

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE DOUTORADO**

**RESPOSTAS ADAPTATIVAS DA PELE DE NOVILHOS NELORE
SUPLEMENTADOS EM PASTAGEM TROPICAL**

Lucimara Modesto Nonato

CAMPO GRANDE, MS

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE DOUTORADO

RESPOSTAS ADAPTATIVAS DA PELE DE NOVILHOS NELORE
SUPLEMENTADOS EM PASTAGEM TROPICAL

*ADAPTIVE RESPONSES OF THE SKIN OF NELORE STEERS SUPPLEMENTED IN TROPICAL
GRASSLAND*

Lucimara Modesto Nonato

Orientador: Prof. Dr. Luís Carlos Vinhas Ítavo

Tese apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito à obtenção do título de Doutora em Ciência Animal. Área de concentração: Produção Animal.

CAMPO GRANDE, MS

2022



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



Certificado de aprovação

LUCIMARA MODESTO NONATO

Respostas adaptativas da pele de novilhos Nelore suplementados em pastagem tropical

Adaptive responses of the skin of Nelore steers supplemented in tropical grassland

Tese apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito para obtenção do título de Doutora em Ciência Animal.

Área de concentração: Produção Animal.

Aprovado em: 12-12-2022

BANCA EXAMINADORA:

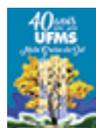
Dr. Luis Carlos Vinhas Itavo
(UFMS) – (Presidente)

Dr. Alexandre Menezes Dias
(UFMS)

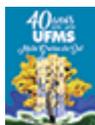
Dr. Gelson dos Santos Difante
(UFMS)

Dr. Rodrigo Gonçalves Mateus
(UCDB)

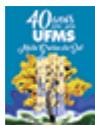
Dra. Vanessa Zirondi Longhini
(UFMS)



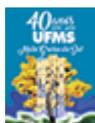
Documento assinado eletronicamente por **Vanessa Zirondi Longhini, Professora do Magistério Superior**, em 14/12/2022, às 15:36, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



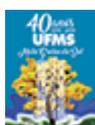
Documento assinado eletronicamente por **Luis Carlos Vinhas Itavo**, **Professor do Magisterio Superior**, em 14/12/2022, às 15:41, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Gelson dos Santos Difante**, **Professor do Magisterio Superior**, em 14/12/2022, às 16:29, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Gonçalves Mateus**, **Usuário Externo**, em 17/12/2022, às 08:39, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alexandre Menezes Dias**, **Professor do Magisterio Superior**, em 05/01/2023, às 11:35, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3734447** e o código CRC **C738F2CE**.

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

Av Costa e Silva, s/nº - Cidade Universitária

Fone:

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS

Dedicatória

Dedico aos meus pais

Gileno de Almeida Costa Nonato e Ronilda Galvão Modesto Nonato

Dedico ao meu marido e as minhas filhas

Jacy Ramos de Souza Neto

Maitê Modesto Nonato de Souza e Lara Modesto Nonato de Souza

Ofereço

À minha irmã Luciana e meus sobrinhos Benício e Bernardo

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter abençoado todos os dias da minha vida, por iluminar meu caminho e me dar forças para seguir sempre em frente e chegar até aqui.

Aos meus pais Gileno de Almeida Costa Nonato e Ronilda Galvão Modesto Nonato, agradeço hoje e sempre por todo amor que me dedicaram e por toda educação que me proporcionaram. Vocês são meu exemplo de vida e meu alicerce de sustentação.

Ao meu marido Jacy Ramos de Souza Neto; por todo amor, carinho e compreensão durante essa longa jornada.

Às minhas filhas Maitê Modesto Nonato de Souza e Lara Modesto Nonato de Souza; que são o melhor e mais desafiador capítulo da minha história. Essa conquista é por vocês e para vocês. Amo vocês com toda minha alma e todo meu coração.

À minha irmã Luciana, pela amizade, carinho e companheirismo de sempre; por estar sempre torcendo pelas minhas conquistas.

Ao meu orientador Prof. Dr. Luís Carlos Vinhas Ítavo, pessoa de extrema competência que acreditou em minha capacidade de aprender mais, e me deu a oportunidade de evoluir como profissional.

A todos os colegas do grupo de estudos NPR-UFMS (Nutrição e Produção de Ruminantes da UFMS) e do Laboratório de Nutrição Aplicada – UFMS, que foram essenciais para a realização deste projeto.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e todos os professores, servidores e técnicos da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FAMEZ) que de alguma forma participaram na realização do projeto de pesquisa ou que contribuíram de alguma forma ao longo do curso.

A todos os não mencionados diretamente nessa seção, mas que fizeram parte dessa etapa da minha caminhada, muito obrigada.

*“Deus nos concede, a cada dia, uma página de vida nova no livro do tempo.
Aquilo que colocarmos nela, corre por nossa conta.”*
(Chico Xavier.)

Resumo

NONATO, L.M. **Respostas adaptativas da pele de novilhos nelore suplementados em pastagem tropical**. 2022. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2022.

As áreas tropicais apresentam elevados níveis de radiação solar e elevadas temperaturas, que parecem ser os principais fatores que afetam a adaptação da pecuária nesse ambiente. Foram testadas as seguintes hipóteses, i) que a suplementação com diferentes fontes proteicas (proteína verdadeira \times nitrogênio não proteico - NNP) não causam alterações na capacidade de adaptação da pele de novilhos Nelore ao sol em diferentes estações do ano; e, ii) que as diferentes estações do ano afetam a adaptação da pele de novilhos Nelore. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da substituição da proteína verdadeira (farelo de soja) por NNP (ureia extrusada) no suplemento sobre as características da pele de novilhos na fase de recria mantidos em pastagens. Foram utilizados 36 novilhos Nelore com peso inicial de 256,6 kg \pm e 15 meses de idade. Os animais foram identificados e distribuídos em piquetes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. A área experimental foi constituída de quatro piquetes (quatro hectares cada), sendo dois piquetes por tratamento com nove animais cada piquete de acordo com delineamento inteiramente casualizado. Foram formulados dois suplementos, contendo duas fontes de nitrogênio (ureia extrusada e farelo de soja) com 41% e 26,7% de proteína bruta com base na matéria seca, para o período chuvoso (águas) e período seco (transição águas – seca), respectivamente. Os suplementos foram fornecidos dois meses antes do início da coleta de pele em 0,45% do peso corporal (PC) durante o período chuvoso (águas) e 0,70% PC no período seco (transição águas – seca). As biópsias de pele foram realizadas em três estações do ano: verão (dezembro), outono (março) e inverno (julho). As lâminas de pele foram utilizadas para medir a espessura do epitélio (μm linear) e espessura da derme (μm linear); nas glândulas sudoríparas foram medidos: área (μm^2), profundidade (μm linear) e contagem de glândulas sudoríparas e folículos pilosos. A fonte de proteína do suplemento tem efeitos sobre o comprimento da porção glandular, número de folículos e área da glândula em novilhos Nelore durante a fase de recria em diferentes épocas do ano. A pele dos novilhos suplementados com farelo de soja apresentou maior número de folículos no verão e menor área e comprimento das glândulas sudoríparas, o que leva à maior adaptação ao ambiente. Houve mudanças na pele nas diferentes épocas do ano em função da insolação e da temperatura ambiente para todas as outras variáveis avaliadas.

Palavras-chave: ureia extrusada; proteína; glândula sudorípara; pele; suplementação

Abstract

NONATO, L.M. **Adaptive skin responses of Nelore steers supplemented on tropical pasture.** 2022. Thesis (Doctorate degree) - Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Federal University of Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2022.

Tropical areas have high levels of solar radiation and high temperatures, which seem to be the main factors that affect the adaptation of livestock in this environment. The following hypotheses were tested, i) that supplementation with different protein sources (true protein \times non-protein nitrogen - NNP) does not cause changes in the skin adaptability of Nelore steers to the sun in different seasons of the year; and, ii) that the different seasons of the year affect the skin adaptation of Nelore steers. The objective of this work was to evaluate the effects of replacing true protein (soybean meal) by NNP (extruded urea) in the supplement on the characteristics of the skin of steers in the growing phase maintained on pastures. Thirty-six Nelore steers with an initial weight of 256.6 kg \pm and 15 months old were used. The animals were identified and distributed in paddocks of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. The experimental area consisted of four paddocks (four hectares each), two paddocks per treatment with nine animals each paddock, according to a completely randomized design. Two supplements were formulated, containing two sources of nitrogen (extruded urea and soybean meal) with 41% and 26.7% of crude protein based on dry matter, for the rainy season (wet) and dry period (wet-drought transition), respectively. Supplements were provided two months before the start of skin collection at 0.45% of body weight (BW) during the rainy season (wet) and 0.70% BW in the dry period (wet-drought transition). Skin biopsies were performed in three seasons: summer (December), autumn (March) and winter (July). Skin slides were used to measure epithelial thickness (linear μm) and dermal thickness (linear μm); in the sweat glands were measured: area (μm^2), depth (linear μm) and count of sweat glands and hair follicles. The protein source of the supplement has effects on the length of the glandular portion, number of follicles and gland area in Nelore steers during the rearing phase at different times of the year. The skin of steers supplemented with soybean meal showed a greater number of follicles in the summer and a smaller area and length of sweat glands, which leads to greater adaptation to the environment. There were changes in the skin at different times of the year as a function of sunlight and ambient temperature for all other variables evaluated.

Keywords: extruded urea; protein; sweat gland; skin; supplementation

Lista de ilustrações

Revisão Bibliográfica

Figura 1 - Relação entre produção de calor animal e temperatura ambiente.....	6
---	---

Artigo

Figura 1 - Precipitação acumulada, umidade relativa e temperatura do ar (mínima e máxima) de Campo Grande, MS, Brasil (média dos anos 2017 e 2018). Dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).....	32
Figura 2 - Médias da radiação global (KJ/m ²) e velocidade do vento (km/h) de Campo Grande, MS, Brasil (média dos anos 2017 e 2018). Dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).....	33
Figura 3 - Morfologia da pele de bovinos submetida ao Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).....	34
Figura 4 - Número de folículos, área e comprimento de glândulas sudoríparas de novilhos em função do suplemento.....	35
Figura 5 - Espessura da derme de novilhos em função do suplemento.....	36
Figura 6 - Espessura da derme de novilhos em função da época do ano.....	37
Figura 7 - Profundidade de glândulas sudoríparas de novilhos em função da época do ano....	38
Figura 8 - Número de glândulas sudoríparas de novilhos em função da época do ano.....	39

Lista de tabelas

Artigo

Tabela 1 - Ingredientes e composição química dos suplementos em função da fonte de nitrogênio.....	40
Tabela 2 - Características da pele de novilhos recriados em pastagem em função do suplemento e da época do ano.....	41
Tabela 3 - Correlação de Pearson entre as características da pele de novilhos recriados em pastagem.....	42

SUMÁRIO

1.Introdução.....	1
2.Revisão de Literatura.....	3
2.1.Adaptação dos bovinos zebuínos ao clima tropical.....	3
2.2.Estresse térmico e termorregulação.....	4
2.3.Características da pele.....	6
2.4.Fatores ambientais que afetam a ingestão de alimentos.....	8
2.4.1.Temperatura.....	8
2.4.2.Umidade Relativa do Ar.....	9
2.4.3.Radiação.....	9
2.4.4.Vento.....	10
2.5.Consumo de proteína.....	11
2.6.Referências Bibliográficas.....	12
3. Artigo - Características da pele de Novilhos Nelore suplementados com diferentes fontes de nitrogênio durante a fase de recria em pastagem.....	19
Resumo.....	19
Introdução.....	21
Material e Métodos.....	23
Resultados.....	25
Discussão.....	26
Conclusão.....	29
Referências Bibliográficas.....	29
4.Considerações finais.....	43

1. INTRODUÇÃO

O bem-estar animal é definido como a forma como os animais respondem às suas condições de vida. Animais confortáveis, seguros, bem nutridos, livres de dor, medo, sofrimento e capazes de expressar seu comportamento natural são considerados saudáveis. Assim sendo, instalações e manejo adequados são essenciais para a definição de bem-estar animal e melhor produção animal (OIE, 2002).

O bem-estar animal é um tema que é discutido em todo o mundo, não só na indústria, mas principalmente no campo científico, e o Brasil tem feito avanços significativos nesse tema devido às exigências dos países que importam produtos de origem animal (Queiróz et al., 2014). A carne é uma das maiores fontes de proteína e um dos alimentos mais consumidos pelo ser humano, no entanto, as pessoas estão cada vez mais preocupadas com a qualidade e procedência dos produtos que consomem. E com isso, os países importadores de proteína animal exigem melhores condições de produção, transporte e abate para promover o bem-estar animal (Hocquette et al., 2012).

A maior parte dos animais utilizados na produção e exportação mundial de carne bovina é criada no ambiente do bioma Cerrado, o segundo maior bioma do Brasil (depois da Amazônia), com uma área de pouco mais de 200 milhões de hectares e um rico patrimônio de recursos naturais renováveis adaptados às condições adversas de clima, solo e água (Klink et al., 2005).

O clima do Cerrado é classificado como AW (segundo Koppen), com temperatura média de 23°C, máximas que podem ultrapassar 40°C, e radiação solar muito forte (Marin et al., 2008). O clima representa um conjunto de fenômenos meteorológicos de natureza complexa que atuam individualmente e em conjunto sobre o comportamento dos animais, e estes tentam constantemente se adaptar às condições ambientais em busca pelo conforto térmico (Pereira, 2005). Os bovinos de clima tropical, especialmente aqueles criados em pastagens, ficam exposto à luz solar e a outras condições climáticas constantemente e por isso estão suscetíveis a estados de estresse permanentes (Deitenbach et al., 2008).

O estresse térmico é um estado fisiológico causado por uma combinação de condições ambientais (Barbosa e Silva, 1995). Portanto, entender a adaptabilidade das diferentes espécies ou variedades de bovinos desenvolvidas no Brasil é muito importante para viabilizar economicamente a produção. A adaptabilidade pode ser avaliada pela habilidade dos animais em se adaptarem às condições ambientais médias e climas extremos (Baccari Júnior et al., 1986). As áreas tropicais apresentam elevados níveis de radiação solar e elevadas temperaturas, que parecem ser os principais fatores que afetam a adaptação da pecuária nesse ambiente (Silva e Maia, 2013).

