

Características anatomofisiológicas de adaptação de bovinos leiteiros ao ambiente tropical

Antônio da Costa Pinheiro¹, Edilson Paes Saraiva², Carla Aparecida Soares Saraiva³,
Vinícius de França Carvalho Fonseca⁴, Maria Elivania Vieira Almeida⁵, Severino
Guilherme Gonçalves Caetano dos Santos⁴, Mikael Leal Cabral Menezes de Amorim⁵,
Pedro José Rodrigues Neto⁶

¹Mestrando em Zootecnia PPGZ – CCA – UFPB. E-mail: antonio_costa02@hotmail.com;

²Professor Dr. do Departamento de Zootecnia e do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPGZ) – CCA – UFPB. E-mail: edilson@cca.ufpb.br;

³Professora Dra. do Departamento de Zootecnia – CCA – UFPB. E-mail: carla@cca.ufpb.br;

⁴MSc. Doutorando em Zootecnia, PPGZ – CCA – UFPB. E-mail: vinicius_fonseca86@hotmail.com;
guilhermeufpb@gmail.com;

⁵Mestrandos em Zootecnia PPGZ – CCA – UFPB. E-mail: elivania_00@hotmail.com;
mikael_leal@hotmail.com; ⁶Graduando em Zootecnia CCA – UFPB. E-mail: pedroteczoo@gmail.com

Resumo

A interferência de fatores ambientais (temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar) é uma das principais causas que tem limitado a produção de bovinos em ambientes de clima tropical. Por serem considerados animais homeotérmicos, os bovinos conseguem dentro de certos limites, ajustar o seu ritmo biológico diário através de reações fisiológicas e comportamentais como respostas às intempéries ambientais ao qual são submetidos. Quando são inseridos em ambientes com temperaturas acima da sua faixa de termoneutralidade, a maioria das fontes geradoras de calor interno são diminuídas, havendo o envolvimento de mecanismos sensíveis e latentes de dissipação de calor, além de alterações físicas, fisiológicas e comportamentais como forma de neutralizar os efeitos negativos do estresse por calor e manter o equilíbrio térmico. No geral, as raças bovinas selecionadas para maior produção, são originárias de países de clima temperado, o que não permite a estas expressarem o máximo da sua capacidade produtiva em ambientes de clima tropical. No entanto, muitos produtores têm se utilizado de sistemas de cruzamentos entre raças europeias e zebuínas com o intuito de melhorar a produção de leite e a eficiência reprodutiva e adaptativa em ambientes tropicais. Assim, torna-se necessário maior conhecimento dos fatores ambientais que influenciam a produção animal, da capacidade de adaptação das raças, bem como das características anatomofisiológicas de termorregulação de bovinos em condições de clima tropical.
Palavras-chave: adaptabilidade, bovinocultura leiteira, clima tropical, termorregulação

Abstract

Anatomical and physiological characteristics of dairy cattle to adapt to the tropical environment. The influence of environmental factors (air temperature, relative air humidity and solar radiation) is one of the main causes that have limited the production of cattle in tropical environments. For being considered homeotherms animals the cattles get within certain limits, adjust their daily biological rhythm through physiological and behavioral reactions as responses the environmental variations to which they are submitted. When they are inserted into environments with temperatures above its thermoneutral band, most internal sources heat are reduced, with the involvement of sensible and latent heat dissipation mechanisms, in addition to physical, physiological and behavioral changes as form of neutralizing the negative effects of heat stress, and maintain thermal balance. Overall, the cattle breeds selected for increased production, originate in temperate countries, which does not allow these express the maximum of its production capacity in tropical climate environments. However, many producers have been only used in systems crossings between European and zebu in order to improve milk production and reproductive efficiency and adaptive in tropical environments. Thus, it becomes necessary better knowledge of the environmental factors that influence animal production, the adaptation capacity of the races, as well as anatomophysiological characteristics of cattle thermoregulation in tropical climate conditions.

Keywords: adaptability, dairy cattle, tropical climate, thermoregulation

Introdução

A influência dos fatores ambientais em torno do animal, tem se tornado um dos aspectos que afeta cada vez mais a produtividade de leite no Brasil, devido à grande variação de microclimas e grande diversidade de raças produtoras de leite. Segundo Azevedo et al. (2005), aproximadamente dois terços do território brasileiro está situado na faixa tropical do planeta, onde predominam temperaturas elevadas, como consequência da grande intensidade da radiação solar incidente.

A ocorrência de altas taxas de radiação solar durante o dia, provocam grandes mudanças no mecanismo fisiológico dos animais, como a elevação da temperatura corporal, frequência respiratória, batimentos cardíacos e taxa de sudorese. Com isso, os animais têm que lançar mão de mecanismos anatomofisiológicos de adaptação às condições ambientais ao qual estão submetidos, sobretudo, em regiões de baixas latitude (semiárido).

Segundo Azêvedo & Alves (2009), animais leiteiros são muito sensíveis aos altos níveis de radiação solar, que pode superar em duas a três vezes o calor interno produzido durante o momento ao qual ficam expostos aos raios solares durante parte do dia, assim, procuram pastar principalmente no início da manhã, final da tarde e durante a noite, procurando manter-se à sombra nas horas mais quentes do dia.

Bertipaglia et al. (2007), afirmam que os animais podem se ajustar fisiológica, comportamental ou imunologicamente dentro de certos limites, de modo a sustentar a homeostase orgânica e minimizar as consequências adversas, entretanto as funções menos vitais ao organismo, como desempenho e o bem-estar, podem ser atingidas quando a intensidade e a duração dos estressores ambientais excederem a capacidade compensatória dos animais, geneticamente determinada.

A habilidade de muitos animais para desenvolver-se sob condições quentes baseia-se nas respostas compensatórias como aumento da atividade respiratória e da taxa de sudorese (Aiura et al., 2010), sendo esses parâmetros os mais pesquisados para se verificar a adaptabilidade de animais a um determinado ambiente.

A avaliação dos parâmetros adaptativos apresenta notável importância ao sistema de produção leiteiro, pois revela-se como um atributo adicional ao processo de seleção dos animais dentro de um rebanho ou até mesmo aplicável a um programa de melhoramento genético. McManus et al. (2009); Baêta & Souza (2010), ressaltam que a adaptabilidade pode ser medida ou avaliada pela habilidade que o animal tem de se ajustar às condições médias ambientais de climas desfavoráveis, com mínimas perdas produtivas e reprodutivas, elevada resistência a doenças, longevidade e baixa taxa de mortalidade durante o período de estresse.

Segundo Façanha et al. (2013), características de pelame e epiderme, reações como taquipnéia e sudorese são importantes termorreguladores, cuja associação a respostas endócrinas, bioquímicas e hematológicas permite inferir sobre a homeostase, de modo a se configurar como indicadores seguros de adaptabilidade do animal ao ambiente que está inserido.

