

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDONÓPOLIS**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS**  
**CURSO DE ZOOTECNIA**

**JOEL ALVES DA SILVA**

**PARÂMETROS GENÉTICOS RELACIONADOS À TOLERÂNCIA AO ESTRESSE  
TÉRMICO PARA O PESO AO NASCIMENTO DE BOVINOS DE CORTE  
COMPOSTOS**

**RONDONÓPOLIS, 2022**

**JOEL ALVES DA SILVA**

**PARÂMETROS GENÉTICOS RELACIONADOS À TOLERÂNCIA AO ESTRESSE  
TÉRMICO PARA O PESO AO NASCIMENTO DE BOVINOS DE CORTE  
COMPOSTOS**

Trabalho de Curso apresentado ao Curso de Zootecnia da Universidade Federal de Rondonópolis, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Área de Concentração: Genética e Melhoramento dos Animais Domésticos.

Orientador: Prof. Dr. Mário Luiz Santana Júnior.

**RONDONÓPOLIS, 2022**

## FICHA CATALOGRÁFICA

### Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

D111p Silva, Joel Alves da.  
PARÂMETROS GENÉTICOS RELACIONADOS À TOLERÂNCIA AO  
ESTRESSE TÉRMICO PARA O PESO AO NASCIMENTO DE BOVINOS DE  
CORTE COMPOSTOS / Joel Alves da Silva. -- 2022  
24 f. ; 30 cm.

Orientador: Mário Luiz Santana Júnior.  
TCC (graduação em Zootecnia) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto  
de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Rondonópolis, 2022.  
Inclui bibliografia.

1. Melhoramento Genético. 2. Estresse Térmico. 3. Bovino de Corte. 4. Peso ao  
Nascimento. 5. Herdabilidade. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluno: Joel Alves da Silva

Título do TC: Parâmetros genéticos relacionados a tolerância o estresse térmico para o peso ao nascimento de bovinos de corte compostos.

Trabalho de curso apresentado ao Curso de Zootecnia da Universidade Federal de Rondonópolis, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Aprovado em:01/02/2022.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Mário Luiz Santana Júnior (Orientador) Instituição: ICAT/CUR/UFR  
Assinatura:\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Annaiza Braga Bignardi (Membro) Instituição: ICAT/CUR/UFR  
Assinatura:\_\_\_\_\_

Prof. MSc<sup>a</sup>. Deise Mescua Zuim (Membro) Instituição: Atto Agrícola Ltda.  
Assinatura:\_\_\_\_\_

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, que me concedeu o dom da vida, aos meus pais, Elvecio e Aparecida por serem minha base emocional, ao meu padrinho, Edson pelas doses de motivação que sempre recebi desde criança, ao meu Professor Orientador Dr. Mário, por acreditar em mim e ter me auxiliado nessa caminhada e ao curso de Zootecnia da Universidade Federal de Rondonópolis.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por sempre me manter focado e me mostrando os caminhos corretos a serem seguidos e me dando clareza mental.

A minha família que é minha base emocional e onde posso recorrer em algum momento de aflição. Aos meus irmãos Daniel e Ludimila, que sempre me apresentam um ponto de vista sobre decisões de vida. Ao meu padrinho Edson pelas longas conversas e lições de uma pessoa com experiência de vida e minha madrinha Imaculada, que foi minha professora na infância, passando seus conhecimentos e me acolhendo na casa deles sempre que eu os visito. A minha namorada Raissa, pela alegria e risadas que ela me proporciona.

Aos meus amigos em especial ao Paulo Victor, que sempre compartilhamos histórias, viagens. A minha amiga Eriane, por se tornar minha irmã aqui na faculdade, ao Luiz Guilherme e Stéfany por estarem comigo grande parte do tempo durante a pandemia, ao Matheus que me ajudou bastante nestes últimos semestres da faculdade.

Agradeço aos nossos professores, por passarem o que sabem, e nos auxiliarem na formação acadêmica. À coordenação de assistência estudantil (CAE) pela oportunidade de me manter durante a caminhada acadêmica e à Universidade Federal de Rondonópolis.

## RESUMO

O estresse provocado pelo calor durante o período de gestação pode afetar o desempenho das vacas como também o desenvolvimento fetal e o desempenho pós-natal dos bezerros. A seleção de animais geneticamente tolerantes ao estresse térmico pode ser uma alternativa para contornar ou pelo menos aliviar os efeitos prejudiciais do estresse térmico. Assim, o objetivo do presente estudo foi determinar o período de dias de estresse térmico no final da gestação que exerce a maior influência sobre o peso ao nascimento (PN) e estimar componentes de (co)variância e parâmetros genéticos relacionados à tolerância ao estresse térmico em um rebanho de bovinos de corte compostos. Após a realização do controle de qualidade foram mantidos 157.414 fenótipos de PN de animais distribuídos em 2.402 grupos contemporâneos (GC), filhos de 1.418 touros e 86.722 vacas nascidos em 41 fazendas. O comportamento do PN apresentou tendência de redução mais evidente em função do índice de temperatura e umidade médio da gestação (ITUg) calculado sobre o período de 40 dias antes do parto, onde o modelo fixo apresentou superioridade em termos de qualidade de ajuste aos dados. O PN de bezerros que sofreram estresse térmico durante o final da gestação foi reduzido, em média, em até 1,13 kg em relação a bezerros que não sofreram estresse. Um modelo de norma de reação foi aplicado aos dados considerando os efeitos genéticos aditivos direto e materno (regredidos sobre o ITUg), ambiente permanente materno, GC (fazenda, safra, grupo de manejo, mês do nascimento), sexo, as covariáveis lineares de composição racial do animal e da mãe, heterosigose direta e materna, além do resíduo. Houve tendência de acréscimo das estimativas de herdabilidade para maiores valores de ITUg tanto para efeito direto quanto materno. Neste sentido, é esperado que a resposta da característica avaliada seja diferente dependendo do nível de estresse térmico sofrido pela vaca e o feto durante o período final da gestação. As estimativas de correlação genética para o efeito direto e materno do PN alcançaram valores elevados em ITUg's próximos e reduziram consideravelmente entre ITUg's distantes. Esses resultados indicam que uma pequena parte dos mesmos genes são responsáveis pelo PN em condições contrastantes de ambiente térmico. Assim, o PN pode ser considerado como uma característica diferente em ambientes térmicos muito diferentes durante o final da gestação. Foi possível observar que o valor genético aditivo dos touros sofreu alteração com a mudança do ambiente térmico do final da gestação, demonstrando a sensibilidade do valor genético dos animais para PN. A condição térmica durante períodos críticos do desenvolvimento dos animais, como a gestação, pode ser considerada uma importante fonte de interação genótipo x ambiente (IGA) para o desempenho pós-natal de bovinos de corte compostos. Assim, a IGA

