

CAPÍTULO V

AValiação DOS IMPACTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS DAS BIOTECNOLOGIAS REPRODUTIVAS EM REBANHOS LEITEIROS

Oscar Alejandro Ojeda-Rojas¹; Manoel Francisco de Sá Filho²; Rubens Nunes³; Angela Maria Gonella-Diaza⁴; Augusto Hauber Gameiro⁵

¹ Mestre em Gestão e Inovação na Indústria Animal. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo.

² Pós-doutorando no Departamento de Reprodução Animal. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo.

³ Professor da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo.

⁴ Doutoranda no Departamento de Reprodução Animal. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo.

⁵ Professor do Departamento de Nutrição e Produção animal, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo.

RESUMO

As biotecnologias reprodutivas têm uma importante relação com os resultados econômicos dos rebanhos leiteiros. Sua adoção implica o investimento de quantidades conhecidas de recursos, porém, há uma clara dificuldade por parte de produtores em avaliarem o retorno desses investimentos. O objetivo deste capítulo é apresentar um modelo de simulação que permite analisar os impactos do uso de biotecnologias reprodutivas sobre o desempenho econômico de rebanhos leiteiros. Com o auxílio do software Microsoft® Office Excel®, foi desenvolvido um modelo determinístico, em função de parâmetros produtivos, reprodutivos e econômicos, com o fim de representar a conformação do rebanho em períodos de 21 dias ao longo de 25 anos. Para testar o modelo foram realizadas simulações de quatro cenários de aplicação de biotecnologias: inseminação artificial com sêmen convencional (IAC) e com sêmen sexado (IAS), inseminação artificial em tempo fixo com sêmen convencional (IATFC) e com sêmen sexado (IATFS). Finalmente, foram calculados para cada cenário o payback, o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR) como indicadores da viabilidade econômica. Sob as condições simuladas, observou-se que o cenário com melhor desempenho econômico foi IATFC (Payback 2 anos; VPL R\$ 3.835.643,2; e TIR 74,1% aa), seguido de IATFS (Payback 2 anos; VPL R\$ 3.523.583,7; e TIR 70,5% aa). O cenário IAC apresentou valores superiores (Payback 2 anos; VPL de R\$ 2.117.889,9; e TIR 65,6% aa), quando comparado com IAS (Payback 2

anos; VPL R\$ 2.270.095,7; e TIR 58.5% aa). O modelo desenvolvido permite auxiliar o processo de tomada de decisão na seleção da estratégia reprodutiva mais adequada com base em parâmetros específicos.

1. INTRODUÇÃO

A pecuária leiteira contribui de forma significativa na geração de renda das propriedades rurais e como eixo fundamental da segurança alimentar de milhões de pessoas no mundo (FAO, 2010). Por conseguinte, a sustentabilidade dessa atividade e os desafios que esta acarreta, possuem um grande compromisso com o desenvolvimento social e econômico do setor agropecuário.

O sucesso econômico da indústria leiteira, de modo igual como acontece com outros sistemas produtivos, é consequência da interação de inúmeras variáveis que se afetam mutuamente dentro de um ciclo produtivo longo (Cabrera, 2014). Portanto, aqueles procedimentos e características que resultam em aumentos da produtividade ou diminuição dos custos, e que podem ser controlados pelo produtor (condições nutricionais, sanitárias, reprodutivas e de gestão), precisam atenção especial e uma administração minuciosa (Gameiro, 2009).

Uma das características de maior relevância econômica ao interior dos rebanhos é o desempenho reprodutivo. Vários pesquisadores reforçam a importância desta característica na sustentabilidade financeira no longo prazo dos empreendimentos leiteiros, já que esta afeta diretamente a produção de leite (vaca/dia), a produção de animais de reposição e as taxas de descarte (Britt, 1985; Meadows et al., 2005; De Vries, 2006; Galvão et al., 2013).

O mercado tem à disposição uma importante oferta de estratégias biotecnológicas que objetivam a melhora dos parâmetros reprodutivos e o aumento do uso da inseminação artificial (IA) em rebanhos leiteiros (Bo, 2013). A adoção destes procedimentos biotecnológicos implica a mobilização de quantidades conhecidas de recursos. Porém, há uma clara dificuldade por parte de produtores e consultores em avaliarem o retorno dos investimentos feitos em biotecnologias reprodutivas, já que esses ingressos, no melhor dos cenários, chegarão vários meses após do uso da técnica, e ainda provenientes de diversas fontes. Assim, não são claros os benefícios econômicos no longo prazo que o uso dessas técnicas representa para uma produção leiteira. Este panorama contribui para que o processo de tomada de decisão seja difícil e na grande maioria dos casos baseado na intuição.

Neste contexto, pode-se entender a relevância de ferramentas que, considerando uma importante quantidade de variáveis (técnicas e econômicas), permitam avaliar de forma objetiva a tomada de decisões, como por exemplo, o emprego de novas tecnologias dentro do processo produtivo.

Assim, os modelos de simulação surgem como uma alternativa eficaz no auxílio da tomada de decisão. Estes permitem a abstração física ou matemática da realidade de um sistema. Adicionalmente têm a capacidade de suportar as principais interações e refletir o comportamento do sistema estudado (Lovatto & Sauvant, 2001). Por conseguinte, o processo de tomada de decisão pode ser sustentado pela técnica de modelagem, uma vez que permite considerar vários cenários e avaliar objetivamente suas consequências.

Sob a ótica do empresário ou consultor a possibilidade de ter uma avaliação objetiva antecipada do comportamento técnico e econômico do seu sistema após a adoção de um novo procedimento ou uma nova tecnologia, representa uma vantagem competitiva evidente. Da mesma forma, a simulação apresenta-se como uma alternativa viável, no caminho de diminuir a distância entre a pesquisa científica e a produção comercial, uma vez que permite valorar o benefício que os novos avanços e inovações científicas têm na sociedade e desta forma redirecionar os esforços, se for necessário.

Isto demonstra a importância de trabalhos que permitam avaliar diferentes estratégias reprodutivas e de manejo, com a possibilidade de medir o impacto econômico e produtivo dos procedimentos a estabelecer, contribuindo assim com ferramentas que auxiliem a tomada de decisão. Por conseguinte, neste capítulo será apresentado um modelo de simulação que analisa do ponto de vista técnico, econômico e financeiro, os impactos do uso de estratégias de manejo reprodutivo sobre o desempenho de sistema de produção pecuário de bovinos de leite.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MODELOS MATEMÁTICOS COMO AUXÍLIO NA TOMADA DE DECISÃO

Um modelo de simulação é uma abstração física ou matemática da realidade de um sistema, o qual tem a capacidade de suportar as principais interações e refletir o comportamento do sistema estudado. Além disso, é possível fazer alterações nas variáveis e parâmetros, e avaliar seus resultados, com o fim de prever as consequências (Lovatto; Sauvant, 2001).

Os modelos podem ser classificados em físicos, conceituais e matemáticos (De Medeiros, 2003). Espitia (2012) classificou os modelos matemáticos da seguinte maneira:

- Modelos dinâmicos: que têm como referência o tempo, e predizem como as quantidades mudam com respeito a ele;
- Modelos estáticos: o tempo não é levado em conta e as considerações são feitas em um intervalo de tempo específico;
- Modelos estocásticos: incorporam o risco e associam distribuições de

probabilidade, incluindo elementos aleatórios no modelo; e

- Modelos determinísticos: os valores das variáveis são constantes e expressam o valor médio da população. Mantendo os dados de entrada constantes, os valores de saída serão também constantes, sem importar as vezes que o modelo seja processado (De Medeiros, 2003).

A decisão sobre o tipo de modelo utilizar e sua complexidade está condicionada ao objetivo para o qual é construído e à disponibilidade de informações necessárias para fazê-lo (Cezar, 1982).

2.2 INFLUÊNCIAS DA REPRODUÇÃO NA ECONOMIA DO REBANHO LEITEIRO

O sucesso econômico dos empreendimentos leiteiros é consequência da interação de uma série de variáveis que se afetam mutuamente dentro de um ciclo produtivo longo (Cabrera, 2014). As condições do meio ambiente, nutricionais, sanitárias, reprodutivas e de gestão estão dentro das mais estudadas.

