

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

PRISCILA SOUZA DONATO

AVALIAÇÃO DE REPRODUTORES DA RAÇA HOLANDESA VIA MODELO DE
NORMAS DE REAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE LEITE

PONTA GROSSA
2022

PRISCILA SOUZA DONATO

AVALIAÇÃO DE REPRODUTORES DA RAÇA HOLANDESA VIA MODELO DE
NORMAS DE REAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE LEITE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
para obtenção do título de bacharel em
Zootecnia, na Universidade Estadual de
Ponta Grossa, Área de Zootecnia.

Orientadora: Prof.^a Dra. Valéria Rosseto
Barriviera

PONTA GROSSA
2022

FOLHA DE APROVAÇÃO
PRISCILA SOUZA DONATO

**AVALIAÇÃO DE REPRODUTORES DA RAÇA HOLANDESA VIA MODELO DE
NORMAS DE REAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE LEITE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção do título de bacharel em Zootecnia, na Universidade Estadual de Ponta Grossa, Área de Zootecnia.

Ponta Grossa, 24 de fevereiro de 2022

Prof. Dra. Valéria Rosseto Barriviera
Orientadora – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof. Dr. Victor Breno Pedrosa
Membro da Banca – Universidade de Purdue

Me. Henrique Alberto Mulim
Membro da banca – Universidade Federal da Bahia

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo gostaria de agradecer a Deus, meu guia e meu maior companheiro, aquele que meu deu força para chegar até esse momento e que não desistiu de mim. Gostaria de agradecer aos meus pais, por todo suporte que me deram durante esse caminho, que eu sei que não foi fácil, mas se esforçaram para que não me faltasse nada, amo vocês demais.

Ao meu irmão por cuidar de mim, por estar sempre ao meu lado, seja para conversar ou brigar, mas que sempre esteve comigo, te amo.

Agradeço imensamente aos meus amigos que trilharam esse caminho juntos, que me deram força e me aconselharam, com certeza foram peça fundamental me dando coragem e fazendo acreditar na minha capacidade, onde em especial agradeço as minhas amigas Anna, Bianca e Lorena que chegaram comigo até aqui.

Em especial, quero agradecer ao professor Victor, por todos esses anos juntos, sem o seu apoio com certeza esse caminho não faria sentido, agradeço muito por acreditar em mim e confiar um pedacinho do seu trabalho em minhas mãos.

Agradeço a todos do grupo LeMA, por todo suporte, pela ajuda neste trabalho e por todos esses anos que passamos juntos, vocês fazem parte essencial na minha trajetória.

Agradeço a todos os professores que me acompanharam durante esses anos, em especial também a professora Valéria por aceitar ser minha orientadora e a todos aqueles que passaram pela minha vida nesses anos de estudos, por contribuírem em minha formação acadêmica e pessoal.

RESUMO

Modelos de normas de reação têm sido adotados para analisar os efeitos de interação genótipo ambiente pela possibilidade em avaliar diferentes gradientes ambientais e permitir a compreensão do comportamento da expressão do genótipo animal. O objetivo deste estudo foi avaliar a expressão dos valores genéticos em decorrência do fator ambiental temperatura, através dos métodos de normas de reação, em animais da raça Holandesa do estado do Paraná. Foram utilizados dados de 67.360 fêmeas primíparas, levando em consideração a divisão do estado em 6 gradientes de temperatura, entre 17°C e 19,5°C divididos a cada 0,5°C, para característica de produção de leite. As análises foram conduzidas via regressão aleatória, sob modelo misto de análise, considerando-se o método de máxima verossimilhança restrita (REML), por meio do software WOMBAT. Foi identificado o aumento do valor genético de alguns touros, conforme o aumento da temperatura, em até 282 kg de leite e outros com redução em até 289 kg. No entanto, as alterações nos valores genéticos conforme as mudanças de ambiente foram pontuais, sendo as correlações entre os gradientes ambientais altas ($>0,80$) indicando a não necessidade de inclusão do efeito temperatura no modelo de análise genética de animais da raça Holandesa, no programa de seleção de bovinos leiteiros do estado do Paraná.

Palavras-chave: bovinos leiteiros, melhoramento animal, valor genético, interação genótipo ambiente.

ABSTRACT

Reaction norms models have been adopted to analyze the effects of genotype environment interaction for the possibility of evaluating different environmental gradients and allowing the understanding of the expression behavior of the animal genotype. The objective of this study was to evaluate the expression of genetic values as a result of the environmental factor temperature, through the methods of reaction norms, in Holstein animals from the state of Paraná. Data from 67,360 primiparous females were used, taking into account the division of the state into 6 temperature gradients, between 17°C and 19.5°C divide every 0.5°C, for the characteristic of milk production. Analyzes were conducted via random regression, under a mixed analysis model, considering the restricted maximum likelihood method (REML), through the WOMBAT software. It was identified an increase in the genetic value of some bulls, according to the increase in temperature, up to 282 kg of milk and others with a reduction of up to 289 kg. However, the alterations in genetic values according to changes in the environment were punctual, being the correlations between the environmental gradients were high (>0.80) indicating the need not to include the temperature effect in the genetic analysis model of Holstein animals in the selection program for dairy cattle in the state of Paraná.