Assim, para que ocorra a expansão de áreas para a criação de bovinos leiteiros, deve ser levado em consideração, o conhecimento das condições climáticas da região em estudo, (Almeida et al., 2010) e a escolha de genótipos mais adaptados às condições climáticas de uma determinada região, devendo-se considerar, além da capacidade de ganho de peso, rendimento de carcaça e produção de leite, aspectos adaptativos, como prolificidade e sobrevivência (Façanha et al., 2013).

Diante disso, objetivou-se com esta revisão de literatura discorrer a respeito dos principais fatores ambientais que influenciam a produção animal, como também, da influência das condições de climas tropical na termorregulação e adaptabilidade de bovinos leiteiros.

Produção animal em ambiente tropical

O ambiente tropical refere-se a região do planeta situada entre os trópicos de Câncer e de Capricórnio, que são os paralelos de aproximadamente 23,5° de latitude norte e sul respectivamente (Silva, 2000). Nessa região, a temperatura do ar frequentemente excede a temperatura corporal dos animais de interesse zootécnico, tornando os processos de dissipação de calor pouco eficientes, esse fato se deve a

maior incidência de radiação solar presente nessa faixa do planeta (Silva, 1999).

A combinação de altas temperaturas ambientais e alta radiação solar ao longo do ano representa um desafio para o conforto térmico de vacas leiteiras em regiões tropicais. Essas condições climáticas modificam o equilíbrio térmico do animal, o que provoca mudanças nas respostas fisiológicas e comportamentais para lidar com o ambiente (Domingos et al., 2013), ocasionando uma diminuição na produtividade dos sistemas de produção de leite em áreas de clima tropical.

Na tentativa de melhorar a produtividade destes sistemas, tem-se utilizado em larga escala o cruzamento de raças zebuínas (ou crioulas adaptadas), que apresentam excelente adaptação às condições tropicais, com raças de origem europeia especializadas para a produção de leite (Facó et al., 2002). Isso ocorre geralmente, em razão de sérios problemas de adaptação dos animais puros de raças especializadas sob condições tropicais, como estresse térmico, baixa qualidade dos alimentos, manejo inadequado, parasitas, entre outros, que, em muitos casos, inviabilizam o sistema de produção (Facó et al., 2005).

Com a utilização do manejo reprodutivo de cruzamentos, pode se obter animais de maior produtividade e com maior adaptação a condições de clima tropical, por causa da combinação e complementariedade das características das raças utilizadas e devido a ocorrência do fenômeno “vigor híbrido”, ou heterose (Facó et al., 2002; Guimarães et al., 2002).

Comparados aos bovinos europeus, os zebuínos são mais resistentes ao estresse por calor e a outros estressores ambientais que limitam a expressão das características produtivas nas áreas tropicais e subtropicais (Bó et al., 2003). Essa maior adaptação das raças zebuínas a climas tropicais está relacionada a capacidade desses animais em perder calor pela sudorese de forma mais efetiva, pois possuem maior número de glândulas sudoríparas ativas, maior volume de secreção, pelos mais curtos e maior superfície em relação à massa corporal (Pereira et al., 2008).

Já as raças europeias são mais produtivas em ambientes favoráveis (Azevedo et al., 2005). Segundo Morais et al. (2008), animais da raça Holandesa requerem temperaturas ambiente entre 5 e 18°C para a máxima expressão de seu potencial genético, no entanto, valores acima

desta faixa são facilmente verificados na maioria das regiões do Brasil. Com isso, a maior parte da produção de leite do Brasil, é proveniente de animais mestiços zebuínos criados em pastagens com pouca tecnologia e baixo custo de produção (Facó et al., 2002; Freitas et al., 2001), devido a sua maior resistência a intempéries climáticas em relação a animais de puro sangue Holandês, (Azevedo et al., 2005).

Guimarães et al. (2002) avaliando eficiências reprodutiva e produtiva em vacas das raças Gir, Holandês e cruzadas Holandês x Zebu, observaram que animais 3/4 e 7/8 Holandeses x Zebu apresentaram maior produção de leite em comparação aos animais da raça Gir, fato este que, além de associado ao maior grau de sangue holandês, pode estar ligado à maior adaptabilidade dos animais mestiços ao ambiente, em comparação com os animais puros.

Resultados semelhantes foram constatados por Facó et al. (2002) e McManus et al. (2008), que observaram maior produção diária de leite em animais mestiços com maior grau de sangue Holandês (7/8, 3/4 e 1/2 Holandês x Gir). Com isso, os autores também evidenciaram a adaptação das vacas mestiças, principalmente as 1/2 e 3/4 Holandês x Gir, ao ambiente que foram submetidas ou que, nas condições que se desenvolveu os trabalhos, em razão do estresse nutricional e/ou térmico, provavelmente os animais puros da raça Holandesa não expressaram todo o seu potencial genético para a produção de leite.

Ambiente e a termorregulação

O ambiente térmico envolve a interação de um complexo de fatores ou elementos que interagem para determinar a magnitude dos processos de troca de calor entre o animal e o ambiente. Assim, para uma maior eficiência na exploração pecuária a interação animal e ambiente deve ser considerada, pois as diferentes respostas do animal às peculiaridades de cada região são determinantes no sucesso da atividade (Neiva et al., 2004).

Segundo Navarini et al. (2009), a correta identificação dos fatores que influem na vida produtiva do animal, como o estresse imposto pelas flutuações estacionais do meio ambiente, permite ajustes nas práticas de manejo dos sistemas de produção, possibilitando oferecer sustentabilidade e viabilidade econômica.

No entanto, o ambiente externo no qual os animais vivem normalmente é muito complexo, pois fatores como temperatura e umidade do ar, radiação e velocidade do vento modificam-se continuamente e alterações em uma ou outra dessas variáveis podem causar mudanças significativas em todos os componentes do balanço térmico (Silva, 1999).

Temperatura do ar

A temperatura do ar é considerada o fator climático com maior influência sobre o ambiente físico do animal (Neiva et al., 2004). Em regiões tropicais, quando combinada a outros parâmetros ambientais durante maior parte do ano, pode provocar estresse nos animais, que buscam se ajustar, aumentando a dissipação de calor para o meio, principalmente através da termólise cutânea e respiratória (Silva, 2000).

A avaliação da temperatura pode prever o estado térmico no qual o corpo do animal se encontra dentro do ambiente ao qual está inserido. Com isso, se torna uma ferramenta juntamente com outras características que medem tolerância do animal ao calor (cor e características de pelame), como sendo imprescindíveis no processo de seleção de animais para clima tropical (Starling et al., 2005).

Os bovinos assim como os outros ruminantes são animais homeotérmicos, tendendo a manter a temperatura corporal constante através do fluxo de calor determinado por processos que dependem da temperatura e da umidade relativa do ar (Azevedo et al., 2008). Quando inseridos em ambientes de temperaturas elevadas, nas quais a produção de calor excede a dissipação, maioria das fontes geradoras de calor endógeno são diminuídas (principalmente o consumo de alimento), enquanto a temperatura corporal, a frequência respiratória, a taxa de sudorese e os batimentos cardíacos aumentam, havendo o envolvimento de processos físicos, bioquímicos e fisiológicos para tentar neutralizar os efeitos negativos do estresse por calor e manter o equilíbrio térmico (Silanikove, 2000; Souza et al., 2007), e quando ocorre alterações nesses parâmetros, dá indícios da tentativa do animal em minimizar o desbalanço térmico.

