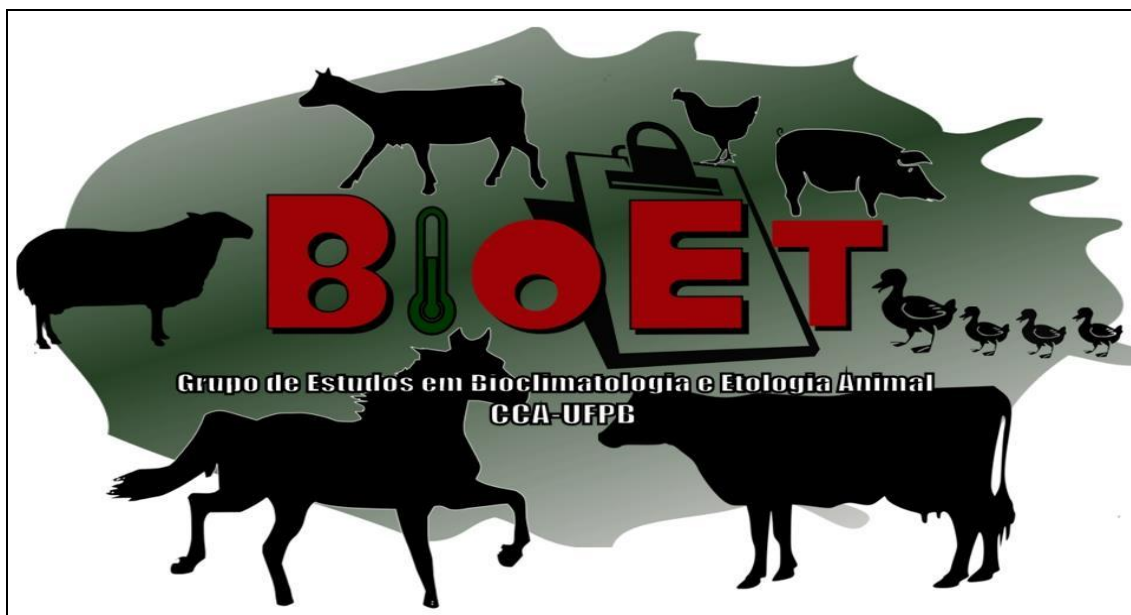




UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ZOOTECNIA

APOSTILA DE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL

**GRUPO DE ESTUDOS EM BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL E ETOLOGIA
(BIOET)**



AREIA-PB

AGOSTO DE 2013

Fatores e elementos climáticos

Os fatores climáticos são as características locais que influenciam os elementos climáticos (microclima). Ex.: Latitude, relevo, tipo de solo, altitude, continentalidade e maritimidade. Os fatores climáticos dizem respeito à localização da região ou fazenda e não podem ser modificados. Entretanto, precisamos de conhecê-los, porque afetam os elementos climáticos que, por sua vez, afeta o clima de uma região.

Os elementos climáticos são grandezas meteorológicas que variam com o tempo e o espaço. Como exemplo de elementos climáticos, tem-se a temperatura do ar, a umidade relativa, o vento, a precipitação pluviométrica, a radiação de ondas curtas e longas e nebulosidade. Todas essas grandezas variam de um dia para o outro e devem ser acompanhadas constantemente pelo produtor ou técnico para caracterizar uma determinada região e auxiliar na tomada de decisões.

Temperatura do ar

É um estado atmosférico do ar que nos dá a sensação de frio ou calor, medida, normalmente, em grau centígrado (°C), onde zero corresponde a temperatura do gelo em fusão e cem à do vapor de água em ebulição. É o elemento climático mais fácil de mensurado. Pela simples leitura em um termômetro, temos quantificada a temperatura do ambiente no momento. É também, o elemento de mais fácil compreensão de suas sensações entre os homens, pois, quando se observa, em um ambiente, a temperatura é de 40 °C, tem-se a sensação de calor, ao passo que quando se verifica que a temperatura é de 0 °C, tem-se a sensação de frio.

A temperatura é um elemento climático de efeito direto sobre os animais, ou seja, qualquer alteração nos seus valores promove, em curto prazo, alterações no comportamento e fisiologia dos mesmos. Entretanto, o conhecimento, único e exclusivo, dos valores de temperatura ambiente naquele instante, pouco nos informa a respeito da sensação térmica do animal no decorrer de um período. Como exemplo, em uma mesma temperatura ambiente, com umidade relativa diferente, as sensações térmicas dos animais serão alteradas, podendo estar em estresse térmico, ou não. Outro exemplo seria o vento associado à temperatura, influenciando a sensação térmica do animal; no calor, o vento ameniza o estresse calórico, ao passo que no inverno, a

sensação de frio poderá ser ainda maior com a ocorrência de ventos em excesso. Por isso, é interessante descrevermos o ambiente na forma de temperatura efetiva, ou seja, aquela que realmente descreva a sensação térmica do animal, por combinar outros elementos climáticos e expressar um único valor. É importante enfatizar que os instrumentos (termômetros) utilizados para medida da temperatura do ambiente devem ser colocados sempre nos locais onde os animais são mantidos e à meia altura do corpo dos animais, por melhor caracterizar o microclima no qual o animal está exposto.

Do ponto de vista de produção animal, é interessante conhecer o comportamento da temperatura ao longo das 24 horas do dia. Animais com maior peso (maior massa corporal) possuem a capacidade de, em um dia quente, se aquecer mais lentamente, armazenar esse calor excedente e dissipá-lo durante a noite, quando a temperatura é mais amena. Portanto, identificar as temperaturas máximas e mínimas, ocorridas no período, torna-se uma ferramenta adicional na caracterização do ambiente. Ao término deste capítulo serão apresentados alguns instrumentos utilizados para caracterização do ambiente térmico, desde os mais simples, até aqueles mais complexos.

Umidade relativa

O ar tem a capacidade de reter água. Quando uma massa de ar retém a quantidade máxima de água possível, dizemos que a atmosfera está completamente saturada. A umidade relativa diz respeito a quantidade de água presente em volume de ar em relação a quantidade de água presente na atmosfera saturada, ou seja, quando a umidade relativa (UR) for de 75%, quer dizer que a massa de ar do ambiente está com 75% de sua capacidade total de retenção de água. Assim, quanto maior for a UR menor será, naquele momento, a quantidade de água que poderá se transformar em vapor e dissociar-se na atmosfera. Por esse motivo, a umidade relativa exerce grande influência sobre os animais, afetando o seu bem-estar e, conseqüentemente, a sua produtividade.

Os efeitos da umidade relativa sobre os animais dependem da temperatura ambiente. Para melhor entender essa influência, pode-se analisar um exemplo prático: imagine um ambiente totalmente fechado, possuindo uma certa quantidade de ar seco, como um cubo de vidro oco. Ao se injetar uma gota de água dentro desse ar seco, ela evaporará quase que instantaneamente, e será dissociada para a massa de ar seco no interior do cubo. O mesmo vai acontecer com uma segunda gota e assim por diante, até que a última não consiga mais evaporar, sendo depositada no cubo na sua forma líquida.

Nesse momento, a mistura ar-água, a essa temperatura, saturou-se e não admite mais água. Entretanto se a temperatura da mistura aumentar, ela será capaz de receber mais água, até chegar a saturação novamente.

Como exemplo prático, aves e suínos, quando mantidos em ambiente com temperatura acima da faixa de conforto, dependem muito da umidade relativa para sobreviverem. Esses animais utilizam o aumento da frequência respiratória (hiperventilação), conhecida como ofegação, que para eles é o principal meio de eliminar o vapor de água para o ambiente. Com isso, eles conseguem dissipar o calor corporal excedente através da evaporação da água das vias respiratórias, pois cada grama de água, para ser completamente evaporada, corresponde ao consumo de cerca de 580 calorias, ou seja, se o animal utilizar 100 g (100 ml) de água, produzir vapor e jogar para o ambiente, ele estará dissipando 58.000 calorias (58 kcal). Este processo, chamado de evaporação, é muito importante para a sobrevivência dos animais domésticos em ambientes quentes, como acontece no Brasil, na maior parte do ano. Entretanto, a eficiência do processo evaporativo é grandemente dependente da umidade do ambiente naquele instante. Se a umidade relativa estiver alta, a massa de ar terá pouca capacidade de reter mais água e o processo se tornará ineficiente.

A umidade relativa do ambiente deve estar na faixa de 40 a 70%, para a maioria das espécies domésticas. A UR muito baixa favorece a dissipação do calor através do processo evaporativo, mas poderá trazer problemas de ressecamento de mucosas e vias respiratórias. Umidade relativa reduzida promove aumento das partículas sólidas em suspensão que são prejudiciais para as bactérias em suspensão, geralmente encontradas em instalações para animais. Por outro lado, em UR alta, maior será a incidência de doenças, principalmente aquelas do trato respiratório (pneumonia, bronquite, etc.). Dentro da faixa recomendada, ocorrem menos problemas com doenças, e os animais conseguirão realizar a evaporação da água, propiciando benefícios para o controle da sua temperatura corporal. É importante salientar que a UR varia de forma indireta com a temperatura ambiente, ou seja, quando a temperatura está mais elevada (por volta de 13 e 15h), são observados os menores valores de UR do dia.

Para se medir a umidade relativa do ar, deve-se utilizar um equipamento específico conhecido como termohigrômetro ou, também, psicrômetro. Este equipamento possui dois termômetros semelhantes, um chamado de bulbo seco e outro de bulbo úmido. O bulbo seco mede a temperatura do ar no momento, equivalente a temperatura ambiente. O bulbo úmido caracteriza-se por um termômetro semelhante ao

de bulbo seco, porém, coberto por um tecido úmido e mede a temperatura do ar com atmosfera completamente saturada. O valor da leitura do bulbo úmido é sempre menor que o do bulbo seco, pois ele registra a temperatura que pode atingir uma amostra de ar resfriada pela evaporação da água. Calculando a diferença dos valores observada nos dois termômetros e analisando uma tabela ou carta psicométrica, temos o valor da umidade relativa no momento.