Keywords: dairy cattle, animal breeding, genetic value, genotype environment interaction.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Normas de Reação dos 15 touros mais representativos do estado do Paraná para Produção de Leite.....	18
--	----

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Estatística descritiva por níveis de temperatura para a produção de leite	14
TABELA 2 – Valores de variância fenotípica (σ^2_p), variância ambiental (σ^2_e), variância genética aditiva (σ^2_a), herdabilidade (h^2) e erro padrão (e.p.) para os diferentes gradientes de temperatura.	15
TABELA 3 – Valores de correlações genéticas entre os gradientes de temperatura.	17

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4. CONCLUSÃO.....	21
REFERÊNCIAS.....	22

1. INTRODUÇÃO

A pecuária leiteira exerce um papel importante no setor econômico mundial, com a geração de empregos diretos e indiretos. Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), em 2019 a produção mundial foi de 852 bilhões de litros de leite, sendo destes, 35,1 bilhões de litros produzidos pelo Brasil, consolidando o país entre os 5 maiores produtores de leite (FAO, 2020). No entanto, podemos observar diferentes cenários dentro do país, com regiões de produtividades muito baixas a regiões de maiores índices, com destaque para região Sul a qual se encontra no topo da produção nacional, representando 35,7% do total produzido (EMBRAPA, 2019). Tal fato está bastante relacionado a intensificação da produção de algumas regiões específicas, que apresentam maiores tecnologias, melhor controle nutricional, clima mais favorável, dentre outros pontos, mesmo esses possuindo uma variedade nos modelos de produção (EMBRAPA, 2019).

Adicionalmente, dentre os estados pontua-se o Paraná, atual 2º maior produtor nacional, com destacada tecnificação e elevados indicadores de produtividade em algumas regiões (SISTEMA FAEP, 2019). O diferencial para este índice, pode ser alcançado através dos quatro pilares fundamentais para o desempenho de uma propriedade, sendo eles, a genética, a nutrição, a sanidade e a ambiência, em que, neste contexto, podemos ressaltar o uso direcionado da genética. Para isso contamos com diversas biotecnologias inseridas no mercado ao longo dos anos (MOREIRA *et al.*, 2018), dentre elas ressalta-se a inseminação artificial, bem como a expansão no uso de sêmen, trazendo novos rumos para o direcionamento genético dentro das propriedades, removendo a limitação geográfica para utilização de determinado material genético, permitindo a aceleração do progresso genético.

Uma das raças que mais contribui para esse progresso na atividade leiteira é a raça Holandesa, a qual apresenta histórico mundial de intensa seleção genética, especialmente para a característica de produção de leite (OLTENACU; BROOM, 2010). Porém ressalta-se que a expressão dos genes para produção de leite, pode variar de acordo com as alterações de gradiente ambiental (VAN DER LAAK *et al.*, 2016). Essa variação de produtividade caracteriza-se como o fenótipo expresso pelo animal, levado em consideração para seleção genética, compreendido pelo valor genético aditivo e ambiental. Tendo isso em vista, entende-se que a seleção não se baseia em apenas um ponto, porém muitos produtores podem não obter os resultados

esperados na sua progênie, devido a não darem o real valor a um bom direcionamento na seleção de animais superiores para determinada característica. Tendo em vista o entendimento sobre os diversos pontos que podem influenciar a produção de leite, podemos entrar no conceito de que essas diferentes respostas podem ocorrer devido a interação genótipo ambiente (IGE), não mais somente a um fator isolado (TIEZZI *et al.*, 2017).

Com isso, as variáveis ambientais que podem influenciar nestas repostas, podem estar relacionadas a diversos fatores, como clima, estações do ano, idade, dieta, instalações e manejos em geral (TSURUTA *et al.*, 2015). Nesse contexto, a temperatura é um fator importante para o desempenho animal, visto que a mesma tem forte influência na produção de leite (LIU *et al.*, 2019). Destacando assim, as variações médias de temperatura anual, existentes em um mesmo país ou estado, onde no estado do Paraná, encontra-se uma condição climática passando de clima subtropical para outras regiões apresentando um clima temperado (SEAB, 2020). Para possível avaliação deste descritor em um mesmo touro, podemos mensurar seus resultados através da prova de sua progênie, sendo que para garantir uma maior confiabilidade nos resultados da avaliação genética, é interessante que o rebanho possa estar presente em todas as regiões climáticas.

A verificação dessa interação passa a ser compreendida pela relação de IGE através dos dados de valor genético posto a influência das variáveis ambientais, pois, caso este fator venha a passar despercebido pode vir a influenciar nos parâmetros genéticos, conseqüente no desempenho destes animais (PEGOLO *et al.*, 2011). Falconer (1952), ao discutir os fundamentos da IGE, traz a possibilidade de compreendermos os efeitos dessa interação avaliando o desempenho de um indivíduo específico, em diferentes ambientes, notando a correlação entre as variáveis distintas a serem avaliadas. Dessa forma, podemos analisar diferentes respostas de um mesmo genótipo, em diversos ambientes.