devido ao estresse térmico durante o final da gestação deve ser considerada apropriadamente nas avaliações genéticas de bovinos de corte compostos.



## ABSTRACT

Heat stress during the gestation period can affect the performance of cows as well as the fetal development and postnatal performance of calves. The selection of animals genetically tolerant to heat stress may be an alternative to circumvent or alleviate the harmful effects of heat stress. Thus, the present study aimed to determine the period of days of heat stress at the end of gestation that exerts the greatest influence on birth weight (BW) and estimate (co)variance components and genetic parameters related to heat stress tolerance of composite beef cattle. After performing the quality control, 157,414 PN phenotypes were maintained from animals distributed in 2,402 contemporary groups (CG), offspring of 1,418 bulls, and 86,722 cows born in 41 farms. The behavior of the BW showed a more evident trend of reduction as a function of the mean temperature and humidity index of gestation (THI<sub>g</sub>) calculated over 40 days before calving, where the fixed model showed superiority in terms of goodness of fit to the data. The BW of calves that suffered heat stress during late gestation was reduced, on average, by up to 1.13 kg compared to calves that did not experience stress. A reaction norm model was applied to the data considering the direct and maternal additive genetic effects (regressed on the THI<sub>g</sub>), maternal permanent environment, CG (farm, crop, management group, month of birth), sex, the linear covariates of THI<sub>g</sub>, breed composition of the animal and the mother, direct and maternal heterozygosity, in addition to the residual effect. There was a trend of increasing heritability estimates for higher values of THI<sub>g</sub> for both direct and maternal effects. In this sense, it is expected that the response of the evaluated trait will be different depending on the level of heat stress suffered by the cow and the fetus during the final period of gestation. The genetic correlation estimates for the direct and maternal effect of BW reached high values in close THI<sub>g</sub> and reduced considerably among distant THI<sub>g</sub>'s. These results indicate that a small part of the same genes is responsible for BW in contrasting thermal environment conditions during the final gestation period of composite beef cattle. Thus, BW can be considered a different trait in very different thermal environments during late pregnancy. It was possible to observe that the additive genetic value of the bulls changed with the change of the thermal environment at the end of gestation, demonstrating the sensitivity of the genetic value of the animals to BW. The thermal condition during critical periods of animal development, such as gestation, can be considered an important source of genotype x environment interaction (GEI) for the postnatal performance of composite beef cattle. Thus, GEI due to heat stress during late pregnancy should be appropriately considered in genetic evaluations of composite beef cattle.

## ÍNDICE

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>12</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>21</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>21</b>

## 1 1 INTRODUÇÃO

2 As raças bovinas são classificadas em duas subespécies: *Bos taurus* (taurinos) e *Bos*  
3 *indicus* (zebuínos). As duas subespécies compartilham o ancestral extinto auroque (*Bos*  
4 *primigenius*). O *Bos primigenius* começou a se diferenciar em *taurus* e *indicus* há  
5 aproximadamente 1,5 milhão de anos, nos continentes europeu e asiático, respectivamente, com  
6 condições climáticas bastante distintas e desenvolvendo adaptações evolutivas para  
7 sobrevivência nestas condições (MANUAL FRISCH, 2001; JORGE, 2013). Por se tratarem de  
8 animais homeotérmicos, essas adaptações evolutivas são essenciais para controle da  
9 temperatura corporal, podendo auxiliar na retenção de calor corporal (em climas temperados)  
10 ou dissipação de calor (em climas tropicais e subtropicais).

11 Os animais de produção possuem uma zona de conforto térmico que é dependente da  
12 espécie, estado fisiológico, temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e  
13 radiação solar (NRC, 1981). A susceptibilidade dos bovinos ao estresse calórico aumenta à  
14 medida que o binômio umidade relativa e temperatura ambiente ultrapassa a zona de conforto  
15 térmico, o que dificulta a dissipação de calor que, por sua vez, aumenta a temperatura corporal,  
16 com efeito negativo sobre o desempenho (FERREIRA, 2006). Fora da zona de conforto térmico  
17 os animais têm dificuldade de manter a temperatura corporal constante, e lançam de  
18 mecanismos comportamentais e fisiológicos (AZEVEDO et al., 2009; SOUZA et al., 2007).  
19 Nesse sentido, o estresse calórico, tanto diretamente (mediado pela hipertermia) e indiretamente  
20 (mediado pela ingestão reduzida de nutrientes e mudanças de comportamento), podem afetar o  
21 comportamento dos animais e as variáveis fisiológicas que podem prejudicar a produção de  
22 leite e carne e torna o animal mais suscetível às doenças. O melhor conhecimento da relação  
23 funcional entre os animais e seu ambiente e dos mecanismos fisiológicos de aclimação aos  
24 estressores ambientais pode contribuir para a adoção de procedimentos que melhorem o bem-  
25 estar e eficiência da produção e reprodução (BERNABUCCI, 2010).

