

Reprodução Assistida com o Auxílio de Monitoramento Eletrônico e Inteligência Artificial

Ricardo C. Chebel
Diretor Técnico Global
Global Ruminant Business Unit



MSD

Animal Health

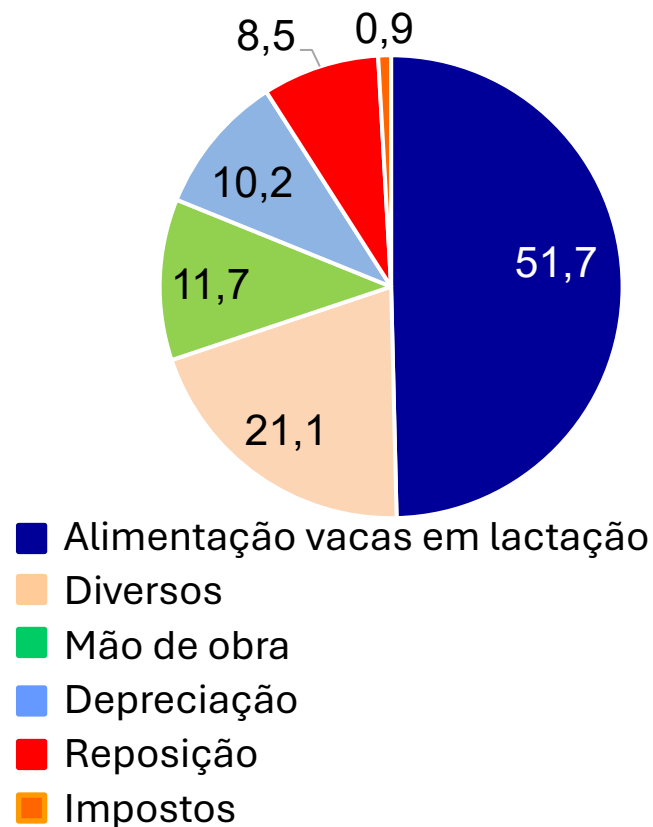


Perfil de Receitas e Custos no Centro-Oeste dos EUA

Porcentagem da Receita Anual Bruta



Porcentagem do custo anual

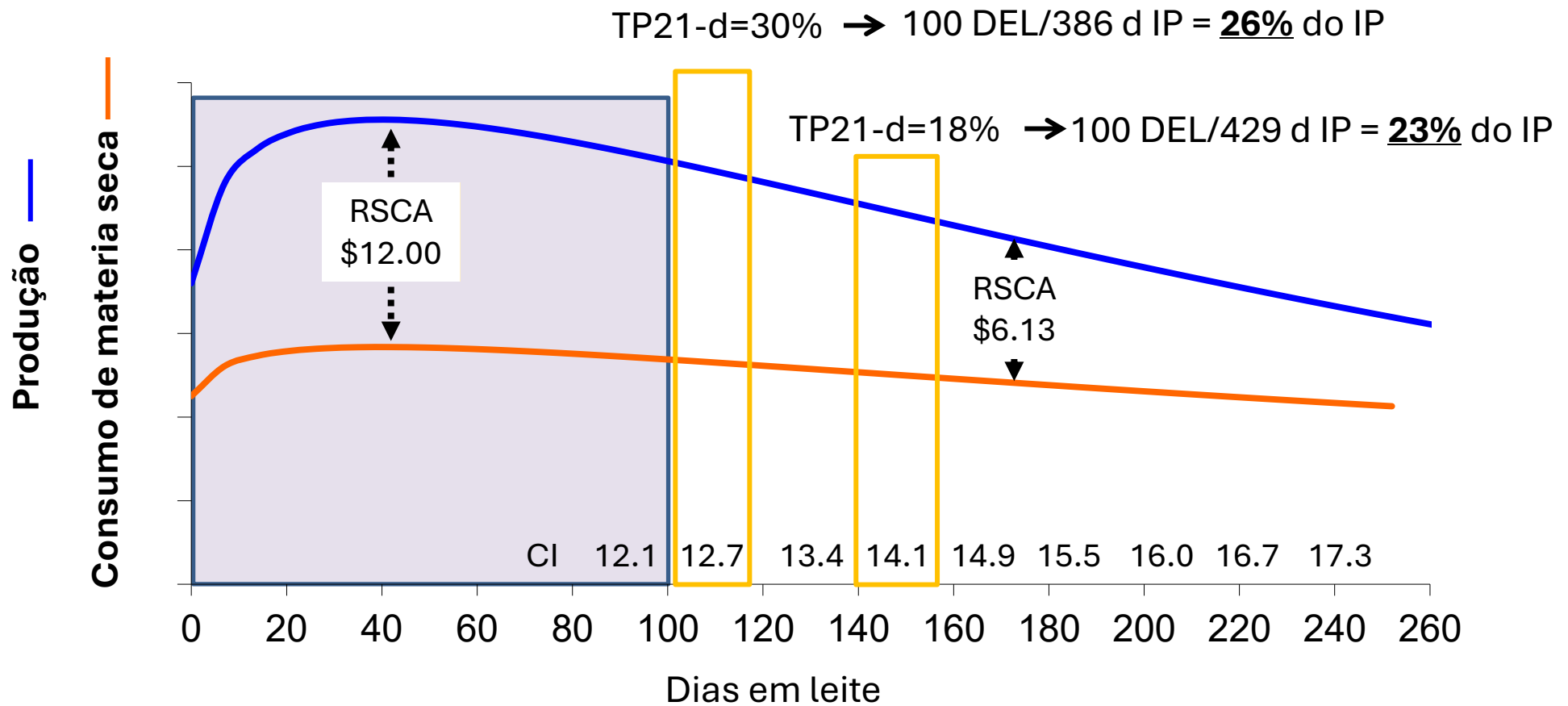


O tamanho mediano do rebanho foi de 3.957 vacas (intervalo = 2.606–13.266)

Holandês = 80%, Jersey = 13%, e Ho-Jo = 7%

ECM diário = 31.9 ± 3.3 kg/d, gordura = $3.85 \pm 0.32\%$, proteína = $3.15 \pm 0.17\%$

Desempenho Reprodutivo afeta a Eficiência Alimentar



↑ Eficiência Reprodutiva =

↑ Dias em alto rendimento entre partos

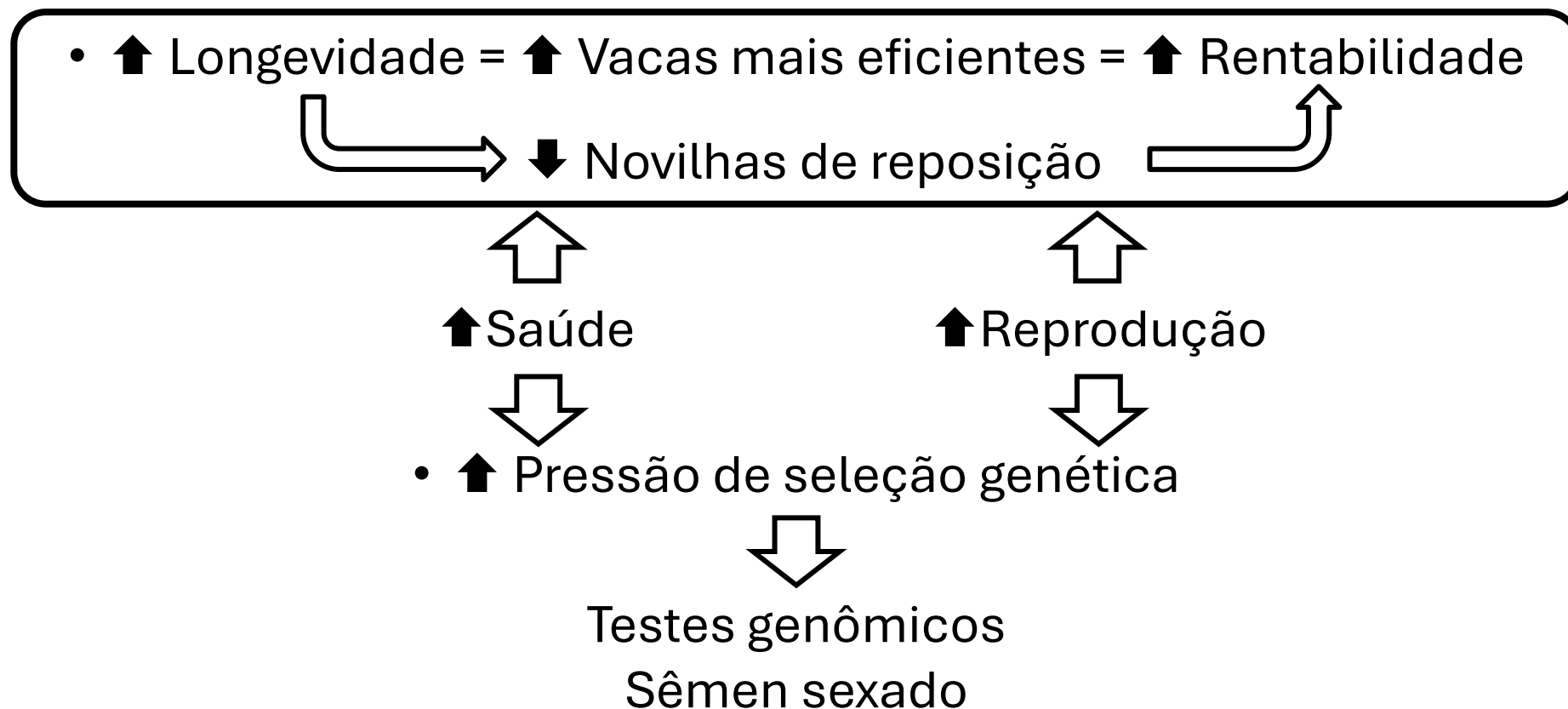
↓ Descarte reprodutivo (↓ custo de reposição)

↑ Bezerros

RSCA = receita sobre o custo de alimento (leite = 44 kg/d e \$0.45/kg, alimento = \$0.35/kg)