No entanto, ambientes com temperaturas estressantes também podem ocasionar perdas hídricas pela sudorese e pelo ofego. Perdas hídricas essas, que quando não repostas

adequadamente, podem levar a desidratação e resultar em dificuldade na regulação da temperatura corporal, ocasionando redução no seu desempenho (Ferreira et al., 2009).

Como medidas comportamentais para manter a homeotermia sob altas temperaturas, os animais abrigam-se da radiação solar sob coberturas disponíveis que proporcionem sombras, procuram lâminas d'água ou terrenos úmidos onde se espojam e aumentam a ingestão de água (Silva et al., 2012b).

Neiva et al. (2004), avaliando o efeito do estresse climático sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos mantidos em confinamento, observaram menor consumo de água em animais mantidos a sombra que aqueles mantidos sob radiação solar direta. Esses autores inferiram que esse fato ocorreu, provavelmente, em resposta à taxa de evaporação de água dos tecidos do animal, consequência das trocas de calor entre o animal e o ambiente.

Nesse contexto, Quesada et al. (2001), destaca a necessidade do conhecimento da tolerância ao calor e da capacidade de adaptação das raças, como forma de embasamento técnico para a exploração de animais, para propostas de raças em uma nova região ou mesmo para nortear um programa de cruzamentos, visando à obtenção de tipos ou raças mais adaptadas a uma condição específica de ambiente.

Umidade relativa

A umidade relativa é o índice que diz respeito a capacidade do ar em reter água, ou seja, quantidade de água presente em um volume de ar em relação à quantidade de água presente na atmosfera saturada (Ferreira, 2011).

Embora a temperatura do ar seja frequentemente considerada o mais importante fator climático isolado, para muitas espécies de animais seus efeitos dependem do nível de umidade atmosférica. A importância da umidade atmosférica é tanto maior quanto mais o organismo depender de processos evaporativos para a termorregulação (Silva, 2000).

Segundo Ferreira (2011), a umidade relativa (UR) do ambiente deve estar na faixa de 40 a 70%, para a maioria das espécies domésticas. Pois se o ambiente se apresentar com temperatura elevada e umidade relativa muito baixa a evaporação será rápida, podendo causar irritação cutânea e desidratação geral das mucosas e vias respiratórias, já no caso do

ambiente se apresentar quente e demasiadamente úmido, a evaporação torna-se muito lenta ou nula, reduzindo assim a termólise e aumentando a carga de calor do animal, principalmente porque, em condições de altas temperatura, a termólise por convecção é prejudicada (Starling et al., 2002).

De acordo com Nääs & Arcaro Jr (2001), até um limite aproximado de umidade relativa do ar de 70% a melhor maneira de se esfriar um ambiente destinado a animais em lactação, é fazer uso da água, uma vez que a mesma possui alta capacidade calorífica e elevado calor latente de vaporização. Contudo, para situações de alta umidade, recomenda-se apenas o uso da ventilação, o que permite dissipação do calor liberado pelos animais por convecção (Baêta & Souza, 2010).

A utilização do resfriamento evaporativo dentro das instalações, particularmente em vacas leiteira, tem se expandido rapidamente em regiões de clima quentes, devido a sua relativa simplicidade e praticidade técnica e à relação custo/benefício, proporcionando incremento na produção de leite (Silva et al., 2002). Esse sistema pode ser aplicado das mais diversas maneiras, entre elas, a nebulização, micro aspersão e aspersão sobre os animais ou telhados (Laganá et al., 2005). Segundo Matarazzo et al. (2006), a aspersão não tem como finalidade resfriar o ar, pois o sistema emprega gotas com tamanho maior de modo a promover o umedecimento dos pelos dos animais, ocorrendo o resfriamento do animal com a evaporação da água por meio da pele e pelos, permitindo a troca de calor mais eficiente, quando comparada apenas com a sudorese. Além disso, a superfície da pele umedecida gera maior economia de perda de água do que a transpiração e minimiza a desidratação do corpo, que pode ser um problema nas regiões semiárida (Domingos et al., 2013).

Arcaro Jr et al. (2005) verificaram umidade relativa do ar elevada com o emprego do Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo aplicado em curral de espera. Os valores encontrados foram 45,6; 38,9 e 79,8%, respectivamente, para os tratamentos controle (sala de espera sem climatização), ventilação (sala de espera com ventilação forçada) e ventilação associada à aspersão (sala de espera com ventilação e aspersão).

No entanto, Carvalho et al. (2009) afirmam que em regiões com altos valores de

temperatura do ar associados aos das altas umidades relativas, são limitantes ao uso de sistemas de resfriamento evaporativo, porém durante os meses mais quentes e menos úmidos os sistemas de resfriamento evaporativo, apresentam melhor desempenho.

Radiação solar

Além da temperatura e umidade relativa do ar, a radiação solar direta é outro fator climático que também exerce influência sobre 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 exerce grande influência na distribuição anual das temperaturas no Globo (Baêta & Souza, 2010).

A energia térmica presente no organismo de um animal homeotérmico é em sua maior parte gerada pelos processos metabólicos, entretanto uma porção significativa é procedente do meio ambiente, por meio da absorção de radiação de ondas curtas e de ondas longas (Morais, 2011). Nesse contexto, a radiação solar apresenta grande participação na quantidade de calor recebido pelo animal, principalmente quando exposto a campo, como ocorre com bovinos em pastejo (Ferreira, 2011).

Devido a incidência da radiação solar Navarinni, et al. (2009), observaram um aumento de 0,9°C na temperatura superficial de bovinos exposto à radiação solar direta em comparação com animais mantidos em sombreamento por pequenos bosques. No entanto esse valor pode ser considerado apreciável, por ser média, e por se tratar de animais homeotérmicos.

Segundo Silva (1999), a transmissão da radiação solar ocorre através da capa (pele e pelo), sendo dependente das propriedades estruturais e físicas da mesma (espessura da capa, comprimento e pigmentação dos pelos, número de pelos por unidade de área e diâmetro do pelo). Além da estrutura morfológica do pelame, uma refletância à radiação de ondas curtas (que confere capacidade de resistência à intensa radiação solar) é uma qualidade muito importante para os animais, principalmente os mantidos em condições de pasto (Bertipaglia, 2007).

A radiação solar em suas três formas (química, luminosa e térmica) quando incide na superfície da pele dos animais se transforma quase que inteiramente em calor depois de ser

absorvidas em intensidades variadas segundo a cor do pigmento do pelo e do grau de pigmentação da pele (Ferreira, 2010). Silva (2011) cita que, um pelame escuro apresenta maior absorção e menor reflexão da radiação térmica, resultando em maior estresse por calor para os animais.