O desempenho reprodutivo e seus resultados podem ser indicador da situação geral do sistema produtivo. A partir desses resultados, é possível estabelecer algumas conclusões, principalmente do status nutricional e sanitário da fazenda. Em outras palavras, só após as exigências nutricionais e de saúde mínimas, serem satisfeitas, a reprodução poderá ser eficiente. Desta forma, o impacto da reprodução e suas diferentes estratégias sobre os resultados econômicos das propriedades leiteiras têm sido objeto de estudo de vários pesquisadores no intuito de encontrar a técnica, ou combinação de técnicas mais eficiente, que permitam melhorar a situação econômica das empresas pecuárias através das melhoras os parâmetros reprodutivos (De Vries, 2006; De Vries, 2007; Lima et al., 2010; De Vries et al., 2011).

As biotecnologias reprodutivas têm surgido como ferramentas importantes para melhorar a reprodução do rebanho leiteiro. Porém, sua aplicação comercial dependerá das características próprias de cada fazenda. Nos rebanhos comerciais, as biotecnologias que são mais empregadas comumente são a IA, a sincronização do ciclo estral, a IA a tempo fixo (IATF) e o emprego de sêmen sexado.

2.3 INTERAÇÃO DA REPRODUÇÃO COM A ECONOMIA DO REBANHO

As análises e avaliações das estratégias reprodutivas vão além dos investimentos para cada uma delas, os quais na maioria dos casos são de fácil comparação, como o sêmen, hormônios e mão de obra. Como descrito por LeBlanc (2007), a estratégia reprodutiva, seja ela bem-sucedida ou não, modifica a dinâmica do rebanho, alterando as taxas de descarte e a oferta de animais de reposição, entre muitas outras características, gerando prejuízos

ou benefícios, que por sua vez podem ser maiores que os simples custos de implementação da técnica.

As vantagens econômicas mais expressivas, decorrentes da melhora na eficiência reprodutiva são: o aumento da proporção de vacas na parte mais rentável da curva de lactação; a diminuição dos descartes por falhas reprodutivas; e o aumento da oferta de animais de reposição (Leblanc, 2007). Overton (2006) afirma que o programa reprodutivo empregado exerce maior impacto sobre os lucros das fazendas, por meio do aumento ou diminuição da produção de leite. A estratégia reprodutiva tem a capacidade de condicionar a localização dos animais, pelo menos a maior parte deles, em determinada região da curva de lactação.

Na medida em que o intervalo parto-concepção diminui, maior proporção do total do rebanho vai se localizar no início da curva de lactação, tendo uma produção individual média maior e, por conseguinte, um incremento na produção total do rebanho. Essa produção adicional, conseguida a partir de mudanças no esquema reprodutivo e não como resultado de novos investimentos, como a compra de animais adicionais, é também chamada de produção marginal de leite, e de acordo com LeBlanc (2007) é a forma mais eficiente de aumentar a rentabilidade por meio do manejo.

Já o descarte é definido como a saída de animais do sistema produtivo, seja esta por venda, abate ou morte. Esse fluxo de animais é chamado também de reposição, uma vez que, na maioria dos casos, cada vaca que é eliminada, é substituída por uma nova (Fetrow et al., 2006). Para Bascom & Young (1998) a taxa de descarte ótima, desde o ponto de vista da rentabilidade da fazenda, deve se situar entre 25% e 30%, sendo esse valor direcionado pela interação entre: os custos de criação das novilhas, os valores de descarte das matrizes e o potencial genético dos animais ingressantes, em relação com os que estão deixando o rebanho (Shalloo et al., 2014). Contudo, a tendência dos últimos anos mostra um aumento das taxas de descarte, principalmente para rebanhos de alta produção (Pinedo et al., 2010). São diversas as causas pelas quais as vacas deixam as fazendas, entre elas pode-se citar a mastite, as mortes e a baixa produção de leite. Entretanto, diversos estudos concordam que a reprodução é uma das razões principais (Bacom & Young, 1998; Fetrow et al., 2006; Pinedo et al., 2010).

Segundo LeBlanc (2007), parte importante do impacto econômico da reprodução em rebanhos leiteiros, está no custo de oportunidade associado à decisão de descartar uma matriz. Quando esta decisão é tomada antes de aproveitar todo o potencial da vida útil dessa vaca, pela incapacidade de torná-la prenha, os prejuízos econômicos aumentam.

Finalmente, o ingresso de maior quantidade de animais ao sistema, como resultado de programas reprodutivos exitosos é outro ponto relevante.

O aumento dos nascimentos de machos, geralmente vendidos dias após do nascimento, representa uma clara fonte do incremento da renda mensal. Por outro lado, as bezerras em sua maioria retidas, em princípio, não representam um ingresso líquido de recursos, porém são de grande valor para a fazenda. A maior oferta de bezerras em um rebanho estável permitirá no futuro maior pressão de seleção, possibilitando a eliminação dos indivíduos menos produtivos e elevando as médias de produção do rebanho (Overton, 2006).

Um dos principais inconvenientes na implementação bem-sucedida dos programas reprodutivos é a falta de clareza por parte dos pecuaristas e consultores em relação ao tempo de retorno dos investimentos. Os benefícios só estarão disponíveis, no mínimo, 12 meses após de ter realizado com sucesso o programa reprodutivo, quando as vacas nas quais se investiu atingirem o pico de produção na lactação seguinte. Além das despesas em sêmen, hormônios etc., a quantidade de vacas descartadas por motivos reprodutivos diminuirá e, por conseguinte o fluxo de dinheiro proveniente da sua venda também. Adicional a isto, é possível que uma melhora nas instalações e maior quantidade de alimento sejam necessárias para atender um grupo maior de animais durante o parto (Leblanc, 2007). Todos esses efeitos devem ser de total conhecimento dos envolvidos na gestão dos programas, para que as análises sejam realizadas de forma objetiva, usando as ferramentas corretas e levando em consideração as variáveis envolvidas, tanto nos investimentos como nos resultados futuros.

2.4 ANÁLISES ECONÔMICAS RELACIONADAS À REPRODUÇÃO

Na revisão feita por Cabrera (2014), são sinalizados importantes aspectos de relevância no desempenho econômico das propriedades leiteiras. O autor salienta que os ganhos econômicos das fazendas leiteiras seguem a lei dos rendimentos decrescentes, sendo esses ganhos maiores enquanto os resultados reprodutivos são baixos. Em cenários com resultados reprodutivos altos, os ganhos continuam seu crescimento, mas a taxas menores. Assim, incrementar um ponto porcentual na taxa de prenhes (TP) em um intervalo de 10% a 15% em 21 dias, aumentará o retorno econômico líquido em US\$ 14,40/vaca por ano. Já este valor será de US\$ 3,20, quando o aumento na TP ocorrer de 35% a 40%.

Outros assuntos interessantes são os fatores que dão origem ao aumento dos retornos econômicos. Estes dependerão do nível de desempenho reprodutivo e da fazenda. Desta forma, em fazendas com desempenhos reprodutivos deficientes (entre 10% e 15% de prenhez em 21 dias), os incrementos poderiam ser resultado da diminuição das taxas de descarte por motivos reprodutivos. Já em rebanhos mais eficientes (entre 25% a 30% de prenhez em 21 dias), as causas do aumento do ingresso seriam principalmente o incremento na produção de leite e a oferta de bezerros (Cabrera, 2014).

Shalloo et al. (2014), apoiados em um modelo de simulação estocástica, observaram o efeito econômico de diferentes variáveis associadas à ineficiência reprodutiva. Entre várias observações, foi possível observar que ao aumentar a taxa de descarte de 18% para 28%, a rentabilidade da fazenda diminuiu aproximadamente 23%. Quando o número médio de serviços (IA) por concepção aumentou de 1,77 para 2,27, a rentabilidade da fazenda caiu 3,6%.