Bovinos zebuínos (*Bos taurus indicus*) trazidos da Índia começaram a ser introduzidos no Brasil no final do século XIX. Esses animais sobreviveram, se reproduziram e se adaptaram a novos ambientes, além de desenvolver adaptabilidade ao ambiente natural e sistemas de produção específicos (Mariante e Egito, 2002; Chan et al., 2010). Animais zebuínos são amplamente reconhecidos por seus atributos de adaptação térmica a ambientes tropicais e subtropicais, incluindo uma proporção maior da superfície da pele para a proporção de massa corporal, pigmentação da pele mais escura, pelos mais curtos e claros, glândulas sudoríparas maiores e mais numerosas, além da capacidade de aumentar substancialmente o suprimento de sangue à pele (Landaeta-Hernández et al., 2011; Fonsêca et al., 2016; Melo Costa et al., 2018).

A abordagem da dinâmica de tolerância ao calor em bovinos é cada vez mais utilizada como ferramenta de seleção de raças e em consequência indivíduos que sejam mais adaptados à determinadas regiões. No entanto, existem poucos estudos sobre a relação entre o mecanismo de controle térmico de bovinos Nelore (principal raça utilizada no sistema extensivo de criação do Brasil) e o meio ambiente (Oliveira, 2017). Isso evidencia a necessidade de esclarecimento dessas relações, pois a adaptação não está relacionada apenas à raça, mas também ao sexo, à categoria animal e às características inerentes ao indivíduo (Oliveira, 2017).

Como os efeitos do estresse térmico são variados, é difícil resolver esse problema com uma única ação. Entre as opções possíveis, a nutrição pode desempenhar um papel importante e eficiente. A incorporação de aditivos tecnológicos inovadores nas dietas dos animais pode funcionar em diferentes níveis para combater os efeitos dos climas quentes e úmidos, garantindo e mantendo o desempenho animal de três maneiras: aditivos à base de extratos vegetais para manter o consumo, graças à ação de seus ingredientes ativos que estimulam a atividade enzimática e auxiliam na digestão dos alimentos; a gestão do suprimento mineral através de aditivos também ajuda a aumentar a ingestão de alimentos e melhorar o equilíbrio eletrolítico; e os extratos vegetais que aumentam a produção de saliva, que complementa o efeito tampão da dieta (Pascard, 2017).

Tendo em vista que o aporte nutricional proteico é importante para os animais que estão em condições de estresse térmico, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da substituição da proteína verdadeira (farelo de soja) por nitrogênio não proteico (NNP - ureia extrusada) no suplemento sobre as estruturas da pele (espessura da epiderme, espessura da derme, glândulas sudoríparas e folículos pilosos) de novilhos na fase de recria mantidos em pastagem.

Diante disso, foi testada a hipótese que os efeitos da suplementação de novilhos Nelore com diferentes fontes proteicas (proteína verdadeira × NNP) não causam alterações nas estruturas da pele responsáveis pela adaptação ao sol em diferentes estações do ano.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Adaptação dos bovinos zebuínos ao clima tropical

Entre os zebuínos, o que tem maior influência no processo de ocupação do Brasil central é a raça Nelore. A história conta que a primeira aparição de animais Nelore no país ocorreu em 1868, quando um navio atracou em Salvador com um casal da raça a bordo, e então eles foram vendidos e permaneceram no país. Por outro lado, após o surgimento da biologia molecular e posterior análise do DNA mitocondrial, é sabido que rebanhos de fêmeas Nelore oriundas da Índia, país de origem da raça, previamente adaptadas serviram de base para a transmissão da herança genética da raça. Sendo assim, os genes maternos contribuíram decisivamente para a extraordinária adaptabilidade do Nelore, que pode ser considerado o gado de corte mais popular do Brasil no século XXI (Silva et al., 2012).

O Brasil possui o maior rebanho zebuíno comercial do mundo, com aproximadamente 211 milhões de cabeças, representadas por genótipos puros e híbridos (Livestock, 2016), dos quais 85% do total de animais registrados são da raça Nelore (McManus et al. 2009; McManus et al. 2016). Atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor comercial de carne bovina e desempenha um papel importante como fornecedor de proteína animal para a população mundial (McAlpine et al. 2009; Latawiec et al. 2014; McManus et al. 2016).

A raça Nelore é conhecida por sua robustez e adaptabilidade ao clima brasileiro e às espécies de pasto cultivadas. Além disso, apresenta partos regulares e nascimento de bezerros saudáveis. Esses fatores tornaram essa raça uma das preferidas pelos pecuaristas de corte brasileiros. Seu mecanismo de melhor tolerância às regiões tropicais se deve à grande capacidade de dissipação de calor pela superfície da pele, principalmente em função das glândulas sudoríparas, que apresentam maior diâmetro do que as dos bovinos europeus (*Bos taurus*) (Duarte et al., 2006; Nay, 1959).

A adaptabilidade mais importante dos bovinos da raça Nelore é que a superfície da pele tem uma pelagem branca curta e densa coberta com pele altamente pigmentada (Silva et al. 2003). Além disso, maior comprimento do corpo, altura de cernelha, perímetro torácico e giba proeminente (cupim) também foram características atribuídas à melhor tolerância ao calor da raça Nelore (Bianchini et al. 2006; McManus et al. 2009).

Outros estudos destacaram que animais zebuínos apresentam uma proporção maior da superfície da pele para a proporção de massa corporal (Hansen, 2004), menor metabolismo, resistência do tecido e produção de suor (Schleger e Turner, 1965; O'Kelly e Reich, 1981; Finch, 1985; Camerero et al. 2016; Melo Costa et al. 2017) que explicariam a tolerância térmica dos animais manejados em regiões de clima quente. Essas características estão intimamente associadas

à capacidade do animal de ganhar ou perder energia térmica para o meio ambiente (Chan et al., 2010).

Quando comparado com animais de raças taurinas (*Bos taurus*), o zebu é mais resistente ao calor, principalmente devido a evolução dessas espécies que prevê o aparecimento de alelos relacionados à tolerância ao calor (Hansen, 2004), com habilidades de termorregulação superior devido à menor taxa metabólica e maior capacidade de dissipar calor para o meio ambiente. Portanto, para entender melhor a adaptação de uma determinada população, é necessário estudar os processos de transferência de calor e massa entre os animais e seu ambiente.

2.2. Estresse térmico e termorregulação

Por definição, o estresse térmico é uma forma de manutenção do animal que sofre uma série de alterações neuroendócrinas, fisiológicas e comportamentais em resposta às condições ambientais, como altas temperaturas (Medeiros e Vieira, 1997). O estresse térmico pode afetar negativamente não apenas a reprodução, mas também o consumo de alimentos e água (Dobson e Smith, 2000).

O ambiente térmico envolve a interação de fatores ou elementos complexos, os quais interagem para determinar a magnitude do processo de troca de calor entre o animal e o ambiente. Portanto, para melhorar a eficiência da exploração pecuária, a interação entre os animais e o meio ambiente deve ser considerada, pois as diferentes reações dos animais às peculiaridades de cada região são os fatores decisivos para o sucesso da atividade (Neiva et al., 2004). Por isso a correta identificação dos fatores que afetam a produção e a vida animal, como as pressões causadas pelas oscilações sazonais do meio ambiente, podem ajustar as práticas de manejo do sistema de produção para o alcance da sustentabilidade e da viabilidade econômica (Navarini et al., 2009).

A temperatura é considerada o fator climático de maior impacto no ambiente físico dos animais (Neiva et al., 2004). Nos trópicos, quando combinada com outros parâmetros ambientais na maior parte do ano, pode causar estresse nos animais, que buscam se ajustar para aumentar a dissipação de calor para o meio ambiente, principalmente por meio da termorregulação cutânea e respiratória (Silva, 2000).

Para que os animais sobrevivam e sejam produtivos, eles devem efetivamente manter a temperatura corporal dentro de sua zona de conforto. Esse processo, chamado homeotermia, mantém a temperatura corporal constante, mesmo que a temperatura ambiente sofra variações. Animais homeotérmicos quando expostos a temperaturas abaixo da temperatura corporal, tendem a promover compensação fisiológica, aumentar a produção de calor e, portanto, reduzir as perdas para o meio ambiente, preservando assim sua temperatura interna. Por outro lado, se expostos a altas

temperaturas, os animais diminuem a geração de calor aumentando a perda para o meio ambiente (Pereira, 2005).

Os animais homeotérmicos são geralmente adaptados a vários ambientes. No entanto, algumas alterações térmicas ocorrem no ambiente normal dos animais, fazendo com que eles se sintam estressados, provocando uma diminuição do desempenho, que é o resultado da diminuição na saúde. Dentro de certos limites, os animais mantêm a homeostase e fazem ajustes na fisiologia, comportamento ou imunidade para minimizar as consequências adversas. Porém, neste processo de ajuste, funções como desempenho (produção e reprodução) e bem-estar, serão afetadas quando a intensidade e a duração da fonte de pressão excedem a capacidade de compensação do animal, que é determinada pela hereditariedade (Bertipaglia et al., 2007).

Os bovinos são animais homeotérmicos, mas a capacidade de regular a temperatura corporal pode ser afetada por fatores ambientais e características relacionadas ao próprio animal. Em relação ao ambiente, a radiação solar, o número de animais por metro quadrado, temperatura, velocidade do vento e a umidade do ar são alguns exemplos. Já àqueles relacionados aos animais podemos citar o genótipo, a idade, padrão fisiológico, nutrição e outros (Silva, 2000).

A capacidade de muitos animais se desenvolverem em condições de calor é baseada em respostas compensatórias, como aumento da atividade respiratória e aumento da taxa de suor (Aiura et al., 2010). McManus et al. (2009) e Baêta e Souza (2010) apontaram que a adaptabilidade pode ser medida ou avaliada pela habilidade dos animais em se adaptarem às condições ambientais médias em climas desfavoráveis, com perda mínima de produção e reprodução, alta resistência a doenças, longevidade e baixa mortalidade durante os períodos de estresse. De acordo com Façanha et al. (2013), pelos e características epidérmicas, e reações como taquipneia e sudorese, são mecanismos termorreguladores importantes, e sua associação com reações endócrinas, bioquímicas e hematológicas permite inferir sobre a homeostase, para se configurar como indicadores de segurança de adaptabilidade ambiental de um animal.

Quando a temperatura ambiente está próxima da temperatura corporal, a evaporação se torna a principal forma de perda de calor, pois atua no gradiente de pressão de vapor ao invés do gradiente de temperatura (Collier e Gebremedhin, 2015), e cerca de 70% a 85% da perda máxima de calor por evaporação ocorre através da pele acima da zona termoneutra para os bovinos (Finch, 1986).

Bovinos de raças zebuínas possuem uma zona de conforto térmico entre 10 e 27° C (Ferreira, 2005). Nessa condição, o animal não precisa de nenhum esforço para perder ou ganhar calor. No entanto, temperaturas acima dessa faixa acionam mecanismos de termorregulação, como resposta da frequência respiratória e evapotranspiração. Acima de 35°C, o mecanismo de compensação

começa a falhar, levando ao aumento da temperatura retal e à diminuição da ingestão alimentar, o que leva à diminuição da produção de leite e do peso corporal (Brody, 1956). Em condições extremas, quando a temperatura ultrapassa 40°C, o consumo alimentar reduz cerca de 40% (Maloiy et al., 2008). O papel de outros mecanismos termorreguladores também pode responder ao superaquecimento prolongado, como mudanças na composição do sangue (Albright, 1993).

Para que um animal atinja todo o seu potencial genético produtivo, ele precisa de alimentação adequada, em quantidade e qualidade, e devem ser alocados em ambientes que proporcionem condições climáticas de zona de conforto (Brosh et al., 1998). A zona termoneutra pode ser definida como a temperatura ambiente na qual o animal não é estressado pela exposição ao frio ou ao calor. Nesta área, O consumo fisiológico é pequeno, o conteúdo energético da ração é alto, a temperatura corporal e a fome são moderadas e a produção é excelente (Pereira, 2005). A zona termoneutra é limitada pela temperatura crítica inferior e pela temperatura crítica superior. Abaixo ou acima desses limites, os animais sofrem estresse por frio e pelo calor, respectivamente (Moraes et al., 2000) (Figura 1).

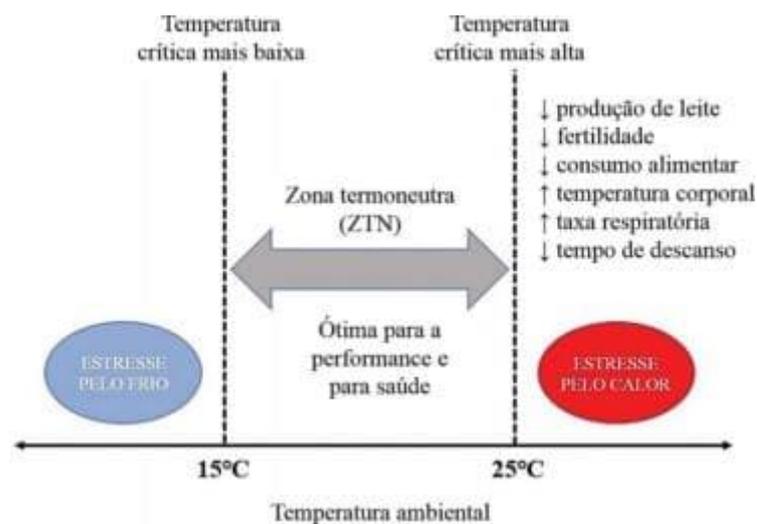


Figura 1 - Relação entre produção de calor animal e temperatura ambiente (Fonte: adaptado de Kadzere et al., 2002).

2.3. Características da pele

A pele é um dispositivo anatômico usado para dissipar o calor. É o maior órgão do corpo e representa uma barreira natural entre o organismo e o meio externo, tendo como principal função prevenir danos físicos, químicos e microbianos (Silva et al., 2010). Consiste em duas camadas (a epiderme e a derme) e órgãos acessórios (foliculos pilosos, glândulas sudoríparas e glândulas sebáceas).

Sendo o órgão mais externo e a primeira barreira entre o animal e o meio ambiente, é muito importante na prevenção da desidratação e na proteção das adversidades do meio ambiente. Problemas de pele e pelagem são uma fonte comum de preocupação em animais de interesse pecuário. A pele é muito ativa metabolicamente, e por conta disso as necessidades metabólicas e nutricionais são altas (Das et al., 2014).