26 Os animais taurinos são menos adaptados às condições climáticas do Brasil, sendo  
27 menos tolerantes a climas tropicais e subtropicais, se comparados a animais zebuínos que são  
28 mais tolerantes a ambientes quentes (TURNER, 1984). O estresse calórico promove alterações  
29 na homeostase e tem sido quantificado mediante mensuração de variáveis fisiológicas tais  
30 como, temperatura retal, frequência respiratória e concentrações hormonais (NARDONE,  
31 1998). A preocupação com as perdas de desempenho de bovinos de corte devido as altas  
32 temperaturas é justificável, pois é um dos principais fatores limitantes da eficiência produtiva

33 das criações de animais de origem europeia nas regiões quentes do planeta. A criação de  
34 bovinos no Brasil é predominantemente feita a pasto, onde os animais sofrem ação direta dos  
35 fatores climáticos. Fatores estes de difícil controle diante dos altos custos frente a imensidão  
36 das pastagens.

37 Ambos, genética e ambiente, são importantes na expressão da maioria das características  
38 econômicas em bovinos de corte, e uma questão básica no melhoramento genético animal é se  
39 a seleção dos animais praticada em determinado ambiente resulta em progresso genético em  
40 outro tipo de ambiente. A interação genótipo x ambiente é de especial interesse quando  
41 genótipos superiores em determinado ambiente podem não o ser em ambiente diferente. Essa  
42 interação pode também provocar alterações nas variações genéticas, fenotípicas e ambientais e,  
43 por conseguinte, resultar em mudanças nas estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos,  
44 implicando na possibilidade de mudanças nos critérios de seleção, dependendo do ambiente  
45 (ALENCAR et al., 2005).

46 Cezar et al. (2004) afirmaram que entre a alternativa de adequar as condições ambientais  
47 aos animais e a de selecionar animais capazes de produzir satisfatoriamente em ambientes  
48 adversos, essa última parece ser a solução mais prática para o momento. Portanto, a  
49 identificação de animais geneticamente tolerantes ao calor dentro das raças de alta produção  
50 pode ser útil a longo prazo se esses animais forem capazes de manter alta produtividade e  
51 sobrevivência quando expostos a condições adversas (GAUGHAN et al., 2009). Assim, o  
52 objetivo com a realização do presente estudo foi determinar o período de dias de estresse  
53 térmico mais associado a prejuízos para o peso ao nascimento (PN) e estimar componentes de  
54 (co)variância e parâmetros genéticos relacionados à tolerância ao estresse térmico do PN de  
55 bovinos de corte compostos.

56

## 57 **2 REVISÃO DE LITERATURA**

58 A interação animal e ambiente deve ser considerada quando se busca maior eficiência  
59 na exploração pecuária, pois as diferentes respostas do animal às peculiaridades de cada região  
60 são determinantes no sucesso da atividade. Assim, a correta identificação dos fatores que  
61 influem na vida produtiva do animal, como o estresse imposto pelas flutuações estacionais do  
62 meio ambiente, permite ajustes nas práticas de manejo dos sistemas de produção, possibilitando  
63 oferecer sustentabilidade e viabilidade econômica. Dessa forma, o conhecimento das variáveis

64 climáticas, sua interação com os animais e as respostas comportamentais, fisiológicas e  
65 produtivas são preponderantes na adequação do sistema de produção aos objetivos da atividade  
66 (NEIVA et al., 2004).

67 Dependendo da localização, as mudanças climáticas podem melhorar o meio ambiente  
68 local ou ter grandes impactos negativos. Para tirar proveito das mudanças positivas ou reduzir  
69 o impacto das mudanças negativas, os produtores precisarão se adaptar. A genética aprimorada  
70 (incluindo adequação ao meio ambiente) e gerenciamento adequado podem percorrer um longo  
71 caminho para tirar vantagem das mudanças ou minimizar o impacto (GAUGHAN et al., 2009).

72 As variáveis climáticas consideradas importantes e que tem relação com o conforto  
73 térmico dos bovinos são a temperatura do ar, radiação solar e velocidade do vento. As mudanças  
74 dessas variáveis em diferentes regiões podem afetar diretamente o desempenho e a reprodução,  
75 podendo ameaçar a sustentabilidade dos sistemas de produção de gado de corte (GAUGHAN  
76 et al., 2009).

77 Em países do hemisfério sul, os bovinos de corte são geralmente criados ao ar livre com  
78 a consequente exposição às condições naturais. O gado de corte é particularmente vulnerável  
79 não apenas a condições ambientais extremas, mas também a mudanças rápidas nessas  
80 condições. Em particular, os bovinos mais gordos (a gordura sob a pele fornece uma camada  
81 de isolamento que retém o calor dentro do animal), os bovinos com uma pelagem mais pesada  
82 (mais isolamento) e os animais com pelos mais escuros (bovinos pretos e vermelhos escuros)  
83 são mais sensíveis ao calor (NARDONE et al., 2010).

84 Apesar da grande capacidade dos mamíferos em manter sua temperatura estável, há  
85 situações em que a perda de calor não ocorre de maneira satisfatória, ocasionando a ação de  
86 outros mecanismos para que a dissipação desse calor aconteça. Isso pode ocorrer caso as  
87 condições do ambiente não forneçam alternativas eficientes para trocas térmicas, exigindo um  
88 esforço cada vez maior por parte do animal. O aumento excessivo da temperatura corporal  
89 devido às condições ambientais adversas, como no caso de climas tropicais e subtropicais, pode  
90 ocasionar um aumento da frequência respiratória que, por consequência, libera mais calor nos  
91 tecidos, elevando a temperatura interna (TITTO, 1998).

92 O estresse calórico é um dos principais fatores de perdas na produção e desenvolvimento  
93 animal, pois a ausência de conforto térmico exige que o animal procure formas de perder calor  
94 como através do aumento da frequência respiratória e da sudorese. Esta primeira provoca uma

95 perda grande de energia e uma diminuição no consumo de alimentos e a consequência é a perda  
96 de desempenho. A maioria dos estudos com esse enfoque é realizada com animais em sistemas  
97 intensivos. Por este motivo, existe pouca discussão na literatura sobre o uso de recursos que  
98 promovam o bem-estar de animais criados a pasto (TITTO, 2006).