Hinde et al. (2014), após de analisarem 2,39 milhões de lactações de 1,49 milhões de vacas leiteiras, concluíram que lactações seguidas de gestação de fêmea produziam maior quantidade de leite, quando comparado com as lactações seguidas de gestações de macho. Usando esses resultados e apoiados em um modelo de simulação, Ettema e Østergaard (2015) encontraram que a implicação econômica de usar o sêmen sexado em 100% das novilhas e 50% das vacas de primeiro parto, geraria aumento nos ingressos de € 9,90 por vaca/ano.

3. MODELO DE SIMULAÇÃO DESENVOLVIDO

Com o auxílio de uma planilha eletrônica do Microsoft® Office Excel® (Versão 2010), foi desenvolvido um modelo matemático determinístico de evolução de um rebanho leiteiro com o objetivo de analisar o impacto zootécnico e econômico de quatro cenários reprodutivos que incluíam: i) IA após da detecção de cio, usando sêmen convencional (IAC); ii) IA após da detecção de cio, usando sêmen sexado (IAS); iii) IATF, usando sêmen convencional (IATFC); e iv) IATF, usando sêmen sexado (IATFS). Assim, foi reproduzido, por meio de equações matemáticas, o ciclo produtivo de um rebanho leiteiro, tomando como base os processos (parto, lactação, reprodução, período seco, descarte, morte) que integram a dinâmica de composição de um rebanho. Para isto, foram simulados e analisados 25 anos, em períodos de 21 dias, visando retratar o ciclo reprodutivo médio de uma fêmea bovina. Um total de 425 períodos foram calculados (o modelo assume que 1 ano = 357 dias, de modo que 357 dias dividido em 21 dias/período = 17 períodos/ano; assim, 25 anos = 425 períodos). Cada período tem uma existência inicial de animais, um fluxo de animais dentro das categorias (entradas e saídas pelas diferentes categorias durante os 21 dias de cada período) e por último uma existência final de animais.

Esses processos são condicionados por equações matemáticas, nas quais, categorias de animais e parâmetros, alguns destes concernentes a determinado cenário, interagem para determinar a alocação de animais por categoria e o inventário total de animais por período. As categorias e os parâmetros serão detalhados na sequência. Para todos os casos, a existência final de animais de um período será a existência inicial do próximo e assim

sucessivamente. Finalmente, dados produtivos, reprodutivos e econômicos provenientes da literatura foram usados a fim de integrar o perfil definitivo do rebanho. Com base nas anteriores informações, foi possível calcular o inventário do rebanho, com as mortes, os descartes, e vendas por período, consequentemente suas receitas e despesas totais, de acordo com os cenários considerados. A partir disso, elaborou-se o fluxo de caixa em cima do qual foram realizadas as avaliações econômicas.

3.1 EVOLUÇÃO DO REBANHO

3.1.1 Categorias

As categorias de animais consideradas foram: i) vaca em lactação (VL); ii) vaca em lactação prenhe (VLP); iii) vaca em lactação de descarte (VLD); iv) vaca seca (VS); v) bezerro (CM); vi) bezerra, ≤ 3 meses (CF); vii) fêmea jovem, >3 e < 12 meses (FJ); viii) novilha (N); ix) novilha prenha (NP); e x) fêmea de engorda (FE).

3.1.2 Parâmetros

Os parâmetros produtivos usados foram: i) % de mortalidade anual dos bezerras; ii) % de mortalidade anual das bezerras (< 1 ano); iii) % de mortalidade anual de animais adultos, excetuando as vacas em lactação; iv) % de mortalidade anual de vacas em lactação; v) produção média de leite por vaca por dia; e vi) % da variação do pico de produção de leite por período no decorrer da lactação.

Os parâmetros reprodutivos foram: i) % de detecção de cio a cada 21 dias em novilhas; ii) % de concepção em novilhas; iii) % de detecção de cio a cada 21 dias em vacas; iv) % de concepção em vacas; v) % da relação macho – fêmea após do uso de sêmen sexado ou convencional; vi) % de perdas de gestação em novilhas < 90 dias; vii) % de perdas de gestação em novilhas > 90 dias; viii) % de perdas de gestação em vacas < 90 dias; ix) % de perdas de gestação em vacas > 90 dias x) % de novilhas prenhes para a venda por ano; e xi) % de descarte de vacas em lactação por ano.

Os valores tanto dos parâmetros produtivos como dos reprodutivos foram obtidos junto à literatura especializada e considerados para fazer os cálculos. Os parâmetros produtivos são independentes da estratégia reprodutiva (cenário) considerado, desta forma, seus valores não variam de um cenário para o outro. Já os parâmetros reprodutivos, com exceção das perdas de gestação em novilhas e vacas, são dependentes do cenário analisado. De modo geral a ferramenta permite que os parâmetros sejam modificados de acordo com as necessidades do usuário.

3.1.3 Ciclo produtivo considerado e perfil do rebanho

O fluxo de animais pelas diferentes categorias começa após do nascimento dos CM e CF. A proporção de fêmeas ou machos dependerá do tipo de sêmen usado, sexado ou convencional, em cada uma das inseminações. Após disso, todos os CM são vendidos, portanto não são mais considerados. Por outro lado, CF permanecem nesta categoria durante 3 períodos. Seguidamente, as CF passam para a categoria FJ, na qual ficam 14 períodos. Na continuação, já com 17 períodos, essas fêmeas passam à categoria N, na qual se dá início ao programa reprodutivo. Este programa consiste em fazer no máximo 5 IA, sejam estas seguidas de detecção de cio ou por IATF. Se o programa reprodutivo foi bem-sucedido, entende-se por isto que as fêmeas servidas sejam diagnosticadas prenhes, estas passarão para NP, do contrario serão descartadas e passaram à categoria FE.

As categorias N e NP estão divididas em 9 subcategorias (N1, N2... N9 e NP1, NP2... NP9) e o passo de uma subcategoria para outra depende do programa reprodutivo e de seu resultado. Assim, por exemplo, uma fêmea na categoria N1, no período 38, a qual após do programa reprodutivo ficou prenhe, passará no período seguinte, período 39, à categoria NP1.

Por outro lado, se o resultado, no período 38, foi vazia, esta fêmea no período seguinte, período 39, se encontrará na categoria N2 e se não consegue uma gestação, continuará sucessivamente (N3, N4, N5 ... N9) até concluir o programa reprodutivo, momento no que passará à categoria de FE. As NP permanecem nessa categoria por 14 períodos (duração da gestação) até o momento do parto, momento em que passam à categoria VL. A categoria VL reúne as fêmeas em lactação vazias. Esta categoria está dividida em 19 subcategorias (VL1, VL2, VL3 ... VL19). Após 3 períodos, os quais foram considerados como o tempo de espera voluntario, o programa reprodutivo nas vacas começa a partir da VL4.

O programa reprodutivo nas vacas inclui um máximo de 7 IA, sejam estas seguidas de detecção de cio ou por IATF. Assim, enquanto não ficar prenhes após das inseminações de cada período, o fluxo de animais de uma subcategoria para outra está condicionado ao passo de um período para outro. Desta forma, o numero da subcategoria indicará o tempo de lactação das vacas que se encontrem dentro dela. Por exemplo, num caso hipotético com $TP = 0$ e supondo que seja o período 38, os animais após do parto ingressam na categoria VL1, quando passar ao período seguinte, esse grupo de fêmeas passará à categoria VL2, ou seja, no período 39 e assim sucessivamente até chegar à VL19, momento no qual serão descartadas já que não conseguiram uma gestação.

Independente se for N ou VL, o intervalo entre serviços foi de 1 período para os cenários com IA e de 2 períodos para os cenários com IATF.

Do mesmo modo, independente da categoria, as fêmeas com perda de gestação < 90 dias voltaram ao programa reprodutivo. Já as fêmeas com perdas de gestação > 90 dias foram descartadas.

No caso do descarte voluntário de vacas (devida à baixa produção, conformação, etc.), imediatamente após do parto, a quantidade de vacas selecionadas para o descarte, passam à categoria VLD. Esta categoria tem o mesmo esquema de fluxo da categoria VL, com a diferença, que não são expostas a programa reprodutivo e transcorrido seu tempo de lactação de 19 períodos, são descartadas.