Silva et al. (2001), estudando a transmissão da radiação ultravioleta através do pelame e da epiderme de bovinos das raças Holandesa e Nelore concluíram que em um ambiente caracterizado por altos níveis de radiação ultravioleta (UV), a combinação mais adequada é um pelame de cor branca, sobre uma epiderme de cor negra, e que na impossibilidade desta combinação, um pelame de cor negra se tornaria uma alternativa mais desejável com relação à penetração pela radiação UV. Entretanto, um pelame negro constitui uma superfície de grande absorvidade da radiação térmica, de modo que a temperatura da superfície cutânea nestes animais é mais elevada que naqueles com pelame branco.

Termorregulação: Evaporação cutânea e respiratória

Para os animais homeotérmicos uma das estratégias para manter a termorregulação, é manter a temperatura corporal interna maior que a temperatura ambiente para permitir um fluxo de calor entre o organismo e o ambiente externo. A estabilidade da temperatura corporal é realizada através de permutas de calor com o meio ambiente, as quais estão dependentes de mecanismos fisiológicos, comportamentais e metabólicos (Perissinotto et al., 2007).

Dessa forma, para que os animais possam dissipar o excesso de energia térmica corporal sob altas temperaturas ambiente, os mecanismos evaporativos de perda de calor, os quais ocorrem na superfície da epiderme por meio da sudação e pelo sistema respiratório (Maia et al, 2005), se tornam predominantes. Assim, a adaptabilidade dos animais a determinadas condições ambientais pode ser determinada, não somente por medidas fisiológicas como frequência respiratória e temperatura corporal, como também por meio da taxa de sudação e pela temperatura retal (Aiura et al., 2010).

Segundo Façanha et al. (2013), as perdas de calor por evaporação em bovinos ocorrem principalmente através da epiderme, respondendo por cerca de 85% das perdas de

calor latentes, sendo o restante perdido através da evaporação respiratória.

Características de pelame

A capa dos animais, constituída pelo pelame tem importância fundamental para as trocas térmicas entre o organismo e o ambiente, assumindo funções mais ligadas à proteção mecânica da epiderme, proteção contra radiação (Silva, 2000; Martello, 2006) e a dissipação do excesso de calor da superfície animal (Silva et al., 2013b).

O pelame representa uma fronteira física entre o ambiente e o corpo dos animais, influenciando na produção e desempenho dos mesmos, pois está ligado a manutenção da termorregulação do animal, atuando na dissipação de radiação solar incidente.

As características morfológicas como densidade numérica, comprimento dos pelos, espessura da capa e a cor do pelame em bovinos afetam diretamente as trocas térmicas de calor sensível (convecção e radiação) e as perdas de calor latente (evaporação cutânea) para o ambiente (Maia et al., 2003; Façanha et al., 2010).

Bianchini et al. (2006), trabalhando com animais naturalizados brasileiros, observaram que quanto menor o número de pelos por unidade de área, mais facilmente o vento penetra na capa de pelos e remove o ar aprisionado, favorecendo a transferência térmica para o ambiente.

Façanha et al. (2010), analisando a variação anual das características morfológicas do pelame de vacas holandesas em ambiente semiárido, encontraram média geral de 1552 pelos/cm², valor bastante superior ao encontrado por Silva et al. (2013b), que foi de 953 pelos/cm² para vacas holandesas puras por cruza, e por Maia et al. (2003) que verificaram em pelame negro uma densidade de 932 pelos/cm².

Segundo Silva (2000), o calor conduzido através das fibras do pelame é maior do que o conduzido pelo ar, desse modo, quanto maior o número de pelos por unidade de área e quanto mais grossos forem os mesmos, tanto maior será a quantidade de energia térmica conduzida através da capa. Portanto, maior diâmetro dos pelos é uma vantagem em ambientes quentes, já que os animais estão submetidos a uma carga térmica radiante bem superior do que a de regiões temperadas (Maia et al., 2003).

De acordo com Silva et al. (2001), é usualmente aceito que animais com superfície externa pigmentada e escura sejam mais sujeitos ao estresse por calor que os de coloração clara, apresentando maior absorvidade para a radiação solar de diversos comprimentos de onda e, portanto, armazenando maior quantidade de energia térmica. Embora a reflexão seja maior em uma capa de coloração clara, no entanto, para que essa vantagem seja efetiva, a epiderme deve ser pigmentada e os pelos densamente distribuídos sobre ela (Veríssimo et al., 2009).

Diante dessas considerações, o tipo de bovino mais vantajoso para regiões tropicais seria aquele que apresente uma capa de pelame branco, com pelos bem assentados, sobre uma epiderme pigmentada (Bertipaglia, 2007), além de serem grossos e curtos, para favorecer as perdas de calor latentes e sensíveis (Maia et al., 2003).

No entanto, Silva (1999), cita que em animais da raça Holandesa a pigmentação da epiderme acompanha a do pelame, tendo duas alternativas: 1) se o regime de manejo for a pasto, dar preferência a animais predominantemente negros, proporcionando sombra suficiente na pastagem; 2) se o regime for de estabulação, animais predominantemente brancos serão mais vantajosos; em qualquer caso, a capa de pelame deverá ser a menos espessa possível, com pelos curtos, grossos e bem assentados.

Características de pele

A pele é o dispositivo anatômico que os bovinos dispõem para a perda de calor. Constitui o maior órgão em extensão do corpo dos animais, representando uma barreira natural entre o organismo e o meio externo, cuja principal função é a de proteção contra os agentes físicos, químicos e microbiológicos (Silva et al., 2010).

É composta por duas camadas (epiderme e a derme) e órgãos anexos (os folículos pilosos, as glândulas sudoríparas e sebácea, e os cascos).

A epiderme é constituída por um epitélio estratificado pavimentoso queratinizado, abrigo entre outras, células produtoras de queratina (uma proteína resistente e impermeável responsável pela proteção), de melanina (responsável pela filtragem dos raios UV) e, de células imunitárias, não possui vasos sanguíneos, com isso, os nutrientes e o oxigênio

chegam à epiderme por difusão a partir de vasos sanguíneos da derme (Ferreira, 2010).

A derme dispõe-se logo abaixo da camada epidérmica e desta é separada por uma fina membrana basal de natureza complexa. A derme é composta essencialmente por tecido conjuntivo e constitui suporte para as estruturas derivadas da epiderme (folículos pilosos, glândulas sebáceas e sudoríparas), com as quais guarda íntimas relações histológicas (Oliveira, 2007).

Os bovinos de raças tropicais tendem a apresentar epiderme altamente pigmentada, em combinação com pelame branco ou claro. Isso é uma consequência da seleção natural, que visa proteger os tecidos profundos da ação perigosa da radiação ultravioleta de ondas curtas (<300 nm), a qual atravessa facilmente a fina camada de pelame desses animais (Silva et al., 2003).

De acordo com Silva (1999) e Silva et al. (2001), a seleção de bovinos para maior tolerância ao calor em ambiente tropical deve ser direcionada para pelame predominantemente pretos, no caso de raças nas quais a pigmentação da epiderme acompanha a do pelame, o que ocorre na raça Holandesa.