99       Nos ruminantes criados em regiões tropicais, o mecanismo de termólise considerado  
100 mais eficaz é o evaporativo, uma vez que nesses ambientes a temperatura do ar tende a ser  
101 próxima à da superfície cutânea, neutralizando as trocas térmicas por condução e convecção  
102 (DE SOUZA JUNIOR et al., 2011). Quando o microambiente de um animal se aventura fora de  
103 sua zona termoneutra, uma parte da energia metabolizável normalmente usada para produção  
104 deve ser desviada para garantir o equilíbrio térmico (COLLIER et al., 2005).

105       A identificação precisa de ruminantes estressados pelo calor e a compreensão do(s)  
106 mecanismo(s) biológico(s) pelo qual o estresse térmico reduz a síntese de leite, o crescimento  
107 e os índices reprodutivos são fundamentais para o desenvolvimento de novas abordagens (ou  
108 seja, genética, gerencial e nutricional) para manter a produção ou minimizar a redução durante  
109 o verão estressante. Existem diferenças genéticas dentro dos ruminantes no que diz respeito às  
110 adaptações ao estresse térmico e estas podem fornecer pistas ou ferramentas para selecionar  
111 animais produtivos e termotolerantes (BERNABUCCI et al., 2010). A identificação de animais  
112 mais robustos ou mais sensíveis ao estresse térmico é possível tanto em cruzamentos *Bos*  
113 *indicus* X *Bos taurus* e em *Bos indicus* e deve ser motivo de preocupação para os criadores. Em  
114 geral, os animais *Bos indicus* exibiram menor sensibilidade ambiental do que os cruzamentos  
115 *Bos taurus* X *Bos indicus* (SANTANA et al. 2016).

116       O impacto climático desafiador em termos de aumento de índice de temperatura e  
117 umidade médio e número de dias de estresse térmico dos períodos antes do parto (estresse  
118 climático no útero) e pós-parto contribuiu para um aumento das variâncias genéticas aditivas e  
119 herdabilidades de todas as características (peso ao nascimento, ganho de peso do nascimento a  
120 desmama e ganho de peso da desmama ao ano) de bovinos de corte duplo-propósito (HALLI et  
121 al., 2021). Este foi o caso especialmente para condições de estresse térmico, e parcialmente  
122 observado para ambientes de estresse frio. Portanto, devido às diferenças de herdabilidades, a  
123 resposta à seleção em características de bovinos de corte pode ser modificada quando as mães  
124 sofrem estresse térmico durante o final da gestação ou quando os bezerros sofrem estresse  
125 térmico após o nascimento, indicando uma diferenciação genética pronunciada em ambientes  
126 desafiadores (HALLI et al., 2021).

### 127 3 MATERIAL E MÉTODOS

128 Foram utilizados no presente estudo 157.414 fenótipos de peso ao nascimento (PN) de  
129 bovinos de corte composto tropical distribuídos em 2.402 GC, filhos de 1.418 touros e 86.722  
130 vacas nascidos em 41 fazendas, situadas em Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso  
131 do Sul, Pará, Rio Grande do Sul e São Paulo. O pedigree incluiu 345.607 animais. Foi realizado  
132 controle de qualidade dos dados, em que foram eliminadas observações que estavam acima ou  
133 abaixo de 3,5 desvios-padrão da média do respectivo grupo de contemporâneos (GC),  
134 observações oriundas de GC com menos de 10 animais e aquelas obtidas de filhos de  
135 reprodutores múltiplos. Em geral, as matrizes em gestação foram mantidas em fazendas com  
136 pastos de *Brachiaria brizantha*, com fornecimento de suplementos minerais e algumas fazendas  
137 também forneceram suplementos proteicos. Os animais pesaram em média 33,55 kg (desvio  
138 padrão de 4,95 kg) ao nascimento. Na Tabela 1 foi mostrado um resumo dos dados.  
139

Tabela 1-Estatísticas descritivas dos dados de bovinos de corte compostos

Item	Estatísticas
Animais no pedigree, n°	345.607
Animais com fenótipos, n°	157.414
Touros com fenótipos de progênie, n°	1.418
Vacas com fenótipos de progênie, n°	86.722
Número médio de progênies com fenótipo por touro	111,01
Número médio de progênies com fenótipo por vaca	1,82
Média da característica (desvio padrão)	33,55 (4,95)
Grupo de contemporâneos (GC), n°	2.402
Número médio de animais por GC	65,53
Municípios, n°	31
Estações meteorológicas (EM), n°	19
Distância média entre as fazendas e a EM (km)	84,84

140 n°= número

141

142 O descritor ambiental adotado neste estudo foi o índice de temperatura e umidade (ITU):

$$143 \text{ ITU} = (1,8 \times T + 32) - (0,55 - 0,0055 \times \text{UR}) \times (1,8 \times T - 26),$$

144 em que, T é a temperatura de bulbo seco em graus Celsius e UR é a umidade relativa do ar em  
145 porcentagem (NRC, 1971). As informações climáticas foram obtidas de estações  
146 meteorológicas brasileiras oficiais (INMET/BDMEP) localizadas mais próximas das fazendas.

147 Para determinar o período de dias de estresse térmico ao final da gestação que exerceu  
148 maior influência sobre o PN, foram calculados os ITUg médios sobre os períodos de 90, 80, 70,

149 60, 50, 40 e 30 dias antes do parto. Foram aplicados aos dados sete modelos fixos que incluíram  
150 o efeito de grupo de contemporâneos (fazenda, safra, grupo de manejo), sexo, composição racial  
151 do bezerro e da mãe, heterozigose direta e materna, idade da vaca ao parto (efeito linear e  
152 quadrático). Cada um dos modelos adotados incluiu uma das variáveis de ITUg médio  
153 correspondente a cada um dos períodos de dias antes do parto especificados acima. O  
154 coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de cada modelo foi considerado como critério de escolha.  
155 Foram obtidas médias de mínimos quadrados do PN sobre os ITUg (Figura 1).

