

# IMPACTOS DA SELEÇÃO GENÔMICA SOBRE CARACTERÍSTICAS DE INTERESSE ECONÔMICO EM UM REBANHO LEITEIRO

## IMPACTS OF GENOMIC SELECTION ON ECONOMICALLY RELEVANT TRAITS ON A DAIRY HERD

Lilian Regina da Silva\*

Ricardo Henrique Franco de Oliveira\*\*

### RESUMO

O melhoramento genético é aplicado nas diferentes fases de criação animal. Essa ferramenta, quando auxiliada pelas informações contidas no DNA, permite uma maior confiança e segurança nas tomadas de decisões de seleção, acasalamentos e manejo. A tecnologia genômica evoluiu tornando-se mais acessível do ponto de vista financeiro e materializando os benefícios do seu uso em operações comerciais. Dessa maneira, esse estudo buscou analisar diferenças produtivas em características leiteiras e os benefícios oriundos do uso da genômica em um cenário de seleção real, comparando resultados obtidos entre avaliações genéticas e genômicas para animais classificados como superiores e inferiores em cada característica avaliada. Foi observado fortes correlações nas diferentes metodologias de avaliação, variando de 0,70 a 0,86 entre as características de leite, proteína e gordura. Um incremento em produtividade foi observado, pela estratégia de escolha de novilhas de reposição em anos consecutivos. Independente da metodologia de avaliação, esses ganhos foram maiores do que 50% para todas variáveis, com exceção do score de contagens de células somáticas, já no primeiro ano após a seleção dos animais. As curvas de evolução genética demonstraram padronização de produção e ganho em médias produtivas em todos os anos simulados. Esta melhora na eficiência vem corroborar para a adoção da seleção pela genômica, onde o retorno do investimento pode ser obtido no primeiro ano após a tomada de decisão de seleção, reposição e acasalamento dos animais.

**Palavras-chave:** DNA. Melhoramento. Genética. Leite. Genômica

### ABSTRACT

Genetic improvement is applied at the different stages of animal breeding. This tool, when applied with the information contained in DNA, allows for greater confidence and security in making selection, mating and management decisions. Genomic technology has evolved to become more financially accessible and the benefits of its use in commercial operations are becoming increasingly evident. Thus, this study aimed to analyze productive differences in dairy traits and the benefits derived from the use of genomics in a real selection scenario, comparing results obtained between genetic and genomic evaluations for animals classified as superior and inferior in each trait evaluated. Strong correlations were observed within the different evaluation methodologies, ranging from

---

\* Neogen. Gerente de Unidade de Negócio – Divisão Genômica. [lilian.resilva@gmail.com](mailto:lilian.resilva@gmail.com)

\*\* Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – FZEA/USP. Doutor em Qualidade e Produtividade Animal.

0.70 to 0.86 between the characteristics of milk, protein and fat. An increase in productivity was observed by applying the strategy of selecting superior replacement heifers in consecutive years. Regardless of the evaluation methodology, the increase in productivity was greater than 50% for all variables, except for the somatic cell count score, in the first year after animal selection. Genetic evolution graphs showed production standardization and yield average gain in all simulated years. This improvement in efficiency corroborates the adoption of selection by genomics, where the return on investment can be obtained in the first year after the decision of selection, replacement and animals mating.

**Keywords:** DNA. Breeding. Genetic. Dairy. Genomics

## **Introdução**

O empreendimento rural assume um perfil profissional, que visa retornos econômicos para garantir sua presença no mercado cada vez mais competitivo, ou seja, a sustentabilidade financeira. Assim, o melhoramento genético de animais de exploração econômica constitui-se num insumo essencial para a pecuária moderna e as informações de genotipagem ajudam a selecionar de maneira eficaz os animais de reposição, garantindo maior viabilidade econômica. (EGGER-DANNER *et al.*, 2014).

Tradicionalmente, o progresso genético na pecuária tem se restringido pela seleção com base no fenótipo. O delineamento de teorias quantitativas e metodologias de predição das respostas genéticas dominou o século passado, o que resultou na seleção de importantes características econômicas em bovinos, ovinos, suínos e aves. Reiner-Benaïm *et al.* (2017) estudaram o efeito econômico de diferentes estratégias de reposições de fêmeas usando seleção genômica, produzindo fórmulas para calcular custos de genotipagem e ponto de equilíbrio.

Nos últimos 25 anos, os marcadores de DNA associados a diferentes técnicas têm criado possibilidades de melhoramento genético, conservação da biodiversidade e resistência a doenças em animais e plantas. O advento dos protocolos de biologia molecular, durante as três últimas décadas, vem criando novas alternativas para estudos genéticos e seleção com base no genótipo (SABIR *et al.*, 2014).

E já nos últimos 15 anos, com avanço das técnicas de identificação dos marcadores moleculares, isso tem se tornado uma importante estratégia que dá ao criador a capacidade de prever o desempenho de seus animais, com uma precisão significativa, gerando a oportunidade de ser mais competitivo em um cenário de margens financeiras cada vez menores (CAETANO, 2009).

Os testes genômicos eram predominantemente utilizados em machos no ano de 2009, e desde então, o crescimento do número de fêmeas testadas foi significativa, e atualmente, as fêmeas predominam nos testes genômicos por larga margem. A avaliação genética nacional do Council of Dairy Cattle Breeders [CDCB] de dezembro de 2016 mostrou que mais de 1,67 milhão de animais foram testados genomicamente desde 2009. Na maioria das vezes bezerras jovens são testadas. Se 4,5 milhões de bezerros leiteiros nascem todos os anos, isso significa que aproximadamente 9% desses bezerros são testados genomicamente. Os resultados dos testes genômicos são úteis para classificar melhor os animais por mérito genético de características individuais ou com base em índices, identificar erros de paternidade e detectar portadores de alelos recessivos, que as vezes podem ocasionar na morte do animal. Os resultados dos testes devem melhorar as decisões de seleção e reprodução (DE VRIES, 2017).

