ESTRATÉGIAS ÓTIMAS DE DESCARTE DE MATRIZES EM SUINICULTURA[1]

EDGAR AUGUSTO LANZER[2] e JOSÉ FERNANDO DA S. PROTAS[3]

RESUMO - O presente trabalho analisa o problema de elaboração de estratégias de descarte de fêmeas reprodutoras, de modo a maximizar a média de leitões desmamados por matriz por ano, na exploração suinícola. A questão é inicialmente examinada do ponto de vista teórico, revisando-se modelos aplicáveis ao caso. A seguir, estes modelos são aplicados a um conjunto de dados empíricos de uma granja comercial de Santa Catarina. Os resultados indicam que o uso de estratégias mais elaboradas de descarte de fêmeas é capaz de elevar substancialmente a eficiência do plantel reprodutor da empresa a custos virtualmente nulos. Esta eficiência poderia ser ainda aumentada pela descoberta de métodos eficientes na seleção de matrizes para reposição, embora o retorno à pesquisa nesta área seja limitado pela baixa repetibilidade do tamanho da leitegada.

Termos para indexação: eficiência econômica.

OPTIMUM SOW REPLACEMENT STRATEGIES IN SWINE PRODUCTION

ABSTRACT - This research deals with the problem of determining optimal disposal strategies for sows in the sense of maximizing the average of weaned piglets per litter per year of the production unit. Methods for determining optimal disposal policies were reviewed and thus applied to a set of data for a production unit located in Santa Catarina. The results indicate that more elaborated sow disposal strategies can increase significantly the reproductive efficiency in swine production at neglegible costs. This efficiency may be somewhat further increased through the discovery of better methods for choosing the reposition females. However, return to research in this area seems to be constrained by the fact that litter size repeatability seems to be low among swine.

Index terms: economic efficiency.

INTRODUÇÃO

Nas atividades de criação de animais o rebanho reprodutor constitui capital com custos de aquisição e manutenção bastante significativos. O aumento da eficiência técnica deste capital, medida pela capacidade reprodutiva e criatória, dilui o custo médio dos animais produzidos e aumenta a renda do empréstimo rural (Bauman et al. 1966, Smidt & Ellendorf 1972, Mielitz et al. 1979 e Protas & Talamini 1982).

Assim, na suinicultura, merecem especial atenção os fatores que influem no número de leitões desmamados por matriz por ano. Este índice, para uma dada matriz, é definido pelo produto do número de leitões por parto, da taxa de sobrevivência entre o parto e a desmama e do número de partos por ano.

O número de partos por fêmea por ano depende crucialmente da extensão do período de aleitamento da leitegada, tendo sido observado que a redução daquele período permite significativo aumento na eficiência reprodutiva (Self & Grummer 1958). Todavia, os leitões submetidos ao desmame precoce requerem ração e cuidados especiais. A relação benefício: custo desta prática ainda não foi estabelecida.

Por outro lado, o total de leitões desmamados por parto por matriz varia com a capacidade reprodutiva e a capacidade criatória da fêmea, dependendo, enfim, do seu estado nutricional, de sua raça e de fatores fisiológicos que vão se alterando de acordo com sua idade (Hartsock & Graves 1976 e Fedalto 1979). Assim é que, fixando os fatores nutricionais e a raça, a eficiência reprodutiva de uma matriz depende de características endógenas que mudam de acordo com o estádio de sua vida. Vários autores (Shelby 1967, Irgang 1977 e Fedalto 1979) têm observado que a produtividade das matrizes tende a aumentar até o quarto ou quinto parto e decrescer a partir de então. Todavia, estes autores evitam fazer recomendações quanto ao descarte de fêmeas. A questão, todavia,

[1] Aceito para publicação em 18 de abril de 1985.

[2] Eng.-Agr., Ph.D., EMBRAPA/DEP, Rua Gonçalves Dias, 570, CEP 90000 Porto Alegre, RS.

[3] Econ., M.Sc., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (CNPSA), Caixa Postal D-3, CEP 89700 Concórdia, SC.

é importante, pois o descarte precoce ou tardio das matrizes afeta o rendimento médio do rebanho reprodutor.

O objetivo do presente trabalho é o de avaliar estratégias alternativas de descarte de matrizes com vistas à elevação da eficiência reprodutiva em empresas suinícolas.

Após a revisão dos modelos teóricos de análise, parte-se para um estudo de caso. O problema é analisado inicialmente em termos determinísticos e, a seguir, em termos probabilísticos. Por fim, as possibilidades potenciais do ganho em eficiência reprodutiva, através da pesquisa biológica com indicadores daquela eficiência, são estimadas através de uma análise de sensibilidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Métodos

São revisados alguns modelos teóricos disponíveis na literatura para a análise de substituição de bens de capital. Uma apresentação detalhada do assunto pode ser encontrado em Jorgenson et al. (1967).