A epiderme é composta por epitélio estratificado pavimentoso queratinizado, que contém células produtoras de queratina (proteína resistente e impermeável responsável pela proteção), melanina (responsável por filtrar os raios ultravioleta) e células do sistema imunológico. Por não possuir vasos sanguíneos, os nutrientes e o oxigênio chegam à epiderme por difusão dos vasos sanguíneos da derme (Ferreira, 2010).

A derme está localizada diretamente sob a epiderme e separada dela por uma fina membrana basal de natureza complexa. A derme é formada principalmente de tecido conjuntivo e serve de suporte para as estruturas da epiderme (folículos pilosos, glândulas sebáceas e glândulas sudoríparas) com as quais tem uma estreita relação histológica (Oliveira, 2007).

Os folículos pilosos dos animais zebuínos possuem um núcleo central relativamente duro, que tende a manter o pelo em posição mais ereta em relação ao bovino europeu (Bavera et al., 2009). É a presença da medula que permite que o pelo fique mais vertical, e é o que promove a evaporação na superfície do corpo.

As glândulas sudoríparas dos mamíferos estão envolvidas na secreção, excreção e regulação da temperatura corporal (Saga, 2002). Diversos estudos verificaram o papel das glândulas sudoríparas dos bovinos na regulação do calor (Brody e Lardy, 1946; Findlay, 1950; Findlay e Yang, 1950). Embora as glândulas apócrinas contribuam pouco para o processo de resfriamento térmico dos humanos, elas são as únicas glândulas sudoríparas eficazes em animais como cavalos, camelos, burros e os próprios bovinos (Bullard et al., 1970).

As glândulas sudoríparas presentes na superfície dos ruminantes são denominadas apócrinas ou epitríquias, pois estão sempre associadas aos folículos pilosos (Azevedo, 2004). Essas glândulas são estimuladas pelo sistema nervoso autônomo simpático, inervadas pelos nervos simpáticos adrenérgicos e, portanto, são ativadas em resposta a um determinado estresse, principalmente o calor (Reece e Júnior, 1996). A principal função das glândulas sudoríparas é produzir suor, o que ajuda a regular a temperatura corporal resfriando o corpo, portanto, quanto mais ativas as glândulas sudoríparas estiverem, mais fácil será perder calor através da transpiração (Silva et al., 2010).

Segundo Silva (2000), a quantidade de suor produzida depende do número de glândulas sudoríparas ativas, por isso o número de glândulas sudoríparas por unidade de área epidérmica é

uma informação importante, principalmente para animais que vivem em locais expostos ao calor constante, que tendem a ter maior densidade numérica de glândulas sudoríparas.

As glândulas sebáceas são encontradas em toda a pele, exceto nos coxins e no plano nasal. A secreção das glândulas sebáceas é do tipo holócrina chamado *sebum*, que mantém a elasticidade da pele, forma um filme de emulsão que cobre toda a superfície da pele e tende a reter a umidade no estrato córneo, evitando a perda de água dessa camada. Descobriu-se também que essa secreção é a fina película que envolve os pelos, proporcionando maciez e brilho a essas estruturas. O *sebum* também coopera para formar uma barreira física e química contra patógenos em conjunto com a secreção das glândulas sudoríparas (Lucas, 2014).

Os zebuínos tendem a ter peles altamente pigmentadas com pelo branco ou de cor clara. Este é o resultado da seleção natural e tem como objetivo proteger os tecidos profundos dos efeitos perigosos da radiação ultravioleta de ondas curtas (<300 nm), que pode facilmente penetrar nas camadas finas dos pelos destes animais (Silva et al., 2003). Nos ambientes tropicais é essencial a proteção contra a radiação de alta intensidade, que é proporcionada pela melanina da pele e/ou pelame (Bertipaglia et al., 2008), sendo essa a função essencial da melanina para os animais que vivem em ambientes tropicais (Silva, 2000).

2.4. Fatores ambientais que afetam a ingestão de alimentos

Em climas tropicais, o baixo desempenho do rebanho está associado aos fatores climáticos mais estressantes, que são alta temperatura, alta umidade relativa do ar e intensa radiação solar (Starling et al., 2005). Esses fatores fazem com que os animais consumam mais água como mecanismo de defesa para diminuir a temperatura corporal e também interferem diminuindo o consumo de alimentos.

2.4.1 *Temperatura*

A temperatura é uma importante variável climática que determina a capacidade adaptativa dos animais em diferentes regiões, interferindo no comportamento e no metabolismo. Influenciado por altas temperaturas, associado à intensa radiação solar, o aumento do calor corporal promove aumentos na frequência respiratória, frequência cardíaca, sudorese e temperatura retal. Mudanças nessas propriedades fisiológicas são projetadas para dissipar o calor metabólico, promover o resfriamento corporal e manter a temperatura em níveis toleráveis (Müller, 1989).

A temperatura é um dos fatores climáticos que tem maior impacto no desempenho animal (Neiva et al., 2004). O consumo começa a diminuir quando a temperatura ambiente está próxima ou acima do nível crítico superior. O consumo de matéria seca (MS) diminui significativamente

quando a temperatura ultrapassa os 26°C (McDowell, 1985). Muitas respostas fisiológicas ao estresse térmico são estratégias para manter a temperatura corporal ideal. A redução da ingestão de MS diminui a produção de calor pela fermentação ruminal, principalmente quando as dietas contêm elementos produtores de fermentação rica em acetato e pobre em propionato, além de serem deficientes em proteína, podendo não ter glicose suficiente para atender toda a demanda, forçando a produção de grandes quantidades de calor, sendo a resposta imediata a redução do consumo (Preston e Lang, 1989).

As avaliações de temperatura do animal e do ambiente podem prever o estado térmico do corpo de um animal no ambiente em que está inserido. Com isso, torna-se uma ferramenta juntamente com outras características que medem a tolerância ao calor dos animais (características de cor e pelagem), essenciais na seleção de animais para climas tropicais (Starling et al. 2005).

2.4.2 *Umidade Relativa do Ar*

A umidade relativa (UR) é um indicador relacionado à capacidade do ar em reter umidade, ou seja, a relação entre a quantidade de água presente em um determinado volume de ar e a quantidade de água presente em uma atmosfera saturada (Ferreira, 2005). Embora a temperatura do ar seja frequentemente considerada o fator climático mais importante, para muitas espécies animais seu impacto depende do nível de umidade atmosférica. Quanto mais um organismo depende de processos de evaporação para regular a temperatura, maior a importância da UR (Silva, 2000).

Para a maioria das espécies domésticas, a UR do ambiente deve estar na faixa de 40% a 70% (Ferreira, 2010). Se o ambiente for quente e a umidade relativa for baixa, a evaporação será rápida, causando irritação na pele e desidratação geral das mucosas e do trato respiratório. No caso de um ambiente muito quente e úmido, a evaporação fica muito lenta ou zero, reduzindo a decomposição térmica, causando o aumento da carga de calor do corpo do animal, basicamente porque a termólise por convecção é limitada em condições de altas temperaturas (Starling et al., 2002).

A UR está altamente inter-relacionada com a velocidade do vento e a radiação, afetando a taxa de consumo de alimentos. O declínio de temperatura corporal é alcançado em parte por evaporação através da pele e pulmões; mas quanto maior a umidade da atmosfera, mais difícil será a evaporação do corpo e desta forma não haverá queda de temperatura corporal. Com isso, os animais tendem a mudar de hábitos de pastejo para se adaptar aos horários mais convenientes (McDowell e Jones, 1974).

2.4.3 *Radiação*

Além da temperatura e umidade relativa, a radiação solar é outro fator climático que influencia a produção animal (Almeida, 2010). A radiação solar direta é a energia eletromagnética de ondas curtas que atinge a Terra após ser parcialmente absorvida pela atmosfera e tem um grande impacto na distribuição anual das temperaturas ao redor do mundo (Baêta e Souza, 2010).

Embora a radiação ultravioleta seja essencial para os animais (síntese da vitamina D e fixação do cálcio); quantidades excessivas podem ser extremamente prejudiciais. A proteção natural dos animais contra a radiação UV é fornecida pela camada de pelos, bem como pela melanina do pelo e da epiderme (Silva et al., 2001).

Nesse contexto, os raios solares desempenham um papel importante na quantidade de calor que um animal recebe, principalmente quando em pastejo (Ferreira, 2005). Segundo Silva (1999), a transmissão da radiação solar ocorre através da pelagem (pele e pelo), dependendo de suas características estruturais e físicas (espessura, comprimento, cor, número, largura e número por área dos pelos). Além da estrutura morfológica da pelagem, a reflexão da radiação de ondas curtas (que confere resistência à forte radiação solar) é uma qualidade muito importante para os animais, principalmente aqueles mantidos em condições de pastagem.

O efeito da radiação solar depende da intensidade e duração da exposição dos animais. Podendo afetar seu comportamento e alterar certas características fisiológicas, como o aumento da temperatura corporal, frequência respiratória e cardíaca e sudorese. Quando essa energia radiante chega ao animal ela é convertida em energia térmica, e sua tolerância depende de características físicas, como a cor de sua pelagem e pele. A produtividade dos animais pode diminuir se medidas de adaptação não forem fornecidas, como pastagens sombreadas e/ou fontes de água para banho (Paranhos da Costa, 2000).

Quando os raios do sol em suas três formas (química, luminosa e térmica) incidem sobre a pele dos animais, eles se transformam quase que completamente em calor após serem absorvidos em variadas intensidades, de acordo com a cor do pelo e nível de pigmentação da pele (Ferreira, 2010). Sendo que a pelagem preta proporciona maior absorção e menor reflexão da radiação térmica, levando a um maior estresse térmico nos animais (Silva, 2011).

2.4.4 *Vento*

Outra característica natural do ambiente que exige certas adaptações em um animal é o vento. A melhor adaptação para os animais expostos ao frio e à chuva é a pelagem, composta por dois tipos de pelo, um interno que retém o calor e um externo de proteção. Ambos têm cargas elétricas distintas: positiva para o interno e negativa para o externo. Quando o vento sopra sobre os animais,

as cargas aumentam e os pelos se unem totalmente formando uma camada protetora à prova de chuva e frio (Medeiros e Vieira, 1997).

O movimento do ar ajuda no processo de evaporação, o que ajuda a eliminar o calor dos animais. A literatura menciona que ventos abaixo de 5km/h causam problemas para reduzir a perda de calor por convecção; por outro lado, velocidades acima de 35km/h causam desconforto, tanto em áreas quentes e secas quanto em áreas quentes e úmidas (Medeiros e Vieira, 1997).

2.5 Consumo de proteína

O calor endógeno é o calor gerado no corpo, incluindo as funções vitais básicas (metabolismo do coração, pulmões, fígado, etc.), representando 40% a 70% da produção diária de calor. Esse calor é gerado pela digestão, absorção de nutrientes e reações bioquímicas nas células do corpo. A quantidade de calor produzida irá variar dependendo da quantidade, qualidade e tipo de alimento consumido pelo animal (Moraes et al., 2000). Rações com baixo teor de volumoso são mais adequadas para condições tropicais devido ao menor ganho calórico. Uma dieta composta inteiramente por volumoso representa maior temperatura corporal em comparação com uma dieta rica em concentrado (Guimarães et al., 2001).

Em um alimento concentrado proteico estima-se que um quarto dessa proteína consumida diariamente seja utilizada pela pele na produção de novos pelos e epiderme. As proteínas também fazem parte da secreção das glândulas da pele e do reparo da derme. A formação de novas células e a função secretora da pele também requerem um suprimento adequado de lipídios e por isso é importante que os animais não sofram com o estresse térmico para manter o consumo adequado (Das et al., 2014).

A melanina é formada pela oxidação do composto orto-dihidroxifenílico do aminoácido tirosina produzido pela digestão de proteínas em células especializadas (melanócitos) localizadas na base da epiderme e na extremidade do folículo piloso. A única função conhecida da melanina é proteger contra a radiação ultravioleta, essencial para animais que vivem em regiões tropicais, onde a incidência dessa radiação é significativamente maior do que em regiões temperadas (Silva et al., 2001).

Em bovinos sob estresse térmico ocorre um balanço negativo de nitrogênio (N), especialmente devido à redução do consumo de ração (Kamal e Johnson, 1970). Embora em ruminantes o nível crítico de N seja menor do que em outros animais, uma vez que o N pode ser reciclado na forma de ureia por meio da saliva (Forbes, 2013), há a necessidade de ajustar o teor de proteína da ração de acordo com a redução do consumo, principalmente em condições de estresse térmico (West, 1999). Baixos níveis de N na dieta são um fator limitante, pois limitam a

fermentação ruminal e a taxa passagem da digesta (Ruiz e Vázquez, 1983) e a taxa de decomposição da celulose (Forbes, 2013). Dessa forma, o consumo é frequentemente reduzido com uma dieta pobre em proteínas.