Vento

O vento diz respeito a movimentação das massas de ar. É um dos agentes responsáveis pela dissipação de calor do animal para o ambiente, conhecida como convecção. A ventilação do ambiente, mesmo não reduzindo a temperatura do ar promove aumento do processo convectivo de troca e se estiver dentro das recomendações, melhora a sensação térmica do animal, possibilitando, dentro de certos limites, controlar a temperatura e a umidade do ambiente.

A ventilação será sempre necessária. Nas regiões onde a temperatura situa-se quase sempre acima da requerida para o conforto dos animais ou em regiões em dias quentes de verão, ela tem o objetivo de controle térmico, de modo a extrair o calor produzido pelos animais para que a temperatura no interior da instalação não aumente, minimizando, assim, os efeitos estressantes pelo calor dos animais. Entretanto no inverno, a ventilação tem o objetivo de controle sanitário, sendo conhecida como ventilação higiênica, por eliminar os gases nocivos e permitir o controle da pureza do ar, prover a instalação de oxigênio, eliminar amônia, CO₂ e outros gases nocivos ao homem e aos animais, além de eliminar o excesso de umidade e odores. Para regiões que possuem um período frio e outro muito quente, bem definidos e diferentes, a instalação deve adaptar-se às necessidades distintas, originando projetos construtivos que contemplem em sua concepção arquitetônica as chamadas ventilação de verão e inverno.

As recomendações de velocidade do vento serão feitas para cada espécie e categoria animal, mas, de modo geral, deve estar em torno de 5 a 8 Km/h. Ventos inferiores à recomendação promovem menor eficiência de troca convectiva. Por outro lado, ventos superiores a 8 Km/h podem promover o excesso de dissipação de calor por convecção, causando desconforto ao animal ou até mesmo ressecamento de mucosas.

Para se medir a velocidade do vento, são utilizados equipamentos conhecidos como anemômetros, que podem ser utilizados no campo ou dentro da instalação.

Precipitação pluviométrica (chuvas)

A chuva é a precipitação de água no estado líquido. A quantidade de chuva em uma região influencia diretamente a umidade relativa da mesma. O aumento da umidade no interior de uma instalação constitui um agente prejudicial significativo para a saúde e o conforto dos animais, pois colabora para o aparecimento de problemas respiratórios (pneumonias, coriza, etc). A umidade em excesso pode reduzir a resistência térmica dos materiais da construção, causar empenamento e apodrecimento de madeiras, corrosão de metais e amolecimento de rebocos.

Para animais, a chuva apresenta efeitos diretos e indiretos. Para aqueles que estão no campo, expostos à precipitação, ela promove sensação de diminuição da temperatura ambiente e pode ser benéfica, enquanto refresca a superfície do animal. A condução de calor causada pela chuva é mais eficiente do que a evaporação pulmonar e superficial. Assim, o animal molhado perde calor para o ambiente, sendo beneficiado. Entretanto, para os animais expostos ou não, que estejam em estresse calórico, o aumento da umidade do ar apresenta efeitos prejudiciais por dificultar a evaporação da água.

Os efeitos indiretos da chuva ocorrem em médio prazo e são percebidos apenas por animais que estejam em pastejo, pois o aumento da umidade do solo promoverá maior disponibilidade de forragem aos animais, sendo benéfico para o seu crescimento e desempenho. A quantidade de chuvas é medida em milímetros através do pluviômetro, um equipamento de metal ou de plástico com uma área de captação de superfície conhecida e um reservatório para a água da chuva, que permanece ali armazenada até a observação.

Radiação

A radiação é muito importante para todos os animais, principalmente aqueles localizados nos trópicos. Por radiação, entende-se o calor recebido de tudo que rodeia o animal, por exemplo, o sol, as paredes da construção, outros animais, o solo, as cercas etc, ou seja, qualquer objeto, cuja temperatura esteja acima do zero absoluto é fonte de

radiação. A radiação solar direta é aquela que atinge a terra sem qualquer interação com a atmosfera; e a radiação difusa é aquela transferida ao animal indiretamente, pelas nuvens, poeira etc. A radiação solar direta transfere ao animal radiação de ondas curtas. A troca de radiação por ondas longas ocorre através da transferência de calor entre os animais, instalação, solo (piso ou pastagem), objetos etc.

Um dos melhores instrumentos utilizados para se quantificar a radiação trocada pelo animal é conhecido como termômetro de globo negro. A temperatura indicada pelo termômetro no globo, que deve ser colocado no lugar que um animal ocuparia no espaço, nos fornece uma estimativa dos efeitos combinados das trocas de calor por radiação e por convecção, associados a temperatura ambiente; fornecendo valores mais próximos da sensação térmica do animal no ambiente.

Altitude

Com a variação da altitude, ocorrem alterações na pressão atmosférica. Quanto maior a altitude, menor a pressão atmosférica e menor quantidade de oxigênio disponível. Praticamente, apenas as altitudes acima de 2.500 m apresentam grandes reflexos sobre os animais não adaptados. A deficiência de oxigênio, que ocorre em altitudes elevadas, provoca redução do crescimento, queda na produção e interfere na reprodução. O reflexo inicial é taquicardia, ansiedade respiratória, dificuldade de ingestão de alimentos, sendo sintomas característicos do chamado “mal das montanhas”, que ocorre quando os animais são criados em altitudes superiores a 2.500 m.

Em altitudes menores, ocorre uma certa vantagem para a produção animal, pois a temperatura ambiente diminui cerca de 0,65 °C para cada 100 m de elevação de altitude. Com a queda na temperatura ambiente, os animais apresentarão aumento no consumo de alimentos e maior disponibilidade de nutrientes para elevar sua produção. Dessa maneira, a criação de animais apresenta menores problemas quando estiver localizada a altitudes em torno de 1.000 m.

Alguns equipamentos utilizados para caracterização do ambiente:



Figura 1: Termômetro de máxima e mínima.



Figura 2: Termômetro digital com sensor (leitura instantânea).

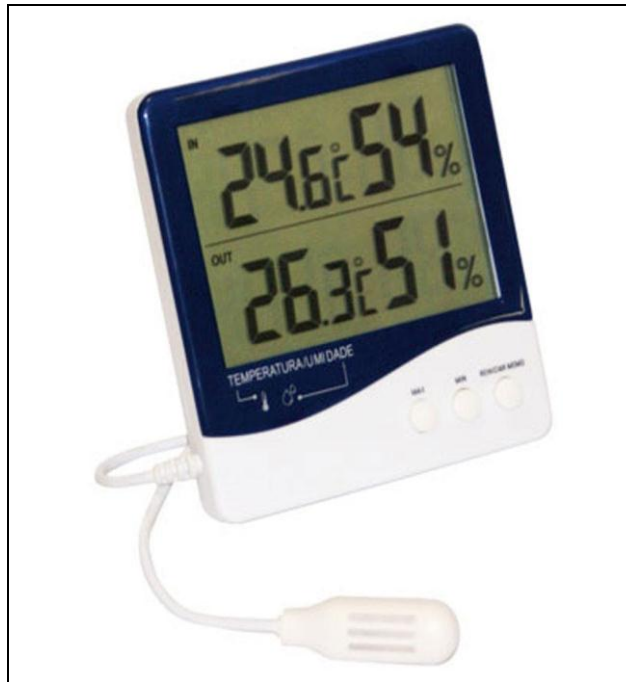


Figura 3: Termohigrômetro com sensor (Temperatura e umidade relativa).

Índices bioclimáticos

A compreensão do efeito de um grupo de elementos climáticos sobre o conforto térmico do animal é uma das maiores preocupações no estudo da bioclimatologia animal. É importante lembrar que o ambiente térmico envolve a interação de um complexo de fatores ou elementos que se interagem para determinar a magnitude dos processos de troca de calor entre o animal e o ambiente. A maioria dos índices se destina a classificação dos ambientes em relação aos animais, entretanto, existem outros que avaliam diretamente os animais de modo que característica produtivas ou reprodutivas possam ser comparadas entre os indivíduos.

Os índices destinados à classificação do ambiente agregam os efeitos de elementos climáticos em valor único. Assim, vários índices bioclimáticos têm sido desenvolvidos em testes, com o objetivo de expressar o conforto e o desconforto do animal em relação a determinado ambiente.

Hoghten e Yaglou (1923) desenvolveram o índice de temperatura efetiva, descrito como uma função da temperatura, da umidade e do movimento do ar, utilizando humanos para comparar sensações térmicas instantâneas, experimentadas em diferentes ambientes. Vários estudos avaliando o índice de temperatura efetiva foram

relatados por Givoni (1969). Os resultados foram consistentes: o índice superestima o efeito da umidade no frio, subestima o efeito da umidade em ambientes quentes, subestima o efeito do movimento do ar em condições úmidas e quentes e exagera os estresse por calor que é imposto por alta temperatura e movimento do ar de cerca de 1 m/s.

Os índices utilizados para animais surgiram na década de 50, quando THOM, em 1958, desenvolveu o índice de temperatura e umidade (ITU), que foi bastante empregado pelo órgãos oficiais de bioclimatologia animal dos estados unidos. Esse índice foi obtido por simples ajustamento linear aplicado a uma faixa de temperatura de bulbo seco e bulbo úmido, expresso da seguinte forma:

$$ITU = 0,72 (td + tw) + 40,6$$

Em que **ITU** é o índice de temperatura e umidade; **td**, a temperatura de bulbo seco, °C; e **tw**, a temperatura de bulbo úmido, °C.

O National Weather Service – USA (1976) publicou valores críticos do índice de temperatura e umidade, baseados em estudo de 13 anos, sobre o estresse por calor em gado leiteiro. Índices de até 74 representam ambientes seguros; de 74 a 78 exigem cuidado, alerta; de 79 a 84 são perigosos; e de 85 em diante, condição de emergência.

