

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**ESTRESSE TÉRMICO NA PRODUÇÃO DE LEITE DE BOVINOS LEITEIROS
DA RAÇA GIROLANDO UTILIZANDO MODELO DE REGRESSÃO
ALEATÓRIA**

MAÍZA SCHELESKI DA ROSA

Zootecnista / IF Farroupilha

Dissertação apresentada como um dos requisitos à obtenção do grau de
mestre em Zootecnia

Área de concentração Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil
Março, 2019

CIP - Catalogação na Publicação

Scheleski da Rosa, Maíza
ESTRESSE TÉRMICO NA PRODUÇÃO DE LEITE DE BOVINOS
LEITEIROS DA RAÇA GIROLANDO UTILIZANDO MODELO DE
REGRESSÃO ALEATÓRIA / Maíza Scheleski da Rosa. --
2019.
61 f.
Orientador: Jaime Araújo Cobuci.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2019.

1. Adaptação. 2. Cruzamento. 3. ITU. 4. Variáveis
ambientais. 5. Bovinos de leite. I. Araújo Cobuci,
Jaime, orient. II. Título.

Maiza Scheleski da Rosa
Zootecnista

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRE EM ZOOTECNIA

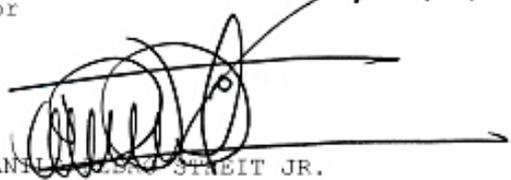
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

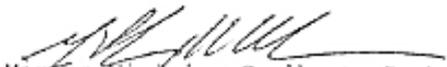
Aprovada em: 28/03/2019
Pela Banca Examinadora

Homologado em:
Por

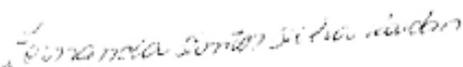
05/06/2019

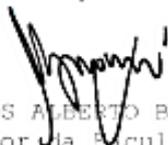

JAIME ARAUJO COBUCI
PPG Zootecnia/UFRGS
Orientador


DANILO CESAR STREIT JR.
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia


Marcos Vinicius Gualberto Barbosa da Silva
EMBRAPA


Márcio Luiz Santana Júnior
UEMT


Fernanda Santos Silva Raidan
Commonwealth Scientific and
Industrial Research Organisation
(CSIRO)


CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de Agronomia

***“Não é o mais forte que sobrevive, nem o
mais inteligente, mas o que melhor
se adapta às mudanças.”***

Charles Darwin

Aos meus pais, Sônia e Vanderson

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado a oportunidade de viver, por ter colocado pessoas maravilhosas em minha vida as quais foram essenciais na concretização deste trabalho, agradeço:

- Aos meus pais, Sônia Regina Scheleski e Vanderson Paz Da Rosa, por todo amor, carinho, e atenção a mim dedicados, duas pessoas as quais eu mais admiro e tomo como exemplos de vida;

- A minha irmã, Izabella Scheleski Dos Santos, por todo o amor e lealdade;

- Ao meu namorado Yago Machado Da Rosa, pelo incentivo de sempre, companheirismo, compreensão, pelo apoio em minhas decisões, pelo mate no fim da tarde, muito obrigada por todo o costado que vens me dado;

- Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFRGS, pelas oportunidades e por ter me recebido de braços abertos;

- Ao CNPq pela concessão da bolsa;

- A Embrapa e Associação Brasileira dos criadores de Girolando por me ceder os dados;

- Ao meu orientado Jaime Araújo Cobuci, pelo tempo e paciência dedicados a mim, ao seu conhecimento compartilhado, orientações e conselhos;

- Aos demais professores e funcionários da UFRGS, por contribuírem de uma forma ou de outra na conquista desse título, em especial a Dona Silvana e a Dona Rosinha, por nos receberem todas as manhãs com um sorriso no rosto e um bom dia caloroso;

- Aos colegas Juliana Dementshuk, Giovani Feltes e Renata Negri, por toda ajuda e ensinamento;

- Aos demais colegas do grupo MegaGen, por todos os momentos juntos, pelas horas de estudos, pelas conversas acadêmicas e não acadêmicas

- As grandes amizades que fiz durante o mestrado, agradeço o companheirismo, a lealdade e aos momentos de descontração;

Enfim a todos àqueles que fazem ou que já fizeram parte da minha vida e que são essenciais para eu me tornar a cada dia, pessoalmente e profissionalmente, um ser humano melhor.

MUITO OBRIGADA!

ESTRESSE TÉRMICO NA PRODUÇÃO DE LEITE DE BOVINOS LEITEIROS DA RAÇA GIROLANDO UTILIZANDO MODELO DE REGRESSÃO ALEATÓRIA

Autor: Maíza Scheleski da Rosa
Orientador: Jaime Araújo Cobuci

RESUMO O efeito do estresse térmico é de suma importância para a produção de leite em países como o Brasil, o qual tem predominância de clima temperado juntamente com altos Índices de temperatura e umidade durante o ano, além disso a raça Girolando, por ser a mais criada no país, tem grande relevância na pecuária leiteira. Contudo, são poucas as pesquisas que avaliam o efeito do estresse térmico nos componentes genéticos dos diferentes grupos genéticos da raça Girolando. Um estudo foi realizado com o objetivo de investigar o efeito do estresse térmico, assim como os componentes genéticos que influenciam na tolerância ao estresse térmico, nas curvas de lactação de diferentes grupos genéticos de vacas da raça Girolando. Um total de 50.196 registros de produção de leite, datados de 2001 a 2015, referente a 7.126 vacas de primeira lactação, pertencentes a sete grupos genéticos da raça Girolando (1/4H, 3/8H, 1/2H, 5/8H, 3/4H, 7/8H Holandês-Gir e o puro sintético), foram analisados. Dois modelos (M1 e M2) foram utilizados de modo a demonstrar a importância da inclusão do grupo genético como efeito fixo. Na estimação dos componentes de variância e de parâmetros genéticos, foi utilizado o método de Máxima Verossimilhança Restrita (REML), através do software REMLF90. Não foi possível constatar um limiar de estresse térmico. Perdas significativas foram observadas no início da lactação (-0,03 a -0,05 kg/dia/ITU), sendo que apenas para os grupos genéticos 1/2H e 7/8H foi possível observar perdas significativas na produção de leite. O modelo de melhor ajuste foi o M2 e as herdabilidades, variâncias genética aditiva e de efeito permanente calculadas por ele para produção de leite variaram de 0,18 a 0,20; 4,13 a 3,74 e de 11,34 a 7,53, respectivamente. Diferença entre os méritos genéticos dos grupos foi constatada, assim como uma tendência de maiores valores genéticos juntamente com maiores valores de ITU. A raça Girolando tem sua produção de leite afetada pelos valores de ITU, e seus grupos genéticos são afetados em diferentes intensidades pelo estresse térmico, possibilitando assim a seleção de animais mais tolerantes para essa variável.

Palavras chave: adaptação, cruzamento, ITU, variáveis ambientais e bovinos de leite.

¹Dissertação de mestrado em Zootecnia - Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (61 p.) Março, 2019

THERMAL STRESS IN MILK PRODUCTION OF DAIRY CATTLE OF THE GIROLANDO RACE USING RANDOM REGRESSION MODEL¹

Author: Maíza Scheleski da Rosa

Adviser: Jaime Araújo Cobuci

ABSTRACT: The knowledge about the effects of thermal stress is important for dairy farming in countries such as Brazil, where the predominant climate is temperate with high temperature-humidity indexes (THI) during the year. Even though being the most numerous dairy breed, the genetic aspects of thermal stress in the different genetic groups of the Girolando cattle is not widely studied. This study aimed to investigate the effect of thermal stress and the genetic components the influence thermal stress in the lactation curves of different genetic groups of Girolando cows. A total of 50,196 milk production records, recorded between 2001 and 2015, correspondent to 7,126 first lactations cows belonging to seven genetic groups (1/4H, 3/8H, 1/2H, 5/8H, 3/4H, 7/8H Hostein-Gyr and the pure synthetic) were analyzed. Two models were tested (M1 and M2) with the second including the genetic group as a fixed effect. The genetic parameters were estimated through the method of Restricted Maximum Likelihood (REML) using the software REMLF90. The threshold of thermal stress was not found. Significant losses in milk production were observed in the beginning of lactations (-0,03 a -0,05 kg/day/THI), for the 1/2H e 7/8H genetic groups. The model of better adjustment was the M2, and the estimated components of heritability, additive genetic variance and permanent environmental variance ranged from 0,18 to 0,20; 4,13 to 3,74 and from 11,34 to 7,53, respectively. Difference was found between the genetic merit of the different groups, as well as a tendency of increase in the breeding values with higher THI. The milk production of the genetic groups of the Girolando breed it is affected by THI in different intensities, which might indicate that selection for thermal tolerant animals is viable.

Key-words: adaptation, crossing, THI, environmental variables and milk cattle

¹Master Dissertation in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (61 p.) Março, 2019

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	9
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 O ambiente.....	16
2.1 Conforto térmico animal	17
2.2 Efeitos do estresse térmico em vacas leiteiras.....	18
2.5 índice de avaliação de estresse térmico em bovinos de leite	21
2.6 Modelo de regressão aleatória associado ao itu	22
3. HIPÓTESE.....	25
4. OBJETIVOS.....	25
CAPÍTULO II	26
RESUMO	27
1. Introdução.....	29
2. Material e métodos	30
3. Resultados.....	34
4. Discussão	37
5. Conclusões.....	42
6. Referência bibliográfica	42
CAPÍTULO III	49
1. Considerações finais.....	50
2. Referências.....	51
3. Apêndice	55
Vitta.....	61

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1. Estatísticas descritivas do banco de dados.....	42
Tabela 2. Perdas de produção de leite dos diferentes grupos genéticos a cada unidade do índice de temperatura e umidade, dividida em cinco períodos da lactação.....	42
Tabela 3. Correlação de Spearman entre touros ranqueados com base em seus valores genéticos para produção de leite do modelo M1 com touros do modelo M2, em diferentes valores de índice de temperatura e umidade.....	42
Tabela 4. Mínimo, máximo e média dos valores genéticos para produção de leite em pontos específicos do índice de temperatura e umidade, para os grupos genéticos estudado.....	43

RELAÇÃO DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1. Esquema gráfico da zona de conforto e zona de homeotermia animal.	14
---	----

CAPÍTULO II

Figura 1. Número de animais (colunas) e número de registros de produção de leite no dia do controle (linha) por grupo genético	43
---	----

Figura 2. Distribuição do número de animais por índice de temperatura e umidade.....	44
---	----

Figura 3. Quadrados mínimos da produção de leite no dia do controle (intervalo de lactação de 5 a 120 dias) em função do índice de temperatura e umidade (ITU).	44
--	----

Figura 4. Herdabilidade para produção de leite calculada pelos modelos sem e com efeito fixo do grupo genético (M1 e M2 respectivamente), nos diferentes valores de índice de temperatura e umidade.	45
--	----

Figura 5. Variância genética aditiva (a) e variância de efeito permanente (b) para a característica de produção de leite, calculada pelos modelos sem e com efeito fixo do grupo genético (M1 e M2 respectivamente), nos diferentes valores do índice de temperatura e umidade.	45
---	----

Figura 6. Correlação genética da produção de leite para as diferentes combinações dos valores do índice de temperatura e umidade, utilizando o modelo que considerou o grupo genético como efeito fixo (M2)	46
--	----

Figura 7. Comportamento das médias dos valores genéticos dos diferentes grupos genéticos de acordo com o aumento do ITU.....	46
---	----

RELAÇÃO DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

DIM	Dia de produção
H	Holandês
ITU	Índice de temperatura e umidade
TCI	Temperatura crítica inferior
TCS	Temperatura crítica superior
VG	Valor genético

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

Por muito tempo os bovinos leiteiros foram selecionados para alta produção, no entanto quanto maior a produção de leite maior é o calor metabólico resultante, e conseqüentemente o animal se torna mais predisposto ao estresse térmico (RICCI et al., 2013). Além disso segundo Cerqueira (2013), a seleção genética para alta produção de leite quando realizada a longo prazo, é o principal fator que afeta o bem-estar e a sanidade das vacas leiteiras.