Por outro lado, se após dos períodos de espera voluntário e do programa reprodutivo as VL ficam prenhes, estas passaram à categoria VLP. Nessa categoria, encontram-se as fêmeas lactando no status de prenhe. A categoria VLP conta com 25 subcategorias começando em VLP4 até VLP28. Na medida em que os períodos passam, as fêmeas aumentam de subcategoria, assim, a modo de exemplo, as fêmeas que se encontram na subcategoria VLP4, no período 38, passarão para VLP5 ao chegar ao período 39 e assim sucessivamente até completar 11 períodos, contados desde o início da gestação até o momento em que a vaca é secada.

A continuação, as VLP que terminaram sua lactação ingressam na categoria VS. Nessa categoria, as fêmeas aguardam por 3 períodos, os quais se consideram como período seco de preparação antes de ter um novo parto e passar seguidamente a VL, começando o ciclo de novo.

3.2 MODELO MATEMÁTICO

O ciclo produtivo foi reproduzido por médio de equações, as quais estão compostas por parâmetros e variáveis. Os parâmetros, previamente mencionados são os coeficientes técnicos que representam o resultado da gestão da fazenda, como por exemplo, percentagem de mortalidade das bezerras, e também são derivados do emprego de determinada estratégia reprodutiva (tecnologia), como por exemplo, percentagem de detecção de cio em vacas. dentro das equações os parâmetros são descritos por meio de letras gregas. Já as variáveis são as categorias de animais (como por exemplo, as VS), as quais representam o aumento ou a diminuição no número de animais por categoria e por período em função de determinado parâmetro. O modelo conta com 10 variáveis (categorias) e 76 subcategorias.

Cada período é constituído por 36 equações, totalizando 15.300 equações nos 25 anos analisados. Com o intuito de exemplificar melhor este processo, apresentam-se a seguir algumas das equações usadas no modelo matemático.

As vacas em lactação prenhes após da primeira IA são obtidas por meio de:

$$VLP1_t = (VLD1_t \theta \Lambda)(1 - \beta) \quad (1)$$

Sendo:

$VLP1_t$: vacas em lactação prenhes após da primeira IA no período t; $VLD1_t$: vacas em lactação disponíveis para primeiro serviço no período t; θ : % de detecção de cio nas vacas na primeira IA; Λ : % de concepção nas vacas na primeira IA; e β : % perdas de gestação em vacas < 90 dias

Após de 11 períodos gestantes e lactando, as VLP foram secas. Desta forma, conformou-se o grupo das “vacas secas”, o qual foi obtido da seguinte forma:

$$VS = \left(\left(\left(\left(\left(VLP1_{t-11} + VLP2_{t-11} + VLP3_{t-11} + VLP4_{t-11} + VLP5_{t-11} + VLP6_{t-11} + VLP7_{t-11} \right) (1 - \Pi)^{11} \right) (1 - \epsilon) \right) (1 - B) \right) \right) \forall t \quad (2)$$

Sendo:

VS : vacas secas no período t; $VLP1_{t-11}$: vacas em lactação prenhes após da primeira IA no período t-11; $P2_{t-11}$: vacas em lactação prenhes após da segunda IA no período t-11; $VLP3_{t-11}$: vacas em lactação prenhes após da terceira IA no período t-11; $VLP4_{t-11}$: vacas em lactação prenhes após da quarta IA no período t-11; $VLP5_{t-11}$: vacas em lactação prenhes após da quinta IA no período t-11; $VLP6_{t-11}$: vacas em lactação prenhes após da sexta IA no período t-11; $VLP7_{t-11}$: vacas em lactação prenhes após da sétima IA no período t-11; Π : % mortalidade em vacas em lactação; ϵ : % de mortalidade em adultos; e B : % perdas de gestação em vacas > 90 dias.

A proporção de fêmeas e machos nascidos é produto do manejo reprodutivo das vacas e das novilhas, em consequência está de acordo com a tecnologia de sêmen usada. A quantidade de machos nascidos após do manejo reprodutivo interno foi calculada de acordo com a formula:

$$CM_t = \left(\left(\left(\left(\left(\left(\left(\left(\left(\xi VLP1_{t-14} + o VLP2_{t-14} + \pi VLP3_{t-14} + \gamma VLP4_{t-14} + \varphi VLP5_{t-14} + \chi VLP6_{t-14} + \rho VLP7_{t-14} \right) (1 - \Pi)^{11} \right) (1 - \epsilon) \right) (1 - B) \right) (1 - \epsilon)^3 \right) + \left(\left(\left(\left(\left(\xi NP1_{t-14} + o NP2_{t-14} + \pi NP3_{t-14} + \gamma NP4_{t-14} + \varphi NP5_{t-14} \right) (1 - \epsilon)^{14} \right) (1 - A) \right) \right) \right) \right) \right) \quad (3)$$

Onde:

CM_t : quantidade de bezerros nascidos, produto do programa reprodutivo da

fazenda, tendo em conta a tecnologia de sêmen usada no período $t > 1$; ξ : % gestações com produto macho na primeira IA; o : % gestações com produto macho na segunda IA; π : % gestações com produto macho na terceira IA; Υ : % gestações com produto macho na quarta IA; φ : % gestações com produto macho na quinta IA; χ : % gestações com produto macho na sexta IA; P : % gestações com produto macho na sétima IA; $VLP1_{t-14}$: vacas em lactação prenhes após da primeira IA no período t-14; $VLP2_{t-14}$: vacas em lactação prenhes após da segunda IA no período t-14; $VLP3_{t-14}$: vacas em lactação prenhes após da terceira IA no período t-14; $VLP4_{t-14}$: vacas em lactação prenhes após da quarta IA no período t-14; $VLP5_{t-14}$: vacas em lactação prenhes após da quinta IA no período t-14; $VLP6_{t-14}$: vacas em lactação prenhes após da sexta IA no período t-14; $VLP7_{t-14}$: vacas em lactação prenhes após da sétima IA no período t-14; $NP1_{t-14}$: novilhas prenhes na primeira IA no período t-14; $NP2_{t-14}$: novilhas prenhes na segunda IA no período t-14; $NP3_{t-14}$: novilhas prenhes na terceira IA no período t-14; $NP4_{t-14}$: novilhas prenhes na quarta IA no período t-14; $NP5_{t-14}$: novilhas prenhes na quinta IA no período t-14; Π : % mortalidade em vacas em lactação; B : % perdas de gestação em vacas > 90 dias; A : % de perdas de gestação em novilhas (> 90 dias); e ϵ : % de mortalidade em adultos.

3.3 INFORMAÇÕES ADICIONAIS DO MODELO

Informações adicionais foram divididas em dois grupos principais, contendo basicamente: entradas e saídas. Nas entradas encontram-se as informações fornecidas pelo usuário e necessárias pelo modelo para fazer os cálculos. Já nas saídas encontram-se os resultados gerados pelo modelo, os quais são produto da interação das equações com as entradas fornecidas pelo usuário.

3.3.1 Entradas

Custos por manutenção de animais: Para cada categoria de animais foram calculados custos médios anuais para os itens de alimentação, sanidade, manejo e diagnóstico de gestação quando for o caso. Com o fim de obter os valores por período de 21 dias, o custo anual foi dividido por 17. Assim, no momento de fazer o cálculo do custo de manutenção dos animais para determinado período, por exemplo, VL para o período 1, a somatória de VL nesse período será multiplicada vezes 1/17 do custo anual para vacas em lactação e desta forma para cada uma das categorias.

Custos derivados da estratégia reprodutiva: Para o cálculo dos custos reprodutivos levou-se em consideração os preços dos equipamentos necessários para um programa reprodutivo com sua respectiva depreciação, preço dos acessórios, preço do sêmen e preço dos produtos usados no protocolo de sincronização.