Buffington et al. (1981) propuseram o Índice de Temperatura de Globo e Umidade para vacas de leite. Esse índice foi desenvolvido com base no índice de temperatura e umidade, mas utilizando a temperatura de globo negro no lugar da temperatura de bulbo seco. Foi então expresso assim:

$$ITGU = tg + 0,36td + 41,5$$

Em que **ITGU** é o índice de temperatura de Globo e Umidade; **tg**, a temperatura de globo negro, °C; e **td**, a temperatura de do ponto de orvalho, °C.

Alguns estudos concluíram que nas condições ambientais em que os animais são expostos à radiação solar, o índice de temperatura de globo e umidade é mais preciso indicador de estresse que o índice de temperatura e umidade. Ainda foi observado que a taxa de respiração e a temperatura retal são diretamente relacionadas com o índice de temperatura de globo e umidade.

Baêta (1985), estudando o comportamento de cinco vacas leiteiras de alta produção da raça Holandesa preta e branca, em câmara climática, desenvolveu o índice térmico denominado Índice de temperatura equivalente (ITE). Observou-se que um acréscimo de 1 °C no ITE, acima das condições termoneutras, causou decréscimo de 2,5% na produção de leite, nas condições estudadas. Este índice foi desenvolvido para a temperatura do ar (T) entre 16 e 41 °C, umidade do ar (UR) entre 40 e 90% e velocidade do ar (V) entre 0,5 e 6,5 m/s, resultando na seguinte equação:

$$\text{ITE} = 27,88 - 0,456T + 0,010754 T^2 - 0,4905 \text{ UR} + 0,00088 \text{ UR}^2 + 1,1507 V - 0,126447 V^2 + 0,019876 T \times \text{UR} - 0,046313 T \times V$$

Outros índices foram desenvolvidos na tentativa de melhor expressar a sensação térmica dos animais em relação ao ambiente, entre eles a carga térmica radiante (CTR). Normalmente, as trocas radiantes em construções são quantificadas pela carga térmica de radiação (CTR), cujo cálculo se baseia na temperatura radiante média (TRM). A CTR, de acordo com Kelly et al. (1950), expressa a radiação total recebida pelo corpo, neste caso um globo negro, de todos os espaços ou partes da vizinhança:

$$\text{CTR} = \sigma \times \text{TRM}^4$$

Em que **CTR** é a carga térmica de radiação, W/m²; **σ**, a constante de Stephan-Boltzmann, W/(m² K⁴); e **TRM**, a temperatura radiante média, K.

A TRM é a temperatura de uma circunvizinhança, considerada uniformemente negra, para eliminar o efeito da reflexão, com a qual o corpo troca a mesma quantidade de energia que tem o ambiente considerado. Pode ser obtida pela seguinte equação:

$$\text{TRM} = 100 [2,51 \text{ raiz de } V (T_{\text{gn}} - T_{\text{bs}}) + (T_{\text{gn}} / 100)^4]^{1/4}$$

Em que **V** é a velocidade do ar, m/s; **T_{gn}**, a temperatura de globo negro, K; e **T_{bs}**, a temperatura de bulbo seco (temperatura do ar), K.

O termômetro de globo negro é o aparelho usado para obtenção da temperatura de globo negro (T_{gn}). Consiste de uma esfera oca, de cobre, com 0,15 m de diâmetro e 0,5 mm de espessura, pintada externamente com duas camadas de tinta preta fosca para

maximizar a absorção de radiação solar; em seu centro é instalado o elemento sensor de termopar ou termômetro para leitura da temperatura.

Índices utilizados para avaliação dos animais

Além da caracterização e avaliação do ambiente, existem as medidas biológicas a serem realizadas no animal. Esses índices são obtidos através da aplicação de métodos para avaliar a tolerância dos animais ao calor, principalmente. Dentre os métodos mais empregados para essa avaliação estão a observação livre, a observação dirigida, as provas de campo e as pesquisas realizadas em câmaras climáticas. A observação livre deve ser feita de modo que nada mude nos hábitos dos animais. Na maioria das vezes, o que se realiza é a observação visual dos animais, quando se avalia o ritmo respiratório, a frequência de comer e beber, as condições ou estado físico e o comportamento.

Além das observações, existem outros testes com animais que estudam principalmente a resistência dos animais ao ambiente tropical, como ensaios de tolerância ao calor. Os principais são o teste de Ibéria, teste de Benezra e o índice de tolerância ao calor de Rausschenbach-Yerokhin.

A prova de Ibéria destaca-se entre os testes obtidos a partir dos dados de campo, para avaliar a resistência de bovinos ao calor. Baseia-se na diferença entre a temperatura corporal no período de realização do teste, por isso deve ser realizado em dia ensolarado e calmo, adotando como procedimento deixar o animal num curral sem abrigo do sol e sem água, mantido a uma temperatura ambiente entre 29,5 e 35 °C, podendo movimentar-se bem. Deve-se medir a temperatura retal dos animais às 10 e às 15 h durante três dias, para determinar o coeficiente de troca de calor através da fórmula:

$$CTC = 100 - 18 (TR - 38,3)$$

Em que **CTC** = coeficiente de tolerância ao calor; 100 = eficiência máxima em manter a temperatura corporal em 38,3°C; 18 = constante; **TR** = temperatura retal média final; 38,3°C = temperatura retal média considerada normal para bovinos.

Outro teste utilizado para medir o grau de adaptabilidade dos animais é o teste de Benezra. Os resultados deste teste são obtidos pela seguinte fórmula:

$$CA1 = TR/39,1 + FR/19$$

Em que **CA1** = coeficiente de adaptabilidade do teste de Benezra; **TR** = temperatura retal, em °C; **FR** = frequência respiratória, em movimentos por minuto; 39,1 = temperatura retal considerada normal para caprinos; 19 = frequência respiratória considerada normal para caprinos.

Outra forma de avaliar a tolerância do animal ao calor é obtida pela aplicação do índice de tolerância ao calor de Rauschenbach – Yerokhin, visando a adaptabilidade; entretanto, apresenta a particularidade de poder ser utilizado para outras espécies e não só para bovinos. Para aplicação do índice de tolerância ao calor (ITC), basta identificar a temperatura do ar e medir a temperatura retal às 9 e às 15h com os animais expostos diretamente ao sol. Depois substituir os valores na fórmula para a espécie em questão.

$$\text{Bovinos: ITC} = 1,2 \text{ ta} - 20 \text{ d} + 52$$

$$\text{Ovinos: ITC} = 1,0 \text{ ta} - 20 \text{ d} + 60$$

$$\text{Suínos: ITC} = 1,4 \text{ ta} - 20 \text{ d} + 44$$

Considera-se,

ITC: índice de tolerância ao calor;

ta: temperatura do ar; e

d: diferença entre as temperaturas retais obtidas de manhã e à tarde.

O grau de adaptabilidade e desempenho dos animais, além dos efeitos do ambiente sobre a produção e reprodução pode ser também avaliado em pesquisas realizadas em câmaras climáticas. Estas são laboratórios onde se tem o controle total ou parcial do ambiente onde os animais estão expostos. Nessas pesquisas, os animais são avaliados em condições artificiais, sendo as variáveis ambientais (elementos climáticos) e as variáveis animais (desempenho, comportamento, mortalidade) previamente definidas pelos pesquisadores. Esses estudos são importantes para tentar prever os efeitos do ambiente sobre os animais e orientar produtores e técnicos através da geração de novas tecnologias adequadas á realidade da produção animal.

Trocas térmicas

Dissipação de calor corporal

A taxa de dissipação de calor de um animal é determinada pela sua taxa de calor resultante de processos metabólicos, capacidade de armazenamento de calor corporal e, ainda, pelas condições térmicas ambientais. Todo processo de vida envolve, de uma forma ou de outra, troca de energia. Energia sob a forma de calor flui do animal para o ambiente sempre que houver um gradiente térmico animal-ambiente. Dessa forma, trocando energia com o ambiente em que vive, o animal consegue sobreviver e produzir por longo período, mesmo com as variações climáticas extremas.

O animal troca calor com o ambiente em que vive por meio de formas sensíveis e latentes. Fluxos de calor causados por gradiente de temperatura, detectados por simples termômetros, são chamados de sensíveis. As formas sensíveis de transferência de calor são **condução**, **convecção** e **radiação**. Fluxos de calor causados por gradientes de pressão de vapor de água são chamados de latentes. As duas formas de troca de calor latente conhecidas são a **evaporação** e a **condensação**. Nessas formas, o calor envolvido na transformação líquido-vapor ou vapor-líquido não causa mudança na temperatura da água, apesar de ocorrer variação na temperatura da superfície onde o animal está.

Considerando as trocas de calor entre o animal e o ambiente, pode-se dizer que, à medida que a temperatura ambiental aumenta, os fluxos latentes aumentam progressivamente em relação ao fluxo total.

Formas sensíveis de transferência de calor animal-ambiente

Condução

É a transferência de calor entre moléculas, ou seja, é o processo através do qual ocorre a passagem de calor desde o núcleo central do organismo até a periferia do animal pelo contato entre as partículas dos tecidos. É também, o meio de transferência de calor do animal para qualquer objeto com que ele possa ter contato (Ferreira, 2005).

A transferência de calor por condução exige contato entre as superfícies ou substâncias cujas temperaturas devem ser diferentes, isto é, deve haver um gradiente térmico entre as partes consideradas. Por exemplo, a maior temperatura observada no núcleo corporal é devida à maior atividade metabólica nessa região. Essa energia, em forma de calor, gerada no núcleo corporal, pode fluir para a superfície do corpo, caso seja verificado um gradiente térmico interno entre as partes. E o calor também pode

fluir da superfície do corpo do animal para o ambiente, caso este esteja mais frio, ou do ambiente para a superfície do corpo do animal, se esta estiver mais fria, isto é, se for verificado um gradiente térmico externo.