Substituição de bens de capital em condições determinísticas

A análise econômica de problema de substituição de bens de capital em condições determinísticas e com tempo contínuo pode ser encontrada em Henderson & Quandt (1971). A equação geral da análise é:

$$L_k = [\int_0^T Z(t)\ e^{-it}\,dt - Io + S(T)\,e^{-iT}]\,e^{-i(k-1)T} \qquad (1)$$

onde L_k é valor presente dos lucros proporcionados pela k-ésima máquina de uma seqüência na qual cada máquina custa Io, apresenta um valor residual S(T) na idade de descarte T, gera um fluxo de quase-renda cuja taxa é dada por Z(t), e os valores todos são atualizados pela taxa de juros i.

A partir da equação básica é possível demonstrar que o valor presente de uma seqüência infinita de máquinas substituídas com a idade T é:

$$L = \sum_{k=1}^{\infty} L_k = \frac{1}{1 - e^{-iT}}\ [\int_0^T Z(t) e^{-it}\,dt - Io + S(T)\ e^{-iT}] \qquad (2)$$

Para determinar a idade de substituição T que maximiza L, a seguinte expressão deve ser resolvida (Henderson & Quandt 1971):

$$Z(T) + S'(T) = \frac{1}{\sigma}\,[\int_0^T Z(t)\,e^{-it}\,dt - Io + S(T)] \qquad (3)$$

onde $\sigma = (1-e^{-iT})/1$. A condição (3) é interpretada como a condição necessária para o estabelecimento da idade e substituição de um equipamento de capital quando sua taxa marginal do fluxo de quase-renda anual (líquida da depreciação) igualar o valor presente do retorno anual médio de uma máquina nova (líquido de seu custo de investimento e do valor residual do equipamento antigo).

Por outro lado, no caso de intervalos de tempo discreto e horizontes finitos, os modelos operacionais de análise de substituição em condições determinísticas podem tomar a forma de programação linear (Wagner 1969) ou de programação dinâmica (Bellman & Dreyfus 1962).

Substituição de bens de capital em condições probabilísticas

Digressão sobre cadeias de Markov

Um processo markoviano é definido como um processo estocástico finito com funções-evento $f_0, f_1, \ldots, f_v$ no qual o estado inicial, dado por f_0, é fixo, e que

$$(a)\ Pr\left\{f_v = S_t / f_{v-1} = S_x\ f_{v-2} = S_k\ \ldots\ f_1 = S_m\right\} = Pr\left\{f_v = S_t/f_{v-1} = S_x\right\} e$$

$$(b)\ Pr\left\{f_v = S_t/f_{v-1} = S_x\right\} = Pr\left\{fz = S_t/f_{z-1} = S_x\right\}.$$

O processo fica determinado pela especificação de um conjunto de estados ($S_1, S_2, \ldots$, Sn), por uma matriz N x N de probabilidade de transição $P = [P_{ij}]$ – onde P_{ij} é a probabilidade de o processo mudar o estado i para j em qualquer transição – e pela indicação do estado no qual o processo tem início.

Uma cadeia é um conjunto de estados tal que, se o sistema eventualmente se mover para um dos estados do conjunto, ele não mais será encontrado em outro estado não pertencente ao conjunto. Evidentemente, qualquer processo de Markov deve ter pelo menos uma cadeia.

Seja $¶_i$ (v) a probabilidade de que o sistema se encontre no estado i após a ocorrência de v transições e dado que o estado inicial (quando v = 0) é conhecido.

O vetor $¶(v) = [¶_i(v)] = [Pr\{f_v = S_i\}]$, de dimensão 1 x N, é chamado de vetor de probabilidades dos estados. É possível demonstrar que:

$$¶_i(v) = ¶(0)\ P^v \text{ ou que: } ¶(v) = ¶(v-1)\,P.$$

Um processo markoviano é dito ergódico se a passagem de um estado qualquer para outro estado do sistema for possível dentro de certo número de transições. Para os processos ergódicos existe um único vetor $¶ > 0$ tal que $¶ = ¶P$. Mais ainda, se para algum v se observa que $P^v > 0$ (matriz nula N x N), então $p^v \rightarrow S$ para $v \rightarrow \infty$. É possível demonstrar que, neste caso, cada linha de S é o vetor ¶. Então, o i-ésimo elemento de ¶ pode ser interpretado com a probabilidade de que o sistema se encontre no estado i em qualquer ponto do tempo, após a ocorrência de um grande número de transições. Se cada transição ocorre ao cabo de um período fixo de tempo t, então ¶i pode ser interpretada com a probabilidade de ocorrência de longo prazo do estado i. Como todas as linhas de S têm a ¶ então as probabilidades de longo prazo, são independentes do estado inicial do sistema (Kemeny & Snell 1960).