A seleção de novilhas de reposição em fazendas de leite comerciais foi tradicionalmente caracterizada por uma pressão muito baixa de seleção. Em geral os produtores eram obrigados a reter quase todas as bezerras para reposição do rebanho, dados os altos descartes por critérios reprodutivos e funcionais. No entanto, melhorias recentes nos manejos reduziram as taxas de descarte involuntário, o que melhorou a eficiência reprodutiva, e elevou a capacidade de produzir mais novilhas para reposição. Além disso, o uso de sêmen sexado também possibilitou a geração de um superávit considerável de bezerras. Neste contexto, a seleção de novilhas de reposição se torna cada vez mais uma ferramenta para o incremento do progresso genético do rebanho, contribuindo sobremaneira para a melhoria dos índices produtivos (PENAGARICANO, 2018).

Diante disto, criadores comerciais têm praticado esta seleção de novilhas de reposição utilizando-se de técnicas mais avançadas e fazendo-o cada vez mais cedo na vida do animal. O uso de testes genômicos para prever valores de desempenho, nos permite identificar e selecionar novilhas precocemente. O ponto chave é estimar mais precisamente possível o mérito genético de uma novilha em idade precoce, pois o custo de recria de animais de mérito genético inferior é muito superior ao custo de um teste genômico. Isso permite a dedicação de recursos e cuidados a animais de alto mérito genético, favorecendo a expressão deste potencial, trazendo consequentemente uma maior rentabilidade a atividade (ROSA *et al.*, 2013).

Na ausência de informação genômica, a seleção ou o descarte de uma bezerra é baseada no mérito genético médio de seus pais expressos na forma de valores que

expressão a habilidade predita de transmissão – *Predicted Transmitting Ability* [PTA]. A confiabilidade ou acurácia desta informação tipicamente varia desde 0, quando não temos informações sobre os pais, a 0,40% se temos o acesso à informação completa do pedigree dos pais. Entretanto, utilizando-se da tecnologia genômica, a confiabilidade do mérito genético predito da bezerra pode variar de 0,55% a 0,75%, dependendo da característica e da quantidade de dados de pedigree disponíveis. Portanto, o teste genômico nos permite tomar decisões de seleção precisas (descarte) e em idade precoce, sendo que estas são mais confiáveis do que aquelas tomadas utilizando somente a informação do pedigree (WEIGEL *et al.*, 2015).

No delineamento de um programa de melhoramento genético, uma das principais decisões é a escolha de quais animais permanecerão e quais serão descartados, seguidas pela estratégia de acasalamentos e técnicas reprodutivas avançadas como fertilização *in vitro* e transferência de embriões. E suas receitas podem ser realizadas em dois níveis separados, ou seja, para as empresas de melhoramento que vendem sêmen e em produtores comerciais onde a superioridade genética é expressa (KARIUKI *et al.*, 2017).

O melhoramento genético também oferece uma oportunidade para aprimorar a eficiência dos laticínios gerando uma cadeia de valores. Pela literatura, é conhecido que programas de rebanhos de pequeno porte podem criar ganhos genéticos significativos (OKENO *et al.*, 2010b; GIZAW *et al.*, 2014; KARIUKI *et al.*, 2014). No entanto, o sucesso da implementação de tais programas será finalmente determinado por seus resultados econômicos. E outros estudos já mostraram que a seleção genômica em programas de criação de gado leiteiro de grande porte tiveram vantagens genéticas e monetárias sobre o teste tradicional de progênie (KARIUKI *et al.*, 2017). As vantagens genéticas estão principalmente relacionadas à redução dos intervalos de geração (GODDARD; HAYES, 2007) e a eliminação da necessidade de filhas de teste pode resultar em redução de custos operacionais nos rebanhos leiteiros (SCHAEFFER, 2006).

Tradicionalmente, a qualidade do leite refere-se a ao conteúdo de gordura, proteína e ao número de células ou bactérias totais no leite (SOYEURT *et al.*, 2011). E por serem as características de principal impacto econômico, elas foram usadas nesse trabalho cujo objetivo foi analisar suas diferenças produtivas e os benefícios oriundos do uso da genômica em um cenário de seleção real.

## **Material e Métodos**

O estudo foi conduzido utilizando-se dados de 96 animais de uma propriedade rural localizada na cidade de Castro (PR), cujo proprietário conduz um trabalho de melhoramento genético junto a associação da raça Holandesa em seu estado. Desse universo, 72 animais estavam classificados como vacas, ou seja, fêmeas com no mínimo uma cria e em processo de lactação e os outros 24 estavam classificados como novilhas, ou seja, fêmeas jovens que ainda não pariram. Todos esses animais possuíam avaliação genética tradicional para as características de produção em quilos de leite (PTA Leite), em quilos de proteína (PTA Prot.), em quilos de gordura (PTA Gord.) e escores para contagem de células somáticas (PTA ECCS). Os mesmos animais foram submetidos à coleta de amostras de pelo da vassoura da cauda, as quais foram enviadas ao laboratório de genômica da empresa Neogen, onde passaram por processos de extração de DNA robotizada e genotipagem em chip com densidade de 50 mil marcadores (GGP *Bovine* 50K), obedecendo o protocolo da Illumina Inc<sup>®</sup>. Os dados genotípicos gerados foram submetidos à avaliação genômica do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos - *United States Department of Agriculture* [USDA], por meio do consórcio CDBC criado para realizar os processos de avaliação.

Após o recebimento dos resultados de avaliação genômica do CDBC, criou-se um banco de dados composto pelas PTAs genômicas de leite (GPTA Leite), proteína (GPTA Prot), gordura (GPTA Gord), escores para contagem de células somáticas (GPTA ECCS) e com as avaliações genéticas tradicionais das mesmas (PTA Leite, PTA Prot, PTA Gord e PTA ECCS). A partir desse conjunto de dados foram feitas análises de correlação de Pearson entre as 8 possíveis características.

