

CARLOS MOISÉS MEDEIROS

AJUSTE DE MODELOS E DETERMINAÇÃO DE ÍNDICE TÉRMICO  
AMBIENTAL DE PRODUTIVIDADE PARA FRANGOS DE CORTE

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola para obtenção do título de “Doctor Scientiae”.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2001

A DEUS, acima de tudo.

À minha família.

Aos amigos.

## AGRADECIMENTO

À Universidade do Amazonas - UA, pela oportunidade concedida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES/PICDT, pelo apoio dado na realização do curso de doutorado.

Aos amigos do Departamento de Pós-Graduação da Universidade do Amazonas, pelo apoio durante esse período.

A toda a minha família, mãe, tios, tias, primos e irmã e, principalmente, à minha esposa Elis Regina Andrade Bezerra e as minhas filhas Brenda e Beatriz Bezerra Medeiros, pelo sacrifício, carinho e pela compreensão.

Aos colegas professores e amigos da UA, em especial àqueles que me deram total apoio e incentivo.

À Universidade Federal de Viçosa - UFV e a todas as pessoas do Departamento de Engenharia Agrícola, pela amizade e pelo companheirismo.

Aos professores da UFV, em particular a Cecília Souza, Fernando da Costa Baêta, Ilda de Fátima Tinôco, Guido Damasceno, Luiz Albino, Jadir Nogueira, Gilberto Sedyama, Evandro Melo, Delly Oliveira, Paulo Rubens Soares, Paulo Cecon, Rita Flávia Miranda de Oliveira, Juarez Lopes Donzele, Valmir Sartor e Sérgio Zolnier, pela orientação, pelos ensinamentos e pelas sugestões.

Aos colegas do curso e aos amigos Ivano e Flávia Devilla, Tadayuki Yanagi, Solenir Ruffato, Rolf, Rodrigo, Rozana, Sandra Moraes, Handri, Ednilton, Cardoso, Sergio Donzele, Gilmar, Adriana, Adriano, Silas, Jackson, Ricardo, Cristiano, Gisele, Roberta, Sandra, Zé Mauro, Galinari e Chiquinho.

## BIOGRAFIA

CARLOS MOISÉS MEDEIROS, filho de Suzete Nunes Medeiros, nasceu em Manaus, Estado do Amazonas, no dia 5 de agosto de 1964.

Em dezembro de 1982, formou-se no curso Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Manaus.

Em julho de 1990, graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade do Amazonas.

Em setembro de 1992, foi selecionado para o corpo docente da mesma instituição e lotado no Departamento de Engenharia Agrícola e Solos da Faculdade de Ciências Agrárias.

Em outubro de 1995, graduou-se Bacharel em Processamento de Dados, também pela Universidade do Amazonas.

Em dezembro de 1997, concluiu o programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola, na área de Construções Rurais e Ambiente, em nível de mestrado, na Universidade Federal de Viçosa.

Em março de 1998, iniciou o programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola, na área de Construções Rurais e Ambiente, em nível de doutorado, na Universidade Federal de Viçosa.

## CONTEÚDO

	página
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Respostas fisiológicas dos frangos de corte ao estresse	4
2.1.1. Temperatura	5
2.1.2. Umidade relativa	15
2.1.3. Velocidade do ar	18
2.1.4. Radiação	21
2.2. Índice do ambiente térmico	23
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1. Animais	28
3.2. Procedimento experimental	30
3.3. Determinação das respostas animais	41
3.4. Determinação dos parâmetros climáticos	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1. Modelagem estatística	47

4.1.1. Ganho de peso diário	49
4.1.2. Consumo de ração diário	52
4.1.3. Conversão alimentar	54
4.1.4. Mortalidade	56
4.1.5. Temperatura retal	58
4.1.6. Temperatura da pele	60
4.1.7. Frequência respiratória	62
4.2. Desempenho animal em função do Índice de Temperatura de Globo e Umidade - ITGU	65
4.3. Análise do comportamento animal	72
4.4. Índice Ambiental de Produtividade	77
5. RESUMO E CONCLUSÕES	84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
APÊNDICE	95

## RESUMO

MEDEIROS, Carlos Moisés, D.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2001. **Ajuste de modelos e determinação de índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte.** Orientador: Fernando da Costa Baêta. Conselheiros: Rita Flávia Miranda de Oliveira e Ilda de Fátima Ferreira Tinôco.

Com o objetivo de modelar estatisticamente respostas de frangos de corte em diferentes situações térmicas ambientais, foi conduzido um experimento com aves, da marca comercial *Avian Farm*, criados de 1 a 21 dias de idade em galpões convencional e de 22 a 42 dias em câmaras climáticas, onde se tinha controle total sobre o ambiente interno. Os tratamentos compreenderam combinações de 16, 20, 26, 32 e 36 °C de temperatura, com 20, 34, 55, 76 e 90% de umidade relativa e 0,0; 0,6; 1,5; 2,4 e 3,0 m.s<sup>-1</sup> de velocidade do ar, sendo estas combinações feitas com base no delineamento composto central rotacional da metodologia de superfície de resposta. A água e alimentação foram fornecidas à vontade. Foram registradas as seguintes características animais: ganho de peso e consumo de ração diário, conversão alimentar, temperatura retal e da pele, frequência respiratória e, por fim, foi registrada a mortalidade. Registrou-se ainda o comportamento para cada tratamento considerado. Com base nos resultados, foram obtidos os modelos

estatísticos para as várias respostas animais. Com base no comportamento animal em diferentes ambientes térmicos, existe uma faixa em que as aves apresentaram o maior desempenho. De forma geral, estas condições ocorreram para temperatura entre 21 e 27 °C, umidade relativa entre 50 e 70% e velocidade do ar entre 0,5 e 1,5 m.s<sup>-1</sup>. Considerando o ganho de peso e o consumo de ração diário, temperatura retal e frequência respiratória como indicadores de estresse animal, foi desenvolvido um Índice Ambiental de Produtividade para frangos de corte - IAPfc. Esse Índice representou em um único valor o efeito da umidade e velocidade do ar em temperatura, com valores equivalentes a °C. Valores do IAPfc de 21 a 24 estão associados à máxima produtividade; para valores de 25 a 27 registrou-se perda de peso da ave em torno de 1 a 5%; para valores de 28 a 30, perdas de 5,1 a 15%; para valores de 31 a 34, perda de 15,1 a 30%; e para valores acima de 35, perdas de 30,1 a 87%.

## ABSTRACT

MEDEIROS, Carlos Moisés, D.S., Universidade Federal de Viçosa, February 2001. **Adjustment of models and determination of environmental thermal index of productivity for broiler chickens.** Adviser: Fernando da Costa Baêta. Committee Members: Rita Flávia Miranda de Oliveira and Ilda de Fátima Ferreira Tinôco.

Having the objective of statistically modeling response of broiler chickens in different environmental thermal situations, an experiment was carried out with commercial Avian Farm chickens, raised from 1 to 21 days of age in common Brazilian broiler building and from 22 to 42 days in climatic chambers. The treatments understood combinations of 16, 20, 26, 32 and 36°C temperature, 20, 34, 55, 76 and 90% relative humidity, and 0.0; 0.6; 1.5; 2.4 and 3.0 m.s<sup>-1</sup> air velocity, based on the central rotatable composite design of response surface methodology. The birds were watered and fed *ad libitum*. The animal characteristics registered were: daily weight gain and feed intake, alimentary conversion, rectal and skin temperature, respiratory rate and, mortality. It was, also, registered the animal behavior for each treatment. Based on the results and on the statistical design they were obtained the statistical models for each registered response. Based on the animal behavior in different thermal environments, it was observed that in environments with temperatures

from 21 to 27 °C, relative humidity from 50 to 70% and air velocity from 0.5 to 1.5 m.s<sup>-1</sup> the birds were quite calm, usually dispersed, good feed, quite sleepy and very good productivity. Considering levels of weight gain, feed intake, rectal temperature and respiratory rate, as indicator of animal stress, it was developed the Productivity Environmental Index for broiler chickens - IAPfc. In the index, the effects of the humidity, and of the air velocity of the thermal environment, traduced in terms of centigrade temperature. Values of the index IAPfc from 21 to 24 are associated to the maximum productivity; values from 25 to 27 are associated bird weight loss from 1 to 5%; values from 28 to 30, loss from 5.1 to 15%; values from 31 to 34, loss from 15.1 to 30%; and values above 35, loss from 30.1 to 87%.

## INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira destaca-se por estar entre as três maiores do mundo e por ser, no setor agropecuário, aquela com maior tecnificação e produtividade no País. Isto foi possível devido a grandes avanços genéticos, nutricionais, sanitários, de equipamentos e de manejo ambiental.

Contudo, para manter esta posição, continua-se a buscar sistemas produtivos que possibilitem às aves expressar todo o potencial genético com um mínimo de custo operacional, energético e de mão-de-obra e um máximo de produção por unidade de área. Para isso, tem-se enfatizado, como nunca, o ambiente animal, partindo-se para galpões automatizados e climatizados.

Sabe-se, no entanto, que, à medida que se aumenta o nível de automação e climatização, cresce também o custo de implantação e manutenção desses galpões, cujo risco é normalmente assumido pelos integrados.

No Brasil, o percentual de dias do ano com condições climáticas consideradas confortáveis para as aves é maior que nos Estados Unidos e na Europa. Contudo, sistemas produtivos desenvolvidos nesses países têm sido introduzidos aqui sem qualquer modificação significativa, o que pode conduzir à redução da competitividade comparativa entre o Brasil e os outros países citados, além de impor risco considerável aos produtores de frangos de corte.

Nesse contexto, é de grande importância conhecer, *a priori*, as relações custos-benefícios da adoção dessas novas tecnologias. Para isso,

além de conhecer o desempenho e o custo desses galpões associados aos seus equipamentos, é de fundamental importância ter conhecimento das respostas animais em função dos parâmetros do ambiente térmico (temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação). Todavia, a literatura existente não dispõe de informações seguras de desempenho, mortalidade, parâmetros fisiológicos e de comportamento dos frangos de corte que são atualmente criados no Brasil, inviabilizando qualquer tentativa técnica de prever o grau de sofisticação necessário nessas instalações e os procedimentos de manejo para cada região do País.

Desse modo, o presente estudo teve como objetivos ajustar modelos estatísticos para cada característica quantitativa estudada, utilizando dados climáticos; e estabelecer um índice térmico ambiental específico para os frangos de corte, com base em parâmetros climáticos que estimem o bem-estar desses animais.

## REVISÃO DE LITERATURA

A produção de aves está relacionada com seu meio ambiente, e cada modificação que se produz neste, pode levar a ave a recorrer a mecanismos fisiológicos para manter a sua homeostase, ou seja, o equilíbrio do seu meio interno (PLANO, 1995).

Todos os ajustes e ações sobre o organismo animal podem se refletir na produtividade final de um lote e no seu custo final. As condições ambientais que oferecem os menores desgastes para as aves, por produzirem os melhores resultados, são as zonas denominadas de conforto (CURTIS, 1983).

Embora seja reconhecida a importância do ambiente, nem todos os produtores avícolas se destacam pelo controle ambiental dos seus galpões. Em geral, a chave do êxito está em uma ventilação apropriada, a qual devido aos seus efeitos sobre a qualidade do ar e temperatura ambiente, possibilita crescimento rápido, melhor conversão alimentar, menor mortalidade, melhoria na qualidade dos frangos e maior renda (BARRO, 1997).

Contudo, CURTIS (1983), define o ambiente como a soma do impacto de fatores físicos, químicos, biológicos e sociais, que atuam e interagem para influenciar o desempenho animal. Dentre estes, destacam-se temperatura, radiação, poeira, composição química do ar, doenças, fatores que promovem reações comportamentais etc. Esses fatores variam com a estação do ano e com a localização da região; portanto, as variáveis ambientais não são estáticas.

Visto por esse ângulo, o controle ambiental completo em instalações para aves domésticas pode requerer o controle de temperatura, umidade, velocidade do ar, radiação, espaço disponível, luz, som, pressão e vários outros fatores que podem, geralmente, interferir no ambiente de um animal. Para BOND (1967), é muitas vezes conveniente separar esses fatores em: térmicos (temperatura, umidade, radiação e velocidade do ar), físicos (espaço, luz, som e pressão) e sociais (número de aves por gaiola, arranjo dos animais). O autor afirma também que o grau de controle do ambiente depende muito das condições climáticas do local e da posição econômica da indústria avícola.

Com relação aos animais, BAÊTA e SOUZA (1997) afirmam que estes podem ser considerados sistemas termodinâmicos abertos, por estarem em troca constante de energia com o ambiente. Entretanto, algumas vezes fatores ambientais tendem a provocar mudanças na homeocinese animal, como tensão e o estresse.

Os altos valores de temperatura ambientais vêm provocando problemas sérios no meio avícola, devido à queda de produção e mortalidade elevada. Esse fato vem se acentuando à medida que a ave vem sendo melhorada e se torna mais precoce e produtiva. Apesar das medidas iniciais, relacionadas com alterações nutricionais, o tema é ainda palpitante, em razão do dinamismo da própria ciência avícola (CAMPOS, 1995).

Assim MACARI e CAMPOS (1997) afirmam que, em um ambiente térmico, o equilíbrio perfeito é alcançado quando a quantidade de calor resultante do metabolismo animal mais a quantidade de calor absorvida do meio ambiente é igual à quantidade de calor dissipada. Desse modo, o aperfeiçoamento do galpão avícola e das técnicas de manejo possibilita superar efeitos prejudiciais de alguns elementos climáticos específicos de determinadas regiões e, com isso, alcançar bom desempenho produtivo.

## 2.1 Respostas fisiológicas dos frangos de corte ao estresse

As aves são animais classificados como homeotermos, portanto apresentam a capacidade de manter a temperatura interna constante. Isto significa que estes animais estão em troca térmica contínua com o ambiente. Entretanto, o mecanismo é eficiente somente quando a temperatura ambiental

encontra-se dentro de certos limites. As aves não são animais que se ajustam perfeitamente a extremos de temperatura, podendo, inclusive, ter a vida ameaçada. Dessa forma, é importante que estes animais sejam alojados em ambientes em que se torne possível o balanço térmico (RUTZ, 1994).

De acordo com CURTIS (1983) e ESMAY e DIXON (1986), quando as condições ambientais no interior da instalação não estão dentro da zona de termoneutralidade, ou seja, o ambiente térmico torna-se desconfortável, o organismo animal se ajusta fisiologicamente para manter sua homeotermia, seja para conservar ou dissipar calor. Esse dispêndio de energia resulta em redução na sua eficiência produtiva.

Para SCHMID (1998), os principais sintomas que descrevem um quadro de estresse por calor são aqueles em que as aves consomem menos ração, bebem mais água, aumentam a frequência respiratória, ficam prostradas, reduzem o ganho de peso, têm o comportamento alterado e ficam mais susceptíveis às doenças. Nessa situação, as aves recorrem a mecanismos de controle do calor, que são: diferente posicionamento de suas pernas, abertura de asas, expondo a região ventral altamente vascularizada, e aumento de respiração e transpiração.

Assim, entre todos os fatores ambientais, os térmicos, representados por temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação térmica, são os que afetam mais diretamente a ave, comprometendo uma das suas mais importantes funções vitais, que é a manutenção da própria homeotermia, conforme observado por CURTIS (1983), MEDEIROS (1997) e TINÔCO (1988).

### 2.1.1 Temperatura

HAHN e OSBURN (1970) comentaram que nos trópicos o maior problema para a criação de animais domésticos está na eliminação do calor corporal para o ambiente; entretanto, este fator não está relacionado somente às altas temperaturas, mas à associação destas com a elevada umidade relativa e baixa movimentação do ar.

A quantidade de calor produzida ou incorporada ao corpo provém do metabolismo basal, da atividade muscular, da digestão do alimento e do meio

ambiente térmico. Esse calor tem que ser dissipado através de mecanismos de trocas térmicas entre o corpo e o ambiente. Este mecanismo envolve trocas de calor sensível através da radiação, convecção e condução e também trocas de calor latente que se produz através da evaporação nos pulmões e na pele (TEIXEIRA, 1991).

A temperatura interna dos animais varia na escala de aproximadamente 36 a 41 °C, envolvendo mamíferos e aves (MÜLLER, 1989). Nos ambientes frios quando a temperatura ambiental está abaixo da crítica inferior, esses animais, para manter o calor, ativam através do centro termorregulador, localizado no sistema nervoso central, certos processos fisiológicos, como vasoconstrição, redução da frequência respiratória, elevação da taxa metabólica, maior isolamento da pele com ereção dos pêlos e produção de calor através da ocorrência de tremor muscular e arrepio. Nos ambientes quentes quando essa temperatura está acima da crítica superior, as aves reagem por meio da respiração acelerada e produção de suor, (HAFEZ, 1973).

A temperatura retal normal das aves varia em torno de 40,6 a 43,0 °C, sendo sua média em torno de 41,5 °C. Temperatura retal de 45 °C parece ser o limite superior de segurança para as mesmas. Segundo ANDERSON (1984), aumentos na temperatura retal e na frequência respiratória das aves são observados em temperaturas acima de 27 °C.

A zona de conforto ou termoneutra varia de acordo com a espécie e dentro da mesma espécie animal. Nas aves, a zona termoneutra muda com sua constituição genética, idade, sexo, tamanho corporal, peso, dieta, estado fisiológico, exposição prévia ao calor (aclimação), variação da temperatura ambiente, radiação, umidade e velocidade do ar (YOUSEF, 1985; TEETER, 1990).

A aclimação ao calor ocorre devido a diminuição da taxa de metabolismo básico, aproximadamente uma semana após a exposição da ave (ARRIELI et al., 1980).

A partir da segunda e terceira semanas de vida das aves, as temperaturas de conforto oscilam entre 15 e 26 °C, para valores de umidade relativa do ar de 50 a 70%, embora dentro desta faixa exista uma temperatura

tida como a ideal para algum tipo de desempenho. As faixas de conforto, de acordo com as diferentes idades, são compatíveis para aves de corte, postura e matrizes (CLARK, 1981; YOUSEF, 1985).

Os estudos realizados até hoje mostram que aves expostas a temperaturas oscilando dentro da zona de conforto (limites superior e inferior) produzem melhor que aquelas submetidas a uma temperatura fixa de conforto (ARRIELI et al., 1980).

As prováveis conseqüências das variações da temperatura do ar sobre o comportamento produtivo das aves são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Conseqüências da variação de temperatura sobre o comportamento produtivo das aves

Temperatura	Conseqüências
< 10°C	Redução no ganho de peso e na eficiência alimentar.
10 a 21°C	Eficiência alimentar permanece afetada.
≤ 20°C	Elevação da umidade não interfere na perda de calor por evaporação.
15 a 26°C	Melhor eficiência alimentar e ganho de peso.
20°C	Ideal para ganho de peso de aves de corte. Cada °C a mais entre 21 e 30 °C e 32 a 38 °C resulta em decréscimo na ingestão alimentar de 1,5 e 4,6%, respectivamente.
29 a 32°C	Consumo alimentar diminui; ganho de peso é baixo.
32 a 35°C	Consumo de alimentos continua decrescente. O consumo de água passa a ser superior ao dobro do normal; nesta faixa de temperatura ambiente a temperatura interna da ave começa a aumentar.
35 a 38°C	Prostração por calor: medidas emergenciais são necessárias para o resfriamento das aves. Sobrevivência é o interesse maior a esta temperatura.

TEIXEIRA (1983), em experimento realizado na região de Viçosa-MG, definiu os Índices de Temperatura de Globo e Umidade - ITGU, que levam em consideração os efeitos combinados de temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação, conforme item 2.2, para frangos de corte, da seguinte forma: no período de crescimento de 1 a 14 dias de idade das aves, os valores de ITGU de 78,5 a 81,6 mostraram-se adequados para melhor conversão alimentar e ganho de peso das aves; no período de 8 a 14 dias, os valores de ITGU de 67,4 a 75,6 conduziram a aumento de 44% na conversão alimentar e redução de 30% em ganho de peso, ocorrendo, portanto, um desconforto devido ao frio; no período de 15 a 49 dias, com valores de ITGU de 65,0 a 77,0, a produção das aves foi considerada normal; e no período de 43 a 49 dias, com valores de ITGU variando de 73,3 a 80,5 ocorreu aumento de 41% na conversão alimentar e redução de 37,2% no ganho de peso das aves.

De acordo com CAMPOS (1981), fisiologicamente, o estresse pode ser definido como qualquer perturbação do equilíbrio homeostático do animal. Por outro lado, do ponto de vista empresarial, o estresse significa alterações que provocam baixo rendimento no desempenho da ave.

No que tange à dissipação de calor, este se transfere do corpo da ave para o meio, e vice-versa, por convecção, evaporação, condução e radiação, as quais são influenciadas pela temperatura, umidade e velocidade do ar e temperatura da vizinhança. A condução é a principal forma de transportar calor do núcleo central do animal até a periferia. Na radiação, o fluxo de calor depende da natureza da superfície considerada, sendo que o animal transfere calor para os objetos mais frios que ele e absorve calor de objetos mais quentes que ele. A convecção é o fenômeno em que o transporte do calor é feito por moléculas, consistindo na substituição das moléculas quentes por outras frias (sendo influenciada pela movimentação do ar e pelo aumento da superfície considerada). Na evaporação, a dissipação de calor se dá pela passagem da água do estado líquido para o vapor, ou seja, envolve mudança de estado físico (INCROPERA e DEWITT, 1992).

Dessa forma, os mecanismos de dissipação de calor são influenciados não somente pelos fatores climáticos e do ambiente circunvizinho, como também pelo fatores intrínsecos ao próprio animal, como: área da superfície corporal, cobertura pilosa, cor, emissividade, difusão de água pela pele e pelo

pulmão, condutividade térmica dos tecidos e fluxos sanguíneos, troca térmica da água bebida ou excretada, entre outros (CURTIS, 1983).

De acordo com TEETER (1990), quando a temperatura ambiente está dentro da zona de termoneutralidade, quase todo o calor dissipado ocorre na forma de calor sensível (radiação, convecção ou condução). Esse tipo de liberação de calor altera a temperatura ambiente. À medida que a temperatura ambiente aumenta além do limite superior da zona de conforto, gradualmente aumenta de importância a dissipação de calor por evaporação, a qual ocorre nas aves principalmente pelo trato respiratório; contudo, com o aumento da frequência respiratória, a ave começa a apresentar polipnéia, atingindo uma frequência máxima de 140 a 170 respirações por minuto aos 44 °C. O aumento da frequência respiratória não é totalmente favorável, pois acrescenta calorias ao sistema da ave, que também precisam ser dissipadas, e altera o equilíbrio ácido-básico. De acordo com MÜLLER (1982), nesta situação, a quantidade de ar inspirado vai diminuindo a cada movimento respiratório, ocorrendo diminuição de CO<sub>2</sub> no sangue, pois o nível de CO<sub>2</sub> expirado aumenta, com conseqüente incremento da alcalose (aumento do pH do sangue).

O distúrbio do equilíbrio ácido-básico causa vasoconstrição e reduz o fluxo sanguíneo periférico. A elevação do pH imediatamente provoca decréscimo do cálcio ionizado no sangue (necessário para o funcionamento normal do sistema nervoso e dos músculos), resultando no decréscimo do transporte dos íons na membrana, e pode, desse modo, afetar a sua disponibilidade no interior da célula, onde muitas enzimas e passos biossintéticos são dependentes do cálcio (BAHR, 1995). Nesta etapa, a necessidade de beber água aumenta (OLIVEIRA e ESMAY, 1981).

A ingestão de água é fator importante na regulação da temperatura das aves, principalmente devido à perda evaporativa pela respiração e água das fezes (ESMAY, 1969). Considerando o consumo de água a uma temperatura de 22 °C, como normal, para temperaturas maiores ou iguais a 32 °C, o consumo de água pode ser superior ao dobro.

Em estudos realizados por FREEMAN (1969), em ambientes mantidos em umidades relativas do ar de 70%, verificou-se que na zona de conforto térmico (25 °C) as aves perdem 67% de calor por irradiação, 10% por convecção e 23% por evaporação. Para altas temperaturas (30 °C), as perdas

são de 41% por irradiação, 33% por convecção e 26% por evaporação; já para temperaturas muito altas (35 °C) elas são de 4% por irradiação, 6% por convecção e 90% por evaporação. Portanto, de acordo com o autor, torna-se evidente que os dois fatores climáticos, temperatura e umidade, estão altamente correlacionados com o conforto térmico dos animais, uma vez que, em temperaturas muito elevadas, o principal meio de dissipação de calor das aves é por evaporação; porém, a evaporação depende da porcentagem de umidade relativa do ar.

Assim, quanto maior a umidade relativa, menor é a dissipação de calor evaporativo (latente) pelas aves. Dessa forma, alta umidade relativa associada a temperaturas iguais ou superiores à corporal é insuportável para as aves, pois, não havendo dissipação de calor, a temperatura corporal se eleva e, quando atinge 47 °C, limite máximo fisiológico, ocorre normalmente a morte (OLIVEIRA e ESMAY, 1981; REECE e LOTT, 1982).

Altas temperaturas, além de provocarem uma redução no desempenho das aves, induzem uma hiperventilação dos pulmões durante a respiração, com perda excessiva de dióxido de carbono no sangue (HAMILTON, 1982; ZUMBADO, 1983; YOUSEF, 1985). Por outro lado, as condições ambientais podem, indiretamente, afetar também o controle das doenças. A multiplicação e capacidade de sobrevivência dos microrganismos patogênicos no ar dependem tanto da temperatura quanto da umidade, assim como da taxa de renovação de ar (HICKS, 1973).

No que se refere à alimentação, diversos estudos têm demonstrado que o consumo de ração pelas aves e a produção estão intimamente relacionados com as condições térmicas do ambiente; esses trabalhos demonstram que a ingestão de alimentos diminui à medida em que a temperatura ambiente se eleva a partir de 21 °C (HARRIS JUNIOR et al., 1975; VO et al., 1977).

O efeito mais importante das temperaturas elevadas é a diminuição da ingestão de alimentos, e esses efeitos podem ser aliviados, em parte, mediante adequada alimentação, sobretudo no que se refere aos aminoácidos essenciais, ao cálcio, a fontes energéticas e, possivelmente, a vitaminas (CAMPOS, 1981).

Para DEATON e VARDAMAN (1968), a utilização da alimentação pelas aves foi melhorada sob temperaturas ambientais mais elevadas. Já em 1972, DEATON et al. relataram que o efeito de altas temperaturas na eficiência da alimentação varia com a idade das aves.