Custos de mão de obra: As necessidades de mão de obra por ano foram condicionadas à produção de leite. Desta forma, é pré-estabelecida uma produtividade em litros de leite por homem por dia, de acordo com a realidade da propriedade, com a qual, o número de funcionários é determinada em função da quantidade de leite produzida. Posteriormente, a quantidade de funcionários é multiplicada vezes o valor do salário, mais os encargos trabalhistas.

Preços dos produtos para venda: Foram considerados como fonte de ingressos para o modelo os seguintes produtos: i) leite (litro); ii) vacas de descarte (unidade); iii) bezerros <10 dias de idade (unidade); iv) novilhas prenhes (unidade); e v) fêmeas de engorda (unidade). Foi atribuído valor comercial para cada um desses produtos.

Investimentos: Foram considerados como investimentos os animais, as instalações e os equipamentos no período 0. Assim os animais já existentes foram valorados e considerados como investimento inicial. O valor da terra não foi considerado dentro dos investimentos.

3.3.2 Saídas

Inventário animal: Com base nas interações entre os parâmetros e as categorias, o modelo calcula os inventários totais por cada período. A lógica geral das análises do modelo se baseia em que as variações nas receitas e despesas estão estreitamente vinculadas à variação no inventário animal e por sua vez, esse inventário estará em função da variação de parâmetros consequência do cenário considerado.

Receitas: Consideram-se unicamente aquelas provenientes da produção de leite e venda de animais. Assim, com o propósito de simular a produção de leite da forma mais próxima possível à realidade, considerou-se a variação da produção no decurso da lactação como uma função do pico de produção. Desta forma, a lactação foi dividida em 28 períodos de 21 dias, atribuindo-lhe a cada período uma percentagem do pico de produção. Por exemplo, a produção no período 1 será 75% do pico de produção, no período 2 será 85%, no período 3 será 95%, no período 4 será do 100%, já no período 5 será de 90% do pico de produção e assim sucessivamente de acordo com as características da propriedade estudada. Seguidamente, a somatória de vacas de acordo com seu tempo de lactação foi multiplicada vezes a produção de leite correspondente com o tempo de lactação, vezes os 21 dias do período. Além disso, consideraram-se basicamente os ingressos provenientes pelas vendas

dos animais das categorias CM, VLD, NP e FE em cada período.

Despesas: Foram calculadas multiplicando a quantidade de animais por categoria, vezes o custo por categoria. Além disso, os custos reprodutivos serão atribuídos ao número de animais que ingressa no programa reprodutivo, dependendo da estratégia adotada e do desempenho estabelecido para cada uma.

Análise de fluxo de caixa: Finalmente após de ter disponíveis as informações das entradas e as saídas do modelo, estas são organizadas de maneira que sejam analisadas objetivamente. Para facilitar o entendimento, o fluxo de caixa foi desenvolvido em períodos anuais durante 25 anos. Tendo em conta que as saídas do modelo estão em períodos de 21 dias, seus resultados foram somados para cada item (receitas e despesas) por 17 períodos (17 períodos x 21 dias = 357 dias) para obter um ano de informações e assim ser usado na análise. Informações a partir de ano 1 (que inicia no período 1), e até o ano 25 (que finaliza no período 425), foram levadas em conta na análise de fluxo de caixa.

Consideraram-se como investimentos (despesas no ano 0), o valor total do inventário de animais no primeiro período levado em consideração, período 1, somado às instalações e equipamentos disponíveis no mesmo período. É importante ressaltar que a terra não foi considerada dentro dos investimentos. Finalmente, fixou-se uma taxa de desconto igual para os quatro cenários. Com base no fluxo de caixa obtido, foram calculados o payback, o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR), como técnicas de análise econômica.

4. APLICAÇÃO DO MODELO

No caso específico deste estudo, simularam-se os efeitos do uso de IA e IATF, considerando, ou não, o uso de sêmen sexado sobre o desempenho técnico e econômico de um rebanho leiteiro com capacidade (instalações e terra) para manter aproximadamente 100 vacas em lactação. A média de produção de leite de 28,2 litros por dia e um pico de produção de 39 litros. Os valores para os parâmetros produtivos são apresentados na tabela 1 e os valores para os parâmetros reprodutivos em novilhas e em vacas de acordo com cada cenário serão apresentados nas tabelas 2 e 3, respectivamente.

Considerou-se que os nascimentos, provenientes da IA com sêmen sexado, têm uma proporção de 85,7% fêmeas e 14,3% machos (Chebel et al., 2010). No caso do sêmen convencional, esta proporção foi de 46,7% fêmeas e 53,3% machos (Silva del Río et al., 2007).

Foram estimados os equipamentos e acessórios necessários para realizar 600 inseminações por ano. De acordo com isto foi calculado um custo de R\$ 2,70 por IA independente do sêmen e do protocolo de sincronização,

se for o caso. Nos cenários que incluíam a IATF como parte da estratégia reprodutiva, foi usado um protocolo com base em progesterona e estradiol com um custo de R\$ 23,50 por animal tratado. O custo por palheta de sêmen convencional e sexado foi de R\$ 30,00 e R\$ 90,00 respectivamente. Foi calculado um custo para cada categoria animal correspondente aos itens de alimentação, sanidade, manejo, e diagnóstico de gestação se for o caso. Os valores totais para cada uma das categorias se encontram na tabela 4.

Tabela 1. Parâmetros produtivos do rebanho

Parâmetro	Valor	Fonte
Mortalidade dos bezeros, %	6,5	Giordano et al., 2012
Mortalidade das bezerras < 1 ano, %	5,0	Giordano et al., 2012
Mortalidade de animais adultos, %	1,0	Overton, 2005
Mortalidade de vacas em lactação, %	6,6	Pinedo et al., 2010

Tabela 2. Parâmetros reprodutivos em novilhas

Parâmetro ¹	IAC	IAS	IATFC	IATFS	Fonte
PG < 90 d, %	8,0	8,0	8,0	8,0	Seidel & Schenk, 2008
PG > 90 d, %	1,7	1,7	1,7	1,7	Galvão et al., 2013
TDC, %	65,0	65,0	100,0	100,0	Giordano et al., 2012
TC, %	56,3	39,0	56,3	39,0	Kuhn et al., 2006 e Norman et al., 2010

¹ PG < 90 d = Perdas de gestação < 90 dias; PG > 90 d = Perdas de gestação > 90 dias; TDC = Taxa de detecção de cio; TC = Taxa de concepção.

Tabela 3. Parâmetros reprodutivos em vacas

Parâmetro ¹	IAC	IAS	IATFC	IATFS	Fonte
PG < 90 d, %	9,6	9,6	9,6	9,6	Galvão et al., 2013
PG > 90 d, %	1,7	1,7	1,7	1,7	Galvão et al., 2013
TDC, %	40,0	40,0	100,0	100,0	De Vries, 2006
TC, %	31,5	23,0	31,5	23,0	Dejarnette et al., 2008

¹ PG < 90 d = Perdas de gestação < 90 dias; PG > 90 d = Perdas de gestação > 90 dias; TDC = Taxa de detecção de cio; TC = Taxa de concepção.

Tabela 4. Custo de manutenção anual por categoria

Categoria ¹	Custo anual de manutenção (R\$)
VL	3.301,20
CF	511,30
N	797,80
VS	279,40
NP	284,60
FJ	529,60
FE	352,60

¹ VL = vaca em lactação; (VL); CF = bezerra, ≤ 3 meses; N = novilha; VS = vaca seca; NP = novilha prenha; FJ = fêmea jovem, >3 < 12 meses; FE = fêmea de engorda.

A produtividade da mão de obra foi estimada em 500 litros por funcionário por dia. O salário mensal mais os encargos trabalhistas foram R\$ 2.070,00. Os investimentos iniciais em animais, instalações e equipamentos foram de R\$ 837.644,12. A taxa de desconto considerada foi de 12% aa. Os produtos vendidos e seus preços são apresentados na tabela 5.

Tabela 5. Preços dos produtos vendidos

Produto ¹	Valor (R\$)
Litro de leite	0,90
VLD	1.200,00
CM	80,00
NP	2.800,00
FE	1.300,00

¹VL = vaca em lactação descarte; CM = bezerro; NP = novilha prenhe; FE = fêmea de engorda.

