

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

INGRID SUZANE DITZEL

ESTUDOS DE NORMAS DE REAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE GORDURA NA  
AVALIAÇÃO DE REPRODUTORES DA RAÇA HOLANDESA

PONTA GROSSA

2022

INGRID SUZANE DITZEL

ESTUDOS DE NORMAS DE REAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE GORDURA NA  
AVALIAÇÃO DE REPRODUTORES DA RAÇA HOLANDESA

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. Dr. Valéria Rossetto Barriveira  
Furuya

Coorientador: Prof. Dr. Victor Breno Pedrosa

PONTA GROSSA

2022

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

INGRID SUZANE DITZEL

### ESTUDOS DE NORMAS DE REAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE GORDURA NA AVALIAÇÃO DE REPRODUTORES DA RAÇA HOLANDESA

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

Ponta Grossa, 22 de fevereiro de 2022.

Prof. (a) Dr. (a) Valéria Rossetto Barriveira  
Orientadora – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof. Dr. Victor Breno Pedrosa  
Membro da banca – Universidade Estadual de Ponta Grossa

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

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por sempre estar presente ao meu lado, me guiando e amparando, tornando possível a realização deste sonho.

Aos meus pais, Margarete do Rocio Ditzel e Joel Ditzel que não mediram esforços para sempre me proporcionar o melhor, sempre me incentivando a estudar e ir atrás dos meus objetivos, sendo minha inspiração.

Ao meu irmão Rafael, por sempre estar presente apoiando.

A todo grupo LeMA (Laboratório de Estudo em Melhoramento Animal), pelos ensinamentos, e em especial ao Prof. Dr. Victor Breno Pedrosa, por ter me aceitado a fazer parte do seu grupo, por todas as oportunidades concedidas, por sempre estar à disposição para ajudar, por sempre fazer mais que ensinar, sempre incentivando a todos a acreditar que somos capazes. Também ao Henrique Alberto Mulim, por toda disposição, todas sugestões diante aos trabalhos realizados e empenho por agregar bastante ao grupo.

A todos os professores que também contribuíram para essa trajetória, aqueles que além de ensinar, inspiram seus alunos. Agradeço em especial a Prof. Dr Valéria Rossetto Barriveira.

A todos meus amigos, amigos que trago antes da universidade e também aqueles que pude ter a sorte de adquirir durante esses anos de graduação, por serem o amparo nos momentos mais difíceis, por toda lealdade e claro, também por toda alegria e vitórias partilhadas.

A UEPG (Universidade Estadual de Ponta Grossa), pela oportunidade de estudo e cada um da instituição que de maneira direta ou indireta contribuíram para minha formação.

A Fundação Araucária, pela oportunidade de desenvolvimento do projeto de iniciação científica.

A APCBRH (Associação Paranaense dos Criadores de Bovinos da Raça Holandesa), pela conceção dos dados utilizados para elaboração do presente estudo.

## RESUMO

Este trabalho teve por objetivo analisar o desempenho genético dos principais touros da raça Holandesa utilizados no estado do Paraná para a característica de produção de gordura, via modelo de normas de reação, aplicado as mudanças de gradiente de temperatura regional. Foram utilizados dados de 67.360 fêmeas primíparas da raça Holandesa, nascidas entre os anos de 1990 e 2015, provenientes do banco de dados da Associação Paranaense dos Criadores de Bovinos da Raça Holandesa (APCBRH). As fêmeas eram filhas de 936 touros, distribuídas em seis gradientes de temperatura distintos, considerados como variável ambiental, variando em 0,5°C, partindo de 17°C a 19,5°C. As análises basearam-se no método de máxima verossimilhança restrita (REML) realizadas por meio do software WOMBAT, verificando o comportamento genético dos 15 principais touros utilizados no estado. Observou-se uma redução no valor genético dos animais de até 10,12 kg de gordura em comparação entre os gradientes 17°C para 19,5°C, e um aumento no valor genético de até 10,69 kg de gordura conforme o aumento da temperatura. Verificou-se apenas influência pontual da temperatura na manifestação genética da característica de produção de gordura, indicando a não necessidade da inclusão da variável temperatura nos modelos de análises genéticas realizadas na raça Holandesa, no estado do Paraná.

**Palavras-chave:** gradiente ambiental, interação genótipo-ambiente, valor genético.

## ABSTRACT

This study aimed to analyze the genetic performance of the main Holstein bulls used in the state of Paraná for the trait of fat production, via a reaction norms model, applied to changes in regional temperature gradient. We used data from 67,360 primiparous Holstein females, born between 1990 and 2015, from the database of the Paranaense Association of Holstein Cattle Breeders (APCBRH). The females were daughters of 936 bulls, distributed in six different temperature gradients, considered as an environmental variable. The analyzes were based on the restricted maximum likelihood method (REML) carried out using the WOMBAT software, verifying the genetic behavior of the 15 main bulls used in the state. A reduction in the genetic value of animals of up to 10.12 kg of fat was observed in comparison between the gradients from 17°C to 19.5°C, and an increase in the genetic value of up to 10.69 kg of fat was observed as the temperature increased. There was only a punctual influence of temperature on the genetic manifestation of the characteristic of fat production, indicating that there is no need to include the temperature variable in the models of genetic analysis carried out in the Holstein breed, in the state of Paraná.