A otimização da utilização da alimentação e o ganho de peso na produção de frangos, em experimentos conduzidos por REECE e DEATON (1971), ocorreram para condições ambientais cuja temperatura era 21 °C.

WASHBURN (1980) encontrou uma correlação fenotípica negativa entre tamanho do corpo e resistência ao calor para galinhas, o que indica que, na quantificação da tolerância ao calor, deve-se considerar o peso corporal como parâmetro importante no processo.

MELTZER (1987) demonstrou que existe efeito negativo da alta temperatura sob a relação consumo de alimento e ganho de peso em frangos de corte.

Por outro lado, o estudo de STILBORN et al. (1988) concluiu que não há efeito significativo do estresse calórico na eficiência da utilização dos alimentos pelas aves.

LEENSTRA e CAHANER (1991) verificaram que a eficiência alimentar foi melhor em temperaturas entre 20 e 24 °C, quando comparado com temperaturas entre 15 e 17,5 °C, para aves com idade de 29 a 47 dias. Constataram também que a gordura da carcaça aumentou com o aumento da temperatura.

Em outro trabalho, SUK e WASHBURN (1995), estudando os efeitos da temperatura em ganho de peso, consumo de alimento, conversão alimentar, acúmulo de gordura abdominal e a associação entre conversão alimentar e acúmulo de gordura abdominal em frangos de corte, verificaram que na fase de 4 a 7 semanas o ganho de peso e o consumo alimentar foram maiores na temperatura de 21,1 °C, quando comparado com 26,7 °C. Ocorreu efeito não-consistente da temperatura na conversão alimentar e no acúmulo de gordura abdominal. Os autores observaram que a taxa de mortalidade foi menor na temperatura de 21,1 °C e que a temperatura ambiental não tem efeito consistente na relação conversão alimentar e acúmulo de gordura abdominal.

Para SMITH e TEETER (1995), o consumo alimentar em frangos de corte é usualmente reduzido em ambientes quentes.

Estudando o efeito da restrição alimentar (alimentação livre vs. restrição) no desempenho de frangos de 6 a 12 dias de idade e na composição do corpo em frangos de 28 a 56 dias de idade, mantidos em quatro temperaturas ambientes (25, 30, 35 e 25-35 °C), PLAVNIK e YAHAV (1998) verificaram que os ambientes com restrição e a alimentação livre tiveram peso similar até os 28 dias de idade, quando a eficiência da alimentação passou a ser melhor em frangos sob restrição alimentar de 12%. O ganho de peso na idade de 28 a 52 dias tendeu a ser superior em grupos sob restrição, em ambientes sob alta temperatura. A eficiência alimentar na fase de 28 a 56 dias, sob alta temperatura, foi 16% superior à restrição alimentar na fase de 6 a 12 dias. A produção de músculo no peito, expressa como porcentagem de peso corporal, nos frangos sob alimentação restrita, foi significativamente superior à da testemunha em todas as temperaturas testadas e tendeu a decrescer com o aumento da temperatura ambiente. Além disso, uma menor quantidade de gordura abdominal foi encontrada em frangos sob restrição alimentar (1,74%), em relação à testemunha (1,94%).

SIMMONS et al. (1996), com o objetivo de avaliar o efeito da temperatura na produção e perda de calor em frangos de corte, usaram instalações tipo “túnel de vento” com 500 frangos e instrumentos para medir a perda de calor das aves, quando submetidas a diferentes temperaturas. Os tratamentos incluíam as temperaturas de 30, 32 e 35 °C. Os resultados mostraram que, de maneira geral, houve decréscimo na perda de calor sensível, acompanhado por aumento geral na perda de calor latente quando a temperatura ambiente aumentou. A soma dos dois - perda de calor total - aumentou substancialmente com o aumento da temperatura.

MAY et al. (1997) determinaram a temperatura na qual o funcionamento de ventiladores e nebulizadores era rentável na produção de frangos de corte. Para avaliar a rentabilidade do sistema, mediram o peso corporal das aves. Os autores usaram para a avaliação do experimento vários pesos corporais e constataram, preliminarmente, que, à medida que aumentou o peso corporal das aves, o conjunto de pontos de temperatura para que ventiladores e nebulizadores entrassem em funcionamento decresceu.

COOPER e WASHBURN (1998) usaram machos comerciais de frangos de corte para avaliar a temperatura corporal destes ao estresse devido

ao calor e sua relação com ganho de peso, consumo alimentar e taxa de conversão alimentar. Essa relação foi obtida dos 28 aos 49 dias em ambiente a uma temperatura de 32 °C (estresse) comparado com dados obtidos em ambiente a uma temperatura de 21 °C. A temperatura corporal foi medida aos 28, 35 e 42 dias, diariamente dos 43 aos 48 dias e correlacionada com o ganho de peso, o consumo alimentar e a taxa de conversão alimentar. A cobertura de penas foi avaliada aos 51 dias de idade, como uma porcentagem do peso vivo. Os autores observaram que a temperatura corporal inicial aos 28 dias não diferiu nos ambientes com temperaturas de 32 e 21 °C, sendo ela significativamente superior no ambiente a 32 °C após sete dias sob esta condição e significativamente superior ao ambiente a 21 °C em todos os pontos durante 21 dias sob estresse, com diferença média na faixa de 0,5 a 1,0 °C. O peso das penas como porcentagem do peso vivo foi significativamente maior no ambiente a 21 °C (6,22%) que no ambiente a 32 °C (5,03%). A mortalidade das aves não foi afetada no ambiente sob alta temperatura. As correlações entre temperatura corporal e ganho de peso e consumo alimentar e taxa de conversão alimentar foram baixas e não-significativas no ambiente a 21 °C. Por outro lado, as correlações foram significativas no ambiente a 32 °C após sete dias sob estresse calórico.

PLAVNIK e YAHAV (1998), ao avaliarem o efeito da restrição ao crescimento precoce na capacidade de frangos de corte em resistir à exposição em ambiente sob altas temperaturas e determinar se tal exposição afeta o efeito benéfico da restrição ao crescimento precoce no desempenho dos frangos e na qualidade da carcaça, verificaram que a restrição ao crescimento precoce não afetou o ganho de peso, o consumo de alimentos e a eficiência alimentar. No entanto, estas mesmas características, em frangos de 6 a 8 semanas de idade (após aclimatação em várias temperaturas), mais o peso corporal com 8 semanas de idade decresceram significativamente diante de altas temperaturas (35 °C e ciclos de 25-35 °C), comparados com os valores observados nas temperaturas de 25 e 30 °C.

Os mesmos autores verificaram, também, que o peso relativo do coração, fígado e peito decresceu significativamente com o aumento da temperatura (até 35 °C). No que diz respeito à restrição ao crescimento precoce, constataram que esta provocou decréscimo significativo no peso

relativo do fígado e aumento também significativo na produção de peito. O tamanho da gordura abdominal não foi aumentado com o aumento da temperatura de 25 para 35 °C. Entretanto, esta característica foi significativamente reduzida pela restrição ao crescimento precoce. E, finalmente, constataram que não houve efeito significativo da interação entre a restrição ao crescimento precoce e ambientes com altas temperaturas no desempenho de frangos de corte, na fase de 4 a 8 semanas de idade.

Para MACARI e FURLAN (1999), em ambientes com temperatura acima de 30 °C, o consumo decresce rapidamente e as exigências energéticas aumentam, devido à necessidade da ave de eliminar calor. Portanto, este menor consumo de alimento e o gasto de energia para manutenção da homeostase térmica, levam a uma redução no desempenho das aves criadas em altas temperaturas.

OLIVEIRA NETO (1999), estudando o efeito de níveis de energia da ração e da temperatura ambiente sobre o desempenho e os parâmetros fisiológicos de frango de corte, com o objetivo de avaliar os efeitos de rações com nível de energia metabolizável e da temperatura ambiente sobre o desempenho, a qualidade da carcaça e os parâmetros fisiológicos de frangos de corte, no período de 22 a 42 dias de idade, concluiu que a alta temperatura ambiente influenciou negativamente o ganho de peso, a conversão alimentar e o rendimento de peito, bem como aumentou a gordura abdominal dos frangos que receberam ração controlada. Para as aves que receberam 95% do consumo voluntário, a alta temperatura, independentemente do nível de energia das rações, proporcionou pior desempenho, menores deposições de proteína e gordura na carcaça e rendimentos de cortes nobres, porém melhores rendimentos de carcaça nos frangos. Do mesmo modo, houve redução do peso relativo dos órgãos analisados (com exceção dos pulmões e proventrículos, os quais não foram influenciados) e da concentração sérica de triiodotironina.

As penas possuem importante papel termorregulatório proporcionando eficiente cobertura externa, aumentando o isolamento externo e possibilitando às aves manter sua temperatura corporal em regiões frias. No entanto, em climas quentes, a cobertura de penas diminui a taxa de dissipação de calor e, conseqüentemente, contribui para aumentar a temperatura corporal dos

frangos. Com o aumento da temperatura corporal ocorrem redução na ingestão de alimentos e menor taxa de crescimento. Como os frangos de corte são continuamente selecionados para crescimento rápido, através de alta ingestão de alimentos, eles tendem a gerar mais calor através da atividade metabólica (digestão e absorção no trato digestivo), sendo, portanto, mais suscetíveis a altas temperaturas na fase final de criação (MACARI e FURLAN, 1999).

Alguns trabalhos têm mostrado relação entre o empenamento e a temperatura ambiente. COOPER e WASBURN (1998) verificaram redução significativa no empenamento de frangos de corte mantidos em altas temperaturas. Cahaner et al. (1993), citado por MACARI e FURLAN (1999), mostraram que frangos com gene Na (pescoço pelado), que expressa menor intensidade de empenamento, apresentam melhor desempenho em altas temperaturas ambientes. Em outro estudo, os mesmos autores, usando a mesma linhagem, observaram que a redução na cobertura de penas melhorava o ganho de peso em cerca de 3% em temperatura termoneutra e apresentavam superioridade de quase três vezes em temperaturas elevadas.

Outro fator importante nas aves é a presença de apêndices. A área superficial da crista de um frango de corte pode exceder a 50 cm<sup>2</sup>, e a crista e a barbela podem representar 7% da área total. Considerando-se a vascularização dessas estruturas, a perda de calor por essas estruturas aumenta à medida que a temperatura ambiental ultrapassa os 30 °C, e esse fato ocorre em função do fluxo sanguíneo periférico. Assim, a troca de calor sensível pode variar de 9 a 26% quando a temperatura ambiente estiver entre -5 e 40°C (MACARI et al., 1994).

### 2.1.2 Umidade relativa

Considerando que o principal mecanismo de dissipação de calor pelas aves, em temperaturas elevadas, ocorre por evaporação via respiratória, é certo que a capacidade da ave para suportar o calor é inversamente proporcional ao teor de umidade relativa do ar. Além disso, a decomposição microbiana de ácido úrico, que resulta em amônia e gás carbônico, é favorecida pela alta umidade. Assim, a alta umidade relativa do ar constitui um fator negativo para a produtividade avícola (BAIÃO, 1995).

Em temperaturas elevadas, há aumento da frequência respiratória da ave para aumentar a dissipação de calor por evaporação. Esta maior perda de água por evaporação induz a ave a aumentar a ingestão de água, tornando as fezes mais líquidas e, conseqüentemente, mais umidade é adicionada ao ar e à cama, intensificando a dificuldade de dissipação de calor via evaporativa.

Os componentes que mais contribuem para a alta umidade das instalações avícolas são: a água evaporada via respiração, a água do próprio ar e a quantidade de água eliminada nas fezes (em torno de 70% do peso das dejeções, em condições de ambiente na zona de conforto ou próximo a esta). A produção de umidade pelas aves está diretamente relacionada com a temperatura ambiente. A ave excreta água principalmente pelas fezes, das quais aproximadamente 25% provêm da urina, e os outros 75% se originam do trato digestivo e da respiração. É interessante observar que a quantidade de água excretada nas fezes e na urina varia muito em função da quantidade de água ingerida, que por sua vez é influenciada pela quantidade e natureza da ração ingerida (BAIÃO, 1995; MACARI, 1997).

Segundo BAIÃO (1995), a umidade média da cama deve estar em torno de 20 a 30%. Abaixo de 20%, pode haver problema com poeira. Acima de 30%, pode ocorrer queda de produção em condições de temperatura elevada.

A umidade relativa do ar, para aves em geral, deve estar entre 35 e 75% (HICKS, 1973).

O aumento da densidade de criação de frangos de corte necessariamente implica melhores condições de cama. Assim, duas alternativas básicas podem ser sugeridas: aumento da altura da cama ou uso de material mais absorvente. Qualquer uma dessas alternativas atenderia à redução da umidade da cama. Outro fator que exerce grande influência é a umidade do ar; assim, em ambientes secos (UR menor que 50%) a umidade da cama pode alcançar valores de 5 a 10%, enquanto, em ambientes úmidos (UR acima de 70%) a umidade da cama pode elevar-se para valores de até 80% (TINÔCO, 1996).

Dentre os materiais utilizados como cama de frangos encontram-se maravalha de pinho, casca de amendoim, casca de arroz. Outros tipos também têm sido testados, como diferentes capins, picados ou triturados (napier, coloniã), os quais não apresentaram grande eficácia, pois, apesar de boa

absorção, têm capacidade de perda de água muito lenta, com grande retenção de água (NORTH e BELL, 1990). A Tabela 2 mostra os diferentes tipos de cama e a capacidade de retenção de água. Contudo, é importante salientar que apenas a capacidade de retenção não é suficiente para uma boa cama, pois esta deve ser acompanhada de boa perda de água para o ambiente.

Tabela 2 - Capacidade de retenção de água nos diferentes tipos de cama

Tipos de cama	Retenção de água (g/100g)
Maravalha de pinus	207
Casca de amendoim	203
Casca de arroz	171
Serragem (pó) de pinus	102

Fonte: North e Bell (1990).

SUK e WASHBURN (1995), estudando os efeitos de diferentes fatores do ambiente, entre eles o sistema de umedecimento das instalações no ganho de peso, consumo de alimento, conversão alimentar, acúmulo de gordura abdominal e a associação entre conversão alimentar e acúmulo de gordura abdominal em frangos de corte, verificaram, na fase de 4 a 7 semanas, que o sistema de umedecimento da instalação afeta o ajustamento na colocação de frangos em gaiolas. O melhor ajustamento ocorreu quando, em vez de empregar pequenos recipientes com água, foram utilizados cochos. De 4 a 6 semanas o ganho de peso e o consumo alimentar nas aves engaioladas foram menores que nas aves que estavam livres, mas a conversão alimentar e o acúmulo de gordura abdominal não foram consistentemente diferentes.

Outro fator importante que exerce grande influência no desempenho de um lote de frangos de corte é a temperatura da cama, o qual está diretamente relacionada com a sua umidade (quanto maior sua umidade, maior será a sua temperatura). A Tabela 3 mostra a temperatura média da cama (maravalha) em lotes de frangos criados em diferentes densidades.

Tabela 3 - Temperatura média da cama (superfície - Ts e profundidade - Tp) em lotes de frangos criados em diferentes densidades e com diferentes alturas de cama. Os dados correspondem à temperatura obtida às 6 e 13 horas, após 40 dias de utilização da cama (frangos com 40 dias de idade)

Altura da cama (cm)		Densidade (aves.m <sup>-2</sup> )		
		10	14	18
Temperatura (°C) às 6 h				
5	Ts	25,0	25,1	25,2
5	Tp	25,1	25,2	25,2
10	Ts	24,9	24,5	25,4
10	Tp	24,8	24,5	25,4
15	Ts	24,7	24,3	24,4
15	Tp	24,7	24,9	24,4
Temperatura (°C) às 13 h				
5	Ts	33,3	33,7	33,2
5	Tp	33,1	33,5	33,2
10	Ts	33,1	33,1	33,7
10	Tp	33,1	33,0	33,7
15	Ts	33,5	33,2	33,1
15	Tp	33,5	33,0	33,1

Fonte: Campos (1986).

Os dados desta tabela evidenciaram que existem significativas diferenças de temperatura em função do período do dia. Assim, a temperatura da cama antes do nascer do sol (6 h) é no mínimo 5 °C menor do que no pico de insolação (13 h). Por outro lado, não foi verificado grande efeito de densidade e altura da cama nesta fase de criação de frangos, ou seja, 40 dias de idade (CAMPOS, 1986).

### 2.1.3 Velocidade do ar

SIMMONS et al. (1996), com o objetivo de avaliar o efeito da velocidade do ar e da temperatura na produção e perda de calor em frangos de corte, usaram instalações tipo “túnel de vento” com 500 frangos e instrumentos para medir a perda de calor das aves quando submetidas a diferentes temperaturas e velocidades do ar. Os tratamentos incluíam temperaturas de 30, 32 e 35 °C e velocidades do ar que variavam de 1,0 a 3,0 m.s<sup>-1</sup> com

incremento de  $0,5 \text{ m.s}^{-1}$ . Os resultados mostraram que, quando há aumento na velocidade do ar, frangos apresentam substancial aumento na perda de calor sensível e correspondente decréscimo na perda do calor latente. A soma dos dois - perda de calor total - aumentou ligeiramente com o aumento da velocidade do ar, mas decresceu substancialmente com o aumento da temperatura.

O efeito da velocidade do ar na temperatura efetiva do ar em frangos de corte também foi estudado por LOTT et al. (1997). Nesse estudo, em um lote de aves com 6 semanas de idade foram colocados em uma instalação tipo túnel de vento mantida a  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ , a uma velocidade do ar de  $2,0 \text{ m.s}^{-1}$ ; contudo, os autores não mencionam onde foi medida a velocidade do ar. Outro lote de aves foi distribuído em câmaras onde a temperatura permaneceu constante na faixa de  $21$  a  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ , com incremento de  $1 \text{ }^\circ\text{C}$ . O ponto de orvalho foi mantido constante a  $18 \text{ }^\circ\text{C}$  nas câmaras e no túnel de vento. Os dados obtidos sugeriram que a temperatura efetiva de conforto para ganhos no peso corporal durante o período do teste (6 dias) foi de  $23 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Do mesmo modo, MAY et al. (1997) estudaram as condições ambientais em uma instalação tipo túnel durante a criação de frangos de corte. A instalação tinha oito ventiladores no lado leste e entradas de ar no lado oeste. A velocidade do ar foi de aproximadamente  $2,0 \text{ m.s}^{-1}$ , quando todos os ventiladores estavam funcionando no modo túnel. Três linhas de nebulizadores foram colocadas ao longo da instalação. A temperatura e umidade foram medidas em nove locais da instalação, na entrada e na exaustão do ar. Os autores observaram que a temperatura e a umidade absoluta no ar aumentaram com o aumento da distância das entradas de ar. Considerando os períodos em que 4 ou 6 ventiladores estavam funcionando, a temperatura e a umidade específica eram maiores que quando os 8 ventiladores estavam em funcionamento.

Dentro do aviário é necessária adequada ventilação, a fim de se eliminar o excesso de umidade do ambiente e da cama - proveniente da água liberada pela respiração das aves e através de dejetos - para permitir a renovação do ar viciado, favorecendo a entrada de ar puro com menores concentrações de  $\text{CO}_2$ , para eliminar o amoníaco que desprende dos dejetos e, por fim, para reduzir o excesso de calor existente. Na Tabela 4 são

apresentadas as necessidades de ar em função da temperatura ambiente e da idade dos frangos (SCHMID, 1998). A freqüente situação de elevadas temperaturas dentro dos galpões avícolas, geralmente, se deve mais à má concepção e adequação do alojamento do que propriamente à adversidade climática. Entretanto, muitas vezes, mesmo para instalações bem planejadas, torna-se necessária à utilização de sistemas artificiais para promover melhorias no ambiente térmico das aves.

A ventilação artificial (quando a ventilação natural é insuficiente) apresenta importância fundamental, pois propicia um ambiente confortável para o animal, tanto para reduzir a transferência de calor proveniente da cobertura, como para melhorar a eficiência da troca de calor do animal por convecção e evaporação, ou ainda para possibilitar adequadas condições de higiene (BAÊTA e SOUZA, 1997).

Tabela 4 - Necessidades de ar em função da temperatura e idade dos frangos (litros.ave<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>).

Temperatura (°C)	Idade (semanas)			
	1	3	5	7
04,4	6,8	19,8	34,0	53,8
10,0	8,5	22,7	45,3	65,1
15,6	10,2	28,3	53,8	79,3
21,1	11,9	34,0	62,3	93,4
26,7	13,6	36,8	70,8	104,8
32,2	15,3	42,5	79,3	118,9
37,8	17,0	48,1	87,8	133,1
43,3	18,7	51,0	96,3	144,4

Fonte: SCHMID (1998).

A ventilação deve obedecer a exigências higiênicas e térmicas. Nas regiões em que a temperatura se mantém quase sempre acima da requerida para conforto das aves, deve prevalecer uma ventilação baseada em razão térmica, e o projeto deverá estar orientado para esta necessidade, ou seja, a de extrair o calor liberado pelas aves, bem como o advindo da cobertura, para

que a temperatura ambiente interior não aumente. Nas regiões frias, com baixas temperaturas, a ventilação deve atender a razões higiênicas (ligadas à renovação e qualidade do ar), exclusivamente. No entanto, para as regiões caracterizadas por terem um período frio e outro quente, muito bem definidos e discrepantes, a arquitetura do alojamento deve adaptar-se a necessidades diferentes, originando o que se chama “ventilação de inverno”, em que a única preocupação são as exigências higiênicas, e a “ventilação de verão”, que deverá satisfazer tanto as higiênicas quanto as térmicas (CURTIS, 1983).

De maneira geral, de acordo com LLOBET e GONDOLBEU (1980), VAQUERO (1981) e CURTIS (1983), a velocidade máxima recomendada, para movimentação de ar perto das aves adultas, é de  $0,2 \text{ m.s}^{-1}$  no inverno e  $0,5 \text{ m.s}^{-1}$  no verão. Quando as aves são jovens, este limite é menor. Acima dos valores recomendados, pode ocorrer incidência de doenças pulmonares; aconselha-se que cada ave, em cada idade, tenha garantida uma taxa mínima de renovação de ar (em torno de seis renovações por hora, para aves adultas) e seja molestada com velocidade máxima do ar de  $0,5 \text{ m.s}^{-1}$  (CURTIS, 1983).

BOND et al. (1965), ao estudarem os efeitos de velocidades do ar de  $0,18$  a  $1,52 \text{ m.s}^{-1}$  e de temperaturas de  $10$  a  $38,7 \text{ }^\circ\text{C}$ , verificaram que a dissipação de calor pelos animais aumentou com o aumento da velocidade do ar, em consequência do aumento na dissipação de calor por convecção e evaporação, embora tenha havido redução na dissipação de calor por radiação. O ar em movimento afeta os fluxos convectivos e evaporativos. Assim, um aumento da velocidade do ar reduz a temperatura da superfície da pele e das penas, especialmente em temperatura ambiente mais baixa. Apesar disso, essas reduções em gradientes térmicos são contrabalançadas por um aumento na taxa de produção de calor. Da mesma forma, a taxa de calor perdido aumenta com o aumento da velocidade do ar. Também ocorrerá aumento na taxa de calor sensível (evaporação pela pele).

#### 2.1.4 Radiação

Segundo RUTZ (1994), a radiação é um processo em que a superfície de todos os objetos emite calor na forma de ondas eletromagnéticas. A potência da emissão é determinada pela temperatura da superfície que está

irradiando calor. No caso das aves, o calor é transferido da pele e superfície das penas para objetos que circundam as aves e vice-versa. Naturalmente, se a temperatura das superfícies do ambiente for superior a de pele e penas das aves, estas ganharão calor.

Em baixa temperatura, o calor ganho a partir da radiação reduz a quantidade de calor que a ave deve produzir para manter sua temperatura corporal (De Jong, 1976, citado por RUTZ, 1994). Conseqüentemente, as aves que apresentam alta absorvidade economizam energia em ambientes frios (Lustick et al., 1979, citados por RUTZ, 1994).

A transferência de calor por radiação, de acordo com BAÊTA e SOUZA (1997), consiste de três componentes, que são: conversão de calor contido em ondas eletromagnéticas de energia, passagem destas ondas pelo espaço e reconversão destas ondas eletromagnéticas de energia em energia térmica no corpo absorvedor de radiação. Essas trocas são regidas por várias leis, a saber:

- Lei de Kirchhoff → quando a radiação atinge um animal, esta pode ser absorvida, refletida ou transmitida.
- Lei de Planck → a densidade do poder emissivo radiante de um corpo depende grandemente de sua temperatura superficial.
- Lei Wien → A máxima emissão para um corpo negro é inversamente relacionada com a temperatura absoluta de sua superfície.
- Lei de Stephan Boltzmann → A emissão ou a densidade do poder emissivo de uma superfície é igual ao produto da constante de Stephan Boltzmann ( $4,93 \times 10^{-8} \text{ kcal.m}^{-2}.\text{hr}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ) pela 4ª potência da sua temperatura absoluta.

Assim, sempre ocorrerá troca de calor radiante entre o animal e a superfície que o circunda, isto é, sempre haverá ganho e perda de calor radiante pelo animal. O fluxo térmico radiante é determinado considerando-se a área efetiva da superfície radiante animal, a absorvidade da superfície do animal, a temperatura média do ambiente radiante do animal, a emissividade

média das superfícies do ambiente e a temperatura média absoluta da superfície radiante do animal.

Segundo CURTIS (1983), vários fatores afetam o fluxo líquido de calor radiante entre o animal e o meio ambiente, podendo-se citar:

- Diversidade das características radiantes das superfícies envolvidas, principalmente se esse fluxo está em ambiente aberto ou fechado, se existem outros animais ao seu redor ou grande número de equipamentos.
- Relação da área animal pela área ambiental considerada.
- Forma corporal do animal.
- Orientação do animal em relação às superfícies do ambiente com as quais ele troca calor.
- A presença de superfícies refletoras ou algum tipo de filtro entre o animal e as superfícies consideradas.

O comprimento das ondas eletromagnéticas é função da temperatura do corpo emissor; dessa forma, a radiação vinda do sol é denominada radiação de ondas curtas e a radiação oriunda de superfícies aqui na terra é denominada radiação térmica, infravermelha ou de ondas longas. Portanto, a ave, por estar no interior de uma instalação, só troca energia radiante com seu meio ambiente via radiação de ondas longas. Contudo, o galpão que serve de abrigo para as aves está sujeito tanto à radiação de ondas curtas como de ondas longas. As radiações de ondas curtas, podem ser direta, indireta, refletida direta e refletida indireta.