156 Posteriormente, um modelo de norma de reação foi aplicado aos dados considerando os  
157 efeitos genéticos aditivos direto e materno (regredidos sobre o ITUg escolhido na etapa anterior  
158 do estudo), ambiente permanente materno, GC (fazenda, safra, grupo de manejo, mês do  
159 nascimento), sexo, as covariáveis lineares ITUg, composição racial do animal e da mãe,  
160 heterosigose direta e materna, além do resíduo. Os componentes de (co)variância foram  
161 estimados por meio do programa GIBBS3F90 (MISZTAL et al., 2002) assumindo variância  
162 residual heterogênea de acordo com as seguintes classes de valores de ITUg:  $ITUg \leq 62$ ,  $62 <$   
163  $ITUg \leq 72$  e  $ITUg > 72$ .

164

#### 165 **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

166 O comportamento do PN apresentou tendência de redução mais evidente em função do  
167 ITUg calculado sobre o período de 40 dias antes do parto (Figura 1), onde o modelo fixo  
168 apresentou maior  $R^2$  (Tabela 2), demonstrando assim superioridade em termos de qualidade de  
169 ajuste aos dados. Portanto, o ITUg médio dos últimos 40 dias de gestação foi utilizado no  
170 modelo de norma de reação para estimação de componentes de variância e parâmetros  
171 genéticos.

172

173 **Tabela 2.** Equação de regressão e respectivo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) do modelo para  
174 análise do peso ao nascimento (PN) em função do índice de temperatura e umidade (ITUg)  
175 médio sobre o período de 90, 80, 70, 60, 50, 40 e 30 dias antes do parto de bovinos de corte  
176 compostos.



ITUg	Equação de regressão	R <sup>2</sup>
30	PN = -0,0446*ITU + 37,05	0,764
40	<b>PN = -0,0565*ITU + 37,86</b>	<b>0,822</b>
50	PN = -0,0272*ITU + 35,722	0,445
60	PN = -0,0022*ITU + 33,888	0,003
70	PN = -0,0112*ITU + 34,485	0,072
80	PN = 0,0102*ITU + 32,952	0,055
90	PN = 0,0032*ITU + 33,432	0,006

177

178

179

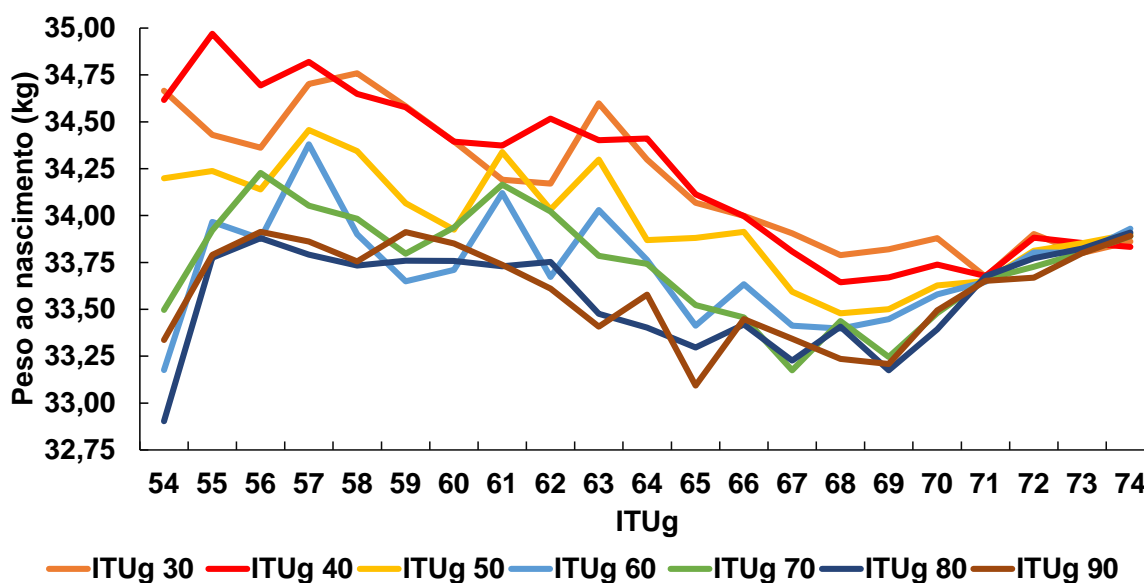
180

181

182

183

Baseado nos resultados do modelo fixo que incluiu o ITUg dos últimos 40 dias de gestação, foi estimada uma redução de 0,0565 kg no PN para cada unidade de acréscimo no ITUg. É esperado que, em média, bezerros submetidos a ITU = 74 sejam 1,130 kg mais leves ao nascimento do que aqueles que foram expostos a ITU = 54, como mostrado na Figura 1.



184

185

186

187

188

189

190

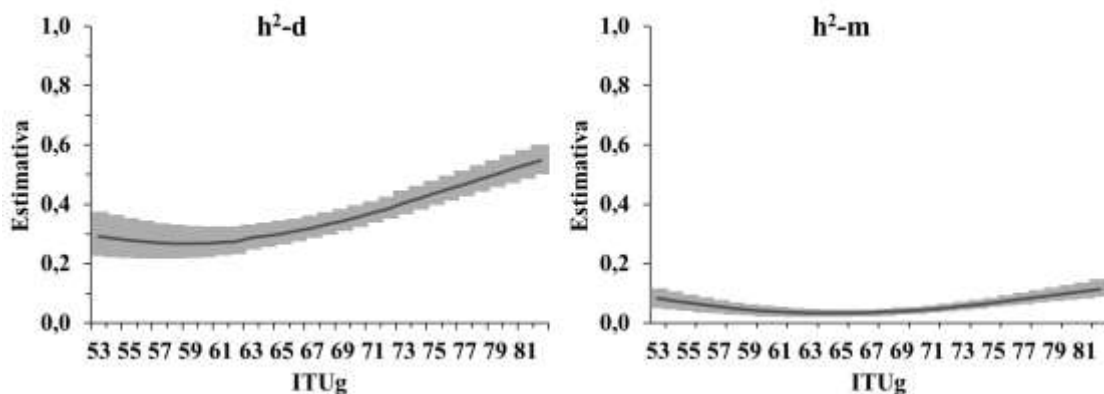
**Figura 1-** Médias de mínimos quadrados para o peso ao nascimento (PN) de bovinos compostos em função do índice de temperatura e umidade (ITUg) médio sobre o período de 40 dias antes do parto