Programação dinâmica em cadeias de Markov

Suponha-se que em cada estado i seja possível decidir sobre uma alternativa dentre um conjunto K_1 (i 0, 1, 2, ..., N), isto é, que seja possível escolher, dentro de um conjunto de possibilidades, a i-ésima linha das probabilidades de transição do processo. Seja, então, P_{ij}^k a probabilidade que o processo irá do estado i para o estado j, dado que a decisão k foi tomada no estado i. Suponha-se, ainda, que, se o sistema efetivamente se mover do estado S_i para o estado S_j, dado que a decisão k tenha sido tomada, o agente decisório recebe o retorno r_{ij}^k.

Admita-se que, por uma razão qualquer, haja interesse em permitir que o processo passe por n transições (ou n períodos) e então seja terminado, isto é, seja n o número de etapas a ocorrer até que o processo se encerre. O objetivo do agente decisório é maximizar o valor presente dos retornos acumulados até o fim das n transições, dado que o processo se inicia com o sistema no estado S_i.

O problema consiste em selecionar a decisão que deve ser tomada para cada um dos estados que o sistema pode ocupar em cada uma das n transições remanescentes no processo, de modo a atingir o objetivo visado.

Seja $d_i(n)$ a decisão a tomar se o sistema se encontrar no estado i quando faltam n etapas para encerrar o processo (note que $d_i(n) \in k_i$). Seja $d(t) = [d_i(t)]$. O vetor d(t), de dimensão 1 x N, é chamado um vetor de política. No caso de t = n geralmente interessa apenas $d_i(n)$, a menos que se deseje conhecer também o efeito de iniciar o processo em outros estados além de S_i. O vetor $[d(n-1), d(n-2), \ldots d(0)]$ é denominado estratégia.

Seja $v_i(n)$ o valor presente de retorno acumulado em n transições, dado que uma estratégia ótima de decisões d* seja seguida e dado que o processo se tenha inicializado no estado S_i. Então:

$$v_i(n) = \underset{k \in K_i}{MAX}\, \beta \sum_{j=1}^{N} P_{ij}^k (r_{ij}^k + v_j(n-1)) \quad \text{para } n = 1,2,\ldots \quad (4)$$

onde $\beta = (1 + i)^{-1}$ e i é a taxa de juros correspondente à duração do período de tempo entre transições.

A equação (4) é uma aplicação direta do "princípio de otimalidade" de Bellman a um processo markoviano com retornos (Bellman & Dreyfus 1962 e Howard 1960).

Definido $q^k = \beta \sum_{j=1}^{N} P_{ij}^k r_{ij}$, pode-se reescrever (4) como:

$$v_i(n) = \underset{k \in K_i}{MAX} \left\{q_i^k + \beta \sum_{j=1}^{N} P_{ij}^k v_i(n-1)\right\} \quad \text{para } n = 1, 2, \ldots \quad (5).$$

As condições terminais do processo $v_i(0)$, para i = 1, 2, ..., N devem ser especificadas a priori.

A equação (5) permite encontrar $v_i(n)$ e d* através de um método recursivo. Inicia-se com n = 0 para o qual $v_i(0)$ estão pré-especificadas; então vai-se para n = 1, computa-se o retorno esperado para cada política nesta etapa, e seleciona-se, para cada i, através de comparação de efeitos de decisões alternativas, a $d_i^*(i)$ e o concomitante $v_i(1)$. A partir daí, parte-se para n = 2, e assim por diante.

Para processos markovianos ergódicos e regulares, é possível demonstrar que o vetor de decisões ótimas converge para um vetor fixo. Em outras palavras, para horizontes relativamente dilatados, a melhor decisão a ser tomada em cada estado possível de sistema é sempre a mesma.

Referências sobre programação dinâmica em cadeias de Markov na área de Economia Agrícola incluem Burt & Allison (1963), Ward & Faris (1968) e Giaever (1966), entre outros.