No fluxo de calor condutivo, uma molécula quente do corpo considerado choca-se com uma moléculas vizinha, fria, e transfere parte de sua energia cinética a esta molécula e assim por diante, tendendo ao equilíbrio. A magnitude e a velocidade do processo de condução de calor estão relacionadas com as características térmicas das partes envolvidas. A condutividade térmica é o fator físico do fluxo de calor por condução, o qual caracteriza a quantidade de calor transmitida através de um corpo considerado homogêneo. Observa-se que a água tem maior condutividade térmica que o ar, o que significa que o material que contém ar em seus interstícios funciona como isolante térmico, ou seja, é menos capaz de conduzir calor. Se a água ocupa os poros do material, o ar é deslocado e o isolamento é reduzido. Outra característica importante é a capacidade térmica, que indica a quantidade de calor requerida para elevar em 1°C a temperatura de um corpo de área e volumes iguais à unidade e de espessura conhecida.

Os valores de capacidade térmica dos diversos tipos de materiais utilizados nas construções indicam que eles se aquecem diferentemente com a mesma quantidade de calor, o que é de grande relevância em se tratando do fluxo externo de calor. Dessa forma, quando um animal deita em um piso com capacidade térmica alta, ele perde maior quantidade de calor enquanto o equilíbrio do processo é atingido. Nessas condições, o animal não precisa mudar de lugar ou de posição com muita frequência.

No fluxo interno de calor por condução são envolvidos os seguintes componentes: núcleo corporal, pele, camada de cobertura (pelos ou penas) e camada-limite (camada delgada de ar que separa do ambiente a superfície da cobertura do animal). O calor é transferido, por condução, do núcleo corporal à pele e desta à borda superior da camada limite, depois ao ambiente externo.

Convecção

A convecção é uma forma sensível eficiente de transferência de calor do animal para o ambiente. Nesse processo, o ar em contato com uma superfície aquecida é também aquecido, ocorrendo redução de sua densidade, o que causa a movimentação deste ar próximo da superfície. Em razão da movimentação do ar, há remoção de calor do corpo aquecido. Para se ter ideia desse processo, um homem cuja temperatura da

pela está 10°C acima da temperatura do ar, dissipa calor por convecção na ordem de 30 a 40 W/m² dos 50,5 W/m² resultantes de seu metabolismo basal.

A transferência de calor por convecção ocorre por meio do movimento convectivo do ar ou fluido, de um ponto que está em temperatura mais alta para outro que está em temperatura mais baixa, e por meio da mistura das partículas fluidas. A maioria dos processos de troca de calor por convecção envolve meio fluido (gás ou líquido).

Em geral, o calor se move por condução através da cobertura do animal (pelos e penas) e atinge um fino filme de ar externo, parado, denominado camada-limite, a partir do qual ocorre o processo convectivo. Quanto menos espessa for esta camada, maior será o fluxo de calor disponível para dissipação por convecção. A remoção de calor por movimento próprio do fluido (gás ou líquido), próximo da superfície aquecida, caracteriza o processo de convecção livre. Quando há uma força externa atuando para aumentar a corrente fluida, como por exemplo um ventilador, ocorre remoção de calor por convecção forçada. De acordo com Mount (1979), o processo de convecção livre predomina quando o ar está parado ou em baixa velocidade, e o de convecção forçada, com ar em velocidade maior que 0,2 m/s.

Na produção animal, a ventilação é de fundamental importância para aliviar o estresse térmico em ambiente de alta temperatura, que ocorre no verão. Ela deve ser um processo de controle ambiental, por meio da diluição do ar interno com o ar proveniente do ambiente externo. A ventilação, além de influenciar parâmetros como a temperatura, a umidade relativa e a velocidade do que passa pelos animais, permite a eliminação de gases e odores produzidos pelos dejetos e sobra de ração desperdiçadas pelos comedouros dos animais. Ela promove redução dos níveis de poeira e microrganismos patogênicos em suspensão e diminui os gases provenientes da combustão em aquecedores sem respiradouros (ventilação higiênica de inverno).

Radiação

Os princípios físicos relacionados ao estudo da transferência de calor entre o animal e o ambiente, por meio de radiação, são também aplicáveis às trocas decorrentes entre os materiais de construção. Dessa forma, pode-se perceber que a troca de calor por radiação sempre ocorrerá, mesmo que o animal esteja isolado, em quarentena, numa baia. Essa troca ocorre em função da existência de um gradiente de temperatura entre o

animal, os objetos e superfícies no meio ambiente. O animal irradia calor até os objetos mais frios e recebe dos mais quentes.

A radiação é o processo de troca no qual os objetos emitem calor na forma de ondas eletromagnéticas. Para os animais domésticos, o ganho de calor por radiação pode ser significativo, quando se considera a insolação direta e indireta e a energia proveniente dos telhados e da circunvizinhança do galpão.

As ondas térmicas são geradas porque os átomos e as moléculas de todos os corpos têm energia interna, sendo parte desta transformada em energia radiante, emitida sempre que o meio é transparente. A quantidade e as características da energia radiante emitida por um corpo dependem de sua natureza, de seu arranjo microscópico e de sua temperatura absoluta. Outra consideração importante é que a troca de energia radiante entre dois corpos exige que o meio que os separa permita a passagem das ondas radiantes por eles emitidas. O ar, que é transparente a estas ondas, por isso chamada de diatérmano, não absorve nem emite energia radiante.

O sol, por exemplo, é a fonte principal de toda energia da terra e é um emissor de energia radiante de ondas curtas, na faixa de 0,3 a 3,0 μm . Todos os outros corpos do ambiente estão em baixa temperatura, menor que 300 K, e são emissores de energia radiante de ondas longas com comprimento de 10 μm .

Animais e objetos de cor clara refletem mais radiação do que aqueles de cor escura. Por essa razão, animais de pelo escuro, que absorvem mais a radiação, sofrem mais em climas quentes e aqueles de pelo claro são mais indicados para criação ao ar livre. Da mesma maneira, a cobertura de uma construção rural destinada ao abrigo dos animais em regiões tropicais deve apresentar cor clara na sua superfície externa, porque terá maior capacidade de reflexão da radiação solar incidente. Entretanto, o lado interno do telhado deve ser de cor escura para absorver a radiação proveniente dos animais e ser dissipada pelas correntes de vento.

Formas latentes de transferência de calor animal-ambiente

De acordo com Rosenberg et al. (1983), as formas latentes de troca de calor constituem o principal mecanismo de dissipação de calor (energia), sendo processo muito importante para os homeotermos na prevenção do superaquecimento (hipertermia) em ambientes quentes. As formas conhecidas de troca de calor latente são a evaporação e a condensação, nas quais os fluxos são causados por gradientes de

pressão de vapor, que indica a quantidade de vapor de água contido em um dado volume de ar.

Quando o animal está em um ambiente térmico estressante, as formas latentes de troca de calor são acionadas. Essas formas são de fundamental importância, uma vez que as formas sensíveis deixam de ser efetivas no balanço homeotérmico, à medida que a temperatura ambiente se aproxima da corporal. Nos processos de troca de latente, inicialmente há movimentação da água no interior do corpo do animal até alcançar a epiderme, em taxa que depende também do gradiente de pressão de vapor; depois ocorre a difusão do vapor de água para o ambiente a partir da pele e dos pulmões. Isso significa que a perda de calor ocorre na conversão para vapor, tanto do suor secretado pelas glândulas da pele quanto pela umidade proveniente do trato respiratório.

As glândulas sudoríparas da pele são responsáveis pela dissipação do suor. São classificadas de acordo com critérios morfológicos e fisiológicos, como **apócrinas e écrinas**. As primeiras estão associadas ao folículo piloso e as segundas são glândulas livres. Normalmente, as glândulas contraem-se, de forma controlada, em função da temperatura hipotalâmica e dos estímulos periféricos e expelem a secreção sob forma de solução salina, denominada suor. O suor contém, ainda, concentrações variadas de ácido láctico (confere pH ácido), potássio, cálcio, magnésio, fósforo, cobre, manganês, ferro, sulfatos, açúcar, amônia e proteínas.

TERMORREGULAÇÃO

A termorregulação, definida sucintamente como o conjunto de estratégias utilizadas pelos seres vivos para regulação da temperatura corpórea, apresenta-se como um mecanismo fundamental para a adaptação e manutenção de espécies animais em diferentes habitats. Ambiente e animal constituem um sistema equilibrado. Diante de estímulos que provoquem desequilíbrio nesse sistema, o organismo recorrerá aos métodos de *feedback* negativo ativados pela interação neuroendócrina a fim de evitar os transtornos causados por um possível desajuste na homeostasia do organismo animal.

A termorregulação é regulada por dois sistemas que atuam em conjunto, o sistema endócrino e o sistema nervoso. Ambos enviam mensagens por meio de fibras sensitivas ou aferentes ao centro regulador - o hipotálamo - que processa as informações e envia respostas através de fibras eferentes e neurônios de associação até aos órgãos efetores, que produzem os efeitos necessários à regulação da homeostase. De acordo com os tipos de mecanismos utilizados para manter a temperatura corpórea constante, os animais podem ser classificados em homeotérmicos e pecilotérmicos. Os primeiros mantêm sua temperatura constante apesar das variações de temperatura do meio, enquanto, que estes últimos têm sua temperatura alterada conforme variações do meio em que vivem.

Ainda em termos de classificação, os animais também podem ser endotérmicos ou exotérmicos, dependendo da fonte de calor utilizada para manutenção da homeostase; aqueles que utilizam calor interno, proveniente do metabolismo basal para esta finalidade são ditos endotérmicos e os que se utilizam de fatores externos, como calor do sol, por exemplo, são denominados exotérmicos. Há também dois tipos de termorregulação, a fisiológica, na qual há mudanças orgânicas fisiológicas decorrentes do estresse térmico e a chamada termorregulação comportamental, em que os animais utilizam métodos comportamentais para equilibrar sua temperatura, como abrigar-se à sombra, por exemplo.