2.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aiura, A.L.O., Aiura, F.S., Silva, R.D., 2010. Thermoregulatory responses of saanen and oberhasli goats in tropical environments. *Archivos de Zootecnia*, 59, 228, 605-608. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000405922010000400015&lng=es&tlng=pt.
- Albright, J.L., 1993. Feeding behavior of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 76, 2, 485-498. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77369-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77369-5)
- Almeida, G.L.P., 2010. Climatização na pré-ordenha de vacas da raça girolando e seus efeitos na produção e qualidade do leite e no comportamento animal (unpublished Master thesis, Rural Federal University of Pernambuco).
- Azevedo, M.D., 2004. Efeitos do verão e do inverno sobre parâmetros fisiológicos de vacas mestiças Holandês-Zebu em lactação, na região de Coronel Pacheco, Minas Gerais (unpublished PhD thesis, University of São Paulo).
- Baêta, F.D.C., Souza, C.D.F., 2010. *Ambiência em edificações rurais: conforto animal*. Viçosa: UFV, 2.
- Baccari Júnior, F., Polastre, R., Fré, C.A., Assis, P.S., 1986. Um novo índice de tolerância ao calor para bubalinos: correlação com o ganho de peso. IN: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 28. Campo Grande.
- Barbosa, O.R., Silva, R.G., 1995. Thermal comfort index for sheep. *Bulletin of Animal Husbandry*, 52, 1, 29-35. ID: vti-468106
- Bavera, G.A., Peñafort, C., Bonvillani, A., Ruíz, L.E., Dogi, F.C., Bavera, F.P., 2009. El pelaje del bovino y su importancia en la producción. Editorial Río Cuarto Córdoba Argentina.
- Bertipaglia, E.C.A., Silva, R.G., Cardoso, V., Fries, L.A., 2007. Hair coat characteristics and sweating rate of Braford cows in Brazil. *Livestock Science*, 112, 1-2, 99-108. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.01.159>
- Bertipaglia, E.C.A., Silva, R.G.D., Cardoso, V., Fries, L.A., 2008. Effects of hair coat traits and sweating rate on reproductive performance of Braford cows. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 1573-1583. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000900008>
- Bianchini, E., McManus, C., Lucci, C.M., Fernandes, M.C.B., Prescott, E., Mariante, A.D.S., Egito, A.A.D., 2006. Body traits associated with heat adaptation in naturalized Brazilian cattle

- breeds. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 41, 1443-1448. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000900014>
- Brody, S., Lardy, H.A., 1946. Bioenergetics and growth. *The Journal of Physical Chemistry*, 50, 2, 168-169. <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/j150446a008>
- Brody, S., 1956. Climatic physiology of cattle. *Journal of Dairy Science*, 39, 6, 715-725. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(56\)91194-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(56)91194-8)
- Brosh, A., Aharoni, Y., Degen, A.A., Wright, D., Young, B.A. 1998. Effects of solar radiation, dietary energy, and time of feeding on thermoregulatory responses and energy balance in cattle in a hot environment. *Journal of Animal Science*, 76, 2671-2677. <https://doi.org/10.2527/1998.76102671x>
- Bullard, R.W., Dill, D.B., Yousef, M.K., 1970. Responses of the burro to desert heat stress. *Journal of Applied Physiology*, 29, 2, 159-167. <https://doi.org/10.1152/jappl.1970.29.2.159>
- Camerro, L.Z., Maia, A.S.C., Neto, M.C., Melo Costa, C.C., Castro, P.A., 2016. Thermal equilibrium responses in Guzerat cattle raised under tropical conditions. *Journal of Thermal Biology*, 60, 213-221. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2016.07.007>
- Chan, E.K., Nagaraj, S.H., Reverter, A., 2010. The evolution of tropical adaptation: comparing taurine and zebu cattle. *Animal Genetics*, 41, 5, 467-477. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2010.02053.x>
- Collier, R.J., Gebremedhin, K.G., 2015. Thermal biology of domestic animals. *Annual Review of Animal Bioscience*, 3, 1, 513-532. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022114-110659>
- Das, P., Ranjan, R., Paul, S., 2014. A comparative histological study on the sweat gland of cattle (*B. indicus*) and Yak (*P. poepbagus*). *Exploratory Animal and Medical Research*, 4, 2, 183-187. ISSN 2277- 470X (Print), ISSN 2319-247X (Online)
- Deitenbach, A.; Floriani, G.S.; Dubois, J.C.L.; Vivan, J.L. *Manual agroflorestal para a Mata Atlântica*. Brasília: MDA, FAF, 196p.: il., 2008.
- Dobson, H., Smith, R.F., 2000. What is stress, and how does it affect reproduction?. *Animal reproduction science*, 60, 743-752. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(00\)00080-4](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(00)00080-4)
- Duarte, A.B., Rezende, J.B., Nascimento, M.R.B.M., Beletti, M.E., 2006. Histomorfometria da glândula sudorípara de vacas nelores criadas em Uberlândia, MG. In: 4º Congresso Brasileiro de Biometereologia, Ribeirão Preto. Anais, SBBIO. 01-05.
- Façanha, D.A.E., Chaves, D.F., Morais, J.H.G., Vasconcelos, Â.M., Costa, W.P., Guilhermino, M.M., 2013. Methodological tendencies of adaptability evaluation to tropical environment. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 14, 91-103. <https://www.scielo.br/j/rbspa/a/Kdf76XkztcjVvHRnVX8mVBx/abstract/?lang=pt#>

- Ferreira, R.A., 2005. *Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos*. Viçosa: Aprenda Fácil, 371p.
- Ferreira, L.C.B., 2010. *Respostas fisiológicas e comportamentais de bovinos submetidos a diferentes ofertas de sombra* (unpublished Master thesis, Federal University of Santa Catarina).
- Finch, V.A., 1985. Comparison of non-evaporative heat transfer in different cattle breeds. *Australian Journal of Agricultural Research*, 36, 3, 497-508. <https://doi.org/10.1071/AR9850497>
- Finch, V.A., 1986. Body temperature in beef cattle: its control and relevance to production in the tropics. *Journal of Animal Science*, 62, 2, 531-542. <https://doi.org/10.2527/jas1986.622531x>
- Findlay, J.D., 1950. *The effects of temperature, humidity, air movement and solar radiation on the behaviour and physiology of cattle and other farm animals*. Bulletin Hannah Dairy Research Institute, Kirkhill, UK.
- Findlay, J.D., Yang, S.H., 1950. The sweat glands of Ayrshire cattle. *The Journal of Agricultural Science*, 40, 1-2, 126-133. <https://doi.org/10.1017/S0021859600045573>
- Fonsêca, V.D.F.C., Cândido, E.P., Neto, S.G., Saraiva, E.P., de Araújo Furtado, D., Gama, J.P., Almeida, G.H.O., 2016. Thermoregulatory responses of sindhi and guzerat heifers under shade in a tropical environment. *Semina: Ciências Agrárias*, 37, 6, 4327-4337. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n6p4327>
- Forbes, J. M., 2013. *The voluntary food intake of farm animals*. Butterworth-Heinemann. 216p.
- Guimarães, C.M.C., Falco, J. E., Titto, E.A.L., Franzolin Neto, R., & Muniz, J.A., 2001. Termorregulação em bubalinos submetidos a duas temperaturas de ar e duas proporções de volumoso: concentrado. *Ciência e Agrotecnologia*, 25, 2, 437-443.
- Hansen, P.J., 2004. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Animal reproduction science*, 82, 349-360. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.011>
- Hocquette, J.F.; Botreau, R.; Picard, B.; Jacquet, A.; Pethick, D.W.; Scollan, N.D. Opportunities for predicting and manipulating beef quality. *Meat Science*, V.92, p.197-209, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.007>
- Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silanikove, N., & Maltz, E., 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science*, 77, 1, 59-91. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00330-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00330-X)
- Kamal, T.H., Johnson, H.D., 1970. Whole Body 40K Loss as a Predictor of Heat Tolerance in Cattle. *Journal of Dairy Science*, 53, 12, 1734-1738. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(70\)86471-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(70)86471-2)

- Klink, C. A.; Machado, R. B., 2005. A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade*, Belo Horizonte, 1, 1, 148-155.
- Landaeta-Hernández, A., Zambrano-Nava, S., Hernández-Fonseca, J.P., Godoy, R., Calles, M., Iragorri, J. L., Olson, T., 2011. Variability of hair coat and skin traits as related to adaptation in Criollo Limonero cattle. *Tropical Animal Health and Production*, 43, 3, 657-663. <https://doi.org/10.1007/s11250-010-9749-1>
- Latawiec, A.E., Strassburg, B.B., Valentim, J.F., Ramos, F., Alves-Pinto, H.N., 2014. Intensification of cattle ranching production systems: socioeconomic and environmental synergies and risks in Brazil. *animal*, 8, 8, 1255-1263. <https://doi.org/10.1017/S1751731114001566>
- Livestock, U.B., 2016. *Products Semi-annual Report 2015: United States Department of Agriculture*.
- Lucas, R., 2014. *Semiologia da pele-semiologia veterinária: a arte do diagnóstico*. Editora Roca, 641-676.
- Maloiy, G.M.O., Kanui, T.I., Towett, P.K., Wambugu, S.N., Miaron, J.O., Wanyoike, M.M., 2008. Effects of dehydration and heat stress on food intake and dry matter digestibility in East African ruminants. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 151, 2, 185-190. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2008.06.019>
- Mariante, A.D.S., Egito, A.A., 2002. Animal genetic resources in Brazil: result of five centuries of natural selection. *Theriogenology*, 57(1), 223-235. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(01\)00668-9](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(01)00668-9)
- Marin, F.R.; Assad, E.D.; Pilau, F.G., 2008. *Clima e Ambiente – Introdução à Climatologia para as Ciências Ambientais*. Campinas–SP: Embrapa Informática Agropecuária, 127p.
- McAlpine, C.A., Etter, A., Fearnside, P.M., Seabrook, L., Laurance, W.F., 2009. Increasing world consumption of beef as a driver of regional and global change: A call for policy action based on evidence from Queensland (Australia), Colombia and Brazil. *Global Environmental Change*, 19(1), 21-33. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.10.008>
- McDowell, R.E., Jones, R.G., 1974. *Bases biológicas de la producción animal en zonas tropicales*. Zaragoza: Acribia, 1, 692p.
- McDowell, L.R., 1985. *Nutrition of grazing ruminants in warm climates*. New York: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-02948-1>
- McManus, C., Prescott, E., Paludo, G.R., Bianchini, E., Louvandini, H. and Mariante, A.S., 2009. Heat tolerance in naturalized Brazilian cattle breeds. *Livestock Science*, 120, 3, 256-264. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.07.014>

- McManus, C., Barcellos, J.O.J., Formenton, B.K., Hermuche, P.M., Carvalho Jr, O.A.D., Guimarães, R., Gianezini, M., Dias, E.A., Lampert, V. do N., Zago, D., Neto, J.B., 2016. Dynamics of cattle production in Brazil. *PloS one*, 11, 1, e0147138. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147138>
- Melo Costa, C.C., Maia, A.S.C., Nascimento, S.T., Nascimento, C.C.N., Neto, M.C., França Carvalho Fonsêca, V., 2017. Thermal balance of Nellore cattle. *International Journal of Biometeorology*, 62, 5, 723-731. <http://dx.doi.org/10.1007/s00484-017-1349-6>.
- Melo Costa, C.C., Maia, A.S.C., Brown-Brandl, T.M., Neto, M.C., Fonsêca, V.D.F.C., 2018. Thermal equilibrium of Nellore cattle in tropical conditions: an investigation of circadian pattern. *Journal of thermal biology*, 74, 317-324. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.04.014>
- Medeiros, L.F.D., Vieira, D.H., 1997. *Bioclimatologia Animal*. Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 126p.
- Moraes, E.R., Ishihara, J.H., Sales, D.E., 2020. Efeito do bem-estar e conforto térmico na produção pecuária: uma revisão bibliográfica. *Research, Society and Development*, 9, 9, e921997913-e921997913. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7913>
- Müller, P.B., 1989. *Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos*. Porto Alegre: Sulina, 262p.
- Navarini, F.C., Klosowski, E.S., Campos, A.T., Teixeira, R.D.A., Almeida, C.P., 2009. Thermal comfort of nelore bovine in pasture under several lighting conditions. *Engenharia Agrícola*, 29, 508-517. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162009000400001>
- Nay, T., 1959. Sweat glands in cattle: Histology: Morphology, and Evolutionary trends. *Australian Journal of Agricultural Research*, 10, 1, 121-128. <https://doi.org/10.1071/AR9590121>
- Neiva, J. N. M., Teixeira, M., Turco, H. N., Oliveira, S. M. P. D., Moura, A.D.A.A.N., 2004. Efeito do estresse climático sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos Santa Inês mantidos em confinamento na região litorânea do nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33, 668-678. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000300015>
- OIE, 2002. World Organization for Animal Health. New mandates resolution n. XIV. Adapted by the International Committee of the OIE on 29 May 2002. Recuperado de Welfare Mandate of the OIE: <http://www.oie.int/about-us/key-texts/basic-texts/new--mandates/>
- Oliveira, A.L., 2007. Mecanismos termorreguladores de cabras da raça Saanen (unpublished PhD thesis, State University of São Paulo, Jaboticabal-SP).
- Oliveira, C.C., 2017. Sistema agrosilvipastoril no Cerrado brasileiro: ambiência e fisiologia de bovinos Nelore (unpublished PhD thesis, Federal University of Mato Grosso do Sul).

- O'Kelly, J.C., Reich, H.P., 1981. Sebum output and water metabolism in different genotypes of cattle in hot environments. *Journal of Thermal Biology*, 6(2), 97-101. [https://doi.org/10.1016/0306-4565\(81\)90060-7](https://doi.org/10.1016/0306-4565(81)90060-7)
- Paranhos da Costa, M.J.R., 2000. Ambiência na produção de bubalinos destinados ao abate. *Encontro Anual de Etologia*, 18.
- Pascard, J., 2017. Estresse térmico: minimizando as consequências através da gestão nutricional. *B. APAMVET*, 14-16.
- Pereira, J.C.C., 2005. Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal. FEPMVZ.
- Preston, T.R., Leng, R.A., 1980. Utilization of tropical feeds by ruminants. In *Digestive physiology and metabolism in ruminants* (pp. 621-640). Springer, Dordrecht.
- Queiroz, V.M.L, Barbosa Filho, J.A.D, Albiero, D, de Freitas Brasil, D; Melo, R.P., 2014. Percepção dos consumidores sobre o bem-estar dos animais de produção em Fortaleza, Ceará. *Revista Ciência Agronômica*. 45, 379-386. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000200020>
- Reece, W.O., Júnior, N.P., 1996. *Fisiologia de animais domésticos*. São Paulo: Roca, 351p.
- Ruiz, R., Vázquez, C.M., 1983. Consumo voluntario de pastos y forrajes tropicales. *Los Pastos de Cuba*, 2. pp.117-186.
- Saga, K., 2002. Structure and function of human sweat glands studied with histochemistry and cytochemistry. *Progress in histochemistry and cytochemistry*, 37(4), 323-386. [https://doi.org/10.1016/S0079-6336\(02\)80005-5](https://doi.org/10.1016/S0079-6336(02)80005-5)
- Schleger, A.V., Turner, H.G., 1965. Sweating rates of cattle in the field and their reaction to diurnal and seasonal changes. *Australian Journal of Agricultural Research*, 16(1), 92-106. <https://doi.org/10.1071/AR9650092>
- Silva, R.G., 1999. Estimate of radiation heat balance of Holstein cows in the sun and under the shade in a tropical environment. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 28, 6, 1403-1411. <https://doi.org/10.1590/S1516-35981999000600031>
- Silva, R.G., 2000. *Introdução à bioclimatologia animal*. São Paulo, Nobel. 286p.
- Silva, R.G., La Scala Jr, N. and Pocay, P.L.B., 2001. Transmission of Ultraviolet Radiation Through the Haircoat and the Skin of Cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30, 1939-1947. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000700034>
- Silva, R.G., La Scala Jr, N., Tonhati, H., 2003. Radiative properties of the skin and haircoat of cattle and other animals. *Transactions of the ASAE*, 46, 3, 913. <https://doi.org/10.13031/2013.13567>