O estudo

A informação empírica utilizada neste trabalho é proveniente de uma granja empresarial, localizada no município de Faxinal dos Guedes, SC. Esta granja não pode ser considerada uma firma típica, pois seu dimensionamento e seu grau de vinculação ao mercado na obtenção de insumos (mão-de-obra, milho) são maiores do que os das firmas consideradas como tipicamente produtoras de suínos, na região oeste do Estado de Santa Catarina. Contudo, as técnicas empregadas na produção e os índices de desempenho zootécnico se equivalem aos das firmas típicas. Nesta granja, obtiveram-se os registros de partos de 505 matrizes, entre 1979 e 1982. As matrizes eram ou Landrace ou Large White ou cruzadas (F_1). A unidade de observação era uma matriz e as informações anotadas foram o número de leitões vivos aos 21 dias, em cada uma das leitegadas produzidas pela matriz. Adotou-se o número de leitões vivos aos 21 dias, porque esta variável reflete bem a capacidade produtiva e criatória da matriz, enquanto que o número final de leitões desmamados é algo mais dependente dos efeitos do manejo da leitegada propriamente dita.

A questão examinada na pesquisa se refere à determinação de estratégias ótimas de descarte de matrizes em granjas de criação comercial de suínos. O problema será inicialmente analisado, utilizando-se o modelo conceitual determinístico, para depois ser reanalisado, utilizando-se o modelo conceitual probabilístico. Depois será feita uma comparação dos resultados esperados em decorrência das regras de descarte resultantes de cada caso. Por fim, será feita uma análise de sensibilidade visando avaliar o potencial de ganho resultante da descoberta de melhores meios de escolha de fêmeas para reposição do descarte.

Deve ser observado que o objetivo adotado na análise foi o de maximização do número de leitões vivos acumulados por um horizonte suficientemente longo para estabilização da estratégia ótima e descontado à taxa de desconto de 3% por semestre[4]. Além disto, admitiu-se que o valor de uma matriz de descarte seria equivalente ao de uma matriz nova. Esta equivalência tem sido observada empiricamente, havendo inclusive variação de preços no mesmo sentido, isto é, quando o preço do porco baixa em nível de indústria, o preço dos reprodutores em nível de granja também baixa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estatísticas descritivas

A Tabela 1 sintetiza algumas estatísticas da amostra, observando-se que o número médio de leitões vivos aos 21 dias tende a aumentar até o quinto parto e decrescer a partir daí. A média geral de leitões por parto é alta, refletindo um nível avançado de tecnologia da granja fonte dos dados. Este aspecto deve ser levado em consideração no uso dos resultados da análise posterior. Deve ainda ser notado, na Tabela 1, que o número de partos observados nas 505 matrizes da amostra é decrescente com a ordem do parto, posto que as matrizes foram descartadas em diferentes estádios de sua vida útil.

A Tabela 2 resume os coeficientes de correlação entre os tamanhos de leitegadas aos 21 dias nos diferentes partos. As baixas correlações encontradas confirmam resultados encontrados por Strang & Smith (1979), que obtiveram correlações em torno de 0,15 para leitegadas sucessivas da mesma matriz. Assim, a repetibilidade reprodutiva em suínos parece ser relativamente pouco definida. Entretanto, é significativo o fato de não se ter observado nenhuma correlação negativa entre os tamanhos de leitegadas nos vários partos.

A Tabela 3 apresenta a matriz de probabilidades de transição estimada a partir da amostra, tendo-se adotado três classes de rendimento reprodutivo: baixo (B): até sete leitões vivos aos 21 dias; médio (M): de oito a dez leitões vivos aos 21 dias; e alto (A): onze e mais leitões vivos aos 21 dias.

Na Tabela 3, observa-se que, de modo geral, se uma matriz tem um alto rendimento num parto qualquer, existe uma grande probabilidade (entre 40% e 60%) de ela ter um alto rendimento no parto seguinte. Entretanto, não parece haver uma correspondência desta observação para matrizes que têm um baixo rendimento num parto qualquer; neste caso, em geral, a maior probabilidade é a de haver alguma melhora de rendimento para o parto seguinte.

A Tabela 4 reporta as probabilidades estimadas para cada classe de rendimento no primeiro parto e mostra o risco que o produtor enfrenta na substituição de uma matriz qualquer por outra matriz nova.

Descarte ótimo segundo o modelo determinístico simplificado

A Tabela 5 sintetiza a análise de determinação da ordem de parto ótimo para descarte de uma porca-matriz de acordo com o modelo determinístico. Note-se que: (a) cada ponto de tempo é correspondente a um parto; (b) no fluxo de quase-renda $Z(t)$ cada ponto corresponde ao número de leitões vivos aos 21 dias; (c) admitiu-se que o valor de uma porca nova era igual ao da porca de descarte ($I_o = S(T)$); e (d) foi feita uma aproximação de tempo contínuo para tempo discreto.