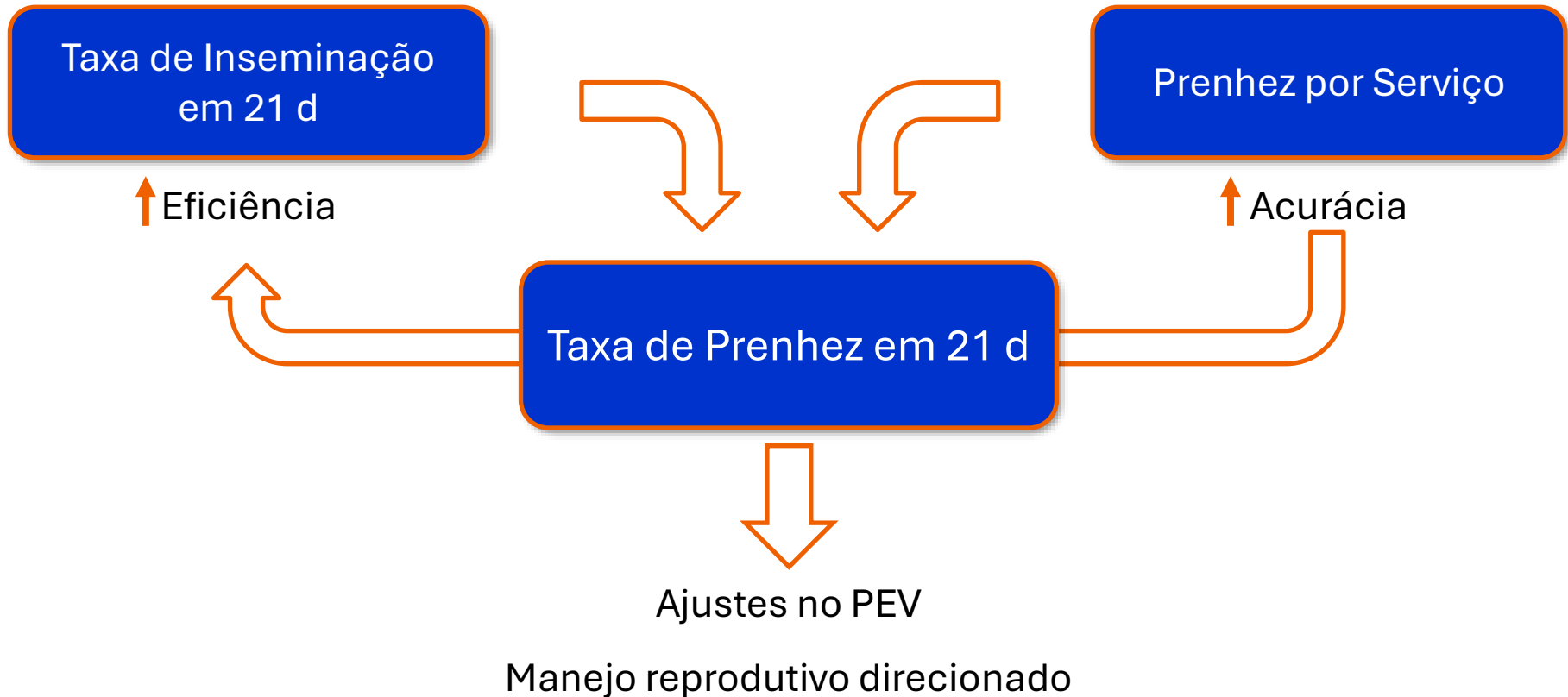
Longevidade

- A diferença entre o preço do leite e o custo de alimentação é o fator mais importante da rentabilidade



Usando a Tecnologia Digital para Otimizar o Manejo Reprodutivo

Como o AMD Pode Auxiliar no Manejo Reprodutivo?



- Os benefícios dos sistemas ADM dependem de: 1. Estratégia reprodutiva atual, 2. Desempenho reprodutivo atual, e 3. Custo de oportunidade (custo inicial e longevidade)

(Rutten et al., 2014; Dolecheck et al., 2016; Giordano et al., 2015)

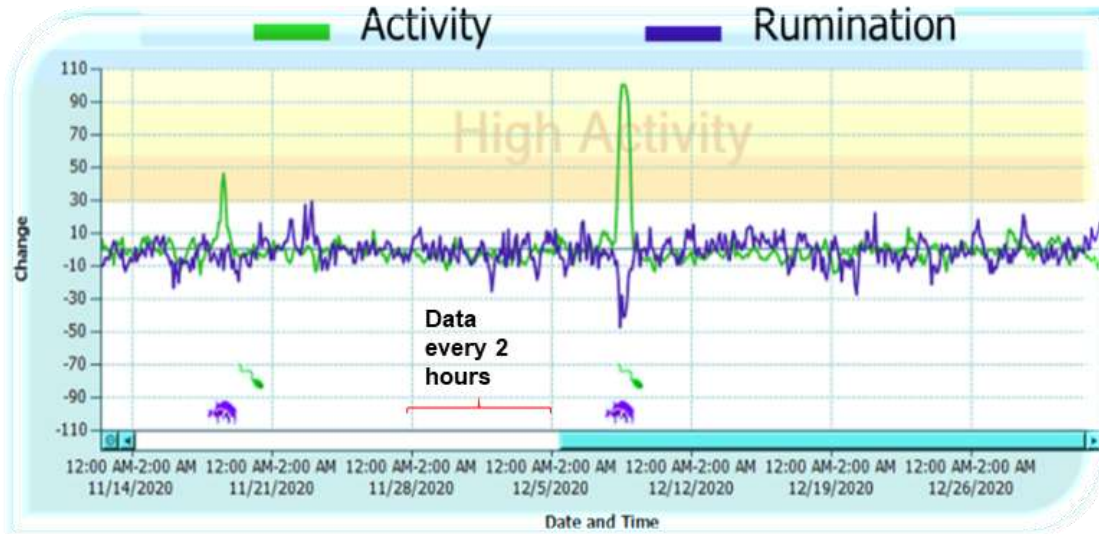
Manejo Reprodutivo

- 3 Fazendas entre 4.000 e 15.000 vacas em lactação
- 1a IA = Duplo-Ovsynch
- Re-IA em cio + Resincronizacao de vacas vazias (ultrassom entre 28 e 42 d)

	Lactação 1			Lactação ≥ 2		
	Faz. A	Faz. B	Faz. C	Faz. A	Faz. B	Faz. C
Nao IA ate 90 DIM, %	2.3	4.2*	0	0.9	5.1*	0
P/IA 1a IA, %	50	59	58	45	61	53
%Re-IA estro, %	56	51	50	44	40	55
P/IA Re-IA, %	43	51	53	35	47	47
21-d IAR, %	75	75	79	69	73	75
21-d PR, %	35	39	43	28	38	35
Prenhe ate 150 DEL, %	70	85	80	62	85	77

*todas as vacas inseminadas até 106 DEL

Características do Estro



www.allflex.global/uk/product/heatime-pro/



www.allflex.global/uk/product/heatime-pro/

Comportamento de estro

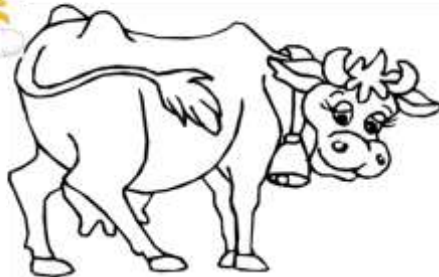
- Início do cio
- Pico de atividade
- Nadir de ruminação
- Fim do estro
- Duração
- Índice de cio



Ambiente



Atividade de monta = 15 vezes maior quando alojadas em terra (Britt et al., 1989)



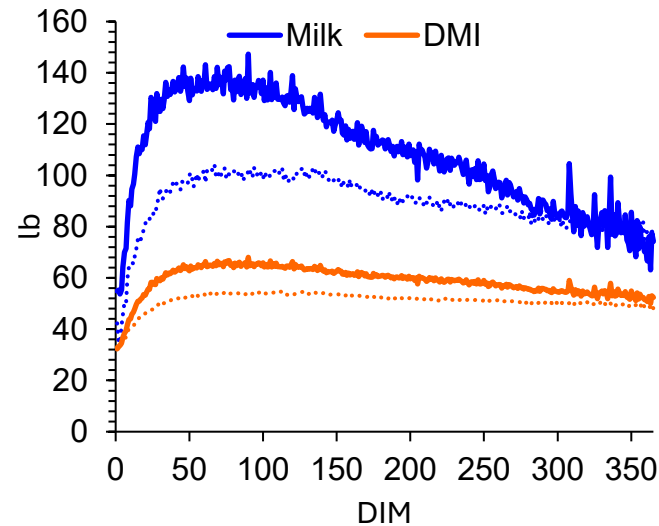
↓ Atividade = 4.5 vs. 8.6 montas/evt (Nebel et al., 1997)

↓ Expressão de estro = 6.2 vs. 10.9 h (Mirzaei et al., 2007)

↑ Anestro & ovulações silenciosas = 78 vs. 54% (Thatcher and Collier, 1986)

Retomada do estro no pós-parto (41 DEL) = 45 vs. 55% (Chebel et al., 2025)

Fatores da vaca



Duração = ~5 vs. 14 h, -2.3 min/kg

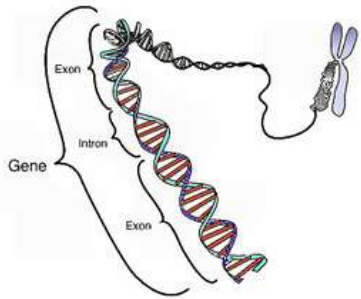
Intensidade = -1%/kg

Atividade = -1.6%/kg

Lopez et al., 2004

Lópes-Gatius et al., 2005

Tippenhauer et al., 2021



↑ Estradiol = 4.5 vs. 3.8 pg/mL

↑ Retomada = 65 vs. 50%

↑ Duração = 18 vs. 16 h

↑ Intensidade = -33.7 vs. -30 min/d



Source: Zinpro



Taxa de prenhez das filhas

Veronese et al., 2019a,b

Chebel and Veronese, 2020



↓ Retomada = 35 vs. 52%

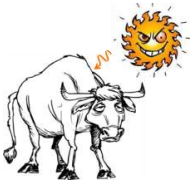
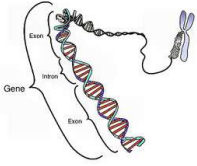
↓ Duração = 16.5 vs. 17.1 h