- Silva, E.M.N., Souza, B.B., Sousa, O.B., Assis Silva, G., Freitas, M.M.S., 2010. Avaliação da adaptabilidade de caprinos ao semiárido através de parâmetros fisiológicos e estruturas do tegumento. *Revista caatinga*, 23, 2, 142-148. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237116915018>
- Silva, B.C.M., 2011. Efeito do ambiente térmico nas respostas fisiológicas, produtivas, características do pelame e no comportamento de vacas Holandesas puras por cruza no norte de Minas Gerais (unpublished Master thesis, Federal University of Minas Gerais). <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-8NFFHA>
- Silva, M.C., Boaventura, V.M., Fioravanti, M.C.S., 2012. História do povoamento bovino no Brasil Central. *Revista UFG*, 13, 13. <https://revistas.ufg.br/revistaufg/article/view/48451>
- Silva, R. G., Maia, A. S. C., 2013. Principles of animal biometeorology (Vol. 2). Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-5733-2>
- Starling, J.M.C., Silva, R.G., Cerón-Muñoz, M., Barbosa, G.S.S.C., Costa, M.J.R.P.D., 2002. Analysis of some physiological variables for the evaluation of the degree of adaptation in sheep submitted to heat stress. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31, 2070-2077. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000800022>
- Starling, J.M.C., Silva, R.G., Negrão, J.A., Maia, A.S.C., Bueno, A.R., 2005. Seasonal variation of thyroid hormones and cortisol of sheep in tropical environment. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34, 2064-2073. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000600032>
- West, J.W., 1999. Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cow. *Journal of Animal Science*, 77(suppl_2), 21-35. https://doi.org/10.2527/1997.77suppl_221x

3. ARTIGO

Características da pele de novilhos Nelore suplementados com diferentes fontes de nitrogênio durante a fase de recria em pastagem

Skin characteristics of Nelore steers supplemented with different nitrogen sources during the rearing phase on pasture

Resumo

As áreas tropicais apresentam elevados níveis de radiação solar e elevadas temperaturas, que parecem ser os principais fatores que afetam a adaptação da pecuária nesse ambiente. Foram testadas as seguintes hipóteses, i) que a suplementação com diferentes fontes proteicas (proteína verdadeira × nitrogênio não proteico - NNP) não causam alterações na capacidade de adaptação da pele de novilhos Nelore ao sol em diferentes estações do ano; e, ii) que as diferentes estações do ano afetam a adaptação da pele de novilhos Nelore. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da substituição da proteína verdadeira (farelo de soja) por NNP (ureia extrusada) no suplemento sobre as características da pele de novilhos na fase de recria mantidos em pastagens. Foram utilizados 36 novilhos Nelore com peso inicial de 256,6 kg \pm e 15 meses de idade. A área experimental foi constituída de quatro piquetes (quatro hectares cada), sendo dois piquetes por tratamento com nove animais em cada de acordo com delineamento inteiramente casualizado. Foram formulados dois suplementos, contendo diferentes fontes de nitrogênio (ureia extrusada e farelo de soja) com 41% e 26,7% de proteína bruta com base na matéria seca, respectivamente para as diferentes épocas do ano. Os suplementos foram fornecidos dois meses antes do início da coleta de pele em 0,45% do peso corporal (PC) durante o período chuvoso (águas) e 0,70% PC no período seco (transição águas – seca). As biópsias de pele foram realizadas em três épocas distintas: verão (Dezembro), outono (Março) e inverno (Julho). As biópsias de pele foram realizadas em três épocas distintas: verão, outono e inverno. As lâminas de pele foram utilizadas para medir a espessura do epitélio (μm linear) e espessura da derme (μm linear); nas glândulas sudoríparas foram medidos: área (μm^2), profundidade (μm linear) e contagem de glândulas sudoríparas e folículos pilosos. A pele dos novilhos suplementados com farelo de soja apresentou maior número de folículos no verão e menor área e comprimento das glândulas sudoríparas, o que leva à maior adaptação ao ambiente. A fonte de proteína do suplemento tem efeitos sobre o comprimento da porção glandular, número de folículos e área da glândula em novilhos Nelore durante a fase de recria em diferentes épocas do ano. Houve mudanças na pele nas diferentes épocas do ano em função da insolação e da temperatura ambiente para todas as outras variáveis avaliadas.

Palavras-chave: cerrado, glândula sudorípara, proteína, suplemento, ureia extrusada

Redigido conforme normas da revista *Tropical Animal Health and Production*, com exceção do idioma

Abstract

Tropical areas have high levels of solar radiation and high temperatures, which seem to be the main factors that affect the adaptation of livestock in this environment. The following hypotheses were tested, i) that supplementation with different protein sources (true protein \times non-protein nitrogen - NNP) does not cause changes in the skin adaptability of Nellore steers to the sun in different seasons of the year; and, ii) that the different seasons of the year affect the skin adaptation of Nellore steers. The objective of this work was to evaluate the effects of replacing true protein (soybean meal) by NNP (extruded urea) in the supplement on the characteristics of the skin of steers in the growing phase maintained on pastures. Thirty-six Nellore steers with an initial weight of 256.6 kg \pm and 15 months old were used. The experimental area consisted of four paddocks (four hectares each), two paddocks per treatment with nine animals in each, according to a completely randomized design. Two supplements were formulated, containing different sources of nitrogen (extruded urea and soybean meal) with 41% and 26.7% of crude protein based on dry matter, respectively, for the different seasons of the year. Supplements were provided two months before the start of skin collection at 0.45% of body weight (BW) during the rainy season (wet) and 0.70% BW in the dry period (wet-drought transition). Skin biopsies were performed at three different times: summer (December), autumn (March) and winter (July). Skin biopsies were performed at three different times: summer, autumn and winter. Skin slides were used to measure epithelial thickness (linear μm) and dermal thickness (linear μm); in the sweat glands were measured: area (μm^2), depth (linear μm) and count of sweat glands and hair follicles. The skin of steers supplemented with soybean meal showed a greater number of follicles in the summer and a smaller area and length of sweat glands, which leads to greater adaptation to the environment. The protein source of the supplement has effects on the length of the glandular portion, number of follicles and gland area in Nellore steers during the rearing phase at different times of the year. There were changes in the skin at different times of the year as a function of sunlight and ambient temperature for all other variables evaluated.

Keywords: cerrado, extruded urea, protein, supplement, sweat gland

Introdução

Os efeitos prejudiciais do estresse térmico sobre os animais vêm sendo estudados a nível mundial desde o início dos anos 2000, e o debate e o questionamento sobre o impacto desses efeitos nas variáveis fisiológicas dos animais continuam até hoje e ainda de forma mais rigorosa pela pressão da sociedade. A quantificação do estresse por calor e o uso de métodos adequados para mensurar os limites fisiológicos em animais de produção, têm sido motivo de vários estudos ao longo do tempo para otimizar as respostas desses animais, para que eles possam expressar seu potencial genético e melhorar a produtividade (Ferreira et al. 2009).

Quando se trata de adaptabilidade, os bovinos de raças zebuínas são mais capazes de regular a temperatura corporal em resposta ao estresse térmico comparado aos bovinos de origem europeia. Essa capacidade superior de regulação da temperatura corporal durante o estresse térmico é o resultado de taxas metabólicas mais baixas, bem como uma maior capacidade de perda de calor. Em comparação com as raças europeias, a resistência do fluxo sanguíneo para a pele é menor para o zebu, enquanto as glândulas sudoríparas são maiores. As propriedades da pelagem de zebuínos, como a cor clara, por exemplo, aumentam a perda de calor por condução e convecção e reduzem a absorção da radiação solar (Hansen, 2004).

A produção sustentável de ruminantes requer animais bem adaptados ao calor, por isso há a necessidade de estudos que identifiquem raças termotolerantes (Tejaswi et al. 2020). No estudo de Tejaswi et al. (2020), animais da raça Tharparkar, que são zebuínos nativos da Índia, como o Ongole (preceptor da raça Nelore), apresentaram maior capacidade de lidar com o estresse térmico durante o verão. Os autores indicaram que a adaptação pode ser devido à melanina antioxidante não-enzimática (melanina de pigmentos preto e marrom) que está presente em abundância na pele de bovinos zebuínos.

O estresse oxidativo no tecido da pele aumenta com o estresse térmico em bovinos, mas a geração de estresse oxidativo devido ao estresse térmico é maior na pele pigmentada mais clara de bovinos mestiços (*Bos indicus* × *Bos taurus*) do que na pele pigmentada mais escura. A maior expressão da cor da pele em bovinos zebuínos (*Bos indicus*) pode induzir maior pigmentação em comparação com a pele de bovinos mestiços (*Bos indicus* × *Bos taurus*), aumentando assim a capacidade protetora da pele e reduzindo o estresse oxidativo dos zebuínos sob estresse térmico. Este pode ser um fator criticamente importante para a tolerância ao calor superior do zebu em relação ao gado mestiço (Maibam et al. 2018).

As características da pelagem e a capacidade de sudorese são importantes para a adaptabilidade ao estresse térmico e devem ser melhor estudadas e consideradas para seleção para o progresso genético da adaptação em um ambiente tropical (Bertipaglia et al. 2007). O gado zebu

desenvolveu características adaptativas únicas ao ambiente natural e aos sistemas de produção nos trópicos (Melo Costa et al. 2018).

Amostras de pele de seis raças *Bos indicus*, incluindo Nelore, Cangaian, Gir, Guzerá, Punganur e Sindi foram avaliadas no inverno e no verão, e os resultados demonstraram que houve alterações nas características morfológicas da pele e glândulas sudoríparas associadas a mudanças sazonais em condições tropicais. Por exemplo, a densidade das glândulas sudoríparas, o comprimento da porção glandular, o comprimento do ducto da glândula sudorípara e a profundidade das glândulas de bovinos Gir foram significativamente maiores durante o verão do que durante o inverno (Nascimento et al. 2019).

As características dos pelos e da pele, além da sudorese, são mecanismos termorreguladores importantes, e sua associação com reações endócrinas, bioquímicas e hematológicas permite inferir sobre a homeostase, para se configurar como indicadores de segurança de adaptabilidade ambiental de um animal (Façanha et al. 2013). Existem relações substanciais entre o ambiente térmico e as respostas termorregulatórias, hormônios tireoidianos e características da pelagem de bovinos. Mesmo que os animais zebuínos sejam considerados adaptados a altas temperaturas, o ambiente térmico influencia suas respostas termorregulatórias e a morfologia da pelagem, conseqüentemente seu desempenho em condições de pastejo (Silveira et al. 2021).

Estudos indicam que um quarto da proteína consumida diariamente seja utilizada pela pele na produção de novos pelos e epiderme e que as proteínas também fazem parte da secreção das glândulas da pele e do reparo da derme (Das et al. 2014). Entretanto, o estresse térmico afeta o metabolismo das proteínas após a absorção, pois causa mudanças na quantidade de tecido magro em algumas espécies (Close et al. 1971; Lu et al. 2007).

Tendo em vista que o aporte nutricional proteico é importante para os animais que estão em condições de estresse térmico, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da substituição da proteína verdadeira (farelo de soja) por nitrogênio não proteico (NNP - ureia extrusada) no suplemento sobre as estruturas da pele (espessura da epiderme, espessura da derme, glândulas sudoríparas e folículos pilosos) de novilhos na fase de recria mantidos em pastagens.

Diante disso, foram testadas as seguintes hipóteses, i) que a suplementação com diferentes fontes proteicas (proteína verdadeira × nitrogênio não proteico - NNP) não causam alterações na capacidade de adaptação da pele de novilhos Nelore ao sol em diferentes estações do ano; e, ii) que as diferentes estações do ano afetam a adaptação da pele de novilhos Nelore.

Material e Métodos

O estudo foi realizado na Fazenda Escola da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (FAMEZ/UFMS), Campo Grande, MS, Brasil (20° 26'50''S, 54° 50'21''W, altitude 417 m). A região possui clima Aw, tropical de savana, com estação seca variando de três a cinco meses (Alvares et al. 2013), com índice pluviométrico variando de 1.500 a 1.750 mm anuais.

Todos os procedimentos envolvendo os animais seguiram as diretrizes do Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal e aprovada no Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (Protocolo n. 805/2016).

Animais, delineamento experimental e dietas

Foram utilizados 36 novilhos da raça Nelore com peso inicial de 256,6 kg, com 15 meses de idade. Os animais foram identificados com brincos plásticos, submetidos ao controle de parasitas e vacinações conforme calendário sanitário e alocados em piquetes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. A área experimental foi constituída de quatro piquetes (quatro hectares cada), sendo dois piquetes por tratamento com nove animais em delineamento inteiramente casualizado. A massa de forragem média de dezembro a março (período das Águas) foi 3898 kg/hectare e de março a julho (período de Transição Águas – Seca) foi 3983 kg/hectare.

Os tratamentos consistiram de duas fontes de suplementos proteicos (ureia extrusada e farelo de soja) (Tabela 1), contendo 41,0% e 26,7% de proteína bruta com base na matéria seca, para o período das águas e transição águas-seca (Tabela 2). Os suplementos foram compostos por núcleo mineral, milho e farelo de soja ou ureia extrusada e fornecidos em 0,45% do peso corporal (PC) de dezembro a início de março (período chuvoso) e 0,70% do PC no final de março a julho (período seco) (Figura 1). A ureia extrusada utilizada foi a Amireia-200® (Pajoara Ind. e Comércio Ltda. Campo Grande - MS, Brasil). A suplementação teve início em setembro, dois meses antes da primeira coleta de pele e a dieta controle foi a suplementação com farelo de soja.

Parâmetros morfológicos da pele

Para avaliação da pele realizou-se tricotomia de 1 cm² na região lateral esquerda na altura média do costado de cada novilho. Mensurou-se a espessura da capa de pelame a partir da distância perpendicular entre o ponto de inserção do pelame na epiderme até a superfície da capa de pelame, com auxílio de paquímetro eletrônico digital (modelo 799A-6/150, marca Starrett). As coletas de pele foram realizadas próximas umas das outras, de acordo com a visualização da cicatriz do ponto da coleta anterior. As coletas foram realizadas nesse local, em virtude da área média do costado

centro lateral do tronco, à altura das costelas, apresenta o valor médio da densidade das glândulas sudoríparas e da taxa de sudorese em diferentes áreas do corpo (Silva, 2000).