Para se obter uma boa produção de leite em bovinos leiteiros, as características ambientais onde esses animais se encontram, são tão importantes quanto o manejo reprodutivo, sanitário e nutricional. Isto porque a temperatura, umidade, irradiação solar e velocidade do vento, são os principais fatores ambientais que interferem diretamente na curva de lactação de bovinos leiteiros (HULME, 2005).

A medida que a umidade relativa e a temperatura ambiente ultrapassam a zona de conforto térmico do animal, o mesmo passa a ficar mais susceptível ao estresse térmico, fazendo com que ele tenha dificuldade em dissipar calor, ou seja, ocorre um aumento nos requerimentos de energia líquida para manutenção e conseqüentemente uma diminuição na energia disponível para a produção, provocando assim um efeito negativo sobre o desempenho produtivo do animal (SILVA, 2000).

A tolerância ao calor dos bovinos varia de acordo com a espécie, a raça, e ainda dentro de raças, nos diferentes grupos genéticos, como é o caso da raça Girolando (DALCIN, 2013). Segundo Vieira (2003), o fato de possuir uma maior tolerância, isto é, uma maior adaptação ao ambiente, isso permite ao animal uma melhor resposta termo regulatória, facilitando assim a manutenção do equilíbrio homeotérmico. O animal considerado tolerante ao calor é aquele que possui habilidade para manter a temperatura corporal sob temperaturas ambiente elevadas, e mesmo assim tem a capacidade de apresentar os processos fisiológicos e produtivos normais (SILVA, 2000), sendo assim, sua produção não é afetada quando o animal se encontra em estresse térmico.

No entanto a adaptação das raças de origem Europeia é considerada um grande problema para os produtores brasileiros, pois elas sofrem mais com o estresse térmico devido à sua alta produtividade (SILVA et al., 2002), diferentemente do que ocorre em bovinos de raças de origem Zebuínas, que são mais rústicos e adaptáveis ao ambiente.

Segundo Beede & Collier (1986), uma estratégia para minimizar o problema do estresse térmico em vacas leiteiras é o desenvolvimento genético de animais menos sensíveis ao calor ambiental. Com base nisso os criadores brasileiros vêm utilizando a combinação de características desejáveis das raças europeias e zebuínas por meio da produção de animais mestiços, principalmente pela utilização do cruzamento entre animais das raças Gir e Holandesa. Mediante ao sucesso obtido com esse cruzamento, 80% da produção de leite no Brasil é proveniente de vacas Girolando (SILVA, 2010).

Entretanto ainda há necessidade da utilização de métodos que consigam agrupar toda a informação genética e produtiva de um animal e estimar mais precisamente os fatores ambientais e genéticos sobre a tolerância dos animais ao estresse térmico. Devido a isto, atualmente em estudos envolvendo o ITU, é possível ainda, ajustar o índice ao modelo de regressão aleatória, o qual é capaz de gerar curvas de lactação individuais por animal, permitindo assim o acompanhamento do valor genético de uma vaca com base na sua produção relacionada a valores de ITU, no decorrer de todo o seu período produtivo (SANTANA, 2016).

O primeiro estudo neste sentido foi feito nos Estados Unidos por Ravagnolo & Misztal (2000), que propuseram um modelo de regressão aleatória utilizando o ITU, para avaliar a produção de leite de vacas Holandesas. Contudo, na literatura há poucos estudos a respeito de estresse térmico e níveis críticos desse índice para vacas mestiças, assim como também, estudos que utilizam o modelo de regressão aleatória sobre essa característica.

Portanto, o objetivo do presente trabalho foi investigar o efeito do estresse térmico, assim como os componentes genéticos que influenciam na tolerância ao estresse térmico na produção de leite no dia do controle de diferentes grupos genéticos de vacas da raça Girolando.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A bovinocultura de leite é uma das cadeias de produção mais importantes do complexo agroindustrial brasileiro, ela contribui em média com R\$ 34,3 bilhões do PIB da Pecuária. Contudo, existem ainda, melhorias a serem feitas nesse cenário, visto que, segundo dados do IBGE (2015), a produção média de leite no Brasil foi de 1,609 litros/vaca/ano em 2015, valor este, considerado baixo quando comparado aos países mais produtivos, que contam com um alto padrão de genética (raças de origem europeia) aliado a um bom manejo e a uma alimentação balanceada.

Um dos motivos para esses menores valores de produção de leite, além de baixo valor nutritivo das pastagens e as doenças parasitárias, se deve ao fato de que o Brasil é um país predominantemente de clima tropical, com altas temperaturas durante o ano o que acarreta estresse térmico aos animais (PASSINI, 2014), estresse esse, considerado mais uma causa para a baixa produtividade que temos em nosso país.

Somado a isso, segundo o relatório de Stern (2006) as mudanças climáticas que veem ocorrendo são visíveis, uma delas é o aumento da temperatura ambiental. Visto que, altas temperaturas interferem negativamente na produção, esse aumento pode vir a causar inúmeras complicações quando se fala de exploração comercial de vacas leiteiras, não somente nos formatos de suas curvas de lactação, mas também, como no bem-estar desses animais quando criado em sistema intensivos, extensivos ou semi-extensivos.

O bem-estar animal é definido como sendo o estado do animal frente às suas tentativas de se adaptar ao ambiente no qual se encontra (BROOM, 1986). Dessa forma, conforme maior o desafio imposto pelo ambiente, o animal terá mais dificuldade em se adaptar ao meio e, conseqüentemente, menor será se o grau de bem-estar (BOND et al., 2012).

Portanto, é importante direcionar estudos que visem buscar novas alternativas para aumentar a adaptabilidade dos animais ao meio, como por exemplo, selecionar os mesmos pela resistência a possíveis alterações na temperatura, visando futuramente uma exploração racional dos rebanhos em

consonância com bem-estar desses animais, sem prejudicar sua produtividade leiteira.

2.1 O AMBIENTE

O desempenho dos animais de produção é diretamente influenciado pelo ambiente térmico, uma vez que o mesmo afeta os mecanismos de transferência de calor e, portanto, a regulação do balanço térmico entre o animal e o meio em que ele se encontra (PERISSINOTTO, 2007). Essa influência do ambiente pode interferir positiva ou negativamente, conforme o nível de conforto ou de estresse, respectivamente, promovido por ele (SILVA, 2000).

A capacidade de um animal em manter sua temperatura corporal em níveis constantes, independentemente das condições climáticas do ambiente em que ele está inserido, é chamada de homeotermia. Quando um animal é submetido a um ambiente com temperatura mais baixa que a sua temperatura corporal, ocorrem compensações fisiológicas, aumentando a produção e reduzindo as perdas de calor (DALCIN, 2013). Já quando ele se encontra em um ambiente com temperaturas mais elevadas, o animal passa a minimizar a sua ingestão de alimento para que assim possa reduzir a produção interna de calor e passe a dissipá-lo para o ambiente, por meio de mecanismos como a condução, convecção, radiação ou evaporação (THATCHER, 2010).

O estresse provoca uma série de desequilíbrios fisiológicos que no animal, por sua vez, causam um aumento nos requerimentos de energia líquida para manutenção, ou seja, para que o animal consiga minimizar o estresse térmico em que se encontra, seja por frio ou por calor. Esse gasto energético a mais provoca uma diminuição na energia disponível para a produção (SILVA, 2000).

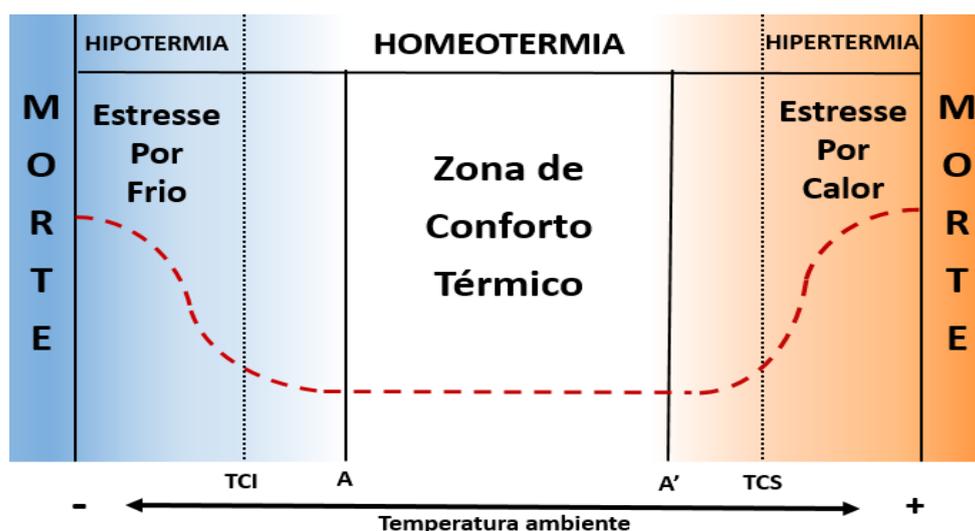
Sendo assim, segundo Tosetto (2014), não só o desempenho produtivo dos animais é prejudicado, mas também as funções reprodutivas e os parâmetros fisiológicos são afetados negativamente, quando os mesmos se encontram em estresse térmico. Com isso, os produtores têm uma grande preocupação em manter os animais dentro de sua zona de termo neutralidade.

2.1 CONFORTO TÉRMICO ANIMAL

A zona de conforto térmico, ou termo neutralidade, é uma faixa de temperatura ambiente na qual o animal não sofre estresse pelo frio ou pelo calor. O custo fisiológico é baixo e a retenção de energia da dieta é alta dentro da zona de termo neutralidade (DALCIN, 2013), sendo assim, Tosetto (2014) afirma que, parte da energia pode ser utilizada para os processos produtivos, além da manutenção do animal, não havendo desvio de energia para manter o equilíbrio fisiológico. Quando os animais se encontram nessa zona, a temperatura corporal e o apetite são normais e a produção é ótima (MARTELLO, 2004).

O estresse térmico, seja ele por frio ou por calor, é um dos principais fatores envolvidos na redução da produtividade e do desenvolvimento animal. Quando o animal não se encontra na zona de conforto térmico ou zona de homeotermia (Figura 1), o mesmo procura formas de perder ou reter calor. Isto envolve uma série de adaptações do sistema respiratório, circulatório, excretor, endócrino e nervoso de animais criados em regiões de temperaturas extremas, para compensar o estresse térmico (MCMANUS et al., 2009).

Figura 1: Esquema gráfico da zona de conforto e zona de homeotermia animal.



Fonte: Adaptado de Baccari Junior, 1998

A faixa que se encontra entre A e A' é denominada zona de conforto térmico, entre temperatura crítica inferior (TCI) e temperatura crítica superior (TCS) temos a zona de homeotermia e na linha vermelha pontilhada, é possível observar o gasto de energia do animal para tentar compensar o estresse térmico.

Quando o animal se encontra dentro da zona de homeotermia, ele ainda tem a capacidade de manter a sua temperatura corporal em níveis constantes, no entanto a medida que a temperatura ambiente vai aumentando e passando do TCS, o animal passa a entrar em estresse térmico e por mais que as funções fisiológicas de resfriamento do animal funcionem, elas não permitem a manutenção do controle homeotérmico e a temperatura corporal passa a aumentar gradativamente, podendo levar o animal a morte por hipertermia.

Já quando a temperatura passa a diminuir, ao invés do animal acionar mecanismos de dissipação de calor, ele passa a adotar aqueles que promovam o aumento da produção de calor metabólico, para compensar o estresse causado pelo frio, no entanto quando as temperaturas são mais baixas do que a temperatura crítica inferior as funções fisiológicas do animal não atuam mais sobre o controle homeotérmico.

