamentos 4, 5 e 6) são mais lentos para adotar novas tecnologias e só o fazem quando são forçados por alguma força externa.

A adoção de tecnologias de precisão depende de alguns fatores que influenciam a decisão de aquisição da tecnologia (Tabela 3). Os produtores foram solicitados a dar uma nota de 1 a 5 para cada critério pré-estabelecido, e a “disponibilidade de assistência técnica” (4,55) foi o critério mais importante, seguido por “relação custo-benefício” (4,48), “facilidade de uso” (4,39), “custo de investimento” (4,36) e “compatibilidade do *software* de gerenciamento” (4,2). Com base no agrupamento, os produtores dos agrupamentos 1 (4,77), 2 (4,70) e 7 (4,39) consideraram a “relação custo-benefício” como principal critério para decisão de compra; a “disponibilidade de assistência técnica” foi o critério mais importante para os produtores dos agrupamentos 6 (4,57 ± 0,81), 5 (4,63 ± 0,54) e 3 (4,92 ± 0,08), e a “facilidade de uso” foi o critério mais importante para os produtores dos agrupamentos 7 (4,39) e 4 (4,43) (Tabela 3).

Tabela 3. Principais fatores para aquisição e uso de tecnologias de precisão em fazendas leiteiras no Brasil.

Agrupamentos ^y	Fazendas	Disponibilidade de assistência técnica		Relação custo benefício		Facilidade de uso		Custo do investimento		Compatibilidade com software de gestão	
	n	Média [†]	σ^2	Média [†]	σ^2	Média [†]	σ^2	Média [†]	σ^2	Média [†]	σ^2
1	13	4,54	0,40	4,77	0,33	4,38	0,54	4,23	0,79	4,69	0,37
2	27	4,67	0,67	4,70	0,65	4,44	0,84	4,48	0,69	4,52	0,84
3	12	4,92	0,08	4,42	0,41	4,58	0,24	4,58	0,41	4,50	0,75
4	50	4,40	1,28	4,40	1,04	4,43	1,02	4,31	1,03	4,20	1,24
5	112	4,63	0,54	4,48	0,75	4,34	0,94	4,41	0,75	4,24	0,93
6	108	4,57	0,81	4,48	0,82	4,40	0,80	4,32	0,77	4,30	0,98
7	56	4,35	1,08	4,39	0,87	4,39	1,02	4,30	0,93	4,07	1,25
Total	378	4,55	0,80	4,48	0,80	4,39	0,88	4,36	0,81	4,27	1,02

^y1: alta produção, alta tecnologia; 2: média-alta produção, média tecnologia; 3: média produção, alta tecnologia; 4: média produção, média tecnologia; 5: média-baixa produção, baixa tecnologia, jovens; 6: média-baixa produção, baixa tecnologia, mais velhos; 7: a pasto, baixa tecnologia. [†]Valores calculados atribuindo os seguintes valores às categorias de resposta: 1: não importante; 2: de pouca importância; 3: importância moderada; 4: importante; 5: muito importante.

Os resultados observados nas fazendas leiteiras no Brasil sobre os critérios considerados para a aquisição de tecnologias de precisão estão de acordo com o reportado por Borchers e Bewley (2015) em fazendas leiteiras americanas. Os proprietários apontaram a relação custo-benefício, o custo total do investimento, a facilidade de uso e a disponibilidade de assistência técnica como fatores determinantes para a adoção das tecnologias. Todos os fatores mencionados podem ser considerados importantes para avaliar a decisão de adotar tecnologias de precisão, pois todos tiveram pontuação acima de 4, quando o valor máximo selecionável foi 5. Os agrupamentos 5, 6 e 7 (baixa adoção de tecnologia) atribuíram pontuações mais baixas em comparação aos agrupamentos 1, 2 e 3, que possuem maior nível de adoção de tecnologia, mostrando que aqueles apresentam maior resistência à adoção de tecnologias de precisão.

4 CONCLUSÕES

A adoção de tecnologias de precisão pelas fazendas brasileiras ainda é considerada baixa, proporcionando aos fabricantes, pesquisadores e educadores uma oportunidade de explorar o setor. As tecnologias para monitorar a produção automática do leite e a saúde do úbere foram as mais utilizadas. Os principais motivos para não investir em tecnologias de precisão estão relacionados às questões econômicas e ao desconhecimento do produtor sobre as tecnologias disponíveis ou a importância dos parâmetros monitorados por elas.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa; a Guilherme Fernando Mattos, Castrolanda, Paraná; a Renê Granato, COTRIJAL, Rio Grande do Sul; a Christiano Nascif, Labor Rural, Minas Gerais; a Marcelo Pereira de Carvalho, Milkpoint, São Paulo; à Associação Brasileira dos Criadores de Girolando, e à Associação dos Criadores de Gado Holandês de Minas Gerais, Minas Gerais, pelo apoio na aplicação da pesquisa. Um agradecimento especial aos 448 produtores de leite brasileiros que dedicaram tempo para responder à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BEWLEY, J. Precision dairy farming: Advanced analysis solutions for future profitability. In: THE FIRST NORTH AMERICAN CONFERENCE ON PRECISION DAIRY MANAGEMENT, 2010, Kentucky. **Proceedings [...]**. Kentucky: University of Kentucky, 2010. p. 1-17.
- BORCHERS, M. R.; BEWLEY, J. An assessment of producer precision dairy farming technology use, prepurchase considerations, and usefulness. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 6, p. 4198-4205, 2015. DOI: <http://doi.org/10.3168/jds.2014-8963>.
- BRITT, J. H.; CUSHMAN, R. A.; DECHOW, C. D.; DOBSON, H.; HUMBLLOT, P.; HUTJENS, M. F.; JONES, G. A.; RUEGG, P. S.; SHELDON, J. S. Invited review: Learning from the future – A vision for dairy farms and cows in 2067. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 3722-3741, 2018. DOI: <http://doi.org/10.3168/jds.2017-14025>.
- FROST, A. R.; PARSONS, D. J.; STACEY, K. F.; ROBERTSON, A. P.; WELCH, S. K.; FILMER, D.; FOTHERGILL, A. Progress

- towards the development of an integrated management system for broiler chicken production. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 39, n. 3, p. 227-240, 2003. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0168-1699\(03\)00082-6](http://doi.org/10.1016/S0168-1699(03)00082-6).
- GARGIULO, J. I.; EASTWOOD, C. R.; GARCIA, S. C.; LYONS, N. A. Dairy farmers with larger herd sizes adopt more precision dairy technologies. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 6, p. 5466-5473, 2018. DOI: <http://doi.org/10.3168/jds.2017-13324>.
- NEBEL, R. L. Attaining reproductive solutions through activity and health monitoring. In: PROCEEDINGS OF THE PRECISION DAIRY CONFERENCE AND EXPO, 2013, Rochester. **Proceedings [...]**. Rochester: Society for Theriogenology, 2013. p. 75-80.
- ROGERS, E. M. **Diffusion of innovations**. 4. ed. Nova York: Free Press, 1995. 527 p.
- STONE, A. E. Symposium review: The most important factors affecting adoption of precision dairy monitoring technologies. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 6, p. 5740-5745, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17148>.
- TIBSHIRANI, R.; WALTHER, G.; HASTIE, T. Estimating the number of clusters in a data set via the gap statistic. **Journal of the Royal Statistical Society. Series B, Statistical Methodology**, v. 63, n. 2, p. 411-423, 2001. DOI: <http://doi.org/10.1111/1467-9868.00293>.