Com isso, a IGE pode ser analisada através da abordagem de normas de reação, a qual descreve o comportamento de um genótipo em relação a uma variável ambiental (HAY; ROBERTS, 2018; ROVELLI *et al.*, 2020). Como mencionado, temos a influência das variáveis climáticas, como as médias de temperaturas regionais, sobre o desempenho animal. A partir do uso dos modelos de normas de reação, podemos identificar os animais que apresentam maior robustez a essas variações climáticas e aqueles ditos mais plásticos, que acabam sofrendo alterações no seu

desempenho em razão destas mudanças (CARVALHEIRO *et al.*, 2019). Esses conceitos trazem um diferencial econômico ao produtor, de modo que o mesmo possa selecionar animais mais adaptados e que tragam uma melhor resposta para o seu objetivo. Isso permite incluir aos índices de seleção, a escolha de animais robustos ou até mesmo a seleção de animais ditos plásticos no intuito destes responderem positivamente para uma dada característica em relação a uma mudança na variável ambiental (SILVA *et al.*, 2019).

Por meio da possibilidade de inclusão do modelo de normas de reação às análises de parâmetros e valores genéticos, aumenta-se a probabilidade da escolha do touro mais adaptado para cada gradiente ambiental, visando o máximo potencial de seleção. Assim evitam-se reclassificações dos touros quanto aos seus valores genéticos, além destes parâmetros serem melhor estimados (BIGNARDI *et al.*, 2015). Dentro desta abordagem, há poucos estudos que utilizam como base, o modelo de normas de reação para avaliação de animais da raça Holandesa em âmbito regional. Desta forma, o objetivo do trabalho foi analisar o efeito da IGE via normas de reação nas estimativas de valores genéticos dos reprodutores para produção de leite na raça Holandesa no estado do Paraná.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados de 67.360 vacas primíparas da raça Holandesa, filhas de 936 touros, nascidas entre 1990 e 2015, provenientes do banco de dados da Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa do estado do Paraná (APCBRH), coletados através do Controle Leiteiro Oficial, para a característica de produção de leite (PL). Foram eliminados do banco de dados, animais com idade ao parto menor que 18 ou maior que 48 meses e a determinação do grupo de contemporâneos (GC) baseou-se na classificação dos indivíduos que apresentaram mesmo ano de nascimento, estação de nascimento e fazenda.

Para a realização das análises de norma de reação, foi utilizado o software WOMBAT (MEYER, 2007), através de um modelo de regressão aleatória, considerando-se uma divisão regional de acordo com a temperatura ambiente média anual, que identificou uma variação de 17°C a 19,5°C. Tal variação permitiu a divisão em seis gradientes ambientais a cada 0,5°C. O programa implementou a metodologia proposta por Su *et al.* (2006) em que as soluções das regiões são estimadas simultaneamente com outros parâmetros do modelo para serem utilizadas como covariáveis e assim obter as normas de reação. O modelo adotado para análise da IGE, via normas de reação, através de regressão aleatória, assumiu a quarta ordem, sob polinômios de Legendre, sendo esses polinômios ultimamente escolhidos por promoverem melhor propriedades de convergência dos dados em regressões ortogonal, como exposto no trabalho de Schaeffer (2004).

O modelo de normas de reação via regressão aleatória, pode ser descrito como:

$$y_{ij} = \sum_{k=0}^{k=4} b_{jk} \phi_k(j) + \sum_{k=0}^{k=4} a_{ik} \phi_k(j) + e_{ij}$$

Em que, y_{ij} é a resposta genética para característica em avaliação do animal i sob o gradiente de temperatura j ; b_{jk} é o efeito do coeficiente de regressão fixo associado ao polinômio de Legendre k ; a_{ik} é o efeito do coeficiente de regressão aleatória k do efeito direto genético aditivo atribuído ao animal i ; $\phi_k(j)$ é o polinômio de Legendre associado ao nível do gradiente de temperatura exposto o animal i ; k é a ordem dos polinômios de Legendre, sendo ajustado a quarta ordem; e_{ij} é associado ao resíduo da observação y_{ij} .

Considerou-se, através do banco de dados inicial, a utilização de um subconjunto de touros baseado na análise do comportamento dos valores genéticos das filhas presentes em todos os diferentes gradientes de temperatura, sendo disposto pelos 15 animais que apresentaram maior representatividade dentro das camadas regionais. Estes touros foram utilizados em rebanhos espalhados por todo o território paranaense, onde estes foram escolhidos por possuírem um número maior de filhas distribuídas por todo o estado e em todos os gradientes, podendo observar assim, o desempenho genético para produção de leite destes reprodutores ao longo das mudanças de temperatura média anual.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estatística descritiva para a característica produção de leite está apresentada na tabela 1. Nota-se que na temperatura de 18,5°C, houve a maior média produtiva por animal e também um aumento progressivo na média de produção de leite até essa temperatura e logo após uma diminuição na média produtiva.