As temperaturas críticas inferior e superior variam de acordo com cada espécie, raça, categoria e genética animal. Com tudo, quando o animal se encontra dentro da sua zona de conforto térmico ou de homeotermia, o mesmo não tem gasto energético para dissipar ou reter calor, sobrando assim para a sua produção e manutenção, ou seja, os animais que se encontram em conforto térmico têm capacidade de produzirem mais.

2.2 EFEITOS DO ESTRESSE TÉRMICO EM VACAS LEITEIRAS

A problemática do estresse térmico no Brasil pode ser contextualizada devido a este ser um país de clima tropical e subtropical. Nessas regiões o estresse térmico é um dos principais fatores que limitam o desenvolvimento dos animais, pois são caracterizadas por altos níveis de radiação solar e temperatura que podem afetar negativamente a produção (MCMANUS et al.,

2009a).

Já é bastante conhecido o efeito que o estresse térmico tem sobre a produtividade de vacas leiteiras, e não somente na produção, mas também sobre o desempenho reprodutivo das fêmeas, especialmente em vacas da raça Holandesa, as quais são suscetíveis as altas temperaturas. Maiores efeitos do calor, são esperados sobre vacas Holandesas submetidas ao estresse térmico, devido à alta produção leiteira e também por serem geneticamente mais sensíveis (MARTELLO et al., 2004).

O efeito do estresse térmico sobre o desempenho reprodutivo pode ser bastante significativo, e traz efeitos não só na produção de leite, mas também em característica reprodutivas, como no estudo dos autores DuBois e Williams (1980), no qual observaram que 24% das vacas (19/79) que pariram no verão tiveram retenção de placenta e desenvolveram metrite pós-parto, comparado com 12% (12/98) durante o decorrer do ano onde as temperaturas eram mais amenas. Essa diferença é possivelmente atribuída aos efeitos do estresse térmico durante os meses quentes, pois estes causam uma variedade de alterações neuroendócrinas que devem contribuir para diminuir o período gestacional. Além disso, Cruz et al. (2001) afirmam que a fêmea pode ter seu comportamento sexual reduzido ao ser exposta a uma alta intensidade de calor. Conforme o aumento de temperatura, ocorre também um aumento na quantidade de energia consumida pela vaca para manter a homeotermia. Segundo Staples (2009) a ingestão de MS precisa aumentar de 18,19 para 19,41 kg/d para cobrir este custo adicional com energia. Entretanto, quando o calor é excessivo a ingestão de MS cai para 16,69 kg/d. A vaca então é duplamente afetada, pois, tem maiores custos com energia para tentar manter a homeotermia e ao mesmo tempo menor ingestão de alimento causando um déficit de energia levando então a queda na produção de leite.

Com do aumento da temperatura ambiental, outra consequência foi identificada por Lough et al. (1990), que relataram uma redução de 14% de plasma circulante na região portal do fígado de animais sobre efeito do estresse térmico quando comparados com animais em zona de conforto térmico, esses autores concluíram que parte da diminuição da produção é possivelmente explicada pela diminuição, circulação e captação de nutrientes pelo fígado.

O aumento na produção de calor metabólico é em função da maior produção de leite e do aumento do consumo de alimentos e em dificuldade na manutenção do equilíbrio térmico dos animais, quando expostos a condições de calor. É possível que vacas mestiças de alta produção também possam manifestar sintomas decorrentes de estresse calórico (COLLIER & COLLIER, 2011).

Em animais de alta produção existe a tendência de maiores perdas produtivas em função de serem mais suscetíveis ao calor. Pinarelli (2003) já havia observado um decréscimo de 17% na produção de leite de vacas de 15 kg de leite/dia e de 22% em vacas de 40 kg/dia, ocasionado pelo estresse térmico. Já nos resultados encontrados por Schwartz et al. (2009), em estudos conduzidos com vacas Holandesas, a queda na produção de leite na primeira e segunda semana após a exposição ao estresse térmico variam de 18 a 33%, assim como a redução na ingestão de matéria seca variou de 17 e 34%.

Segundo Titto (1998) a recuperação da produção de leite após as vacas sofrerem estresse térmico, ocorre lentamente e em graus que variam com a duração e a intensidade do estresse, além da fase da lactação dentro dos limites fisiológicos da glândula mamária, podendo recuperar totalmente a produção normal ou até comprometer toda lactação.

A aplicação do melhoramento genético nos sistemas de produção tem caráter fundamental para a melhora na adaptação as altas temperaturas. Segundo Bohmanova et al. (2005), touros que transmitem alta tolerância ao estresse calórico têm filhas com taxas de prenhez mais elevadas, vida produtiva mais longa, porém menor rendimento leiteiro.

Uma seleção contínua para maior produção leiteira que não leve em conta a tolerância ao calor provavelmente aumentará a susceptibilidade ao estresse térmico (AGUILAR et al., 2009; SANTANA, 2015). Por outro lado, é bem provável que a seleção de touros para tolerância ao calor diminua a produção leiteira. Isso é esperado, já que à medida que produção média por vaca aumenta, a produção de calor metabólico também aumenta, tornando as vacas suscetíveis ao estresse calórico (THATCHER, 2010).

As perdas produtivas e reprodutivas causadas pela alteração na ingestão

e digestão de alimentos, na taxa metabólica e no comportamento dos animais devido ao estresse térmico, somam um prejuízo anual entre \$897 milhões e \$1,5 bilhão na indústria de lácteos nos Estados Unidos (ST-PIERRE ET AL., 2003).

Não há estudo no Brasil que contabilizem os prejuízos financeiros causados pelo estresse térmico em bovinos de leite, porém esse é um país de clima tropical e subtropical, onde há predominância de temperaturas elevadas, conseqüentes da alta incidência de radiação solar, e aproximadamente 64% do rebanho bovino mundial são criados em regiões tropicais (AZEVEDO et al., 2005), sugerindo que este esteja entre as maiores causas de perda à cadeia do leite.

2.5 ÍNDICE DE AVALIAÇÃO DE ESTRESSE TÉRMICO EM BOVINOS DE LEITE

Em pesquisas com o objetivo de investigar os animais e o ambiente ao qual estão inseridos, existe a necessidade de expressar numericamente as características do meio. Com isso, índices de conforto térmico para animais, tais como índice de temperatura equivalente (ITE), índice de tolerância ao calor (ITC) e o índice de temperatura e umidade (ITU), foram desenvolvidos visando conjugar em uma única variável, a síntese de vários parâmetros climáticos, como a umidade relativa do ar, a temperatura do ar, velocidade do vento e radiação (DALCIN, 2013), associado aos animais e as suas influências no conforto destes. Estes índices de conforto são utilizados para estabelecer classes que são definidas de acordo com a reação fisiológica e/ou comportamental do animal (PERISSINOTTO, 2007).

Dentre os índices desenvolvidos, o índice de temperatura e umidade (ITU) que relaciona os parâmetros de temperatura e umidade relativa do ar do ambiente, é o mais utilizado pelos pesquisadores para avaliação do estresse térmico em animais, (RICCI et al, 2013). O ITU tem sido utilizado para descrever o conforto de animais desde que Johnson et al. (1962), através de pesquisas, relataram a queda da produção de leite de vacas associada ao aumento do valor do ITU. Segundo os mesmos autores, quanto maior é a produção de leite de uma vaca, maior será a sua taxa metabólica e conseqüentemente maior será sua

suscetibilidade ao estresse pelo calor.

Para os animais domésticos em geral, um valor de ITU igual ou inferior a 70 indica condição normal, não estressante; entre 71 e 78 é considerado crítico; entre 79 e 83 indica perigo; acima de 83 constitui emergência (MARTELLO et al., 2004). O valor considerado limite entre situações de conforto e estresse varia segundo diversos autores, mas existe unanimidade em considerar que ambiente com ITU acima de 72 é estressante para vacas de alta produção.

Tradicionalmente, pensava-se que a síntese de leite começava a diminuir quando o ITU atingia 72 (Armstrong, 1994), mas os dados mais recentes da Universidade do Arizona indicam que vacas leiteiras de alta produção começam a reduzir a produção de leite com ITU de aproximadamente 68 (ZIMBELMAN et al., 2009).

Apesar de sua limitação, por não considerar parâmetros da velocidade do vento e radiação, o índice de temperatura e umidade vem sendo aplicado extensivamente em pesquisas no mundo todo. Isso se deve ao fato de que, a temperatura do ar e a umidade têm grande influência nas trocas térmicas em ambientes quentes ou frios, sendo assim, representam adequadamente o impacto do ambiente causado nos animais (HAHN et al., 1997).

2.6 MODELO DE REGRESSÃO ALEATÓRIA ASSOCIADO AO ITU

A seleção promovida nos bovinos leiteiros foi durante anos realizada com base em suas produções, no entanto altas produções de leite estão relacionadas negativamente com a tolerância ao estresse térmico, devido ao maior calor metabólico produzido para a produção de leite (SANTANA, 2016). Com isso, uma forma de minimizar esse problema, é selecionar animais não apenas pela sua produção, mas também pela sua tolerância ao estresse térmico, e para que isso ocorra, é necessária a utilização de modelos estatísticos, como o modelo de regressão aleatória, que são capazes de unir todas as informações (genéticas e de produção) de um animal, e processá-las juntamente com estimativas mais precisas dos fatores de ambiente (ITU), visando incrementar a acurácia, as possibilidades de ganhos genéticos e o

melhoramento genético (BONAFÉ, 2011).

Os modelos de regressão aleatória têm-se tornado o procedimento padrão como alternativa para modelar as características de produção, como leite e crescimento, medidas essas, que se repetem na vida produtiva do animal (MEYER, 2005). Além disto, segundo Albuquerque (2004), o modelo de regressão aleatória permite uma melhor utilização dos dados, visto que todas as medidas do animal juntamente com a de seus parentes, são utilizadas para a avaliação do mesmo, com potencial aumento da acurácia de seleção. Segundo Freitas (2003) tais modelos têm sido reconhecidos, mundialmente, como ideais e recomendados para as análises de dados longitudinais no melhoramento genético animal, pois são capazes de modelar as variâncias e covariâncias ao longo de uma escala de tempo.

Em estudos envolvendo animais da raça Holandesa, os autores Ravagnolo & Misztal (2000), ao avaliarem a produção de leite através da regressão aleatória ajustada ao índice de temperatura e umidade, descobriram que o estresse por calor no gado leiteiro começa em um ITU de 72, o que corresponde a 22 °C e 100% de umidade, 25 °C e 50% de umidade, ou ainda 28 °C e 20% umidade.

No Brasil, Santana (2016) utilizando também o modelo de regressão aleatória, observou uma importante redução na produção de leite de vacas da raça Holandesa, quando o ITU atingiu valores a cima de 66 (-0,23 kg/dia/ITU), o mesmo autor também conduziu estudos com a raça Gir, e para a mesma encontrou perdas significativas para ITU a cima de 69 (-0,094 kg/dia/ITU) (SANTANA, 2015).

Em pesquisas no Irã sobre a regressão aleatória, Bohlouli et al. (2013), definiu THI = 72 como o limite de estresse térmico para vacas da raça Holandesa e, assim, identificou que cerca de 7,6% dos registros obtidos se encontravam em estresse por calor. Diferentemente de Brügemann et al. (2013), que em seu estudo conduzido na Alemanha, encontrou apenas 0,73% registros de vacas Holandesas em estresse térmico, levando em consideração valores de ITU acima de 72.

De acordo com esses autores, a aplicação do modelo de regressão aleatória permite a identificação do genótipo através da interação genótipo X

ambiente, para combinações da produção no dia do controle juntamente com o ITU. Biologicamente, este modelo é plausível, já que as vacas respondem de forma diferente ao ambiente, dependendo de seu estágio de lactação e da sua raça (BOHLOULI et al. 2013). Portanto, os modelos de regressão aleatória, mostram ser muito útil para modelar os efeitos do estresse térmico no gado leiteiro (RAVAGNOLO & MISZTAL, 2000).