Em ambiente tropical, é fundamental a proteção contra os altos níveis de radiação ultravioleta, proporcionada pela melanina da epiderme e/ou do pelame (Bertipaglia et al., 2008), sendo essa a função fundamental da melanina para animais que vivem nas regiões tropicais (Silva, 2000).

Maia et al. (2003), avaliando as características de pelame de vacas Holandesas, encontrou um coeficiente de transmitância consideravelmente mais elevado na epiderme despigmentada em comparação com a epiderme pigmentada. Esses autores inferiram que nessas áreas despigmentada, os pelos são mais compridos e numerosos, constituindo uma barreira que reduz a penetração dos raios solares até a epiderme.

Alterações quantitativas dos componentes teciduais, celulares ou de organelas celulares frequentemente surgem em processos de adaptação, evolução ou patologias em um determinado organismo, o que torna necessário uma avaliação quantitativa destes componentes para que estes processos sejam bem entendidos (Roberts et al., 2000).

A perda de calor corporal pelo processo de sudação se baseia fundamentalmente na evaporação, um processo endotérmico que se desenvolve na superfície corporal e que resulta

na conversão de água do estado líquido a vapor (Etchichury, 2008).

Em certos habitats como desertos, regiões tropicais áridas e semiáridas, a temperatura do ar pode exceder facilmente a do organismo dos animais, e pode ser agravada ainda mais pela radiação intensa e pela baixa umidade atmosférica. Nessas condições térmicas, os mecanismos sensíveis de troca de calor (condução, convecção e radiação) são neutralizadas (Sousa Jr et al., 2008), se tornando mais significativas as perdas de calor latente, sobretudo por evaporação cutânea (Façanha et al., 2013), por não depender do diferencial de temperatura entre o organismo e a atmosfera (Silva & Starling, 2003).

Segundo Kadzere et al. (2002), a proporção de calor metabólico que é dissipado por meio da evaporação aumenta com a elevação da temperatura ambiente, devido ao gradiente de temperatura decrescente entre o animal e o ar; e devido ao aumento no volume de sangue para a epiderme, proporcionando as glândulas sudoríparas maior estímulo e quantidade de matéria prima para sua ação (Bertipaglia, 2007).

As glândulas sudoríparas presentes na superfície corporal dos ruminantes são do tipo apócrinas e, são também conhecidas como epitríquias, porque estão sempre associadas a um folículo piloso (Azevedo, 2004). Essas glândulas são estimuladas pelo sistema nervoso autônomo simpático, via inervação simpática adrenérgica e, portanto, são ativadas em resposta a algum tipo de estresse, principalmente, o estresse pelo calor (Reece, 1996).

A principal função das glândulas sudoríparas se refere a produção de suor, auxiliando na regulação térmica pelo resfriamento do corpo, assim, quanto maior a quantidade de glândulas sudoríparas ativas, maior a facilidade de perder calor através da sudorese (Silva et al., 2010).

As glândulas são compostas por duas partes, uma espiralada que secreta o suor e outra ductal que leva esta secreção através da derme e epiderme até o exterior do corpo (Ferreira, 2010). O suor advindo das glândulas sudorípara apócrinas contém 94,5% de água, 0,5% de albumina e 5% de cloretos e outros sais, sendo quantificado pela taxa de sudação ($\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$) (Ferreira, 2011).

Segundo Silva (2000), a quantidade de suor produzido depende do número de

glândulas sudoríparas ativas, com isso, o número de glândulas por unidade de área epidérmica constitui um dado importante, principalmente para animais que vivem em locais constantemente sujeitos a altas temperaturas, que tendem a apresentar uma maior densidade numérica de glândulas sudoríparas.

Ferreira et al. (2009), ao avaliarem a histologia de fragmentos de tecido cutâneo de bovinos mestiços (Holandês x Gir) submetidos a estresse por calor, verificaram que as glândulas sudoríparas apresentam menores áreas e se localizavam mais superficialmente no verão em comparação com a época de inverno. Segundo os mesmos autores, o menor volume das glândulas sudoríparas e sua localização mais superficialmente demonstra uma maior atividade funcional delas, indicando que a atividade de sudação é mais intensa nessa época do ano.

A densidade de glândulas sudoríparas e a taxa de sudação variam conforme os indivíduos e as raças, e por serem geneticamente determinadas podem ser usadas em programas de seleção (Ferreira, 2010). Ferreira (2011), cita que as glândulas dos zebuínos apresentam maior volume que aquelas dos bovinos europeus, sendo essa uma das diferenças marcantes de adaptação ao calor e que torna o zebuíno mais adaptado ao clima quente.

Bianchini et al. (2006), avaliando as características corporais de bovinos naturalizados brasileiros, observaram que animais da raça Holandesa apresentaram menor área de tecido (em percentual) ocupada pela parte secretora das glândulas sudoríparas, o que pode indicar maior dificuldade de adaptação da raça a ambientes tropicais.

Segundo Silva (2000), a parte centro lateral do tronco à altura das costelas, representa um valor médio das diversas regiões quanto à densidade de glândulas sudoríparas, sendo uma localização conveniente para efetuar a medida da taxa de sudação. No entanto, a variação na taxa de sudação entre as regiões do corpo do animal é muito grande sendo mais intensa no flanco (Azevedo, 2004).

Silva et al. (2012a), trabalhando com vacas leiteiras em ambiente equatorial semiárido, encontraram maior média de evaporação cutânea na região do pescoço ($133,3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$), seguida pela região do flanco ($116,2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$) e os quartos traseiros ($98,6 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$). Resultados semelhantes foram encontrados por

Silva et al. (2013a) para caprinos da raça Canindé, onde as médias para evaporação cutânea foram maiores na região do pescoço, seguido pela região da coxa e flanco (51,26; 45,63 e; 40,91 W.m⁻² respectivamente).

Frequência respiratória

A perda de calor pelo trato respiratório, implica em um processo de mudança de estado físico, de líquido para vapor, que ocorre com umedecimento do ar nas vias respiratórias superiores, onde tal processo se torna possível devido ao calor latente de vaporização (Almeida, 2010). Quando um grama de água evapora pelo processo respiratório, ocorre o consumo de 585 calorias, tratando-se de um processo muito eficiente de dissipação de calor, utilizado pelos animais (Ferreira, 2011).

No entanto, uma frequência respiratória muita elevada, por um período de tempo prolongado, pode causar uma redução na pressão sanguínea de CO₂ e promover um acréscimo no calor armazenado nos tecidos corporais, devido ao trabalho acelerado dos músculos respiratórios (Silva et al., 2010). Em contra partida, a menor utilização da frequência respiratória para perder calor é uma estratégia energética que torna a vida para bovinos nos trópicos menos dispendiosa e mais confortável, esse fato, reforça a necessidade de se criar sombra nos pastos destinados à criação extensiva de bovinos ou ajustar a temperatura ambiente para animais confinados (Ferreira et al., 2009).