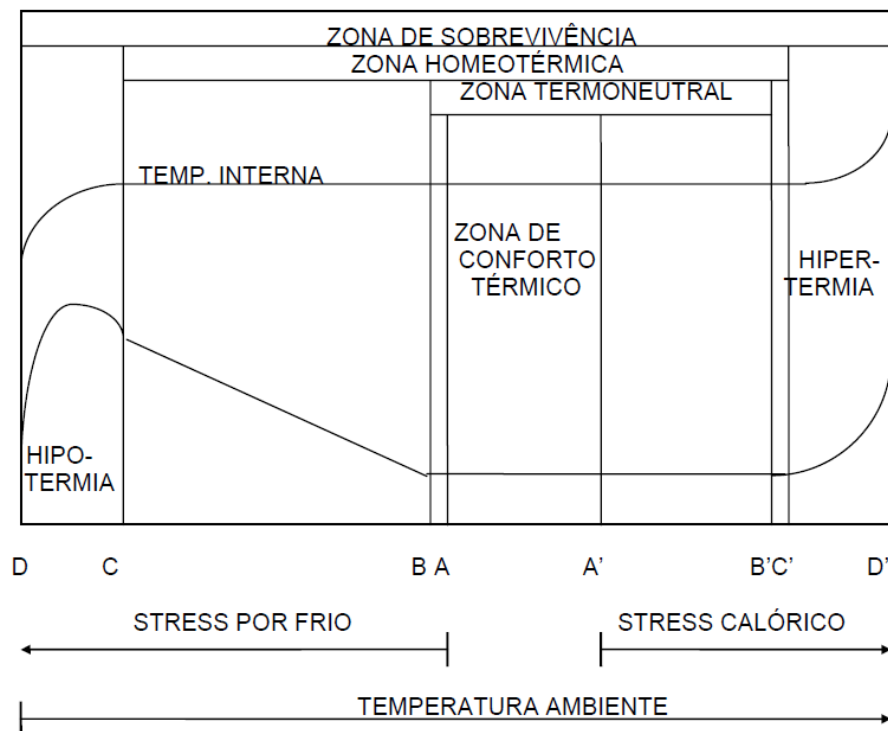
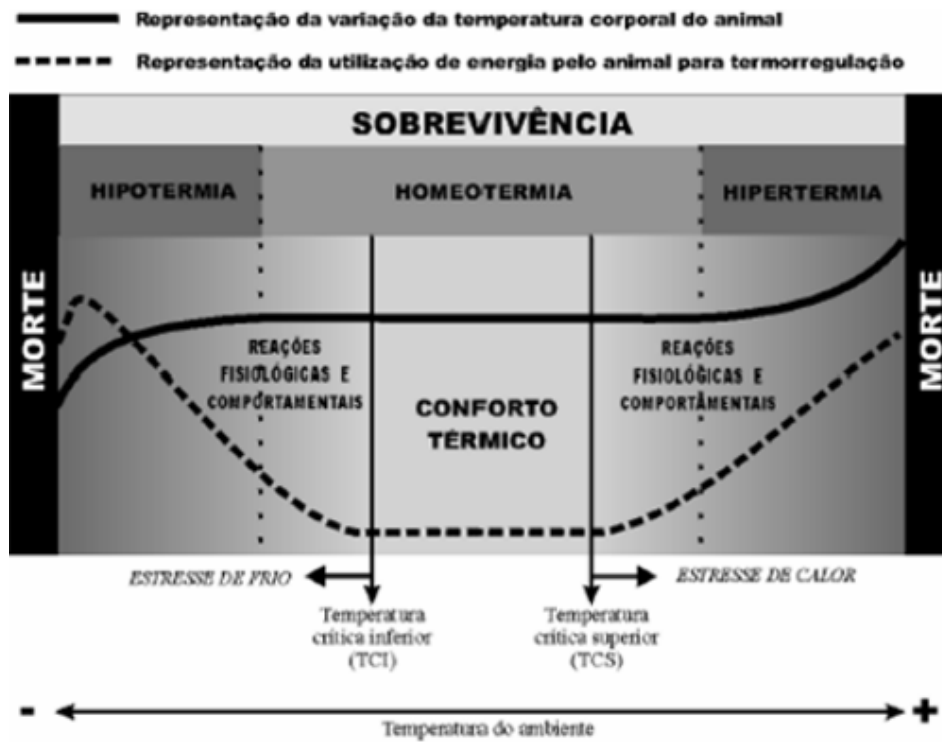


Figura 1. Representação esquemática das temperaturas críticas do meio ambiente e as zonas abrangidas por elas.

Mecanismo Termorregulatório

A manutenção da normotermia (termorregulação normal), através da termogênese e termólise, nos animais homeotermos é uma função muito importante, o qual envolve três mecanismos:

- Comportamentais: diz respeito à alteração do comportamento do animal, que se desloca de modo a aumentar ou diminuir a exposição de à energia térmica procedente do ambiente. Por exemplo, um novilho pastando ao sol do meio-dia, no verão, busca uma sombra de árvore a fim de evitar a superaquecimento corporal; um animal debaixo de chuva fica de frente para o vento, para diminuir a perda excessiva de calor corporal.

- Autônomos: envolve o controle de varias funções orgânicas, como fluxo sanguíneo, a variação da posição do pelos e penas, o funcionamento das glândulas sudoríparas, o controle do sistema respiratório e a ingestão de água e alimento entre outros.

- Adaptativos: abrangem alterações a médio e longo prazo em eras características, tais como tipo de coloração do pelame, pigmentação da epiderme, formação de depósitos gordurosos, alteração nos níveis hormonais, etc.

Todos esses mecanismos são integrados no hipotálamo, onde situa-se o sistema de controle central, que regula a temperatura do corpo ao integrar os impulsos térmicos provenientes de quase todos os tecidos do organismo, e não apenas em relação à temperatura central do organismo, o que tem sido considerado como temperatura corporal média. Quando o impulso integrado excede ou fica abaixo da faixa limiar de temperatura, ocorrem respostas termorreguladoras autonômicas, que mantêm a temperatura do corpo em valor adequado.

Os impulsos termais aferentes provêm de receptores anatomicamente distintos ao frio e ao calor, os quais podem ser periféricos ou centrais. Também existem receptores termossensíveis localizados na pele e nas membranas mucosas, que medeiam a sensação térmica e contribuem para a ocorrência dos reflexos termorregulatórios. Esses receptores também respondem à sensação mecânica.

No hipotálamo anterior é feita a integração das informações aferentes térmicas, enquanto no hipotálamo posterior iniciam-se as respostas efetoras (compensatórias). Na área pré-óptica do hipotálamo existem neurônios sensíveis e não sensíveis à temperatura, sendo que os primeiros podem ser classificados em neurônios sensíveis ao calor e neurônios sensíveis ao frio, estes últimos predominantes. Ressalte-se ainda a

presença de neurônios sensíveis à estimulação térmica local no hipotálamo posterior, na formação reticular e na região medular. Os glicocorticoides são as moléculas responsáveis por regular a intensidade da resposta ao estresse, sendo o cortisol o hormônio primário responsável por restaurar a homeostase, sendo liberado após exposição a situações estressantes.