A biópsia de pele foi realizada em três épocas distintas: verão (dezembro), outono (março) e inverno (julho), de acordo com a técnica descrita por Carter e Dowling (1954), citado por Bianchini et al. (2006). Após ser feita a assepsia com álcool-iodado e administração de anestésico local (cloridato de lidocaína a 2%, por via subcutânea), um fragmento transversal, com aproximadamente 1 cm de diâmetro foi coletado da região dorsal esquerda (mesmo local da tricotomia), com auxílio de vazador do tipo *punch*. Após a remoção do fragmento de pele, a perfuração na epiderme foi suturada com um único ponto cirúrgico. As amostras de pele foram fixadas em formaldeído a 10% e levadas ao Laboratório de Histologia (FAMEZ/UFMS).

Em seguida, foram desidratadas em séries ascendentes de álcool (70, 90 e 100%), tratadas com xilol e infiltradas em parafina. Os pequenos blocos formados foram resfriados por 10 minutos para se tornar mais consistentes e para facilitar a microtomia. Fragmentos de pele de cada animal foram obtidos por incisões transversais e cortes seriados (7 μm de espessura) foram realizadas em cada bloco. Depois disso, os cortes foram desparafinizados e tingidos com hemotoxilina-eosina (Behmer et al. 2003).

Os cortes foram utilizados para mensuração da espessura do epitélio (μm linear), espessura da derme (μm linear); nas glândulas sudoríparas mensurou-se: área (μm^2), profundidade (μm linear) e contagem de glândulas sudoríparas, além da contagem de folículos pilosos, utilizando o Sistema de Análise de Imagem (Image Pro-Express v.6.0), com escala micrométrica, acoplado ao microscópio de luz (marca Olympus, modelo BX40), em objetiva de 10x.

Microscopia Eletrônica de Varredura

O estudo da morfologia das amostras de pele, em função do tratamento nutricional foi realizado por medidas de microscopia eletrônica de varredura (MEV) em um equipamento da marca JEOL modelo JSM 6380LV no Instituto de Física (INFI/UFMS). As amostras na forma original (pele) foram dispersas em fita de carbono dupla face para a fixação no topo de um *stub* de cobre. O conjunto foi levado ao interior da câmara do *sputtering* (Denton Vacuum, modelo Desk III) para a deposição de uma fina camada de ouro sobre a superfície das peles, a fim de obtenção de uma melhor resolução da imagem do MEV e aumento da condutividade elétrica da amostra para evitar os efeitos de carregamento eletrônico que prejudicam a resolução da imagem. Para a análise, foi utilizado uma tensão de 15 kV, distância de trabalho (DT) 12 mm e *spot size* 20. Foram procedidas as leituras e registradas as imagens no aumento de 2500 vezes para fins comparativos da morfologia.

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos a análises de variância usando procedimento GLM do SAS (SAS Institute, Inc., 2002) de acordo com o delineamento inteiramente casualizado. As médias em função da fonte de nitrogênio foram comparadas pelo teste F, e as médias em função da época do ano foram comparadas pelo teste de Dunnett considerando o início de verão como controle, em nível de significância de 5%. Também foi feita a correlação de Pearson entre as características da pele dos novilhos, em nível de significância de 5%.

Resultados

Condições climáticas

Os valores das variáveis meteorológicas (temperatura, velocidade do vento, radiação e precipitação) que interferem no bem-estar dos animais, correspondentes aos valores médios registrados durante o período da coleta de dados, indicam um ambiente quente com exposição prolongada a altas temperaturas. A temperatura apresentou pouca variação anual (Figura 1), mantendo-se os maiores valores no período do verão (25,5 °C). A umidade relativa do ar, a precipitação pluviométrica e a radiação global também tiveram as maiores médias no verão (75,8%, 191 mm e 1343,27 KJ/m², respectivamente). Enquanto a velocidade do vento apresentou a maior média no período do inverno (10,92 km/h) (Figura 2).

Efeito do suplemento na estação

A morfologia da pele dos novilhos que receberam farelo de soja como suplemento, que foi submetida ao MEV mostrou diferenças estruturais. No verão a pele apresentou estrutura mais compacta, enquanto no outono, a pele se apresentou de forma mais esparsa (Figura 3).

Novilhos que recebem farelo de soja como fonte de nitrogênio no suplemento apresentaram maior número de folículos na pele no verão e menor área e comprimento das glândulas sudoríparas. A pele dos novilhos que receberam ureia extrusada como fonte de nitrogênio no suplemento apresentou menor número de folículos no verão e maior área e comprimento das glândulas sudoríparas (Figura 4). A espessura da derme dos novilhos suplementados com farelo de soja foi maior do que a dos novilhos suplementados com ureia extrusada (Figura 5). Houve efeito da época do ano sobre a espessura de epiderme e derme. A espessura da epiderme e derme da pele dos novilhos foi maior no outono (Figura 6). A profundidade das glândulas sudoríparas foi maior no

outono e inverno do que no verão (Figura 7). O número de glândulas sudoríparas foi maior no verão do que no outono e inverno (Figura 8).

Efeito da estação nas características morfológicas da pele

Houve interação significativa ($P < 0,05$) entre fonte de nitrogênio x estação do ano para as variáveis de comprimento da porção glandular, número de folículos e área das glândulas. Não houve interação significativa entre suplemento x época do ano para as demais variáveis.

Houve efeito da época do ano para todas as variáveis da pele estudadas. Detectou-se redução no verão em relação ao outono e inverno para as médias de espessura da epiderme, espessura da derme e área das glândulas. Contrariamente, houve aumento no verão em relação ao outono e inverno para número de glândulas sudoríparas e número de folículos. Já para o comprimento da porção glândulas a maior média foi no inverno e para a profundidade das glândulas a maior média foi no outono.

Efeito da fonte de nitrogênio nas características morfológicas da pele

O suplemento não alterou a espessura da epiderme, a profundidade, o número das glândulas, o número de folículos e a área das glândulas sudoríparas (Tabela 3).

Observou-se efeito da fonte de nitrogênio apenas para espessura da derme ($P = 0,0063$, Tabela 3), sendo maior para o tratamento com farelo de soja (695,5 vs. 666,6 μm , respectivamente). Houve correlação positiva significativa entre espessura de derme e espessura da epiderme ($p < 0,05$; $r = 0,256$), entre espessura da epiderme e profundidade das glândulas ($p < 0,05$; $r = 0,522$), entre espessura da derme e profundidade das glândulas ($p < 0,05$; $r = 0,463$), entre número de glândulas sudoríparas e número de folículos ($p < 0,05$; $r = 0,615$). Houve correlação negativa significativa entre a temperatura ambiente e a área das glândulas sudoríparas ($p < 0,05$; $r = -0,330$) (Tabela 4).

Discussão

O efeito da fonte de nitrogênio apenas na espessura da derme no presente estudo (Figura 5) demonstrou que a alimentação não influenciou diretamente nas características da pele dos novilhos. Sabe-se que exposição a altas temperaturas ambientais aumenta os esforços para dissipar o calor corporal, resultando no aumento da taxa de respiração, temperatura corporal e consumo de água, e diminuição do consumo de ração (Marai et al. 2007). Nenhum outro estudo até o presente momento avaliou efetivamente se a fonte de proteína tem alguma influência nas características da pele de bovinos. Outros estudos avaliaram apenas a dieta influenciando na termorregulação dos animais. No trabalho de Guimarães et al. (2001) por exemplo, foi concluído que bubalinos submetidos à

temperatura ambiente de 36°C e que consumiram 50% de concentrado na MS, mesmo tendo aumento da taxa de sudação, não foi suficiente para desencadear grandes mudanças biológicas nos animais.

A interação significativa entre fonte de nitrogênio e época do ano para as características de número de folículos, área e comprimento das glândulas resultou em maior número de folículos e menor área e comprimento das glândulas sudoríparas na pele de novilhos que receberam farelo de soja como suplemento no verão (Figura 4), indicando que as glândulas sudoríparas desses animais estavam em plena atividade auxiliando no controle do estresse térmico. O menor volume das glândulas sudoríparas indica que elas estão no auge da sua atividade funcional; ao contrário do período de inverno em que o volume aumenta, indicando queda na funcionalidade das mesmas (Ferreira et al. 2009). Em contrapartida, observa-se um aumento no volume das glândulas sudoríparas no inverno em relação ao verão (Benjamin, 1971 citados por Bhayani e Vyas, 1990).

Os novilhos que receberam ureia extrusada como suplemento no verão apresentaram menor número de folículos e maior área e comprimento das glândulas (Figura 4), indicando que as glândulas sudoríparas desses animais não estavam tão funcionais como dos novilhos que receberam farelo de soja no verão. Em bovinos, o número de glândulas sudoríparas está associado aos folículos pilosos primários, cujo número permanece estável em animais adultos (Nay e Hayman 1956). Isso confirma a correlação positiva encontrada no presente estudo entre número de folículos e número de glândulas sudoríparas. Frente a esses resultados pode-se sugerir que o farelo de soja é o melhor suplemento para os novilhos na época de verão, pois auxiliou na manutenção das características da pele que são importantes para o controle do estresse térmico, principalmente nos períodos do ano que apresentam temperaturas mais elevadas.

Em relação à profundidade das glândulas (Figura 7), os maiores valores foram encontrados no outono ($P < 0.05$). Esses dados diferem dos relatados em outros estudos (Ferreira et al. 2009; Nascimento et al. 2015), onde as glândulas sudoríparas encontraram-se localizadas mais superficialmente no verão e mais profundas no inverno. Na coleta de outono (março), a espessura da epiderme e da derme estava maior que na coleta de verão (dezembro) e isso pode explicar a maior profundidade das glândulas no outono, indicando que a atividade das glândulas diminuiu e elas ficaram mais profundas, confirmando os resultados de outro estudo (Benjamin e Nair, 1963). Carvalho et al. (1995), encontrou correlação negativa entre as camadas da epiderme e a temperatura corporal em bovinos. Os autores sugerem que o número de camadas da epiderme pode estar envolvido na manutenção da temperatura corporal, com isso pode-se inferir que as glândulas sudoríparas dos novilhos estavam mais profundas no outono por conta da espessura da epiderme e da derme que possivelmente estavam auxiliando na termorregulação desses animais.

O número de glândulas sudoríparas foi maior no verão do que no outono e inverno (Figura 8). Tal fato ocorre devido a correlação positiva entre comprimento/diâmetro das glândulas sudoríparas e sua atividade, o que leva a alterações no número de glândulas sudoríparas por unidade de superfície da pele (Nascimento et al. 2019). E isso pode explicar esse aumento na densidade das glândulas no verão no presente estudo, pois houve uma correlação positiva entre as medidas de comprimento e área das glândulas sudoríparas e também ao fato de que no verão há um aumento na atividade das glândulas (Ferreira et al. 2009).

As variações meteorológicas como a velocidade do vento podem ser benéficas, pois auxiliam na termólise convectiva, reduzindo a sensação térmica provocadas por temperaturas mais altas. A umidade do ar e as chuvas associadas às altas temperaturas ambientais podem dificultar o processo de dissipação de calor e colocar os animais sob maior estresse neste período (Façanha et al. 2010). Quanto mais seco o ambiente, maior o desgaste causado pelo mecanismo de termorregulação (Façanha et al. 2013). E por isso, a associação entre as variáveis meteorológicas do ambiente e os animais no presente estudo pode ter causado mudanças na morfologia da pele para manter o equilíbrio térmico.

Em relação à época do ano influenciar diretamente nas características morfológicas dos bovinos, observa-se que a espessura da epiderme e da derme da pele desses animais foi maior no outono (Figura 6). No presente estudo foi verificado maiores médias de temperaturas máximas (Figura 1) e radiação (Figura 2) no outono, isso pode explicar a maior espessura da pele nessa época do ano, pois os animais estavam submetidos a um estresse térmico maior e também pelo fato da espessura da pele interferir na troca térmica entre os animais e o ambiente (Façanha et al. 2010).

A substituição da fonte de proteína na suplementação de novilhos Nelore em fase de crescimento não alterou todos os aspectos morfológicos da pele avaliados no presente estudo, indicando que mesmo que o farelo de soja seja substituído pelo NNP, a dieta não vai interferir diretamente na adaptabilidade à tolerância ao calor dos animais mantidos em pastagem tropical. Mas quando se leva em consideração a interação do suplemento com o ambiente, pode-se dizer que o farelo de soja auxilia na manutenção das características da pele responsáveis pelo controle do estresse térmico que são a maior espessura da derme e epiderme, maior número de folículos, maior número e menor comprimento de glândulas sudoríparas.

Apesar dos resultados do presente estudo indicar que não há diferença somente na substituição da suplementação de novilhos Nelore em fase de crescimento e sim uma interação entre a fonte de proteína e o ambiente, é necessário que sejam feitos estudos futuros para avaliação de outras características desses animais em conjunto com a fonte protéica, como por exemplo, taxa de sudorese, temperatura dos animais, uso de ultrassom e câmara termográfica e análise sanguínea.

Conclusão

A fonte de proteína no suplemento (proteína verdadeira x NNP) tem efeitos sobre o comprimento da porção glandular, número de folículos e área das glândulas em novilhos da raça Nelore durante a fase de crescimento nas diferentes épocas do ano. Há mudanças na morfologia pele nas diferentes épocas do ano em função da insolação e temperatura ambiente.

A substituição da fonte de proteína na suplementação de novilhos Nelore em fase de crescimento não alterou todos os aspectos morfológicos da pele avaliados, indicando que mesmo que o farelo de soja seja substituído pelo NNP, a dieta não irá interferir diretamente na adaptabilidade da tolerância ao calor dos animais mantidos em pastagem tropical.

Na interação do suplemento com o ambiente, pode-se inferir que o farelo de soja auxilia na manutenção das características da pele responsáveis pelo controle do estresse térmico que são a maior espessura da derme e epiderme, maior número de folículos, maior número e menor comprimento de glândulas sudoríparas. Dessa forma, recomenda-se o uso de farelo de soja como fonte de nitrogênio na suplementação para novilhos Nelore em fase de crescimento que estejam submetidos a ambientes tropicais.