**Keywords:** environmental gradient, genotype-environment interaction, genetic value.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- FIGURA 1 - Herdabilidades para produção de gordura no aumento dos gradientes ambientais.....**Erro! Indicador não definido.**
- FIGURA 2 - Correlação entre os gradientes de temperatura para produção de Gordura no estado do Paraná.....18
- FIGURA 3 - Normas de Reação dos 15 touros mais representativos do estado do Paraná para Produção de Gordura. ....19

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Valores de variância fenotípica ( $\sigma^2_p$ ), variância ambiental ( $\sigma^2_e$ ), e variância genética ( $\sigma^2_a$ ) para os diferentes gradientes de temperatura dos animais dos animais da raça Holandesa do estado do Paraná, para produção de gordura..... 14



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>12</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>4 CONCLUSÃO .....</b>	<b>23</b>
<b>5 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>24</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A produção mundial de leite foi estimada em 906 milhões de toneladas em 2020, apresentando um aumento de 2,0% na produção em comparação ao ano anterior (FAO 2020). Esse aumento foi possível em resposta ao incremento da produção nas diferentes regiões geográficas do mundo, como em especial o Brasil, sendo um dos cinco maiores produtores de leite, com contribuição de cerca de 36,752 mil toneladas (FAO 2020). No Brasil as regiões Sul e Sudeste apresentam-se como as principais áreas produtoras de leite, tendo ainda no estado do Paraná, destaque para o município de Castro, do qual se encontra em primeiro lugar como responsável pela grande colaboração para a produção do referido estado (IBGE, 2019).

Esses resultados refletem um maior aperfeiçoamento dos produtores na atividade, com a criação de animais mais produtivos e eficientes (IBGE, 2018). O aumento dessa produtividade, bem como o aumento de sólidos do leite é importante, pois traz benefícios para as indústrias destinadas ao comércio de produtos lácteos, aumentando rendimento e qualidade dos mesmos (EMBRAPA, 2021). Não só a indústria ganha com seu aumento, mas o produtor também, podendo impulsionar assim a remuneração diante a maiores bonificações, como ocorre no pagamento para a produção de maiores quantidades de gordura no leite (SUÑE *et al.*, 2018). Onde alguns laticínios, interessados na aquisição de matéria-prima de melhor qualidade, já os realizam (CARDOSO *et al.*, 2004).

Contudo, a maior demanda por selecionar animais com maior produtividade, acabou por influenciar na sensibilidade ambiental desses animais. Desta forma, determinadas regiões do país podem apresentar-se mais adequadas ou não para a expressão do genótipo para determinada característica (NEGRI *et al.*, 2021). Com isso, vale a pena considerar as diferenças de temperatura apresentadas no estado do Paraná, pois o mesmo detem de uma variação de clima subtropical a temperado, em diferentes regiões (SEAB, 2020).

As diferentes interações que podem ocorrer entre o genótipo do animal e o ambiente em que o mesmo será exposto, podem ocasionar diferenças na classificação dos melhores animais, com relação ao ambiente em que estes foram selecionados (VAN DER LAAK *et al.*, 2016). Por isso, os efeitos de interação genótipo ambiente tem sido observado em estudos com bovinos leiteiros, em que a abordagem de normas de reação é aplicada devido sua eficácia, visto que os diferentes ambientes podem ser medidos em uma escala contínua (MAGALHÃES *et al.*, 2016).

Esses modelos, utilizam funções lineares para estabelecer o mérito genético dos animais, considerando as diferenças entre os gradientes ambientais. Desta forma, as normas de reação podem ser apresentadas como uma função que descreve o desempenho de um determinado genótipo ao longo de um gradiente ambiental (WINDIG *et al.*, 2011). A interpretação de inclinação e intercepto deste modelo, permitem além da detecção de diferenças genéticas entre os animais, impactos nos valores de correlações genéticas e também herdabilidades, em classes ambientais distintas (MOTA *et al.*, 2015).

Tiezzi *et al.* (2017), ao trabalharem com a investigação dos efeitos de interação genótipo ambiente em bovinos leiteiros observaram que um animal pode apresentar satisfatório desempenho em determinado ambiente, porém, este desempenho pode não se repetir quando o genótipo deste indivíduo estiver exposto em ambiente diferente daquele testado anteriormente. Sendo assim, utilizar modelos que buscam identificar interação genótipo ambiente, contribuem para evitar decisões de seleção imprecisas (PFEIFFER *et al.*, 2016). Desta forma, o objetivo do trabalho foi analisar o desempenho genético dos principais touros utilizados no estado do Paraná para a característica produção de gordura, de acordo com as mudanças de gradiente de temperatura regional nos animais da raça Holandesa.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados de 67.360 fêmeas primíparas nascidas entre os anos de 1990 a 2015, provenientes do banco de dados da Associação Paranaense dos Criadores de Bovinos da Raça Holandesa (APCBRH). As fêmeas eram filhas de 936 touros, distribuídas por todo o estado do Paraná. Em levantamento inicial, verificou-se diferenças de temperatura do estado, variando de 17°C, nas regiões mais ao sul do estado, a 19,5°C as regiões mais ao norte. Este estudo considerou a divisão de temperatura das regiões do Paraná conforme apresentado Alvares *et al.* (2013), dividindo o estado em 6 gradientes de temperatura, a cada 0,5°C. Os dados de produção de gordura, em kg, foram ajustados aos 305 dias de lactação. Sendo que informação errôneas ou incompletas, além de informações de idade ao parto menores 18 ou maiores que 48 meses e o grupo de contemporâneos com menos de 3 observações removidos do banco na análise de consistência das informações.