↓ Intensidade = 46 vs. 57%

Chebel et al., 2025

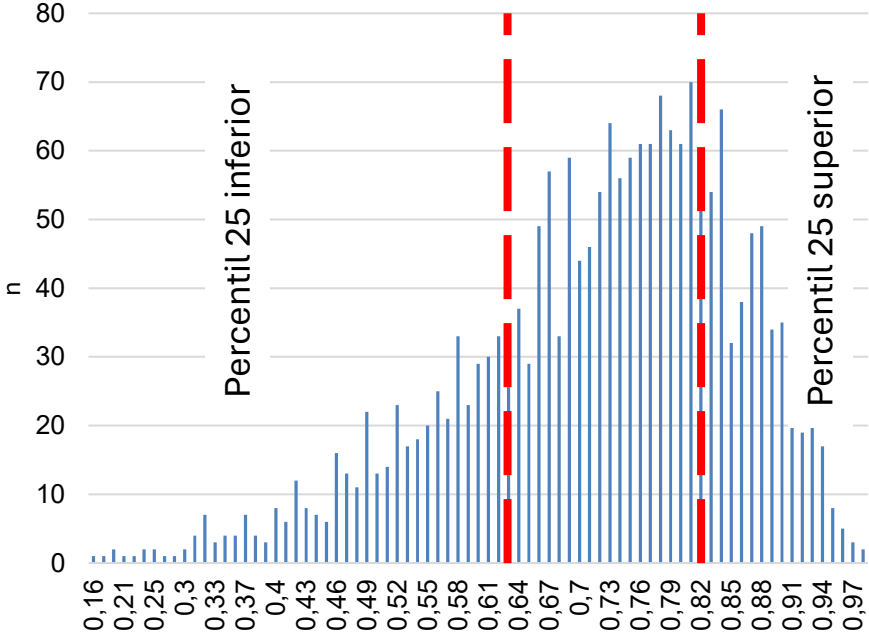


Fertilidade Predita Aplicada ao Manejo Reprodutivo



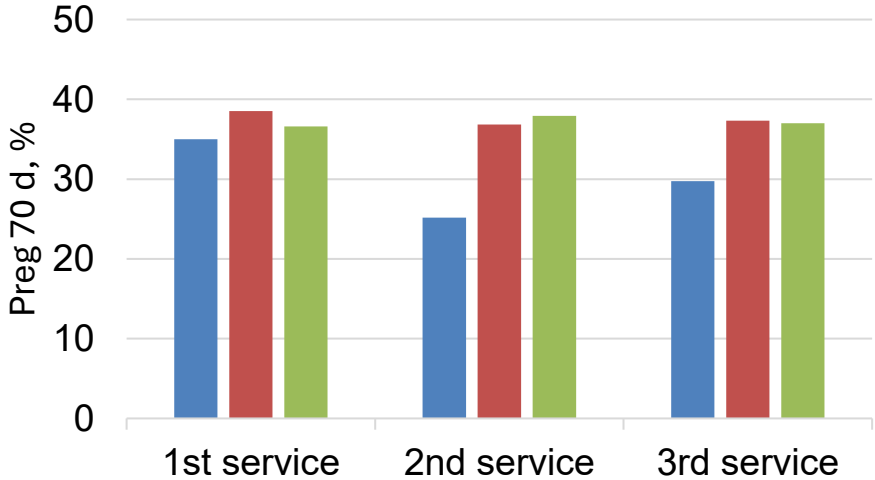
- População de treinamento para prever alta fertilidade (Prenhe no 1º serviço vs. Vazia até 3 serviços):
 - Dados de “Exp3-Herd1” e “Exp4-Herd3” (maior AUC, grande tamanho amostral)
 - Modelos desenvolvidos:
 - PredModel1 (n = 1,415): número de lactações, sexo do bezerro, problemas de parto, doenças uterinas/não uterinas, eventos de estro ≤ 41 DEL, gDPR, produção de leite e dias com THI ≥ 68
 - PredModel2 (n = 862): todas as variáveis incluídas no PredModel1 + nadir de ruminação & índice de calor máximo
- Teste & classificação:
 - Conjunto de teste: “Exp1-Herd1”, “Exp2-Herd1”, “Exp3-Herd2” (n = 1,993)
 - Classificação: Inferior (percentis 10/25), Moderado, Superior (percentis 25/10)
- Análise dos desfechos:
 - Tempo até a prenhez e censura comparados entre os grupos de fertilidade

Fertilidade Predita Aplicada ao Manejo Reprodutivo

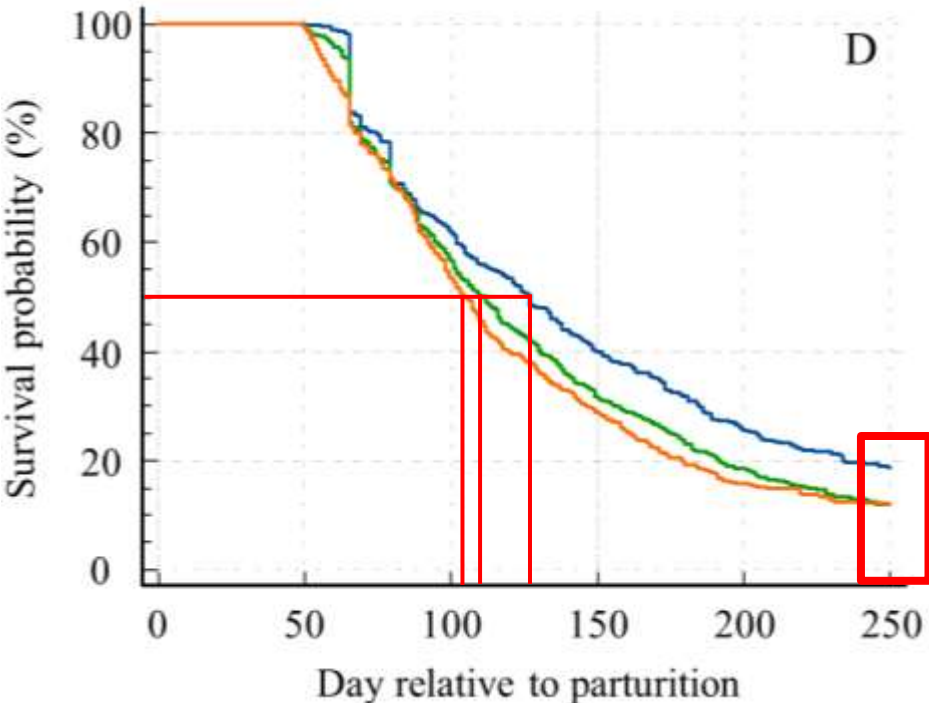
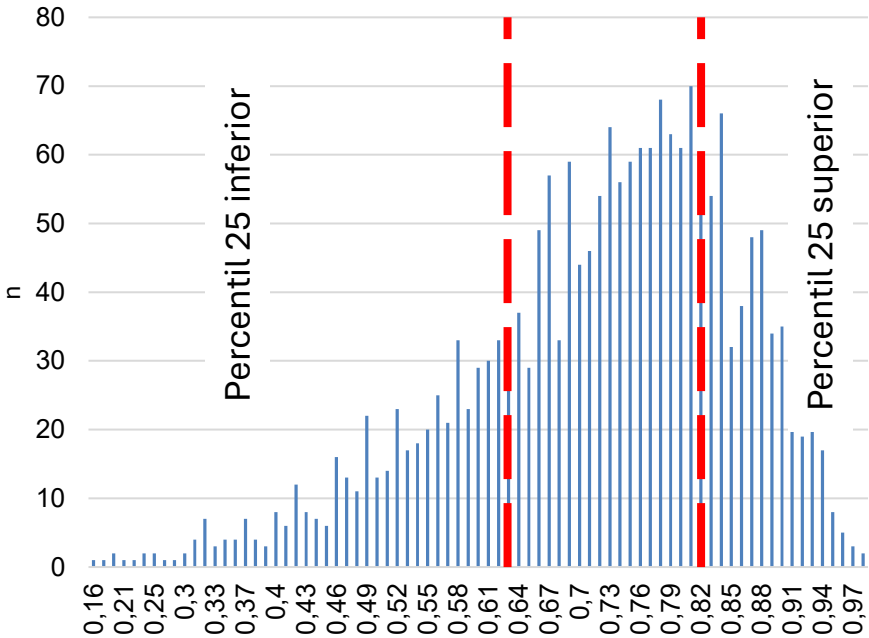


■ Bottom ■ Medium ■ Top

	Inferior	Médio	Superior
Macho, %	52.2	43.5	31.4
Doença uterina, %	30.6	11.3	7.5
Estro ≤ 41 DEL	0.24	0.56	0.89
gDPR	-0.69	0.85	2.29
Leite (28 DEL), kg	38.6	38.1	36.8



Fertilidade Predita Aplicada ao Manejo Reprodutivo



Classe	Mediana de dias
— Inferior	127
— Médio	111
— Superior	104

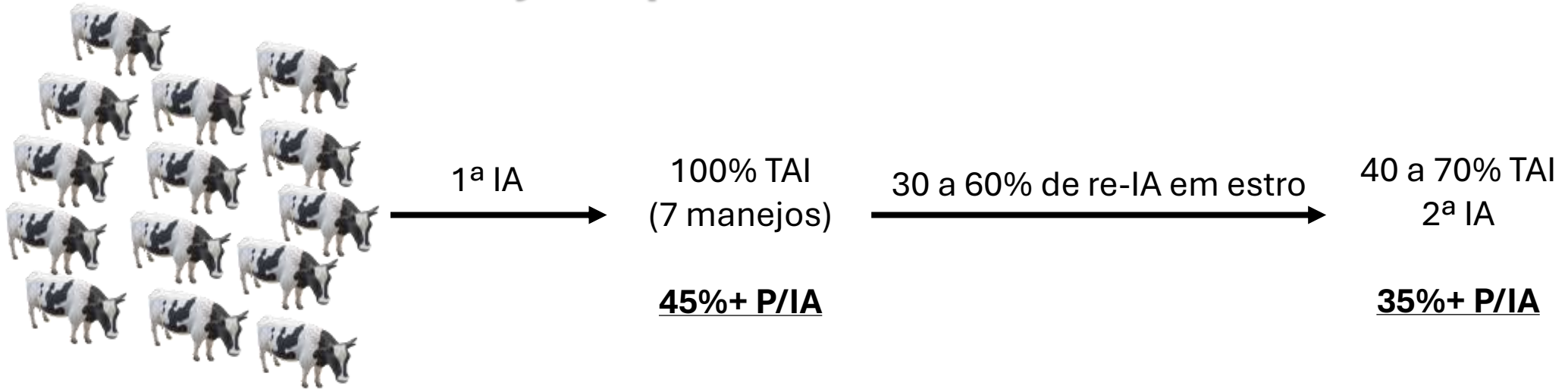
Possível uso dessas informações:

- Ajuste do período de espera voluntário
- Seleção de sêmen

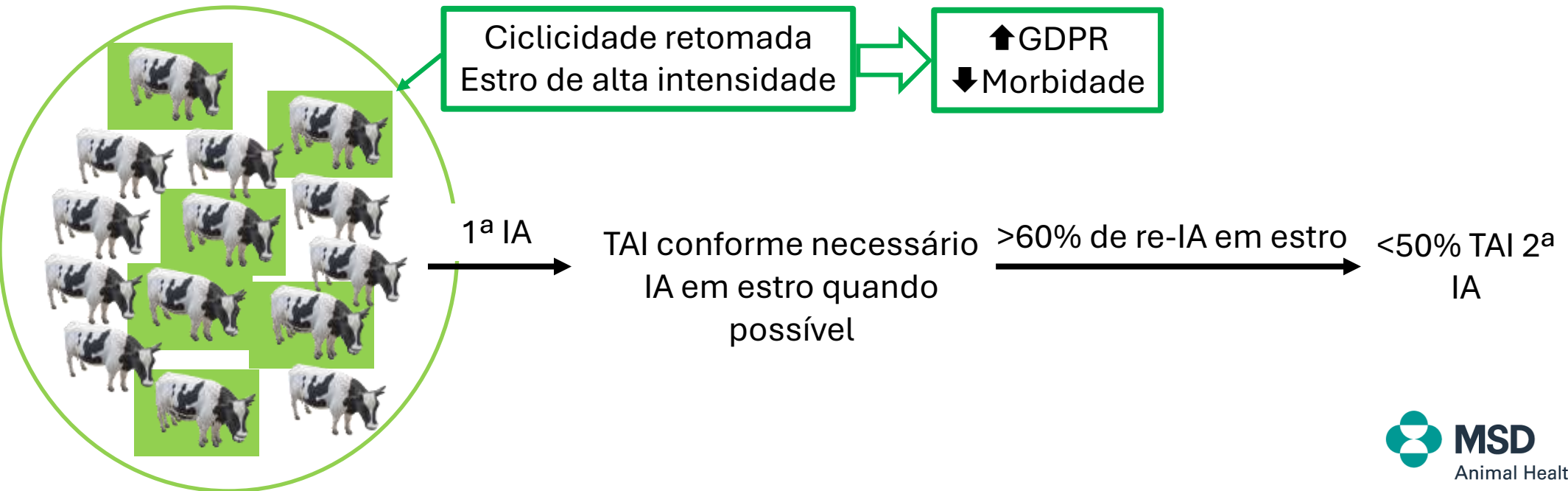
NÃO é uma opção para políticas de descarte

Manejo Reproductivo Direccionado

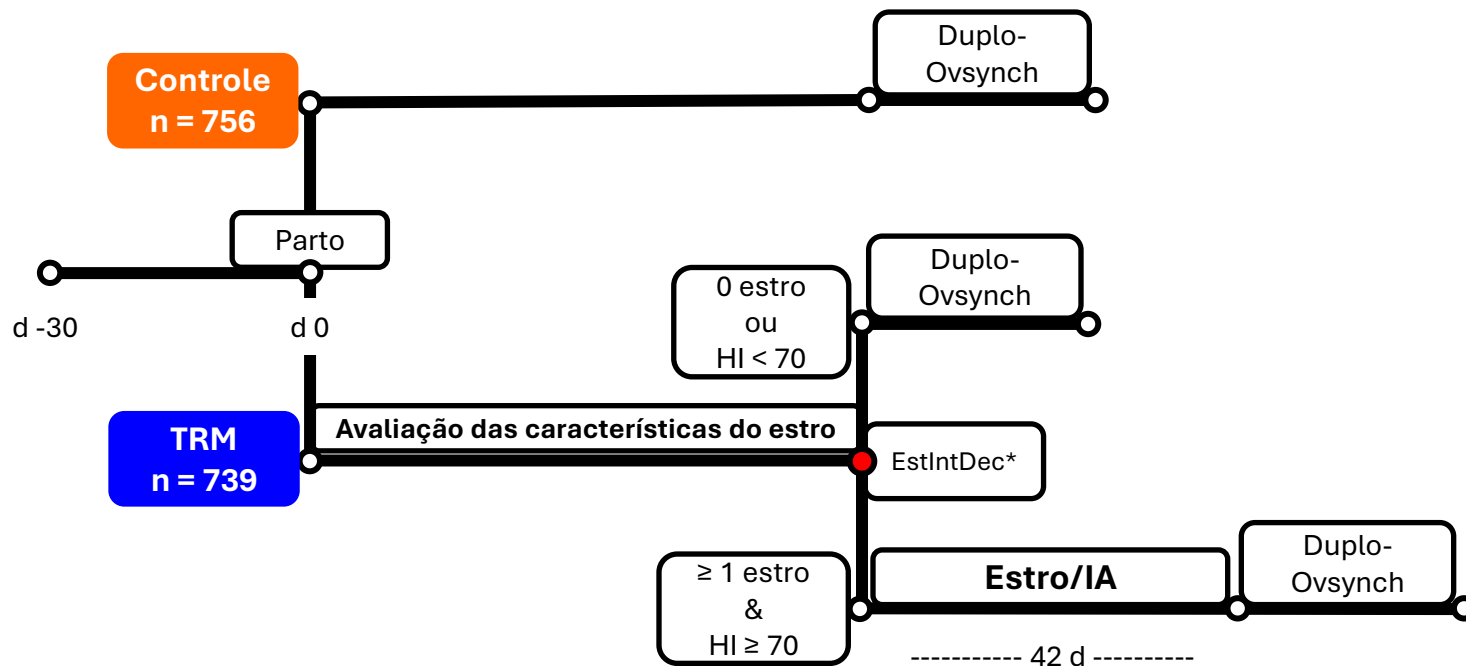
Manejo Reprodutivo Tradicional



Manejo Reprodutivo Direcionado



Manejo Reprodutivo Direcionado (1ª Inseminação)