Azevedo et al. (2005), trabalhando com 3 grupos genéticos de vacas leiteiras (1/2, 3/4, 7/8 Holandês x Zebu), observaram elevação da frequência respiratória dos três grupos genéticos no período de verão. Resultado semelhantes foram encontrados por Ferreira et al. (2006), que observaram maiores valores de frequência respiratória no verão (134,02 mov/min) em comparação com a época de inverno (124,55 mov/min) ao trabalharem com novilhas mestiças. Essa diferença entre as estações pode ser atribuída à adaptação dos animais a temperatura ambiente que normalmente no verão encontra-se aumentada, devido a maior influência da radiação solar.

Segundo Gaughan et al. (1999), bovinos que apresentarem frequência respiratória de 20 a 60 mov/min estão em ambiente com ausência de estresse térmico, de 80 a 120 mov/min estão sob estresse moderado e aqueles cuja frequência

ultrapasse 120 mov/min estão sob carga excessiva de calor.

Temperatura superficial

A temperatura da superfície corporal é dependente das condições climáticas do ambiente, sendo influenciada pela temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e também pelas condições fisiológicas como vascularização e evaporação pelo suor (Ferreira et al., 2006; Almeida et al., 2011; Nobrega et al., 2011).

A medida em que a temperatura ambiente aumenta a eficiência da perda de calor sensível através da superfície da pele diminui, em razão do menor gradiente de temperatura existente entre a pele do animal e o ambiente. Nessa situação, o animal pode até certo ponto manter a temperatura corporal por meio da vasodilatação, que aumenta o fluxo sanguíneo periférico e a temperatura da pele, no entanto, se a temperatura ambiente continuar a subir, o animal passa a depender da perda de calor por evaporação através da respiração e ou sudorese (Souza et al., 2010).

Essa capacidade de perda de calor está relacionada com o gradiente térmico entre a temperatura superficial e a do meio (Souza et al., 2005; Souza et al., 2007).

Souza et al. (2008), trabalhando com diferentes grupos raciais de caprinos, encontraram maiores médias de temperaturas superficiais no turno da tarde, sendo essa diferença atribuída ao menor gradiente térmico entre a superfície dos animais e a temperatura do ar no turno da tarde, onde ocorreu uma elevação na temperatura do ar. Esses mesmos autores citam que, caso a temperatura do ar se eleve, o gradiente térmico entre a superfície e o meio decresce, e a temperatura superficial tende a elevar-se, reduzindo o gradiente térmico entre o núcleo central e a pele, implicando em diminuição de perda de calor por esses meios (perda de calor sensível) e aumentando por meio da evaporação (perda de calor insensível).

Souza et al. (2007), analisando os parâmetros fisiológicos e índice de tolerância ao calor em bovinos Sindi, verificaram médias superiores de temperaturas de superfície no turno da tarde em relação ao da manhã nas estações seca e chuvosa, demonstrando que sob estresse severo, ocorre um aumento no fluxo sanguíneo do núcleo central para a superfície do animal e, conseqüentemente, elevada taxa do

fluxo de calor, resultando em altas temperaturas superficiais.

A temperatura superficial é coletada por meio de termômetro infravermelho, em vários pontos do corpo do animal e depois utilizada a média das temperaturas obtidas (Nóbrega et al., 2011).

Temperatura retal

A temperatura corporal é o resultado da diferença entre energia térmica produzida mais a recebida pelo organismo animal e a energia térmica dissipada desse para o meio (Cezar et al., 2004; Nóbrega et al., 2011). Obedece a um ritmo ou ciclo circadiano, ou seja, um ritmo que se repete a cada 24 horas, com a máxima ocorrendo no período da tarde e a mínima no início da manhã. A capacidade do animal de resistir às condições de estresse por calor tem sido avaliada fisiologicamente por alterações da temperatura retal e frequência respiratória (Almeida, 2010).

A temperatura retal é um indicador do balanço térmico e pode ser usada para avaliar a adversidade do ambiente térmico que pode afetar o crescimento, lactação e reprodução de vacas leiteiras (Silanikove, 2000), pois o aumento na temperatura retal pode indicar que os mecanismos de liberação de calor tornaram-se insuficientes (Martello et al., 2004).

Segundo Martello (2006), a temperatura retal é uma variável fisiológica que expressa a quantidade de calor acumulado pelas vacas durante um período, sendo tanto maior no final do dia, quanto maior for o estresse a que o animal tiver sido submetido durante o dia.

Martello et al. (2004), avaliando as respostas fisiológicas e produtivas de vacas em lactação, observaram que a temperatura retal sofre interação com a hora do dia, apresentando maior valor durante o período da tarde em relação ao da manhã, variando também com a categoria animal analisada, sendo que as novilhas apresentaram na maior parte do dia, temperatura retal maior em comparação às vacas.

Já Ferreira et al. (2006) trabalhando com animais mestiços (1/2 Gir e 1/2 Holandês) citam que, mesmo em ambiente controlado, a temperatura retal foi mais elevada à tarde que a da manhã, evidenciando que os animais não conseguiram manter a homeotermia. Azevedo et al. (2008) avaliando bovinos da raça Pé-Duro criados sob estresse térmico, constataram que os mesmos mantiveram a temperatura retal dentro

da normalidade para a espécie bovina, independente do período do ano, sexo, idade e horário, indicando a adaptação da raça ao ambiente.

A temperatura retal normal da vaca leiteira, em termoneutralidade e em repouso, varia, geralmente, entre 38,0°C e 39,0°C (Perissinoto & Moura, 2007).

Considerações finais

A avaliação da capacidade adaptativa dos animais em especial bovinos leiteiros em regiões tropicais, se torna uma ferramenta de grande importância, podendo haver a seleção de animais com melhor capacidade adaptativa dentro do sistema de produção.

A avaliação da frequência respiratória, temperatura retal, temperatura de superfície, e de características morfológicas de pelame, pele e glândulas sudoríparas, se configuram como os principais parâmetros na avaliação da capacidade adaptativa de bovinos em regiões tropicais, demonstrando a habilidade que o animal tem de manter sua homeotermia através dos processos sensíveis (condução, convecção e radiação) e latentes de dissipação de calor.