Foi utilizado modelo de regressão aleatória em quarta ordem, sob polinômios de Legendre. Sendo esses polinômios ultimamente escolhidos por terem promovido melhor propriedades de convergência dos dados em regressões ortogonais. O modelo de normas de reação, via regressão aleatória, pode ser descrito como:

$$y_{ijk} = IP_n + CGI_l + \sum_{m=0}^M \beta_m \phi_m(T) + \sum_{m=0}^M \alpha_{im} \phi_m(T) + \varepsilon_{ijk}$$

onde  $y_{ijk}$ : é o registro fenotípico do animal  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ), progênie do touro  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, N$ ); criado no gradiente de temperatura  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, 6$ ),  $T$ : media de temperatura anual;  $\phi_m(T)$ :  $m$ th ordem do polinômio de Legendre;  $CGI_l$ : efeito do grupo de contemporâneo do nível  $l$  ( $l = 1, 2, \dots, 17,931$ );  $IP$ : idade ao primeiro parto como covariável de nível  $n$  ( $n = 1, 2, \dots, 25$ );  $\beta_m$  média do coeficiente de regressão de ordem  $m$  ( $m = 0, 1, 2, \dots, M$ );  $\alpha_{im}$  é o coeficiente de regressão aleatória de ordem  $m$  para o efeito genético aditivo do animal  $i$ ;  $\varepsilon_{ijk}$ : efeito residual para o animal  $i$ , progênie do touro  $j$ , criado no  $k$  gradiente ambiental. A representação matricial do modelo é dada a seguir:

$$y = Xb + Zu + e$$

assumindo que:

$$E = \begin{bmatrix} y \\ b \\ u \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Xb \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{e} \quad V \begin{bmatrix} u \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{rn} \otimes A & 0 \\ 0 & R \end{bmatrix}$$

onde  $y$  é o vetor de observações;  $b$  é o vetor de efeitos fixos atribuídos ao grupo de contemporâneos;  $u$  é o vetor de efeitos aleatórios e “ $e$ ” é o vetor de efeitos residuais;  $X$  e  $Z$  são matrizes de incidência para os efeitos fixos e aleatórios, respectivamente;  $K_{rn}$  é a matriz de covariância ligada aos efeitos aleatórios dos modelos de normas de reação;  $A$  é a matriz numerador de relacionamento aditivo; e  $R$  é a matriz de efeitos residuais. Ainda, foram adotados os modelos mistos de análises por método de máxima verossimilhança restrita (REML), através do software WOMBAT (MEYER, 2007). Os 15 principais touros utilizados no estado foram usados para verificação do comportamento genético da característica avaliada ao longo das mudanças de temperatura regionais, via modelo de normas de reação.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos referentes a variância genética aditiva, variância fenotípica e variância ambiental, para a característica produção de gordura, em resposta aos diferentes gradientes ambientais dispostos no estado do Paraná estão demonstrados na Tabela 1.

TABELA 1 - Valores de variância fenotípica ( $\sigma^2_p$ ), variância ambiental ( $\sigma^2_e$ ), e variância genética ( $\sigma^2_a$ ) para os diferentes gradientes de temperatura dos animais da raça Holandesa do estado do Paraná, para produção de gordura.

Temperatura (°C)	$\sigma^2_p$	$\sigma^2_e$	$\sigma^2_a$
17,0	2.776,37	2.199,56	576,81
17,5	2.974,07	2.184,96	789,11
18,0	3.705,93	2.864,56	841,38
18,5	3.233,85	2.430,20	803,65
19,0	2.923,50	2.178,46	745,04
19,5	3.071,41	2.418,21	653,21

Fonte: A autora

Pode-se observar que o maior valor referente a variância genética aditiva e a variância ambiental apresentaram-se no gradiente 18°C, resultando, conseqüentemente, no maior valor de variância fenotípica. Em contrapartida, no gradiente 17°C é demonstrado o menor valor para variância genética aditiva e variância fenotípica.

É possível perceber que para os resultados obtidos nessas populações a variância ambiental corresponde a grande parcela da variância fenotípica para a característica, fato esse que pode contribuir no declínio dos valores de herdabilidade, pois sofre maior influência do ambiente. Como observado na região de 18°C, apesar da elevada variância aditiva, a mesma não foi suficiente para resultar no gradiente de maior herdabilidade, visto que houve, nesta região, também elevada variância ambiental. Desta forma, para se obter maiores herdabilidades esperam-se menores valores de variância ambiental e valores mais elevados de variâncias genéticas aditivas (BOHLOULI *et al.*, 2014). Assim, evita-se que o potencial genético para a

expressão da característica seja prejudicado por efeitos ambientais (GENGLER; WIGGANS; GILLON, 2005).

Na Figura 1 estão representadas as estimativas dos valores de herdabilidade para produção de gordura de acordo com as mudanças do gradiente de temperatura do estado do Paraná.