As vacas e novilhas foram ordenadas pelos resultados da GPTA Leite, seguindo do animal mais produtivo para o menos produtivo. Das 24 novilhas ordenadas, foram selecionadas as 10 melhores e essas substituíram as 10 piores vacas para essa característica. Médias de produção foram calculadas usando as classificações animais e o novo conjunto de dados oriundo após o processo de seleção.

Uma análise considerando o valor pago por volume de leite foi realizada para o rebanho de vacas antes da seleção e após a seleção com reposição das novilhas. A diferença de receita em reais foi calculada.

Após essas análises preliminares, foram realizadas outras 3 simulações de seleção, onde: o Ano 1 foi considerado como rebanho sem seleção, pois embora a tomada de

decisão tenha ocorrido nesse ano, o impacto de produção só foi visto no período seguinte; o Ano 2 considerou a produção resultante da seleção e reposição de fêmeas; o Ano 3 teve como base a seleção realizada para o Ano 2 e as dez (10) piores vacas remanescentes foram substituídas por 10 novilhas iguais às novilhas selecionadas no Ano 1 e o Ano 4 teve como base a ordenação de animais do Ano 3, onde as 10 piores vacas remanescentes foram substituídas por 10 novilhas com desempenho semelhante às novilhas selecionadas no Ano 1. No final desse quarto período restaram as 42 melhores vacas para GPTA Leite e 30 novilhas foram incorporadas no rebanho simulado, mantendo o rebanho em lactação constante durante o período. As médias de produção e receitas foram calculadas para todos os anos e uma curva de distribuição normal foi feita para analisar a evolução da produtividade do rebanho, através da seleção genômica.

Um levantamento do custo de investimento com a avaliação genômica foi feito para o primeiro ano e para as simulações de seleção dos outros 3 anos subsequentes. O valor considerado para preço líquido médio do litro do leite pago ao produtor no estado do Paraná foi de R\$ 1,3545 (CEPEA, 2019) e este foi convertido de reais para libras para ficar na mesma medida da GPTA leite. A média de produção dessa característica foi considerada para cada um dos quatro anos e multiplicado pelo valor do leite obteve-se o valor de remuneração por animal. A receita total foi gerada pela produção dos 72 animais nos períodos e retorno do investimento em genômica foi calculado. O custo com essa avaliação foi informado pela empresa Neogen, responsável por gerar os dados ao proprietário da fazenda que realizou a concessão dos dados.

## **Resultados e Discussão**

As características com valores genômicos são expressos em libras, uma vez que essa avaliação foi realizada por uma instituição americana em uma base de dados composta por sua maioria de animais americanos. Por sua vez, as avaliações genéticas são expressas em quilos por ser a unidade de medida trabalhada pelos produtores brasileiros. A exceção está na característica ECCS, onde para ambas avaliações, foi expressa em escores.

As estimativas de produção das características oriundas das avaliações genéticas e genômicas das vacas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Estimativas de produção de vacas (n=72) para as características avaliadas

Características	Média	Mínimo	Máximo	Mediana
PTA Leite (kg)	61,97	-444,43	836,27	42,99
PTA Gord (kg)	-1,27	-26,87	18,04	-1,61
PTA Prot (kg)	2,09	-9,92	18,00	2,15
PTA ECCS (ponto)	0,00	-0,29	0,31	0,00
GPTA Leite (lb)	-20,32	-1.471,00	1.057,00	49,50
GPTA Gord (lb)	-1,53	-59,00	48,00	1,00
GPTA Prot (lb)	1,15	-39,00	27,00	2,50
GPTA ECCS (ponto)	3,06	2,64	3,38	3,06

**Fonte:** Resultados originais da pesquisa

Nota: Habilidade predita de transmissão de leite em quilos [PTA Leite (kg)]; Habilidade predita de transmissão de gordura em quilos [PTA Gord (kg)]; Habilidade predita de transmissão de proteína em quilos [PTA Prot (kg)]; Habilidade predita de transmissão de escore de contagem de células somáticas em pontos [PTA ECCS (ponto)]; Habilidade predita de transmissão de leite genômica em libras [GPTA Leite (lb)]; Habilidade predita de transmissão de gordura genômica em libras [GPTA Gord (lb)]; Habilidade predita de transmissão de proteína genômica em libras [GPTA Prot (lb)]; Habilidade predita de transmissão de escore de contagem de células somáticas genômica em pontos [GPTA ECCS (ponto)]

A média da PTA Leite foi de 61,97 quilos de leite para uma lactação de 305 dias, já a GPTA Leite foi de -20,32 libras. Valores negativos não significam prejuízos diretos, mas sim que o animal estava abaixo da média de produção na rodada de avaliação considerada. Não foi possível uma comparação direta dos dois valores por estarem em unidades distintas, mas através da correlação de Pearson pode-se notar que a ordenação dos animais por ambos valores possui uma forte relação entre as duas variáveis. Outros valores e resultados de correlação serão discutidos a seguir.

Observou-se que existe grande variabilidade entre animais para todas as características avaliadas, dados os valores máximos e mínimos, independentemente do método, mostrando que existe a possibilidade de seleção entre os animais, trazendo com consequência ganhos genéticos significativos (LAGROTTA *et al.*, 2010).