## 2.2 Índices do ambiente térmico

O conhecimento das necessidades ambientais dos animais e o estudo das condições climáticas da região e do microclima local, em que será implantado o sistema permitem definir técnicas e dispositivos de construções que melhorem o conforto dos animais. Conforme McDOWELL (1974), a temperatura do ar é provavelmente o fator bioclimático mais importante que

influencia o ambiente físico do animal. No entanto, apenas a temperatura do ar não é suficiente para avaliar as condições ambientais; para isso, deve-se acrescentar também a esta outras variáveis, como umidade relativa, velocidade do ar e energia radiante (PERDOMO, 1998).

Pelo motivo exposto, vários índices do ambiente térmico têm sido estabelecidos e usados para prever o conforto ou o desconforto animal, em relação às condições ambientais. De modo geral, a temperatura de bulbo seco e a umidade do ar têm sido os fatores ambientais mais usados. O Índice de Temperatura e Umidade - ITU, originalmente desenvolvido por THOM (1959), tem sido o mais empregado para determinar o índice de conforto ambiente, sendo dado por

$$\text{ITU} = 0,72 (\text{tbs} + \text{tbu}) + 40,6$$

ou

$$\text{ITU} = 0,81 (\text{tbs}) + \text{UR} (0,99 \text{ tbs} - 14,3) + 46,3$$

em que

tbs = temperatura de bulbo seco, °C;

tbu = temperatura de bulbo úmido, °C; e

UR = umidade relativa do ar, em decimal.

O ITU é um valor considerado adimensional, em que valores de até 74 representam ambientes confortáveis; de 74 a 78 exigem cuidado, alerta; de 79 a 84 são perigosos; e de 85 em diante - condição de emergência - podem causar a morte dos animais.

No entanto, de acordo com BOND e KELLY (1955), o animal está sempre trocando calor com o ambiente na forma radiante, e, neste caso, o ITU não reflete a carga térmica, não podendo ser efetivamente empregado para prever o desconforto e a subsequente perda de produção nessas condições.

Desse modo, um índice mais preciso que o ITU para avaliar o conforto térmico é o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), proposto por BUFFINGTON et al. (1981), para vacas de leite, e confirmado por OLIVEIRA e ESMAY (1981), para frangos de corte, em que são representados, em um único valor, os efeitos da temperatura de bulbo seco, da umidade relativa, da radiação e da velocidade do ar. Este índice é baseado na equação do ITU, em

que a tbs (temperatura de bulbo seco) é substituída pela temperatura de globo negro (tgn), sendo dada pelas seguintes expressões:

$$ITGU = 0,72 (tgn + tbu) + 40,6$$

ou

$$ITGU = 0,81 (tgn) + UR (0,99 tgn - 14,3) + 46,3$$

em que

tgn = temperatura de globo negro, °C;

tbu = temperatura de bulbo úmido, °C; e

UR = umidade relativa do ar, em decimal.

A temperatura de globo negro é obtida a partir de uma esfera oca, de cobre, com 0,15 m de diâmetro e 0,5 mm de espessura, pintada externamente com tinta preta fosca, contendo o elemento sensor de temperatura em seu centro.

Outro parâmetro importante para ajudar na compreensão do ambiente térmico animal é a Carga Térmica Radiante (CTR), que, em condições de regime permanente, expressa a radiação total recebida pelo globo negro ou pelo animal, de todos os espaços ou partes da vizinhança, podendo ser determinada, segundo ESMAY (1969), pela equação de Stefan-Boltzmann:

$$CTR = \sigma (TRM)^4$$

em que

CTR = carga térmica radiante, W.m<sup>-2</sup>;

$\sigma$  = constante de Stefan-Boltzmann, 5,67 x 10<sup>-8</sup> W.m<sup>-2</sup>.K<sup>-4</sup>; e

TRM = temperatura radiante média, K.

A temperatura radiante média (TRM) é a temperatura de uma circunvizinhança, considerada uniformemente negra, de modo a eliminar o efeito de reflexão, com a qual um corpo (globo negro) troca tanta energia quanto a do ambiente atual considerado (BOND e KELLY, 1955). A TRM pode ser expressa pela equação a seguir:

$$TRM = 100 \sqrt[4]{2,51 \cdot \sqrt{v} \cdot (tgn - tbs) + (tgn / 100)^4}$$

em que

$v$  = velocidade do ar,  $m.s^{-1}$ .

Experimentos demonstraram que a CTR, no interior de abrigos, é influenciada pelos seguintes fatores: orientação do abrigo, altura do pé-direito, altura do animal e sua localização sob a construção, existência de paredes, material de construção e de cobertura, entre outros (BOND et al., 1961; SILVA, 1988).

Durante o dia, a cobertura reduz a carga térmica de radiação proveniente do sol e do céu, substituindo uma área de solo aquecida por uma área de solo sombreado. O material de cobertura passa a ser um elemento importante no processo de troca de calor (ROSA, 1984).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido nos meses de maio, junho e julho de 2000, em câmaras climáticas do Laboratório de Bioclimatologia Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, localizada na cidade de Viçosa, com latitude 20°45' sul, longitude 42°51' oeste e 649 m de altitude. De acordo com as normais climatológicas da região de 1961 a 1990, do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, os parâmetros climáticos, como temperaturas mínima e máxima, umidade relativa, pressão atmosférica e precipitação pluviométrica, correspondentes ao período experimental, são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Parâmetros climáticos médios mensais para a região de Viçosa

Mês	Temperatura bulbo seco (°C)		Umidade Relativa (%)	Pressão Atmosférica (hPa)	Precipitação Pluviométrica (mm)
	Mínima	Máxima			
Maio	12,7	24,9	83,3	938,2	32,0
Junho	10,6	23,9	84,0	940,1	19,1
Julho	10,1	23,5	81,9	940,4	23,7

Fonte: INMET

### 3.1 Animais

Foram utilizados 960 pintos de um dia, da marca comercial Avian Farm, machos, criados em galpão convencional com condições climáticas naturais até os 21 dias de idade (Figura 1). A partir dos 22 dias até a época de abate, 42 dias, as aves foram alojadas em câmaras climáticas (Figura 2), onde receberam água e ração à vontade.



(a)



(b)

Figura 1 - Pintos de um dia dentro do círculo de proteção (a); e galpão do setor de avicultura (b) onde foram criados até 21 dias de idade.



(a)



(b)

Figura 2 - Entrada das câmaras climáticas (a); e aves alojados na câmara climática (b).

Segundo o manual da linhagem, os frangos de corte Avian Farm apresentam as características produtivas descritas na Tabela 6, tendo sido desenvolvidos geneticamente para serem pouco mais lentos em crescimento inicial, com o objetivo de reduzir, ao máximo, os problemas de ascites, de pernas e de morte súbita, priorizando o desenvolvimento de órgãos. Depois de 28 dias, esses animais aceleram seu crescimento, sendo possível observar aumentos semanais de 500 g no peso corporal e conversão alimentar reduzida no final do ciclo.

Tabela 6 - Características produtivas do frango Avian Farm sob condições de conforto térmico

Idade (dias)	Peso corporal (g)	Consumo de ração (g)	Conversão Alimentar	Mortalidade (%)
1	40	12	0,3	-
7	163	166	1,02	0,6
14	416	517	1,24	1,2
21	795	1.108	1,39	1,6
28	1.268	1.941	1,53	2,2
35	1.765	3.009	1,70	3,0
42	2.300	4.299	1,87	3,6

Fonte: Granja Planalto Ltda.

Com relação às dietas experimentais (Tabelas 7) foram atendidas as exigências nutricionais dos frangos de corte, de acordo com cada fase de criação, seguindo as recomendações de ROSTAGNO et al. (1994). A ração foi fornecida à vontade três vezes por dia (manhã, tarde e noite), bem como a água, que foi fornecida à temperatura ambiente.

Tabela 7 - Composição percentual das dietas

Ingredientes	Fase de criação	
	Inicial (%)	Crescimento e Final (%)
Milho	53,569	59,113
Farelo de soja	38,860	33,620
Óleo vegetal	3,100	3,593
Cloreto colina (60%)	0,100	0,060
Fosfato bicálcico	2,638	1,879
Calcário	0,836	0,885
Sal comum	0,387	0,389
Mistura vitaminas <sup>1</sup>	0,100	0,100
Mistura minerais <sup>2</sup>	0,050	0,050
DL Metionina (98%)	0,235	0,211
Stafac <sup>3</sup> 20	0,075	0,050
Coxistac <sup>4</sup> (12%)	0,050	0,050
Valores calculados		
Cálcio	1,083	0,907
Energia Metabolizável*	3,001	3,113
Fibra	3,479	3,238
Fosforo - Total	0,809	0,651
Fosforo - Disponível	0,595	0,450
Gordura	5,164	5,798
Linoléico	1,799	2,039
Lisina	1,262	1,125
Metionina + Cistina	0,941	0,871
Metionina	0,579	0,533
Proteína	21,775	19,829
Sódio	0,200	0,198
Treonina	0,879	0,801
Triptofano	0,278	0,250

<sup>1</sup> Fornecido por kg.

<sup>2</sup> Fornecido por kg.

<sup>3</sup> Virginiamicina 2%.

<sup>4</sup> Salinomicina sódica 12%.

\* Mcal.kg<sup>-1</sup>

### 3.2 Procedimento experimental

Em acordo com diversos autores (BOX e WILSON, 1951; BOX 1954; HENIKA, 1972; GIOVANI, 1983; COCHRAN e COX, 1957), a Superfície de Resposta é o método de análise de resultados que proporciona mais informações a respeito de experimentos que estudam a ação entre fatores em diferentes níveis, dependendo da sua natureza. Se todos os fatores

representam variáveis quantitativas, é natural esperar que a resposta ( $y$ ) seja uma função dos níveis dessas variáveis.

Essa metodologia é, algumas vezes, referida como RSM, sendo essencialmente um conjunto particular de métodos matemáticos e estatísticos usados por pesquisadores para auxiliar na solução de certos tipos de problemas pertinentes a processos científicos e de engenharia. Sua maior aplicação tem sido na pesquisa industrial, particularmente em situações em que grande número de variáveis, em algum sistema, influencia algum ponto essencial do sistema (MYERS, 1971).

Para KHURI e CORNELL (1987), a metodologia da superfície de resposta (RSM) é um conjunto de técnicas que:

- compõe uma série de experimentos (delineia um conjunto de experimentos) que produzirão adequadas e fidedignas medidas da resposta de interesse.
- determina um modelo matemático que melhor ajusta os dados coletados do delineamento escolhido, pela condução de testes de hipótese apropriados, referentes aos parâmetros do modelo; e
- determina a composição ótima de fatores experimentais que produzem o valor máximo (ou mínimo) da resposta.

Fundamentalmente, o problema da superfície de resposta usualmente está centrado no interesse em alguma resposta  $\eta$ , que é função de  $k$  variáveis independentes,  $x_1, x_2, \dots, x_k$ , ou seja,

$$\eta = f(x_1, x_2, \dots, x_k)$$

A forma atual de  $f$  na equação acima é freqüentemente desconhecida, mas é assumido que esta pode se aproximar de uma função polinomial de baixa ordem. Por exemplo, para  $k = 2$ , pode-se assumir um modelo do tipo

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{12} x_1 x_2 + \varepsilon$$

em que  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots$  são parâmetros,  $y$  é a resposta medida e  $\varepsilon$  é um erro aleatório. As variáveis  $x_1, x_2, \dots, x_k$  são quantitativas e medidas em uma escala contínua (MYERS, 1971).

Para KHURI e CORNELL (1987) os coeficientes  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots$  são parâmetros que dependem dos níveis dos fatores e das derivadas de  $f$  em relação aos níveis dos fatores. Os termos sucessivos  $\beta_0, \beta_1 x_1$  e  $\beta_{11} x_1^2$  da polinomial são ditos de grau 0, 1, 2 e assim por diante.

Desse modo, neste estudo, a resposta “ $\eta$ ” é assumida ser dependente nos níveis de  $t, u$  e  $v$ , que podem ser medidos. Então, para a  $i$ -ésima combinação dos níveis ( $i = 1, 2, \dots, N$ ), a resposta pode ser escrita como:

$$\eta_i = \phi ( t_1, t_2, \dots, t_N, u_1, u_2, \dots, u_N, v_1, v_2, \dots, v_N )$$

A resposta observada  $y_i$  varia em observações sucessivas, devido a fatores indisponíveis e não-controlados, com média  $\eta_i$  e variância  $\sigma^2$ .

De acordo com BOX (1954), o sistema pode ser explorado por meio de ajustamento de uma superfície suficientemente elástica para as observações de um conjunto apropriado de pontos pré-selecionados. O modelo mais adequado para este propósito parece ser a equação polinomial generalizada descrita pela série de Taylor, que, para três variáveis e para o segundo grau, pode ser escrita como:

$\eta_i = \beta_0 +$	ponto central
$\beta_1 t + \beta_2 u + \beta_3 v +$	efeitos lineares
$\beta_{11} t^2 + \beta_{22} u^2 + \beta_{33} v^2 +$	efeitos de segunda ordem
$\beta_{12} t u + \beta_{13} t v + \beta_{23} u v$	interação

A equação de segundo grau gera a superfície quadrática. Segundo BOX (1954), quando a ordem dos termos torna-se maior, o efeito que eles têm é diminuído; assim, neste estudo, um modelo de segunda ordem será considerado suficiente para aproximar a superfície da região estudada.

Nesse sentido, a equação descrita anteriormente, contém termos lineares, quadráticos e produto cruzado dos termos precedidos pelos

coeficientes. COCHRAN e COX (1957) explicaram que, para os coeficientes de regressão deste modelo serem estimados, cada variável tem que apresentar pelo menos três diferentes níveis, o que sugere o uso de um delineamento fatorial de  $3^3$  (3 ao cubo). Sendo os níveis das variáveis equidistantes, os três níveis de qualquer das três variáveis seriam representados por -1, 0 e 1; então, a superfície quadrática seria facilmente ajustada. Entretanto, uma desvantagem do fatorial  $3^3$  é que os coeficientes  $\beta_{11}$ ,  $\beta_{22}$ , etc. dos termos quadrados são estimados com precisão relativamente baixa, como foi demonstrado por BOX e WILSON (1951), os quais desenvolveram uma alternativa prática para o sistema *fatorial*  $3^k$  por meio do desenvolvimento da classe dos delineamentos compostos, um tipo especial que é chamado de delineamento composto central (CCD). Este delineamento é muito utilizado por pesquisadores na aplicação das técnicas de superfície de resposta de segunda ordem.

Um delineamento composto central consiste de:

- um delineamento fatorial  $2^k$  completo (ou fracionário), em que os níveis do fator são codificados com valores -1 e +1. Esta é a chamada porção fatorial do delineamento;
- pontos centrais  $n_0$  ( $n_0 \geq 1$ ); e
- dois pontos axiais no eixo de cada variável do delineamento a uma distância de  $\alpha$  do centro do delineamento. Esta porção é chamada porção axial do delineamento.

O número total de pontos do delineamento é  $N = 2^k + 2k + n_0$ . Os valores de  $n_0$  e  $\alpha$  são escolhidos apropriadamente.

Os momentos  $[ij]$ ,  $[iij]$  e  $[iijj]$  ( $i, j = 1, 2, \dots, k; i \neq j$ ) são não-zeros, com  $[ij] = 1$  pela convenção escalar. Os últimos dois momentos são influenciados pela escolha do número de pontos centrais,  $n_0$ , e pelo valor de  $\alpha$  do conjunto de pontos axiais.

O delineamento composto central é ortogonal se o momento de quarta ordem misto,  $[iijj]$ , ou equivalentemente  $\lambda_4$ , for igual à unidade. Em termos de fator escalar, tem-se

$$[ijj] = \frac{FN}{(F + 2\alpha^2)^2},$$

em que,

$$F = \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 x_{ju}^2 \quad (i = 1, 2, \dots, k)$$

Assumindo que três níveis uniformemente espaçados das variáveis controle ou independente podem ser codificados por -1, 0, 1, por exemplo, se  $\xi_1$  é temperatura e os níveis de interesse são 100, 150 e 200 °C, então a variável do delineamento codificada é

$$x_1 = \frac{\xi_1 - 150}{50}.$$

Os delineamentos compostos são delineamentos fatoriais de primeira ordem ampliados pela adição de pontos, o que permite a estimação dos coeficientes de uma superfície de segunda ordem. O delineamento composto central é o fatorial  $2^k$  ou fatorial fracionário (os dois níveis de cada variável codificados por -1, +1 aumentada pelo seguinte), como se vê:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \Lambda & 0 \\ -\alpha & 0 & 0 & \Lambda & 0 \\ \alpha & 0 & 0 & \Lambda & 0 \\ 0 & -\alpha & 0 & \Lambda & 0 \\ 0 & \alpha & 0 & \Lambda & 0 \\ 0 & 0 & -\alpha & \Lambda & 0 \\ 0 & 0 & \alpha & \Lambda & 0 \\ \Lambda & \Lambda & \Lambda & \Lambda & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Lambda & -\alpha \\ 0 & 0 & 0 & \Lambda & \alpha \end{bmatrix}$$

O valor de  $\alpha$  é selecionado pelo experimentador. Vários critérios podem ser usados na escolha. Para o caso de três variáveis independentes, a matriz do delineamento é dada por

$$D = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -\alpha & 0 & 0 \\ \alpha & 0 & 0 \\ 0 & -\alpha & 0 \\ 0 & \alpha & 0 \\ 0 & 0 & -\alpha \\ 0 & 0 & \alpha \end{bmatrix} \left\{ \begin{array}{l} 1^{\circ} \text{ ponto} \\ 2^{\circ} \text{ ponto} \\ 3^{\circ} \text{ ponto} \\ 4^{\circ} \text{ ponto} \\ 5^{\circ} \text{ ponto} \\ 6^{\circ} \text{ ponto} \\ 7^{\circ} \text{ ponto} \\ 8^{\circ} \text{ ponto} \\ 9^{\circ} \text{ ponto} \\ 10^{\circ} \text{ ponto} \\ 11^{\circ} \text{ ponto} \\ 12^{\circ} \text{ ponto} \\ 13^{\circ} \text{ ponto} \\ 14^{\circ} \text{ ponto} \\ 15^{\circ} \text{ ponto} \end{array} \right.$$

Freqüentemente, torna-se desejável para o experimentador investir em mais que um ponto central no método para atingir certas propriedades do delineamento.

Os primeiros oito pontos são os pontos do fatorial usual para ajustar um modelo de primeira ordem. O nono ponto é o ponto central do delineamento, e os seis pontos restantes são os pontos axiais do cubo (Figura 3).

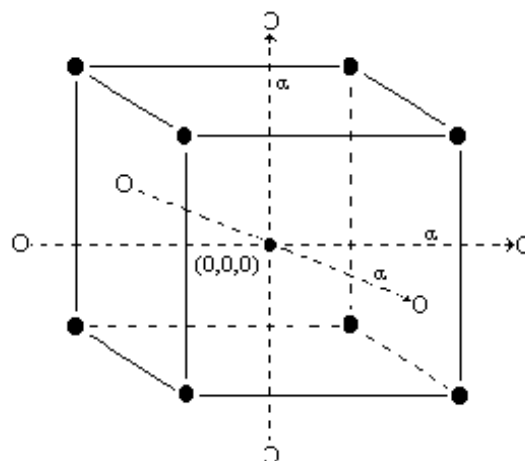


Figura 3 - Representação espacial de um delineamento composto central com três fatores. Os pontos fatoriais são denotados pelos círculos (○), os pontos axiais, por (•), e o ponto central, por (0,0,0).

Uma interessante e importante propriedade no estudo dos delineamentos de superfície de resposta é a da rotatibilidade ou circulação. Um delineamento é dito rotatório quando a variância da resposta estimada, ou seja, a variância de  $\hat{y}$ , que depende do ponto de interesse  $x_1, x_2, \dots, x_k$ , for uma função somente da distância do centro do delineamento e não da direção. Em outras palavras, um delineamento rotatório é aquele em que a qualidade do estimador de  $\hat{y}$  é a mesma para dois pontos que estão à mesma distância do centro do delineamento.

O conceito de rotatibilidade foi introduzido por BOX e HUNTER (1957) e, desde então, tornou-se um importante critério de delineamento. Uma das características mais desejadas da rotabilidade é a qualidade da predição, medida pela magnitude da  $\text{Var}[\hat{y}(x)]$ , que é invariante para qualquer rotação das coordenadas axiais no espaço das variáveis originais.

Em 1957, BOX e HUNTER propuseram o critério de rotatividade como um melhoramento nos delineamentos. No delineamento rotatório, o erro-padrão de uma resposta estimada para um ponto da superfície quadrática é o mesmo para todos os pontos que têm a mesma distância do centro da região.

Para três variáveis, os delineamentos rotatórios são obtidos pela plotagem de pontos nos vértices de uma figura sólida de 24 faces, que podem ser inscritas em uma esfera, com adição de pontos do centro. Neste caso, 14 pontos são igualmente espaçados ao redor da superfície da esfera com centro  $(0, 0, 0)$ , e um ou mais pontos-testes são colocados neste centro. O fator  $\alpha$  é o raio da esfera no qual os pontos são direcionados.

Para conhecer mais a respeito da propriedade de rotatibilidade de um delineamento, deve-se atentar para certos parâmetros de distribuição dos pontos do delineamento, chamados de momentos do delineamento. Esses são os elementos da matriz  $N^{-1} X'X$ , que é denominada matriz de momentos.

Métodos para construção de delineamentos de segunda ordem rotatório foram introduzidos por BOSE e DRAPER (1959) para o caso de  $k = 3$ . DRAPER (1960) apresentou um método para construir um delineamento de segunda ordem rotatório com  $k$  dimensões de um delineamento de segunda ordem rotatório com  $(k - 1)$  dimensões por meio da adição de coordenadas



podem ser adicionados ao delineamento composto central rotatório básico, dado nesta tabela.

Tabela 8 - Valores de  $\alpha$ ,  $N$  e  $F$  para o delineamento composto central rotatório (MYERS, 1971)

K	F	T <sup>a</sup>	N	$\alpha$
2	4	5	9	1,414
3	8	7	15	1,682
4	16	9	25	2,000
5	32	11	43	2,378
6	64	13	77	2,828
7	128	15	143	3,364
8	256	17	273	4,000

<sup>a</sup> Ampliar o delineamento composto central com simples ponto central.

$$T = 2k + 1.$$

Com base nessas pressuposições e considerando as três variáveis a serem estudadas neste trabalho, pelo uso do delineamento composto central rotatório são necessárias as seguintes pressuposições:

- para o fatorial $2^3$	8 pontos
- para pontos adicionais a esfera	6 pontos
- para pontos no centro	6 pontos
<b>TOTAL</b>	<b>20 pontos</b>

O valor de  $\alpha$  é determinado por  $\alpha = 2^{k/4}$ , em que  $k$  é igual ao número de variáveis, tal que

$$\alpha = 2^{3/4} = 1,682$$

A Tabela 9 apresenta a relação linear entre as variáveis padronizada e natural.

Tabela 9 - Relação entre variáveis padronizada e natural

Níveis das variáveis usadas no delineamento		-1,682	-1	0	1	1,682
Níveis das variáveis para condições naturais	Temperatura (t), °C.	16	20	26	32	36
	Umidade (u), %	20	34	55	76	90
	Velocidade do ar (v), m.s <sup>-1</sup>	0,0	0,6	1,5	2,4	3,0

O delineamento composto central rotatório para três variáveis é apresentado na Tabela 10. As colunas iniciadas por t, u e v, especificam as combinações atuais a serem usadas, constituem o plano para o experimento.

Tabela 10 - Delineamento composto central rotatório para três variáveis

x <sub>0</sub>	Matriz X									Matriz Y y <sub>i</sub>
	t	u	V	t <sup>2</sup>	u <sup>2</sup>	v <sup>2</sup>	tu	tv	uv	
1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1
1	-1	1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1
1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1
1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1
1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	-1	-1
1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	-1,682	0	0	2,828	0	0	0	0	0	0
1	1,682	0	0	2,828	0	0	0	0	0	0
1	0	-1,682	0	0	2,828	0	0	0	0	0
1	0	1,682	0	0	2,828	0	0	0	0	0
1	0	0	-1,682	0	0	2,828	0	0	0	0
1	0	0	1,682	0	0	2,828	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: COCHRAN e COX (1957).

Na primeira coluna, a variável simulada x<sub>0</sub> (constante), que sempre tem valor igual a 1, é introduzida para facilitar a computação dos dados. Essa

tabela de dupla entrada (tem 10 colunas e 20 linhas) forma a matriz X de variáveis, ou matriz de delineamento.

A coluna da direita é uma coluna de observações que forma a vetor Y. Os valores (0y), (1y), (2y), (3y), (11y), (22y), (33y), (12y), (13y) e (23y) constituem a matriz X'Y. O vetor **b** é constituído pelos parâmetros da regressão.

Matriz X'Y

$$\begin{bmatrix} 0_y \\ 1_y \\ 2_y \\ 3_y \\ 11_y \\ 22_y \\ 33_y \\ 12_y \\ 13_y \\ 23_y \end{bmatrix}$$

Coefficientes de Regressão

$$\begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \beta_{11} \\ \beta_{22} \\ \beta_{33} \\ \beta_{12} \\ \beta_{13} \\ \beta_{23} \end{bmatrix}$$

As equações para as somas de quadrados e os graus de liberdade (COCHRAN e COX, 1957) estão apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 - Análise de variância

Causas de Variação	Graus de liberdade		Somas de Quadrados
Termos de primeira ordem	K	(3)*	$\hat{\beta}_i = (i_y)$
Termos de segunda ordem	k(k+1)/2	(6)	$\hat{\beta}_0 (0_y) + \hat{\beta}_{ij} (ij_y) + \hat{\beta}_{ij} (ij_y) - G^2/N$
Falta de ajustamento	$n_2 - k(k+3)/2$	(5)	Encontrada por subtração
Erro experimental	$N_1 - 1$	(5)	$(y_{1y} - \bar{y}_1)^2$
Total	$n_1 + n_2 - 1$	(19)	$Y_i^2 - G^2/N$

em que

\* = graus de liberdade para este experimento;

$k$  = número de variáveis;  
 $n_1$  = número de observações no centro;  
 $n_2$  = número de observações na superfície da esfera;  
 $y_{1y}$  = respostas no ponto central;  
 $\bar{y}_1$  = média das respostas no ponto central;  
 $i$  = coeficientes subscritos;  
 $G$  = total geral de  $y_i$ ; e  
 $N$  = número total de pontos.