4.1 EFEITOS DA ESTRATÉGIA REPRODUTIVA SOBRE O DESEMPENHO DO REBANHO

4.1.1 Composição

A figura 1 descreve a evolução do rebanho ao longo dos 25 anos (425 períodos) de simulação de acordo com a estratégia reprodutiva empregada. No cenário IAC, a elevada saída de animais, consequência do descarte por falhas reprodutivas, especificamente por não atingir uma gestação, resulta em uma queda constante do inventário, sem oportunidade de ser compensado pelos ingressos (nascimentos), consequentemente, com uma forte tendência ao zero (Figura 1a). A situação observada em IAS mesmo sendo melhor não é muito favorável. A maior oferta de fêmeas devida ao uso do sêmen sexado neste cenário reprimiu o efeito negativo das falhas reprodutivas sobre o número de animais, tendo a oportunidade de manter o inventario (Figura 1b). Para esses dois cenários especificamente, todas as novilhas deveram ser retidas sem possibilidades de venda. Os cenários com uso de IATF evidenciaram a vantagem que tem o aumento na taxa de serviço sobre a estabilidade na quantidade de animais no rebanho. O cenário da IATFS (Figura 1d), além de manter constante a quantidade de animais, embora em níveis um pouco menores que o IATFC, precisou reter menos NP para a reposição, quando comparado com IATFC (Figura 1c). Desta forma, no cenário IATFS foi possível aumentar em quase duas vezes a quantidade de NP vendidas.

4.1.2 Descartes

Foi marcante o efeito que a TP teve sobre a estrutura e o fluxo das categorias de animais do rebanho ao longo do tempo. Este efeito foi particularmente negativo nos cenários IAC e IAS. As TPs inferiores de 13%, consideradas para as VL, somadas à política de descarte estabelecida (após de 7 IA em vacas e 5 em novilhas, a fêmea vazia será descartada) demarcaram um panorama de descarte de animais bastante elevado. Em média, para os 25 anos, taxas de descarte de 37,6% e 47,0% foram observadas respectivamente para IAC e IAS. Já para os cenários com IATF, estas taxas foram menores, sendo de 28,9% e 30,3%, respectivamente para IATFC e IATFS (Figura 2).

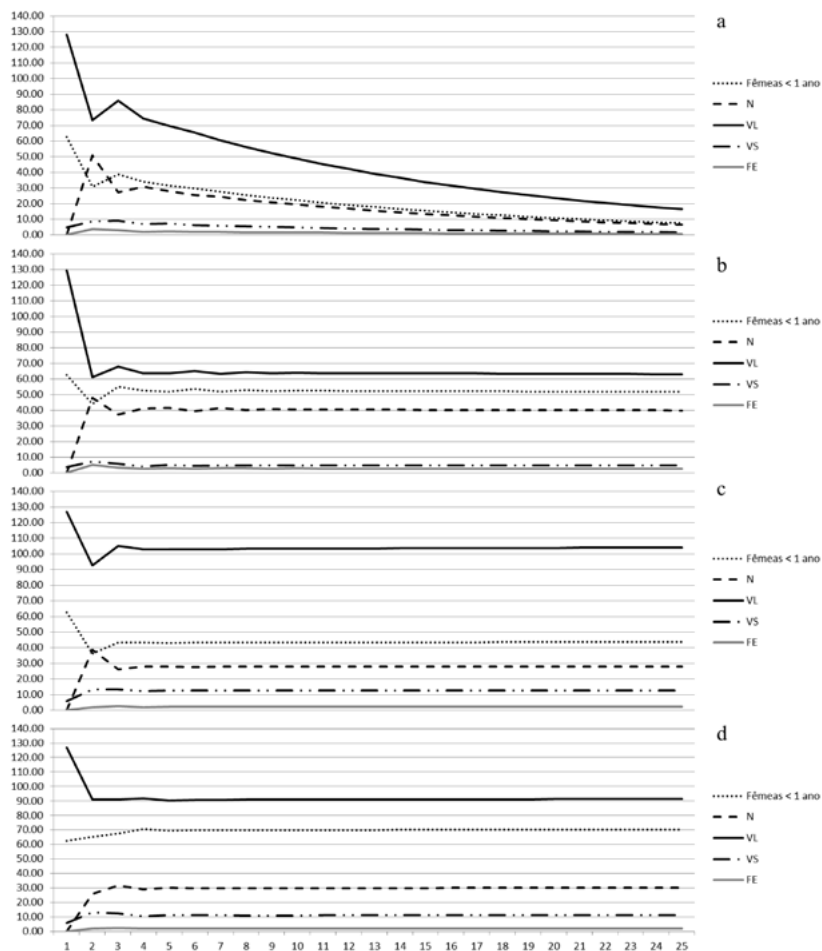


Figura 1. Inventário de diferentes categorias de animais ao longo de 25 anos: a. IAC, b. IAS, c. IATFC, e d. IATFS.

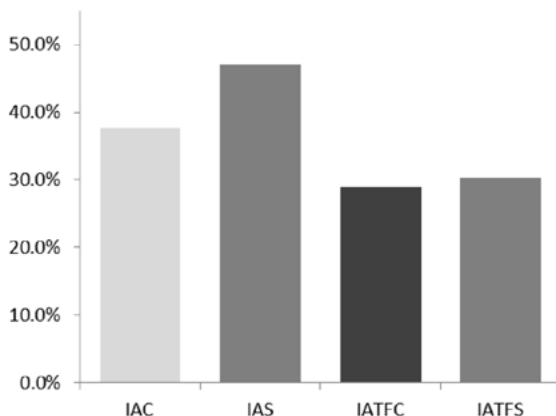


Figura 2. Taxa de descarte do rebanho dependendo da estratégia reprodutiva.

4.1.3 Receitas

A simulação permitiu discriminar a fonte dos ingressos de acordo com cada programa reprodutivo no intervalo de tempo estudado. Assim, para o cenário IAC, os 94,3% do total dos ingressos, nos 25 anos estudados, tiveram como origem a venda do leite e o restante 5,7% foi resultado da venda de animais. Por parte do IAS, a proporção de ingressos foi de 92,0% e 8,0% para o leite e animais, respectivamente. O cenário IATFC apresentou valores de 92,8% e 7,2% para venda de animais. Já o cenário de IATFS teve 86,5% dos seus ingressos originados no leite e 13,5% por venda de animais.

4.1.4 Despesas

A relação entre os custos por categoria e o fluxo do inventário, período após período, determinou as despesas correspondentes à manutenção dos animais do rebanho. Essas despesas mudam de acordo à estratégia reprodutiva empregada, devido à influência que esta exerce na estrutura do rebanho. Com o auxílio da figura 3 pode-se observar que os cenários com uso de sêmen sexado (IAS – IATFS), apresentam leves diferenças na distribuição das despesas, especificamente com aumentos nos custos das fêmeas menores de um ano, consequência do aumento de animais nestas categorias. Os custos decorrentes da estratégia reprodutiva não se encontram considerados neste ponto.

Em relação ao programa reprodutivo, o modelo de simulação permitiu relacionar os custos de cada manejo reprodutivo com a quantidade média de

fêmeas (vacas e novilhas) que entraram no programa reprodutivo. Assim, para os vinte e cinco anos de referência, foram calculados os custos médios em que se incorreu, quando se decidiu por uma das estratégias reprodutivas estudadas. É válido apontar que essas variações são dependentes, tanto do custo por animal, como da quantidade de fêmeas sendo tratadas.