Bauman e Currie (1980), em estudo sobre a partição de nutrientes durante a gestação, afirmaram que nos últimos dois meses de gestação de bovinos, o feto cresce rapidamente,

191 representando cerca de 60% do peso total do corpo fetal ao nascimento. A redução do PN em  
192 função do estresse térmico está associado à redução do período de gestação (FABRIS et al.,  
193 2019), redução do consumo de alimento e disponibilidade de nutrientes para o feto (OUELLET  
194 et al., 2020) e prejuízo para o desenvolvimento placentário (THORN et al., 2009).

195 As estimativas dos componentes de (co)variância e parâmetros genéticos relacionados  
196 à tolerância ao estresse térmico do PN sofreram influência do estresse térmico gestacional. As  
197 estimativas de herdabilidade direta e materna variaram consideravelmente ao longo a escala de  
198 valores de ITUg, como apresentado na Figura 2. As médias da estimativa de herdabilidade do  
199 efeito direto para PN variaram de 0,29 no ITUg 53 decrescendo até o ITUg 59, com estimativa  
200 de 0,27 e apresentando tendência de aumento até o ITUg 81 (0,53). Para as médias das  
201 estimativas de herdabilidade do efeito materno para PN foi observado o mesmo comportamento  
202 do efeito direto, porém com estimativas mais baixas, variando de 0,08 no ITUg 53, decrescendo  
203 até o ITUg 65 (0,03) e apresentando tendência de acréscimo até o ITUg 81 (0,11). Neste sentido,  
204 é esperado que a resposta da característica avaliada seja diferente dependendo do nível de  
205 estresse térmico sofrido pela vaca e o feto durante o período final da gestação. Foram  
206 observados intervalos de credibilidade mais amplos para para herdabilidade direta e materna  
207 em valores extremos de ITUg, onde justamente exitiu menor número de animais com registro  
208 de PN.

209



210

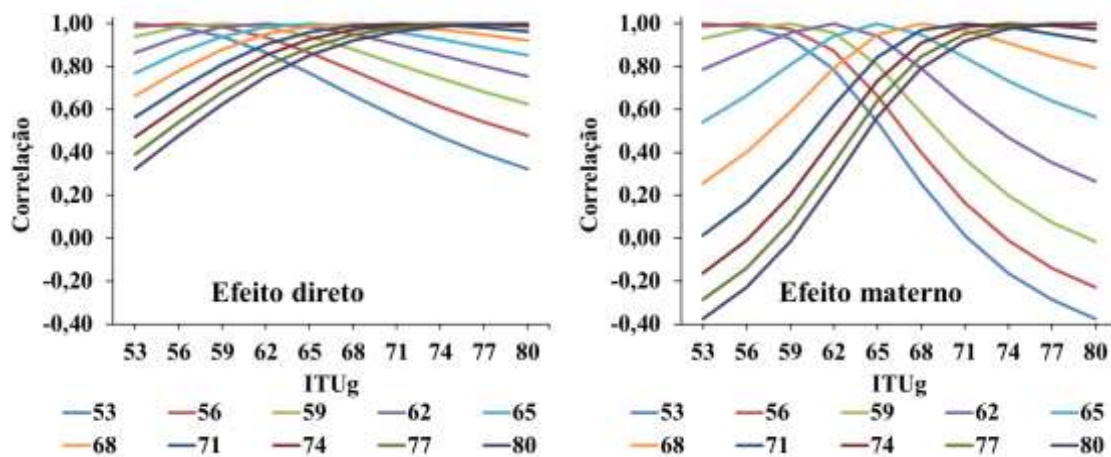
211 **Figura 2.** Estimativas de herdabilidade direta ( $h^2$ -d) (a esquerda) e materna ( $h^2$ -m) (a direita)  
212 para o peso ao nascimento de bovinos de corte compostos em função do índice de temperatura  
213 e umidade (ITUg) médio dos últimos 40 dias de gestação dos animais

214

215 Halli et al. (2021) em estudo avaliando o efeito do estresse térmico sobre o PN em bovinos  
216 de duplo proposito da raça “Rotes Höhenvieh” na Alemanha, encontraram valores de  
217 herdabilidade (0,42 a 0,58) que foram ligeiramente acima do intervalo encontrado neste estudo.  
218 Santana et al. (2016) também observaram mudanças nas estimativas de herdabilidade causadas  
219 pela mudança de ambiente térmico para o peso a desmama de rebanhos Nelore, Brangus e  
220 Composto Tropical. Assim, mostrando como o ambiente em que os rebanhos estão inseridos  
221 pode influenciar na estimativa de herdabilidade e alterar os resultados esperados no processo  
222 de seleção.

223 As estimativas de correlação genética para o efeito direto e materno do PN alcançaram  
224 valores elevados entre ITUg’s próximos (0,99) e foram reduzidas consideravelmente entre  
225 ITUg’s distantes (0,32) (Figura 2). Bradford et al. (2016) e Halli et al. (2021) observaram da  
226 mesma forma valores de correlações elevados em ambientes próximos e valores reduzidos em  
227 ambientes contrastantes.