### 3.3 Determinação das respostas animais

Os parâmetros avaliados foram: ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, mortalidade, temperatura retal, temperatura da pele, frequência respiratória e comportamento animal.

Na determinação do ganho de peso, as aves foram pesadas no início (22 dias de idade) e no final do período experimental (42 dias de idade), em balança de precisão, com resolução de  $\pm 0,001$  kg (Figura 4). O ganho de peso diário (GPD) foi obtido pela diferença entre os pesos final e o inicial, dividida pelo número de dias em que as aves ficaram nas câmaras climáticas.

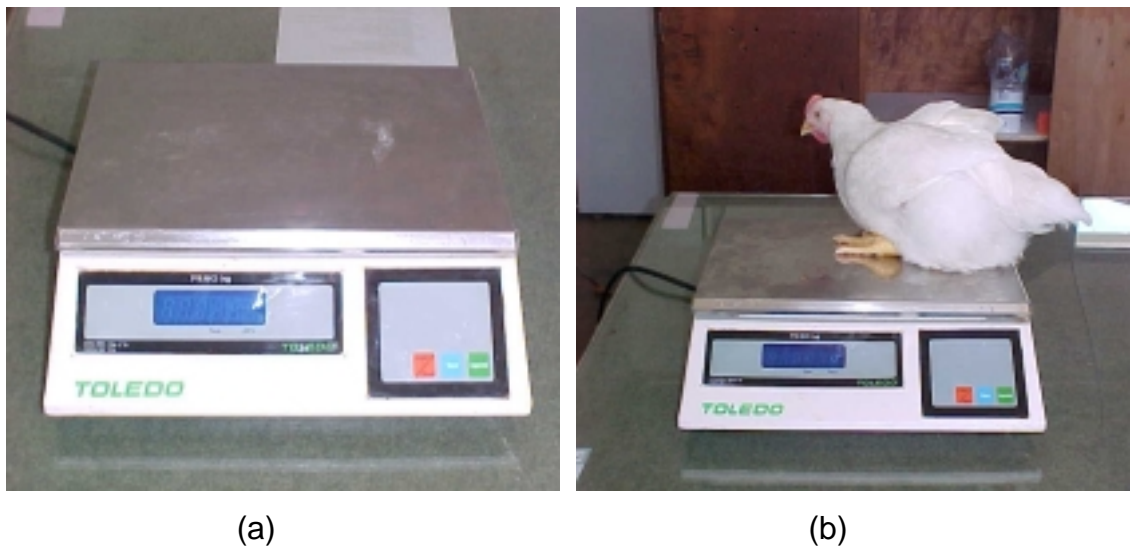


Figura 4 - Balança empregada na pesagem dos animais (a); e ave sendo pesada (b).

O consumo de ração foi calculado a partir de cada 15 kg de ração colocados em baldes, correspondentes a cada gaiola com grupos de quatro aves, com fornecimento diário, pela manhã, tarde e noite (Figura 5). A ração que caía do comedouro era recolhida e pesada.

No final do ciclo, as quantidades restantes nos comedouros, e aquela desperdiçada foram todas pesadas e diminuídas da quantidade fornecida, obtendo-se, assim, o valor total consumido, que dividido pelo número de aves por grupo, resultou no consumo individual.

A conversão alimentar foi obtida a partir do consumo individual de cada ave, dividido pelo ganho de peso.



(a)

(b)

Figura 5 - Baldes com ração (a); e comedouros com ração (b).

O número de aves mortas foi registrado diariamente, para cada tratamento, e a porcentagem foi calculada em relação ao número inicial de aves da unidade experimental (tratamento).

As temperaturas retal e da pele e a frequência respiratória das aves foram obtidas em intervalos de seis em seis dias (28, 34 e 40 dias de idade), na parte da manhã, em uma ave por grupo, escolhida ao acaso. Na medição da temperatura retal foi utilizado um termômetro de termistor, Digi-sensi, digital, com resolução de  $\pm 0,1$  °C, com o sensor (sonda número 400) que era introduzido no reto das aves, por aproximadamente um minuto (Figura 6).



(a)



(b)

Figura 6 - Termômetro (a); e operação de tomada de temperatura retal (b).

No caso da temperatura da pele, foi utilizado termômetro de infravermelho, modelo Rayger ST6, com mira *laser*, para faixa de temperatura de -20 a 500 °C, com resolução de  $\pm 1$  °C, o qual era direcionado contra o peito da ave (Figura 7).



(a)



(b)

Figura 7 - Termômetro de infravermelho (a); e operação de tomada de temperatura da pele na região peitoral (b).

A frequência respiratória foi obtida com o auxílio de um cronômetro digital, modelo Dynamic, com resolução de  $\pm 0,01$  s (Figura 8). Nesse processo, contou-se o número de respirações de uma ave de cada grupo, durante 15 segundos, e o resultado foi multiplicado por 4, para obter respirações por minuto.



Figura 8 - Cronômetro digital (a); e frango sendo observado para contagem dos movimentos respiratórios (b).

O comportamento das aves foi registrado a partir de observações visuais feitas diariamente e também com emprego de uma máquina fotográfica digital, para cada condição térmica ambiental. Os resultados dessas observações foram utilizados como suporte para discussão do trabalho.

### 3.4 Determinação de parâmetros climáticos

Os valores de temperatura e de umidade relativa do ar pretendidos no interior de cada câmara climática foram controladas em painel de controle correspondente. Contudo, o acompanhamento dos valores reais de temperatura de bulbo seco, bulbo úmido, globo negro e velocidade do ar foi

feito com o emprego de termômetro de vidro com sensor de mercúrio e termômetro de globo negro, todos com resolução de  $\pm 0,1$  °C (Figura 9).

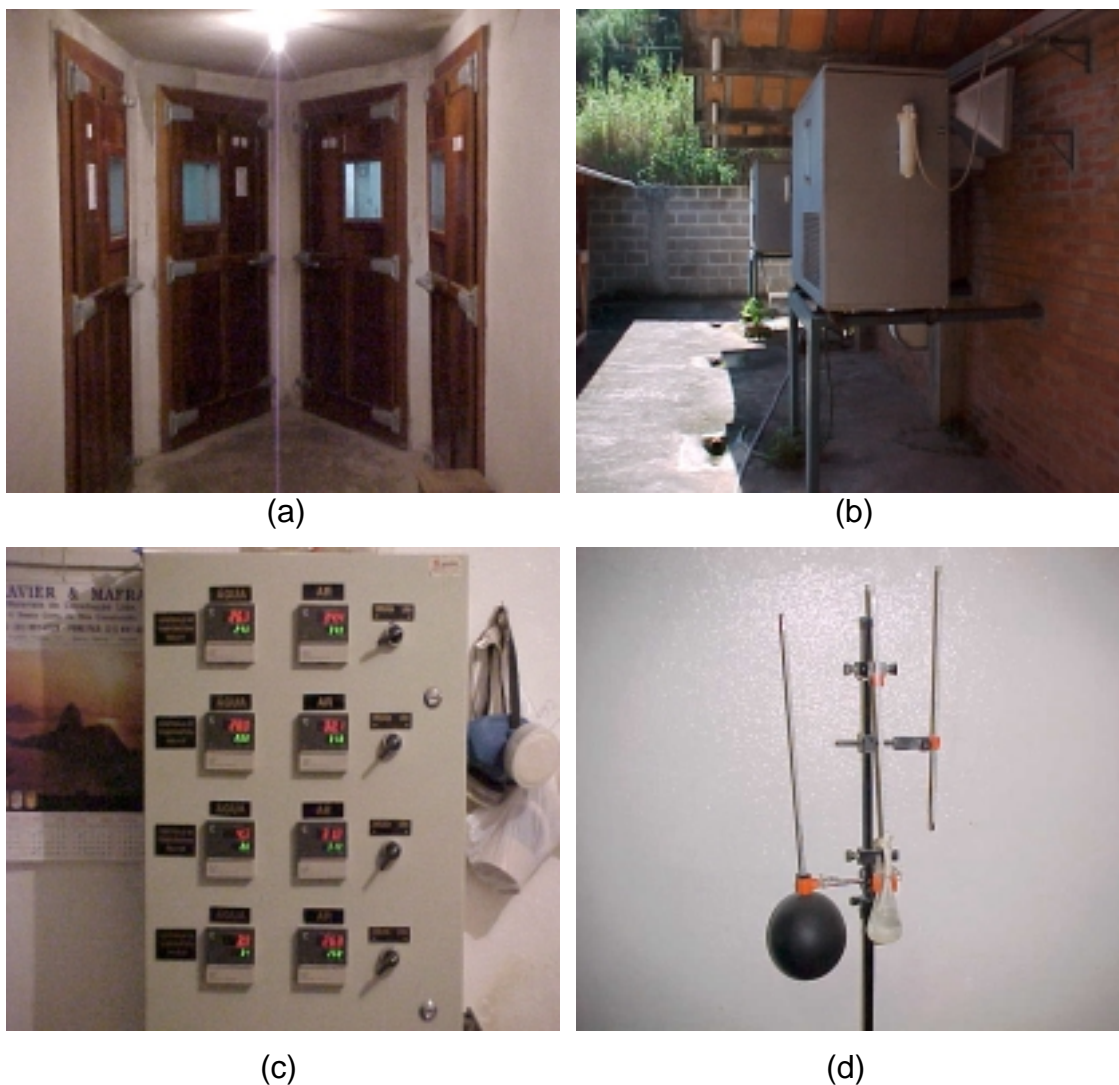


Figura 9 - Entradas das câmaras climáticas (a); máquinas de condicionamento do ambiente (b); painel de controle de temperatura e umidade (c); e termômetros de globo negro, bulbo úmido e bulbo seco (d).

A movimentação do ar foi feita com o uso de ventiladores axiais, equipados com difusor, para distribuição uniforme do ar. A velocidade do ar foi medida no centro de cada gaiola, empregando-se anemômetro de hélice digital, com resolução de  $\pm 0,01$  m.s<sup>-1</sup> (Figura 10). As leituras foram feitas às 8 e 18 horas, diariamente.



(a)



(b)

Figura 10 - Ventiladores com seus respectivos difusores (a); e anemômetro digital de hélice utilizado no experimento (b).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de desempenho animal, mortalidade e parâmetros fisiológicos em função das condições de temperatura, umidade e velocidade do ar e termômetro de globo negro, para cada tratamento, são apresentados na Tabela 12. O índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), foi calculado conforme BUFFINGTON et al. (1981).

### 4.1 Modelagem estatística

Nesta seção, são apresentados os modelos estatísticos de ganho de peso diário (GPD), consumo de ração diário (CRD), conversão alimentar (CA), mortalidade (MORT), temperatura retal (TR), temperatura da pele (TP) e frequência respiratória (FR), em função das diferentes combinações de temperatura, umidade relativa e velocidade do ar.

Os modelos estatísticos desenvolvidos representam as estimativas de respostas das aves Avian Farm de 22 a 42 dias de idade para temperatura entre 16 e 36 °C, umidade relativa entre 20 e 90% e velocidade do ar entre 0,0 e 3,0 m.s<sup>-1</sup>.

Tabela 12 - Valores médios de desempenho animal (ganho de peso diário, GPD; consumo de ração diário, CRD; conversão alimentar, CA), mortalidade, parâmetros fisiológicos (temperatura retal, TR; temperatura da pele, TP; frequência respiratória, FR) e ITGU em função da temperatura (t), umidade (u) e velocidade do ar (v), correspondentes aos tratamentos (T<sub>i</sub>)

Tratamentos t(°C); u(%); v(m.s <sup>-1</sup> )	Desempenho Animal			Mortalidade (%)	Parâmetros Fisiológicos			ITGU
	GPD (g.dia <sup>-1</sup> )	CRD (g.dia <sup>-1</sup> )	CA		TR (°C)	TP (°C)	FR (respirações.min <sup>-1</sup> )	
T1 (20; 34; 0,6)	74,00	145,35	1,96	10,42	41,0	38,8	46	63,5
T2 (20; 34; 2,4)	69,77	143,81	2,06	14,58	41,1	39,0	48	63,3
T3 (20; 76; 0,6)	76,53	145,10	1,91	10,42	41,0	38,5	48	66,8
T4 (20; 76; 2,4)	74,66	146,77	1,96	10,42	41,1	38,4	49	66,8
T5 (32; 34; 0,6)	65,10	123,15	1,90	0,00	41,7	40,6	82	77,9
T6 (32; 34; 2,4)	70,15	132,10	1,89	0,00	41,7	40,3	72	78,4
T7 (32; 76; 0,6)	62,42	121,05	1,95	2,08	42,2	40,9	108	85,4
T8 (32; 76; 2,4)	63,97	122,90	1,92	0,00	42,1	40,8	105	85,6
T9 (16; 55; 1,5)	66,05	144,64	2,19	14,58	40,9	36,6	45	59,0
T10 (36; 55; 1,5)	25,00	79,78	3,19	0,00	43,0	43,4	110	87,9
T11 (26; 20; 1,5)	76,75	146,08	1,90	2,08	41,0	39,0	45	68,5
T12 (26; 90; 1,5)	76,13	135,45	1,84	6,25	41,4	39,9	45	76,9
T13 (26; 55; 0,0)	74,50	136,48	1,89	0,00	41,2	40,1	41	73,6
T14 (26; 55; 3,0)	79,00	144,78	1,82	8,33	41,0	39,1	47	72,9
T15 (26; 55; 1,5)	77,97	140,56	1,80	0,00	41,1	39,4	46	73,0
T16 (26; 55; 1,5)	78,52	140,98	1,78	4,17	41,1	39,5	44	73,0
T17 (26; 55; 1,5)	77,14	142,81	1,84	0,00	41,1	39,8	45	72,6
T18 (26; 55; 1,5)	77,04	140,55	1,82	6,25	40,9	39,7	45	72,8
T19 (26; 55; 1,5)	75,76	136,18	1,80	0,00	41,2	39,7	44	73,0
T20 (26; 55; 1,5)	76,12	140,00	1,84	2,08	41,0	39,7	46	73,0

#### 4.1.1 Ganho de peso diário

O ganho de peso diário (GPD), de acordo com os resultados experimentais, pode ser estimado, em função das variáveis ambientais, pela seguinte equação:

$$\hat{GPD} = -92,717789 + 14,292936 t + 0,253649 u - 9,515579 v - 0,290314 t^2 + 0,001538 u^2 + 0,974936 v^2 - 0,016171 tu + 0,294444 tv - 0,007407 uv$$

$$R^2 = 0,89$$

em que

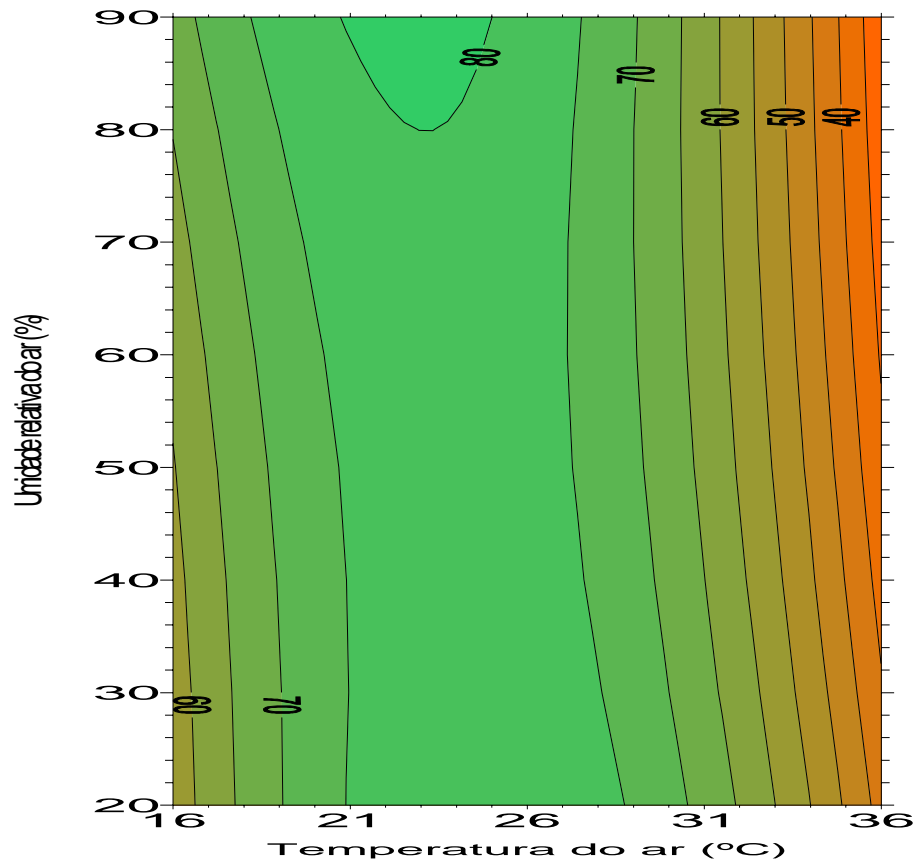
t = temperatura do ar, °C;

u = umidade relativa do ar, %; e

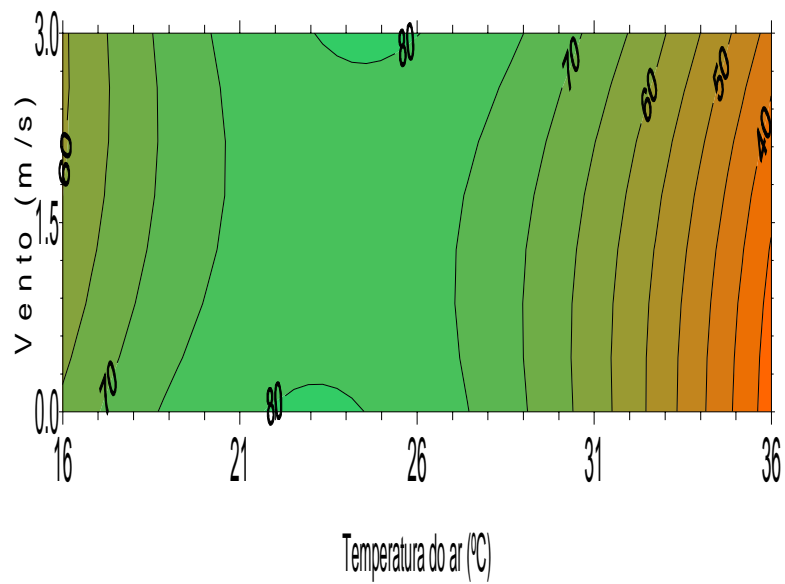
v = velocidade do ar, m.s<sup>-1</sup>.

Para se ter uma visão melhor das respostas dos frangos em função das variáveis climáticas estudadas, foram feitos cortes na superfície de resposta. Nesses cortes foram fixadas a velocidade do ar em 1,5 m.s<sup>-1</sup> e a umidade relativa do ar em 55% que segundo MEDEIROS (1997) é tida como ideal para a região de conforto térmico das aves.

Desse modo, na Figura 11a, pode-se observar a estimativa do GPD para frangos de corte da marca Avian Farm, em função da temperatura de 16 a 36 °C, umidade de 20 a 90% e velocidade do ar de 1,5 m.s<sup>-1</sup>. Do mesmo modo, na Figura 11b, pode-se observar a estimativa do GPD, fixando-se a umidade em 55% e variando a temperatura de 16 a 36 °C e velocidade do ar de 0,0 a 3,0 m.s<sup>-1</sup>.



(a)



(b)

Figura 11 - Estimativa do ganho de peso diário ( $\text{g} \cdot \text{dia}^{-1} \cdot \text{ave}^{-1}$ ), em função da variação da temperatura, umidade e velocidade do ar de  $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  (a); e estimativa do ganho de peso diário, em função da variação da temperatura, velocidade do ar e umidade de 55% (b).

Na Figura 11a, para velocidade do ar de  $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ , observa-se que há uma região de máximo ganho de peso diário, acima de  $80 \text{ g.dia}^{-1}.\text{ave}^{-1}$ , que é encontrada na faixa de temperatura em torno de 21 a 25 °C, para umidade relativa de 55%, observam-se regiões pequenas para máximo ganho em velocidade do ar próxima de 0,0 e  $3,0 \text{ m.s}^{-1}$ . Com relação à Figura 11b, para a ausência de velocidade do ar, a faixa estabelecida para máximo ganho é muito estreita, tornando difícil a sua manutenção. Por outro lado, velocidades de  $3,0 \text{ m.s}^{-1}$  aumentam a faixa térmica de trabalho, mas essa velocidade é muito alta e, segundo VAQUEIRO (1981), causa excesso de poeira dentro da instalação, prejudicando a respiração dos animais.

Ainda, considerando as figuras, observa-se uma região bastante expressiva, em que o ganho de peso é acima de  $75 \text{ g.dia}^{-1}.\text{ave}^{-1}$ , cuja faixa de temperatura varia em função da umidade relativa e da velocidade do ar. Para velocidade do ar igual a  $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ , quando a umidade relativa é baixa, próxima de 20%, os limites estão em torno de 21 e 29 °C, e quando a umidade relativa é alta, próxima de 90%, estes limites passam a ser em torno de 18 a 27 °C. Em geral, observou-se que o ganho de peso é reduzido em torno de 3,4% para cada °C diminuído, com relação à temperatura inferior, e 6,7% para cada °C acrescentado, com relação à temperatura superior. A maior redução no ganho de peso ocorre com temperaturas elevadas, em razão de o animal consumir menor quantidade de ração, com o intuito de diminuir a produção de calor metabólico, concomitantemente com aumento no consumo de água. Essas observações também foram feitas por YOUSEF (1985).

Assim, a faixa de temperatura para máximo ganho de peso passa a ser em torno de 21 a 27 °C. Contudo, variando a velocidade do ar de 0,0 para  $3,0 \text{ m.s}^{-1}$ , a faixa muda para 19 a 27 °C e 20 a 29 °C respectivamente. Aumentando a velocidade do ar, aumenta-se o valor das temperaturas dentro da região de máxima produção e na região de conforto.

Verifica-se, ainda, na Figura 11b, que o efeito da velocidade do ar é bastante contundente para valores de temperatura abaixo ou acima daqueles da região de conforto. Na região considerada fria, como já era esperado, quanto maior a velocidade do ar, menor é o ganho de peso. Já na região considerada quente ocorre exatamente o contrário. O ganho de peso na faixa

de temperatura, considerada de conforto térmico, em torno de 21 a 27 °C praticamente não é influenciado pela velocidade do ar. Nas duas figuras, tanto a umidade relativa quanto a velocidade do ar têm pouca influência no ganho de peso.

#### 4.1.2 Consumo de ração diário

O consumo de ração diário (CRD), de acordo com os resultados experimentais, pode ser estimado, em função das variáveis climáticas, pela seguinte equação:

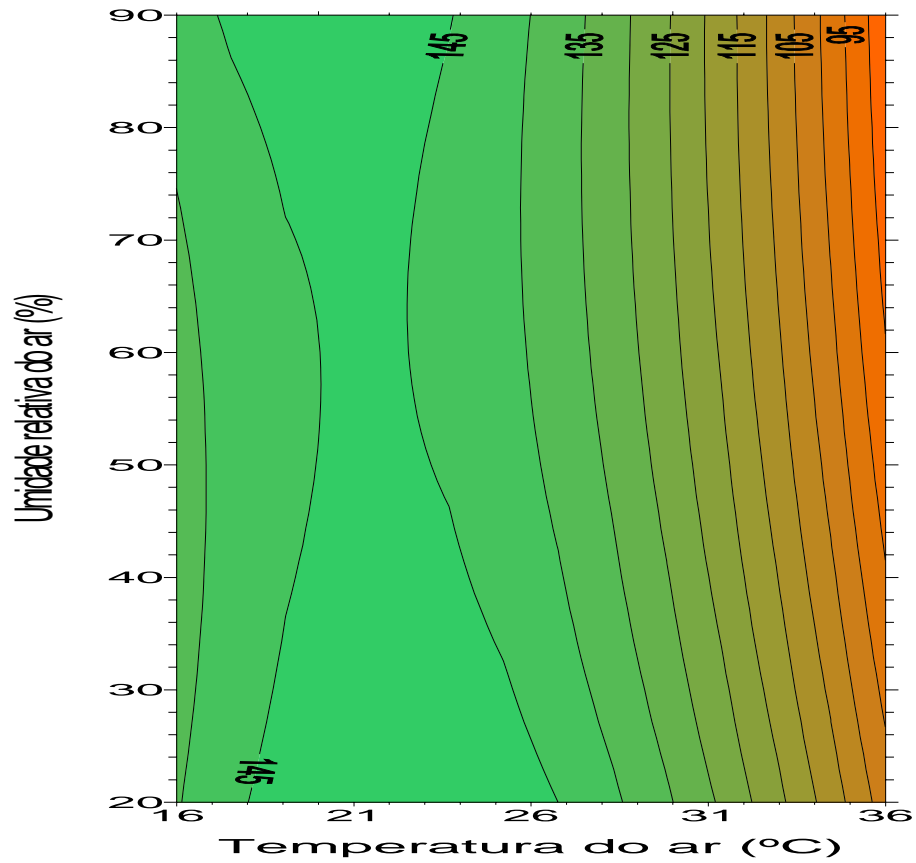
$$\hat{CRD} = 28,963697 + 11,306258 t + 0,03095 u - 6,89328 v - 0,25476 t^2 + 0,002513 u^2 + 1,3084 v^2 - 0,01389 tu + 0,24676 tv - 0,02579 uv$$

$$R^2 = 0,91$$

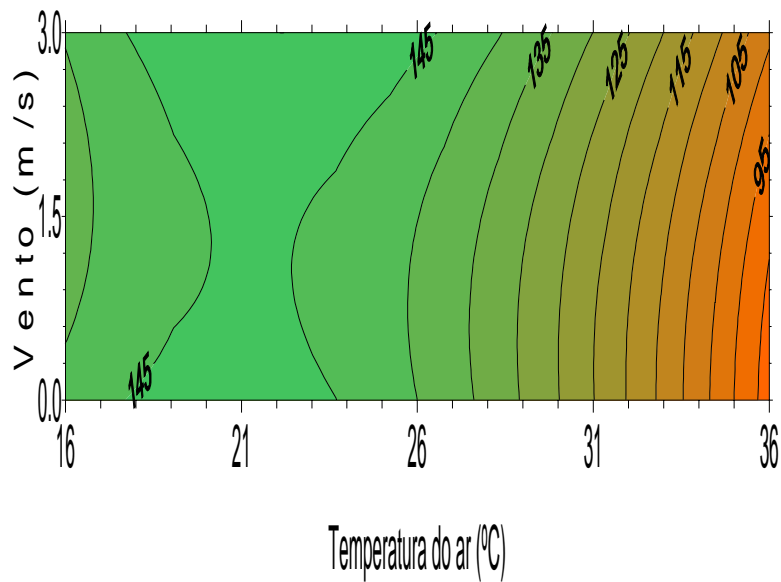
Na Figura 12a, pode-se observar a estimativa do CRD para frangos de corte da marca Avian Farm, em função da temperatura de 16 a 36 °C, umidade de 20 a 90% e velocidade do ar de 1,5 m.s<sup>-1</sup>. Do mesmo modo, na Figura 12b, pode-se observar a estimativa do CRD fixando-se a umidade em 55% e variando a temperatura de 16 a 36 °C e a velocidade do ar de 0,0 a 3,0 m.s<sup>-1</sup>.