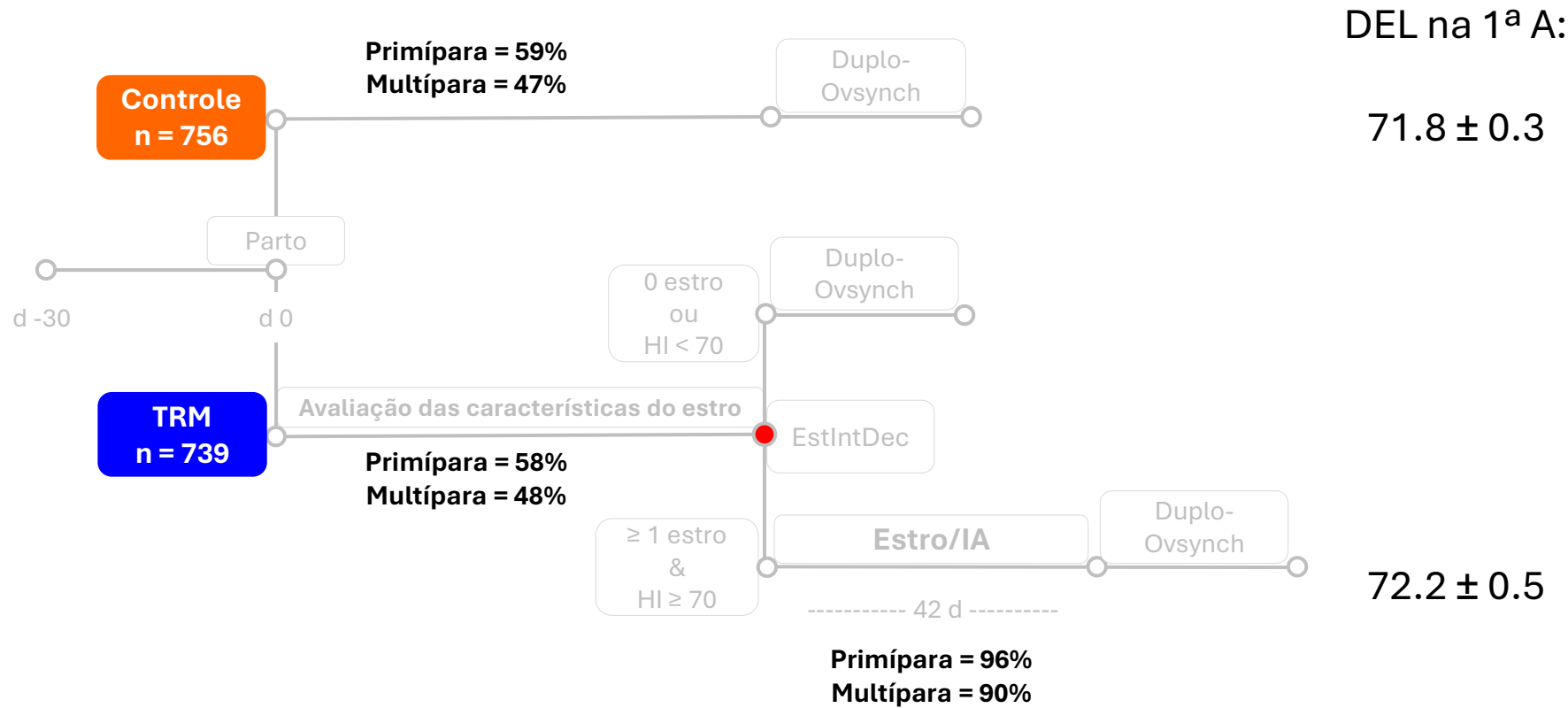


*EstIntDec

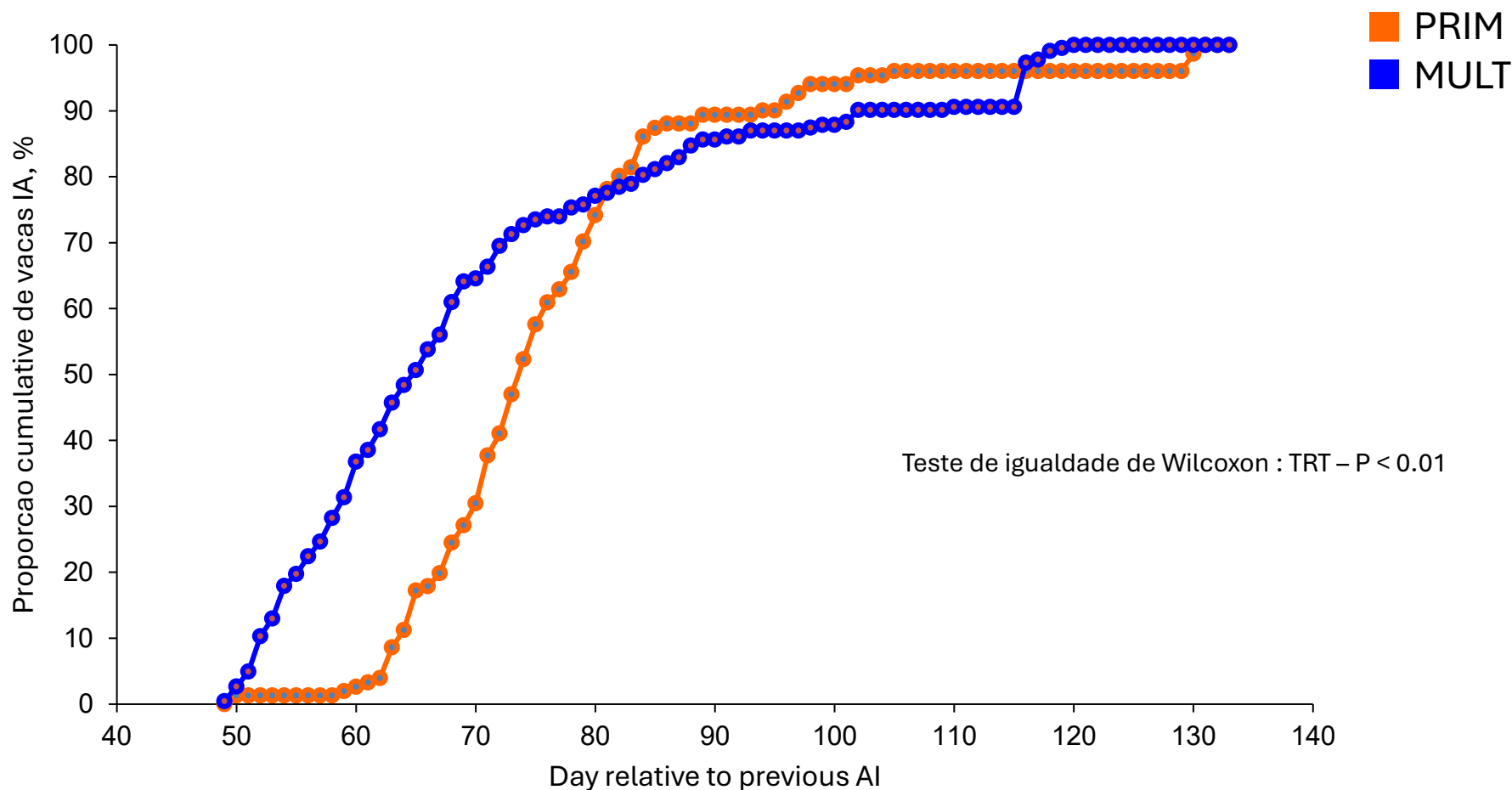
Decisão de intensidade do estro, DEL	Primípara	Múltipara
Fazenda A	54	40
Fazenda B	55	41

Controle de DEL na IA em tempo fixo	Primípara	Múltipara
Fazenda A	79	65
Fazenda B	83	69

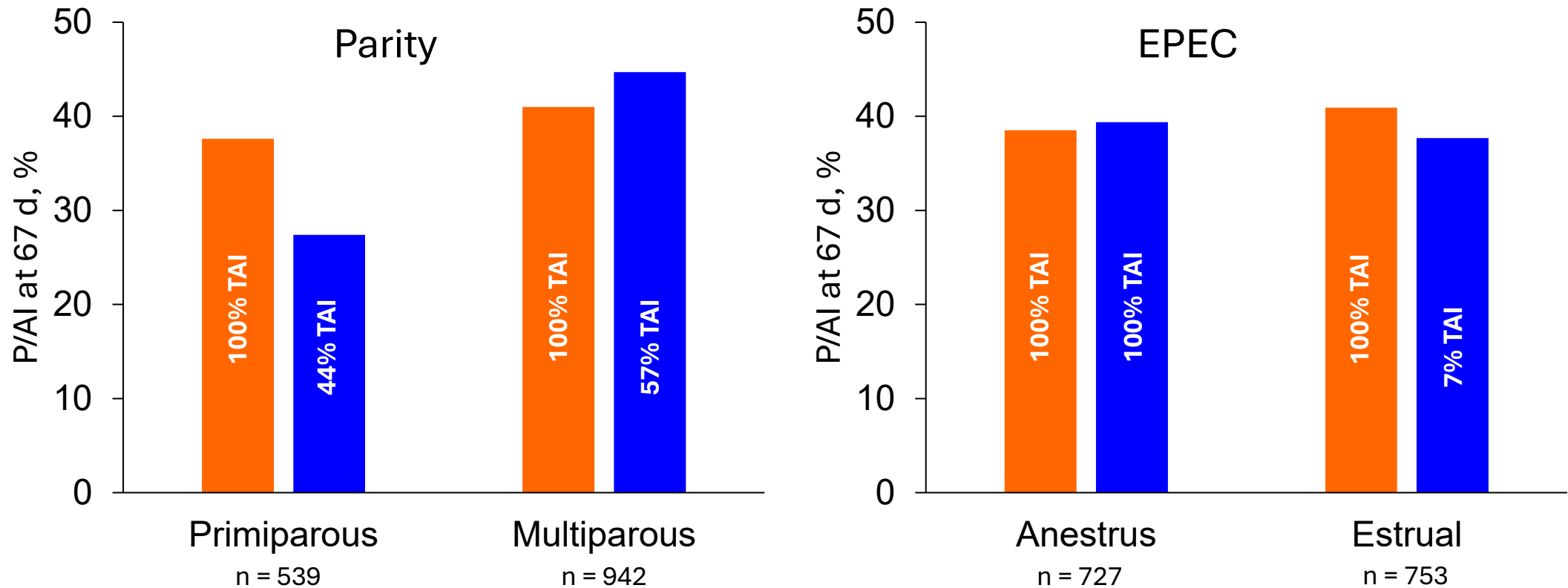
Risco de Vacas Apresentarem Estro de Alta Intensidade no Pós-parto



Taxa de Inseminacao de Vacas com Cio antes dos 40 e 55 DEL



Efeito do Tratamento sobre a Prenhez na 1ª inseminação



TRT – $P = 0.15$
Parity – $P < 0.01$
TRT x Parity – $P < 0.01$
EPEC – $P = 0.72$
TRT x EPEC – $P = 0.63$