3. HIPÓTESE

1. As vacas da raça Girolando têm suas produções de leite diárias prejudicadas pelos altos valores de ITU nos locais em que são manejadas.

4. OBJETIVOS

1. Avaliar por meio de regressão aleatória a influência do estresse térmico na produção de leite no dia do controle da primeira lactação de vacas da raça Girolando de seis diferentes grupos genéticos.

2. Obter curvas de lactação individuais das vacas em relação aos valores de ITU a fim de verificar quais composições raciais são mais afetadas pelo estresse térmico e em qual intensidade ocorreria, quando esses animais se encontram em determinada situação de estresse.

3. Quantificar o quanto das diferenças entre as produções de leite dos animais é devida a fatores genéticos, a fim de conhecer a viabilidade da seleção genética de animais para maior tolerância ao estresse térmico.

CAPÍTULO II

**Componentes genético da tolerância ao estresse térmico para produção de leite da raça
Girolando utilizando modelo de regressão aleatória**

Maíza Scheleski da Rosa^{1*}

¹Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre,
RS, Brasil

* Corresponding author: izascheleskirosa@gmail.com

RESUMO

Objetivou-se investigar o efeito do estresse térmico, assim como os componentes genéticos que influenciam na tolerância ao estresse térmico, na produção de leite de diferentes grupos genéticos de vacas da raça Girolando, utilizando modelos de regressão aleatória. Um total de 50.196 registros de produção de leite no dia do controle, datados de 2001 a 2015, referente a 7.126 primeiras lactações de vacas Girolando brasileiras, pertencentes a sete grupos genéticos da raça (1/4H a 3/4G, 3/8H a 5/8G, 1/2H a 1/2G, 5/8H a 3/8G, 3/4H a 1/4 G, 7/8H a 1/8G Holandês-Gir e o puro sintético). Dois modelos (M1 e M2) foram utilizados de modo a avaliar a viabilidade da inclusão ou não do grupo genético como efeito fixo. Na estimação dos componentes de variância e de parâmetros genéticos, foi utilizado o método de Máxima Verossimilhança Restrita (REML), através

do uso do software REMLF90. Não foi possível constatar um limiar de estresse térmico. Perdas significativas foram observadas no início da lactação (-0,03 a -0,05 kg/dia/ITU), sendo que apenas para os grupos genéticos 1/2H e 7/8H foi possível observar perdas significativas na produção de leite. O modelo de melhor ajuste foi o M2 e as herdabilidades, variâncias genética aditiva e de efeito permanente calculadas por ele para produção de leite variaram de 0,18 a 0,20; 4,13 a 3,74 e de 11,34 a 7,53, respectivamente. Diferença entre os méritos genéticos dos grupos foi constatada, assim como uma tendência de maiores valores genéticos juntamente com maiores valores de ITU. A raça Girolando tem sua produção de leite afetada pelos valores de ITU, e seus grupos genéticos são afetados em diferentes intensidades pelo estresse térmico, possibilitando assim a seleção de animais mais tolerantes para essa variável.

Palavras-chave: bovinos de leite, ITU, cruzamento, produção de leite, perdas na produção.

1. Introdução

Cerca de 80% da produção de leite nacional é proveniente de vacas Girolando (EMBRAPA, 2010), o que deixa claro a importância desta raça para a cadeia leiteira no Brasil. Esta raça é oriunda de um cruzamento, e tem como objetivo aliar a produtividade dos animais da raça Holandesa (H) com a adaptabilidade, rusticidade e resistência da raça Gir (G) a ambientes como o do nosso país. O Brasil é um país com predominância de clima tropical, com altas temperaturas durante o ano (Vasconcellos, 2003), o que pode vir a prejudicar a produção de leite, uma vez que, vacas tem suas produções afetadas pelas variáveis ambientais. Além disso, a seleção realizada em bovinos leiteiros promoveu um aumento nas produções de leite, e como consequência esses animais se tornaram ainda mais susceptíveis ao estresse térmico, decorrente do calor metabólico gerado pela alta produção (Johnson, 1980).

Muitos estudos veem sendo conduzidos em vários países nos últimos anos, com o intuito de estimar os efeitos do estresse térmico e seus componentes genéticos no gado leiteiro (Bohlouli, 2013; Bernabucci, 2014; Atagi, 2018). O interesse é em parte devido a maior sensibilidade das vacas leiteiras de alta produção ao estresse térmico do que as de baixa produção (Berman, 2005) e também em consequência das constantes mudanças climáticas globais que têm impacto na produção animal (Porter et al. 2014). Desse modo, a identificação e seleção de animais mais resilientes as mudanças no índice de temperatura umidade (ITU), vem sendo alvo de muitas pesquisas e continuará sendo um assunto de grande interesse nos próximos anos (Weigel, 2017).

Entretanto ainda há necessidade da utilização de métodos que consigam agrupar toda a informação genética e produtiva de um animal e estimar mais precisamente os fatores ambientais e genéticos sobre a tolerância dos animais ao estresse térmico. Devido a isto, atualmente em estudos envolvendo o ITU, é possível ainda, ajustar o índice ao modelo de regressão aleatória, o qual é capaz de gerar curvas de lactação individuais por animal, permitindo assim o acompanhamento do valor genético de uma vaca com base na sua produção relacionada a valores de ITU, no decorrer de todo o seu período produtivo (Santana, 2016).

Por tanto, visto a grande importância da raça Girolando e que o ambiente tem grande influência sobre a produção leiteira, os objetivos do presente trabalho foram: investigar o efeito do estresse térmico, assim como os componentes genéticos que influenciam na tolerância ao estresse térmico na produção de leite no dia do controle de diferentes grupos genéticos de vacas da raça Girolando.

2. Material e métodos

A base de dados foi proveniente da Associação Brasileira de Criadores de Girolando e continha 96.421 registros de produção de leite no dia do controle. Foram descartadas vacas que possuíam pais desconhecidos, touros que não possuíam filhas em pelo menos três rebanhos diferentes, rebanhos que não estavam em um raio de até 60 km de uma estação meteorológica, vacas que possuíam número de controles por lactação inferior a três e superior a dez, foram descartados também animais com registros de produções diárias que não variavam de 3 a 38 kg de leite. Os grupos

contemporâneos foram definidos como rebanho, ano e mês do controle, com pelo menos três observações por grupo.

Após essas restrições, restaram 50.196 registros de produção de leite no dia do controle, datados de 2001 a 2015, referente a primeira lactação de 7.126 vacas, filhas de 544 touros, com idade ao primeiro parto entre 18 e 56 meses, e um período de lactação 5 a 305 dias.

Essas vacas eram pertencentes a sete grupos genéticos oriundos do cruzamento entre as raças Holandesa e Gir, $1/4H$ a $3/4G$ ($1/4H$), $3/8H$ a $5/8G$ ($3/8H$), $1/2H$ a $1/2G$ ($1/2H$), $5/8H$ a $3/8G$ ($5/8H$), $3/4H$ a $1/4G$ ($3/4H$), $7/8H$ a $1/8G$ ($7/8H$) e o puro sintético ($5/8PS$), oriundo do cruzamento de pais $5/8 H$ a $3/8 G$ ($5/8H$) (Figura 1), provenientes de 250 rebanhos, os quais foram distribuídos pelos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Goiânia, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro e São Paulo. A estrutura resumida do banco de dados após as restrições está descrita na Tabela 1.

Para a obtenção dos valores de ITU, foram coletados os valores de temperatura e umidade relativa do ar das estações meteorológicas (total de 58 estações) mais próximas, em um raio de no máximo 60 km da cidade onde o rebanho se encontrava. Foi utilizado a média do ITU de três dias antes do dia do controle, essa escolha foi baseada no estudo de Bohmanova (2008), no qual foi demonstrado que a média de ITU de três dias antes da data do controle leiteiro explica melhor a variabilidade na produção de leite. O ITU foi calculado utilizando dados de temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar registrados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, Brasília-DF, Brasil). Os valores de temperatura e umidade foram combinados em um

índice sugerido pelo NRC (1971), que foi projetado para indicar o nível de estresse térmico em bovinos criados em sistema extensivo, o mesmo já foi utilizado em diversos estudos (Ravagnolo e Misztal, 2000; Bohmanova, 2006; Santana, 2015). O índice foi descrito conforme a equação abaixo

$$ITU = [(1,8 \times T + 32) - (0,55 - (0,0055 \times UR) \times (1,8 \times T - 26))]$$

em que; T = temperatura de bulbo seco (°C); UR = umidade relativa do ar (%).

Para estimar a perda média diária de produção de leite a cada aumento unitário de ITU, foi realizada uma regressão de quadrados mínimos da produção de leite no dia do controle em cinco fases da lactação divididas conforme do dia de produção (5 a 30, 31 a 60, 61 a 120, 121 a 270 e 271 a 305). O modelo de regressão incluiu como efeito fixo o número de ordenha, o dia de produção (DIM) e o ITU (valores de 65 a 93), já o grupo de contemporâneo e o animal foram incluídos como efeito aleatório, e a idade da vaca como covariável.

Os controles mensais de produção de leite no dia do controle foram considerados como dados longitudinais do animal, sendo empregado o modelo de regressão aleatória e a função matemática de Legendre de quinta ordem foi utilizada para ajustar as curvas de regressão (fixas e aleatória).

Na estimação dos componentes de variância e na predição de valores genéticos (VG) foram utilizados dois modelos, de forma a avaliar a importância da inclusão ou não do grupo genético como efeito fixo. Esses modelos utilizaram o grupo de contemporâneo como efeito fixo e o ITU como regressor para as curvas de regressão fixas e aleatórias, no entanto no primeiro modelo (M1) foi utilizado como efeito fixo

apenas o grupo de contemporâneo, já no segundo modelo (M2), o grupo genético foi acrescentado como efeito fixo. Os modelos foram descritos conforme mostrado abaixo:

$$M1 \quad y_{ilmno} = RAM_i + NO_{nm} + DIM_n + \sum_{m=0}^2 \beta_{lm} + \sum_{m=0}^2 \alpha_{nm} Z_{ITUm} + \sum_{m=0}^2 \tau_{nm} Z_{ITUm} + e_{ilmno}$$

$$M2 \quad y_{ijlmno} = RAM_i + NO_{nm} + DIM_n + GG_j + \sum_{m=0}^2 \beta_{lm} + \sum_{m=0}^2 \alpha_{nm} Z_{ITUm} + \sum_{m=0}^2 \tau_{nm} Z_{ITUm} + e_{ijlmno}$$

em que y_{ijlmno} = registro 0, da vaca n, realizado no dia de produção m, na subclasse idade-estação de parto l; RAM_i = efeito do rebanho ano e mês i em que o controle foi realizado; NO_{nm} = número de ordenha da vaca n no dia de produção m; DIM_n = dia em lactação da vaca n; GG_j = efeito da composição genética j; β_{lm} = coeficiente de regressão obtido em cada classe de idade-estação de parto; α_{nm} e τ_{nm} = coeficiente de regressão aleatória, relacionado aos efeitos genético aditivo e de ambiente permanente, respectivamente; Z_{ITUm} = média do índice de temperatura e umidade de três dias antes do dia do controle; e_{ijlmno} = erro aleatório.

Os efeitos da média do ITU de três dias antes do dia do controle foram utilizados para estimação dos componentes de variância, parâmetros genéticos e valores genéticos, os quais foram obtidos pelo método de Máxima Verossimilhança Restrita (REML), através do software REMLF90 (Misztal, 2002), na figura 2 consta a quantidade de animais que o banco possuía de acordo com cada valor de ITU.