Pode-se observar, na Figura 12a que, para velocidade do ar igual a 1,5 m.s<sup>-1</sup>, a faixa de melhor ganho de peso diário acima de 75 g.dia<sup>-1</sup>.ave<sup>-1</sup> corresponde ao consumo de ração diário acima de 145 g.dia<sup>-1</sup>.ave<sup>-1</sup>. Esse consumo foi observado na faixa de temperatura de 18 a 27 °C com 20% de umidade relativa e de 17 a 24 °C com 90% de umidade relativa. Para cada °C diminuído do limite inferior ou acrescentado no limite superior, de ambas as faixas, ocorrem redução em torno de 3,5% no consumo de ração diário.

Para umidade relativa entre 50 e 70%, faixa considerada ótima por CLARK (1981) e YOUSEF (1985), os limites inferior e superior da faixa térmica passam a ser de 20 e 23 °C, respectivamente. Nesta faixa de umidade, para cada °C diminuído do limite inferior ou acrescentado no limite superior, ocorre redução em torno de 1% no consumo de ração diário.



(a)



(b)

Figura 12 - Estimativa do consumo de ração diário ( $\text{g} \cdot \text{dia}^{-1} \cdot \text{ave}^{-1}$ ), em função da variação da temperatura, umidade e velocidade do ar de  $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  (a); e estimativa do consumo de ração diário, em função da variação da temperatura, velocidade do ar e umidade de 55% (b).

Na Figura 12b, fixando a umidade relativa em 55%, observa-se que a faixa de temperatura de maior consumo de ração é em torno de 18 a 24 °C para 0,0 m.s<sup>-1</sup> de velocidade do ar, de 20 a 23 °C para 1,0 m.s<sup>-1</sup> e de 18 a 26 °C para 3,0 m.s<sup>-1</sup>. Observa-se que, com base nos resultados de consumo de ração para temperaturas entre 20 e 23 °C, a velocidade do ar não tem influência no processo.

A redução no consumo de ração nas temperaturas abaixo da faixa considerada de conforto, ocorre a uma taxa muito menor que aquela acima desta mesma faixa. Isto, provavelmente acontece nas temperaturas mais baixas, pelo fato da ave desviar maior parte da energia do alimento consumido para a produção de calor, mantendo, assim, a sua temperatura corporal. Em temperaturas mais elevadas ocorre exatamente o contrário: como o animal não consegue facilmente dissipar calor, deixa de se alimentar para reduzir a produção de calor metabólico. Resultados semelhantes também foram observados por VO et al. (1977). Nas duas figuras, tanto a umidade relativa quanto a velocidade do ar têm pouca influência no consumo de ração.

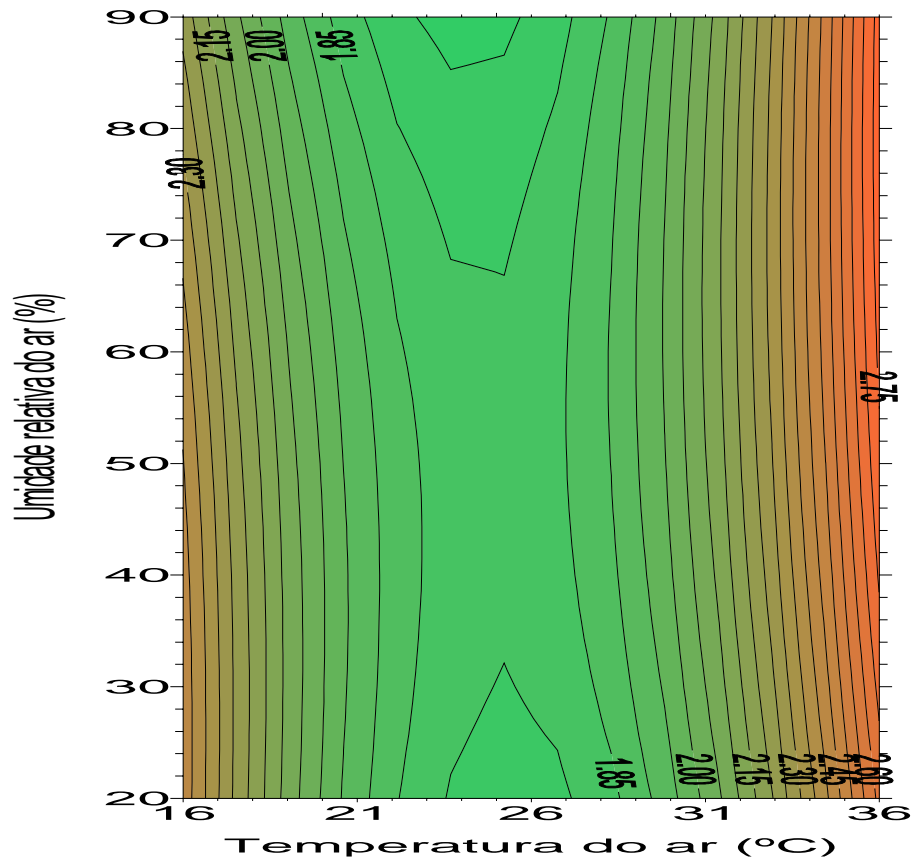
#### 4.1.3 Conversão alimentar

A conversão alimentar (CA), de acordo com os resultados experimentais, pode ser estimada em função das variáveis climáticas, pela seguinte equação:

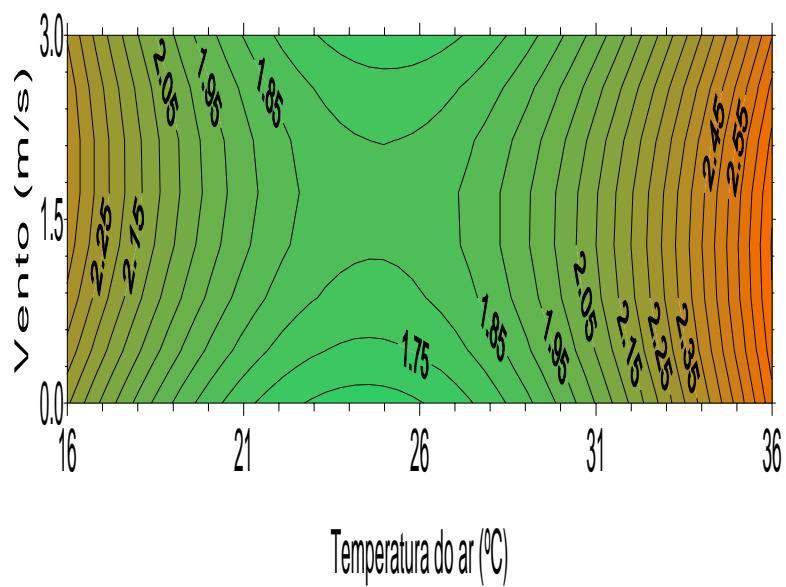
$$\hat{CA} = 6,364195 - 0,379572 t - 0,00151 u + 0,268889 v + 0,00748 t^2 - 0,00004651 u^2 - 0,049766 v^2 + 0,000258 tu - 0,003704 tv - 0,000265 uv$$

$$R^2 = 0,72$$

Na Figura 13a, observar-se a estimativa da CA para frangos de corte da marca Avian Farm, em função da temperatura de 16 a 36 °C, umidade de 20 a 90% e velocidade do ar de 1,5 m.s<sup>-1</sup>. Do mesmo modo, na Figura 13b, pode-se observar a estimativa da CA fixando-se a umidade em 55% e variando a temperatura de 16 a 36 °C e a velocidade do ar de 0,0 a 3,0 m.s<sup>-1</sup>.



(a)



(b)

Figura 13 - Estimativa da conversão alimentar, em função da variação da temperatura, umidade e velocidade do ar de  $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (a); e estimativa da conversão alimentar, em função da variação da temperatura, velocidade do ar e umidade de 55% (b).

Observando a Figura 13a, para velocidade do ar igual a  $1,5 \text{ m.s}^{-1}$  e umidade relativa variando de 20 a 90%, a faixa de melhor conversão alimentar (1,85) varia em torno de 22 a 29 °C, e de 22 a 27 °C, quando a umidade relativa é fixada em 55% (Figura 13b).

Sabe-se, que quanto menor a conversão alimentar, maior é a eficiência da ave em converter o alimento ingerido em ganho de peso, em ambas as figuras, nota-se que o patamar de 1,85 pode ser ainda menor, desde que sejam combinadas baixas velocidades do ar ( $0,0$  a  $1,0 \text{ m.s}^{-1}$ ) com umidades relativas baixas (20 a 40%) ou altas velocidades do ar ( $2,0$  a  $3,0 \text{ m.s}^{-1}$ ) com umidades relativas altas (70 a 90%) dentro da faixa de temperatura considerada de conforto térmico.

Com relação a faixa de temperatura para a menor conversão alimentar SUK e WASHBURN (1995), encontraram resultados semelhantes em que a faixa ideal de temperatura para o maior ganho de peso e consumo alimentar ficou deve ser em torno de 21,1 e 26,7 °C.

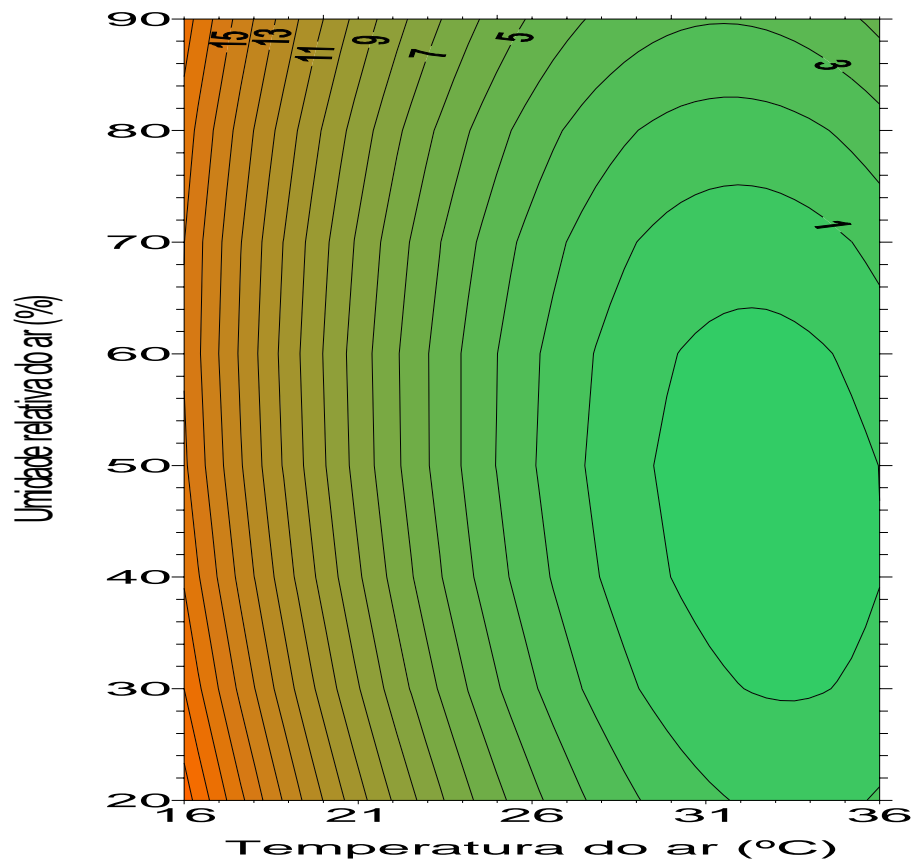
#### 4.1.4 Mortalidade

A mortalidade (MORT), de acordo com os resultados experimentais, pode ser estimada, em função das variáveis climáticas, pela seguinte equação:

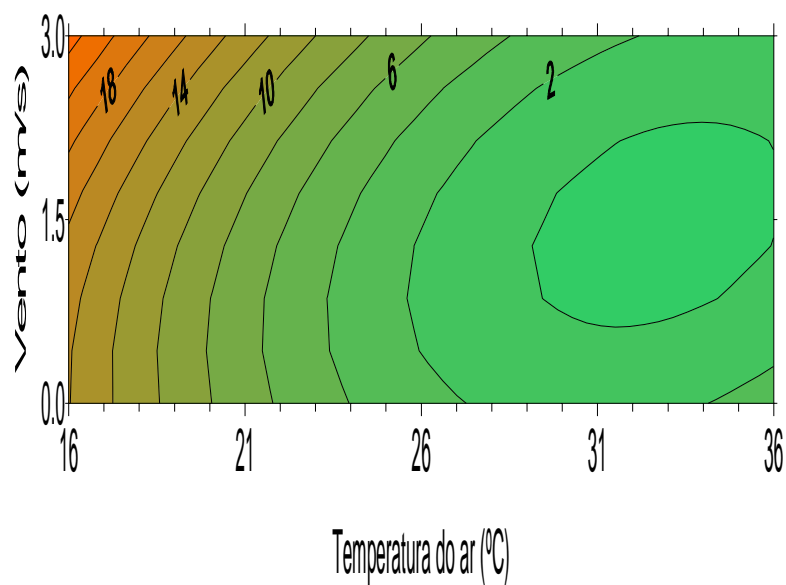
$$\hat{MORT} = 66,440013 - 3,83543 t - 0,297764 u + 4,1292 v + 0,055285 t^2 + 0,00196 u^2 + 1,06822 v^2 + 0,00619 tu - 0,14444 tv - 0,04127 uv$$

$$R^2 = 0,87$$

Na Figura 14a, pode-se observar a estimativa da mortalidade para frangos de corte da marca Avian Farm, em função da temperatura variando entre 16 e 36 °C, umidade relativa entre 20 e 90% e velocidade do ar igual a  $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ . Do mesmo modo, na Figura 14b, pode-se observar a estimativa da mortalidade, fixando-se a umidade relativa em 55% e variando a temperatura de 16 a 36 °C e a velocidade do ar de  $0,0$  a  $3,0 \text{ m.s}^{-1}$ .



(a)



(b)

Figura 14 - Estimativa da mortalidade (%), em função da variação da temperatura, umidade e velocidade do ar de  $1,5 \text{ m.s}^{-1}$  (a); e estimativa da mortalidade, em função da variação da temperatura, velocidade do ar e umidade de 55% (b).

Nota-se na Figura 14a que não foi registrada nenhuma morte de ave nas condições ambientais correspondentes à da região em torno de 29 a 36 °C, quando a umidade relativa variou de 30 a 60% e a velocidade do ar em torno de 1,5 m.s<sup>-1</sup>. Isto, provavelmente, deve-se ao fato de que os animais priorizaram a sobrevivência, com menor consumo de ração e menor movimentação, o que levaria a uma menor taxa de calor resultante dos processos metabólicos que teria de ser dissipado para o ambiente.

Por outro lado, observou-se que a mortalidade cresceu com a redução da temperatura, o que, provavelmente, ocorreu devido à “morte súbita” nas condições de conforto térmico, quando o desenvolvimento corporal era mais rápido que o dos órgãos centrais, e por causa da “ascite” em baixas temperaturas, conforme diagnosticado neste experimento.

Na Figura 14b, para umidade relativa de 55% e velocidade do ar variando de 0,0 até 3,0 m.s<sup>-1</sup>, não se observou nenhuma influência na mortalidade.

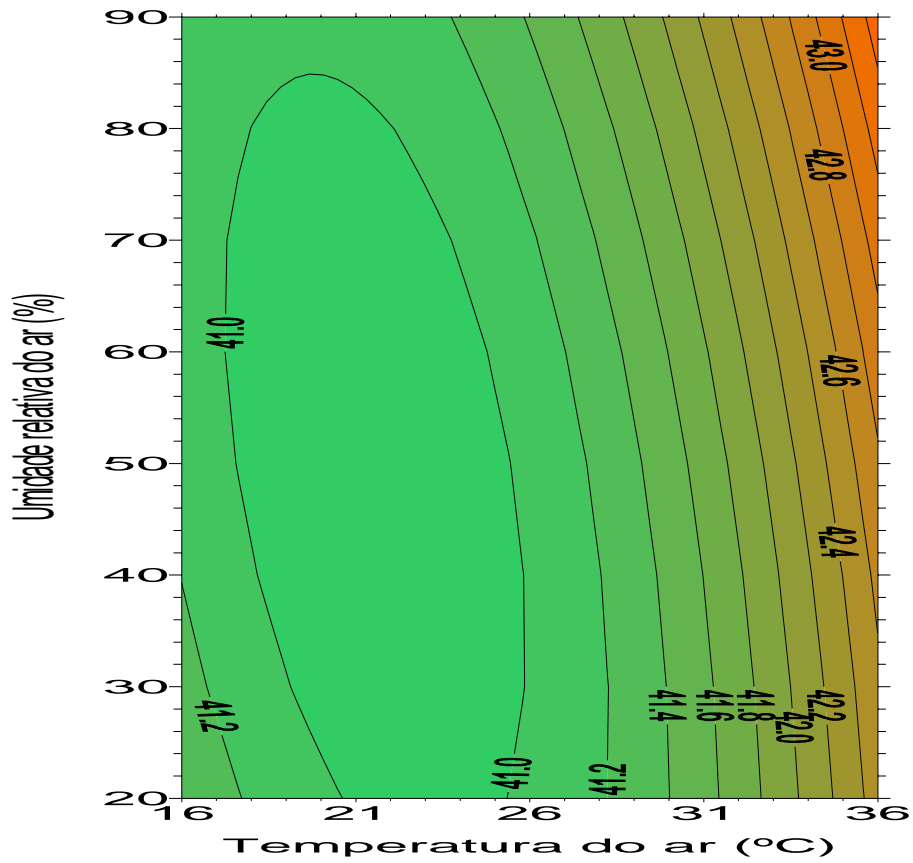
#### 4.1.5 Temperatura retal

A temperatura retal do animal (TR), de acordo com os resultados experimentais, pode ser estimada, em função das variáveis climáticas, pela seguinte equação:

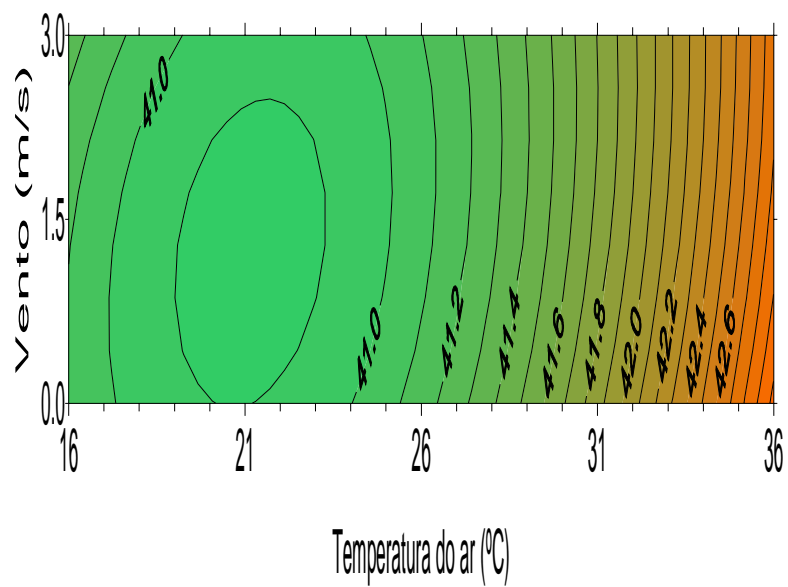
$$\hat{TR} = 46,102818 - 0,425395 t - 0,031012 u + 0,118907 v + 0,009092 t^2 + 0,00013 u^2 + 0,0263 v^2 + 0,000893 tu - 0,006944 tv - 0,000661 uv$$

$$R^2 = 0,96$$

Na Figura 15a, pode-se observar a estimativa da TR, para frangos de corte da marca Avian Farm, em função da temperatura variando entre 16 e 36 °C, umidade relativa entre 20 e 90% e velocidade do ar igual a 1,5 m.s<sup>-1</sup>. Do mesmo modo, na Figura 15b, pode-se observar a estimativa da TR fixando-se a umidade relativa em 55% e variando a temperatura de 16 a 36 °C e a velocidade do ar de 0,0 a 3,0 m.s<sup>-1</sup>.



(a)



(b)

Figura 15 - Estimativa da temperatura retal ( $^{\circ}\text{C}$ ), em função da variação da temperatura, umidade e velocidade do ar de  $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (a); e estimativa da temperatura retal, em função da variação da temperatura, velocidade do ar e umidade de 55% (b).

Pela Figura 15a, observa-se que, com velocidade do ar igual a  $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ , existe uma faixa de temperatura do ar em que são registrados os menores valores de temperatura retal abaixo de  $41,0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Nesta faixa,  $18$  a  $26 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa tem pouca influência sobre a temperatura retal.

Fixando a umidade em torno de  $55\%$  e variando a velocidade do ar de  $0,0$  a  $3,0 \text{ m.s}^{-1}$  (Figura 15b), observa-se que, aumentando a temperatura do ar, quanto menor a velocidade do ar, menor é o acréscimo na temperatura retal. No entanto, mesmo assim, à medida que a temperatura do ar diminui, em relação a  $18 \text{ }^\circ\text{C}$ , a temperatura retal aumenta. Essa reação animal, para baixas temperaturas do ar, provavelmente, decorre do maior consumo de ração, do eriçamento das penas, do aumento do isolamento térmico e dos tremores musculares, resultando na conservação e produção de mais calor. Por outro lado, em altas temperaturas, o animal reage consumindo menos ração, bebendo mais água, aumentando a frequência respiratória e experimentando diferentes posicionamentos de pernas, entre outros, conforme BAËTA e SOUZA (1997).

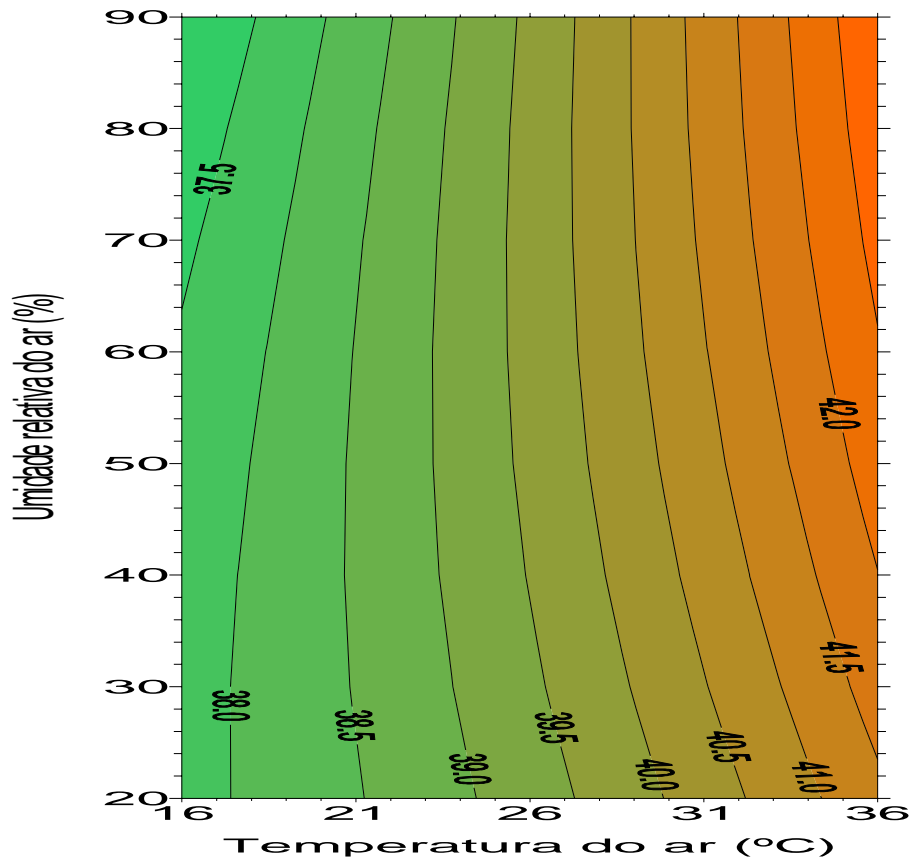
#### 4.1.6 Temperatura da pele

A temperatura da pele (TP), de acordo com os resultados experimentais, pode ser estimada, em função das variáveis climáticas, pela seguinte equação:

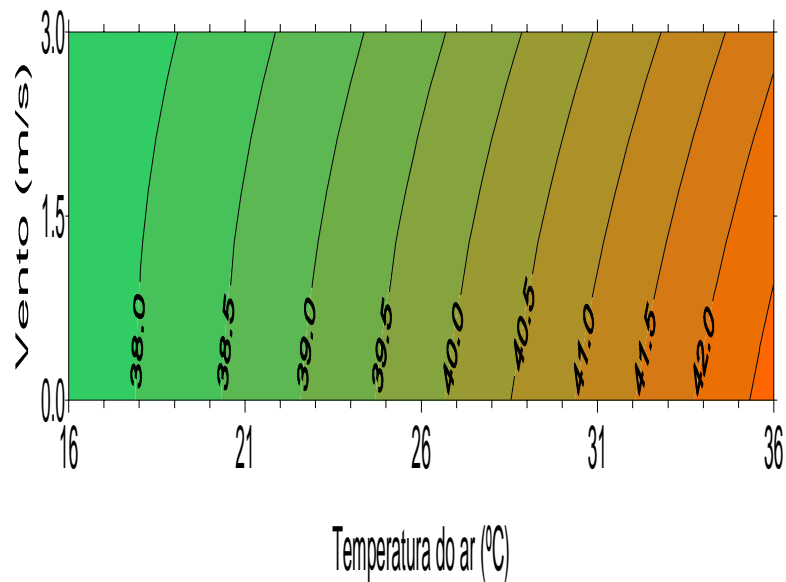
$$\hat{TP} = 37,202431 - 0,021798 t - 0,020131 u + 0,240519 v + 0,003517 t^2 - 0,00016 u^2 - 0,021473 v^2 + 0,001687 tu - 0,011574 tv - 0,00066 uv$$

$$R^2 = 0,87$$

Na Figura 16a, pode-se observar a estimativa da TP para frangos de corte da marca Avian Farm, em função da temperatura de  $16$  a  $36 \text{ }^\circ\text{C}$ , umidade de  $20$  a  $90\%$  e velocidade do ar de  $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ . Do mesmo modo, na Figura 16b, pode-se observar a estimativa da TP fixando-se a umidade em  $55 \%$  e variando a temperatura de  $16$  a  $36 \text{ }^\circ\text{C}$  e a velocidade do ar de  $0,0$  a  $3,0 \text{ m.s}^{-1}$ .