As mesmas estimativas de produção foram calculadas para a categoria de novilhas e estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2. Estimativas de produção de novilhas (n=24) para as características avaliadas

Características	Média	Mínimo	Máximo	Mediana
PTA Leite (kg)	112,69	-552,35	735,84	124,56
PTA Gord (kg)	4,35	-19,11	23,06	7,17
PTA Prot (kg)	2,80	-14,29	17,46	2,78
PTA ECCS (ponto)	0,00	-0,27	0,30	0,04
GPTA Leite (lb)	-121,67	-1.163,00	1.301,00	-230,50
GPTA Gord (lb)	-1,75	-40,00	29,00	1,00
GPTA Prot (lb)	0,21	-18,00	21,00	1,50
GPTA ECCS (ponto)	3,08	2,62	3,31	3,08

**Fonte:** Resultados originais da pesquisa

Nota: Habilidade predita de transmissão de leite em quilos [PTA Leite (kg)]; Habilidade predita de transmissão de gordura em quilos [PTA Gord (kg)]; Habilidade predita de transmissão de proteína em quilos [PTA Prot (kg)]; Habilidade predita de transmissão de escore de contagem de células somáticas em pontos [PTA ECCS (ponto)]; Habilidade predita de transmissão de leite genômica em libras [GPTA Leite (lb)]; Habilidade predita de transmissão de gordura genômica em libras [GPTA Gord (lb)]; Habilidade predita de transmissão de proteína genômica em libras [GPTA Prot (lb)]; Habilidade predita de transmissão de escore de contagem de células somáticas genômica em pontos [GPTA ECCS (ponto)]

Assim como para as vacas, as novilhas apresentaram diferentes valores entre PTA e GPTA, o que também era esperado. Por sua vez, elas apresentaram uma PTA Leite com 50,72 quilos a mais que a média das vacas e valores maiores foram observados também para as outras PTAs. Na análise das GPTAs, a GPTA Leite apresentou menos 101,35 libras em média e essa queda foi ocasionada pela presença de alguns animais extremamente negativos para esta característica. Contudo, a variabilidade genética desses animais pôde ser observada pelas diferenças nos valores mínimos e máximos encontrados.

A exceção ocorreu com a característica ECCS que apresentou um resultado muito similar para as duas categorias animais, tanto para a PTA como para a GPTA. Esse critério de seleção é usado para buscar animais mais resistentes à mastite, auxiliando no controle e na diminuição da incidência da doença, uma vez que possuem alta correlação genética (URIESTE *et al.*, 2011). A incidência da mastite, seja ela clínica ou subclínica, está mais relacionada ao manejo sanitário antes, durante e após a ordenha, devendo-se adotar formas corretas de higienização e desinfecção do ambiente, do animal, do profissional e dos utensílios usados na ordenha, para diminuir sua incidência (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Além disso, hábitos comportamentais do animal nos pós ordenha também tem grande influência no registro de mastite (ALMEIDA *et al.*, 2013).

Para melhor visualizar a possibilidade de selecionar os animais por qualquer uma das duas metodologias, foram calculadas as correlações de Pearson, que avaliaram o grau



de associação entre os valores das duas avaliações (genética e genômica). Esses valores podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3. Correlação de Pearson para as características avaliadas nas categorias de vaca (n=72) e novilha (n=24)

Características	PTA Leite	GPTA Leite	PTA Gord	GPTA Gord	PTA Prot	GPTA Prot	PTA ECCS	GPTA ECCS
PTA Leite (kg)		0,70*	0,71*	0,36	0,86*	0,56*	-0,30	-0,11
GPTA Leite (lb)			0,37	0,61*	0,47	0,83*	-0,01	-0,07
PTA Gord (kg)				0,37*	0,74*	0,38	-0,30	-0,16
GPTA Gord (lb)					0,21	0,70*	0,08	-0,02
PTA Prot (kg)						0,49*	-0,26	-0,05
GPTA Prot (lb)							0,10	0,05
PTA ECCS (ponto)								0,58*
GPTA ECCS (ponto)								

\*Correlação significativa a 5% de probabilidade

**Fonte:** Resultados originais da pesquisa

Nota: Habilidade predita de transmissão de leite em quilos [PTA Leite (kg)]; Habilidade predita de transmissão de gordura em quilos [PTA Gord (kg)]; Habilidade predita de transmissão de proteína em quilos [PTA Prot (kg)]; Habilidade predita de transmissão de escore de contagem de células somáticas em pontos [PTA ECCS (ponto)]; Habilidade predita de transmissão de leite genômica em libras [GPTA Leite (lb)]; Habilidade predita de transmissão de gordura genômica em libras [GPTA Gord (lb)]; Habilidade predita de transmissão de proteína genômica em libras [GPTA Prot (lb)]; Habilidade predita de transmissão de escore de contagem de células somáticas genômica em pontos [GPTA ECCS (ponto)]

A correlação entre a PTA e a GPTA para a característica de produção de leite foi de 0,70 o que representa uma forte relação entre a ordem de classificação dos animais por qualquer um dos dois métodos. Segundo Dancey e Reidy (2006), valores de correlação entre 0,70 e 1 são classificados como altos, o que assegura que a seleção dos animais baseada nas informações de GPTA seja uma eficiente opção, mesmo que calculadas em uma base composta em sua maioria por animais americanos.

Outra combinação de características produtivas que apresentaram forte associação foram a GPTA Leite e GPTA Prot. Isto é esperado pois quando se tem um aumento na quantidade de quilos de leite produzidos, espera-se um aumento favorável na produção de proteínas.

O mesmo ocorreu também com a GPTA Gord que, embora apresentando uma média relação, ainda assim mostrou-se significativa. A gordura é um elemento do leite que apresenta grandes variações de produção de acordo com a alimentação animal (Silva et al., 2017). Maiores taxas de produção dessa característica são observadas em animais da raça Jersey quando comparados com animais Holandeses (LUDOVICO *et al.*, 2019).

Já é uma tendência positiva de laticínios premiarem ou remunerarem melhor produtores que entregam não só volume de leite, mas também qualidade por volume de gordura e proteína (CARDOSO; SOUZA, 2013). Mas, como a maioria ainda é remunerada por quilos de leite, essa característica foi escolhida como a principal para a seleção dos animais. Do ponto de vista da análise de dados, a característica de quilos de leite produzidos foi eleita por apresentar uma forte correlação de Pearson.