Um exame da Tabela 5 permite concluir que a ordem de parto ótima para descarte seria a sétima. Assim, o produtor deveria reter suas matrizes até o sétimo parto (inclusive), de modo a maximizar o fluxo acumulado de leitões produzidos em um horizonte infinito (valores futuros descontados a 3% por semestre). Esta regra, todavia, parece ser por demais simplificada para qualquer uso prático, pois reduz toda a informação requerida sobre uma matriz qualquer apenas ao número de partos já realizados. Na verdade, uma modelagem mais realista do problema requer que se descreva o estado de uma matriz qualquer, não apenas pelo número de partos já realizados, mas também pelo seu rendimento reprodutivo. Este enfoque é adotado na secção seguinte.

Descarte ótimo segundo o modelo probabilístico

A dinâmica reprodutiva de uma matriz pode ser descrita por um processo markoviano no qual

[4] Esta é, aproximadamente, a taxa de juros real adotada na alternativa financeira mais próxima ao produtor rural, isto é, a caderneta de poupança. Também é a taxa de juros adotada atualmente no crédito rural.

TABELA 1. Número de leitões vivos aos 21 dias em uma amostra de matrizes de suínos, Faxinal dos Guedes, SC.

Ordem do parto	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º
Média	7,9	9,2	9,5	9,6	9,8	9,4	9,2	9,0
Desvio-padrão	2,6	2,6	2,8	2,6	2,7	3,0	2,7	2,6
N. de casos	505	505	497	378	281	186	126	79

TABELA 2. Matriz de coeficientes de correlação entre o número de leitões vivos aos 21 dias em partos sucessivos da mesma matriz, Faxinal dos Guedes, SC.

Número de ordem dos partos	2	3	4	5	6	7	8
1	0,122	0,116	0,124	0,060	0,188	0,154	0,142
2	1,000	0,205	0,230	0,149	0,269	0,099	0,073
3	-	1,000	0,209	0,211	0,038	0,064	0,122
4	-	-	1,000	0,172	0,164	0,218	0,421
5	-	-	-	1,000	0,348	0,068	0,258
6	-	-	-	-	1,000	0,261	0,350
7	-	-	-	-	-	1,000	0,236

TABELA 3. Estimativas das probabilidades de transição entre rendimentos em partos sucessivos de matrizes de suínos, Faxinal dos Guedes, SC.

Número do parto (n)	(n + 1)			
	Rendimento*	Baixo	Médio	Alto
	Baixo	0,302	0,406	0,292
Primeiro	Médio	0,244	0,436	0,320
	Alto	0,157	0,429	0,414
	Baixo	0,313	0,406	0,281
Segundo	Médio	0,215	0,407	0,378
	Alto	0,171	0,237	0,592
	Baixo	0,292	0,392	0,316
Terceiro	Médio	0,221	0,441	0,338
	Alto	0,160	0,374	0,466
	Baixo	0,175	0,421	0,404
Quarto	Médio	0,209	0,478	0,313
	Alto	0,157	0,296	0,546
	Baixo	0,440	0,320	0,240
Quinto	Médio	0,267	0,400	0,333
	Alto	0,207	0,317	0,476
	Baixo	0,343	0,400	0,257
Sexto	Médio	0,304	0,370	0,326
	Alto	0,178	0,400	0,422
	Baixo	0,176	0,706	0,118
Sétimo	Médio	0,324	0,470	0,206
	Alto	0,107	0,500	0,393

* "Baixo" = 7 ou menos leitões vivos aos 21 dias
"Médio" = 8 a 10 leitões vivos aos 21 dias
"Alto" = 11 ou mais leitões vivos aos 21 dias.

TABELA 4. Distribuição de probabilidades das classes de rendimento no primeiro parto de porcas matrizes, Faxinal dos Guedes, SC.

Classes de rendimento*	Probabilidade
Baixo	0,400
Médio	0,462
Alto	0,138

* "Baixo" = 7 ou menos leitões vivos aos 21 dias
"Médio" = 8 a 10 leitões vivos aos 21 dias
"Alto" = 11 ou mais leitões vivos aos 21 dias.

cada estado é definido pelo número de ordem do parto e pelo rendimento obtido neste parto. Para o problema em estudo, a matriz de probabilidades de transição entre os diversos estados foi apresentada na Tabela 3. Observa-se que a cada estado deve ser tomada uma decisão: descartar ou reter a matriz. No caso de descarte, o sistema é redirigido para seu início, segundo as probabilidades para o primeiro parto (Tabela 4).