TABELA 1 - Estatística descritiva por níveis de temperatura para a produção de leite.

	N	GC	Média	D.P	Mín.	Máx.
Geral (°C)	67.360	3.355	8.412,83	2.042,41	613,16	18.583,20
17,0	19.194	1.289	8.280,48	2.093,25	613,16	18.583,24
17,5	29.121	1.100	8.602,39	2.028,41	731,54	17.882,07
18,0	1.956	86	8.664,71	1.800,10	1.489,00	15.729,18
18,5	1.140	91	8.801,86	1.963,88	1.137,36	13.411,34
19,0	14.402	588	8.129,20	1.932,88	623,00	14.785,93
19,5	1.547	201	7.998,34	2.254,00	1.601,02	16.256,54

N: número de animais analisados; GC: grupo de contemporâneos; D.P: desvio padrão; Mín: valor mínimo de produção de leite; Máx: valor máximo de produção de leite.

Fonte: A autora.

Como descrito na tabela 1, podemos notar a alta produtividade dos rebanhos avaliados no estado do Paraná em dados médios de produção superior em relação à média nacional citada na literatura, de aproximadamente 2.000 kg de leite/vaca/ano (IBGE, 2019). Sendo assim, podemos considerar essa produção diária muito significativa para o estado, pois esses dados quando comparados com algumas potências em produtividade, como os Estados Unidos, mostram o quanto o rebanho paranaense vem evoluindo em relação ao país (FAO, 2020). Outro destaque na tabela 1 é o número total de animais, principalmente nas regiões de 17°C e 17,5°C, diferente do total de animais dispostos nos rebanhos mais ao norte do estado que apresentam um número mais reduzido de animais, relação esta, que pode ser devido à disposição das maiores bacias leiteiras do estado estarem nessas regiões, as quais apresentam um maior desenvolvimento em tecnologia, manejo e investimentos gerais do que em outras regiões (PAULA *et al.*, 2009). Apontando que nestas regiões com menores rebanhos e que apresentam menores produções, podemos encontrar um mercado a se desenvolver, visando maior produtividade através de investimentos em mão de obra, infraestrutura e melhoramento genético, buscando animais cada vez mais especializados para a produção.

Outro detalhe a considerar é a diminuição na produção de leite a partir de temperaturas mais elevadas, onde, com médias superiores a 19°C foi possível observar uma significativa queda de produção média dentro dos rebanhos. Em outros trabalhos também foi observada esta mesma relação entre a média de produção anual com o aumento da temperatura (MOREIRA *et al.*, 2018; PAULA *et al.*, 2009; SANTANA JR *et al.*, 2017). Isso também nos faz avaliar o quanto os animais são expostos a diferentes desafios, sofrendo possíveis influências do ambiente externo.

Na Tabela 2, podemos observar as variâncias genéticas aditivas, variâncias ambientais, variâncias fenotípicas, as herdabilidades e seus erros padrão em cada temperatura. É possível verificar que a temperatura de 18°C apresentou a maior variância fenotípica em decorrência também da maior variância ambiental e variância genética aditiva.

TABELA 2 - Valores de variância fenotípica (σ^2_p), variância ambiental (σ^2_e), variância genética aditiva (σ^2_a), herdabilidade (h^2) e erro padrão (e.p.) para os diferentes gradientes de temperatura.

Temperaturas (°C)	σ^2_p	σ^2_e	σ^2_a	h^2	e.p.
17,0	2.275.340,00	1.865.277,00	410.063,00	0,180	0,009
17,5	2.527.070,00	1.941.364,00	585.706,00	0,232	0,002
18,0	2.811.810,00	2.202.702,00	609.108,00	0,217	0,002
18,5	2.423.060,00	1.882.607,00	540.453,00	0,223	0,000
19,0	2.343.550,00	1.869.587,00	473.963,00	0,202	0,003
19,5	2.452.830,00	2.001.598,00	451.232,00	0,184	0,002

Fonte: A autora.

No geral, observamos que as herdabilidades registradas apresentaram-se de baixa a moderada magnitude, com uma média de herdabilidade igual 0,20 para o estado do Paraná. Dados próximos e semelhantes foram relatados por outros autores dentro dos rebanhos da raça holandesa, de 0,10 a 0,25 (MOREIRA *et al.*, 2018), de 0,17 a 0,24 (CAMPOS *et al.*, 2015) e de 0,23 a 0,39 (PAULA *et al.*, 2009) ambos em rebanhos brasileiros. Nas regiões de baixa herdabilidade, como na temperatura de 17°C e 19,5°C (Tabela 2), é possível destacar, uma menor variância genética nestes grupos e na mesma temperatura de 19,5°C, uma maior influência da variância ambiental. Destacando essa considerável variação da herdabilidade conforme a mudança de temperatura, podemos relacionar que essa variação genética possa trazer respostas mais discretas no desempenho produtivo de animais da raça

Holandesa nessas regiões de menor herdabilidade. Resultados similares foram encontrados em regiões da Bélgica, ressaltando que a temperatura possa trazer efeitos na produção de leite (HAMMAMI *et al.*, 2015). Destaca-se que essas variações de herdabilidade podem resultar em variações nas respostas a seleção, nos diferentes gradientes de temperatura, podendo trazer diferentes desempenhos de produção de leite (BIGNARDI *et al.*, 2015).