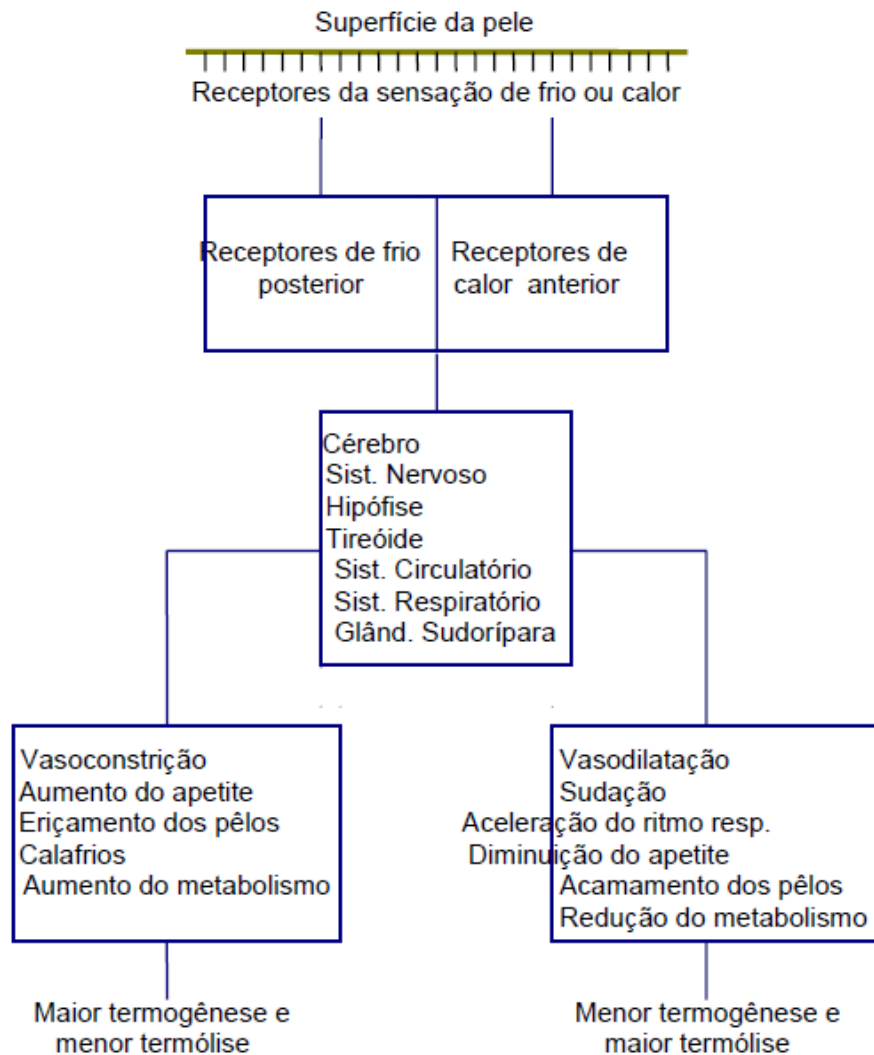
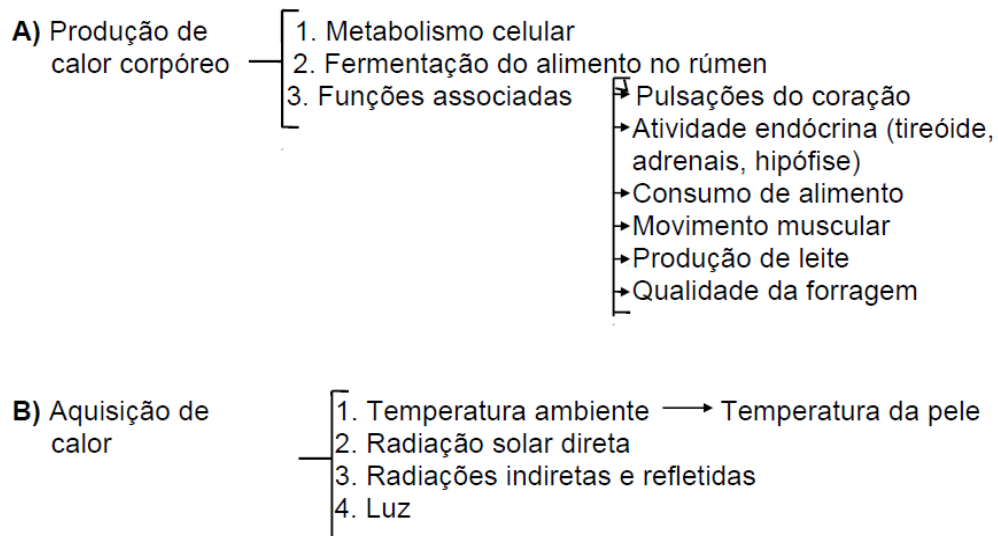
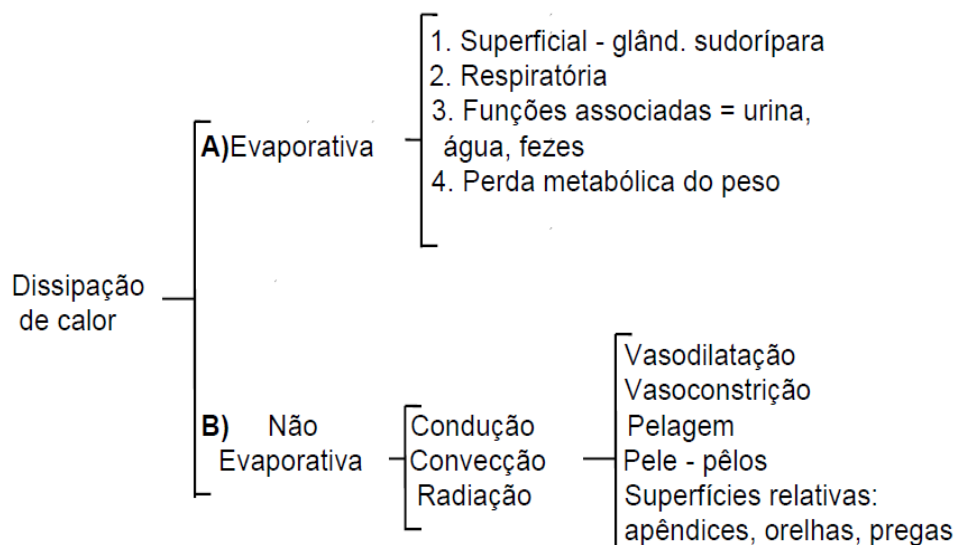


Figura 2. Funcionamento do hipotálamo na regulação do calor corporal.

Termogênese → No organismo, o calor pode ser produzido por meio de diversos mecanismos.



Termólise → O calor do corpo pode ser transferido ou perdido pelo organismo por meio da condução, convecção, radiação e evaporação. As trocas que envolvem variação de temperatura são denominadas "trocas secas", ou seja, a condução, a convecção e a radiação. No caso de trocas térmicas que advêm de mudança de agregação da água, do estado líquido para o vapor, ou do vapor para o líquido, são denominadas "trocas úmidas", cujos mecanismos são a evaporação e a condensação.



Estresse por calor

Efeito sobre as respostas fisiológicas

A alta temperatura ambiente associada à alta umidade do ar e à radiação solar são agentes causadores de estresse térmico (por calor) nos animais. E a primeira reação fisiológica dos animais a um ambiente quente é à vasodilatação periférica, resultante da queda da pressão sanguínea com consequente diminuição da frequência cardíaca. Por outro lado, uma elevação da temperatura ao nível do nódulo sino-atrial causa um aumento na frequência cardíaca. O aumento ou diminuição da frequência cardíaca está na dependência da intensidade de estresse a que estão submetidos os animais

A temperatura da pele pode variar independentemente da temperatura retal, pois além de estar relacionada a condições fisiológicas como vascularização da pele e taxa de sudorese, por ser uma temperatura de superfície; depende principalmente de fatores externos de ambiente como temperatura e umidade do ar, radiação solar e vento. Em geral, em ambiente quente, a temperatura da pele se eleva.

Em ambiente quente de modo geral, os animais reduzem a taxa metabólica como um dos mecanismos de adaptação fisiológica para evitar a sobrecarga de calor no organismo. Vários estudos mostram a influência térmica do ambiente sobre respostas fisiológicas dos animais domésticos, representadas pela temperatura retal, temperatura da pele, frequência respiratória, frequência cardíaca, produção e dissipação do calor. A medida que aumenta a temperatura ambiente, notadamente a partir da zona crítica superior, aumenta a temperatura retal, a temperatura da pele e a frequência respiratória dos animais domésticos. A aceleração do pulso, embora, a priori, sendo um aspecto de menor importância que o ritmo respiratório e temperatura retal, a frequência da pulsação tende a aumentar com a temperatura ambiente; entretanto este aumento, é às vezes, de pouca intensidade sem correspondência efetiva com os aumentos da temperatura corporal e do ritmo respiratório.

A literatura cita, que a partir de 26,5°C ocorre aumento na temperatura retal, da pele e do pelo do gado bovino europeu e no zebu, porém o aumento no segundo é menor. A frequência respiratória no europeu a 26,5°C já é acentuada e no zebu apenas a 33-35°C. O gado bovino europeu tolera bem o frio e mal o calor, e o gado indiano bem o calor e relativamente mal o frio. Vários trabalhos, citam dados de produção de calor e resfriamento evaporativo para gado europeu e zebu sob temperatura de 10 a 40,5°C. Observa-se que a produção de calor do gado bovino indiano é menor que do europeu em

todas as temperaturas desta faixa, e a partir de 26,6°C há queda na produção para ambas as espécies. A produção de umidade também é menor no gado zebuino que no europeu em todas as temperaturas, sendo conseqüentemente menor o resfriamento evaporativo no zebuino, por sua menor produção de calor, tem menos necessidade de resfriar-se pelos processos de resfriamento evaporativo.

Alguns trabalhos mostram, à medida que aumenta a temperatura, aumentam também as proporções de dissipação por evaporação cutânea e pulmonar, e que a partir de 34 e 35°C o resfriamento por evaporação pulmonar alcança mais de 26% do total, exigindo grande esforço da dinâmica pulmonar, em bovinos. Em condições de estresse por calor, as aves sofrem alterações fisiológicas como respiração ofegante, e conseqüentemente, alcalose respiratória.

Em síntese, sob condições de estresse por calor os animais (mamíferos e aves) lançam mão de mecanismos fisiológicos de perda de calor para manter a homeotermia. Todavia na dependência da intensidade do estresse calórico, podem apresentar uma temperatura corporal elevada, ou seja, uma hipertermia. Animais submetidos a estresse calórico, apresentam aumento da frequência respiratória como um dos mecanismos fisiológicos de perda de calor por evaporação. Contudo, esse aumento na frequência respiratória tende a interferir na ventilação alveolar a qual subseqüentemente altera o pH, e às concentrações de CO₂ e O₂ no sangue.

Efeito sobre a ingestão de alimentos, de água e nos hábitos de pastejo

Em regiões tropicais, onde a temperatura ambiente excede por longo período de tempo, o limite de tolerância ao calor, a redução na ingestão de alimentos funciona como uma estratégia fisiológica do organismo para a homeotermia. A redução no consumo de alimentos, principalmente forragens, apresentam severos problemas metabólicos que afetam a dinâmica de funcionamento do rúmen, tais como: redução na ruminação, pH, taxa de acetato:propionato, que associados a fatores neuro-endócrinos influenciam na digestão, podendo limitar do crescimento microbiano, acarretar um maior tempo de retenção do bolo alimentar na rúmen.

Os estudos relatam, que em geral, em temperaturas elevadas a digestibilidade das forragens aumenta em bovinos, em função do maior tempo de retenção da digesta no rúmen, o que permite um maior aproveitamento da fração alimentar potencialmente digestível, entretanto a redução no consumo de forragens, resulta na perda de nutrientes

totais disponíveis para o animal. Além disso, a eficiência da utilização da energia é reduzida, sendo isto devido aos elevados requerimentos para manutenção, resultante da elevada atividade metabólica do corpo para aliviar o excesso de calor, assim a respiração acelerada pode aumentar as necessidades para a manutenção de 7 a 25% dependendo da intensidade.