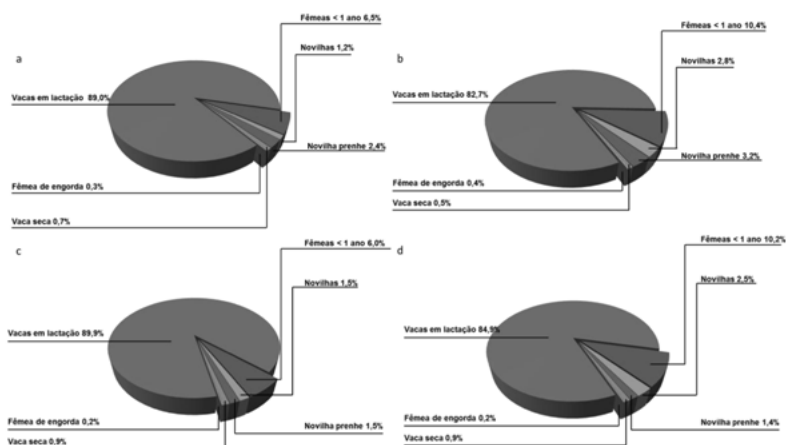


Figura 3. Participação média de cada uma das categorias animais, nas despesas por nutrição e sanidade no intervalo estudado para cada cenário: a. IAC, b. IAS, c. IATFC, e d. IATFS.

A tabela 6 sinaliza que uma maior adoção de tecnologia efetivamente envolve uma maior quantidade de recursos. O custo por serviço no cenário IATFS superou em 3,5 vezes o custo do IAC. Os cenários com sêmen sexado apresentam um aumento significativo quando comparado com os outros.

Tabela 6. Quantidade média de fêmeas tratadas, custo por serviço e custo médio anual do manejo reprodutivo do rebanho para cada cenário no intervalo de tempo analisado

Cenário	Fêmeas tratadas	Custo/Serviço (R\$)	Custo Total Serviços/Rebanho (R\$)
IAC	124	32,70	4.054,80
IAS	242	92,70	22.433,40
IATFC	471	56,20	26.470,20
IATFS	491	116,20	57.054,20

4.1.5 Viabilidade econômica das estratégias reprodutivas empregadas

Para a análise do investimento foi utilizado o sistema de fluxo de caixa descontado, que se baseia nas entradas e saídas de caixa por ano (somatória de 17 períodos). Foram considerados os investimentos (compra de animais, instalações e equipamentos), as receitas (venda de animais e venda de leite) e as despesas (alimentação, sanidade, manejo, reprodução e mão de obra). Baseados no fluxo de caixa obtido foram calculados o payback, VPL e a TIR como técnicas de análises da viabilidade econômica. O VPL foi calculado considerando um período de 25 anos e uma taxa de desconto de 12% ao ano.

Com base nos fluxos de caixa foram calculados os indicadores de viabilidade econômica para os quatro cenários. A tabela 7 apresenta a organização dos indicadores. Para tanto, definiu-se como base de comparação o cenário IAC, que é o cenário com menos investimentos em tecnologia. Assim, para o cenário IAC o VPL do investimento foi de R\$2.117.889,90 e o resultado do cálculo da TIR foi de 65,6% ao ano (aa). Para o cenário IAS, o valor do VPL foi de R\$ 2.270.095,70 e a TIR de 58,5% aa. Os resultados para VPL e a TIR do cenário IATFC foram respectivamente R\$ 3.835.643,20 e 74,1% aa. Já o cenário da IATFS o VPL resultou em R\$ 3.523.583,70 e a TIR foi de 70,5% aa. Para todos os cenários o payback ocorreu no ano 2.

Tabela 7. Resultados do payback, VPL e TIR como técnicas de análises da viabilidade econômica para os diferentes cenários propostos

Cenário	Payback	VPL* (R\$)	Varição do VPL**	TIR	Varição da TIR***
IATFS	2	3.523.583,7	66,4%	70,5%	7,5%
IATFC	2	3.835.643,2	81,1%	74,1%	12,9%
IAS	2	2.270.095,7	7,2%	58,5%	-10,8%
IAC	2	2.117.889,9	0,0%	65,6%	0,0%

* VPL considerando período de 25 anos e taxa de desconto de 12% ao ano

**Varição do VPL (Base: IAC)

***Varição da TIR (Base: IAC)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo de simulação desenvolvido permite avaliar a viabilidade econômica do uso de biotecnologias reprodutivas como IA, IATF e o sêmen sexado em rebanhos leiteiros. Adicionalmente o modelo acompanha a variação no comportamento de diferentes atividades de interesse econômico dentro do rebanho, permitindo assim discriminar as categorias de animais e sua participação no total das mortes, vendas e descartes.

A simulação realizada demonstrou que o sêmen convencional, quando usado com IATF, apresenta o desempenho econômico mais satisfatório, devido

principalmente a que esta combinação apresenta os melhores parâmetros reprodutivos. Porém, o cenário da IATF usando sêmen sexado, pode ser uma alternativa interessante em contextos que apresentem maior valor de venda para as novilhas, por exemplo, rebanhos puros de origem.

É primordial ressaltar que os resultados acima apresentados são baseados em dados da literatura. Portanto, só será possível ter conclusões individuais na medida em que as informações fornecidas ao modelo sejam próximas à realidade da situação estudada.

6. REFERÊNCIAS

BARUSELLI, P. S.; AYRES, H.; SOUZA, A.H.; MARTINS, C.M.; GIMENES, L.U.; TORRES-JÚNIOR, J. Impacto da IATF na eficiência reprodutiva em bovinos de corte. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE REPRODUÇÃO ANIMAL APLICADA, 2., 2006, Londrina. Anais...São Paulo, 2006. p. 113-132.

BARUSELLI, P. S.; SALES, J.N.S.; SALA, R.V.; VIEIRA, L.M.; SÁ FILHO, M.F. History, evolution and perspectives of timed artificial insemination programs in Brazil. *Animal Reproduction*, Belo Horizonte, v. 9, n. 3, p. 139-152, 2012.

BASCOM, S.; YOUNG, A. A summary of the reasons why farmers cull cows. *Journal of Dairy Science*, New York, v. 81, n. 8, p. 2299-2305, 1998.

BÓ, G.; BARUSELLI, P.; MAPLETOFT, R. Synchronization techniques to increase the utilization of artificial insemination in beef and dairy cattle. *Animal Reproduction*, Belo Horizonte, v. 10, n. 3, p. 137-142, 2013.

BRITT, J. H. Enhanced reproduction and its economic implications. *Journal of Dairy Science*, New York, v. 68, n. 6, p. 1585-1592, 1985.

CABRERA, V. Economics of fertility in high-yielding dairy cows on confined TMR systems. *Animal*, Cambridge, v. 8, n. 1, p. 211-221, 2014.

CARTMILL, J. A.; EL-ZARKOUNY, S.Z.; HENSLEY, B.A.; ROZELL, T.G.; SMITH, J.F.; STEVENSON, J.S. An alternative al breeding protocol for dairy cows exposed to elevated ambient temperatures before or after calving or both. *Journal of Dairy Science*, New York, v. 84, n. 4, p. 799-806, 2001.

CEZAR, I. M. Modelo bioeconômico de produção de bovino de corte: I: descricao do modelo. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, Brasília, v. 17, p. 941-949, 1982

CHEBEL, R.; SANTOS, J.E.; REYNOLDS, J.P.; CERRI, R.L.; JUCHEM, S.O.; OVERTON, M. Factors affecting conception rate after artificial insemination and pregnancy loss in lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science*, Amsterdam, v. 84, n. 3-4, p. 239-255, 2004.

CHEBEL, R.; GUAGNINI, F. S.; SANTOS, J. E. P.; FETROW, J. P.; LIMA, J. R. Sex-sorted semen for dairy heifers: effects on reproductive and lactational performances. *Journal of Dairy Science*, New York, v. 93, n. 6, p. 2496-2507, 2010.