Controle
TRM

Manejo Reprodutivo Direcionado



Favorece TAI

Fricke et al., 2014

Prenhez na primeira IA

38% vs 30%



Sem diferença

Stangaferro et al., 2018

Prenhez na primeira IA

41% vs 35%



Favorece TAI

Sitko et al., 2023

Prenhez na primeira IA

55% vs 47%



Favorece TAI

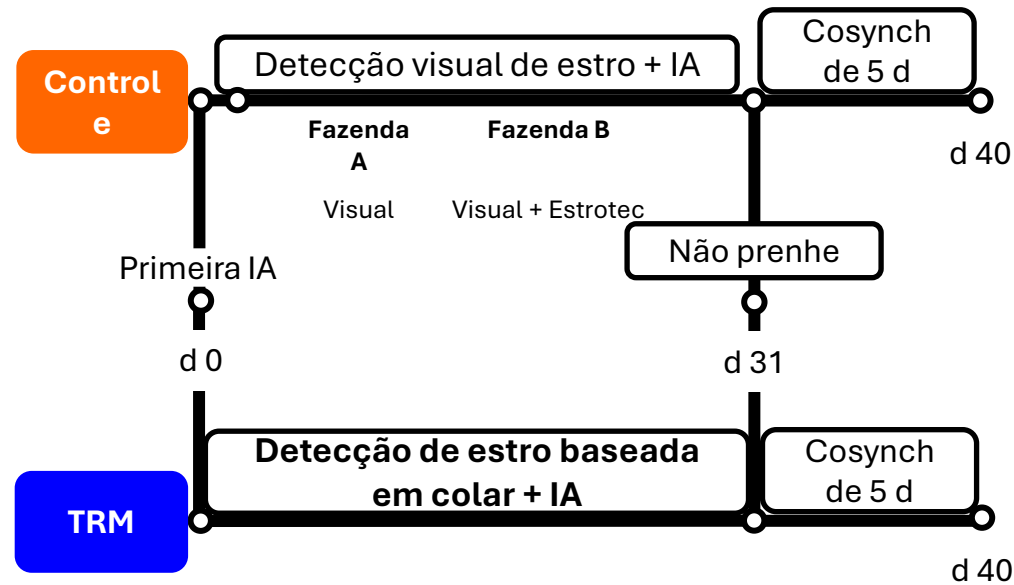
Chebel et al., 2025

Prenhez na primeira IA

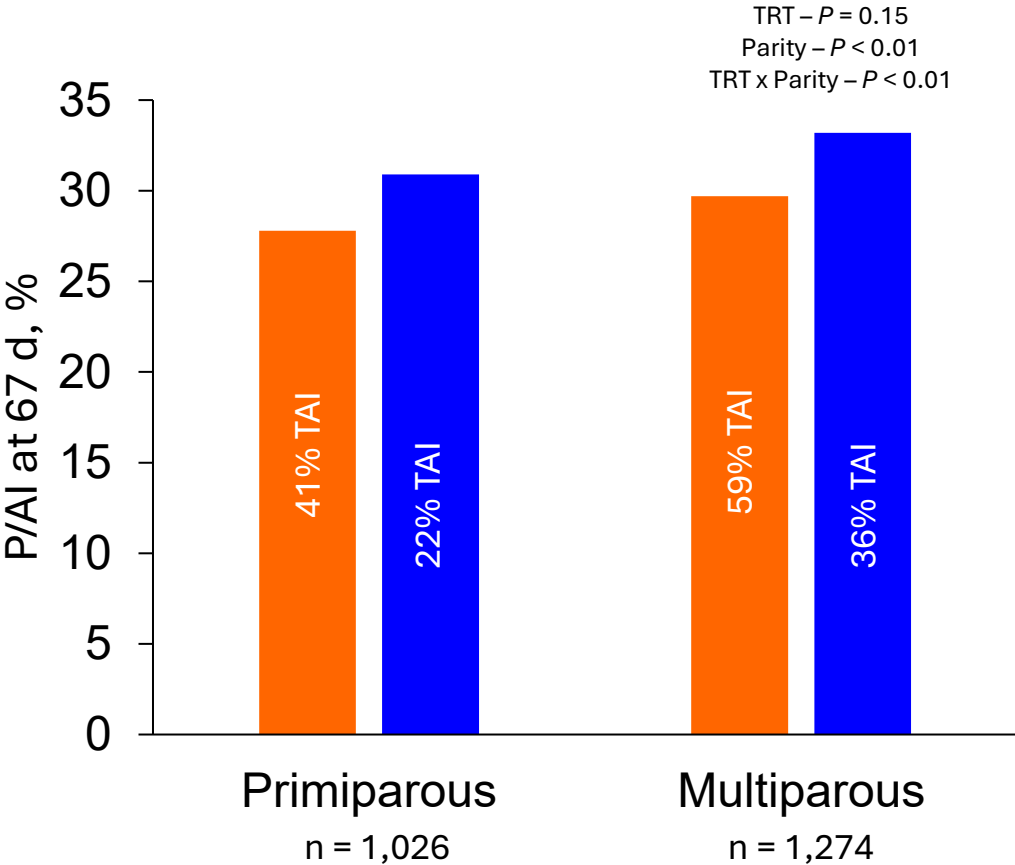
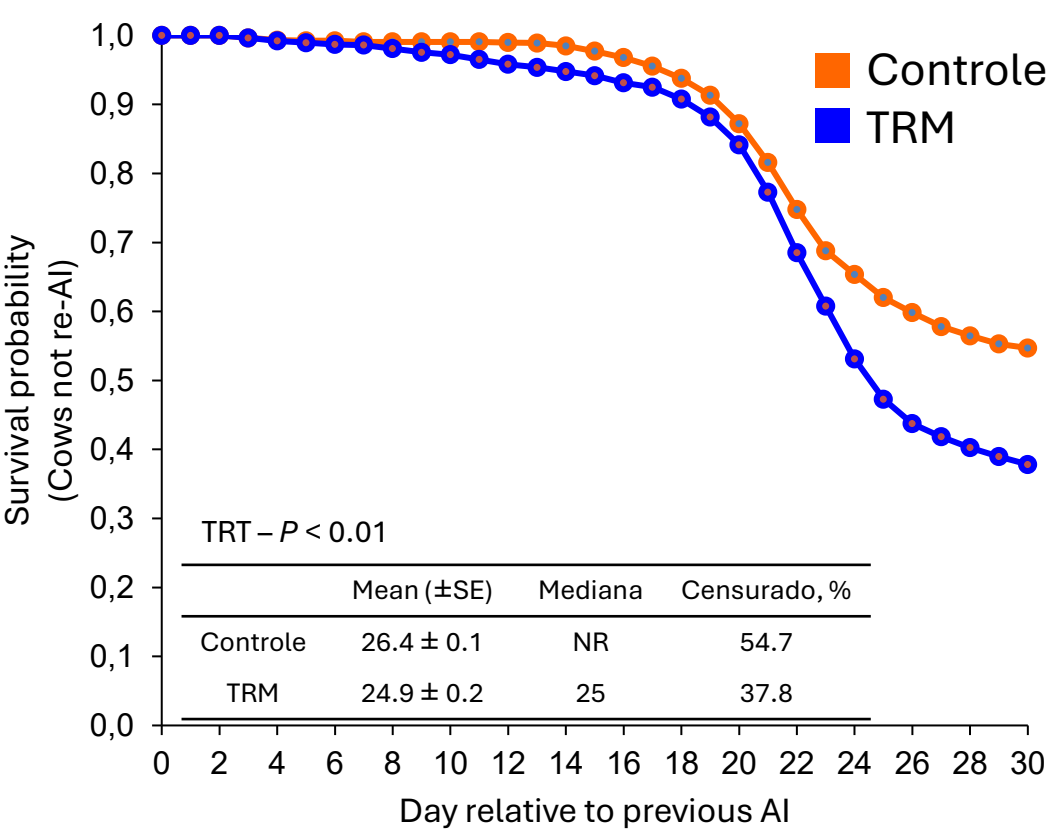
54% vs 50%

Conclusão-chave: Em geral, 100% de TAI gera P/IA na 1ª IA ~6 pontos percentuais ↑

Manejo Reprodutivo Direcionado (Re-inseminação)



Efeito do Tratamento sobre o Risco de Re-Inseminação e a Prenhez na Re-Inseminação



Efeito do Tratamento sobre as Taxas de Prenhez

Primípara

DOPN e Vazias:

120 DEL, 12%

130 DEL, 6%

CON

TRM

Preg 1st IA:
CON = 38%
TRM = 27%

Multípara

DOPN e Vazias:

101 DEL, 16%

89 DEL, 8%

CON

TRM

Preg 1st IA:
CON = 41%
TRM = 45%

Manejo Reprodutivo Direcionado



Favorece TAI

Fricke et al., 2014

Prenhez na primeira IA

38% vs 30%



Sem diferença

Stangaferro et al., 2018

Prenhez na primeira IA

41% vs 35%



Favorece TAI

Sitko et al., 2023

Prenhez na primeira IA

55% vs 47%



Favorece TAI

Chebel et al., 2025

Prenhez na primeira IA

54% vs 50%

Conclusão-chave: Em geral, 100% de TAI gera P/IA na 1ª IA ~6 pontos percentuais ↑



Sem diferença

Mediana de dias em aberto

103 vs 102

Prenhe até 150 DEL

66% vs 68%



Sem diferença

Mediana de dias em aberto

90 vs 96

Prenhe até 150 DEL

75% vs 71%



Sem diferença

Mediana de dias em aberto

87 vs 85

Prenhe até 150 DEL

76% vs 78%



Condicional

Mediana de dias em aberto

76 vs 90

Prenhe até 150 DEL

80% vs 79%

Conclusão-chave: De forma geral, ↓ P/IA na 1ª IA é compensada até 150 DEL

Impactos Econômicos do Manejo Reprodutivo Direcionado

Menos dias vazia =



Maior RSCA

Quando o desempenho reprodutivo é melhor



A rentabilidade aumenta

Mais vacas prenhes =



Maior valor da vaca



Menor custo de reposição



Menos venda de vacas

O custo de hormônios reprodutivos, dos sensors e da mão de obra é irrelevante

Integrando Inteligencia Artificial ao Manejo Reprodutivo

**Um modelo responsivo ao mercado e específico por
coorte para o período de espera voluntário**

Integrando biologia do rebanho, fenótipos de fertilidade e preços estocásticos de commodities

O PROBLEMA

Um único PEV pode não servir a todas as vacas

A mesma regra de calendário é aplicada a animais com biologia muito distintas, e mantida fixa enquanto os mercados se movem

1 Heterogeneidade biológica

1

Uma vaca de primeira lactação com alta fertilidade e uma vaca subfértil de terceira lactação recebem o mesmo PEV, apesar de diferirem em P/IA, persistência da lactação e risco de descarte.

2 Não estacionariedade econômica

2

O valor de um dia adicional em lactação depende do RSCA, e o custo de uma vaca vazia depende dos mercados de reposição e de carne. Ambos se movem continuamente; a regra não.

3 Forças opostas

3

Estender o PVE eleva a prenhez à primeira IA, mas pode alongar o DEL, aumentando o risco de descarte e atraso a próxima lactação. O equilíbrio difere por coorte.

OBJETIVO

O que o modelo decide, e com que frequência

Um PEV recomendado para cada coorte ordem de parto $\times$ fertilidade, resolvido semanalmente com os preços futuros correntes

Regra de decisão. Para cada coorte, selecionar o PEV que maximiza o retorno líquido esperado por vaca sob a distribuição corrente dos valores de leite, alimentação, bezerro, novilha de reposição e vaca de descarte.

1

Segmentar

Vacas agrupadas por ordem de parto e fertilidade predita

2

Precificar

Níveis futuros, tendências e volatilidade inseridos semanalmente

3

Resolver

Motor de coorte varre os PVE candidatos

4

Reportar

PVE recomendado, intervalo de confiança

5

Aplicar

PEV direcionada ao manejo

A biologia é estimada uma vez a partir dos registros do rebanho; apenas as expectativas de preço mudam entre as rodadas semanais.