Os animais da raça Holandesa são caracterizados como animais mais sensíveis as variações ambientais, assim, tendo em vista os valores obtidos tanto de produção como de herdabilidade, demonstram haver um possível efeito sobre a produção de leite dos animais com o aumento de temperatura. Fato também relatado por Santana Jr *et al.* (2015), onde com a variação no índice de temperatura e umidade (THI), houve alteração nos valores genéticos com o aumento de estresse por calor. Isso demonstra a relevância no estudo da relação de IGE, o qual por muitas vezes vem sendo ignorado na determinação dos melhores animais para cada região. Pois, quando são identificadas interações por genótipo x ambiente, o ideal seria utilizar os melhores genótipos para determinados ambientes, visando assim buscar o máximo desempenho produtivos do animal, sendo ele adaptado para cada realidade, buscando melhorar os ganhos genéticos (CAO *et al.*, 2020).

Em trabalho desenvolvido por Negri *et al.* (2020) ao avaliar a produção de leite em relação ao índice de temperatura e umidade (THI) e a variação de temperatura diurna, em gado Holandês brasileiro, foi observada a mesma relação de interferência na produção conforme havia efeito das variáveis, com isso foi identificado o efeito de IGE, indicando que a grande variabilidade genética aditiva presente pode alterar conforme a variação de ambiente. Outro ponto é a questão do uso de touros provenientes de rebanhos testados fora do Brasil, pois sabemos que a diversidade climática se faz existente entre países, ou seja, os genótipos selecionados no exterior podem não ser os mais adaptados e indicados para os acasalamentos em determinadas regiões do Brasil (RAUW; RAYA, 2015).

Seguindo as colocações para identificação da IGE nos rebanhos paranaenses, na tabela 3, podemos observar as correlações genéticas entre os diferentes gradientes de temperatura, relatando uma correlação acima de 0,87 para todas as temperaturas. Isso mostra que na região paranaense, segundo proposto por Robertson *et al.* (1959), não há fortes evidências de IGE, pois a presença de interação relevante se dá com coeficientes de correlação abaixo de 0,80. Levando a considerar

que para os dados aqui utilizados, a temperatura média anual não exerceu efeito para indicar a presença de uma IGE relevante.

TABELA 3 – Valores de correlações genéticas entre os gradientes de temperatura.

Temperatura (°C)	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5
17,0	1,00	0,96	0,93	0,90	0,87	0,87
17,5		1,00	0,99	0,96	0,92	0,93
18,0			1,00	0,99	0,96	0,97
18,5				1,00	0,99	0,99
19,0					1,00	0,99
19,5						1,00

Fonte: A autora.

Com esses altos valores de correlação genética, destacamos a ausência de efeitos de IGE relevantes, evidenciando que a característica de produção de leite não sofreu grandes alterações com as mudanças de ambiente das seis regiões, para que essa fosse considerada um fator de atenção entre médias de temperatura distintas. Condição também relatada no trabalho de Moreira *et al.* (2018), onde não foi observado a presença de IGE em rebanhos paranaenses, apresentando valores de correlação superiores a 0,80. Ainda que alterações climáticas sejam presentes no estado do Paraná, a pouca variação no gradiente de temperatura e as influências externas não são capazes de causar alterações genéticas suficientes no desempenho produtivo animal (PEDROSA *et al.*, 2015).

Dados relatados em trabalho realizado por Cheruyot *et al.* (2020), ao analisar o efeito do estresse térmico sobre a produção de rebanhos de gado Holandês australiano, observou-se valores acima de 0,80 entre as correlações, no entanto ao comparar períodos específicos de 2003 a 2008 e de 2009 a 2017, constatou que houve uma redução nas estimativas de correlações genéticas, demonstrando que os efeitos de temperatura podem alterar as condições de IGE ao longo dos anos. Isso demonstra que os efeitos ambientais, devido as alterações ao longo dos anos podem trazer novas respostas de IGE.

Em estudo realizado no Brasil, por Santana Jr *et al.* (2017), identificaram em suas análises manifestações de IGE para características produtivas em relação ao

índice de temperatura-umidade (THI), principalmente no que diz respeito à produção de leite de animais da raça Holandesa, mostrando que diferente do nosso estudo, em ambientes altamente modificados deve-se levar em consideração a variação genética em relação a mudanças ambientais. No entanto, como relatado por Moreira *et al.* (2018), os mesmos observaram que por mais que a IGE apresentasse resultados pouco relevantes para produção de leite e sólidos, reclassificações pontuais puderam ser notadas em alguns touros conforme foram identificadas variações climáticas nas diferentes regiões do estado, o que não foi diferente do encontrado nas análises realizadas neste trabalho.