As vacas e novilhas ordenadas por GPTA foram selecionadas quanto a uma baixa e alta GPTA leite, respectivamente e suas médias de produção foram calculadas. Esses valores são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Estimativas de produção de vacas (n=10) e novilhas (n=10) selecionadas para descarte e reposição

Características	Categoria Animal	Média	Mínimo	Máximo	Mediana
PTA Leite (kg)	Vaca	-234,91	-444,43	-72,64	-186,73
PTA Gord (kg)	Vaca	-8,02	-14,16	-4,88	-7,33
PTA Prot (kg)	Vaca	-8,02	-14,16	-4,88	-7,33
PTA ECCS (lb)	Vaca	-0,03	-0,25	0,27	-0,01
GPTA Leite (lb)	Vaca	-1.090,00	-1.471,00	-773,00	-1.008,00
GPTA Gord (lb)	Vaca	-23,20	-59,00	8,00	-22,50
GPTA Prot (lb)	Vaca	-21,20	-39,00	4,00	-18,50
GPTA ECCS	Vaca	3,13	2,95	3,32	3,12
PTA Leite (kg)	Novilha	307,53	-29,09	735,84	260,75
PTA Gord (kg)	Novilha	6,44	-12,20	23,06	7,28
PTA Prot (kg)	Novilha	6,44	-12,20	23,06	7,28
PTA ECCS (ponto)	Novilha	-0,01	-0,27	0,16	0,07
GPTA Leite (lb)	Novilha	486,60	-195,00	1.301,00	414,00
GPTA Gord (lb)	Novilha	10,30	-6,00	29,00	11,00
GPTA Prot (lb)	Novilha	9,60	4,00	21,00	7,50
GPTA ECCS (ponto)	Novilha	3,10	2,62	3,26	3,14

**Fonte:** Resultados originais da pesquisa

Nota: Habilidade predita de transmissão de leite em quilos [PTA Leite (kg)]; Habilidade predita de transmissão de gordura em quilos [PTA Gord (kg)]; Habilidade predita de transmissão de proteína em quilos [PTA Prot (kg)]; Habilidade predita de transmissão de escore de contagem de células somáticas em pontos [PTA ECCS (ponto)]; Habilidade predita de transmissão de leite genômica em libras [GPTA Leite (lb)]; Habilidade predita de transmissão de gordura genômica em libras [GPTA Gord (lb)]; Habilidade predita de transmissão de proteína genômica em libras [GPTA Prot (lb)]; Habilidade predita de transmissão de escore de contagem de células somáticas genômica em pontos [GPTA ECCS (ponto)]

Após a identificação dos animais que seriam descartados (vacas) e dos que seriam usados na reposição (novilhas), pode-se verificar maiores diferenças de produção, onde as novilhas tiveram uma diferença positiva para PTA Leite de 542,44 quilos, em média, e uma GPTA Leite de 1.576,60 libras. Conseqüentemente, uma maior produção foi

observada para as demais características. Esta superioridade dos animais mais jovens selecionados era esperada, uma vez que se existindo alguma preocupação em realizar melhoramento genético, a média dos animais jovens deve ser superior à média dos seus pais ou das gerações anteriores (BEEFPOINT, 2011).

Taxas de adoção do uso de ferramentas de seleção, principalmente a genômica, tem apresentado crescimento surpreendente em diversos países, com maior destaque para os Estados Unidos, onde García-Ruiz *et al.* (2016) caracterizaram o impacto de 7 anos de implementação da seleção genômica e demonstraram que as taxas de melhoramento genético cresceram de 50% para 100% para características de herdabilidade moderada e de 300% para 400% nas de herdabilidade mais baixa.

Mais de 70% das vacas americanas são produzidas pela ferramenta de reprodução de inseminação artificial e como praticamente todas as fêmeas de reposição são oriundas do próprio rebanho de origem, os direcionamentos de melhoramento contribuíram muito para as respostas de seleção (TAYLOR *et al.*, 2016).

Na Figura 1 é possível observar que, mesmo não considerando uma tendência de evolução genética ao longo das gerações, o efeito da correta e mais acurada seleção e a reposição dos animais inferiores por animais jovens superiores trouxeram uma evolução constante no ganho da característica GPTA Leite nos quatro anos simulados. Isto mostra a eficiência do uso de ferramentas genômicas nas tomadas de decisão de melhoramento para aumento da produção e consequentemente da lucratividade da atividade pecuária. Através de ferramentas adequadas para seleção de animais superiores, pode-se então obter maiores ganhos genéticos por geração.