Quatro camadas, estimadas e validadas separadamente

1

Registros do rebanho

Arquivos de controle leiteiro, inseminação e partos do software da fazenda

452.661 + 171.473 + 39.341 registros

2

Curvas biológicas

Leite e consumo de matéria seca, prenhez por IA, risco de remoção e de não inseminar — todos indexados por dias em lactação e ordem de parto

Fixas entre rodadas

3

Motor de corte

Ciclos reprodutivos de 21 dias do PEV até o descarte reprodutivo, gerando quantidades físicas por vaca

Validado 42/42 contra o modelo original

4

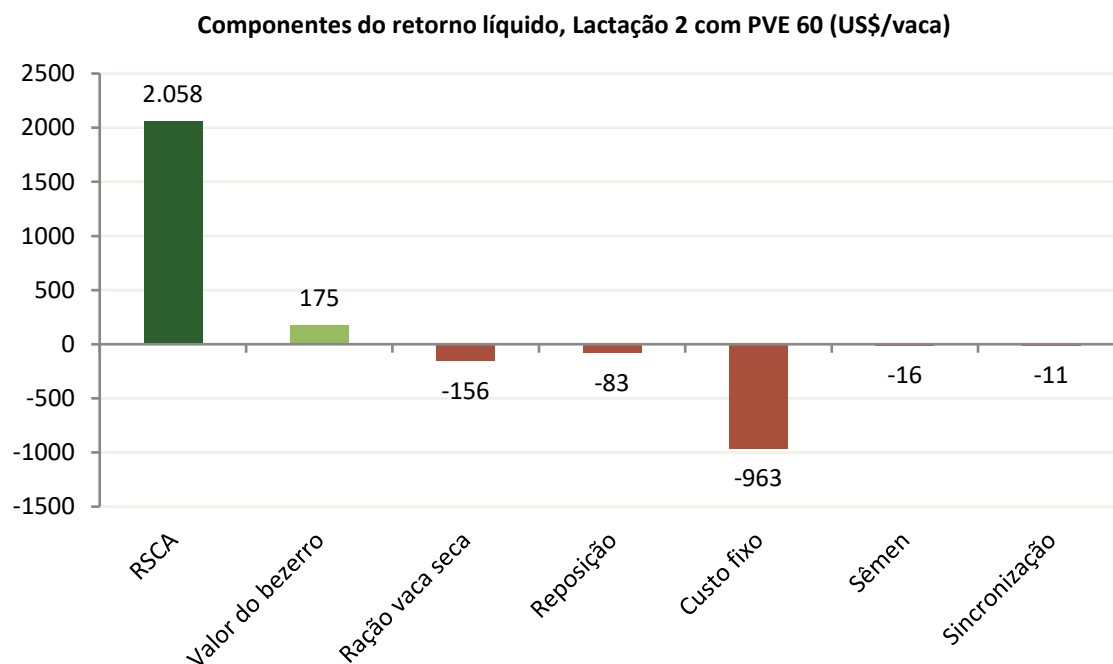
Economia estocástica

Valores de leite, alimentação, bezerro, reposição e descarte com nível, tendência e volatilidade

Atualizada semanalmente

Separar quantidades físicas de preços é o que torna a resolução semanal exata, e não aproximada.

O retorno líquido por vaca é construído a partir de quantidades físicas



Identidade

$RSCA = \sum (leite_x \times P_{leite} - CMS_x \times P_{alimentação})$
acumulada até o fim da lactação de cada vaca
(dia da concepção mais 225 dias para prenhes,
dia da saída para removidas)

Bezerros são precificados por tipo de sêmen;
custo de reposição por ordem de parto; o custo
fixo acumula ao longo do intervalo entre partos.

Retorno líquido por vaca

\$1,003

VWP Weekly Decision Tool

Voluntary waiting period by lactation group x fertility group, under forward price expectations and uncertainty.

Engine verified: reproduces VWPReport_Revised_2025.xlsx on 42/42 line items at VWP 60

Prices

Fertility

Biology

Costs

Model

MILK & FEED

	level	trend %/yr	SD %
Milk (\$/cwt)	12	0	12
Feed, lactating (\$/lb DM)	0.15	0	10
Feed, dry (\$/lb DM)	0.11	0	10
Milk-feed correlation			0.40

CALF VALUE

HO female (\$)	250	0	20
HO male (\$)	20	0	30
Beef cross (\$)	150	0	30

COW VALUE

Replacement, Lact 1 (\$)	1000	0	15
Replacement, Lact 2 (\$)			750
Replacement, Lact 3+ (\$)			750
Cull cow salvage (\$)	0	0	20

Trend is applied along the forward horizon; SD is uncertainty in the realized level. Cull salvage is credited against replacement — the workbook has no salvage term, so 0 reproduces it.

Recommended VWP by cohort

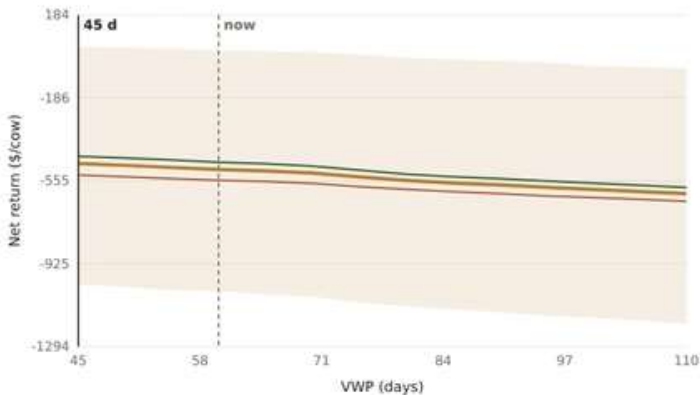
Lactation group x fertility group, 1,000 price draws. Click a cell to inspect.

	Top fertility	Moderate	Bottom fertility
Lactation 1	45 d plateau 45-45 d +\$19 vs 60 d · 100%	45 d plateau 45-45 d +\$19 vs 60 d · 100%	45 d plateau 45-45 d +\$18 vs 60 d · 100%
Lactation 2	45 d plateau 45-45 d +\$26 vs 60 d · 100%	45 d plateau 45-45 d +\$26 vs 60 d · 100%	45 d plateau 45-45 d +\$23 vs 60 d · 100%
Lactation 3+	45 d plateau 45-45 d +\$20 vs 60 d · 100%	45 d plateau 45-45 d +\$20 vs 60 d · 100%	45 d plateau 45-45 d +\$17 vs 60 d · 100%

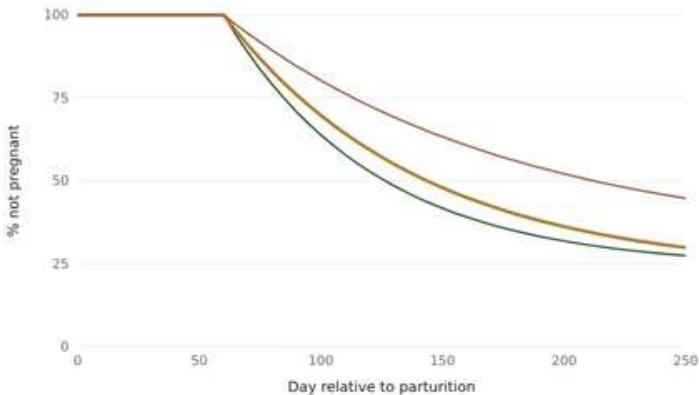
shorter mid longer cell: best VWP · plateau within \$5/cow · gain vs current policy and how often it wins

Lactation 2 · Moderate — P/AI multiplier ×1.004, 22.5% censored in Fig 7C
Net return per cow vs VWP

Best 45 d · plateau 45-45 d (within \$5/cow) · gain vs current 60 d: **+\$26/cow**, better in 100% of price draws.



Solid = mean across price draws; band = 5-95%. Dashed = current policy.



Survival of nonpregnancy by fertility group (Chebel Fig 7C fit)

VWP Weekly Decision Tool

Voluntary waiting period by lactation group x fertility group, under forward price expectations and uncertainty.

Engine verified: reproduces VWPReport_Revised_2025.xlsx on 42/42 line items at VWP 60

Prices

Fertility

Biology

Costs

Model

MILK & FEED

	level	trend %/yr	SD %
Milk (\$/cwt)	18.5	0	12
Feed, lactating (\$/lb DM)	0.09	0	10
Feed, dry (\$/lb DM)	0.11	0	10
Milk-feed correlation			0.40

CALF VALUE

HO female (\$)	250	0	20
HO male (\$)	20	0	30
Beef cross (\$)	150	0	30

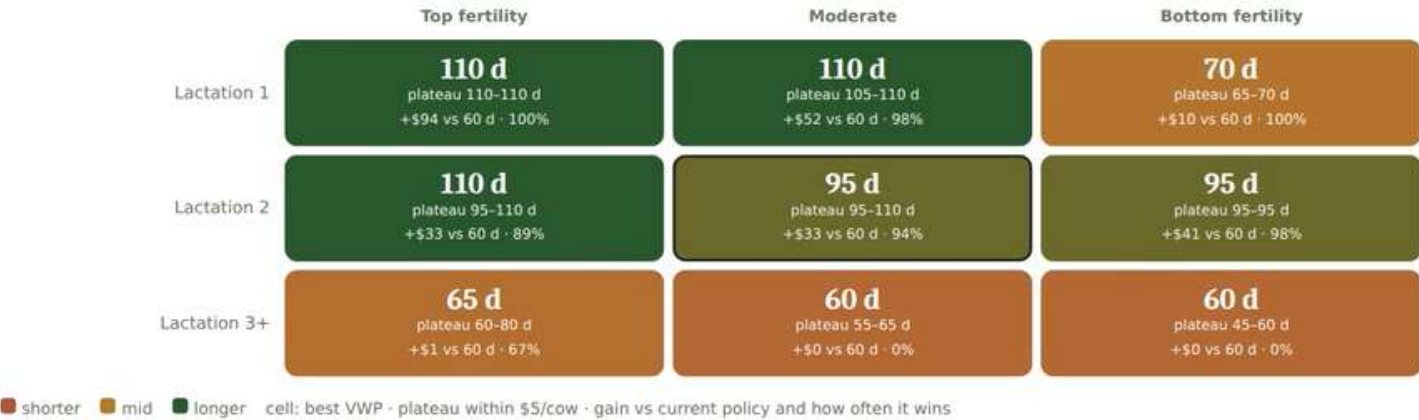
COW VALUE

Replacement, Lact 1 (\$)	1000	0	15
Replacement, Lact 2 (\$)			750
Replacement, Lact 3+ (\$)			750
Cull cow salvage (\$)	0	0	20

Trend is applied along the forward horizon; SD is uncertainty in the realized level. Cull salvage is credited against replacement — the workbook has no salvage term, so 0 reproduces it.