Com base nos resultados obtidos nas investigações de normas reação, comportamentos distintos foram observados com o avanço do gradiente ambiental, estimando os valores genéticos para sensibilidade a variação média de temperatura anual. A Figura 1 apresenta os valores genéticos dos 15 touros mais representativos dentro dos rebanhos presentes no estado do Paraná e a suas modificações conforme o aumento de temperatura.

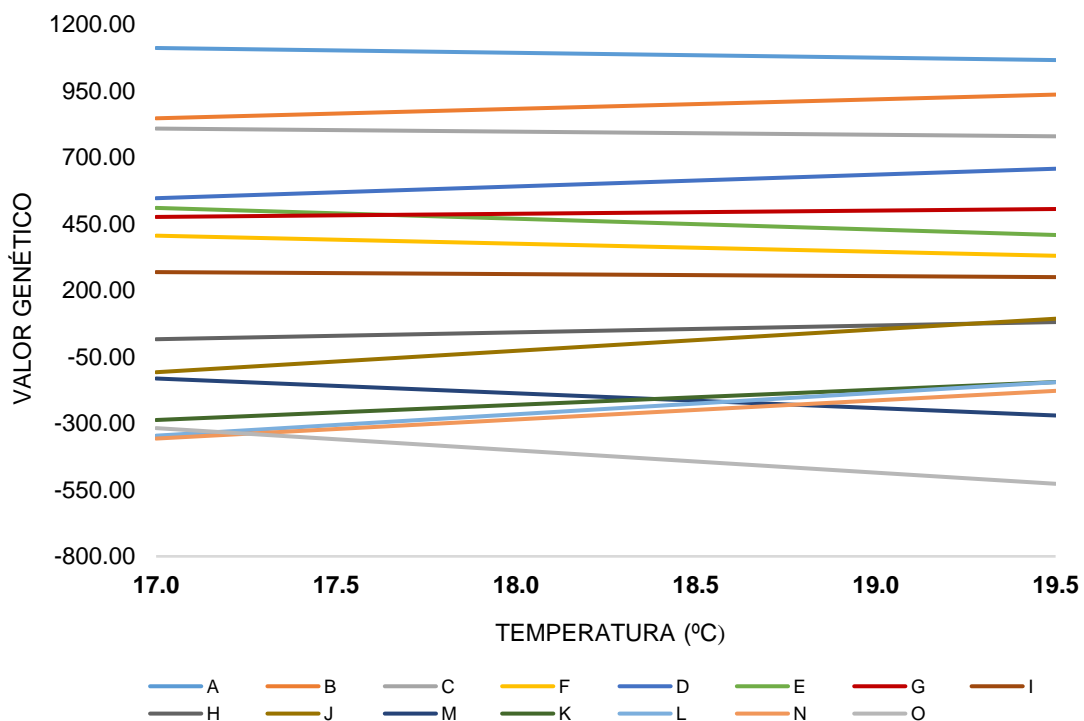


FIGURA 1 - Normas de Reação dos 15 touros mais representativos do estado do Paraná para produção de Leite.

Fonte: A autora.

Desempenhos genéticos distintos puderam ser observados, sendo que em alguns casos, touros apresentaram aumento do valor genético em até 282 kg de leite, de acordo com o aumento da temperatura. Em contrapartida, para outros touros houve redução do valor genético em até 289 kg de leite. De modo geral, os valores genéticos dos animais aproximaram-se conforme o aumento de temperatura, isso nos leva a crer, que nas regiões mais quentes as médias de diferenças genéticas expressas nas filhas dos touros tendem a ser menores do que aquelas expressas nas regiões mais frias, onde as discrepâncias de mérito genético foram maiores. Podendo observar assim, alterações entre os touros utilizados, mesmo que pontuais, podendo classificar os mesmos, no geral, como animais mais plásticos a variação de temperatura.

Desta maneira, ao destacar o touro O, que com o aumento da temperatura nos diferentes gradientes ambientais, demonstrou uma significativa redução no seu valor genético. Em contrapartida, temos o touro J, que com consequente aumento da temperatura elevou o seu valor genético expressivamente. Recomenda-se que para estes tipos de casos, seria interessante que esses touros tivessem um acompanhamento constante do desempenho das suas progênes conforme as variações ambientais, para que se tenha um controle das regiões onde é possível um melhor direcionamento dos mesmos, a fim de atender os objetivos de cada produtor (NEGRI *et al.*, 2021).

Essa variabilidade no desempenho identificado nos dois touros citados, pode trazer um outro ponto de vista, como foi mencionado em trabalho realizado por Rauw e Raya (2015), onde a sensibilidade ambiental observada para alguns touros pode ser interessante na seleção de animais, principalmente se o ambiente no qual as vacas filhas destes touros estiverem alojadas, seja disposto um ambiente altamente controlado, com manejos e nutrição que permitam a elas expressar seu máximo potencial de produção.