DE MEDEIROS, H. R. Avaliação de modelos matemáticos desenvolvidos para auxiliar a tomada de decisão em sistemas de produção de ruminantes em pastagens. 2003. 98 f. Teses (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiros, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

- DE VRIES, A. Economic value of pregnancy in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, New York, v. 89, n. 10, p. 3876-3885, 2006.
- DE VRIES, A. Economic value of a marginal increase in pregnancy rate in dairy cattle. *Journal of Animal Science*, New York, v. 85, p. 423-423, 2007.
- DE VRIES, A.; VAN LEEUWEN, J.; THATCHER, W. W. Economics of improved reproductive performance in dairy cattle. Gainesville: Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 2011.
- DEJARNETTE, J. M.; NEBEL, R.L.; MARSHALL, C.E.; MORENO, J.F.; MCCLEARY, C.R.; LENZ, R.W. Effect of sex-sorted sperm dosage on conception rates in Holstein heifers and lactating cows. *Journal of Dairy Science*, New York, v. 91, n. 5, p.1778-85, 2008.
- DOBSON, H.; WALKER, S.L.; MORRIS, M.J.; ROUTLY, J.E.; SMITH, R.F. Why is it getting more difficult to successfully artificially inseminate dairy cows? *Animal*, Cambridge, v. 2, n. 8, p. 1104-1111, 2008.
- FETROW, J.; NORDLUND, K.; NORMAN, H. Invited review: culling: nomenclature, definitions, and recommendations. *Journal of Dairy Science*, New York, v. 89, n. 6, p. 1896-1905, 2006.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS .La situación de los recursos zogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura. Editado por Barbara Rischkowsky y Dafydd Pilling. Rome: FAO, 2010. 555 p.
- ESPITIA MANRIQUE, C. H. Modelos não lineares, alometria e dinâmica de macromoléculas para analisar o crescimento do Acará Bandeira (*Pterophyllum scalaris*). 2012. 98 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- ETTEMA, J.; OSTERGAARD, S. Economics of sex-biased milk production. *Journal of Dairy Science*, New York, v. 98, n. 2, p. 1078-1081, 2015.
- GALVÃO, K. N.; FEDERICO, P.; DE VRIES, A.; SCHUENEMANN, G. M. Economic comparison of reproductive programs for dairy herds using estrus detection, timed artificial insemination, or a combination. *Journal of Dairy Science*, New York, v. 96, n. 4, p. 2681-2693, 2013.
- GAMEIRO, A. H. Análise econômica aplicada à zootecnia: avanços e desafios. In: SANTOS, M. V. et al. (Org.). *Novos desafios da pesquisa em nutrição e produção animal*. Pirassununga: 5D, 2009. p. 9-32.
- GIORDANO, J.; KALANTARI, A.S.; FRICKE, P.M.; WILTBANK, M.C.; CABRERA, V.E. A daily herd Markov-chain model to study the reproductive and economic impact of reproductive programs combining timed artificial insemination and estrus detection. *Journal of Dairy Science*, New York, v. 95, n. 9, p. 5442-5460, 2012.
- HINDE, K.; CARPENTER, A.J.; CLAY, J.S.; BRADFORD, B.J.; Holsteins favor heifers, not bulls: biased milk production programmed during pregnancy as a function of fetal sex. *PLoS one*, San Francisco, v. 9, n. 2, p. e86169, 2014.
- KUHN, M.; HUTCHISON, J.; WIGGANS, G. Characterization of Holstein heifer fertility in the United States. *Journal of Dairy Science*, New York, v. 89, n. 12, p. 4907-4920, 2006.
- LEBLANC, S. Economics of improving reproductive performance in dairy herds. In: WESTERN CANADIAN DAIRY SEMINAR, ADVANCES IN DAIRY TECHNOLOGY 2007, Alberta. Proceedings... Alberta, 2007. p. 201-214.

- LIMA, F. S.; DE VRIES, A.; RISCO, C. A.; SANTOS, J. E. P.; THATCHER, W. W. Economic comparison of natural service and timed artificial insemination breeding programs in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, New York, v. 93, n. 9, p. 4404-4413, 2010.
- LOVATTO, P. A.; SAUVANT, D. Modelagem aplicada aos processos digestivos e metabólicos do suíno. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 663-670, 2001.
- MEADOWS, C.; RAJALA-SCHULTZ, P. J.; FRAZER, G. S. A spreadsheet-based model demonstrating the nonuniform economic effects of varying reproductive performance in Ohio dairy herds. *Journal of Dairy Science*, New York, v. 88, n. 3, p. 1244-1254, 2005.
- NATIONAL ANIMAL HEALTH MONITORING SYSTEM. Bull management practices on U.S. beef cow-calf. 2009a. Disponível em: <http://www.aphis.usda.gov/animal_health/nahms/beefcowcalf/downloads/beef0708/Beef0708_is_BullMgmt.pdf>. Acesso em: 8 dez. 2014.
- NATIONAL ANIMAL HEALTH MONITORING SYSTEM. Dairy 2007, Part IV: reference of dairy cattle health and management practices in the United States, 2009b. Disponível em: <http://www.aphis.usda.gov/animal_health/nahms/dairy/downloads/dairy07/Dairy07_dr_PartIV.pdf>. Acesso em: 8 dez. 2014.
- NORMAN, H.; HUTCHISON, J.; MILLER, R. Use of sexed semen and its effect on conception rate, calf sex, dystocia, and stillbirth of Holsteins in the United States. *Journal of Dairy Science*, New York, v. 93, n. 8, p. 3880-3890, 2010.
- OVERTON, M. Cost comparison of natural service sires and artificial insemination for dairy cattle reproductive management. *Theriogenology*, Philadelphia, v. 64, n. 3, p. 589-602, 2005.
- PENTEADO, L.; SÁ FILHO, M.F.; REIS, E.L.; TORRES-JÚNIOR, J.R.S.; MADUREIRA, E.H.; BARUSELLI, P.S. Eficiência reprodutiva em vacas Nelore (*Bos indicus*) lactantes submetidas a diferentes manejos durante a estação de monta. In: REUNIÃO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 16., 2005, Goiânia. Anais... Goiânia, 2005.
- PINEDO, P.; DE VRIES, A.; WEBB, D. Dynamics of culling risk with disposal codes reported by dairy herd improvement dairy herds. *Journal of Dairy Science*, New York, v. 93, n. 5, p. 2250-2261, 2010.
- RODGERS, J. C.; BIRD, S.L.; LARSON, J.E.; DILORENZO, N.; DAHLEN, C.R.; DICOSTANZO, A.; LAMB, G.C. An economic evaluation of estrous synchronization and timed artificial insemination in suckled beef cows. *Journal of Animal Science*, Chamapign, v. 90, n. 11, p. 4055-4062, 2012.
- SÁ FILHO, M. GIROTTI, R.; ABE, E.K.; PENTEADO, L.; CAMPOS FILHO, E.P.; MORENO, J.F.; SALA, R.V.; NICHI, M.; BARUSELLI, P.S. Optimizing the use of sex-sorted sperm in timed artificial insemination programs for suckled beef cows. *Journal of Animal Science*, Chamapign, v. 90, n. 6, p. 1816-1823, 2012.
- SÁ FILHO, M.F.; PENTEADO, L.; REIS, E.L.; REIS, T.A.; GALVÃO, K.N.; BARUSELLI, P.S. Timed artificial insemination early in the breeding season improves the reproductive performance of suckled beef cows. *Theriogenology*, v. 79, n. 4, p. 625-632, 2013.
- SARTORI, R.; BASTOS, M. R.; WILTBANK, M. C. Factors affecting fertilisation and early embryo quality in single-and superovulated dairy cattle. *Reproduction, Fertility and Development*, Clayton, v. 22, n. 1, p. 151-158, 2009.
- SEIDEL, G.; SCHENK, J. Pregnancy rates in cattle with cryopreserved sexed sperm: effects of sperm numbers per inseminate and site of sperm deposition. *Animal Reproduction Science*, Amsterdam, v. 105, n. 1, p. 129-138, 2008.

SHALLOO, L.; CROMIE, A.; MCHUGH, N. Effect of fertility on the economics of pasture-based dairy systems. *Animal*, Cambridge, v. 8, n. s1, p. 222-231, 2014.

SILVA DEL RÍO, N.; STEWART, S.; RAPNICKI, P.; CHANG, Y.M.; FRICKE, P.M. An observational analysis of twin births, calf sex ratio, and calf mortality in Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, New York, v. 90, n. 3, p. 1255-1264, 2007.

VISHWANATH, R. Artificial insemination: the state of the art. *Theriogenology*, Philadelphia, v. 59, n. 2, p. 571-584, 2003.