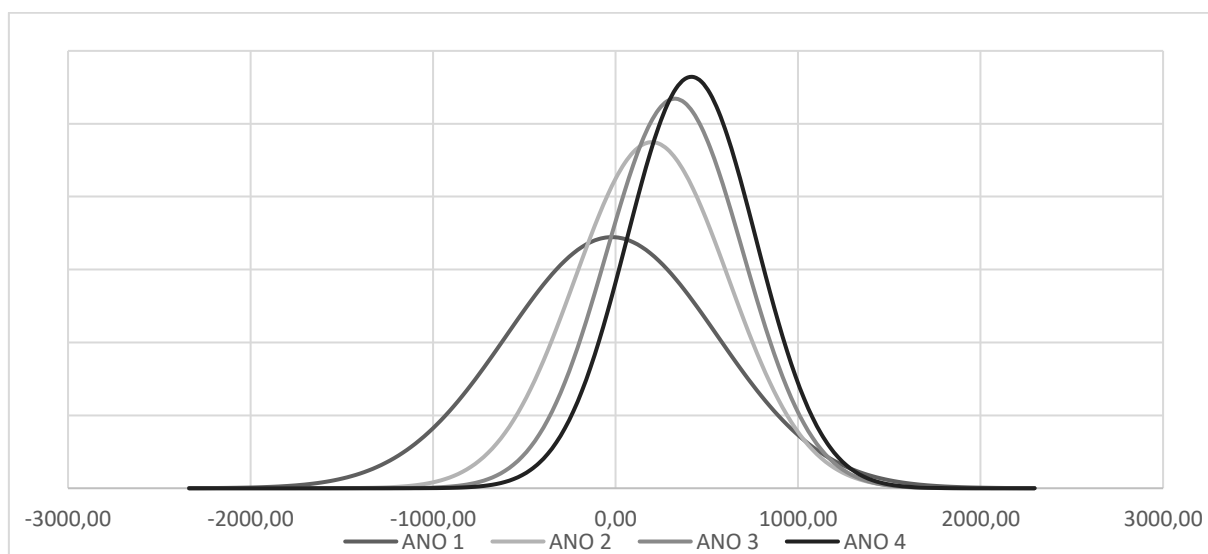


Figura 1: Curva de distribuição normal para os quatro anos de simulação de seleção

**Fonte:** Resultados originais da pesquisa

Pelas curvas de distribuição normal da Figura 1 observa-se a evolução do rebanho pelo simples efeito de seleção, descarte e reposição ao longo dos quatro anos. Três pontos evidenciados por este gráfico merecem destaque. Em primeiro lugar, o aumento da média de produção do rebanho, ano a ano; em segundo, a maior concentração de animais com produção em torno da média, uma consequência direta do fato de se descartar os animais inferiores, e que se traduz por uma maior e crescente padronização e uniformidade da produção leiteira através dos anos 2, 3 e 4; E terceiro, o maior número de animais com valores extremamente positivos para a característica, mais evidenciado na curva do ano 4. Isto possibilita a identificação de fêmeas excepcionais, para um subsequente uso de técnicas reprodutivas avançadas, como a transferência de embriões oriundos destas fêmeas, o que potencializará ainda mais a velocidade de ganho genético do rebanho. A viabilização deste aumento em produtividade, uniformidade e o aumento do progresso genético do rebanho só foi possível através da identificação dos animais superiores e inferiores, e da seleção estratégica dos indivíduos jovens.

O estudo de retorno de investimento na ferramenta de avaliação genômica dentro dos anos de seleção, apresentado na Tabela 5, levou em consideração os diferenciais de produção entre os anos e a possível receita gerada.

Tabela 5. Simulação de seleção e reposição animal ao longo de quatro anos, com as respectivas receitas

	GPTA Leite	Receita total	Investimento	Retorno Acumulado
	lb	R\$		
ANO 1	(20,32)	- 4.369,50	- 17.280,00	- 21.649,50
ANO 2	198,65	42.718,38	- 4.320,00	16.748,87
ANO 3	324,89	69.864,24	- 4.320,00	82.293,12
ANO 4	416,01	89.459,80	- 4.320,00	167.432,92

**Fonte:** Resultados originais da pesquisa

Nota: Habilidade predita de transmissão de leite genômica em libras [GPTA Leite (lb)]

A estratégia de uso da tecnologia genômica no rebanho pode ser descrita da seguinte maneira: No primeiro ano há um maior investimento, pois é necessário testar todos os animais do rebanho, para que se conheça o potencial produtivo de cada um. Vacas adultas e novilhas são avaliadas nesta fase inicial (96 animais: 72 vacas e 24 novilhas). A partir do segundo ano, apenas os animais jovens serão testados (24 novilhas por ano), pois a avaliação genômica das fêmeas adultas permanece inalterada.

Após a seleção das novilhas no Ano 1 foi observado que as reposições seguintes resultaram em maiores médias em libras de leite produzido, resultado em maiores receitas a cada ano. Como resultado, observou-se que o investimento de R\$ 180,00 na avaliação genômica de cada animal no primeiro ano não foi recuperado imediatamente. Isso é condizente com o fato de que a produção oriunda das novilhas de reposição só acontece no ano seguinte à seleção. Já no Ano 2 é possível observar que o diferencial de produção foi capaz de remunerar o investimento realizado no Ano 1 e também o investimento na ferramenta genômica para outras 24 novilhas jovens, utilizadas para a reposição no Ano 3. O mesmo aconteceu para o Ano 4, onde também se considerou outras 24 novilhas testadas genomicamente e avaliadas para uso no ano seguinte.

As receitas adicionais geradas pelo uso da seleção de novilhas de reposição dependem de vários fatores, incluindo o custo da genotipagem, o valor econômico genético, a precisão da seleção com base no valor genômico em comparação à seleção com base na avaliação genética tradicional, a taxa de reposição (ou seja, a porcentagem de vacas leiteiras em um rebanho substituídas por novilhas anualmente) e o número de novilhas disponíveis (CALUS *et al.*, 2015). Os mesmos autores também identificaram incrementos nas receitas geradas pelo uso da seleção genômica vinculada com estratégias de reprodução, podendo variar de 4,7 a 10,6 unidades de desvio-padrões quando comparado a avaliações tradicionais.