Associado à matriz de probabilidades de transição, existe uma matriz de retornos. Para a classe de rendimento "baixo" adotou-se uma média de 5,5 leitões vivos aos 21 dias; para a classe de rendimento "médio" nove leitões vivos aos 21 dias; e para a classe de rendimento "alto", doze leitões vivos aos 21 dias. Estes valores refletem, aproxima-

TABELA 5. Determinação da ordem do parto ótima para descarte de porcas-matrizes com um modelo de análise determinística simplificada.

Ordem do parto (T)	Z(T) (1)	$\frac{1}{\partial} \sum_{t=1}^{T} Z(t)\,(1+i)^{-t}$ (2)	(1) - (2)
Primeiro	7,9	7,786	0,114
Segundo	9,2	8,419	0,781
Terceiro	9,5	8,726	0,774
Quarto	9,6	8,905	0,695
Quinto	9,8	9,049	0,751
Sexto	9,4	9,086	0,314
Sétimo*	9,2	9,086	0,114 ← (1) ≅ (2)
Oitavo	9,0	9,066	-0,066

* Ordem de parto ótima para descarte.

damente, as médias observadas para as várias classes.

Uma vez definidas as matrizes de probabilidades de transição e de retornos do problema, o mesmo foi resolvido por programação dinâmica em cadeias de Markov, tendo-se obtido uma estratégia otimizada de descarte que se revelou estável para horizontes de 24 ou mais semestres.

A estratégia ótima de descarte é sintetizada na Tabela 6 e contrasta com a regra simples de descarte após o sétimo parto obtido com o modelo determinístico.

Comparação de estratégias alternativas de descarte

Para avaliar o resultado de estratégias alternativas de descarte sobre o rendimento reprodutivo médio da empresa suinícola, basta determinar qual a estrutura mais provável do rebanho de fêmeas que cada estratégia alternativa determina, isto é, que percentagem do total de fêmeas é de primeiro parto com rendimento baixo, de primeiro parto com rendimento médio, de primeiro parto com rendimento alto, do segundo parto com rendimento baixo e assim por diante. Uma vez conhecida esta estrutura, o rendimento médio será dado pela média ponderada dos rendimentos de cada classe.

A estrutura mais provável do rebanho de fêmeas reprodutoras é obtida por exponenciação da matriz de probabilidades de transição associada com cada estratégia alternativa de descarte (vetor ¶).

A Tabela 7 apresenta as estruturas mais prová-

TABELA 6. Estratégia ótima de descarte de porcas matrizes segundo a ordem do parto e rendimento observado no parto.

Número de ordem do parto	Rendimento*	Decisão ótima sobre a matriz
Primeiro	Baixo	Reter
	Médio	Reter
	Alto	Reter
Segundo	Baixo	Reter
	Médio	Reter
	Alto	Reter
Terceiro	Baixo	Reter
	Médio	Reter
	Alto	Reter
Quarto	Baixo	Reter
	Médio	Reter
	Alto	Reter
Quinto	Baixo	Descartar
	Médio	Reter
	Alto	Reter
Sexto	Baixo	Descartar
	Médio	Descartar
	Alto	Reter
Sétimo	Baixo	Descartar
	Médio	Descartar
	Alto	Reter
Oitavo	Baixo	Descartar
	Médio	Descartar
	Alto	Descartar

* "Baixo" = até 7 leitões vivos aos 21 dias
"Médio" = de 8 a 10 leitões vivos aos 21 dias
"Alto" = 11 ou mais leitões vivos aos 21 dias.

TABELA 7. Estrutura do rebanho de fêmeas reprodutoras e produtividade média resultantes de diferentes alternativas de descarte de matrizes em empresas suinícolas.

Classe da matriz		Estratégia A		Estratégia B	
Parto	Rendimento	Matrizes %	Número de leitões aos 21 dias	Matrizes %	Número de leitões aos 21 dias
Primeiro	Baixo	4,55	5,5	7,62	5,5
	Médio	5,93	9,0	8,82	9,0
	Alto	1,77	12,0	2,63	12,0
Segundo	Baixo	3,27	5,5	4,33	5,5
	Médio	5,43	9,0	7,18	9,0
	Alto	4,14	12,0	5,47	12,0
Terceiro	Baixo	2,90	5,5	3,01	5,5
	Médio	4,52	9,0	4,69	9,0
	Alto	5,48	12,0	5,64	12,0
Quarto	Baixo	2,71	5,5	2,47	5,5
	Médio	5,16	9,0	4,71	9,0
	Alto	4,97	12,0	4,54	12,0
Quinto	Baixo	2,33	5,5	2,49	5,5
	Médio	5,08	9,0	5,43	9,0
	Alto	5,43	12,0	5,80	12,0
Sexto	Baixo	3,51	5,5	3,57	5,5
	Médio	4,50	9,0	5,40	9,0
	Alto	4,83	12,0	6,15	12,0
Sétimo	Baixo	3,43	5,5	1,24	5,5
	Médio	5,00	9,0	2,79	9,0
	Alto	4,41	12,0	2,94	12,0
Oitavo	Baixo	-	5,5	0,29	5,5
	Médio	-	9,0	1,34	9,0
	Alto	-	12,0	1,05	12,0
Rendimento médio do rebanho			8,20		9,11