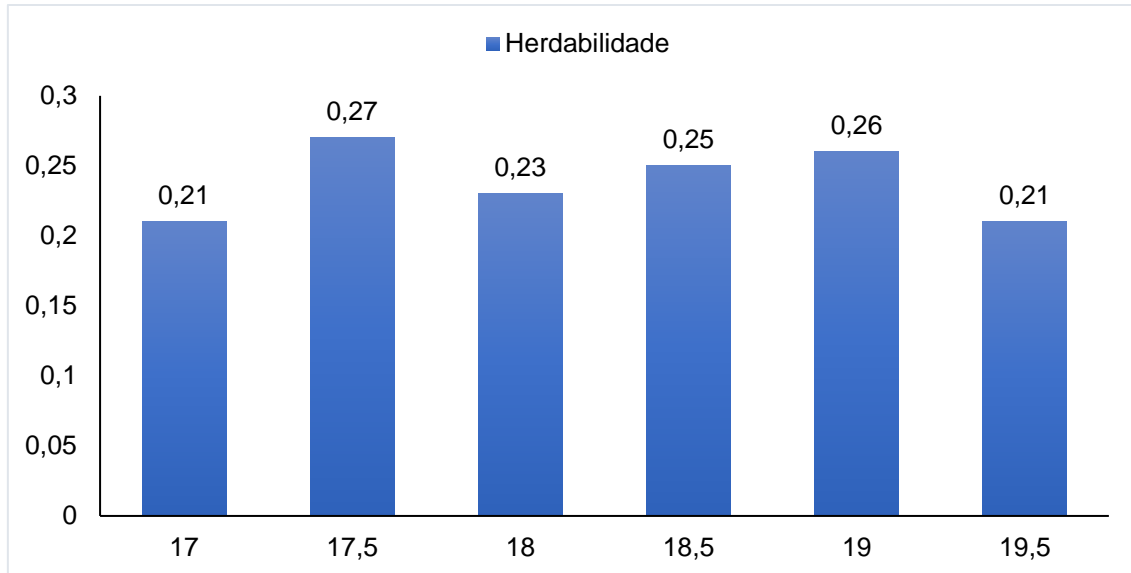


Figura 1- Herdabilidades para produção de gordura no aumento dos gradientes ambientais.

Fonte: A autora

De forma geral, pode-se observar para a característica de produção de gordura valores de herdabilidades mais elevados para as regiões com temperaturas de 17,5°C, 18,5°C e 19,00°C apresentando herdabilidades de 0,27, 0,25 e 0,26, respectivamente. Todas os gradientes apresentaram-se com valores acima de 0,20 indicando, assim, herdabilidades de magnitude classificada como moderada. Desta forma, através dos valores obtidos, as mesmas indicam possível oportunidade de conseguir melhorar a qualidade do leite, utilizando a seleção para a característica em estudo (PETRINI *et al.*, 2016).

Os resultados de herdabilidade para a característica de produção de gordura, foram semelhantes aos encontrados no estudo de Montaldo *et al.*, (2017) que apresentaram herdabilidade de 0,20. Por sua vez, Santos *et al.*, (2020) encontraram valores de herdabilidades de até 0,24, assim como Campos *et al.*, (2015) que obteve valor similar de herdabilidade de 0,24, em estudo com vacas da raça Holandesa no Brasil. Contudo, valores diferentes para as estimativas de herdabilidade são previstos, pois podem ser decorrentes da variação genética dentro da população, ao tamanho

do conjunto de dados analisados, bem como das condições ambientais e também quanto aos métodos utilizados para a estimativa de parâmetros (AYALEW *et al.*, 2017).

Maiores valores de herdabilidade para a mesma característica, já foram relatadas na literatura, como o caso do estudo de Nauta *et al.*, (2006) na Holanda, encontrando herdabilidade de 0,39. No entanto, esses altos valores de herdabilidade que podem ser encontrados em determinados estudos, pode ser justificada por uma maior eficiência quanto ao controle ambiental do sistema de produção utilizado, o que consequentemente acaba por minimizar os efeitos da variação ambiental (MOREIRA *et al.*, 2019).

Pode-se observar, que os gradientes de temperatura de 17,5°C e 19,0°C demonstraram os maiores valores de herdabilidades (0,27 e 0,26, respectivamente). Comportamento do qual pode ser fundamentado por essas regiões apresentarem os menores valores de variância ambiental, impactando assim positivamente nos valores de herdabilidades nessas regiões. Como observado por Paula *et al.*, (2009), ao analisar a bacia leiteira do Oeste do Paraná, também verificaram que o menor valor de variância residual, acarretou em maior valor de herdabilidade. Adicionalmente, os valores menores para variância ambiental nas regiões com temperaturas médias de 17,5°C e 19,0°C podem ser justificadas devido a presença de fazendas com sistemas de produção mais consolidados no que diz respeito a controle reprodutivo e também maiores níveis de investimento, quando considerado outras regiões que possuem maior heterogeneidade no sistema de produção de leite (MULIM *et al.*, 2020).

Na região de 18,5°C, pode-se observar um dos maiores valores de variância genética aditiva, contudo apresentando um valor de variância ambiental elevado, entretanto, mesmo assim resultou em uma das herdabilidades mais elevadas. Comportamento também observado no estudo Santos *et al.*, (2020) estudando características produtivas de vacas Holandesas no Brasil, verificando que a herdabilidade para a característica gordura do leite apresentou melhor variabilidade genética aditiva o que possibilita ganhos através da seleção.

Desta forma, o conhecimento dos valores de herdabilidade, são imprescindíveis para contribuir a uma resposta de seleção desejada (ALI, MUHAMMAD SUHAIL E SHAFIQ, 2019). Visto que, desta forma evidência para os produtores que necessitam de melhorias quanto a recursos genéticos de seus rebanhos, que os melhores animais podem ser identificados através de avaliações genéticas e com isso podem contribuir



para conseguir aumentar a característica de interesse (CAMPOS *et al.*, 2015). Como pode ser observado nos gradientes de temperatura que apresentaram maiores herdabilidades, são aqueles do qual se espera melhor resposta a seleção.