Para avaliar as diferenças entre os modelos mediante a inclusão ou não do grupo genético, além dos parâmetros genéticos e as variâncias, também foram selecionados (com base no valor genético) e comparados os melhores 5, 10 e 20% touros para produção de leite, em três valores de ITU (65, 79 e 93). Com isso foi

possível observar a proporção de touros selecionados em comum para os dois modelos avaliados. Já a qualidade de ajuste dos modelos foi testada utilizando o critério de informações de Akaike (AIC) e o logaritmo da função de verossimilhança (-2LogL), de modo que, quanto menores esses valores, melhor é o ajuste do modelo aos registros produtivos.

De forma a analisar os valores genéticos dos diferentes grupos, o valor mínimo e máximo deles foram considerados em pontos específicos de ITU (65, 79 e 93), posteriormente a média dos valores genéticos foi calculada para cada valor do índice de temperatura e umidade.

3. Resultados

O valor limite do índice de temperatura e umidade (ponto a partir do qual os animais passam a ficar em estresse térmico), comumente encontrado em outros estudos (Brügemann, 2011; Bohlouli, 2013), não foi encontrado, inicialmente uma regressão linear para todo o período de lactação (DIM 5 a 305) foi realizada, porém sem sucesso, após isso o período de lactação foi dividido em cinco estágios para verificar qual fase da lactação era afetada significativamente pelos valores de ITU: DIM 5-30 (-0,05 kg/dia por ITU, $P < 0,01$), 31-60 (-0,04 kg/dia por ITU, $P < 0,01$), 61-120 (-0,03 kg/dia por ITU, $P < 0,01$), 121-270 (-0,001 kg/dia por ITU, não significativo), 271-305 (-0,001 kg/dia por ITU, não significativo). Em um segundo passo, tentamos ajustar um modelo de regressão de quadrados mínimos usando apenas os registros de produção de leite obtidos entre DIM 5 e 120 (fase da lactação significativamente afetada pelo

estresse térmico), e mesmo assim o limiar de estresse térmico não foi obtido, logo todos os registros foram coletados quando os animais estavam em estresse térmico.

Além da inexistência do limiar, a regressão feita em cinco estágios da lactação mostrou que a fase inicial da lactação é afetada significativamente, deixando claro que vacas da raça Girolando tem suas produções de leite prejudicadas pelos valores de ITU. A mesma regressão foi feita para cada grupo genético de forma a identificar qual grupo tem a produção de leite mais afetada pelo índice. Apenas dois grupos genéticos foram afetados significativamente, o grupo 1/2H com perdas de $-0,094$ kg/dia/ITU (DIM 31-60) e $-0,002$ kg/dia/ITU (DIM 121-270), e também o grupo 7/8H com uma perda de $-0,113$ kg/dia/ITU (DIM 31- 60). Já as perdas encontradas para os outros grupos não foram significativas (Tabela 2).

Os resultados dos critérios utilizados para a verificação do modelo de melhor ajuste foram 243.176,31 (AIC), 243.114,31 (-2LogL) para o modelo M1 e 243.017,04 (AIC), 243.079,04 (-2LogL) para o modelo M2. Com base nos resultados alcançados, o melhor ajuste foi obtido pelo M2, o qual levou em consideração como efeito fixo do grupo genético dos animais.

As herdabilidades para produção de leite (Figura 5) foram calculadas pelos dois modelos estudados, observa-se que essas estimativas foram superestimadas pelo modelo M1, no entanto para ambos os modelos é possível constatar que houve uma queda nesses valores até o ITU 70 seguido de um aumento até o ITU 93, sendo os maiores valores de herdabilidade encontrados nos maiores valores de ITU.

Estimativas de variância genética aditiva (Figura 6a) foram superiores no

modelo M1, com valores variando de 5,07 (ITU 65) a 4,33 (ITU 93), chegando até 7,9 entre os ITU 72 e 75. Já a variância de efeito permanente (Figura 5b) foi semelhante nos dois modelos, variando de 10,9 a 7,11 e 11,34 a 7,33 para os modelos M1 e M2 respectivamente, sendo os menores valores para os valores mais altos de ITU.

A correlação genética para tolerância ao estresse térmico em função de diferentes combinações de valores de ITU variou de 0,81 a 1, demonstrando assim, que há diferença entre a variância genética estimada em cada ITU.

Na Tabela 3 consta a correlação de Spearman dos 5, 10, e 20% melhores touros com base em seus valores genéticos (para produção de leite), preditos através dos dois modelos estudados, para valores específicos de ITU (65, 79 e 93). De modo geral, observa-se que as correlações variaram de baixas a altas, ao compararmos os melhores touros para produção de leite do modelo M1 com os melhores touros para a mesma característica do modelo M2 em todas as percentagens de seleção.

Diferentes amplitudes e médias dos valores genéticos (para valores específicos de ITU) podem ser observadas entre os grupos genéticos e até mesmo dentro dos mesmos (Tabela 4), sendo que as maiores amplitudes encontradas são para o grupo 1/2H cuja a maior amplitude se encontra nos VG para o ITU 93 (-3,28 a 5,49), já as menores médias são pertencentes ao grupo 1/4H, sendo a menor média no valor de -0,04 (ITU 79).

Médias dos valores genéticos de acordo com o gradiente ambiental ITU, é demonstrada na figura 7, onde podemos destacar a diferença entre o mérito genético dos grupos, sendo que os grupos de maiores méritos genéticos são os que possuem maior porção de genes da raça Holandesa, adicionalmente observa-se na mesma

figura, a existência de uma tendência de os valores genéticos aumentarem de acordo com o aumento de ITU, mostrando assim a rusticidade desses grupos genéticos para ambientes onde há estresse térmico.

4. Discussão

Os valores de ITU influenciam negativamente a produção de leite de vacas da raça Girolando. No entanto, devido à perda na produção de leite em função do aumento de ITU ser muito sutil, não foi possível observar um limiar de estresse para as vacas da raça Girolando. Em contraste, Santana et al. (2015) em seu estudo conduzido com vacas da raça Holandesa no Brasil, encontrou um limiar de estresse de ITU de 66 e destacou que cerca de 75% dos registros de produção de leite foram coletados em animais em dias de estresse térmico. Já pesquisas realizadas na raça Holandesa por Brügemann (2011) e Bohlouli (2013), na Alemanha e no Irã respectivamente, verificaram que o ponto limite para o estresse foi um ITU de 72 e que cerca de apenas 7,6% dos registros de produção de leite de vacas alemãs e 0,73% dos registros de vacas iranianas, foram obtidos em dias de estresse térmico. Devido a raça Holandesa ser mais sensível as variáveis climáticas, fica mais evidente o limiar de estresse na raça, uma vez que as perdas na produção de leite são altas quando o ITU ultrapassa esse limiar. Diferentemente do que ocorre na raça Girolando, cuja as perdas na produção são bem mais sutis quando comparadas a vacas Holandesas, isso ocorre em razão da presença de genes da raça Gir nesse cruzamento, os quais tornam a raça mais

resistente as variáveis climáticas.

A fase inicial da lactação (DIM 5 a 120) é significativamente afetada pelos valores de ITU, isso ocorre porque esse é o período de maior produção, conseqüentemente é a fase onde os animais estão mais susceptíveis ao estresse térmico. Resultados semelhantes foram obtidos por Santana (2016) que ao conduzir estudos com a raça Gir, verificou que o dia em lactação de 30 a 270 é o período onde os animais têm suas produções prejudicadas significativamente.

Foi possível constatar diferentes perdas na produção de leite a cada aumento de ITU para os grupos genéticos da população (Tabela 2). A redução na produção de leite foi constatada apenas para dois grupos genéticos, e variou de -0,094 a - 0,113 Kg/dia/ITU para os grupos 1/2H e 7/8H, respectivamente. De um modo geral observa-se que as encontradas foram para os grupos genéticos que possuíam uma grande proporção de genes da raça Holandesa, ou seja, raça a qual é mais sensível a fatores ambientes.

Neste estudo, foi possível constatar também, uma perda na produção de leite para a raça Girolando no geral (sem distinguir os grupos genéticos) que variou de -0,03 a - 0,05 kg/dia/ITU, valores esses aproximadamente 4 ou 7 vezes menores do que o encontrado por Santana et al. (2015), no qual em sua pesquisa com vacas Holandesas encontrou uma importante redução na produção de leite devido ao estresse, no valor de -0,23 kg/dia/ITU. Essa menor perda na produção para a raça Girolando, só confirma o fato de que a raça é mais tolerante ao estresse térmico, quando comparada a raça Holandesa.

Dois modelos de regressão aleatória foram utilizados de modo a avaliar a importância ou não da inclusão do grupo genético como efeito fixo no modelo. Os critérios de qualidade de ajuste de modelo AIC e -2LogL , indicaram o modelo M2 (com inclusão do grupo genético como efeito fixo) para adequação dos efeitos aditivo genético e ambiente permanente, como melhor modelo, Canaza-Cayo (2016) ao avaliar a inclusão ou não do grupo genético como efeito fixo no modelo em estudos com vacas Girolando, também concluiu que o grupo genético deve ser incluído no modelo. O resultado obtido no presente estudo, deixa claro que a inclusão do grupo genético como efeito fixo melhora a qualidade de ajuste do modelo, por tanto ele deve ser considerado quando trabalhamos com a raça Girolando. Sendo assim, as estimativas de herdabilidade, e as variâncias foram discutidas com base no modelo M2.

As estimativas de herdabilidade (obtidas com o modelo M2) para produção de leite (Figura 4), variaram de 0,23 a 0,24, inicialmente esses valores caíram de 0,23 para 0,16 (ITU=70), após isso aumentaram até 0,24 (ITU=93). Esses valores são semelhantes ao encontrado por Bernabucci et al. (2014), que em seu estudo conduzido na Itália, obteve uma herdabilidade de 0,22 em pontos específicos de ITU (74, 75, 76, 77 e 78) para vacas de primeira lactação. Bohlouli (2013), utilizou um modelo com dois tipos de regressores simultaneamente, um em relação ao ITU e outro em função do dia em lactação (DIM), e com isso obteve herdabilidades que variaram de 0,14 em um ITU de 76, no início da lactação, a 0,31 em um ITU de 32, no final da lactação.

As maiores estimativas de variância genética aditiva foram obtidas para os menores valores de ITU (Figura 5a), no entanto esses valores sofreram uma queda até

um ITU 70 e passam a aumentar com os valores do índice, esses resultados são semelhantes aos encontrados por Ravagnolo e Misztal (2000) e Aguilar et al. (2009), que em estudos com rebanhos Holandeses nos Estados Unidos, observaram um aumento na variância genética aditiva juntamente com o aumento de ITU.

Queda nos valores das estimativas de variância de efeito permanente (Figura 5b) é observada conforme o aumento do ITU, os valores foram semelhantes para ambos os modelos, sendo que para o modelo M2 os valores variaram de 11,5 (ITU=65) para 7,5 (ITU=93). Brügemann (2011) observou a mesma tendência para valores mais baixos de variância de efeito permanente a serem associados com valores crescentes de ITU, ou aumento do estresse térmico, já Santana (2015), ao trabalhar com combinações de DIM e ITU, observou que a variância de efeito permanente se comportou de forma relativamente constante, porém com estimativas menores para valores mais alto de DIM e ITU.

A correlação genética entre as diferentes combinações de valores de ITU foi alta, variando de 0,81 a 1 (Figura 6), resultados semelhantes foram obtidos por Santana et al., (2015) os quais variaram que de 0,82 a 1, com a observação de menor estimativa nos extremos opostos da escala ITU.

As correlações de Spearman variaram de 0,58 a 0,97 ou seja, correlações consideradas de baixas a altas entre os melhores touros para tolerância ao estresse térmico dos dois modelos estudados, sendo assim a seleção dos melhores touros sem considerar o grupo genético como efeito fixo no modelo (M1), pode levar a erros na classificação de 3 até 47% em comparação ao modelo M2. Esse resultado confirma a

importância de considerar o grupo genético como efeito fixo em modelos que irão ser utilizados obter o valor genético de animais da raça Girolando.