228

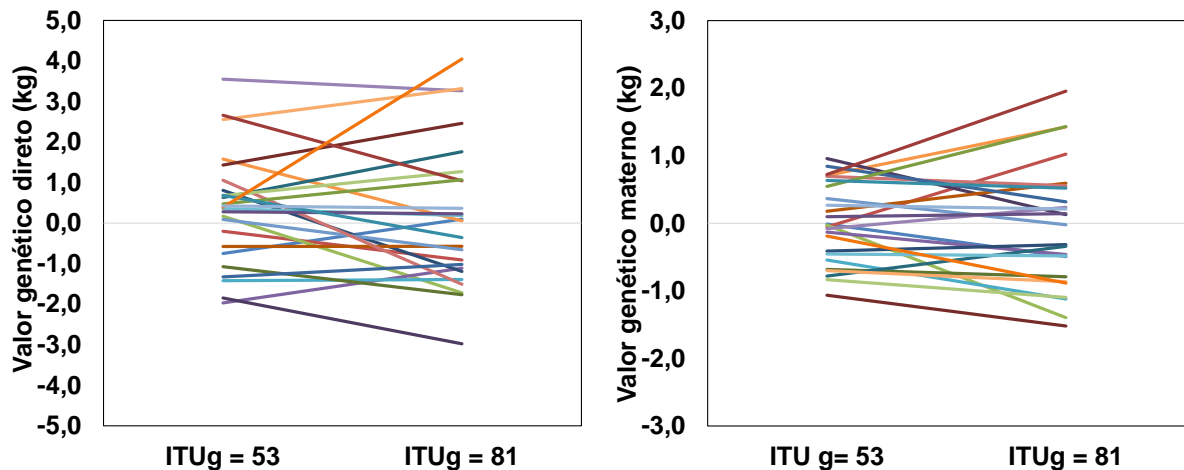


229

230 **Figura 2.** Correlação genética para efeitos direto e materno do peso ao nascimento entre  
231 diferentes valores de índice de temperatura e umidade (ITUg) médio dos últimos 40 dias de  
232 gestação (ITUg).

233 Esses resultados indicam que uma pequena parte dos mesmos genes são responsáveis pelo  
234 PN em condições contrastantes de ambiente térmico durante o período final de gestação de  
235 bovinos de corte compostos, demonstrando que a seleção para PN em um ambiente térmico não  
236 terá a mesma resposta em ambientes térmicos diferentes e podendo ainda ser consideradas  
237 características diferentes em ambientes opostos.

238 O valor genético aditivo dos 25 touros mais utilizados (maior número de progênes) na  
239 população foi apresentado na Figura 3. É possível observar que o valor genético dos touros  
240 sofreu alteração com a mudança do ambiente térmico, demonstrando a sensibilidade do valor  
241 genético dos animais para PN. Halli et al. (2021), Santana et al. (2016) e Bradford et al. (2016)  
242 também reportaram a alteração do valor genético dos animais em ambientes térmicos diferentes,  
243 em estudos com bovinos na Alemanha, Brasil e Estados Unidos, respectivamente.



244

245 **Figura 3.** Estimativas de valores dos efeitos genéticos diretos (esquerda) e maternos (direita)  
246 de acordo com o índice de temperatura e umidade (ITUg) médio dos últimos 40 dias de gestação  
247 (ITUg) para 25 touros com mais progênes na população para o peso ao nascimento.

248

249 A condição térmica durante períodos críticos do desenvolvimento dos animais, como a  
250 gestação, pode ser considerada uma importante fonte de interação genótipo x ambiente para o  
251 desempenho de bovinos de corte compostos. Segundo Falconer (1990), a variação na inclinação  
252 da norma de reação está relacionada diretamente à interação entre o genótipo e o ambiente,  
253 refletindo assim a sensibilidade ambiental. Este resultado de alteração do valor genético de  
254 touros mostra que a interação genótipo x ambiente é uma importante fonte de variação a ser  
255 considerada nos programas de melhoramento animal.

256

## 257 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

258 O ITU médio de 40 dias antes do parto exerceu influenciou consideravelmente o PN de  
259 bovinos de corte compostos. O PN de bezerros que sofreram estresse térmico durante o final da

260 gestação foi reduzido, em média, em até 1,13 kg em relação a bezerros que não sofreram  
261 estresse neste período. O ambiente térmico pode ter forte influência sobre as estimativas de  
262 parâmetros genéticos, afetando a expressão do genótipo da característica estudada e  
263 possivelmente de características mensuradas posteriormente na vida dos animais. Em ambientes  
264 térmicos diferentes, o PN pode ser considerado como uma característica distinta, pois os genes  
265 que influenciam a expressão dessa característica em um determinado ambiente (frio), não  
266 necessariamente influenciam em outro (quente). Assim, o efeito da interação genótipo x  
267 ambiente térmico durante o final da gestação deve ser considerada apropriadamente nas  
268 avaliações genéticas de bovinos de corte compostos.

269

## 270 **6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

271 ALENCAR, M. M.; MASCIOLI, A. S. & FREITAS, A. R. Evidências de interação genótipo x  
272 ambiente sobre características de crescimento em bovinos de corte. **Revista Brasileira de**  
273 **Zootecnia**, v. 34, n. 2, p. 489-495, 2005.

274 AZEVÊDO, D. M. M. R.; ALVES, A. A. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos**  
275 **leiteiros nos trópicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009.

276 BAUMAN, D. E. & CURRIE, W. B. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation:  
277 a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. **Journal of dairy science**, v.  
278 63, n. 9, p. 1514-1529, 1980.

279 BERNABUCCI, U., LACETERA, N., BAUMGARD, L. H., RHOADS, R. P., RONCHI, B., &  
280 NARDONE, A. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated  
281 ruminants. **Animal**, v. 4, n. 7, p. 1167-1183, 2010.

282 BRADFORD, H. L., FRAGOMENI, B. O., BERTRAND, J. K., LOURENCO, D. A. L., &  
283 MISZTAL, I. Genetic evaluations for growth heat tolerance in Angus cattle. **Journal of animal**  
284 **science**, v. 94, n. 10, p. 4143-4150, 2016.