Por outro lado, podemos apontar o touro A, animal esse que apresentou valor genético superior aos demais touros e mesmo com as variações de temperatura, conseguiu se manter mais resiliente frente as alterações. Isso nos permite classificar esse modelo de animal com um perfil mais robusto, ou seja, em rebanhos leiteiros onde sejam identificadas condições adversas e mais variadas de temperatura média anual, poderiam se favorecer com uso de touros como este, que poderiam fornecer um material genético mais resistente para esta variável ambiental (CHERUIYOT *et al.*, 2020).

Destaca-se também, que no geral, os animais presentes acima da base genética demonstraram pequenas variações de valores genéticos com o aumento da temperatura, não gerando grandes mudanças no desempenho genético animal. Esses, apresentam um desempenho mais robusto, conforme há variação de temperatura. Entretanto, os animais dispostos a baixo da base genética, apresentaram maiores alterações quando houve aumento de temperatura, podendo distinguir esses animais em comparação com os demais, genotipicamente mais plásticos para a característica de produção de leite (ROVELLI, *et al.*, 2020).

Sendo assim, mesmo que ocorram alterações nos valores genéticos, não necessariamente estas podem estar relacionadas diretamente aos efeitos de temperatura, mas sim a outros fatores não genéticos. Os diferentes desempenhos podem ser resultados, por exemplo, da adaptação do animal ao meio, estando suscetível a influência de mecanismos hormonais, enzimáticos, respostas neuroendócrinas, dentre outros fatores ambientais (RAUW; RAYA, 2015; DINGEMANSE; WOLF, 2013; VAN DER VEEN *et al.*, 2009).

Não tendo sido identificado IGE significativa, a reclassificação dos touros acabou ocorrendo de forma mais pontual, que seja, por outros efeitos de ambiente, uma vez que alterações na variância genética foram observadas e diferenças no desempenho animal foram abordadas ao avaliar as normas de reação. Com isso, técnicos e produtores devem estar cientes de que um re-ranking pode vir a ser identificado, mesmo que ao passar dos anos, podendo está, estar ligada a avanços dos efeitos climáticos, os quais podem trazer alterações nos desempenhos de futuros animais.

4. CONCLUSÃO

Como observado, não houve uma considerável influência da IGE para produção de leite em relação ao aumento do gradiente ambiental de variação média de temperatura anual. Foi constatado que apenas alguns touros tiveram reclassificações com o aumento de temperatura, mas de forma bem pontual. Sendo assim, não seria necessária a inclusão deste efeito nas avaliações de análise genética para os animais selecionados no estado do Paraná, referentes a raça Holandesa, garantindo a sequência no modelo de programa de seleção, sem que seja realizado novos aportes para a implantação deste critério de avaliação, beneficiando o sistema já utilizado sem a necessidade de maiores custos até o momento.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA IBGE. **PPM 2018: rebanho bovino diminui e produtividade nacional de leite ultrapassa 2 mil litros por animal ao ano.** Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br>. Acesso em: 2 nov. 2019.
- BIGNARDI, A. B. *et al.* Reaction norm model to describe environmental sensitivity across first lactation in dairy cattle under tropical conditions. **Tropical Animal Health and Production**, v. 47, n. 7, p. 1405-1410, 2015.
- CAMPOS, R. V. *et al.* Genetic parameters for linear type traits and milk, fat, and protein production in Holstein cows in Brazil. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v. 28, n. 4, p. 476-484, 2015.
- CAO, L. *et al.* Genomic breeding programs realize larger benefits by cooperation in the presence of genotype x environment interaction than conventional breeding programs. **Frontiers in Genetics**, v. 11, n. 251, p. 1-14, 2020.
- CARVALHEIRO, R. *et al.* Unraveling genetic sensitivity of beef cattle to environmental variation under tropical conditions. **Genetics Selection Evolution**, v. 51, n. 29, p. 19-33, 2019.
- CHERUIYOT, E. K. *et al.* Genotype-by-environment (temperature-humidity) interaction of milk production traits in Australian Holstein cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 3, p. 2460-2476, 2020.
- DINGEMANSE, N. J.; WOLF, M. Between-individual differences in behavioural plasticity within populations: causes and consequences. **Animal Behaviour**, v. 85, n. 5, p. 1031-1039, 2013.
- EMBRAPA GADO DE LEITE. **Anuário Leite 2019.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/gado-de-leite>. Acesso em: 2 nov. 2019.
- FALCONER, D. S. The problem of environment and selection. **The American Naturalist**, v. 86, n. 830, p. 293-298, 1952.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED STATES. **Dairy market review - Overview of global dairy market developments in 2019.** Disponível em: <https://www.fao.org/publications/card/en/c/CA8341EN/>. Acesso em: 20 jul. 2020.
- HAMMAMI, H. *et al.* Genetic analysis of heat stress effects on yield traits, udder health, and fatty acids of Walloon Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 7, p. 4956-4968, 2015.
- HAY, H; ROBERTS, A. Genotype x prenatal and post-weaning nutritional environment interaction in a composite beef cattle breed using reaction norms and a multi-trait model. **Journal of Animal Science**, v. 96, n. 2, p. 444-453, 2018.
- LIU, J. *et al.* Effects of heat stress on body temperature, milk production, and reproduction in dairy cows: a novel idea for monitoring and evaluation of heat stress — A review. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 32, n. 9, p. 1332-1339, 2019.
- MEYER, K. Random regression analyses using B-splines to model growth of Australian Angus cattle. **Genetics Selection Evolution**, v. 37, n. 473, p. 473-500, 2005.
- MEYER, K. WOMBAT: A tool for mixed model analyses in quantitative genetics by restricted maximum likelihood (REML). **Journal of Zhejiang University Science B**, v. 8, n. 11, p. 815-821, 2007.