Foi possível constatar variações dos VG para os grupos genéticos estudados, tanto em relação amplitude dos valores genéticos, como na diferença das médias desses valores (Tabela 4). As menores médias de VG para o grupo genético 1/4H é explicada pela maior fração de genes provenientes da raça Gir, a qual possui menores valores genéticos para produção de leite. Já a grande variação de VG mínimo de um valor de ITU para outro observada para o grupo 7/8H, é devido a maior fração de genes da raça Holandesa, os quais tornam esses animais mais sensíveis as variáveis climáticas.

O mérito genético para produção de leite é maior nos grupos genéticos que possuam maior porção de genes da raça Holandesa (Figura 7), esse fenômeno já conhecido é devido a maior intensidade de seleção realizada em cima dessa raça quando comparada a raça Gir. Podemos destacar que a média dos valores genéticos do grupo 5/8PS é a que mais aumenta juntamente com o índice (0,23 para 0,36), o que é muito bom para os criadores e para a associação da raça, já que essa é a fração genética que buscam fixar na raça. No entanto de um modo geral, podemos ver na figura 7, que existe uma tendência dos valores genéticos a aumentarem juntamente com o aumento do índice de temperatura e umidade, o que explica a resistência desses grupos e também as baixas perdas na produção encontradas nesse estudo mencionadas anteriormente.

5. Conclusões

Nossos resultados confirmam o efeito negativo do índice de temperatura e umidade sobre a produção diária de leite na raça Girolando. Embora baixas, diferentes perdas significativas na produção de leite a cada aumento no índice de temperatura e umidade foram constatadas na fase inicial da lactação de alguns grupos genéticos. A magnitude da variância genética juntamente com a diferença do mérito genético dos sete grupos que compõem a raça, permite realizar a seleção de animais de maior produção para ambientes onde o estresse térmico é maior.

6. Referência bibliográfica

- Aguilar, I., Misztal, I., Tsuruta, S., 2009. Genetic components of heat stress for dairy cattle with multiple lactations. *J. Dairy Sci.* 92, 5702–5711. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1928>
- Atagi, Y., Onogi, A., Osawa, T., Yasumori, T., Adachi, K., Yamaguchi, S., Aihara, M., Goto, H., 2018. Effect of Heat Stress on Production Traits of Holstein Cattle in Japan: Parameter Estimation using Test-Day Records of First Parity and Genome Wide Markers. *Interbull Bolletín* 2, 9–16.
- Berman, A., 2005. Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows. *Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows* 1377–1384. <https://doi.org/10.2527/2005.8361377x>
- Bernabucci, U., Biffani, S., Buggiotti, L., Vitali, A., Lacetera, N., Nardone, A., 2014. The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 97, 471–486. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6611>
- Bohlouli, M., Shodja, J., Alijani, S., Eghbal, A., 2013. The relationship between temperature-humidity index and test-day milk yield of Iranian Holstein dairy cattle using random regression model. *Livest. Sci.* 157, 414–420. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.09.005>
- Bohmanova, J., Misztal, I., Tsuruta, S., Norman, H.D., Lawlor, T.J., 2008. Short Communication: Genotype by Environment Interaction Due to Heat Stress. *J. Dairy Sci.* 91, 840–846. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-142>

- Brügemann, K., Gernand, E., von Borstel, U.U., König, S., 2011. Genetic analyses of protein yield in dairy cows applying random regression models with time-dependent and temperature x humidity-dependent covariates. *J. Dairy Sci.* 94, 4129–4139. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-4063>
- Canaza-Cayo, A.W., Silva, M.V.G.B., Cobuci, J.A., Martins, M.F., Lopes, P.S., 2016. Effect of inclusion or non-inclusion of short lactations and cow and/or dam genetic group on genetic evaluation of Girolando dairy cattle. *Genet. Mol. Res.* 15, 1–9. <https://doi.org/10.4238/gmr.15027768>
- Carabaño, M.J., Bachagha, K., Ramón, M., Díaz, C., 2014. Modeling heat stress effect on Holstein cows under hot and dry conditions: Selection tools. *J. Dairy Sci.* 97, 1–16. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8023>
- Johnson, H.D. 1980. Environmental management of cattle to minimize the stress of climatic change. *International Journal of Biometeorology* 24: 65-78.
- Porter JR, Xie L, Challinor AJ, Cochrane K, Howden SM, Iqbal MM, Lobell DB, Travasso MI (2014) Food security and food production systems. In: Field CB, Barros VR, Dokken DJ, Mach KJ, Mastrandrea MD, Bilir TE, Chatterjee M, Ebi KL, Estrada YO, Genova RC, Girma B, Kissel ES, Levy AN, MacCracken S, Mastrandrea PR, White LL (eds) *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, United Kingdom and New York, pp 485–533
- Ravagnolo, O., Misztal, I., 2000. Genetic Component of Heat Stress in Dairy Cattle, Parameter Estimation. *J. Dairy Sci.* 83, 2126–2130. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(00\)75095-8](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(00)75095-8)
- Santana, M.L., Annaiza, B.B., Rodrigo, J.P., Alberto, M.-B., Lenira, E.F., 2015. 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. *J. Appl. Genet.* 33, 9. <https://doi.org/10.1007/s13353-015-0301-x>
- Santana, M.L., Bignardi, A.B., Stefani, G., El Faro, L., 2017. Genetic component of sensitivity to heat stress for nonreturn rate of Brazilian Holstein cattle. *Theriogenology* 98, 101–107. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.04.052>
- EMBRAPA. Programa de Melhoramento Genético da Raça Girolando – Teste de progênie: Sumário de Touros 2010. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2010. 58 p. (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 139).
- Vasconcellos, B.F., Pádua, J.T., Muñoz, M.F.C., Tonhati, H., 2003. Efeitos genéticos e ambientais sobre a produção de leite, o intervalo de partos e a duração da lactação em um rebanho leiteiro com animais mestiços, no Brasil. *Rev. Univ. Rural*, 23, 39-45.
- Weigel, K. A., 2017. Genomic selection of dairy cattle: A review of methods, strategies, and impact. *J. of Animal Breeding and Genomics* 1-15. <https://doi.org/10.12972/jabng.20170001>

Tabela 1. Estatísticas descritivas do banco de dados

Itens	Estatísticas
Total de animais no <i>pedigree</i> , <i>n</i>	23.328
Pais no <i>pedigree</i> , <i>n</i>	3.256
Mães no <i>pedigree</i> , <i>n</i>	13.411
Animais com registros no <i>pedigree</i> , <i>n</i>	7.126
Registros, <i>n</i>	50.196
Produção média de leite, kg	16,08
Grupos de contemporâneos, <i>n</i>	5.669
Média de ITU	80,54
Desvio padrão ITU	6,30

Tabela 2. Perdas de produção de leite dos diferentes grupos genéticos a cada unidade do índice de temperatura e umidade, dividida em cinco períodos da lactação

DIM	1/2H	1/4H	3/4H	3/8H	5/8H	7/8H	5/8PS
5-30	-0,059	-0,164	0,0003	-0,080	-0,031	0,010	0,016
31-60	-0,094**	-0,151	-0,026	-0,030	0,030	-0,113**	-0,311
61-120	0,0009	-0,104	0,020	-0,010	0,0001	-0,010	0,024
121-270	0,002**	0,006	-0,008	0,010	0,0003	-0,0003	0,060
271-305	0,03	-0,020	-0,007	-0,204	0,03	-0,050	0,030

**P<0,01

Tabela 3. Correlação de Spearman entre touros ranqueados com base em seus valores genéticos para produção de leite do modelo M1 com touros do modelo M2, em diferentes valores de índice de temperatura e umidade

ITU	Percentagens dos melhores touros		
	5%	10%	20%
65	0,77	0,62	0,74
79	0,58	0,84	0,97
93	0,67	0,83	0,64

Tabela 4. Mínimo, máximo e média dos valores genéticos para produção de leite em pontos específicos do índice de temperatura e umidade, para os grupos genéticos estudado

Grupo Genético	ITU					
	65		79		93	
	Min-Max	Média	Min-Max	Média	Min-Max	Média
1/2H	-3,50- 5,14	0,45±1,05	-3,21- 5,03	0,44±0,97	-3,28- 5,49	0,48±1,04
1/4H	-3,24- 4,59	-0,06±0,74	-2,93- 4,54	-0,04±0,68	-3,25- 4,46	0,05±0,71
3/4H	-3,33- 5,81	0,70±1,12	-3,16- 5,48	0,67±1,03	-2,98- 5,77	0,75±1,11
3/8H	-2,96- 2,33	-0,10±0,84	-2,64- 2,25	-0,06±0,76	-2,86- 2,34	-0,07±0,80
5/8H	-3,20- 5,58	0,47±1,19	-3,03- 5,23	0,45±1,09	-2,89- 5,55	0,53±1,16
7/8H	-0,03- 5,49	0,93±1,14	-1,79- 5,12	0,88±1,04	-2,06- 5,13	0,98±1,11
5/8PS	-2,52- 3,25	0,23±1,02	-2,28- 3,03	0,24±0,94	-2,20- 3,45	0,36±1,01

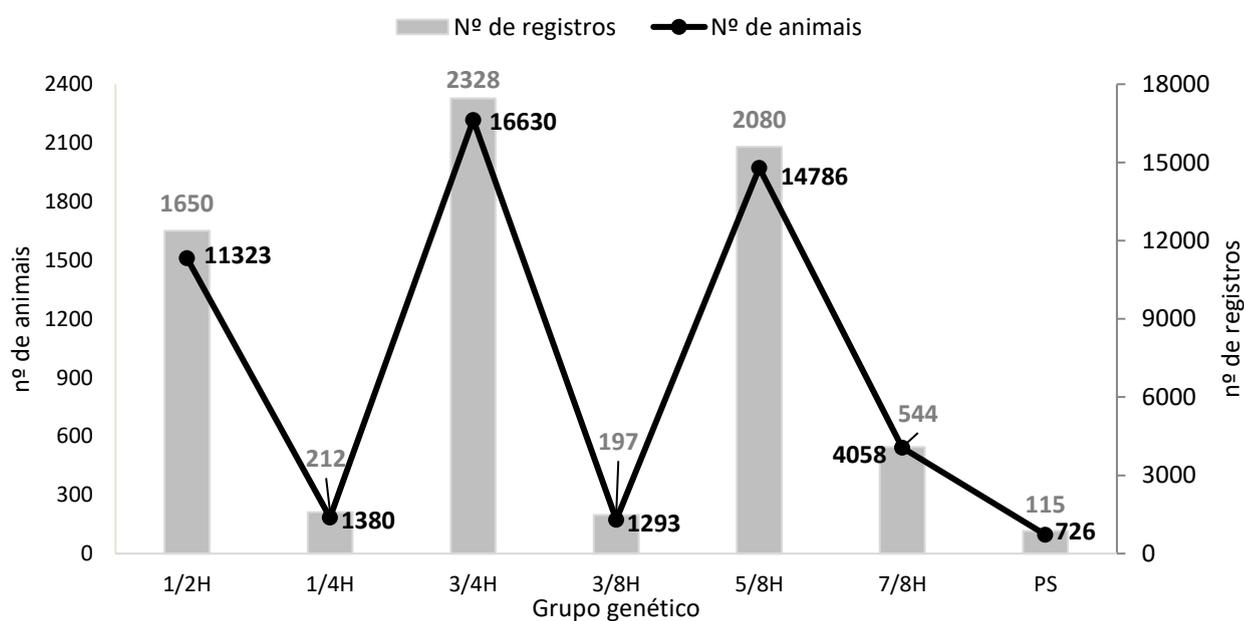


Figura 1. Número de animais (colunas) e número de registros de produção de leite no dia do controle (linha) por grupo genético.