A absorção de nutrientes ao longo do trato gastrointestinal, ainda não tem sido bem quantificado durante o estresse térmico, face às dificuldades de ser medido o fluxo sanguíneo no rúmen e intestino. Contudo, há evidências que o fluxo sanguíneo no trato gastrointestinal inferior pode ser influenciado pela combinação entre o nível de consumo e efeito direto da temperatura, já que na hipertermia além da redução no consumo de alimento, há um aumento na vasodilatação periférica objetivando uma maior perda de calor por via evaporativa e convectiva. Assim, tal ocorrência pode provocar um decréscimo no fluxo sanguíneo no lúmen do trato alimentar e consequentemente uma redução na absorção de nutrientes.

O aumento no consumo de água é a maior resposta ao desconforto térmico (por calor), onde, a água consumida é utilizada primariamente como veículo de dissipação de calor. Sob condições a campo, a ingestão aumenta rapidamente em temperatura ambiente acima de 27°C, podendo as necessidades alcançarem valores de 1,2 a 2 vezes mais do que os requerimentos da termoneutralidade. A água é o nutriente mais importante para as vacas em estresse por calor, sendo suas exigências preenchidas através da água metabólica derivada da oxidação de substratos orgânicos nos tecidos, contida nos alimentos e ingerida. A temperatura ambiente e a umidade relativa afetam os requerimentos de água, assim, a temperatura elevada aumenta a demanda por água, enquanto que umidade relativa baixa aumenta a perda de água através da respiração e transpiração. A temperatura influi ainda nos hábitos de pastejo dos ruminantes. Verifica que o bovino tem tendência a aumentar suas horas de pastejo noturno, quando ocorrem altas temperaturas diurnas.

Efeito sobre a reprodução

O ambiente exerce influência sobre a vida reprodutiva, com efeitos evidentes que resultam muitas vezes na supressão ou abaixamento da eficiência reprodutiva. A literatura mostra que a eficiência reprodutiva dos ruminantes é geralmente menor nos animais localizados nos trópicos do que aqueles de zonas temperadas. A alta

temperatura da maioria dos ambientes tropicais, afeta os processos reprodutivos diretamente e indiretamente através do estresse na produção.

Nos machos das espécies domésticas, altas temperaturas podem provocar: esterilidade estival, degeneração do epitélio germinativo, abaixamento da produção de sêmen, queda da fertilidade, etc. Nas fêmeas: retardamento da maturidade sexual, interferência na fertilidade do óvulo e na sua implantação no útero, interrupção da prenhez, etc. Todavia, não tem sido observado alteração significativa da prolificidade e do período de reprodução, onde espécies como a ovelha e a cabra apresentam atividade sexual ao longo do ano devido a inexistência de variações anuais significativas no fotoperíodo perto do equador.

Efeito sobre o crescimento

O crescimento avaliado pelo ganho de peso, é a função fisiológica relacionada a produção de carne nos animais. O crescimento é um conjunto de acontecimentos metabólicos controlados pela herança e pelo meio ambiente.

No estresse por calor prolongado o efeito catabólico e a gliconeogênese, estimulados pelos glicocorticosteróides levam a perda de peso pelos animais, pois tecidos musculares ou gordurosos são transformados em glicose para produção de energia.

Observa-se também, um efeito catabólico sobre os tecidos conjuntivos e ósseos e órgãos linfáticos, resultando em balanço negativo de nitrogênio no organismo. Dessa forma ao invés de formação de deposição de músculo ou mesmo reposição de tecido, a síntese de proteínas e lipídeos dá lugar a degradação de moléculas mais simples de açúcares, resultando em inibição do crescimento.

As condições climáticas afetam a quantidade e qualidade dos alimentos ingeridos, a ingestão de água, a energia potencial da forragem, o sistema termorregulador do organismo, etc. Segundo a literatura, esses fatores isoladamente e em conjunto, tem marcada influência no crescimento fetal. A temperatura é talvez o fator climático mais importante no crescimento fetal, justificando o fato de raças europeias em ambientes tropicais darem bezerros menores que os nascidos em regiões temperadas. Alguns trabalhos, citam que vacas europeias gestantes mantidas ao sol, apresentam temperatura retal e a frequência respiratória mais elevadas do que aquelas mantidas à sombra, e que bezerros das vacas mantidas à sombra nascem mais pesados

em média, que os vacas expostas ao sol. Isso demonstra que o estresse por calor parece retardar o crescimento fetal.

O crescimento pós-natal depende tanto do meio como incluindo os fatores ligados à mãe, como a idade, e habilidade leiteira e maternal, bem como os fatores genéticos. A estação em que ocorre o nascimento afeta os valores interferentes no desenvolvimento dos bezerros. Em frangos de corte, a eficiência do ganho de peso e da conversão alimentar decrescem em temperatura elevada. O crescimento (pré e pós-natal), em caprinos e ovinos, também é afetado pela temperatura ambiente elevada.

Em síntese, a redução no crescimento pelo estresse térmico por calor, parece ser devida à diminuição na ingestão de alimentos, aumento da energia despendida pelo animal para perder calor e redução na quantidade de nitrogênio, gordura e água armazenada.

Efeito sobre a produção de carne e carcaça

No estresse prolongado, como o por calor, a hipófise secreta menos hormônios (STH, TSH, FSH e LH). A hipófise secretando menos hormônio tireotrófico (TSH) conduzindo reduzida atividade da tireóide, esta por intermédio de seus hormônios (tiroxina, triiodotironina, etc.) estimula o metabolismo das proteínas, gorduras, carboidratos, água, minerais e energia, além da imprescindível função no crescimento. Diminui a secreção de hormônios gonadotróficos (FSH, LH), reduzindo a atividade das gônadas e a secreção de seus hormônios sexuais; e a redução da secreção do hormônio do crescimento (STH ou GH).

Hormônios sexuais oriundos da adrenal, onde o eixo hipotálamo hipófise-cortex adrenal é desativado pelo “feedback” negativo, e em caso de esgotamento da adrenal (estresse crônico), a produção desses esteróides é ainda mais reduzida. Esses esteróides tem grande efeito anabólico, estimula o crescimento e desenvolvimento da musculatura.

A temperatura ambiente influencia no desenvolvimento ponderal, crescimento dos jovens, conformação e tamanho, acabamento, conversão alimentar, manutenção do peso, taxa de crescimento do embrião, peso ao nascer, peso no pré e pós-desmame, etc.

Os fatores ambientais influem significativamente na conformação do corpo, alteração na características de carcaça e qualidade da carne. Além de serem evidentes os efeitos da temperatura ambiente sobre o teor de gordura intramuscular, cor e maciez da carne durante engorda de bovinos, suínos e ovinos.

Efeito sobre a produção de leite

A literatura afirma, que a temperatura crítica para produção de leite, consumo de alimentos e aumento da temperatura retal, varia com o tamanho do animal e o nível de produção láctea. “O estresse por calor tem efeito negativo sobre o apetite”. Temperaturas altas acima da termoneutralidade do animal, observa-se redução da ingestão de forragem e inibição geral do trato digestivo.

Vários autores citam, que o decréscimo na produção de leite seria devido não só ao declínio na ingestão de alimentos ou na qualidade da forragem, mas também ao efeito do calor sobre os mecanismos fisiológicos da lactação, principalmente em relação ao baixo nível de tiroxina no sangue no verão.

A literatura comenta, que a explicação para o efeito do stress calórico na lactação reside principalmente, no fato de as reações por ele provocadas alterem todo o complexo endócrino responsável pela lactação. Tanto o início da secreção de leite quanto sua manutenção, e até mesmo o desenvolvimento da glândula mamária, são governados pelo sinergismo de um complexo de hormônios da adeno-hipófise e de outros órgãos estimulados por aqueles hormônios. Das substâncias adeno-hipofisárias destacam-se a prolactina, o hormônio somatotrófico (STH), ACTH, o hormônio tireotrófico (TSH), e o hormônio folículo-estimulante (FSH), sendo os três últimos ativos principalmente como estimulantes das glândulas adrenais, tireóide e ovários respectivamente.

Num organismo sob estresse ocorre um desequilíbrio hormonal ora como consequência da atividade excessiva do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, ora pela produção alterada de outros hormônios fora desse eixo, quando a hipófise acha-se altamente empenhada no desencadeamento da síndrome de adaptação.

Um outro fator a ser considerado é a gliconeogênese estimulada pelos glicocorticosteróides. Estando o sangue relacionado com o leite é de se esperar que, sob estado de estresse seja reduzida a disponibilidade de substratos para síntese de proteínas e lipídeos no leite, como acontece no crescimento e engorda de animais.

Em resumo, com a elevação rápida da temperatura ambiente, decrescem o consumo de alimentos e a produção de leite, nas raças europeias cessando ambos quando a temperatura ultrapassa a 40,5°C. A redução da temperatura para 15,5°C a

10°C, restabelece e normaliza aquelas atividades. Considera-se como estando entre 10 e 15,5°C a temperatura ótima para a produção de leite em vacas de raças europeias.

Efeito sobre a produção de ovos e lã

As aves tem temperatura corporal elevada (galinha 41,0 a 41,8°C) e suportam uma forte hipertermia. Embora não tenham glândulas sudoríparas, sua grande superfície corporal em relação à massa, a presença de cristas e barbelas (na proximidade do cérebro), o levantamento das asas e pernas, facilitam a termólise por radiação, convecção e condução.

As pernas são um bom isolante térmico, protegendo a ave da aquisição do calor ambiente. O aumento do ritmo respiratório, que é máximo nas aves, e do consumo de água, muito contribuem para a termorregulação. Linhagens adaptadas ao clima quente elevam o ritmo respiratório até 400 movimentos por minuto sem demonstrar desconforto, segundo a literatura.

Todavia, à temperatura ambiente acima de 27°C, a galinha começa a mostrar alterações na temperatura corporal, e no ritmo respiratório. Menciona-se que a exposição prolongada da galinha a temperatura ambiente de 35°C e umidade de 75% lhe é prejudicial. A faixa de conforto para a galinha situa-se entre 16,5 e 27,5°C. A produção de ovos, na galinha, atividade reprodutiva, diminui sensivelmente com a alta temperatura ambiente. Nos trópicos a maior produção de ovos é no inverno. Verifica-se, que os ovos postos no verão, a priori, são um pouco mais leves que os postos no inverno.