* Estratégia A: descarte no sétimo parto.
** Estratégia B: vide Tabela 6.

veis do rebanho de fêmeas reprodutoras, bem como o rendimento médio destes rebanhos, em termos de leitões vivos aos 21 dias, por porca por ano, para cada uma das estratégias de descarte elaboradas nas secções anteriores. O uso da estratégia de descarte com base na ordem de parto e na produtividade (estratégia B) resulta num rendimento médio nitidamente superior àquele decorrente da estratégia baseada apenas na ordem de partos (estratégia A). Fica assim salientada a possibilidade de realização de ganho significativo na produtividade a custos virtualmente nulos para o produtor[5].

Retorno potencial da pesquisa em métodos de escolha de matrizes para reposição

Na Tabela 4, observou-se que existe alta probabilidade (40%) de que o primeiro parto de uma matriz tenha baixo rendimento, isto é, apresente

[5] O uso de uma regra fixa de descarte após seis ou sete partos é relativamente comum em granjas comerciais.

sete ou menos leitões vivos aos 21 dias. Por outro lado, a Tabela 2 mostrou correlações positivas, embora fracas, entre o rendimento do primeiro e o rendimento de cada um dos partos a seguir, sugerindo, assim, que a produtividade média da matriz tende a ser maior para as matrizes com melhor desempenho no primeiro parto.

Portanto, se a pesquisa biológica conseguir identificar fatores que permitam melhor escolha de fêmeas para reposição, reduzindo a probabilidade de rendimentos baixos no primeiro parto, o rendimento reprodutivo médio do rebanho deve se elevar. Com o objetivo de quantificar este ganho potencial, resolveu-se analisar a sensibilidade no modelo através da redução da probabilidade de baixo rendimento no primeiro parto, de 40% para 20%, distribuindo-se o diferencial igualmente entre rendimento médio e rendimento alto. Assim, para o primeiro parto, admitiu-se a percentagem de 20% de chance para a classe rendimento baixo, 56,2% para a classe rendimento médio, e 23,8% para a classe rendimento alto. As demais probabilidades de transição foram mantidas inalteradas.

A Tabela 8 reporta os resultados obtidos pela aplicação da técnica de programação dinâmica em cadeias de Markov para determinação da estratégia ótima de descarte, bem como as estimativas da estrutura do rebanho sob tal estratégia. Conforme

TABELA 8. **Estratégia ótima de descarte, estrutura do rebanho de matrizes e produtividade média estimada sob a hipótese de melhoria na seleção de fêmeas reprodutoras.**

Classe da matriz		Decisão ótima	Rebanho de fêmeas %	Número médio de leitões aos 21 dias
Parto	Rendimento			
	Baixo	reter	5,6	5,5
Primeiro	Médio	reter	16,0	9,0
	Alto	reter	6,8	12,0
	Baixo	descartar	6,6	5,5
Segundo	Médio	reter	12,1	9,0
	Alto	reter	9,6	12,0
	Baixo	descartar	4,2	5,5
Terceiro	Médio	descartar	7,2	9,0
	Alto	reter	10,3	12,0
	Baixo	reter	1,5	5,5
Quarto	Médio	descartar	3,9	9,0
	Alto	reter	4,7	12,0
	Baixo	descartar	0,9	5,5
Quinto	Médio	descartar	2,1	9,0
	Alto	reter	3,3	12,0
	Baixo	descartar	0,6	5,5
Sexto	Médio	descartar	1,0	9,0
	Alto	reter	1,6	12,0
	Baixo	descartar	0,2	5,5
Sétimo	Médio	descartar	0,5	9,0
	Alto	reter	0,7	12,0
	Baixo	descartar	0,1	5,5
Oitavo	Médio	descartar	0,3	9,0
	Alto	descartar	0,3	12,0
Rendimento médio do rebanho				9,43

era de se esperar, com a redução na probabilidade de baixo rendimento no primeiro parto, a estratégia ótima de descarte se torna mais severa, determinando o descarte das matrizes menos produtivas já a partir do segundo parto, ao invés do quinto como anteriormente (Tabela 6). Todavia, o ganho no rendimento médio do rebanho é relativamente pouco expressivo: de 9,11 (Tabela 6) para 9,43 leitões vivos aos 21 dias por parto, ou seja, uma melhoria de 3,5%.