(a)



(b)

Figura 16 - Estimativa da temperatura da pele ( $^{\circ}\text{C}$ ), em função da variação da temperatura, umidade e velocidade do ar de  $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (a); e estimativa da temperatura da pele, em função da variação da temperatura, velocidade do ar e umidade de 55% (b).

A pele da ave é responsável pela cobertura e proteção dos músculos, fazendo a intermediação entre o ambiente e o corpo do animal. A temperatura do centro corporal é sempre maior que a da região periférica (pele), que por sua vez tende a ter um valor entre a do núcleo central e a temperatura do meio ambiente, estabelecendo um gradiente de temperatura entre ambos.

Em ausência de radiação solar, espera-se que, quanto maior esse gradiente de temperatura, maior seja a dissipação de calor por via sensível. Entretanto, quanto menor esse gradiente, maior será a importância da dissipação de calor por via evaporativa.

Observando a Figura 16a, verifica-se que, com a velocidade do ar igual a  $1,5 \text{ m.s}^{-1}$  e para temperaturas em torno de 21 a 27 °C, a umidade relativa tem pouca influência no processo de dissipação de calor. Contudo, para a mesma velocidade do ar e altas temperaturas, quando a umidade relativa passa de 20 para 90%, registra-se um acréscimo de cerca de 1,2 °C na temperatura da pele. Isso provavelmente se deve à dificuldade progressiva de dissipação de calor principalmente pela respiração do animal, uma vez que o ar vai gradativamente aumentando a quantidade de água contida nele e se aproximando da saturação e o gradiente de temperatura entre o animal e o ambiente fica cada vez menor. Por outro lado, em baixas temperaturas, o gradiente entre a temperatura animal e o ambiente torna-se cada vez maior, facilitando a dissipação do calor, que, a partir de um certo ponto, pode-se tornar prejudicial, culminando com a redução da temperatura do núcleo central, a qual, estando mais baixa que o normal, caracteriza estresse por frio.

Na Figura 16b, pode-se observar que, com a umidade relativa fixada em torno de 55%, quando a velocidade do ar passa de 0,0 para  $3,0 \text{ m.s}^{-1}$ , quanto maior a velocidade do ar, maior será a dissipação de calor, que em altas temperaturas do ar diminui a temperatura da pele em torno de 0,7 °C e em baixas temperaturas do ar, em torno de 0,5 °C.

#### 4.1.7 Freqüência respiratória

A freqüência respiratória animal (FR), de acordo com os resultados experimentais, pode ser estimada, em função das variáveis climáticas, pela seguinte equação:

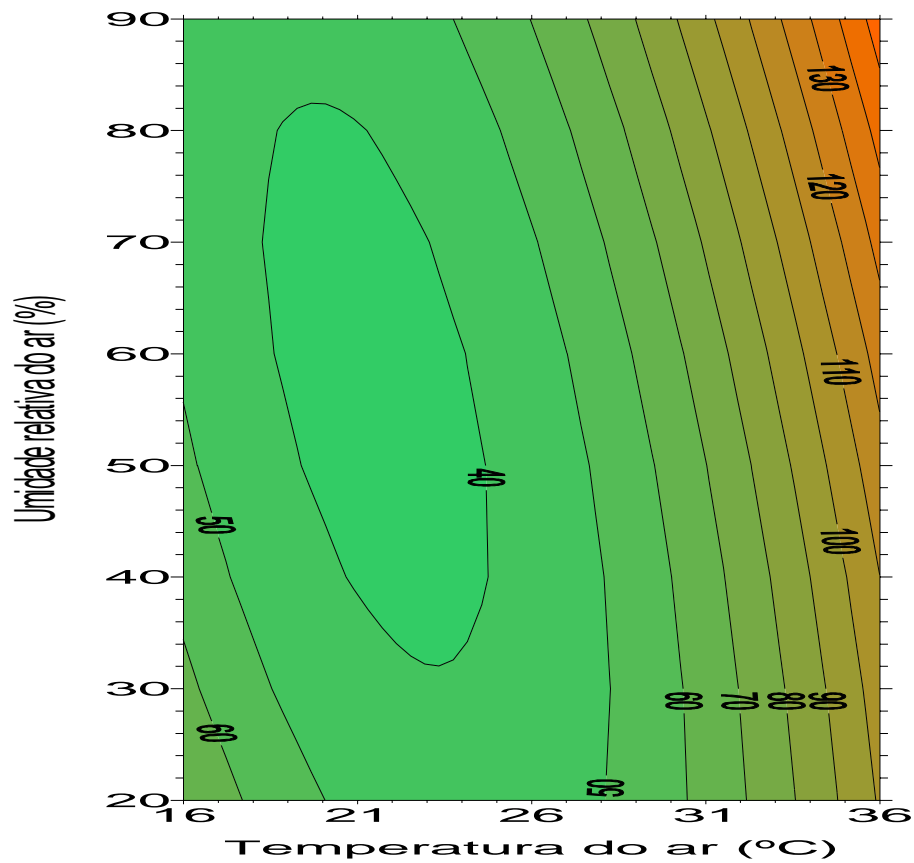
$$\hat{FR} = 311,30004 - 20,110938 t - 2,012626 u - 2,006346 v + 0,4059 t^2 + 0,006604 u^2 + 3,151145 v^2 + 0,05555 tu - 0,37037 tv + 0,03968 uv$$

$$R^2 = 0,92$$

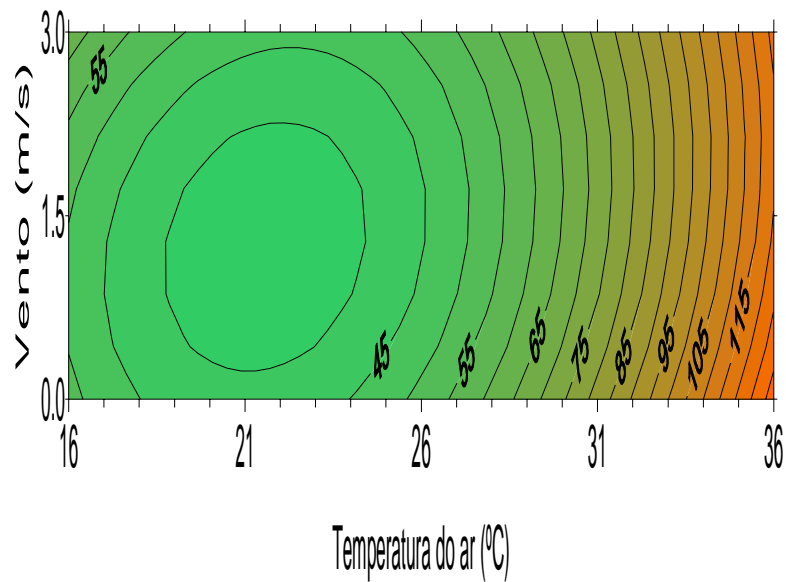
Na Figura 17a, pode-se observar a estimativa da FR para frangos de corte da marca Avian Farm, em função da temperatura de 16 a 36 °C, umidade de 20 a 90% e velocidade do ar de 1,5 m.s<sup>-1</sup>. Do mesmo modo, na Figura 17b, pode-se observar a estimativa da FR fixando-se a umidade em 55% e variando a temperatura de 16 a 36 °C e a velocidade do ar de 0,0 a 3,0 m.s<sup>-1</sup>.

Na Figura 17a, com a velocidade do ar igual a 1,5 m.s<sup>-1</sup>, nota-se que existe uma região na qual foi registrada a menor frequência respiratória, em torno de 40 respirações.min<sup>-1</sup>, para umidade relativa entre 35 e 85% e temperaturas em torno de 19 a 24 °C. Próximo dessa região, tanto acima de 24 °C como abaixo de 19 °C, observa-se acréscimo na frequência respiratória, em torno de 10 respirações.min<sup>-1</sup>, quando a umidade relativa passa de 20 para 90%. Em altas temperaturas ocorre um aumento em torno de 30 respirações.min<sup>-1</sup> para cada °C acrescido.

Na Figura 17b, fixando a umidade relativa em 55%, observa-se que a região de menor frequência respiratória está entre 0,5 e 2,5 m.s<sup>-1</sup> e que tanto as velocidades inferiores como as superiores a esta faixa são prejudiciais aos animais. Nesta mesma figura, observa-se também que, para 36 °C a frequência respiratória estimada é de 130 respirações.min<sup>-1</sup>, com tendência a aumentar com o aumento da temperatura ambiente. Nesta condição, segundo TEETER (1990), a ave apresenta polipnéia, alterando todo o equilíbrio ácido-básico aumentando o pH do sangue. Além disso, com o aumento da umidade relativa, a situação para o animal piora, a cama fica mais úmida, aumentando as concentrações de amônia no ar e favorecendo a multiplicação de microrganismos. Conseqüentemente, o controle das doenças torna-se mais difícil, o ar fica irrespirável e o animal prioriza a sua sobrevivência, deixando de comer, prostrando, entre outras reações.



(a)



(b)

Figura 17 - Estimativa da freqüência respiratória (respirações.  $\text{Min}^{-1}$ ), em função da variação da temperatura, umidade e velocidade do ar de  $1,5 \text{ m.s}^{-1}$  (a); e estimativa da freqüência respiratória, em função da variação da temperatura, velocidade do ar e umidade de 55% (b).

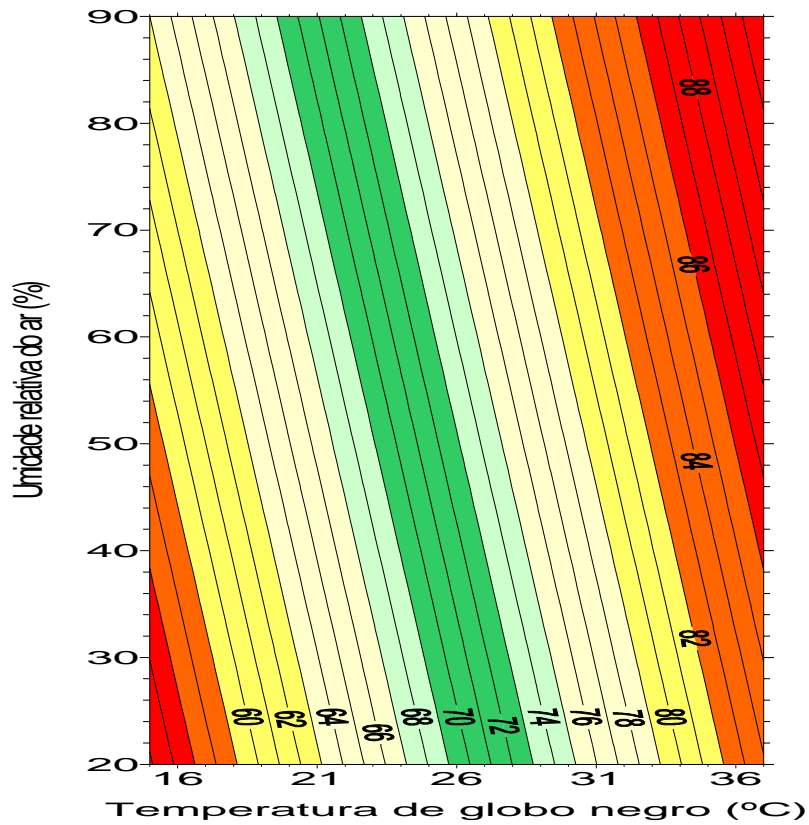
#### 4.2 Desempenho animal em função do Índice de Temperatura de Globo e Umidade - ITGU

Na literatura, a análise ambiental, englobando os efeitos combinados de temperatura, umidade relativa e velocidade do ar, é feita com base no ITGU. Assim, a partir dos resultados experimentais, foram ajustados modelos estatísticos entre a quantificação térmica ambiental, com base no ITGU, e as respostas animais (Tabela 13).

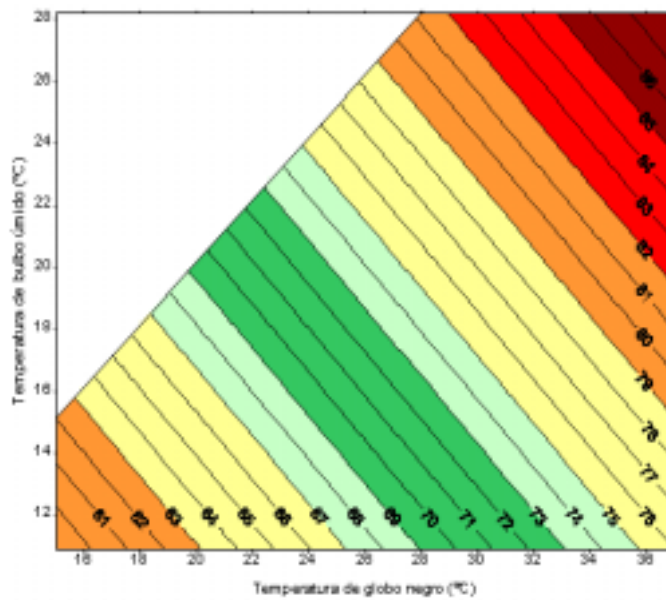
A Figura 18, mostra a relação entre a temperatura de globo negro e a umidade do ar. Na Figura 18a é considerada a umidade relativa e na Figura 18b, a temperatura de bulbo úmido.

Tabela 13 - Estimativa de ganho de peso diário - GPD, consumo de ração diário - CRD, conversão alimentar - CA, mortalidade - MORT, temperatura retal - TR, temperatura da pele - TP e frequência respiratória - FR, em função do ITGU

ITGU	Estimativa das respostas animal						
	GPD (g)	CRD (g)	CA	MORT (%)	TR (°C)	TP (°C)	FR (°C)
63,5	72,65	145,74	2,01	11,1	40,9	38,2	43
63,3	72,35	145,67	2,02	11,3	40,9	38,1	44
66,8	76,55	145,90	1,88	7,8	40,9	38,6	42
66,8	76,55	145,90	1,88	7,8	40,9	38,6	42
77,9	71,44	131,66	1,90	1,1	41,5	40,4	63
78,4	70,43	130,34	1,92	0,9	41,5	40,5	65
85,4	51,91	109,10	2,33	0,4	42,3	41,6	101
85,6	51,11	108,25	2,34	0,4	42,4	41,7	102
59,0	63,28	142,30	2,30	16,6	41,1	37,5	52
87,9	42,40	99,13	2,55	0,8	42,7	42,0	118
68,5	77,63	145,15	1,83	6,3	41,0	38,9	42
76,9	73,01	133,81	1,87	1,4	41,4	40,2	59
73,6	76,72	139,76	1,81	2,9	41,2	39,7	50
72,9	77,21	140,82	1,80	3,3	41,1	39,6	48
73,0	77,15	140,68	1,80	3,2	41,1	39,6	48
73,0	77,15	140,68	1,80	3,2	41,1	39,6	48
72,6	77,39	141,25	1,80	3,4	41,1	39,5	48
72,8	77,28	140,97	1,80	3,3	41,1	39,6	48
73,0	77,15	140,68	1,80	3,2	41,1	39,6	48
73,0	77,15	140,68	1,80	3,2	41,1	39,6	48



(a)



(b)

Figura 18 - ITGU em função da temperatura de globo negro e umidade relativa do ar (a); e ITGU em função da temperatura de globo negro e temperatura de bulbo úmido (b).

Observou-se que o índice ITGU baseia-se em efeitos lineares dos parâmetros considerados, mas, em geral, todas as respostas fisiológicas animais são de ordem superior.

Com base na tabela 13, foram ajustados os modelos estatísticos para o ganho de peso diário (GPD), consumo de ração diário (CRD), conversão alimentar (CA), mortalidade (MORT), temperatura retal (TR), temperatura da pele (TP) e frequência respiratória (FR), em função do ITGU. Estes modelos são apresentados a seguir:

$$\hat{GPD} = - 490,679 + 16,1757 \text{ ITGU} - 0,115028 \text{ ITGU}^2$$

$$R^2 = 0,76$$

A Figura 19 mostra a estimativa do GPD em função do ITGU.

Nesta figura, observa-se que, o maior ganho de peso diário, em torno de 75 g.dia<sup>-1</sup>.ave<sup>-1</sup>, ocorre para valores de ITGU em torno de 66 a 74. Abaixo e acima desses valores o ganho de peso cai rapidamente, caracterizando, respectivamente, estresse por frio e por calor.

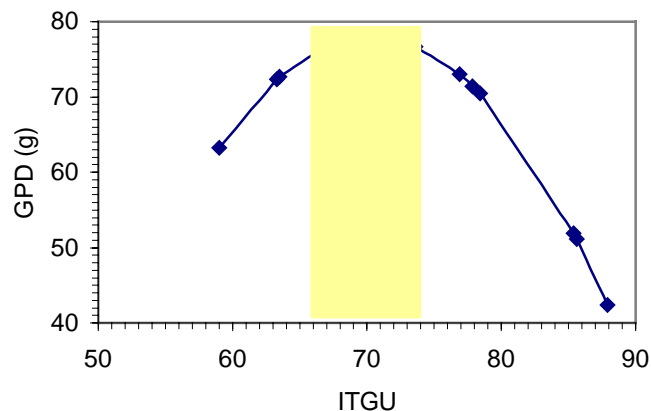


Figura 19 - Estimativa do ganho de peso diário em função do ITGU.

$$\hat{CRD} = - 249,706 + 12,1061 \text{ ITGU} - 0,0925753 \text{ ITGU}^2$$

$$R^2 = 0,81$$

A Figura 20 mostra a estimativa do CRD em função do ITGU.

Observa-se que o maior consumo de ração diário está em torno de 145 g.dia<sup>-1</sup>.ave<sup>-1</sup> ocorre para valores de ITGU em torno de 61 a 70. Abaixo e acima desses valores, o consumo de ração cai, caracterizando, respectivamente, estresse por frio e por calor.

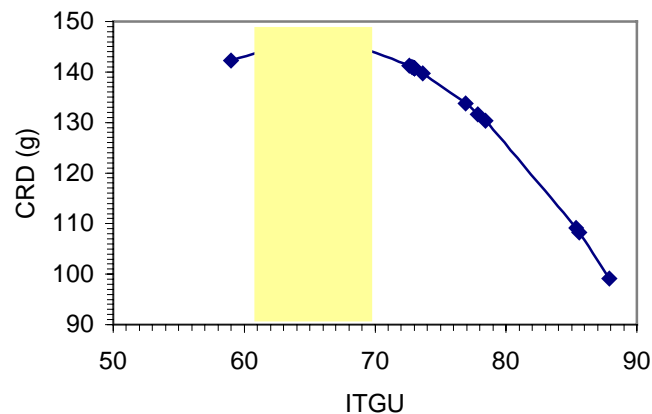


Figura 20 - Estimativa do consumo de ração diário em função do ITGU.

$$\hat{CA} = 17,0765 - 0,424375 \text{ ITGU} + 0,00294716 \text{ ITGU}^2$$

$$R^2 = 0,56$$

A Figura 21 mostra a estimativa da CA em função do ITGU.

Como a conversão alimentar é a relação entre o consumo de ração com o ganho de peso, é de se esperar que esta relação mostre a melhor faixa de ITGU onde ocorre a maior eficiência da ave em transformar o alimento consumido em ganho de peso.

Desse modo, Observa-se que, a menor conversão alimentar que está em termos de 1,85 ocorre para valores de ITGU em torno de 67 a 77. Abaixo e acima destes valores, a conversão alimentar aumenta rapidamente, caracterizando, respectivamente, estresse por frio e por calor.

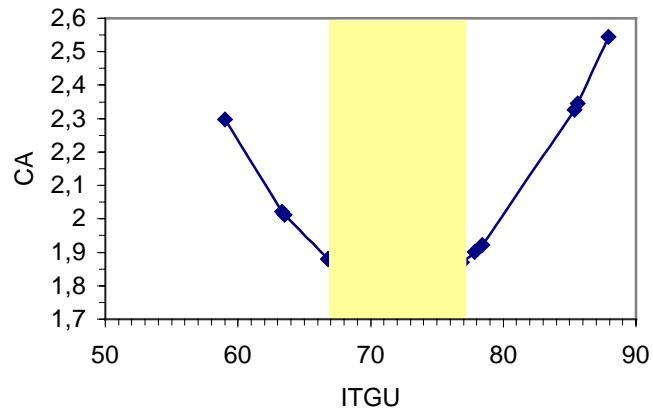


Figura 21 - Estimativa da conversão alimentar em função do ITGU.

Assim sendo, pode-se inferir que comparando as Figuras 19, 20 e 21, a faixa de ITGU que contempla o desempenho animal é em torno de 67 a 74, tanto acima como abaixo dessa faixa o desempenho da ave tende a diminuir.

$$\hat{MORT} = 191,510 - 4,58928 \text{ ITGU} + 0,0275317 \text{ ITGU}^2$$

$$R^2 = 0,70$$

A Figura 22 mostra a estimativa da MORT em função do ITGU.

Observa-se que a menor mortalidade (abaixo de 3%) que é o limite aceitado para o frango de corte Avian Farm, ocorre para valores de ITGU em torno de 73 a 88. Abaixo de 73, a mortalidade tende a aumentar.

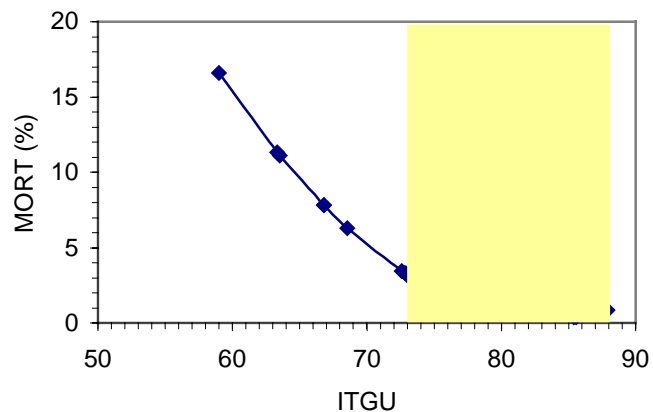


Figura 22 - Estimativa da mortalidade em função do ITGU.

$$\hat{TR} = 55,9705 - 0,460024 \text{ ITGU} + 0,00351856 \text{ ITGU}^2$$

$$R^2 = 0,92$$

A Figura 23 mostra a estimativa da TR em função do ITGU.

Observa-se que, em relação às respostas fisiológicas do animal, a menor temperatura retal ocorre para valores de ITGU em torno de 59 a 74. Acima de 74, a temperatura retal tende a aumentar, caracterizando o estresse por calor.

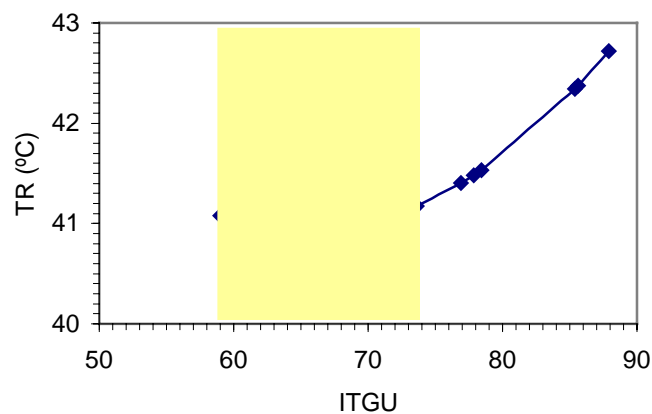


Figura 23 - Estimativa da temperatura retal em função do ITGU.

$$\hat{TP} = 30,8278 + 0,0838775 \text{ ITGU} + 0,000497498 \text{ ITGU}^2$$

$$R^2 = 0,82$$

A Figura 24 mostra a estimativa da TP em função do ITGU.

Observa-se que a temperatura da pele tem seu comportamento diretamente relacionado com a temperatura ambiente. Contudo, uma vez que esta se encontra entre a temperatura do núcleo corporal e a temperatura do ambiente, o seu comportamento não é linear, embora na figura mostre o contrário.

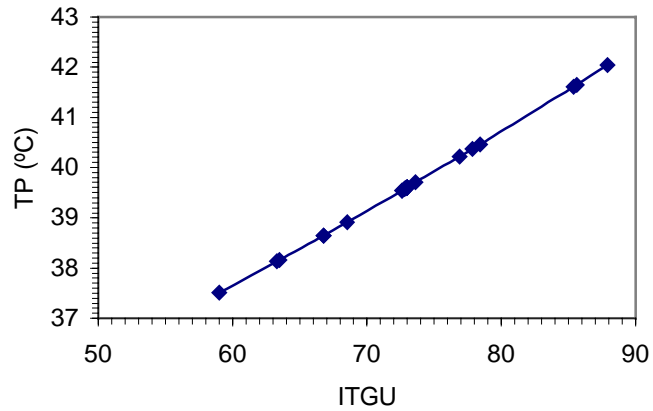


Figura 24 - Estimativa da temperatura da pele em função do ITGU.

$$\hat{FR} = 798,784 - 22,6997 \text{ ITGU} + 0,170148 \text{ ITGU}^2$$

$$R^2 = 0,90$$

A Figura 25 mostra a estimativa da FR em função do ITGU. Observa-se que a menor frequência respiratória em torno de 40 a 50 respirações por minuto, ocorre para valores de ITGU em torno de 60 a 74. Abaixo e acima desses valores, a frequência respiratória aumenta rapidamente, caracterizando, respectivamente, estresse por frio e por calor.