A produção de lã parece encontrar no clima temperado e moderadamente seco as melhores condições de performance dos ovinos lanados. Embora a lã branca, fina, curta, densa (ovinos Merinos e Polwart) tenha as propriedades de radiação e reflexão do calor ambiente, o principal processo de termólise é a aceleração do ritmo respiratório. Em ovinos, verificou-se que a temperatura alta ambiente, afeta o rendimento do velo, o peso e qualidade da fibra lanar.

Adaptação do animal

Os animais portam-se como um sistema termodinâmico, que continuamente trocam energia com o ambiente. Neste processo, os fatores externos do ambiente

tendem a produzir variações internas no animal, influenciando na quantidade de energia trocada entre ambos, havendo então a necessidade de ajustes fisiológicos para a ocorrência do balanço de calor.

Adaptação a um dado ambiente está relacionada com mudanças estruturais, funcionais ou comportamentais observadas no animal, objetivando a sobrevivência, reprodução e produção em condições adversas. No conceito biológico, adaptação é o resultado da ação conjunta de características morfológicas, anatômicas, fisiológicas, bioquímicas e comportamentais, no sentido de promover o bem-estar e favorecer a sobrevivência de um organismo em um ambiente específico.

Enquanto, adaptação genética é um conjunto de alterações herdáveis nas características que favorecem a sobrevivência de uma população de indivíduos em um determinado ambiente, podendo envolver modificações evolutivas em muitas gerações (seleção natural) ou a aquisição de propriedades genéticas específicas (seleção artificial).

A aclimatação refere-se a mudanças adaptativas (normalmente produzidas em câmaras climáticas) em resposta a uma única variável climática. A aclimatização é os ajustamentos fisiológicos adaptativos duradouros, que resultam em aumento de tolerância a contínuas ou repetitivas exposições a vários estressores climáticos (normalmente produzidos sob condições de campo).

Os animais bem adaptados a um determinado meio ambiente apresentam algumas características que os diferenciam dos animais menos adaptados: manutenção ou pequena perda de peso durante estresse em geral, principalmente o por calor, alta taxa reprodutiva, alta resistência a doenças e parasitos, baixa taxa de mortalidade e longevidade. A produtividade animal depende, além de água e alimento, também de seu grau de adaptação ao meio ambiente e suas interações.

Os ambientes tropicais podem afetar adversamente a produção animal, através do efeito das altas temperaturas, sobre a habilidade do animal de sobreviver e funcionar nas condições reinantes; e através de restrições, tais como ingestão de alimentos, qualidade do alimento, genótipo disponível e cargas de doenças e parasitos.

Características anatomofisiológicas de animais criados em ambiente tropical

Bovinos

A superfície cutânea, constituída pela epiderme e seus anexos (pêlos, lâ, glândulas sudoríparas e glândulas sebáceas nos mamíferos; penas e penugem nas aves), representa a mais extensa linha de contato entre o organismo e o ambiente.

Os seguintes aspectos estão envolvidos sobre o tipo de pelame e adaptação:

1. Isolamento térmico: efeito do pelame na termólise por perda de calor sensível (condução, convecção e radiação);
2. Eficiência da termólise evaporativa: efeito do pelame sobre a transferência de calor latente de evaporação da epiderme para a atmosfera;
3. Atributos termorreguladores correlacionados: características do pelame que são associados a mecanismos termorreguladores (Ex: dimensões e nível de atividade das glândulas sudoríparas).

As adaptações morfológicas e anatômicas são bastante aparente na conformação dos animais. Os animais que habitam regiões de clima quente e árido possuem pernas compridas e com isso os efeitos do reflexo dos raios solares no corpo são menores e também facilitam a locomoção por grandes distâncias, enquanto, que os mantidos em regiões de clima frio apresentam orelhas, cauda e extremidades menores.

As características morfológicas e a cor do pelame em bovinos são fatores importantes que afetam diretamente as trocas térmicas de calor sensível (convecção cutânea e radiação) e as perdas de calor latente (evaporação cutânea).

Em geral é aceito que o pelame escuro apresenta maior absorção e menor reflexão da radiação térmica, resultando em maior estresse térmico para os animais. Entretanto, os pelames claros apresentam maior penetração da radiação solar que os escuros.

A quantidade de radiação transmitida através da capa de pelame depende não somente da cor, mas em alto grau de sua estrutura física, principalmente do número de pelos por unidade de área. Bovinos com pelames mais espessos e densos apresentam maior dificuldade para eliminar calor latente via evaporação cutânea, sendo mais adaptados ao clima frio.

A epiderme pigmentada, apesar de oferecer uma proteção contra a radiação ultravioleta, absorve maior quantidade de radiação térmica. Então, sobre essa epiderme, os pelos devem ser mais curtos, grossos e menos numerosos para oferecer menor resistência a termólise por convecção e evaporação cutânea. Entretanto, em epiderme despigmentada, a densidade de pelos e seu comprimento devem ser maior, para servir de barreira à penetração dos raios solares até a epiderme.

O bovino mais adaptado para ser criado a campo aberto em regiões tropicais deve apresentar um pelame (conjunto de pelos) de cor clara com pelos curtos, grossos, medulados e bem assentados sobre a epiderme bem pigmentada, além de pele grossa, solta e muito vascularizada. Os animais com pele grossa, lisa e muito vascularizada sangram profusamente, contudo a lesão cicatrizará rapidamente. Estes animais se adaptam bem as altas temperatura do ar. As feridas sofridas por um animal com pele vascularizada, solta e grossa, demoram 7 ou 10 dias para cicatrizar; já os animais de pelagem fina, lanosa e com pouca vascularidade tardam a princípio três semanas ou mais.

Estas características físicas do pelame favorecem a convecção e a evaporação cutânea, ao passo que altos níveis de melanina na epiderme protegem contra a radiação. Desse modo, a pigmentação da epiderme é determinada pela melanina, que é formada nos melanócitos pela oxidação do aminoácido tirosina e sua função é a proteção contra a radiação ultravioleta, função fundamental para os animais que vivem nos trópicos.

Raças de bovinos diferem entre si na perda de calor evaporativo através das glândulas sudoríparas (apócrinas). As glândulas de animais de origem europeia tendem a apresentar estrutura de diâmetro menor e com aparência enovelada, ao passo que os zebuínos apresentam glândulas saculiformes de maior diâmetro. Os zebuínos comparados com os taurinos possuem maior número de glândulas sudoríparas e mais próximas da superfície corporal, o que facilita a perda de calor por transpiração. Porém, bovinos europeus criados em zonas de clima tropical tendem a apresentar glândulas com características similares às dos zebuínos.

Aves

O melhoramento genético, selecionando aves mais adaptadas ao calor, é uma solução com custo mais baixo do que a mudança do ambiente (climatização das instalações). O estresse por calor afeta negativamente as aves, porque suas plumagens dificultam a dissipação do calor interno. Então, durante o estresse calórico, a ave aumenta o fluxo sanguíneo para os tecidos periféricos não cobertos de penas (pés, cristas e barbelas) fazendo com que haja uma troca de calor sensível para o meio ambiente. Também, tendem a arrepiar as penas em toda a superfície corporal, na tentativa de incrementar a condutividade térmica da plumagem. Quando as penas estão arrepiadas, ocorre uma substancial termólise por convecção.

Nas aves, a perda de calor por evaporação respiratória possui papel preponderante e aumenta ainda mais sua importância com a elevação da temperatura ambiente, fazendo com que a ave aumente a sua frequência respiratória.

Suínos

Os suínos apresentam o aparelho termorregulador pouco desenvolvido. São animais sensíveis ao frio quando pequenos e sensíveis ao calor quando adultos, o que dificulta a sua adaptação aos trópicos. A dificuldade de se adaptar ao calor é devido principalmente ao seu elevado metabolismo, a capa de tecido adiposo subcutâneo e seu sistema termorregulador pouco desenvolvido e glândulas sudoríparas queratinizadas.

As perdas de calor corporal nos suínos se dão, mais efetivamente, por meios não-evaporativos (condução, radiação e convecção). Apesar de apresentarem glândulas sudoríparas com estrutura morfológica bem desenvolvida, essas são queratinizadas, resultando em baixas taxas de sudorese, ficando as perdas de calor por evaporação mais limitadas às perdas respiratórias que às cutâneas.

Para animais que se encontram em temperaturas abaixo da zona de conforto, onde se visa diminuir a perda de calor, ocorre vasoconstrição, objetivando diminuir a condução de calor do sangue para a pele. Também, ocorre a piloereção que permite reter uma espessa camada de ar isolante em contato com a pele, para diminuir a transferência de calor para o meio ambiente. O suíno altera a sua postura na tentativa de reduzir a sua área superficial de radiação e da perda de calor por condução. O animal aumenta a ingestão de alimento, ocorre tremor muscular para aumentar a termogênese.

Para aqueles que se encontram a cima da zona de conforto, os quais precisam aumentar a perda e diminuir a produção de calor, sendo assim, ocorre uma vasodilatação periférica para aumentar a transferência de calor para a pele e consequentemente aumentando a perda de calor por condução e convecção. Os suínos aumentam a taxa respiratória em até 100%. Por fim, os animais diminuem sua atividade física, consumo de ração e a produção dos hormônios da tireóide.

REFERÊNCIAS

BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em Edificações Rurais**. Viçosa: UFV. 2010. 269p.

FERREIRA, R.A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos.** Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005. 371p.

MEDEIROS, L.F.D; VIEIRA, D.H. **Bioclimatologia animal.** Universidade Federal Rural d Rio de Janeiro - Instituto de Zootecnia. 1997.

SILVA, R.G. **Introdução à Bioclimatologia Animal.** São Paulo: Nobel. 2000.