Referências

- AIURA, A. L. O.; AIURA, F. S.; SILVA, R. G. Respostas termorreguladoras de cabras Saanen e Pardo Alpina em ambiente tropical. **Archivos de Zootecnia**, vol.59, n.228, p.605-608, 2010.
- ALMEIDA, G. L. P. **Climatização na pré-ordenha de vacas da raça Girolando e seus efeitos na produção e qualidade do leite e no comportamento animal**. 2010. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal Rural do Pernambuco, Recife - PE, 2010.
- ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; et al. Investimento em climatização na pré-ordenha de vacas Girolando e seus efeitos na produção de leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.14, n.12, p.1337-1334, 2010.
- ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H. GUISELINI, C.; et al.; Uso do sistema de resfriamento adiabático evaporativo no conforto térmico de vacas da raça Girolando. **Revista Brasileira de**

- Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.7, p.754-760, 2011.
- ARCARO JR, I.; ARCARO, J. R. P.; POZZI, C. R.; et al., Respostas fisiológicas de vacas em lactação à ventilação e aspersão na sala de espera. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.35, n.3, p.639-643, 2005.
- AZEVEDO, M. **Efeitos do verão e do inverno sobre os parâmetros fisiológicos de vacas mestiças Holandês-Zebu, em lactação, na região de Coronel Pacheco, MG**. 2004. 85f. Tese (Doutorado). Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG, 2004.
- AZEVEDO, M.; PIRES, M. F. A.; SATURNINO, H. M.; et al. Estimativas de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras ½, ¾ e 7/8 Holandês-Zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2000-2008, 2005.
- AZEVEDO, D. M. M. R.; ALVES, A. A.; FEITOSA, F. S.; et al. Adaptabilidade de bovinos da raça Pé-Duro às condições climáticas do semiárido do estado do Piauí. **Archivos de Zootecnia**, v.57, p.513-523, 2008.
- AZEVEDO, D. M. M. R.; ALVES, A. A. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos**. Teresina, PI: Embrapa Meio-Norte, 2009. 83 p. (Embrapa Meio-Norte. Comunicado Técnico, 188).
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais - conforto animal**. 2ª ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2010.
- BERTIPAGLIA, E. C. A. **Efeitos das características do pelame e da taxa de sudação sobre parâmetros reprodutivos em vacas da raça Braford**. 2007. 263f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária). Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, São Paulo - SP, 2007.
- BERTIPAGLIA, E. C. A.; SILVA, R. G.; CARDOSO, V.; et al. Estimativas parâmetros genéticos e fenotípicos de características do pelame e de desempenho reprodutivo de vacas holandesas em clima tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.350-359, 2007.
- BERTIPAGLIA, E. C. A.; SILVA, R. G.; CARDOSO, V.; et al. Desempenho reprodutivo, características do pelame e taxa de sudação em vacas da raça Braford. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.9, p.1573-1583, 2008.
- BIANCHINI, E.; McMANUS, C.; LUCCI, C. M.; et al. Características corporais associadas com a adaptação ao calor em bovinos naturalizados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.9, p.1443-1448, 2006.
- BÓ, G. A.; BARUSELLI, P. S.; MARTINEZ, M. F. Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. **Animal Reproduction Science**, v.78, p.307-326, 2003.
- CARVALHO, V. F.; YANAGI JR., T.; FERREIRA, L.; et al. Zoneamento do potencial de uso de sistemas de resfriamento evaporativo no sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.358-366, 2009.
- CEZAR, M. F.; SOUZA, B. B.; SOUZA, W. H.; et al. Avaliação de parâmetros Fisiológicos de ovinos Dorper, Santa Inês e seus mestiços perante condições climáticas do trópico semi-árido nordestino. **Ciência Agropecuária, Lavras**, v.28, n.3, p.614-620, 2004.
- DOMINGOS, H. G. T.; MAIA, A. S. C.; SOUZA JR, J. B. F.; et al. Effect of shad and water sprinkling on physiological responses and milk yields of Holstein cows in a semi-arid region. **Livestock Science**, v.154, p.169-174, 2013.
- ETCHICHURY, M. **Termorregulação em cavalos submetidos a diferentes métodos de resfriamento pós-exercício**. (2008). 103f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de alimentos – Universidade de São Paulo, Pirassununga – SP, 2008.
- FAÇANHA, D. A. E.; SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C.; et al. Variação anual de características morfológicas e da temperatura de superfície do pelame de vacas da raça Holandesa em ambiente semiárido. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.4, p.837-844, 2010.
- FAÇANHA, D. A. E.; CHAVES, D. F.; MORAIS, J. H. G.; et al. Tendências metodológicas para avaliação da adaptabilidade ao ambiente tropical. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.1, p.91-103, 2013.
- FACÓ, O.; LÔBO, R. N. B.; MARTINS FILHO, R.; et al. Análise do desempenho

- produtivo de diversos grupos genéticos Holandês x Gir no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5 p.1944-1952, 2002.
- FACÓ, O.; LÔBO, R. N. B.; MARTINS FILHO, R.; et al. Idade ao primeiro parto e intervalo de partos de cinco grupos genéticos Holandês x Gir no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1920-1926, 2005.
- FERREIRA, F.; PIRES, M. F. A.; MARTINEZ, M. L.; et al. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.5, p.732-738, 2006.
- FERREIRA, F.; CAMPUS, W. E.; CARVALHO, M. F. A.; et al. Taxa de sudação e parâmetros histológicos de bovinos submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.4, p.763-768, 2009
- FERREIRA L. C. B. **Respostas fisiológicas e comportamentais de bovinos submetidos a diferentes ofertas de sombra**. (2010). 89f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). Universidade Federal de Santa Catarina - Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis - SC, 2010.
- FERREIRA, R. A. **Maior Produção com Melhor Ambiente: Para Aves, Suínos e Bovinos**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil Editora, 2011.
- FREITAS, M. S.; DURÃES, M. C.; FREITAS, A. F.; et al. Comparação da produção de leite e de gordura e da duração da lactação entre cinco “graus de sangue” originados de cruzamentos entre Holandês e Gir em Minas Gerais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.53, n.6, p.708-713, 2001.
- GAUGHAN, J. B.; MADER, T. L.; HOLT, S. M.; et al. Heat tolerance of Boran and Tuli crossbred steers. **Journal Animal Science**, v.77, n.9, p.2398-2405, 1999.
- GUIMARÃES, J. D.; ALVES, N. G.; COSTA, E. P.; et al. Eficiência reprodutiva e produtiva em vacas das raças Gir, Holandês e cruzadas Holandês X Zebu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.641-647, 2002.
- KADZERE, C. T.; MURPHY, M. R.; SILANIKOVE, N.; et al. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, v.77, p.59-91, 2002.
- LAGANÁ, C.; BARBOSA JR, A. M.; MÉLO, D. L. M. F.; RANGEL, J. H. A. Respostas comportamentais de vacas holandesas de alta produção criadas em ambientes quentes, mediante ao sistema de resfriamento adiabático evaporativo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.6, n.2, p.67-76, 2005.
- MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; BERTIPAGLIA, E. C. A. Características do pelame de vacas Holandesas em ambiente Tropical: Um estudo genético adaptativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.843-853, 2003.
- MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; LOUREDO, B. C. M. Sensible and latent heat loss from body surface of Holstein cows in a tropical environment. **International Journal of Biometeorology**, v.50, p.17-22, 2005.
- MATARAZZO, S. V.; SILVA, I. J. O.; PERISSINOTO, M.; et al. Intermitência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo por aspersão em instalação para vacas em lactação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.654-662, 2006.
- MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JR, H.; SILVA, S. L.; et al.; Respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.181-191, 2004.
- MARTELLO, L. S. **Interação animal-ambiente: efeito do ambiente climático sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em free-stall**. 2006. 111f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Pirassununga - SP, 2006.
- McMANUS, C.; TEXEIRA, R. A.; DIAS, L. T.; et al. Características produtivas e reprodutivas de vacas Holandesas e mestiças Holandês x Gir no Planalto Central. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, p.819-823, 2008.
- McMANUS, C.; PALUDO, G. R.; LOUWARDINI, H.; et al. Heat tolerance in Brazilian sheep: Physiological and blood parameters. **Tropical Animal Health and Production**, 41, p.95-101, 2009.