CONCLUSÕES

1. A estratégia de descarte de matrizes baseada na ordem de parto e no tamanho da leitegada permitiria, no caso estudado, uma elevação de 11% no rendimento reprodutivo em relação à estratégia convencional de descarte após um número fixo de partos. Este ganho pode ser obtido a custo praticamente nulo, servindo para ilustrar a contribuição que os instrumentos da administração rural podem oferecer para a elevação da produtividade do setor primário.

2. Foi estimada uma possibilidade de ganho de 3,5% no rendimento reprodutivo pela eventual descoberta de métodos que, através de uma melhor identificação das matrizes de reposição, consiga diminuir pela metade a probabilidade de ocorrência de uma leitegada reduzida no primeiro parto. Este ganho é pequeno em termos relativos, mas corresponde à possibilidade de elevar a oferta de carne suína num montante suficiente para cobrir o aumento da demanda decorrente do crescimento populacional por mais de um ano.

REFERÊNCIAS

BAUMAN, R.H.; KADLEC, J.E. & POWLEN, P.A. Some factors affecting death loss in baby pigs. Lafayette, Agricultural Experiment Station, 1966. n.p. (Research Bulletin, 810).

BELLMAN, E.E. & DREYFUS, S. Applied dynamic programming. Princeton, Princeton Univ. Press, 1962. 363p.

BURT, O. & ALLISON, J.R. Farm management decisions with dynamic programming. J. Farm Econ., 45(2): 121-36, 1963.

FEDALTO, L.M. Fontes de variação de tamanhos e pesos de leitegadas do nascimento aos 21 dias de idade nas raças Duroc, Landrace e Large White. Viçosa, UFV, 1979. 83p. Tese Mestrado.

GIAEVER, H.B. Optimal dairy cow replacement policies. Berkeley, Univ. of California. Dep. of Agric. Econ., 1966. 186p.

HARTSOCK, T.G. & GRAVES, H.B. Neonatal behavior and nutrition-related mortality in domestic swine. J. Anim. Sci., 42(1):235-41, 1976.

HENDERSON, J.M. & QUANDT, R.E. Microeconomic theory; a mathematical approach. 2.ed. New York, McGraw-Hill, 1971.

HOWARD, R.E. Dynamic programming and Markov processes. s.l., MIT Press, 1960. 163p.

IRGANG, R. Determinação do desempenho reprodutivo de fêmeas da raça Large White, puras de origem, registradas no "pig book" brasileiro. Porto Alegre, UFRS. Fac. Agron., 1977. 104p. Tese Mestrado.

JORGENSON, P.W.; MCCALL, J.J. & RADNER, R. Optimal replacement policy. Amsterdam, North Holland, 1967. 249p.

KEMENY, J.G. & SNELL, J.L. Finite Markov chains. Princeton, Van Nostrand, 1960. 296p.

MIELITZ, C.G.; GRAWUNDER, A.F.; LANZER, E.A. & SOUZA, E.M. Custos de produção e coeficientes de insumo-produto de pecuária de corte no Rio Grande do Sul. Porto Alegre, UFRS, 1979. (Estudos e Trabalhos Mimeografados, 36).

PROTAS, J.F.S. & TALAMINI, D.J.D. Resultados técnicos e econômicos de propriedades suinícolas com diferentes tamanhos de rebanho em Santa Catarina. R. Econ. rural, 20:575-86, 1982.

SELF, H.L. & GRUMMER, R.H. The rate and economy of pigs gain and the reproductive behavior in sows when litters are weaned at 10 days, 21 days and 56 days of age. J. Anim. Sci., 26(1):5-9, 1958.

SHELBY, C.E. Genetic aspect of the registry program. J. Anim. Sci., 26(1):5-9, 1967.

SMIDT, D. & ELLENDORF, F. Endocrinología y fisiología de la reproducción de los animales zootécnicos. Zaragoza, Acribia, 1972. 395p.

STRANG, G.S. & SMITH, C. A note on the heritability of bitter traits in pigs. Anim. Prod., 28:403-6, 1979.

WAGNER, H.M. Principles of operations research. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1969. 114p.

WARD, L.E. & FARIS, J.E. A stochastic approach to replacement problems for plum trees. Berkeley, s.ed., 1968. 79p. (Giannini Foundation Monograph, 22).