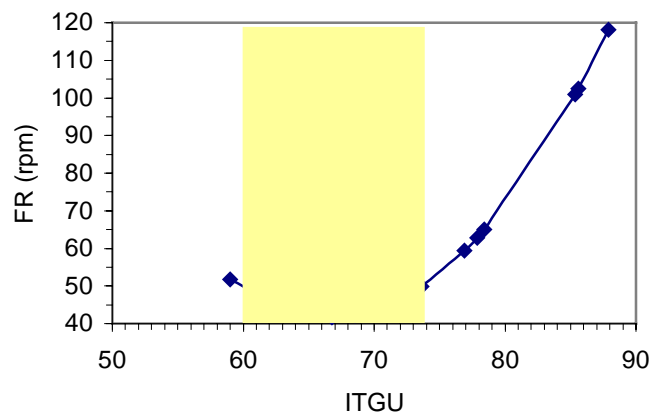


Figura 25 - Estimativa da frequência respiratória em função do ITGU.

Quando comparadas as Figuras 23, 24 e 25, nota-se que as respostas fisiológicas das aves tidas como dentro da normalidade, encontram-se na faixa de ITGU de 60 a 74. Relacionando o desempenho animal com as respostas fisiológicas, verifica-se que a faixa de ITGU de 67 a 74 onde ocorre o maior desempenho animal é compatível com as respostas fisiológicas desses.

#### 4.3 Análise do comportamento animal

Durante o experimento, foi monitorada e registrada, por uma máquina fotográfica digital, o comportamento das aves nas diferentes condições do ambiente térmico, que compreenderam as combinações de temperaturas entre 16 e 36 °C, umidade relativa entre 20 e 90% e velocidade do ar entre 0,0 e 3,0 m.s<sup>-1</sup>. Esses resultados se encontram na Tabela 14.

Para uma melhor avaliação, o comportamento das aves foi quantificado da seguinte maneira: nenhuma, pouquíssima, pouca, normal, muita e muitíssima. Em uma escala de 0 a 10, esses valores foram designados como segue: nenhuma (0), pouquíssima (2), pouca (4), normal (6), muita (8) e muitíssima (10).

Considerando os ambientes térmicos que compreendem a região central como confortáveis (26; 20; 1,5); (26; 55; 3,0); (26; 55; 1,5); (26; 55; 0,0) e (26 °C; 55%; 1,5 m.s<sup>-1</sup>), observa-se que o comportamento das aves para os ambientes considerados frio e quente, são na verdade um conjunto de reações que vão sendo colocadas em prática à medida que a temperatura do ar vai baixando e aumentando, respectivamente.

Tabela 14 - Comportamento das aves em função do ambiente térmico

Tratamentos t(°C); u(%); v(m.s <sup>-1</sup> )	Ambiente Térmico Considerado	Comportamento das aves							
		Tranqüilidade	Tremor	Dispersão	Ofegação	Prostração	Alimentação	Sonolência	Outros
T9 (16; 55; 1,5)	Frio	muitíssima	muito	nenhuma	-	-	pouca	pouca	penas eriçadas e fezes secas
T2 (20; 34; 2,4)		muita	muito	pouquíssima	-	-	muita	Pouca	-
T3 (20; 76; 0,6)		muita	normal	pouquíssima	-	-	muita	Pouca	-
T1 (20; 34; 0,6)		muita	normal	pouca	-	-	muita	Pouca	-
T4 (20; 76; 2,4)		muita	pouco	pouca	-	-	muita	pouca	-
T11 (26; 20; 1,5)	Confortável	muita	-	normal	-	-	normal	muita	-
T14 (26; 55; 3,0)		muita	-	normal	-	-	normal	muita	-
T15 (26; 55; 1,5)		muita	-	normal	-	-	normal	muita	-
T13 (26; 55; 0,0)		muita	-	normal	-	-	normal	muita	-
T12 (26; 90; 1,5)		muita	-	normal	-	-	normal	muita	-
T5 (32; 34; 0,6)	Quente	normal	-	muita	pouca	pouca	pouca	pouca	-
T6 (32; 34; 2,4)		pouca	-	muita	normal	normal	pouca	pouca	-
T7 (32; 76; 0,6)		pouca	-	muita	muita	muita	pouca	pouca	muita amônia
T8 (32; 76; 2,4)		pouca	-	muita	muita	muita	pouca	pouca	muita amônia
T10 (36; 55; 1,5)		pouquíssima	-	muitíssima	muita	muita	pouquíssima	pouquíssima	asas caídas e fezes líquidas

Nesse contexto, a primeira reação da ave é aumentar o consumo de ração, com o objetivo de produzir mais calor, para aquecimento do corpo; conseqüentemente, a eficiência alimentar é reduzida. Em seguida elas ficam tremulas e se amontoam (Figura 26a). O próximo passo é aumentar a frequência respiratória e fazer a vasoconstrição periférica, para aumentar a pressão sangüínea, acelerar os movimentos cardíacos e fazer com que a transferência do calor oriundo do núcleo corporal para a periferia seja mais rápida. Contudo, como o ar ambiente também é muito frio, esse processo vai sendo prejudicado e, aos poucos, deixa de ser empregado; então a ave parte para o aumento do isolamento térmico, a partir do eriçamento das penas e da pele.

Com a presença da ventilação, a situação ambiental fica cada vez mais prejudicada, uma vez que ocorre a aceleração na redução do calor corporal, o que leva a uma sensação de frio cada vez mais intensa. Com a diminuição da umidade relativa, as trocas de calor entre o animal e o ambiente por via latente são aumentadas e, em condições de frio, o animal apresenta desenvolvimento mais rápido para o empenamento (Figura 26b), aumentando ainda mais o isolamento térmico e bloqueando a transferência de calor.



(a)



(b)

Figura 26 - Aves com pouco empenamento, amontoadas devido ao frio (a); e aves bem empenadas sob as mesmas condições ambientais (b).

Vale ressaltar que, nessas condições, as aves passam o tempo todo emitindo sons (piando), sendo esse som diferente daquele observado em ambientes considerados confortáveis.

Por fim, nessa situação, a mortalidade alcançou índices elevados, o diagnóstico para a maioria das mortes foi a ascite.

Para ambientes considerados confortáveis, na Tabela 14, verificou-se que as aves apresentaram-se bastante tranquilas, sem tremor, com dispersão normal (Figura 27a), com alto consumo de ração, maior ganho de peso, menor conversão alimentar, bastante sonolentas (Figura 27b), frequência respiratória considerada normal e fezes pastosas.

O ambiente caracteriza-se por apresentar temperatura do ar amena; nesta situação, a umidade relativa e a velocidade do ar têm pouca influência no desempenho do animal e nas suas atividades fisiológicas. Neste ambiente praticamente não ocorre desvio da energia alimentar para aquecimento do corpo ou combater estresse; conseqüentemente, o ganho de peso diário atinge altos valores, acima de  $75 \text{ g.dia}^{-1}.\text{ave}^{-1}$ , para um consumo de ração em torno de  $145 \text{ g.dia}^{-1}.\text{ave}^{-1}$ , resultando em uma conversão alimentar em torno de 1,85.



(a)



(b)

Figura 27 - Aves normalmente dispersas (a); e aves tranquilas, deitadas após o arraçamento (b), em ambiente agradável.

Com relação aos parâmetros fisiológicos, constatou-se que, na faixa de conforto: a) a temperatura retal apresentou-se dentro de uma faixa com os menores valores observados, em torno de 41 °C; b) a frequência respiratória ficou em torno de 40 a 50 respirações.min<sup>-1</sup>; e c) a mortalidade registrada foi em torno de 3%, estando bem abaixo dos valores registrados no estresse por frio. Conforme diagnóstico, a principal causa das mortes foi morte súbita, devido ao rápido crescimento corporal em detrimento do crescimento dos órgãos, porém o valor registrado é considerado normal pelo fornecedor dos animais.

Na Tabela 14 também se observa que, nos ambientes considerados quentes, à medida que a temperatura do ar e a umidade relativa tornam-se mais elevadas e a velocidade do ar é reduzida, o ambiente torna-se cada vez mais desagradável. As aves em estresse por calor ficam agitadas; se dispersam - para aumentar a dissipação do calor corporal para o ambiente; têm a temperatura retal e a da pele aumentada; abrem as asas - aumentando a área de dissipação de calor; diminuem o consumo de ração - com o objetivo de reduzir a produção de calor metabólico; e, conseqüentemente, têm o ganho de peso prejudicado. Além disso, elas param de se movimentar, ficando bastante ofegantes (Figura 28a), prostradas (Figura 28b), e têm a frequência respiratória cada vez mais aumentada, chegando a 130 respirações.min<sup>-1</sup>, com o intuito de dissipar mais calor por via latente, o que pode levar a alteração do equilíbrio ácido-básico e aumento do pH do sangue.

Em condições severas de calor, acima de 32 °C, o animal aumenta consideravelmente o consumo de água, as fezes ficam líquidas e ocorre o aumento da umidade da cama, com conseqüente redução do seu poder de absorção, elevando as concentrações de amônia no ar podendo chegar a níveis perigosos. Com a permanência dessas condições, o animal apresenta polipnéia e pode chegar à morte.

À medida que o ambiente térmico vai se tornando cada vez mais estressante (36°C), sem que a temperatura retal chegue a pontos letais, a ave deixa de priorizar a produção e a reprodução, passando a se concentrar somente na sua sobrevivência, razão pela qual, neste experimento, a mortalidade nessas condições foi relativamente baixa.



Figura 28 - Aves ofegantes (a); e aves prostradas (b), em condições de calor.

#### 4.4 Índice Ambiental de Produtividade

O ambiente térmico do animal é influenciado pela temperatura, umidade relativa e velocidade do ar. Dessa forma, o ideal era que houvesse um único parâmetro para retratar o ambiente térmico em função das três variáveis mencionadas. Nesse sentido, foram desenvolvidos os índices ITU e ITGU. Contudo, sabe-se também que a intensidade de participação de cada variável na composição do índice é bastante diferente de animal para animal, em razão da fisiologia intrínseca de cada um. Assim, embora o ITU e o ITGU possam ser usados para prever a qualidade de um ambiente térmico para a ave, estes índices não tem sensibilidade bastante, uma vez que no seu desenvolvimento não foi levada em conta qualquer resposta animal.

Pressume-se que um índice mais adequado a essa situação seja aquele em que a comparação entre as diversas combinações de temperatura, umidade relativa e velocidade do ar é feita com base nas respostas fisiológicas e de produtividade dos animais. Se duas combinações com diferentes valores das variáveis consideradas conduzem a uma mesma resposta fisiológica ou de produtividade, é de se esperar que tenham a mesma qualidade ambiental.

A fim de gerar os valores básicos de comparação referentes a ganho de peso diário - GPD, consumo de ração diário - CRD, temperatura retal - TR e

freqüência respiratória - FR, tomaram-se como referência os valores de temperatura associados a um dado valor de umidade relativa - valor que corresponde a melhor resposta animal - na ausência da velocidade do ar, com base na escala Celsius. Para desenvolver o Índice Ambiental de Produtividade para frangos de corte - IAPfc, partiu-se dos modelos estatísticos desenvolvidos no presente estudo, onde foram estimadas as respostas animais em função da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar, para as condições experimentais (Tabela 15).

Tabela 15 - Respostas animais estimadas em função da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar

t (°C)	u (%)	v (m.s <sup>-1</sup> )	Parâmetros estimados						
			GPD	CRD	CA	MORT	TR	TP	FR
20	34	0,6	74,44	146,47	1,93	8,5	40,9	38,4	45
20	34	2,4	72,73	148,43	1,99	14,0	41,0	38,3	47
20	76	0,6	78,43	147,06	1,86	9,2	41,0	38,2	38
20	76	2,4	76,16	147,07	1,91	11,6	41,0	38,0	44
32	34	0,6	60,33	119,28	2,12	0,0	41,8	41,0	77
32	34	2,4	64,97	126,57	2,11	0,8	41,7	40,6	71
32	76	0,6	56,16	112,87	2,18	2,3	42,3	41,6	98
32	76	2,4	60,25	118,22	2,15	1,5	42,1	41,2	96
16	55	1,5	60,40	138,13	2,39	16,0	41,1	37,6	50
36	55	1,5	35,37	91,42	2,75	0,0	42,8	42,4	120
26	20	1,5	79,11	146,56	1,78	3,9	41,0	39,3	45
26	90	1,5	78,50	140,09	1,75	5,1	41,4	39,6	60
26	55	0	78,12	140,15	1,70	2,5	41,2	39,8	52
26	55	3	80,10	146,24	1,72	6,4	41,1	39,3	52
26	55	1,5	76,92	140,25	1,82	2,1	41,1	39,6	44
26	55	1,5	76,92	140,25	1,82	2,1	41,1	39,6	44
26	55	1,5	76,92	140,25	1,82	2,1	41,1	39,6	44
26	55	1,5	76,92	140,25	1,82	2,1	41,1	39,6	44
26	55	1,5	76,92	140,25	1,82	2,1	41,1	39,6	44
26	55	1,5	76,92	140,25	1,82	2,1	41,1	39,6	44
26	55	1,5	76,92	140,25	1,82	2,1	41,1	39,6	44

Na Tabela 16, observa-se que a umidade relativa de 90% conduziu aos melhores resultados de produtividade para os animais quando combinada com temperaturas de 16 a 26 °C, ao passo que umidades relativas de 20%

conduziram aos melhores resultados quando combinadas com temperaturas do ar de 27 a 36 °C, ou seja, valor máximo obtido variando a umidade relativa de 20 a 90% para uma mesma temperatura do ar.

Tabela 16 - Valores de referência - temperatura, umidade relativa e velocidade do ar - correspondentes ao ganho de peso diário - GPD, consumo de ração diário - CRD, temperatura retal - TR e frequência respiratória - FR

T (°C)	U (%)	v (m.s <sup>-1</sup> )	Parâmetros estimados			
			GPD (g)	CRD (g)	TR (°C)	FR (°C)
16	90	0	73,65	147,79	41,2	46
17	90	0	76,91	149,44	41,1	44
18	90	0	79,58	150,57	41,1	43
19	90	0	81,68	151,20	41,1	43
20	90	0	83,19	151,33	41,1	44
21	90	0	84,13	150,94	41,1	45
22	90	0	84,48	150,04	41,2	48
23	90	0	84,26	148,63	41,2	51
24	90	0	83,45	146,71	41,3	55
25	90	0	82,06	144,29	41,4	60
26	90	0	80,09	141,35	41,5	65
27	20	0	78,51	142,64	41,2	57
28	20	0	76,51	139,65	41,3	60
29	20	0	73,93	136,16	41,4	64
30	20	0	70,77	132,16	41,5	69
31	20	0	67,03	127,65	41,6	75
32	20	0	62,71	122,62	41,8	81
33	20	0	57,81	117,09	42,0	89
34	20	0	52,33	111,05	42,2	97
35	20	0	46,27	104,50	42,4	106
36	20	0	39,63	97,44	42,6	116

A partir desta tabela, foram estabelecidas correlações entre os valores de temperatura e as diversas respostas animais, cujos parâmetros estimados foram denominados temperatura de referência - Tref. As equações correspondentes e seus respectivos coeficientes de determinação, para cada resposta animal, são apresentados a seguir.

- $Tref(GPD) = 232,512 - 5,93168 GPD + 0,0406476 GPD^2 \quad R^2 = 0,98$
- $Tref(CRD) = -0,553415 + 0,766402 CRD - 0,0040659 CRD^2 \quad R^2 = 0,98$
- $Tref(TR) = -17004,3 + 805,503 TR - 9,51945 TR^2 \quad R^2 = 0,82$
- $Tref(FR) = -13,0572 + 0,932671 FR - 0,00449971 FR^2 \quad R^2 = 0,97$

Quando, por exemplo, o GPD for estimado com base em determinados valores de temperatura, umidade relativa e velocidade do ar, a  $Tref(GPD)$  corresponde à condição térmica do ambiente expressa em termos de ( $^{\circ}C$ ), que passou a ser denominado "Índice Ambiental de Produtividade" para frango de corte. Neste caso, os efeitos da umidade relativa e da velocidade do ar estão traduzidos em termos de ( $^{\circ}C$ ).

Para maior confiabilidade do índice, quanto maior o número de referências, para comparar as diversas combinações ambientais, melhor ele será. Dessa forma, a equação final do IAP<sub>fc</sub> foi obtida a partir da média das temperaturas de referências após substituição nas equações de GPD, CRD, TR e FR, cuja expressão é apresentada a seguir.

$$\hat{IAP}_{fc} = 45,6026 - 2,31072 t - 0,368331 u + 9,70922 v + 0,0549243 t^2 + 0,00121828 u^2 + 0,66329 v^2 + 0,0128968 tu - 0,300928 tv - 0,0595245 uv$$

$$R^2 = 0,94$$

em que

t = temperatura do ar,  $^{\circ}C$ ;

u = umidade relativa do ar, %; e

v = velocidade do ar,  $m.s^{-1}$ .

A partir da equação do IAP<sub>fc</sub> e da Tabela 12, podem-se estimar os valores do GPD, CRD, TR e FR, empregando as equações a seguir:

- GPD =  $-17,6849 + 8,31555 \text{ IAP} - 0,182259 \text{ IAP}^2$   $R^2 = 0,68$
- CRD =  $64,5181 + 7,72478 \text{ IAP} - 0,185353 \text{ IAP}^2$   $R^2 = 0,78$
- TR =  $44,2137 - 0,307612 \text{ IAP} + 0,00731497 \text{ IAP}^2$   $R^2 = 0,86$
- FR =  $192,682 - 14,008 \text{ IAP} + 0,327686 \text{ IAP}^2$   $R^2 = 0,87$

Para ilustrar as inter-relações estabelecidas, foram desenvolvidos diagramas que correlacionam o IAPfc com os valores de temperatura, umidade relativa e velocidade do ar (Figuras 29 e 30). Nestes diagramas foram também incluídas as correspondências com o GPD, CRD, TR e FR.

Como podem ser observadas (Figuras 29 e 30), as faixas com diferentes cores representam a qualidade do ambiente em termos de produtividade animal e respostas fisiológicas, sendo descritas como: confortáveis - verde-oliva, a perda de produtividade animal é em torno de 0 e 1%; moderadamente confortáveis - verde-claro, com perda de produtividade em torno de 1,1 a 5%; desconfortáveis - amarelo-claro, com perda de produtividade em torno de 5,1 a 15%; extremamente desconfortáveis - alaranjada, com perda de produtividade em torno de 15,1 a 30%; e perigoso - vermelho, com perda de produtividade em torno de 30,1 a 87%.

Varição GPD (%)	-10,0	-2,5	-0,8	-0,8	-2,5	-10,0	-20,0	-35,0	-54,5	-87,0
Varição CDR (%)	-1,5	0,6	0,4	0,4	-2,8	-8,0	-18,4	-25,2	-37,3	-57,0
TR (°C)	41,1	41,0	41,0	41,0	41,2	41,4	42,0	42,4	43,1	44,2
FR (respirações.min <sup>-1</sup> )	49	44	43	44	50	62	85	104	134	182

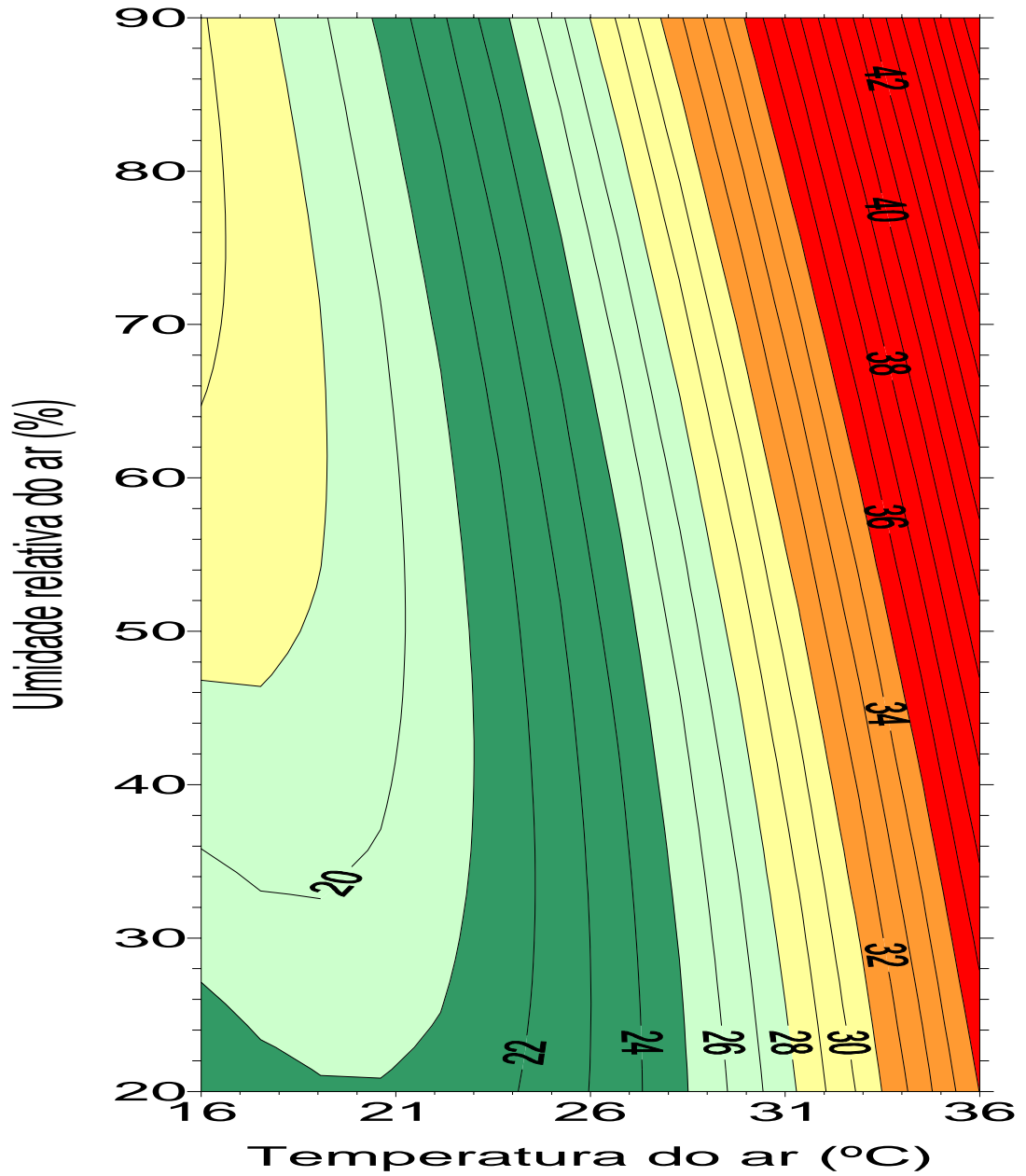


Figura 29 - Diagrama de produtividade animal em função da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em torno de 0,6 m.s<sup>-1</sup>.

Varição do GPD (%)	-2,5	-0,8	0,0	-0,3	-2,5	-10,0	-20,0
Varição do CDR (%)	0,6	0,6	0,0	-0,7	-2,8	-8,0	-18,4
TR (°C)	41,0	41,0	41,0	41,0	41,2	41,4	42,0
FR (respirações.min <sup>-1</sup> )	44	43	44	45	50	62	85

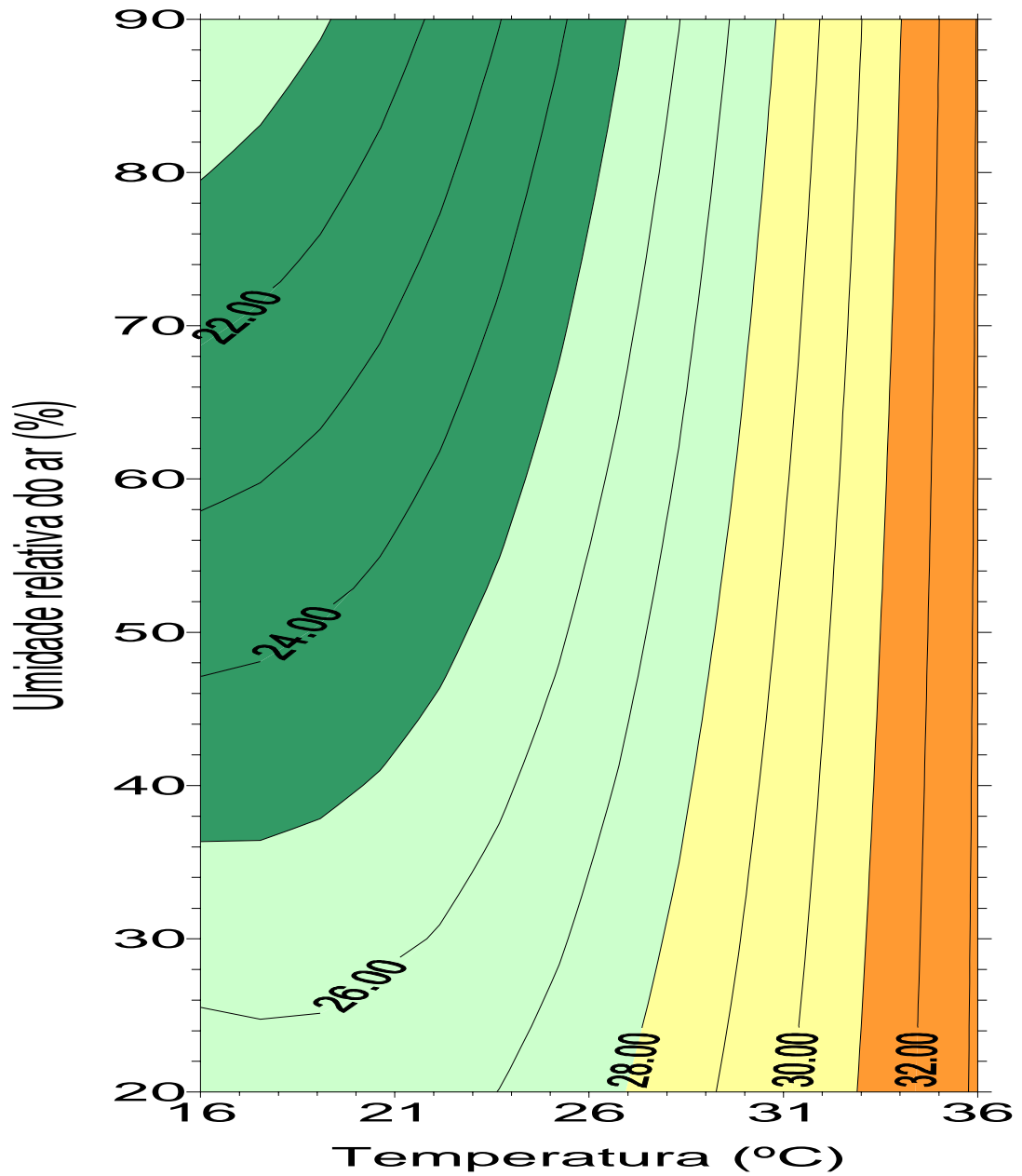


Figura 30 - Diagrama de produtividade animal em função da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em torno de 2,4 m.s<sup>-1</sup>.