Referências Bibliográficas

- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M., Sparovek, G., 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22, 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Behmer, O.A., Tolosa, E.M.C.D., 2003. Manual de técnicas para histologia normal e patológica. In Manual de técnicas para histologia normal e patológica. 331p.
- Benjamin, B.R., 1971. Bioclimatological studies on domestic cattle with special reference to skin and hair structure. Ph.D. thesis submitted to University of Saskatchewan
- Benjamin, B.R., Nair, P.G., 1963. Studies on the seasonal variations in the depth of sweat glands of Hariana. *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry*, 33, 163-164.
- Bertipaglia, E.C.A., Silva, R.G., Cardoso, V., Fries, L.A., 2007. Hair coat characteristics and sweating rate of Braford cows in Brazil. *Livestock Science*, 112, 1-2, 99-108. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.01.159>
- Bianchini, E., McManus, C., Lucci, C.M., Fernandes, M.C.B., Prescott, E., Mariante, A.D.S., Egito, A.A.D., 2006. Body traits associated with heat adaptation in naturalized Brazilian cattle breeds. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41, 1443-1448. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000900014>

- Bhayani, D.M., Vyas, K.N., 1990. Regional differences in the sweat gland characteristics in Gir cattle with reference to thermoregulation. *Indian Journal of Animal Sciences*, 60, 7, 817-820. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19922272800>
- Carvalho, F.A., Lammoglia, M.A., Simoes, M.J., Randel, R.D., 1995. Cattle subjected to heat stress breed affects thermoregulation and epithelial morphology in imported and native. *Journal of Animal Science*. 73, 3570–3573.
- Carter, H.B., Dowling, D.F., 1954. The hair follicle and apocrine gland population of cattle skin. *Australian Journal of Agricultural Research*, 5, 745-754.
- Close, W.H., Mount, L.E., Start, I.B., 1971. The influence of environmental temperature and plane of nutrition on heat losses from groups of growing pigs. *Animal Science*, 13, 285-94. <https://doi.org/10.1017/S000335610002972X>
- Das, P., Ranjan, R., Paul, S., 2014. A comparative histological study on the sweat gland of cattle (*B. indicus*) and Yak (*P. poepagus*). *Exploratory Animal and Medical Research*, 4, 2, 183-187. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1073.367&rep=rep1&type=pdf>
- Façanha, D.A.E., Silva, R.G.D., Maia, A.S.C., Guilhermino, M.M., Vasconcelos, A.M.D., 2010. Annual variation of morphologic traits and hair coat surface temperature of Holstein cows in semi-arid environment. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 4, 837-844. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000400020>
- Façanha, D.A.E., Chaves, D.F., Morais, J.H.G., Vasconcelos, Â.M., Costa, W.P., Guilhermino, M.M., 2013. Methodological tendencies of adaptability evaluation to tropical environment. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 14, 91-103. ISSN 1519 9940
- Ferreira, F., Campos, W.E., Carvalho, A.U., Pires, M.F.A., Martinez, M.L., Silva, M.V.G.B., Verneque, R.S., Silva, P.F., 2009. Sweat rate and histological parameters of cattle submitted to heat stress. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 61, 763-768. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352009000400001>
- Guimarães, C.M.C., Falco, J.E., Titto, E.A.L., Franzolin Neto, R., Muniz, J.A., 2001. Thermoregulation in buffaloes submitted to two air temperatures and two roughage: concentrate ratios. *Ciência e Agrotecnologia*, 25, 2, 437-443.
- Hansen, P.J., 2004. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Animal reproduction science*, 82, 349-360. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.011>
- Lu, Q., Wen, J., Zhang, H., 2007. Effect of chronic heat exposure on fat deposition and meat quality in two genetic types of chicken. *Poultry Science*, 86, 1059-64. <https://doi.org/10.1093/ps/86.6.1059>

- Maia, A. S. C., Silva, R. G. D., Souza Junior, J. B. F. D., Silva, R. B. D., Domingos, H. G. T., 2009. Effective thermal conductivity of the hair coat of Holstein cows in a tropical environment. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 2218-2223. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001100022>
- Maibam, U., Hooda, O.K., Sharma, P.S., Upadhyay, R.C., Mohanty, A.K., 2018. Differential level of oxidative stress markers in skin tissue of zebu and crossbreed cattle during thermal stress. *Livestock Science*, 207, 45-50. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.11.003>
- Marai, I.F.M., El-Darawany, A. A., Fadiel, A., Abdel-Hafez, M.A.M., 2007). Physiological traits as affected by heat stress in sheep—a review. *Small Ruminant Research*, 71, 1-3, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.10.003>
- Melo Costa, C.C., Maia, A.S.C., Brown-Brandl, T.M., Neto, M.C., Fonsêca, V.D.F.C., 2018. Thermal equilibrium of Nellore cattle in tropical conditions: an investigation of circadian pattern. *Journal of thermal biology*, 74, 317-324. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.04.014>
- Nascimento, M.R.B.M., Dias, E.A., Santos, T.R., Ayres, G.F., Nascimento, C.C.N., Beletti, M.E., 2015. Effects of age on histological parameters of the sweat glands of Nellore cattle. *Revista Ceres*, 62, 129-132. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562020001>
- Nascimento, C.C.N., Fonseca, V.D.F.C., Fuller, A., Melo Costa, C.C., Beletti, M.E., Mattos Nascimento, M.R.B., 2019. Can *Bos indicus* cattle breeds be discriminated by differences in the changes of their sweat gland traits across summer and winter seasons?. *Journal of Thermal Biology*, 86, 102443. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.102443>
- Nay, T., Hayman, R.H., 1956. Sweat glands in Zebu (*Bos indicus* L.) and European (*B. taurus* L.) cattle. I. Size of individual glands, the denseness of their population, and their depth below the skin surface. *Australian Journal of Agricultural Research*, 7, 5, 482-492. <https://doi.org/10.1071/AR9560482>
- Silva, R.G., 2000. Introdução à bioclimatologia animal. São Paulo, Nobel. 286p.
- Silveira, R.M.F., Ferreira, J., Busanello, M., Vasconcelos, A. M., Valente, F.L.J., Façanha, D.A.E., 2021. Relationship between thermal environment and morphophysiological, performance and carcass traits of Brahman bulls raised on tropical pasture: A canonical approach to a set of indicators. *Journal of Thermal Biology*, 96, 102814. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102814>
- Tejaswi, V., Balamurugan, B., Samad, H.A., Sarkar, M., Maurya, V.P., Singh, G., 2020. Differential endocrine and antioxidant responses to heat stress among native and crossbred cattle. *Journal of Veterinary Behavior*, 39, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2020.06.001>

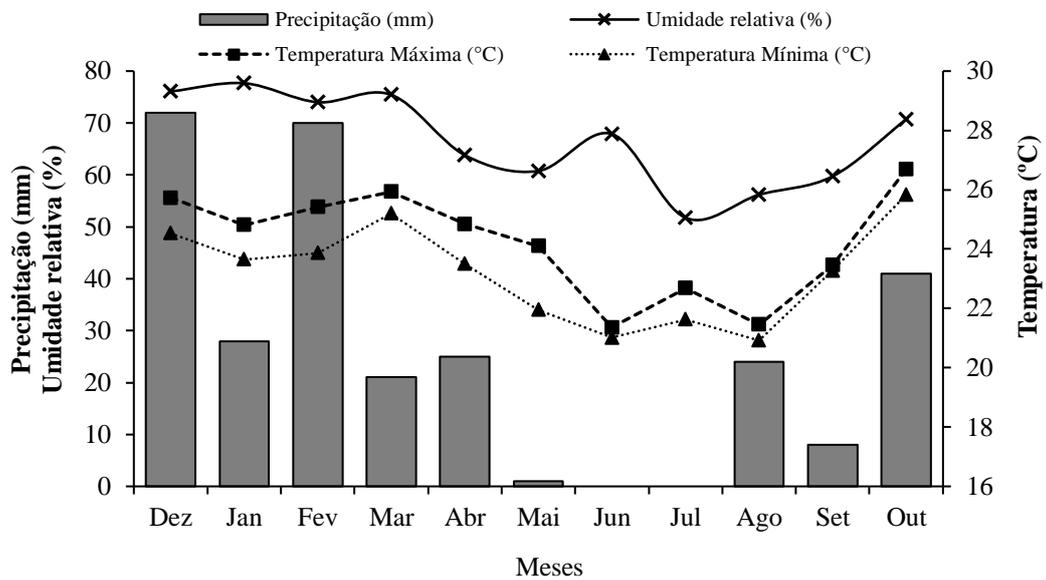


Figura 1 - Precipitação acumulada, umidade relativa e temperatura do ar (mínima e máxima) de Campo Grande, MS, Brasil (média dos anos 2017 e 2018). Dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Seta com linha tracejada indica o mês da alteração na concentração proteica do suplemento. Setas com linha sólida indicam o período da biópsia da pele nas estações.

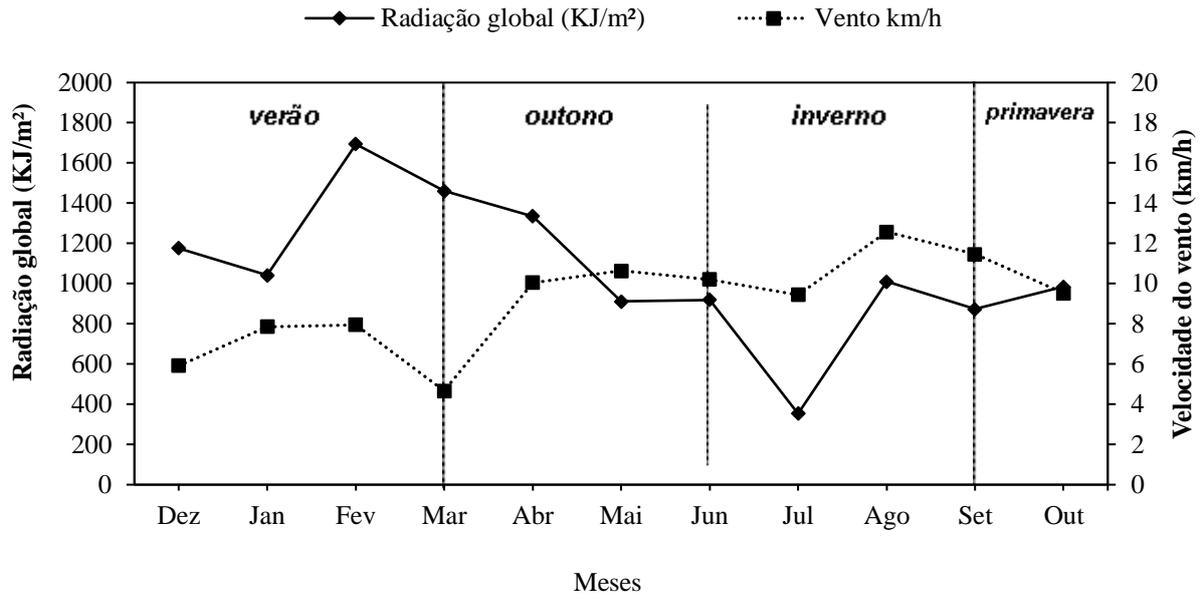


Figura 2 - Médias da radiação global (KJ/m²) e velocidade do vento (km/h) de Campo Grande, MS, Brasil (média dos anos 2017 e 2018). Dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

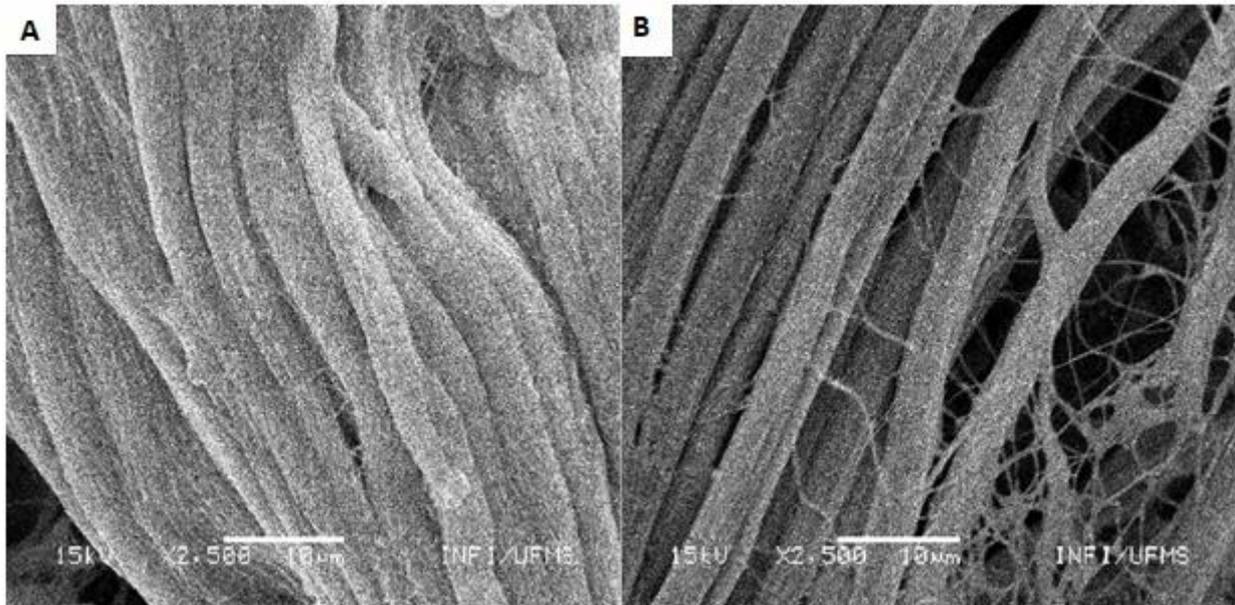


Figura 3 – Morfologia da pele de bovinos submetida ao Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) (A) Pele de bovino no verão - estrutura mais compacta. (B) Pele de bovino no outono - estrutura mais esparsa.