Pode-se observar ainda na Figura 1 que nas regiões de gradiente de temperatura 17°C e 19,5°C houve uma diferença das herdabilidades em relação a disposição dos demais gradientes de temperatura, sendo encontrado os menores valores de herdabilidade para a característica (0,21 para ambas regiões). Esse desempenho pode ser fundamentado pelo fato de essas regiões possuírem menor variação genética aditiva, possuindo desta forma maior influência causada pelo ambiente (MONTALDO *et al.*, 2015). E ainda, devido a utilização do modelo de regressão aleatória aplicado nas normas de reação, alguns autores já encontraram justificativa apontando que valores extremos da distribuição ficam por vezes subestimados o que pode ter acontecido com os valores extremos obtidos em nosso estudo, como verificado no estudo de Mulim *et al.* (2021), apontando mesma justificativa para possível causa de estimativas inflacionadas nos valores aos extremos encontrados para as herdabilidades.

Porém, ao mesmo tempo, espera-se que haja uma pequena interferência na herdabilidade conforme a mudança do gradiente ambiental, em que essa herdabilidade tende a ter um decréscimo conforme a temperatura aumenta, mas isso não ficou plenamente evidenciado nos resultados. Sendo assim, outros estudos são necessários, para que isso possa ser de fato confirmado. Apesar desta questão, o modelo de normas de reação é utilizado por ser capaz de identificar e quantificar interações genótipo ambiente em uma variedade de ambientes contínuos (ZHANG *et al.*, 2019). Na Figura 2 podemos verificar os valores das correlações genéticas entre os gradientes ambientais de temperatura para produção de gordura no estado do Paraná.

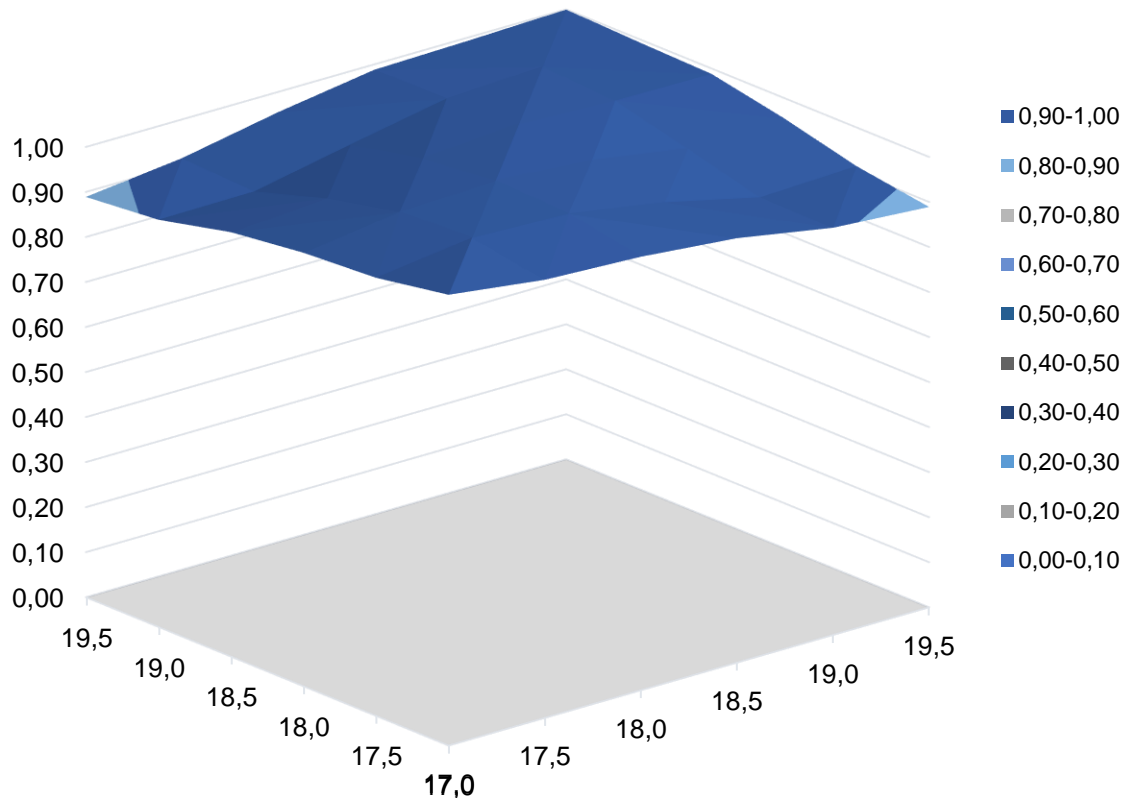


FIGURA 2 - Correlação entre os gradientes ambientais de temperatura para produção de Gordura no estado do Paraná.

Fonte: A autora

Podemos observar os valores das correlações entre os gradientes ambientais de temperatura variando de 17,0°C a 19,5°C para produção de gordura. Geralmente, os valores de correlação genética apresentam-se mais baixos entre os extremos do gradiente ambiental (ZHANG *et al.*, 2019). Causa que pode ser atribuída ao fato de os polinômios utilizados atribuírem maior ênfase aos extremos, causando possíveis erros para ordem de ajustes (MEYER, 2005). Neste estudo, isso foi possível de ser verificado, de forma que aos extremos do gradiente ambiental o valor da correlação ficou próximo de 0,80 enquanto na região central, os valores de correlação ficaram mais próximos de 1,00.

Segundo Robertson (1959) para que seja determinado a relevância da interação genótipo ambiente, os valores de correlação genética para a determinada característica devem ser inferiores a 0,80. Desta forma, interações genótipo ambiente não foram relevantes, podendo-se considerar que a característica produção de

gordura é expressa pelo genótipo sem alterações relevantes nos diferentes gradientes ambientais do estado, visto que mesmo os valores de correlação aos extremos terem sido menores, o valor mínimo de correlação verificado foi de 0,89 e sendo os demais superiores a 0,90.