285 COLLIER, R. J., BAUMGARD, L. H., LOCK, A. L., & BAUMAN, D. E. Physiological  
286 limitations, nutrient partitioning. **Yield of farmed species. Constraints and opportunities in**  
287 **the 21st Century** (ed. R Sylvester-Bradley and J Wiseman), p. 351-377, 2005.

288 DE SOUSA JÚNIOR, S. C., MORAIS, D. A. E. F., DE VASCONCELOS, Â. M., NERY, K.  
289 M., MORAIS, J. H. G., & GUILHERMINO, M. M. Características termorreguladoras de  
290 caprinos, ovinos e bovinos em diferentes épocas do ano em Região Semi-Árida. In: **Embrapa**  
291 **Caprinos e Ovinos-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. Revista Científica de Produção  
292 Animal, v. 10, n. 2, p. 127-137, 2008., 2011.

293 FALCONER D.S. Selection in different environments: effects on environmental sensitivity  
294 (reaction norm) and on mean performance. **Genetical Research**, v. 56, p.57-70, 1990.

295 FABRIS, T. F., LAPORTA, J., SKIBIEL, A. L., CORRA, F. N., SENN, B. D.,  
296 WOHLGEMUTH, S. E., & DAHL, G. E. Effect of heat stress during early, late, and entire dry  
297 period on dairy cattle. **Journal of dairy science**, v. 102, n. 6, p. 5647-5656, 2019.

298 FERREIRA, F., PIRES, M. F. A., MARTINEZ, M. L., COELHO, S. G., CARVALHO, A. U.,  
299 FERREIRA, P. M., FACURY FILHO, E. J. & CAMPOS, W. E. Parâmetros fisiológicos de  
300 bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina**  
301 **Veterinária e Zootecnia**, v. 58, p. 732-738, 2006.

302 GAUGHAN, J. B., MADER, T. L., HOLT, S. M., SULLIVAN, M. L., & HAHN, G. L.  
303 Assessing the heat tolerance of 17 beef cattle genotypes. **International Journal of**  
304 **Biometeorology**, v. 54, n. 6, p. 617-627, 2010

305 HALLI, K., BRÜGEMANN, K., BOHLOULI, M., YIN, T., & KÖNIG, S. Heat stress during  
306 late pregnancy and postpartum influences genetic parameter estimates for birth weight and  
307 weight gain in dual-purpose cattle offspring generations. **Journal of Animal Science**, v.99, n.  
308 5, p. skab106, 2021.

309 JORGE, W. A genômica bovina-origem e evolução de taurinos e zebuínos. **Vet. e Zootec**, v.  
310 20, n. 2, p. 217-237, 2013.

311 MARCHEZAN, W. M. Estresse térmico em bovinos leiteiros. 2013.

312 MISZTAL I., TSURUTA S., STRABEL T., AUVRAY B., DRUET T., LEE D.H. Blupf90 and  
313 related programs (BGF90). **In Proceedings of the 7th World Congress on Genetics applied**  
314 **to Livestock Production**, Montpellier, France. 2002.

315 NARDONE, A. The thermoregulatory capacity among selection objectives in dairy cattle bred  
316 in hot environment. **Zootecnica e Nutrizione Animale (Italy)**, 1998.

317 NARDONE, A., RONCHI, B., LACETERA, N., RANIERI M.S., e BERNABUCCI, U. Effects  
318 of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock*  
319 *Science*, v. 130, p. 57–69. 2010.

320 NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). A Guide to environmental research on animals.  
321 Washington: **National Academy of Science**, p. 374. 1971.

322 NATIONAL RESEARCH COUNCIL et al. **Effect of environment on nutrient requirements**  
323 **of domestic animals**. National Academies Press, 1981.

324 NEIVA, J. N. M., TEIXEIRA, M., TURCO, H. N., OLIVEIRA, S. M. P. D., & MOURA, A.  
325 D. A. A. N. Efeito do estresse climático sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos  
326 Santa Inês mantidos em confinamento na região litorânea do nordeste do Brasil. **Revista**  
327 **Brasileira de Zootecnia**, v. 33(3), p. 668-678, 2004.

328 OUELLET, V.; LAPORTA, J.; DAHL, G. E. Late gestation heat stress in dairy cows: Effects  
329 on dam and daughter. **Theriogenology**, v. 150, p. 471-479, 2020.

330 SANTANA JR, M. L., BIGNARDI, A. B., ELER, J. P., & FERRAZ, J. B. S. Genetic variation  
331 of the weaning weight of beef cattle as a function of accumulated heat stress. **Journal of**  
332 **Animal Breeding and Genetics**, 133, n. 2, p. 92-104. 2016

333 SOUZA, B. B. D.; SILVA, R. M. N. D.; MARINHO, M. L.; SILVA, G. D. A.; SILVA, E. M.  
334 N. D. e SOUZA, A. P. D. Parâmetros fisiológicos e índice de tolerância ao calor de bovinos da  
335 raça Sindi no semi-árido paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 883-888, 2007.

336 THORN, S. R., REGNAULT, T. R. H., BROWN, L. D., ROZANCE, P. J., KENG, J., ROPER,  
337 M., WILKENING, R. B., HAY Jr, W.W., & FRIEDMAN, J. E. Intrauterine growth restriction  
338 increases fetal hepatic gluconeogenic capacity and reduces messenger ribonucleic acid  
339 translation initiation and nutrient sensing in fetal liver and skeletal muscle. **Endocrinology**, v.  
340 150, n. 7, p. 3021-3030, 2009.

341 TITTO, E. A. L. Clima: Influência na produção de leite. **Simpósio Brasileiro de Ambiência**  
342 **na Produção de Leite**, v. 1, p. 10-23, 1998.

343 TITTO, C. G. **Comportamento de touros da raça Simental à pasto com recurso de sombra**  
344 **e tolerância ao calor**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

345 TURNER, H. G. Variation in rectal temperature of cattle in a tropical environment and its  
346 relation to growth rate. **Animal Science**, v. 38, n. 3, p. 417-427, 1984.