As outras características também sofreram impacto da seleção genômica, como apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6. Incremento nas médias de produção entre os Anos 1 e 4 de seleção

Características	Média Ano 1	Média Ano 4	Incremento	Incremento %
PTA Leite (kg)	61,97	230,16	168,20	271,43
PTA Gord (kg)	-1,27	3,27	4,54	358,38
PTA Prot (kg)	2,09	4,38	2,29	109,85
PTA ECCS (ponto)	0,00	0,00	0,00	0,00
GPTA Leite (lb)	-20,32	416,01	436,33	2.147,37
GPTA Gord (lb)	-1,53	9,03	10,56	690,91
GPTA Prot (lb)	1,15	9,40	8,25	715,66
GPTA ECCS (ponto)	3,06	3,07	0,01	0,29

(n=72)

**Fonte:** Resultados originais da pesquisa

Nota: Habilidade predita de transmissão de leite em quilos [PTA Leite (kg)]; Habilidade predita de transmissão de gordura em quilos [PTA Gord (kg)]; Habilidade predita de transmissão de proteína em quilos [PTA Prot (kg)]; Habilidade predita de transmissão de escore de contagem de células somáticas em pontos [PTA ECCS (ponto)];

Habilidade predita de transmissão de leite genômica em libras [GPTA Leite (lb)]; Habilidade predita de transmissão de gordura genômica em libras [GPTA Gord (lb)]; Habilidade predita de transmissão de proteína genômica em libras [GPTA Prot (lb)]; Habilidade predita de transmissão de escore de contagem de células somáticas genômica em pontos [GPTA ECCS (ponto)]

A avaliação genômica para Leite foi fator escolhido para seleção dos animais pois apresentou o maior incremento, sendo 168,20 quilos para PTA Leite e 436,33 libras para a GPTA Leite. Por sua forte e média correlação com as outras características avaliadas, também foi observado um aumento positivo de produção em todas elas. A exceção pode ser considerada para ECCS, que não foi alterado pelo efeito das novilhas de reposição.

É de importância para um produtor de leite comercial maximizar o lucro total da fazenda e as decisões de criação e seleção desempenham um papel importante no manejo de um rebanho leiteiro. Vários estudos descobriram que a política de substituição de vacas leiteiras influencia bastante a lucratividade do rebanho. Assim, maximizar os lucros agropecuários requer otimizar as decisões de reprodução e reposição (GROENENDAAL *et al.*, 2004).

A maioria dos estudos genômicos assumiram que os maiores ganhos das seleções se dão no uso em animais jovens (WELLER *et al.*, 2017), pois os mesmos ainda não têm registros de produção próprios (fenótipos). Sendo assim as categorias jovens se beneficiam muito mais das predições advindas dos testes genômicos, aumentando significativamente a precisão das informações disponíveis. Outro fator que desempenha grande importância no balanço econômico da propriedade leiteira, é o fato de poder identificar as fêmeas jovens que tem alto potencial produtivo mais cedo (assim que forem desmamadas), e então tomar a decisão de recriar apenas as superiores, descartando as inferiores. Isto traz uma diminuição no custo de recria desta categoria jovem da ordem de 50 a 60%, dependendo da taxa de reposição do rebanho.

O progresso genético implica que os futuros animais de reposição sejam ativos tecnologicamente aprimorados. A teoria da substituição de ativos com ativos aprimorados resulta em um valor anualizado, incluindo custo de oportunidade genética [AVOC] para cada animal (SCHMITT *et al.*, 2019).

### **Considerações finais**

Avaliações genéticas são importantes para conhecer o potencial de produção animal e usando o DNA, por meio das predições genômicas é possível um incremento nos ganhos genéticos, uma vez que ambas metodologias são capazes de orientar a seleção

para o mesmo sentido. O valor genômico pode ser usado na escolha dos animais para descarte e reposição desde que haja variabilidade entre os indivíduos e o impacto dessa seleção acarreta ganhos ao longo dos anos, pois o ganho genético é cumulativo através das gerações.

Conhecer então a produtividade de cada animal do rebanho é benéfico pois pode trazer uma evolução de produção com aumento de médias para todas as características utilizadas na seleção das fêmeas. O investimento necessário para isso não é obtido no primeiro ano, mas é capaz de ser recuperado quando o resultado da reposição acontece, impactando positivamente na receita da propriedade.

A implementação de programas de seleção e estratégias do seu uso são determinantes para a capacidade de gerar maiores lucros. Para rebanhos pequenos e com menor infraestrutura para coleta de dados e administração de um programa de melhoramento genético, o uso da genômica pode ser a alternativa viável e segura para a garantia de maior retorno econômico.

## **Referências**

ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; BARBOSA, S. B. P.; PEREIRA, D. F.; UISELINI, C. Comportamento, produção e qualidade do leite de vacas Holandês-Gir com climatização no curral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 892-899, 2013.

BEEFPOINT. Fatores que afetam o progresso genético do rebanho. 2011. Disponível em: <https://www.beefpoint.com.br/fatores-que-afetam-o-progresso-genetico-do-rebanho-73289>. Acesso em: 13 out. 2019.

CAETANO, A. R. Marcadores SNP: conceitos básicos, aplicações no manejo e no melhoramento animal e perspectivas para o future. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 64-71, 2009.

CALUS, M. P. L.; BIJMA, P.; VEERKAMP, R. F. Evaluation of genomic selection for replacement strategies using selection index theory. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 6499-6509, 2015.

CARDOSO, M.; SOUZA, G. N. Percepção das empresas de lácteos sobre programas de pagamento por qualidade do leite e evolução dos indicadores de qualidade higiênico-sanitário. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 68, p. 76-77, 2013.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA [CEPEA]. **Leite ao produtor**. 2011. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/leite.aspx>. Acesso em: 13 out. 2019.

DANCEY, C.; REIDY, J. **Estatística Sem Matemática para Psicologia**: usando SPSS para Windows. 3. ed. Porto Alegre, Artmed, 2006.

DE VRIES, A. Innovative Breeding Schemes: Best Combinations of Genomics, Semen Type, and Culling. *In: DAIRY MANAGEMENT CONFERENCE, Proceedings[...]*, 2017, p. 70-84.

EGGER-DANNER, C.; SCHWARZENBACHER, H.; WILLAM, A. Short communication: Genotyping of cows to speed up availability of genomic estimated breeding values for direct health traits in Austrian Fleckvieh (Simmental) cattle - Genetic and economic aspects. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 4552-4556, 2014.