Contudo, estudos para mesma característica como de Hammami *et al.*, (2015) buscando avaliar o efeito das mudanças ambientais em vacas Holandesa, verificaram através das correlações, valores inferiores a 0,67 indicando assim, possível interação genótipo ambiente. Portanto, espera-se que animais com o mérito genético elevado para a característica em ambientes frios, não necessariamente apresentariam mérito genético equivalente em ambientes quentes e vice-versa.

Cao *et al.*, (2020), destacam em seu estudo que os valores de correlação entre ambientes contribuem para os programas de melhoramento genético identificar a possibilidade de interação genótipo ambiente, de forma que maiores valores de correlação entre ambientes, podem evidenciar menor distinção de variação do valor genético para determinada característica.

Na Figura 3 são apresentadas as normas de reação e os referentes valores genéticos dos 15 principais touros utilizados no estado do Paraná, afim de verificar o desempenho dos respectivos animais, sob as diferentes condições ambientais apresentadas no estado, que variam de 17°C a 19,5°C.

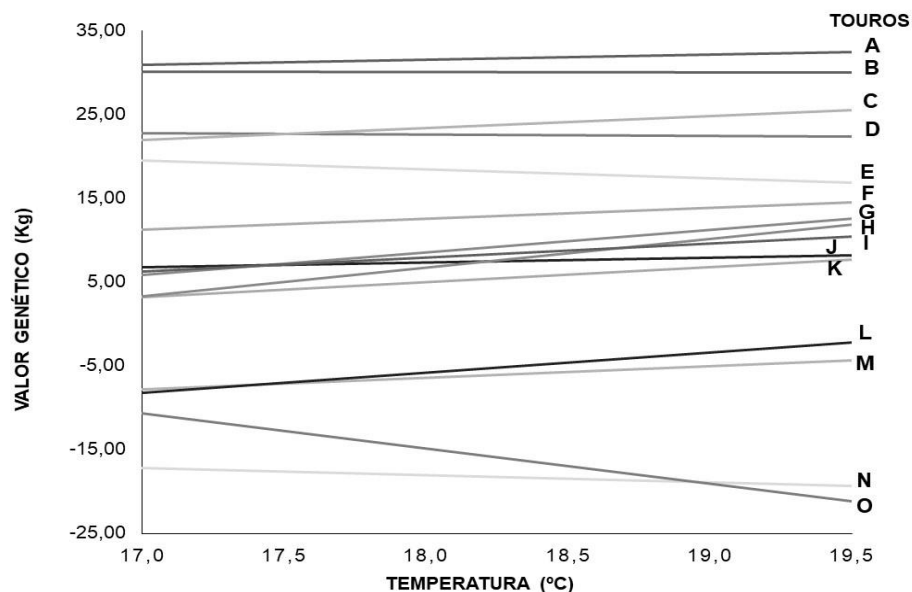


FIGURA 3 - Normas de Reação dos 15 touros mais representativos do estado do Paraná para Produção de Gordura. Fonte: A autora

Pôde-se observar que, o valor genético dos animais tendeu a elevação ainda que de forma tênue, com o aumento do gradiente de temperatura, e maiores diferenças nos valores genéticos dos animais foram verificados entre os animais próximos do gradiente de temperatura 17°C. Mulder *et al.*, (2013) comentam que as diferenças de variações genéticas em respostas ao fator ambiental são devidas a inclinação do genótipo nas normas de reação em diferentes ambientes. Desta forma, ficou evidenciado um aumento do valor genético de 10,69 kg de gordura e uma redução de até 10,12 kg com o aumento da temperatura passando de 17°C para o 19,5°C. Pode-se notar, comportamentos robustos e plásticos entre os animais, diferenciando desta forma, a adaptação dos animais ao efeito da temperatura, exemplificando que diferentes genótipos podem responder diferentemente à mesmas condições expostas (AUBINHORTH; RENN, 2009).

Os animais indicados como robustos para produção de gordura foram os touros B, D e N, pois os mesmos apresentaram pouca variação do seu valor genético com o aumento da temperatura. Sendo assim, os touros com esse perfil sugerem que no momento de seleção os mesmos tendem a apresentar um desempenho semelhante, independente do ambiente em que as filhas destes animais são criadas (CHERUIYOT *et al.*, 2020). Já para os animais que apresentaram comportamento plástico, ou seja, onde a variação do valor genético foi mais expressiva em relação aos demais animais avaliados, pode ser observado pelos touros C, E, I e em destaque ao touro O. Este último apresentou maior interferência ambiental na expressão da característica, sendo o de menor valor genético. Esse tipo de comportamento sugere maior cuidado ao utilizar esses animais no processo de seleção, devido ao fato dos mesmos poderem levar à escolha inadequada de touros em determinadas regiões, prejudicando assim o melhoramento genético dos rebanhos (PAULA *et al.*, 2009).

Essas variações quanto a diferentes expressões de comportamentos genéticos, sugerem uma possível existência de interação genótipo ambiente na expressão do genótipo para a característica, o qual, caso considerados relevantes, denotam que o valor genético de um animal em um determinado ambiente, pode variar se o mesmo for submetido a um ambiente diferente (ZHANG *et al.*, 2019). Vale a pena salientar que a reclassificação dos animais, não necessariamente precisa acontecer para que seu valor genético expresso ao longo do gradiente ambiental seja alterado (WINDIG *et al.*, 2011). Como é possível observar esse comportamento nos touros A,

E, e F, onde, mesmo não apresentando uma nova reclassificação, expressaram valores genéticos distintos ao serem expostos a diferentes ambientes.