Recommended VWP by cohort

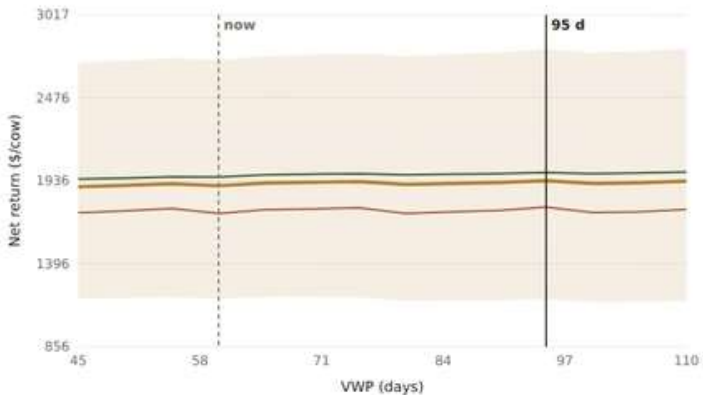
Lactation group x fertility group, 1,000 price draws. Click a cell to inspect.



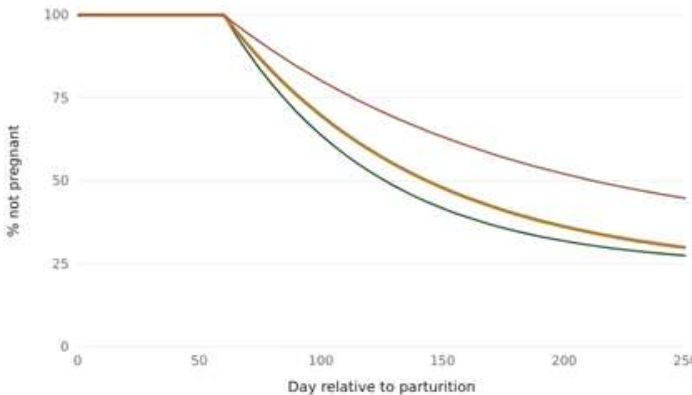
Lactation 2 · Moderate — P/AI multiplier x1.004, 22.5% censored in Fig 7C

Net return per cow vs VWP

Best 95 d · plateau 95-110 d (within \$5/cow) · gain vs current 60 d: **+\$33/cow**, better in 94% of price draws.



Solid = mean across price draws; band = 5-95%. Dashed = current policy.



Survival of nonpregnancy by fertility group (Chebel Fig 7C fit)

Os preços entram como expectativas futuras com incerteza

Cada série carrega um nível, uma tendência ao longo do horizonte produtivo e uma volatilidade; leite e alimentação são correlacionados



Leite

US\$/cwt, aplicado dia a dia ao longo da lactação



Alimentação

Dietas de lactação e de vaca seca, US\$/lb de MS



Bezerro

Holandês fêmea e macho, e mestiço de corte, precificado ao nascimento



Reposição

Novilha de reposição por vaca de descarte, precificadas na saída (DEL)

Um resultado de separabilidade torna a resolução semanal exata. O motor de coorte produz quantidades físicas (libras de leite, consume de matéria seca, bezerros por tipo, cabeças repostas, vaca-dias, inseminações) que não dependem dos preços. O retorno líquido é linear nos preços dadas essas quantidades, de modo que cada coorte é simulada uma vez e qualquer número de cenários de preço é avaliado sem re-executar a biologia.

Exato

sem aproximação por re-simulação

Rápido

milhares de cenários por coorte

Auditável

Biologia e economia permanecem separáveis

IMPLEMENTAÇÃO

Um ciclo semanal dentro do software do rebanho

A biologia é reestimada apenas quando os registros do rebanho são atualizados; o custo semanal é inserir os preços

Domingos

Preços futuros

Futuros de leite e alimentação, mercados de bezerro e de reposição inseridos ou obtidos por interface

MINUTOS

Modelo resolve

Cada coorte ordem de parto $\times$ fertilidade avaliada nos períodos estipulados

SAÍDA

Tabela por coorte

PEV recomendada, intervalo de confiança, ganho esperado e proporção de cenários que favorecem a mudança

AÇÃO

Lista de IA

Novo PEV aplicado às vacas elegíveis da semana

Como a camada biológica é fixa entre rodadas, as mudanças semanais na recomendação são atribuíveis inteiramente ao mercado.

WVP Weekly Decision Tool

Voluntary waiting period by lactation group × fertility group, under forward price expectations and uncertainty.

Engine verified: reproduces VWPReport_Revised_2025.xlsx on 42/42 line items at VWP 60

Prices

Fertility

Biology

Costs

Model

MILK & FEED

	level	trend %/yr	SD %
Milk (\$/cwt)	19.4	0	12
Feed, lactating (\$/lb DM)	0.168	0	10
Feed, dry (\$/lb DM)	0.11	0	10
Milk-feed correlation			0.40

CALF VALUE

HO female (\$)	250	0	20
HO male (\$)	20	0	30
Beef cross (\$)	700	0	30

COW VALUE

Replacement, Lact 1 (\$)	960	0	15
Replacement, Lact 2 (\$)			720
Replacement, Lact 3+ (\$)			720
Cull cow salvage (\$)	0	0	20

Trend is applied along the forward horizon; SD is uncertainty in the realized level. Cull salvage is credited against replacement — the workbook has no salvage term, so 0 reproduces it.

Recommended VWP by cohort

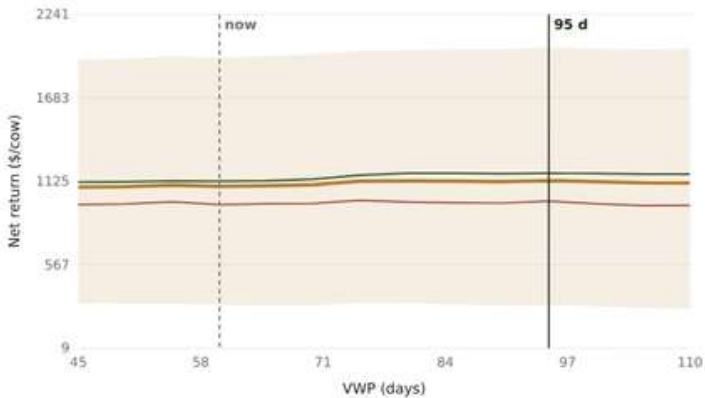
Lactation group × fertility group, 1,000 price draws. Click a cell to inspect.



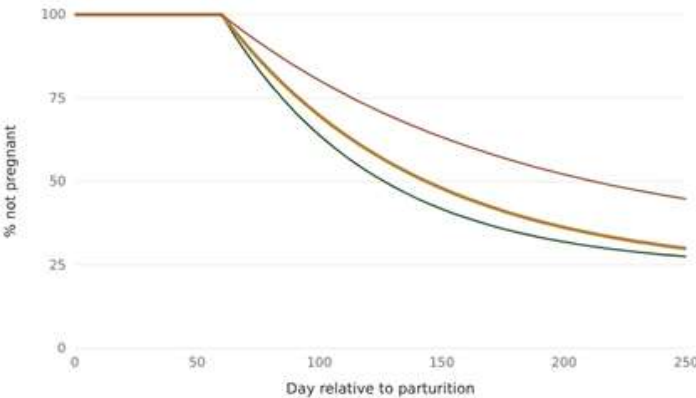
Lactation 2 · Moderate — P/AI multiplier ×1.004, 22.5% censored in Fig 7C

Net return per cow vs VWP

Best 95 d · plateau 75–95 d (within \$5/cow) · gain vs current 60 d: **+\$39/cow**, better in 88% of price draws.



Solid = mean across price draws; band = 5–95%. Dashed = current policy.

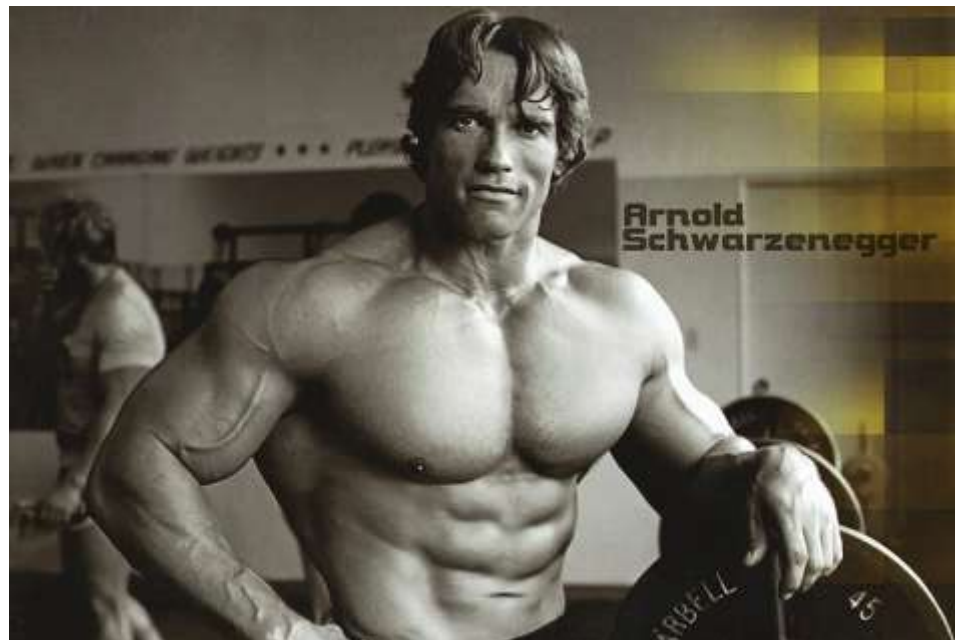


Survival of nonpregnancy by fertility group (Chebel Fig 7C fit)

A Tecnologia é Tão Útil Quanto o que Você Faz com Ela



≠



+



Obrigado!!!

Ricardo C. Chebel

Diretor Técnico Global

Global Ruminant Business Unit

ricardo.chebel@msd.com



MSD

Animal Health