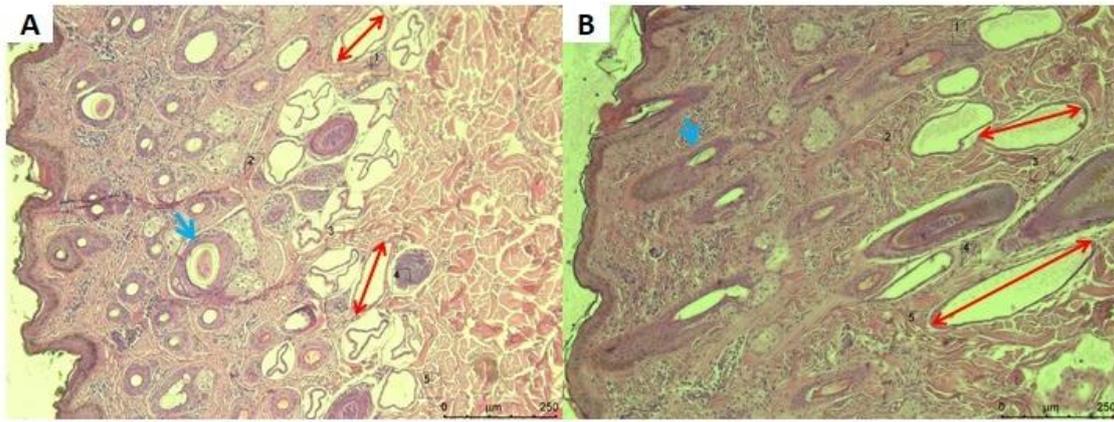


Figura 4 – Número de folículos, área e comprimento de glândulas sudoríparas de novilhos em função do suplemento

(A) Pele de bovino que recebeu farelo de soja como fonte proteica no suplemento. (B) Pele de bovino que recebeu ureia extrusada como fonte proteica no suplemento. (Aumento: objetiva de 10x, 250 µm). * seta azul: folículos pilosos; seta vermelha: comprimento das glândulas sudoríparas.

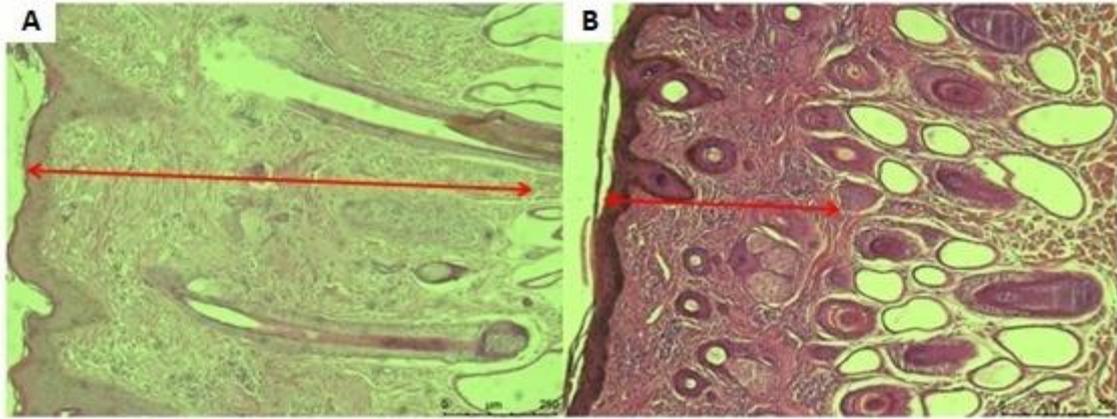


Figura 5 – Espessura da derme de novilhos em função do suplemento

(A) Pele de bovino que recebeu farelo de soja como fonte proteica no suplemento. (B) Pele de bovino que recebeu ureia extrusada como fonte proteica no suplemento. (Aumento: objetiva de 10x, 250 μ m). *seta vermelha: espessura da derme.

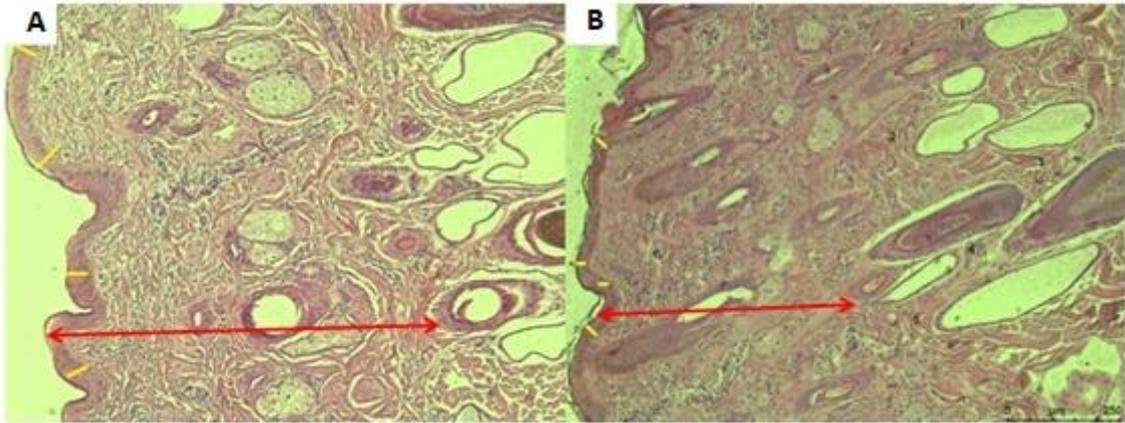


Figura 6 – Espessura da derme de novilhos em função da época do ano

(A) Pele de novilho no outono. (B) Pele de novilho no verão. (Aumento: objetiva de 10x, 250 μm).

*seta amarela: espessura da epiderme; seta vermelha: espessura da derme.

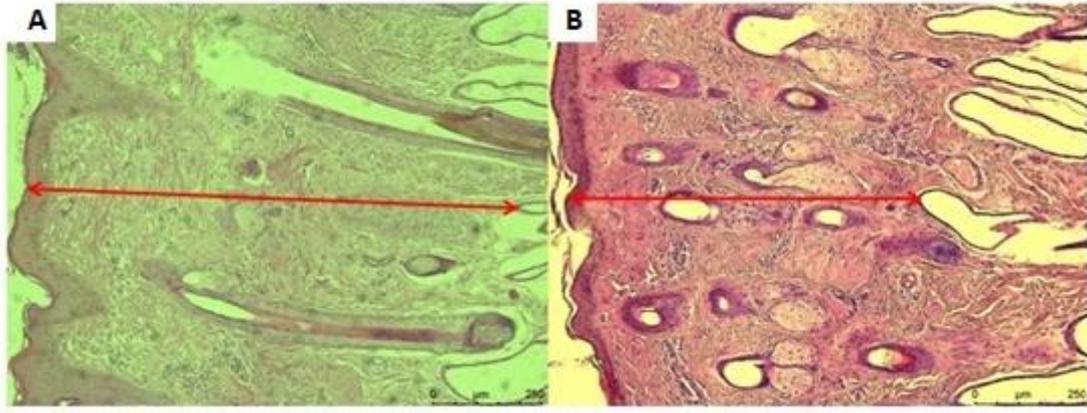


Figura 7 – Profundidade de glândulas sudoríparas de novilhos em função da época do ano
(A) Pele de novilho no verão. (B) Pele de bovino no outono. (Aumento: objetiva de 10x, 250 μm).
*seta vermelha: profundidade das glândulas sudoríparas.

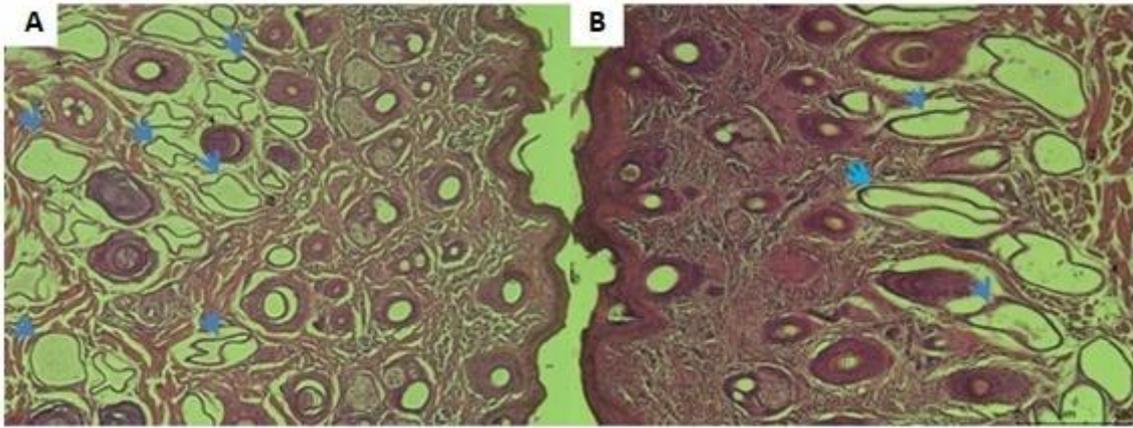


Figura 8 – Número de glândulas sudoríparas de novilhos em função da época do ano
(A) Pele de bovino no verão. (B) Pele de bovino no outono. (Aumento: objetiva de 10x, 250 μm).
*seta azul: glândulas sudoríparas.

Tabela 1 – Ingredientes e composição química dos suplementos em função da fonte de nitrogênio

	Ureia extrusada	Farelo de Soja	Ureia extrusada	Farelo de Soja
	Águas		Transição Águas – Seca	
<i>Ingredientes</i>				
Milho	78,00	19,52	87,07	53,52
Farelo de soja	-	76,03	-	43,63
Ureia extrusada ¹	17,55	-	10,07	-
Núcleo mineral ²	4,45	4,45	2,86	2,85
<i>Composição química³</i>				
MS (% da MN)	84,72	85,02	91,57	90,14
MM (% da MS)	5,88	9,75	3,95	5,67
MO (% da MS)	94,12	90,25	96,05	94,24
PB (% da MS)	41,00	41,00	26,75	26,75
FDN (% da MS)	13,95	27,28	18,16	29,35
FDA (% da MS)	3,42	10,57	4,94	9,52

¹Ureia extrusada com equivalente proteico de 200% (Amireia-200® - Pajoara Ind. & Com. Ltda. Campo Grande-MS, Brasil).

²Níveis de garantia: Na: 100 g/kg; P: 88 g/kg; Ca: 188 g/kg; S: 22 g/kg; Mg: 8000 mg/kg; Zn: 3000 mg/kg; Cu: 1000 mg/kg; Co: 80 mg/kg; I: 60 mg/kg; Se: 420 mg/kg; F: 880 mg/kg.

³MS: Matéria Seca; MM: Matéria Mineral; MO: Matéria Orgânica; PB: Proteína Bruta; FDN: Fibra em Detergente Neutro; FDA: Fibra em Detergente Ácido.

Tabela 2 - Características da pele de novilhos recriados em pastagem em função do suplemento e da época do ano

	Fonte de Nitrogênio*		Época [#]			CV	P-valor		
	Farelo de soja	Ureia extrusada	Verão	Outono	Inverno		Fonte de Nitrogênio	Época	Interação
Espessura da epiderme (µm)	38,2	37,2	34,0 b	41,8 a	37,2 a	27,46	0,2242	0,0001	0,0618
Espessura da derme (µm)	695,5 a	666,6 b	643,6 b	716,8 a	682,8 a	17,98	0,0063	0,0001	0,2209
Comprimento da porção glandular (µm)	218,8	223,1	211,3 b	215,9 b	235,6 a	43,78	0,6035	0,0416	0,0309
Profundidade das glândulas (µm)	709,8	696,5	688,6 b	699,3 a	688,8 b	19,68	0,2632	0,0029	0,8843
Nº de glândulas sudoríparas	10,2	10,6	11,4 a	9,5 b	10,3 b	28,45	0,1475	0,0001	0,0589
Nº de folículos	19,6	19,1	20,8 a	19,0 b	18,2 b	45,17	0,5222	0,0143	0,0001
Área das glândulas (µm ²)	5978,6	5905,6	4723,4 b	5946,8 a	7156,0 a	63,08	0,8214	0,0001	0,0242

* Médias seguidas por letras minúsculas distintas, diferem entre si pelo teste F (P<0,05)

Médias seguidas por letras minúsculas distintas, diferem entre si pelo teste de Dunnett (P<0,05)

Obs. As interações foram desdobradas na forma de figura

Tabela 3 - Correlação de Pearson entre as características da pele de novilhos recriados em pastagem

	EDe	PGS	Cmaior	Cmenor	NGS	NFO	Aglan	Temperatura
EEP	0,256*	0,522*	0,064	0,012	-0,300*	-0,335*	-0,001	-0,118
EDe	1	0,463*	0,021	0,140	-0,280*	-0,131	0,041	-0,127
PGS		1	0,020	-0,019	-0,313*	-0,267*	-0,016	0,025
Cmaior			1	0,273*	-0,516*	-0,528*	0,764*	-0,132
Cmenor				1	-0,172	-0,109	0,657*	-0,336*
NGS					1	0,615*	-0,450*	0,098
NFO						1	-0,391*	0,109
Aglan							1	-0,330*

Correlações seguidas de * sobrescrito indicam significância ($P < 0,05$)

EEP: espessura da epiderme; EDe: espessura da derme; PGS: profundidade de glândulas sudoríparas; Cmaior: comprimento maior de glândulas sudoríparas; Cmenor: comprimento menor de glândulas sudoríparas; NGS: número de glândulas sudoríparas; NFO: número de folículos; Aglan: área de glândulas sudoríparas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se efeito direto da fonte de nitrogênio apenas para espessura da derme, sendo maior para o tratamento com farelo de soja. Além disso, houve efeito da época do ano para todas as variáveis da pele estudadas. Assim, pode-se inferir que a pele de novilhos durante a fase de recria sofre influência parcial da fonte de nitrogênio no suplemento e se altera ao longo do ano em função das mudanças climáticas. Recomenda-se o uso de farelo de soja como fonte de nitrogênio nos suplementos para novilhos Nelore na fase de crescimento, haja vista que os animais que receberam farelo de soja como suplemento apresentaram a maior espessura da derme e epiderme, do que animais que receberam NNP, assim como maior número de folículos e maior número de glândulas sudoríparas de menor comprimento. Em ambientes tropicais de Cerrado, onde o clima apresenta temperaturas mais elevadas ao longo do ano, como a área onde foi realizado o estudo, essas características morfológicas da pele auxiliam os animais a manterem a temperatura corporal e não sofrerem com o estresse térmico, que seria a dificuldade de manter a temperatura corporal por conta do aumento da temperatura ambiente. No entanto, há necessidade da realização de estudos futuros que relacionem a substituição da fonte de nitrogênio da dieta animal na morfologia da pele com outras avaliações, como taxa de sudorese, temperatura dos animais, análise sanguínea, uso de ultrassom e câmera termográfica, de forma que se verifique outras respostas adaptativas dos animais em diferentes condições climáticas.