ROSA, A. N. Genômica aplicada ao melhoramento genético de gado de corte. *In: MENEZES, G. R. O.; REGITANO, L. C. A.; SILVA, M. V. G. B.; CARDOSO, F. F.; SILVA, L. O. C.; SIQUEIRA, F.; EGITO, A. A. Melhoramento genético aplicado em gado de corte: Programa Geneplus-Embrapa*. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 213-225.

GARCÍA-RUIZ, A.; COLE, J. B.; VANRADEN, P. M.; WIGGANS, G. R.; RUIZ-LÓPEZ, F. J.; VAN TASSELL, C. P. Changes in genetic selection differentials and generation intervals in US Holstein dairy cattle as a result of genomic selection. **Proceedings of National Academic Science**, v. 113, 2016. p. 3995-4004.

GIZAW, S.; GETACHEW, T.; GOSHME, S.; VALLE-ZARATE, A.; VAN ARENDONK, J. A. M.; KEMP, S.; MWAI, A. O.; DESSIE, T. Efficiency of selection for body weight in a cooperative village breeding program of Menz sheep under smallholder farming system. **Animal**, v. 8, p. 1249- 1254, 2014.

GODDARD, M. E.; HAYES, B. J. Genomic selection. **Journal of Animal. Breed. Genetic**, v. 124, p. 323-330, 2007.

GROENENDAAL, H.; GALLIGAN, D. T.; MULDER, H. A. An Economic Spreadsheet Model to Determine Optimal Breeding and Replacement Decisions for Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 87, p. 2146-2157, 2004.

KARIUKI, C. M.; BRASCAMP, E. W.; KOMEN, H.; KAHI, A. K.; VAN ARENDONK, J. A. M. Economic evaluation of progeny-testing and genomic selection schemes for small-sized nucleus dairy cattle breeding programs in developing countries. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 2258-2268, 2017.

KARIUKI, C. M.; KOMEN, H.; KAHI, A. K.; VAN ARENDONK, J. A. M. Optimizing the design of small-sized nucleus breeding programs for dairy cattle with minimal performance recording. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 7963-7974, 2014.

LAGROTTA, M. R.; EUCLYDES, R. F.; VERNEQUE, R. S.; SANTANA JÚNIOR, M. L.; PEREIRA, R. J. TORRES, R. A. Relação entre características morfológicas e produção de leite em vacas da raça Gir. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 423-429, 2010.



LUDOVICO, A.; TRENTIN, M.; RÊGO, F.C.A. Fontes de variação da produção e composição de leite em vacas Holandesa, Jersey e Girolando. **Archivos de Zootecnia**, v. 68, n. 262, p. 236-243, 2019.

OKENO, T. O.; KOSGEY, I. S.; KAHN, A. K. Genetic evaluation of breeding strategies for improvement of dairy cattle in Kenya. **Tropical and Animal Health and Production**, v. 42, p. 1073-1079, 2010.

OLIVEIRA, E. J.; BIGNARDI, A. B., SANTANA JUNIOR, M. L., PAZ, C. C. P., ZADRA, L. F. Associação genética entre ocorrência de mastite clínica e produção de leite em vacas Holandesas. **Ciência Rural**, v. 45, p. 2187-2192, 2015.

PENAGARICANO, F. Effective Use of Genomics in Commercial Dairy Farms. **IFAS Extension**, v. 340, p.1-4, 2018.

REINER-BENAIM, A.; EZRA, E.; WELLER, J. I. Optimization of a genomic breeding program for a moderately sized dairy cattle population. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 2892-2904, 2017.

SABIR, J.; MUTWAKIL, M.; EL HANAFY, A.; AL-HEJIN, A.; ABDEL-SADEK, M.; ABOU ALSAUD, M.; M, Q.; SAINI, K.; AHMED, M. Applying molecular tools for improving livestock performance: From DNA markers to next generation sequencing technologies. **Journal of Food Agriculture and Environment**, v. 12, p. 351-363, 2014.

SCHAEFFER, L. R. Strategy for applying genome-wide selection in dairy cattle. **Journal of Animal. Breed. Genetic**, v. 123, p. 218-223, 2006.

SCHMITT, M. R.; VANRADEN, P. M.; DE VRIES, A. Ranking sires using genetic selection indices based on financial investment methods versus lifetime net merit. **Journal of Dairy Science**, v. 102, p. 9060-9075, 2019.

SILVA, T. P. R.; CHIERICATO, E. P.; CUNHA, A. F.; VIVENZA, P. A. D.; GOMIDE, V. V. Relação proteína: gordura determinada pelo nitrogênio ureico do leite. **Revista Científica Univiçosa**, v. 9, p. 874-879, 2017.

SOYEURT, H.; DEHARENG, F.; GENGLER, N.; MCPARLAND, S.; WALL, E. BERRY, D. P.; COFFEY, M.; DARDENNE, P. Mid-infrared prediction of bovine milk fatty acids across multiple breeds, production systems, and countries. **Journal Dairy Science**, v. 94, p. 1657-1667, 2011.

TAYLOR, J. F.; TAYLOR, K. H., DECKER, J. E. Holsteins are the genomic selection poster cows. **PNAS**, v. 113, p. 7690-7692, 2016.

URIOSTE, J. I.; FRANZÉN, J.; WINDIG, J. J.; STRANDBERG, E. Genetic variability of alternative somatic cell count traits and their relationship with clinical and subclinical mastitis. **Interbull Bulletin**, v. 44, p. 26-29, 2011.

WEIGEL, K. A.; MIKSHOWSKY, A. A.; CABRERA, V. C. Effective use of genomics in sire selection and replacement heifer management. *In: WESTERN DAIRY MANAGEMENT CONFERENCE, Proceedings[...]*, Reno, 2015.

WELLER, J. I.; EZRA, E.; RON, M. Invited review: a perspective on the future of genomic selection in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 8633-8644, 2017.