Da mesma forma, Huquet, Leclerc e Ducrocq (2012), em seu estudo buscaram analisar a interação genótipo ambiente para características de produção em vacas da raça Holandesa na França, e não encontraram nenhuma nova reclassificação dos animais avaliados, sugerindo a ausência de interação do ambiente na expressão dos genótipos dos animais avaliados. Essas mudanças que podem ser observadas quanto as diferentes formas de expressão dos genótipos em diferentes ambientes, denominada como interação genótipo ambiente, denota importância, tendo em vista que essa influência pode levar a estimativas equivocadas referente ao ganho genético dos animais, tendo como consequência a diminuição da precisão de seleção no processo de busca por melhoramento dos animais (DEKLEVA *et al.*, 2012). Como apresentado no estudo de Tsuruta *et al.*, (2015) avaliando a interação genótipo ambiente em vacas holandesas para produção de leite em três regiões dos EUA, identificaram que houve interação genótipo ambiente em seus estudos, e por este motivo, concluíram que a interação deveria ser inclusa no modelo de avaliação, afim de se buscar mitigar possíveis alterações nos valores genéticos dos animais.

Silva *et al.*, (2021) destacam que diferenças nas condições climáticas e variados sistemas de produção na extensão do território brasileiro, poderiam levar a diferenças na expressão dos genótipos e influenciar a interação genótipo ambiente. O que inclui o estado do Paraná por apresentar variações de clima subtropical e temperado (SEAB, 2020). No entanto, em virtude dos resultados obtidos através do presente estudo, pode-se assegurar que a interação do ambiente com os diferentes gradientes de temperatura sob a expressão dos genótipos dos animais avaliados no estado do Paraná foi incapaz de conseguir expressar interação genótipo ambiente relevantes.

O presente estudo apresentou pequenas modificações pontuais no ranqueamento dos touros, muito mais associadas a proximidade dos valores genéticos dos touros do que ao impacto do efeito de temperatura na classificação dos animais. Deste modo, pode-se esperar que o desempenho dos animais, não tenham oscilações expressivas em relação a diferentes ambientes em que os animais possam ser criados (HUQUET; LECLERC; DUCROCQ, 2012). Sendo assim, outras particularidades podem ser candidatas a contribuir para que ocorra interferência na manifestação genética dos animais, como as diferenças de latitudes, em virtude de

diferentes localizações geográficas (ISMAEL *et al.*, 2016). Entretanto, as regiões do estado do Paraná que foram inclusas para a elaboração deste estudo, apresentam-se todas na mesma faixa de latitude sendo de ( $-30^{\circ}$  a  $-20^{\circ}$ ), deste modo, diferenças entre latitudes não são capazes de manifestar interação genótipo ambiente (MOREIRA *et al.*, 2019). Sendo assim, como constatado a ausência de interação, isso denota que, não é necessário implementar um programa de seleção genética específico para cada ambiente (MONTALDO *et al.*, 2015).

Para Mulder (2016), a pecuária possui predisposição para excluir a interação genótipo ambiente, em virtude da complexidade dos modelos de avaliações genéticas utilizadas, porém possuir o conhecimento da mesma, torna possível a chance de elevar a resiliência dos animais. Desde modo, os produtores podem aproveitar para se beneficiar dos modelos que abordam a interação do ambiente na expressão do genótipo, para assim realizar cada vez mais um melhor processo de seleção (TIEZZI *et al.*, 2017).

#### **4 CONCLUSÃO**

Observou-se ausência de efeito de interação genótipo ambiente na expressão da característica produção de gordura, conforme alteração do gradiente ambiental. Os valores das correlações entre os gradientes ambientais de temperatura do estado do Paraná foram todos superiores a 0,80, o que indica na similaridade do desempenho genético esperado para os diferentes gradientes ambientais estudados. Desta forma, ficou evidenciado a não necessidade de inclusão dos efeitos da variável de temperatura nos modelos de avaliação genética empreendidos no estado do Paraná, para a característica produção de gordura na raça Holandesa.

## 5 REFERÊNCIAS

- ALI, I.; MUHAMMAD SUHAIL, S.; SHAFIQ, M. Heritability estimates and genetic correlations of various production and reproductive traits of different grades of dairy cattle reared under subtropical condition. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 54, n. 7, p. 1026–1033, 2019.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- AUBIN-HORTH, N.; RENN, S. C. P. Genomic reaction norms: Using integrative biology to understand molecular mechanisms of phenotypic plasticity. **Molecular Ecology**, v. 18, n. 18, p. 3763–3780, 2009.
- AYALEW, W. *et al.* Estimation of genetic parameters of the productive and reproductive traits in Ethiopian Holstein using multi-trait models. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 30, n. 11, p. 1550–1556, 2017.
- BOHLOULI, M. *et al.* Interaction between genotype and geographical region for milk production traits of Iranian Holstein dairy cattle. **Livestock Science**, v. 169, n. C, p. 1–9, 2014.
- 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 Sciences**, 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 × Environment Interaction Than Conventional Breeding Programs. **Frontiers in Genetics**, v. 11, n. April, 2020.
- CARDOSO, V. L. *et al.* Breeding goals and economic values for pasture based milk production systems in the southeast region of Brazil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 33, p. 320-327, 2004.
- 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.
- DEKLEVA, M. W. *et al.* Short communication: Interactions of milk, fat, and protein yield genotypes with herd feeding characteristics. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 3, p. 1559–1564, 2012.
- EMBRAPA. **Anuário Leite 2021**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1132875/anuario-leite-2021-saude-unica-e-total>. Acesso em: 19 dez. 2021.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Dairy Market Review Overview of global dairy market developments in 2020**. Roma: Disponível em: <http://www.fao.org/3/cb4230en/cb4230en.pdf> Acesso em: 25 mar. 2021.
- GENGLER, N.; WIGGANS, G. R.; GILLON, A. Adjustment for heterogeneous covariance due to herd milk yield by transformation of test-day random regressions. **Journal of Dairy Science**, v. 88, n. 8, p. 2981–2990, 2005.
- 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.