- MOREIRA, R. P. *et al.* Evaluation of genotype by environment interactions on milk production traits of Holstein cows in southern Brazil. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 32, n. 4, p. 459-466, 2018.
- MULIM H. A. *et al.* Genotype by environment interaction for somatic cell score in Holstein cattle of southern Brazil via reaction norms. **Animal Bioscience**, v. 34, n. 4, p. 499-505, 2021.
- NEGRI, R. *et al.* Selection for Test-Day Milk Yield and Thermotolerance in Brazilian Holstein Cattle. **Animals**, v. 11, n. 128, p. 1-13, 2021.
- OLTENACU, P.A.; BROOM D.M. The impact of genetic selection for increased milk yield on the welfare of dairy cows. **Animal Welfare**, v. 19, n. 5, p. 39-49, 2010.
- PAULA, M. C. *et al.* Interação genótipo x ambiente para produção de leite de bovinos da raça Holandesa entre bacias leiteiras no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 3598, n. 34, p. 467-473, 2009.
- PEDROSA, V. B. *et al.* Genetic trends in dairy production of Brazilian Holstein cow. **Journal of Animal Science**, v. 93, n. 2, p. 345-351, 2015.
- PEGOLO, N. T. *et al.* Effects of sex and age on genotype x environment interaction for beef cattle body weight studied using reaction norm models. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 11, p. 3410-3425, 2011.
- RAUW, W. M.; GOMEZ-RAYA, L. Genotype by environment interaction and breeding for robustness in. **Frontiers in Genetics**, v. 6, n. 310, p. 1-15, 2015.
- ROBERTSON, A. The Sampling Variance of the Correlation Coefficients Estimated in Genetic Experiments. **International Biometrics Society**, v. 15, n. 123, p. 469-85, 1959.
- ROVELLI, G. *et al.* The genetics of phenotypic plasticity in livestock in the era of climate change: a review. **Italian Journal of Animal Science**, v. 19, n. 1, p. 997-1014, 2020.
- SANTANA JR, M. L. *et al.* Random regression models to account for the effect of genotype by environment interaction due to heat stress on the milk yield of Holstein cows under tropical conditions. **Journal of Applied Genetics**, v. 57, n. 1, p. 119-127, 2015.
- SANTANA JR, M. L. *et al.* Genetics of heat tolerance for milk yield and quality in Holsteins. **The Animal Consortium**, v. 11, n. 1, p. 4-14, 2017.
- SCHAEFFER, L. R. Application of random regression models in animal breeding. **Livestock Production Science**, v. 86, n. 13, p. 35-45, 2004.
- SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. **Análise do cenário agrícola - agrometeorologia (2010/2011)**. Disponível em: http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/agrometeorologia_2010_11.pdf. Acesso em: 31 jul. 2020.
- SILVA, T. L. *et al.* Genotype-environment interaction in the genetic variability analysis of reproductive traits in Nellore cattle. **Livestock Science**, v. 230, n. 19, p. 1-26, 2019.
- SISTEMA FAEP. **Paraná se consolida como segundo maior produtor de leite do país**. Disponível em: <https://sistemafaep.org.br/parana-se-consolida-como-segundo-maior-produtor-de-leite-do-pais>. Acesso em: 2 nov. 2019.
- STREIT, M. *et al.* Reaction norms and genotype-by-environment interaction in the German Holstein dairy cattle. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 129, n.

3, p. 380-389, 2012.

SU, G. *et al.* Bayesian analysis of the linear reaction norm model with unknown covariates. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 7, p. 1651-1657, 2006.

TIEZZI, F. *et al.* Genotype by environment (climate) interaction improves genomic prediction for production traits in US Holstein cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 3, p. 2042-20156, 2016.

TSURUTA, S. *et al.* Genotype by environment interactions on culling rates and 305-day milk yield of Holstein cows in 3 US regions. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 8, p. 5796-5805, 2015.

VAN DER LAAK, M. *et al.* Genotype by environment interaction for production, somatic cell score, workability and conformation traits in Dutch Holstein-Friesian cows between farms with or without grazing. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 2, p. 4496-4503, 2016.

VAN DER VEEN, A. A. *et al.* Robust performance : principles and potential applications in livestock production systems. **EFITA conference**, v. 1, n. 1, p. 173-180, 2009.