- MORAIS, D. A. E. F.; MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; et al. Variação anual de hormônios tireoideanos e características termorreguladoras de vacas leiteiras em ambiente quente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.538-545, 2008.
- MORAIS, J. H. G. **Caracterização de atributos adaptados de ovinos da raça Morada Nova**. 2011. 93f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal). Universidade Rural do Semi-Árido, Mossoró – RN, 2011.
- NÄÄS, I. A.; ARCARO JR, I. Influência de ventila e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, p.139-142, 2001.
- NAVARINI, F. C.; KLOSOWSKI, E. S.; CAMPOS, A. T.; et al. Conforto térmico de bovinos da raça Nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pasto sol. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.4, p.508-517, 2009.
- NEIVA, J. N. M.; TEIXEIRA, M.; TURCO, S. H. N.; et al. 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**, v.33, n.3, p.668-678, 2004.
- NÓBREGA, G. H.; SILVA, E. M. N.; SOUZA, B. B.; et al. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. **Revista Verde**, v.6, n.1, p.67-73, 2011.
- OLIVEIRA, A. L. **Mecanismos termorreguladores de cabras da raça Saanen**. 2007. 78f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal – SP, 2007.
- PEREIRA, J. C.; CUNHA, D. N. F. V.; CECON, P. R.; et al. Desempenho, temperatura retal frequência respiratória de novilhas leiteiras de três grupos genéticos recebendo dietas com diferentes níveis de fibra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.328-334, 2008.
- PERISSINOTTO, M. C.; CRUZ, V. F.; PEREIRA, A.; et al. Influência das condições ambientais na produção de leite da vacaria da Mitra. **Ciências Agrárias**, v.30, n.1, p.143-149, 2007.
- PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Campinas, v.1, n.2, p.117-126, 2007.
- QUESADA, M.; McMANUS, C.; COUTO, F. A. D'A. Tolerância ao calor de duas raças de ovinos deslançados no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.1021-1026, 2001 (Supl.1).
- REECE, W. O. **Fisiologia dos animais domésticos**. São Paulo: Roca, 1996. 351p.
- ROBERTS, N.; PUDDEPHAT, M. J.; MCNULTY, V. The benefit of stereology for quantitative radiology. **The British Journal Radiology**, v.73, n.871, p.679-697, 2000.
- SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, n.67, p.1-18, 2000.
- SILVA, R. G. Estimativas do balanço térmico por radiação em vacas holandesas expostas ao sol e à sombra em ambiente tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p.1403-1411, 1999.
- SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000, 286p.
- SILVA, R. G.; LA SCALA JR, N.; POCAI, P. L. B. Transmissão de radiação ultravioleta através do pelame e da epiderme de bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1939-1947, 2001.
- SILVA, I. J. O.; PANDORFI, H.; ACARARO JR, I.; et al. Efeitos da climatização do curral de espera na produção de leite das vacas Holandesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.2036-2042, 2002.
- SILVA, R. G.; LA SCALA JR, N.; TONHATI, H. Radiative properties of the skin and hair coat of cattle and other animals. **Transactions of the ASAE**, v.46, p.913-918, 2003.
- SILVA, R. G.; STARLING, J. M. C. Evaporação cutânea e respiratória em ovinos sob altas temperaturas ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6; p.1956-1961, 2003.
- SILVA, E. M. N.; SOUZA, B. B.; SOUSA, O. B.; et al. Avaliação da adaptabilidade de caprinos ao semiárido através de parâmetros fisiológicos e estruturas do tegumento. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.23, n.2, p.142-148, 2010.

- SILVA, B. C. M. **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**. 2011. 124f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claro – MG, 2011.
- SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C.; COSTA, L. L. M.; et al. Latent heat loss of dairy cows in an equatorial semi-arid environment. **International Journal of Biometeorology**, v.56, p.927-932, 2012a.
- SILVA, T. P. D.; OLIVEIRA, R. G.; SOUSA JR, S. C.; et al. Efeito da exposição à radiação solar sobre parâmetros fisiológicos e estimativa do declínio na produção de leite de vacas mestiças (Holandês x Gir) no sul do estado do Piauí. **Comunicata Scientiae**, v.3, n.4, p.299-305, 2012b.
- SILVA, J. J. F. C.; TORQUATO, J. L.; SÁ FILHO, G. G.; et al. Evaporação cutânea e respostas fisiológicas de caprinos Canindé em ambiente equatorial semiárido. **Journal Animal Behavior Biometeorology**, v.1, n.1, p.13-16, 2013a.
- SILVA, B. C. M.; ALMEIDA, A. C.; MARQUES, B. R. P.; et al., Características morfológicas do pelame de vacas holandesas puras por cruza na região semiárida de Minas Gerais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, n.6, p.1767-1772, 2013b.
- SOUSA JR, S. C.; MORAIS, D. A. E. F.; VASCONCELOS, A. M.; et al. Características termorregulatórias de caprinos, ovinos e bovinos em diferentes épocas do ano em região semi-árida. **Revista Científica de Produção Animal**, v.10, n.2, p.127-137, 2008.
- SOUZA, E. D.; SOUZA, B. B.; SOUZA, W. H.; et al. Determinação dos parâmetros fisiológicos e gradiente térmico de diferentes grupos genéticos de caprinos no semi-arido. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v.29, n.1, p.177-184, 2005.
- SOUZA, B. B.; SILVA, R. M. N.; MARINHO, A. L.; et al. Parâmetros fisiológicos e índice de tolerância ao calor de bovinos da raça Sindi no semiárido paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.3, p.883-888, 2007.
- SOUZA, B. B.; SOUZA, E. D.; CEZAR, M. F.; et al. Temperatura superficial e índice de tolerância ao calor de caprinos de diferentes grupos raciais no semi-árido nordestino. **Ciência Agrotecnologica, Lavras**, v.32, n.1, p.275-280, 2008.
- SOUZA, B. B.; SILVA, I. J. O.; MELLACE, E. M.; et al. Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.6, n.2, p.59-65, 2010.
- STARLING, J. M. C.; SILVA, R. G.; MUNOZ, M. C.; et al. Análise de algumas variáveis fisiológicas para avaliação do grau de adaptação de ovinos submetidos ao estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.2070-2077, 2002.
- STARLING, J. M. C.; SILVA, R. G.; NEGRÃO, J. A.; et al. Variação estacional dos hormônios tireoideanos e do cortisol em ovinos em ambiente tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2064-2073, 2005.
- VERÍSSIMO, C. J.; TITTO, C. G.; KATIKI, L. M.; et al. Tolerância ao calor em ovelhas Santa Inês de pelagem clara e escura. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.1, p.159-167, 2009.