HUQUET, B.; LECLERC, H.; DUCROCQ, V. Modelling and estimation of genotype by environment interactions for production traits in French dairy cattle. **Genetics, selection, evolution : GSE**, v. 44, p. 35, 2012.

IBGE. Indicadores IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Produção da Pecuária Municipal 2018.

IBGE. Indicadores IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Produção da Pecuária Municipal 2019.

ISMAEL, A. *et al.* Genotype by environment interaction for the interval from calving to first insemination with regard to calving month and geographic location in Holstein cows in Denmark and Sweden. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 7, p. 5498–5507, 2016.

MAGALHÃES, A. F. B. *et al.* Genome-Wide Association Study of Meat Quality Traits in Nellore Cattle. **PLOS ONE**, v. 11, n. 6, p. e0157845, 30 jun. 2016.

MEYER, K. WOMBAT—A tool for mixed model analyses in quantitative genetics by restricted maximum likelihood (REML). **Journal of Zhejiang University SCIENCE B**, 50 v. 8, n. 11, p. 815–821, out. 2007.

MONTALDO, H. H. *et al.* Genotype x environment interaction for fertility and milk yield traits in Canadian, Mexican and US Holstein cattle. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 15, n. 2, 2017.

MONTALDO, H. H. *et al.* Genotype-environment interaction between chile and north america and between chilean herd environmental categories for milk yield traits in black and white cattle. **Animal Science Papers and Reports**, v. 33, n. 1, p. 23–33, 2015.

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, 2019.

MOTA, L. F. M. *et al.* Genotypexdietary (methionine+cystine): Lysine ratio interaction for body weight of meat-type quails using reaction norm models. **Livestock Science**, v. 182, p. 137–144, 2015.

MULDER, H. A. *et al.* Estimation of genetic variance for macro- and micro-environmental sensitivity using double hierarchical generalized linear models. **Genetics Selection Evolution**, v. 45, n. 1, p. 1–14, 2013.

MULDER, H. A. Genomic selection improves response to selection in resilience by exploiting genotype by environment interactions. **Frontiers in Genetics**, v. 7, n. OCT, p. 1–11, 2016.

MULIM, H. A. *et al.* Genotype by environment interaction for fat and protein yields via reaction norms in Holstein cattle of southern Brazil **Journal of Dairy Research**, 2020.

MULIM, H. A. *et al.* Genotype by environment interaction for somatic cell score in Holstein cattle of southern Brazil via reaction norms. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 34, n. 4, p. 499–505, 2021.

NAUTA, W. J. *et al.* Genotype by environment interaction for milk production traits between organic and conventional dairy cattle production in the Netherlands. **Journal of dairy science**, v. 89, n. 7, p. 2729-2737, 2006.

NEGRI, R. *et al.* Selection for test-day milk yield and thermotolerance in Brazilian Holstein cattle. **Animals**, v. 11, n. 1, p. 1–13, 2021.

PAULA, M. C. DE *et al.* Interação genótipo × ambiente para produção de leite de bovinos da raça Holandesa entre bacias leiteiras no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 467–473, 2009.

PETRINI, J. *et al.* Genetic parameters for milk fatty acids, milk yield and quality traits of a Holstein cattle population reared under tropical conditions. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 133, n. 5, p. 384–395, 2016.

PFEIFFER, C. *et al.* Genotype by environment interaction in organic and conventional production systems and their consequences for breeding objectives in Austrian Fleckvieh cattle. **Livestock Science**, v. 185, n. 889, p. 50–55, 2016.

ROBERTSON, A. Experimental design on the measurement of heritabilities and genetic correlations: biometrical genetics. New York, USA: Pergamon; 1959. pp. 219–26.

SANTOS, J. C. *et al.* Genotype-environment interaction for productive traits of Holstein cows in Brazil described by reaction norms. **Tropical Animal Health and Production**, p. 2425–2432, 2020.

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](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/agrometeorologia_2010_11.pdf). Acesso em: 31 jul. 2020.

SILVA, D. A. *et al.* Genotype by environment interaction for Holstein cattle populations using autoregressive and within- and across-country multi-trait reaction norms test-day models. **Animal**, v. 15, n. 2, p. 100084, 2021.

SUÑÉ, R. *et al.* **Práticas de suplementação e seu impacto na qualidade do leite em sistemas de produção de base pastoril**. Embrapa Pecuária Sul Circular Técnica, 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/179355/1/CIRCULAR-TECNICA-49.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2021.

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. 2042–2056, 2017.

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. 6, p. 4496–4503, 2016.

WINDIG, J. J. *et al.* Simultaneous estimation of genotype by environment interaction accounting for discrete and continuous environmental descriptors in Irish dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 6, p. 3137–3147, 2011.

ZHANG, Z. *et al.* Genotype-by-environment interaction of fertility traits in Danish Holstein cattle using a single-step genomic reaction norm model. **Heredity**, v. 123, n. 2, p. 202–214, 2019.