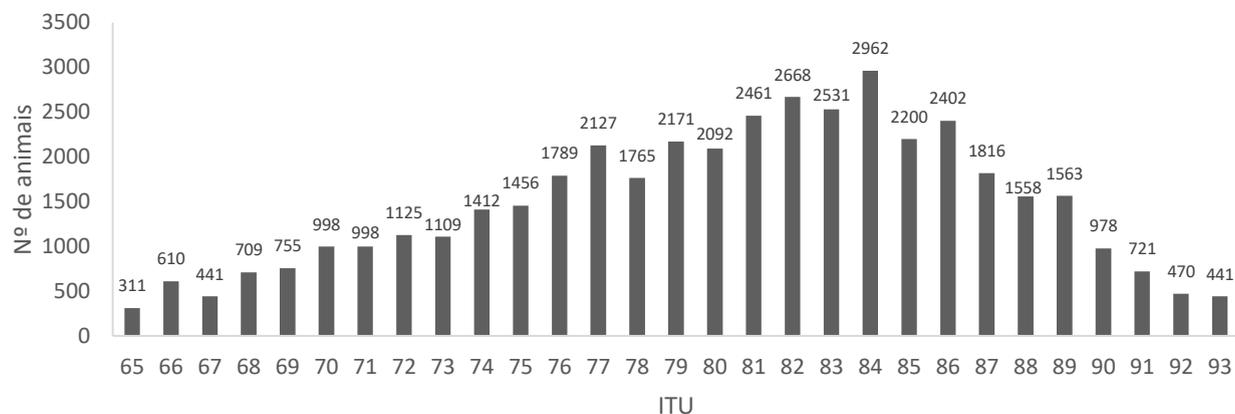


Figura 2. Distribuição do número de animais por índice de temperatura e umidade.

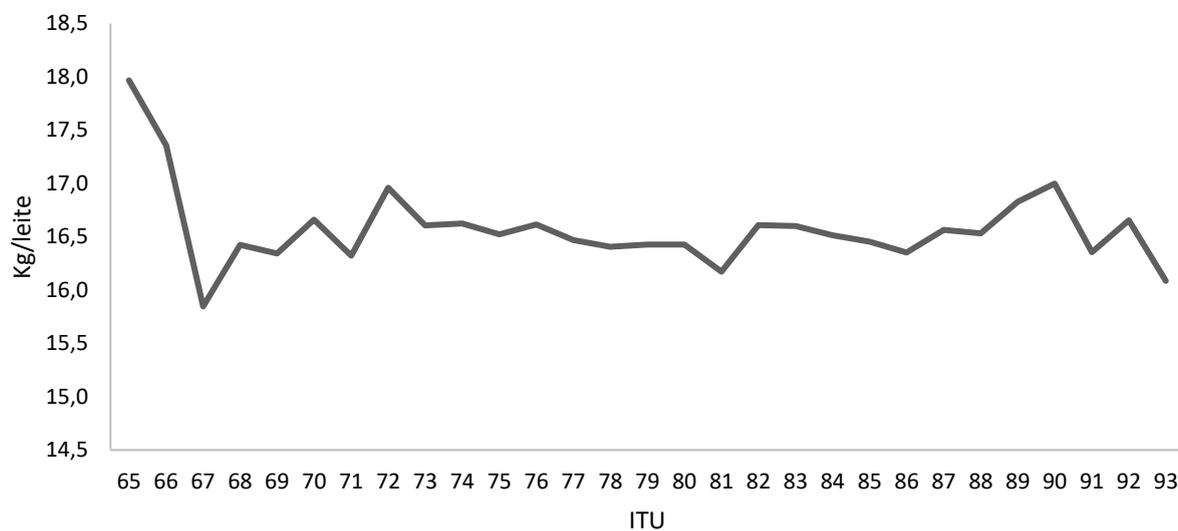


Figura 3. Quadrados mínimos da produção de leite no dia do controle (intervalo de lactação de 5 a 120 dias) em função do índice de temperatura e umidade (ITU).

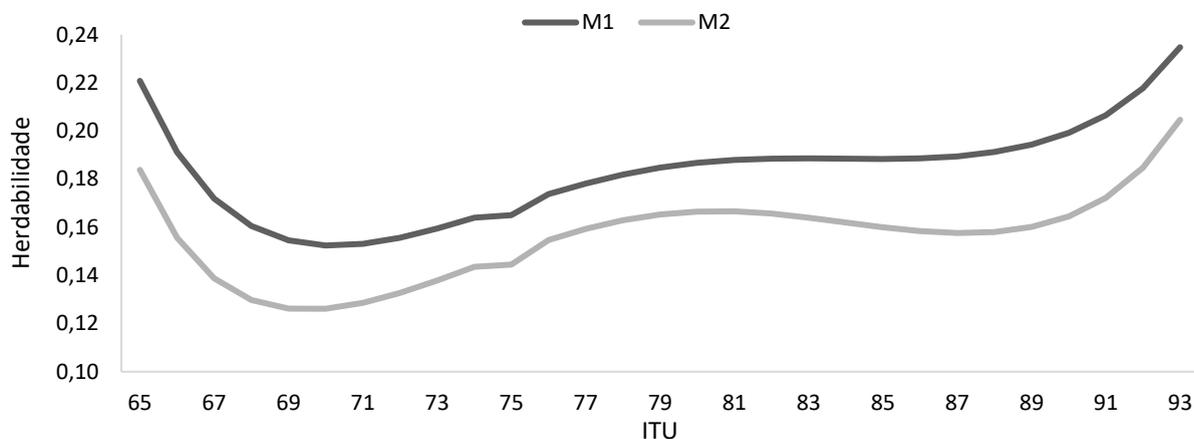


Figura 4. Herdabilidade para produção de leite calculada pelos modelos sem e com efeito fixo do grupo genético (M1 e M2 respectivamente), nos diferentes valores de índice de temperatura e umidade.

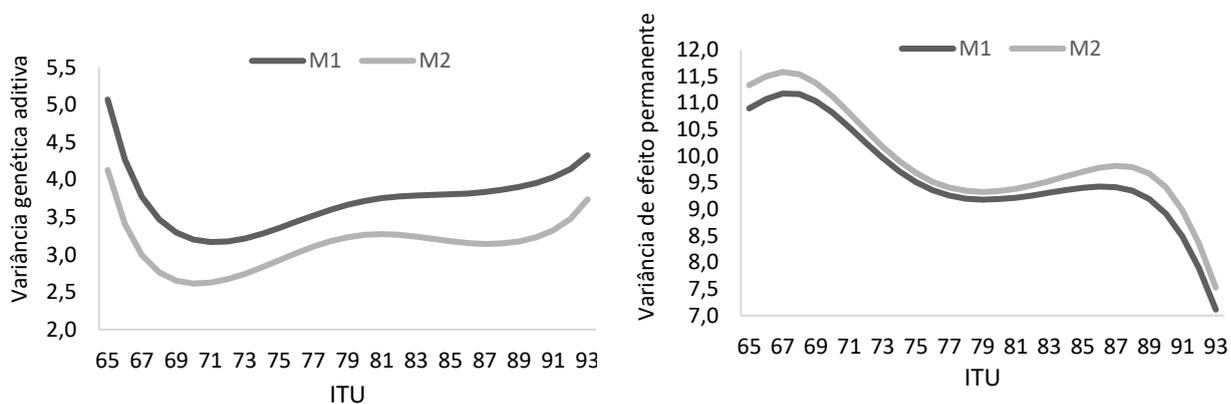


Figura 5. Variância genética aditiva (a) e variância de efeito permanente (b) para a característica de produção de leite, calculada pelos modelos sem e com efeito fixo do grupo genético (M1 e M2 respectivamente), nos diferentes valores do índice de temperatura e umidade.

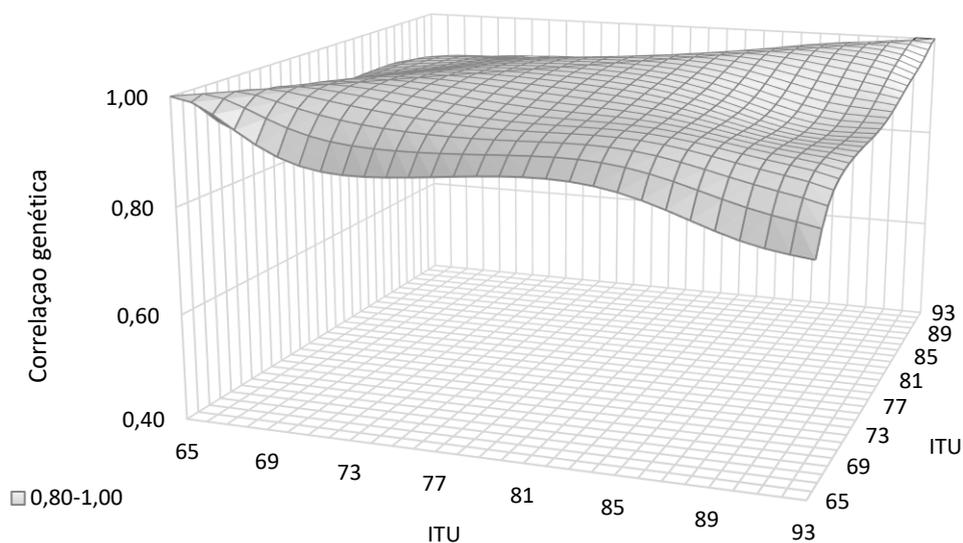


Figura 6. Correlação genética da produção de leite para as diferentes combinações dos valores do índice de temperatura e umidade, utilizando o modelo que considerou o grupo genético como efeito fixo (M2).

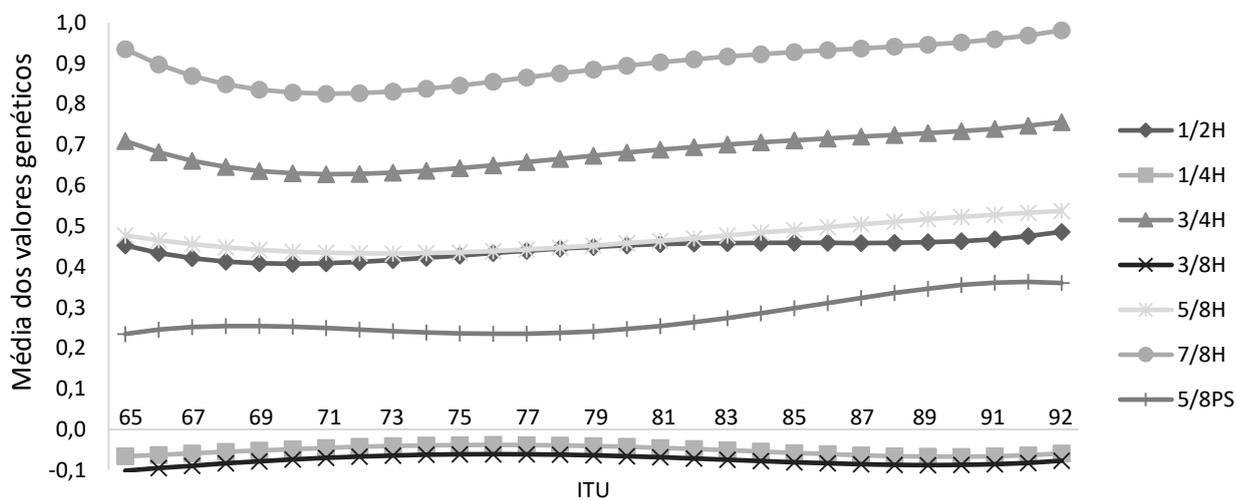


Figura 7. Comportamento das médias dos valores genéticos dos diferentes grupos genéticos de acordo com o aumento do ITU.

CAPÍTULO III

1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil é um país de dimensões continentais, com clima tropical e diferentes disponibilidades de recursos, todos esses fatores afetam a pecuária nacional, favorecendo a existência da interação genótipo ambiente, aonde um genótipo apresenta diferentes resultados de acordo com o ambiente em que é criado.

O setor da bovinocultura leiteira reconhece a importância dos fatores ambientais no desempenho de vacas de leite, sendo que esses fatores podem vir a favorecer ou prejudicar a produção de leite dependendo da situação. Com isso, a busca por animais mais adaptados e produtivos sempre foi interesse de produtores e de forma a atender esse objetivo, o cruzamento entre as raças Holandesa e Gir se tornou uma estratégia interessante, no entanto não existem estudos que exploram a genética desses animais para a tolerância ao estresse térmico.

Diante das mudanças nas variáveis ambientais que vem ocorrendo, como aumento da temperatura, o interesse pela identificação e seleção de animais mais resilientes ao estresse térmico, vem aumentando cada vez mais. Com isso o estudo realizado nos mostrou que além da raça Girolando ter sua produção afetada pelos índices de temperatura a umidade, também foi possível constatar que os grupos genéticos da raça são afetados pelo estresse térmico em diferentes intensidades, proporcionando assim ao produtor a seleção de grupos genéticos mais tolerantes ao estresse térmicos, ou seja mais bem preparados para as mudanças ambientais que vem ocorrendo.

2. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, L. G. **Regressão aleatória**: nova tecnologia pode melhorar a qualidade das avaliações genéticas. *In*: SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 5., 2004, Pirassununga, SP. **Anais** [...]. Pirassununga, SP, 2004.
- AZEVEDO, M. *et al.* Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ e $\frac{7}{8}$ holandês – zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 2000-2008, 2005.
- BACCARI JUNIOR, F. Adaptação de sistemas de manejo na produção de leite em climas quentes. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1., 1998, Piracicaba. **Anais** [...]. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 24-67.
- BEEDE, D. K.; COLLIER, R. J. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 62, n. 2, p. 543-555, 1986.
- BOHMANOVA, J. I. *et al.* National genetic evaluation of milk yield for heat tolerance of United States Holsteins. *In*: INTERBULL MEETING, 33., 2005, Uppsala. **Proceedings** [...]. Uppsala, Sweden, 2005. p.160-162.
- BONAFÉ, C. M. *et al.* Modelos de regressão aleatória para descrição da curva de crescimento de codornas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 4, p. 765-771, 2011.
- BOND, G. B. *et al.* Métodos de diagnóstico e pontos críticos de bem-estar de bovinos leiteiros. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, p. 1286-1293, 2012.
- BOHLOULI, M. *et al.* The relationship between temperature–humidity index and test-day milk yield of Iranian Holstein dairy cattle using random regression model. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 157, p. 414-420, 2013.
- BROOM, D. M. Indicators of poor welfare. **British Veterinary Journal**, London, v.142, n. 6, p. 524-526, 1986.
- BRÜGEMANN, K. *et al.* Application of random regression models to infer the genetic background and phenotypic trajectory of binary conception rate by alterations of temperature x humidity indices. **Livestock Science**, Amsterdam, v.157, p. 389–396, 2013.
- CRUZ, L. V. *et al.* Efeitos do estresse térmico na produção leiteira: revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, Garça, ano 9, n. 16, 2011.

DALCIN, V. C. **Parâmetros fisiológicos em bovinos leiteiros submetidos ao estresse térmico**. 2013. 49 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

DUBOIS, P. R.; WILLIAMS, D. J. Increased incidence of retained placenta associated with heat stress in dairy cows. **Theriogenology**, Los Altos, v. 13, n. 2, p. 115–121, 1980.

EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Programa de melhoramento genético da raça Girolando: teste de progênie: sumário de touros 2010**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2010. 58 p. (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 139).

HAHN, G. L. *et al.* Cattle respiration rate as a function of ambient temperature. Transactions of the ASAE / the American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph (Michigan), v. 40, p.97-121, 1997.

HULME, P. H. Adapting to climate change: is there scope for ecological management in the face of a global threat. **Journal of Applied Ecology**, Londres, v. 42, n. 5, p. 784-794. 2005.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da pecuária municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. v. 45, 8 p.

JAMROZIK, J.; SCHAEFFER, L. Estimates of genetic parameters for a test day model with random regressions for yield traits of first lactation Holsteins. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, p. 762-770, 1997.

JOHNSON, H. D. *et al.* **Effect of various temperature-humidity combinations on milk productions of holstein cattle**. Columbia: University of Missouri, 1962. 39 p.

LOUGH, D. E. *et al.* Effects of feed intake and thermal stress on mammary blood flow and other physiological measurements in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 73, n. 2, p. 325-332, 1990.

MARTELLO, L. S. *et al.* Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, p. 181-191, 2004.

McMANUS, C. *et al.* Heat tolerance in Brazilian sheep: physiological and blood parameters. **Tropical Animal Health and Production**, Edinburgh, v. 41, n. 1, p. 95–101, 2009.

MEYER, K. Advances in methodology for random regression analyses. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v. 45, p. 847-858, 2005.

NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **A guide to environmental research on animals**. Washington: National Academy of Science, 1971.

PASSINI, R.; BARROS, B. C.; MACENA, T. C. Teste de tolerância ao calor em bovinos Girolando cruzados no centro-oeste do Brasil. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v. 8, n. 3, p.163-168, 2014.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados. **BioEng**, Campinas, v.1, n. 2 p.17-126, maio/ago. 2007.

PINARELLI, C. The effect of heat stress on milk yield. **Latte**, Milan, v. 28, n. 12, p. 36-38, 2003.

RAVAGNOLO. I.; MISZTAL.; G. HOOGENBOOM. Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 2120-2125, 2000.

RICCI, G. D.; ORSI, A. M.; DOMINGUES, P. F. Estresse calórico e suas interferências no ciclo de produção de vacas de leite – revisão. **Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, v. 20, n. 3, p. 9-18, 2013.

SANTANA, M. L. *et al.* Detrimental effect of selection for milk yield on genetic tolerance to heat stress in purebred Zebu cattle: Genetic parameters and trends. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 98, p. 9035 – 9043, 2015.

SANTANA, 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 Dairy Science**, Champaign, v. 57, p. 119-127, 2016.

SANTANA, M. L. *et al.* Genetics of heat tolerance for milk yield and quality in Holsteins. **Animal**, Cambridge, v. 1, n. 1 p. 4–14, 2016.

SILVA, I. J. O. *et al.* Efeitos da climatização do curral de espera na produção de leite de vacas holandesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 5, p. 2036-2042, 2002.

SILVA, R. G. **Introdução a bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.

STAPLES, C. R. Alimentação de vacas leiteiras sob estresse térmico. *In*: CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 13., 2009, Uberlândia. **Anais [...]**. Uberlândia: Conapec Jr, 2009. p. 42-58.

ST-PIERRE, N. R.; COBANOV, B.; SCHNITKEY, G. Economic losses from heat stress by US livestock industries. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, p. E52-E77, 2003. Suplemento.

SHWARTZ, G. M. L. *et al.* Effects of a supplemental yeast culture on heat-stressed lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 92, n. 3, p. 935-942, 2009.

THATCHER, W. W. Manejo de estresse calórico e estratégias para melhorar o desempenho lactacional e reprodutivos em vacas de leite. *In: CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS*, 14., 2010, Uberlândia. **Anais** [...]. Uberlândia: Conapec Jr, 2010. p. 2-25.

TITTO, E. A. L. Clima: influência na produção de leite: ambiência na produção de leite em clima quente. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE*, 1., 1998, Piracicaba. **Anais** [...]. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 10-23.

3. APÊNDICE

LIVESTOCK PRODUCTION

PREPARATION

Peer review

This journal operates a single blind review process. All contributions will be initially assessed by the editor for suitability for the journal. Papers deemed suitable are then typically sent to a minimum of two independent expert reviewers to assess the scientific quality of the paper. The Editor is responsible for the final decision regarding acceptance or rejection of articles. The Editor's decision is final. More information on types of peer review.

Article structure

Manuscripts should have numbered lines, with wide margins and double spacing throughout, i.e. also for abstracts, footnotes and references. Every page of the manuscript, including the title page, references, tables, etc., should be numbered. However, in the text no reference should be made to page numbers; if necessary, one may refer to sections. Avoid excessive usage of italics to emphasise part of the text.

Manuscripts in general should be organised in the following order:

- Title should be clear, descriptive and not too long
- Abstract
- Keywords (indexing terms)
- Introduction
- Material studied, area descriptions, methods, techniques
- Results
- Discussion
- Conclusion
- Acknowledgment and any additional information concerning research grants, and so on
- References
- Figure captions
- Figures (separate file(s))
- Tables (separate file(s))

Pdf-files for text and tables cannot be used for production purposes. You are kindly requested to upload the text pages and references as a word processor file (Word, Wordperfect, Open Office, rtf). Line numbers are mandatory for the text file. The tables can be part of this file or can be uploaded as one or more separate files. Tables can also be uploaded as separate spreadsheet files. Line numbers are not needed on pages with tables or figures.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. You can add your name between parentheses in your own script behind the English transliteration. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower- case superscript letter immediately after the author's name and in front

of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.

- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. This responsibility includes answering any future queries about Methodology and Materials. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**

- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

-

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). You can view example Highlights on our information site.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

The abstract should not be longer than 400 words.

Graphical abstract

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. You can view Example Graphical Abstracts on our information site.

Authors can make use of Elsevier's Illustration Services to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Formatting of funding sources

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, please include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Nomenclature and units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI. You are urged to consult IUB: Biochemical Nomenclature and Related Documents for further information.

Authors and Editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the *International Code of Botanical Nomenclature*, the *International Code of Nomenclature of Bacteria*, and the *International Code of Zoological Nomenclature*.

All biotica (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is first used, with the exception of common domestic animals. All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first used in the text. Active ingredients of all formulations should be likewise identified.

Math formulae

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Equations should be numbered serially at the right-hand side in parentheses. In general only equations explicitly referred to in the text need be numbered.

The use of fractional powers instead of root signs is recommended. Powers of e are often more conveniently denoted by exp.

Levels of statistical significance which can be mentioned without further explanation are *P < 0.05, **P < 0.01 and ***P < 0.001.

In chemical formulae, valence of ions should be given as, e.g. Ca²⁺, not as Ca⁺⁺.

Isotope numbers should precede the symbols, e.g. ¹⁸O.

The repeated writing of chemical formulae in the text is to be avoided where reasonably possible; instead, the name of the compound should be given in full. Exceptions may be made in the case of a very long name occurring very frequently or in the case of a compound being described as the end product of a gravimetric determination (e.g. phosphate as P_2O_5).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.
- Submit each illustration as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format.

Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi. TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are

reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. Further information on the preparation of electronic artwork.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

References

References concerning unpublished data and "personal communications" should not be cited in the reference list but may be mentioned in the text.

Data references

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support Citation Style Language styles, such as Mendeley. Using citation plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. If you use reference management software, please ensure that you remove all field codes before submitting the electronic manuscript. More information on how to remove field codes from different reference management software.

Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/livestock-science>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plug-ins for Microsoft Word or LibreOffice

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication. Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of

references can be listed either first alphabetically, then chronologically, or vice versa.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999).... Or, as demonstrated (Jones, 1999; Allan, 2000)... Kramer et al. (2010) have recently shown ...'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

<https://doi.org/10.1016/j.Sc.2010.00372>.

Reference to a journal publication with an article number:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2018. The art of writing a scientific article. *Heliyon.* 19, e00205.

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00205>.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp.281–304.

Reference to a website:

Cancer Research UK, 1975. Cancer statistics reports for the UK.

<http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/> (accessed 13 March 2003).

Reference to a dataset:

[dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T., 2015. Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions. *Mendeley Data*, v1. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word Abbreviations.

VITTA

Maíza Scheleski da Rosa, filha de Vanderson Paz da Rosa e Sônia Regina Scheleski, nasceu em Ijuí/RS, no dia 17 de novembro de 1994. Em 2012 ingressou no curso de graduação em Zootecnia no Instituto Federal Farroupilha – Campus Alegrete e concluiu o curso em abril de 2017. No mesmo ano ingressou no curso de Mestrado junto ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), sendo bolsista capes. Foi submetida à banca examinadora de defesa de dissertação em março de 2019.