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

Foi realizado um experimento, utilizando 960 pintos, criados em galpões convencionais, de 1 a 21 dias de idade, que posteriormente foram transferidos para câmaras climáticas, onde permaneceram até os 42 dias de idade, quando foram abatidos. Para simulação do ambiente térmico, foram utilizadas quatro câmaras climáticas, combinando as temperaturas de 16, 20, 26, 32 e 36 °C, as umidades relativas de 20, 34, 55, 76 e 90% e as velocidades do ar de 0,0; 0,6; 1,5; 2,4; e 3,0 m.s<sup>-1</sup>. A velocidade do ar foi produzida a partir do uso de ventiladores comuns, com difusores, para distribuição uniforme do ar. O procedimento estatístico empregado foi o delineamento composto central rotatório da Metodologia de Superfícies de Respostas, cujas combinações entre temperaturas, umidades relativas e velocidades do ar foram determinadas de acordo com a teoria desta metodologia, que foi empregada na modelagem estatística das respostas das aves.

Os parâmetros avaliados foram: ganho de peso e consumo de ração diário, conversão alimentar, mortalidade, temperatura retal, temperatura da pele e frequência respiratória.

Para análise do comportamento animal, foram feitas observações visuais e registro com o uso de uma máquina fotográfica digital.

Com base nas equações ajustadas das respostas dos animais, foi desenvolvido o Índice Ambiental de Produtividade para frangos de corte - IAPfc, que considerou como referência o ganho de peso e consumo de ração

diários, a temperatura retal e a frequência respiratória. Este índice traduz o efeito da umidade e da velocidade do ar em temperatura para quantificar o ambiente térmico animal.

Os modelos ajustados obtidos para estimar o ganho de peso diário - GPD, consumo de ração diária - CRD, conversão alimentar - CA, mortalidade - MORT, temperatura retal - TR, temperatura da pele - TP e frequência respiratória - FR dos frangos de corte, em função da temperatura variando de 16 a 36 °C, umidade relativa de 20 a 90% e velocidade do ar de 0,0 a 3,0 m.s<sup>-1</sup>, foram:

$$\hat{GPD} = -92,717789 + 14,292936 t + 0,253649 u - 9,515579 v - 0,290314 t^2 + 0,001538 u^2 + 0,974936 v^2 - 0,016171 tu + 0,294444 tv - 0,007407 uv$$

$$\hat{CRD} = 28,963697 + 11,306258 t + 0,03095 u - 6,89328 v - 0,25476 t^2 + 0,002513 u^2 + 1,3084 v^2 - 0,01389 tu + 0,24676 tv - 0,02579 uv$$

$$\hat{CA} = 6,364195 - 0,379572 t - 0,00151 u + 0,268889 v + 0,00748 t^2 - 0,00004651 u^2 - 0,049766 v^2 + 0,000258 tu - 0,003704 tv - 0,000265 uv$$

$$\hat{MORT} = 66,440013 - 3,83543 t - 0,297764 u + 4,1292 v + 0,055285 t^2 + 0,00196 u^2 + 1,06822 v^2 + 0,00619 tu - 0,14444 tv - 0,04127 uv$$

$$\hat{TR} = 46,102818 - 0,425395 t - 0,031012 u + 0,118907 v + 0,009092 t^2 + 0,00013 u^2 + 0,0263 v^2 + 0,000893 tu - 0,006944 tv - 0,000661 uv$$

$$\hat{TP} = 37,202431 - 0,021798 t - 0,020131 u + 0,240519 v + 0,003517 t^2 - 0,00016 u^2 - 0,021473 v^2 + 0,001687 tu - 0,011574 tv - 0,00066 uv$$

$$\hat{FR} = 311,30004 - 20,110938 t - 2,012626 u - 2,006346 v + 0,4059 t^2 + 0,006604 u^2 + 3,151145 v^2 + 0,05555 tu - 0,37037 tv + 0,03968 uv$$

Com base no comportamento animal em diferentes ambientes térmicos, houve uma faixa em que as aves apresentaram os melhores resultados de desempenho. De forma geral, essas condições ocorrem para temperatura entre 21 e 27 °C, umidade relativa entre 50 e 70% e velocidade do ar entre 0,5 e 1,5 m.s<sup>-1</sup>.

Finalmente, o Índice Ambiental de Produtividade para frangos de corte - IAPfc pode ser estimado pela seguinte equação:

$$\hat{IAPfc} = 45,6026 - 2,31072 t - 0,368331 u + 9,70922 v + 0,0549243 t^2 + 0,00121828 u^2 + 0,66329 v^2 + 0,0128968 tu - 0,300928 tv - 0,05952 uv$$

Os valores do índice entre 21 e 24 estão associados à máxima produtividade; para valores entre 25 e 27, registrou-se perda de peso da ave em torno de 1 a 5%; para valores entre 28 e 30, perda de 5,1 a 15%; para valores entre 31 e 34, perda de 15,1 a 30%; e para valores acima de 35, perda de 30,1 a 87%.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, B. E. In: SWENSON, M. J. D. **Fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1984. 799p.
- ARRIELI, A., MELTZER, A., BERMAN, A. The environmental temperature zone and seasonal acclimatization in the hen. **British Poultry Science**, v.10, n.21, p.471, 1980.
- BAÊTA, F. C., SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 246p.
- BAHR, J. M. O estresse calórico nas aves. Efeitos sobre o mecanismo hormonal no processo reprodutivo In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AMBIÊNCIA E INSTALAÇÕES NA AVICULTURA INDUSTRIAL, 1995, São Paulo.1995. **Anais...** Campinas, SP: FACTA, 1995. p.25-36.
- BAIÃO, N. C. Efeitos da alta densidade populacional sobre o ambiente das instalações avícolas In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AMBIÊNCIA E INSTALAÇÕES NA AVICULTURA INDÚSTRIAL, 1995, São Paulo. **Anais...** Campinas, SP; FACTA, 1995. p.67-75.
- BARRO, D. R. Fundamentos de ventilação em galpões avícolas. In: SIMPÓSIO SOBRE AMBIÊNCIA, SANIDADE E QUALIDADE DA CARÇA DE FRANGOS DE CORTE, 1997, Concórdia. **Anais...** São Paulo: FACTA, 1997. p.1-18.

- BOND, T. E., KELLY, C. F. The globe thermometer in agricultural research. **Agricultural Engineers**, v. 36, n.3, p.251-255, 1955.
- BOND, T.E., KELLY, C.F., GARRET, W.N., HAHN, L. Evolution of materials for livestock shades, applicable to open-type structures. **Califórnia Agricultura**, v. 15, n.5, p.7-8, 1961.
- BOND, T. E., KELLY, C. F., HEITMAN JUNIOR, H. Effects of increased air velocities on heat and moisture loss growth of swine. **Transaction of the ASAE**, v.8, n.2, p.167-169, 1965.
- BOND, T. E. Environmental control in tropical countries. In: CARTER, T. C. **Environmental control in poultry production**. London: Oliver & Boyd, 1967. p.200-211.
- BOSE, R. C., DRAPER, N.R. Second order rotatable designs in three dimensions. **Annual Mathematic Statistic**,v.11, n. 30, p.1097-1112, 1959.
- BOX, G. E. P. The exploitation and exploitation of response surfaces: some general conditions and examples. **Biometrics**, v.10, n.1, p.16-60, 1954.
- BOX, G. E. P., WILSON, K. B. On the experimental attainment of optimum conditions. **Journal Royal Statistic Society**, v.8, n.1, p.1-38, 1951.
- BOX, G. E. P, HUNTER, J. S. Multifactor experimental designs for exploring response surfaces. **Annual Mathematic Statistic**, v.9, n.28, p.195-242, 1957.
- BUFFINGTON, D. E., COLLASSO-AROCHO, A., CANTON, G. H., PITT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the ASAE**, v.24, n.3, p.711-714, 1981.
- CAMPOS, E.J. Stress x doença x nutrição. In: CAMPOS, E.J. (Ed). **Produção e qualidade de pintos de um dia**. Belo Horizonte: UFMG, 1981. p.213-228.
- CAMPOS, J. E. Programa de alimentação e nutrição para aves de acordo com o clima. Reprodutoras. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AMBIÊNCIA E INSTALAÇÃO NA AVICULTURA INDUSTRIAL, 1995, Campinas, SP. **Anais...** Campinas, SP: FACTA, 1995. p.251-258.

- CAMPOS, A.T. **Determinação dos índices de conforto térmico e da carga térmica de radiação em quatro tipos de galpões, em condições de verão para Viçosa - MG.** Viçosa, MG: UFV, 1986. 66p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1986.
- CLARK, J. A. **Environment aspects of housing for animal production.** Nothingam, England: University of Nothingam, 1981. 510p.
- COCHRAN, W. G., COX, G. M. **Experimental designs.** New York: John Wiley and Sons, 1957. 661p.
- COOPER, M. A., WASHBURN, K.W. The relationships of body temperature to weight gain, feed consumption, and feed utilization in broilers under heat stress. **Poultry Science**, v.77, n.3, p.237-242, 1998.
- CURTIS, S. E. **Environmental management in animal agriculture.** AMES: The Iowa State University, 1983. 409p.
- DEATON, J. W., REECE, F. N., LOTT, B. D., KUBENA, L. F., MAY, J. D. The efficiency of cooling broilers in summer as measured by growth and feed utilization. **Poultry Science**, v.51, n.1, p.67-71, 1972.
- DEATON, J. W., VARDAMAN, T. H. The effect of temperature and density on broiler performance. **Poultry Science**, v.47, n.3, p.293-300, 1968.
- DRAPER, N. R. Second order rotatable designs in four or more dimension. **Annual Mathematic Statistic**, v.31, n.1, p.23-33, 1960.
- ESMAY, M. L. **Principles of animal environment.** Westport: AVI, 1969. 325p.
- ESMAY, M. L., DIXON, J. E. **Environmental control for agricultural buildings.** Westport: AVI, 1986. 287p.
- FREEMAN, B.M. The fowl and its physical environment. **Words Poultry Science Journal**, v.25, n. 2, p.99-111, 1969.

- GIOVANI, M. Response surface methodology and product optimization. **Food Technology**, v.37, n.11, p.41-83, 1983.
- HAFEZ, E. S. E. **Adaptación de los animales domésticos**. Barcelona, Espanha: Labor, 1973. 563p.
- HAHN, E. S. E., OSBURN, D. D. Feasibility of evaporative cooling for dairy cattle based on expected production losses. **Transaction of American Society of Agricultural Engineers**, v.13, n.3, p.289-291, 1970.
- HAMILTON, R. M. G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell. **Poultry Science**, v.61, n.15, p.2022-2039, 1982.
- HARRIS JUNIOR, G. C. NELSON, J. S., SEAY, R. L., DODGEN, B. Effects of drinking water temperature on broiler performance. **Poultry Science**, v.57, n.7, p.775-779, 1975.
- HENIKA, R. G. Simple and effective system for use with response surface methodology. **Cereal Science Today**, v. 17, n.10, p. 309 - 315, 1972.
- HICKS, F. W. Influência do ambiente no desempenho das aves. **Avicultura Brasileira**, v.30, n.7, p.75-76, 1973.
- INCROPERA, F. P. & DEWITT, D. P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 3. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1992. 455p.
- KHURI, A. I., CORNELL, J. A. **Response surfaces**. New York, USA: Marcel Dekker, 1987. 405p.
- LEENSTRA, F., CAHANER, A. Genotype by environment interactions using fast-growing, lean or fat broiler chickens, originating from the Netherlands and Israel, raised at normal or low temperature. **Poultry Science**, v.70, n.8, p.2028-2039, 1991.
- LLOBET, J. A. C., GONDOLBEU, V. S. **Manual práctico de avicultura**. Lisboa: Livraria Popular Francisco Franco, 1980. 214p.

- LOTT, B. D., MAY, J. D., SIMMONS, J.D. The effect of environmental temperature on growth rate and feed: gain of male broilers at different weights. In: ANNUAL MEETING OF THE POULTRY SCIENCE ASSOCIATION, 86, 1997, Athens, Georgia. **Abstracts...**, University of Georgia: The Poultry Science Association, 1997. p.27.
- MACARI, M. Qualidade da água e bebedouros para frangos de corte: tipos, vantagens e desvantagens. In: CONFERÊNCIA APINCO'97 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1997, São Paulo: FACTA, p.121-143, 1997.
- MACARI, M., CAMPOS, S. S. Respostas fisiológicas de frangos de corte criados em alta densidade In: SIMPÓSIO SOBRE AMBIÊNCIA, SANIDADE E QUALIDADE DA CARÇA DE FRANGOS DE CORTE, 1997, Concórdia. **Anais...**, Concórdia: FACTA, p.1-18, 1997.
- MACARI, M., FURLAN, R. L. Estresse por calor e frio em frangos de corte In: IV SEMINÁRIO INTERNACIONAL EM CIÊNCIAS AVÍCOLAS, 4, 1999, Santa Cruz. **Anais...**, Santa Cruz, Bolivia: AMEVEA, p.95-109, 1999.
- MACARI, M., FURLAN, R. L., GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. São Paulo: FUNEP/UNESP, 1994. 296p.
- MAY, J. D., DEATON, J. W., REECE, F. N., BRANTON, S. L. Effect of acclimation and heat stress on thyroid hormone concentration. **Poultry Science**, v.65, n.12, p.1211-1213, 1997.
- McDOWELL, R. E. **Bases biológicas de la producción animal en zonas tropicales**. Zaragoza: Acribia, Zaragoza, 1974. 692p.
- MEDEIROS, C. M. **Desenvolvimento e aplicação de modelo para simulação do desempenho de galinhas poedeiras e frangos de corte com o uso do resfriamento evaporativo**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 88p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- MELTZER, A. The effect of body temperature on the growth rate of broilers. **British Poultry Science**, v.24, n.3, p.489-495, 1987.
- MYERS, R. H. **Response surface methodology**. Boston: Allyn and Bacon, 1971. 245p.

MÜLLER, P. B. **Bioclimatologia animal**. 2. ed. Porto Alegre: Sulina, 1982. 158p.

MÜLLER, P. B. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. Porto Alegre: Sulina, 1989. 262p.

NORTH, M. O., BELL, D. D. **Commercial chicken production manual**. Fourth 4. ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 913p.

OLIVEIRA, J. L., ESMAY, M. L. **Systems model analysis of hot weather housing for livestock**. Transactions of ASAE, St. Joseph, Michigan: ASAE, 1981. 17p. (paper 81-4564).

OLIVEIRA NETO, A. R. **Efeito dos níveis de energia da ração e da temperatura ambiente sobre o desempenho e os parâmetros fisiológicos de frangos de corte**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 111p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.

PERDOMO, C. C. Mecanismos de aclimação de frangos de corte como forma de reduzir a mortalidade no inverno e verão. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL, SOBRE INSTALAÇÕES E AMBIÊNCIA, 1988, São Paulo. **Anais...**, São Paulo: FACTA, 1998. p.229-239.

PLANO, C. M. **Aves comerciales y su medio ambiente**. Argentina: Pegasso, 1995. 123 p.

PLAVNIK, I., YAHAV, S. Effect of environmental temperature on broiler chickens subjected to growth restriction at an early age. **Poultry Science**, v.77, n.5, p.870-872, 1998.

REECE, F. N., DEATON, J. W. Use of a time-proportioning thermostat for control of poultry-house environments. **Poultry Science**, v.50, n.10, p.1622, 1971.

REECE, F. N., LOTT, B. D. Heat and moisture production of broiler chickens. In: LIVESTOCK ENVIRONMENT II, 1982, Ames: American Society of Agricultural Engineers, 1982, p.330-337.

- ROSA, Y. B. C. J. **Influência de três materiais de cobertura no índice de conforto térmico, em condições de verão, para Viçosa, MG.** Viçosa, MG: UFV. 1984. 77p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1984.
- ROSTAGNO, H. S., SILVA, D. J., COSTA, P. M. A., FONSECA, J. B., SOARES, P. R., PEREIRA, J. A. A., SILVA, M. A. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (Tabelas Brasileiras).** Viçosa, MG: UFV, 1994. 59p.
- RUTZ, F. Aspectos fisiológicos que regulam o conforto térmico das aves. In: CONFERÊNCIA APINCO 1994 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1994, São Paulo. **Anais...**, São Paulo: FACTA, 1994. p.99-136.
- SCHMID, A. L. Refletindo sobre o calor. **Avicultura Industrial**, v.88, n.1057, p.18-23, 1998.
- SILVA, R. G. Bioclimatologia e melhoramento do gado leiteiro. **Gado Holandês**, v.53, n.148, p.5-12, 1988.
- SIMMONS, J. D., LOTT, B. D., MAY, J. D. The effect of wind speed and temperature on production and heat loss from broiler chickens. In: ANNUAL MEETING OF THE POULTRY SCIENCE ASSOCIATION, 85, 1996, Louisville, Kentucky. **Abstracts...**, Louisville, Kentucky: The Poultry Science Association, 1996. p.79.
- SMITH, M. O., TEETER, R. G. Potassium balance of the 5 to 8 week-old broiler exposed to constant heat or cycling high temperature stress and the effects of supplemental potassium chloride on body weight gain and feed efficiency. **Poultry Science**, v. 66, n.2, p.487-492, 1995.
- STILBORN, H. L., HARRIS JUNIOR, G. C., BOTTJE, W.G., WALDROUP, P. W. Ascorbic acid and acetylsalicylic acid (aspirin) in the diet of broilers maintained under heat stress conditions. **Poultry Science**, v.67, n.9, p.1183-1187, 1988.
- SUK, Y. O., WASHBURN, K. W. Effects of environment on growth, efficiency of feed utilization, carcass fatness, and their association. **Poultry Science**, v.74, n.2, p.285-296, 1995.

- TEIXEIRA, V. H. **Estudo dos índices de conforto em duas instalações de frangos de corte para as regiões de Viçosa e Visconde do Rio Branco.** Viçosa, MG: UFV, 1983. 62p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1983.
- TEIXEIRA, V. H. **Construções e ambiência.** Lavras, MG: ESAL/FAEPE, 1991. 127p.
- TEETER, R. G. Estresse calórico em frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Campinas, 1990. **Anais...**, Campinas: FACTA, 1990. p.33-44 (Anexo).
- THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v.12, n.1, p.57-60, 1959.
- TINÔCO, I. F. F. **Sistema de resfriamento adiabático (evaporativo) na produção de frangos de cortes,** Viçosa, UFV, 1988. 92p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1988.
- TINÔCO, I. F. F. **Efeito de diferentes sistemas de acondicionamento de ambiente e níveis de energia metabolizável na dieta, sobre o desempenho de matrizes de frangos de corte, em condições de verão e outono.** Belo Horizonte, MG: UFMG, 1996. 169p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.
- VAQUERO, E. G. **Projeto e construção de alojamentos para animais.** 7. ed., Lisboa: Biblioteca técnica Litexa, 1981. 237p.
- VO, K. V., BOONE, M. A., MULLIKEN, W. E. Exposure of broilers to continuous high temperature stress. **Poultry research series**, v.36, 1977.
- WASHBURN, K. W. Effect of restricted feeding on fatness, efficiency and the relationship between fatness and efficiency in broiler. **Poultry Science**, v.69, n.4, p. 502 - 508, 1980.
- YOUSEF, M. K. **Stress Physiology in Livestock.** Las Vegas, Nevada: CRC Press, 1985. 159p. (Basic Principle, 3)
- ZUMBADO, M. La gravedad específica para determinar la calidad del cascarón. **Avicultura Profesional**, v. 2, p.8-10, 1983.

## APÉNDICE

Tabela 1A - Dados coletados de desempenho, mortalidade, parâmetros fisiológicos e comportamento animal, de acordo com o ambiente térmico caracterizado pela temperatura de 20 °C, umidade relativa de 34% e velocidade do ar de 0,6 m.s<sup>-1</sup>

Amostras	Desempenho animal			Mort. (un)	Parâmetros fisiológicos									Comportamento
	Peso corporal (g)		Consumo de ração (g)		Temperatura retal (°C)			Temperatura da pele (°C)			Frequência Respiratória (rpm)			
	Inicial	Final			1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	
1	615,5	2080,0	3322,3	0	40,9	41,1	40,6	39,0	36,0	38,0	51	42	45	Sentem frio
2	615,5	2282,7	2863,8	1	40,9	40,8	41,0	39,0	39,0	39,0	54	51	48	Trêmulas
3	608,0	2374,5	3081,8	0	40,7	40,8	41,1	38,0	40,0	39,0	51	48	45	Amontoadas
4	623,0	2406,0	3044,2	1	41,0	40,7	40,9	38,0	39,0	39,0	48	51	48	Ventilação preju
5	611,5	2349,5	3175,8	0	40,8	40,8	41,0	39,0	38,0	39,0	51	42	45	dicial
6	608,0	2353,3	3294,0	1	41,0	40,7	40,8	39,0	40,0	39,0	51	42	42	Piam bastante
7	607,0	2254,5	2878,3	0	40,9	40,9	40,8	38,0	39,0	40,0	48	48	45	Alta mortalidade
8	615,5	2266,7	3074,9	1	40,9	40,7	40,9	38,0	39,0	40,0	48	48	45	por ascite
9	607,0	2380,7	2951,0	1	41,2	41,0	41,2	38,0	38,0	39,0	48	45	45	
10	609,0	1987,0	2644,3	0	41,0	41,0	40,9	38,0	40,0	39,0	57	54	42	
11	609,0	2148,0	3109,8	0	40,8	41,5	41,2	38,0	40,0	39,0	51	54	42	
12	609,0	2292,0	3154,8	0	41,4	41,0	41,2	39,0	38,0	39,0	48	48	42	
MÉDIA	611,5	2264,6	3049,6	5	41,0	40,9	41,0	38,5	38,8	39,1	50,5	47,7	44,5	

Tgn = 19,8 °C

Tbu = 11,1 °C

Tabela 2A - Dados coletados de desempenho, mortalidade, parâmetros fisiológicos e comportamento animal, de acordo com o ambiente térmico caracterizado pela temperatura de 20 °C, umidade relativa de 34% e velocidade do ar de 2,4 m.s<sup>-1</sup>

Amostras	Desempenho animal			Mort. (un)	Parâmetros fisiológicos									Comportamento
	Peso corporal (g)		Consumo de Ração (g)		Temperatura retal (°C)			Temperatura da pele (°C)			Frequência Respiratória (rpm)			
	Inicial	Final			1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	
1	606,0	2010,5	3010,0	0	40,7	40,9	40,8	38,0	39,0	39,0	51	51	45	Piam bastante
2	605,0	2041,5	2828,5	0	41,0	41,3	41,1	39,0	40,0	39,0	54	54	48	Sentem frio
3	608,0	1896,0	2798,0	0	41,3	41,1	40,9	39,0	39,0	38,0	54	51	42	Trêmulas
4	609,0	2314,5	3238,5	0	41,3	41,5	41,1	39,0	39,0	39,0	54	54	48	Amontoadas
5	606,0	2308,0	3210,5	0	41,3	41,6	41,4	38,0	39,0	39,0	51	48	42	Ventilação preju
6	610,0	1637,3	3078,0	1	41,1	40,8	41,2	39,0	39,0	39,0	54	54	42	dicial
7	608,5	1692,0	2159,0	2	41,0	41,0	41,1	40,0	40,0	39,0	54	54	45	Quanto maior a
8	612,0	2159,3	2929,0	1	41,0	41,4	41,2	37,0	40,0	39,0	54	51	48	ventilação, mais
9	608,0	2330,0	3319,0	0	40,8	41,2	40,8	39,0	40,0	39,0	57	45	42	prejudicial ela é
10	611,0	2181,5	3161,0	0	41,2	41,1	41,2	39,0	40,0	40,0	57	54	48	Alta mortalidade
11	608,0	1887,5	2593,0	0	41,3	41,0	41,2	39,0	39,0	39,0	57	45	42	por ascite
12	607,0	2421,7	7364,0	3	41,3	40,9	41,0	38,0	39,0	38,0	51	48	45	
MÉDIA	608,2	2073,3	3307,0	7	41,1	41,1	41,1	38,7	39,4	39,0	54,0	50,7	44,7	

Tgn = 19,6°C

Tbu = 11,1°C

Tabela 3A - Dados coletados de desempenho, mortalidade, parâmetros fisiológicos e comportamento animal, de acordo com o ambiente térmico caracterizado pela temperatura de 20 °C, umidade relativa de 76% e velocidade do ar de 0,6 m.s<sup>-1</sup>

Amostras	Desempenho animal			Mort. (un)	Parâmetros fisiológicos									Comportamento
	Peso corporal (g)		Consumo de Ração (g)		Temperatura retal (°C)			Temperatura da pele (°C)			Frequência Respiratória (rpm)			
	Inicial	Final			1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	
1	610,0	2142,5	3219,7	0	41,1	41,0	41,2	38,0	39,0	39,0	51	51	45	Piam menos
2	615,0	2180,0	3162,7	0	41,2	41,1	41,0	38,0	37,0	39,0	51	48	42	Alta mortalidade
3	609,5	2432,0	3051,0	2	41,2	40,8	41,3	39,0	39,0	39,0	51	45	42	por ascite
4	609,5	2460,0	3257,2	0	41,2	41,9	40,9	39,0	39,0	38,0	51	48	45	
5	610,2	2331,5	3140,2	0	41,0	40,7	41,1	37,0	38,0	39,0	54	48	48	
6	608,0	2058,0	3214,7	0	41,2	40,7	40,9	39,0	38,0	39,0	51	51	42	
7	611,5	1868,0	2716,2	0	40,9	40,7	40,6	39,0	38,0	38,0	57	51	42	
8	610,5	2184,0	3024,7	0	41,3	40,9	41,2	38,0	39,0	39,0	54	54	42	
9	613,0	2059,0	2919,2	0	40,9	41,1	40,9	40,0	38,0	38,0	54	51	45	
10	611,5	2135,0	2842,2	0	40,8	40,8	40,9	39,0	38,0	38,0	54	48	45	
11	612,0	1853,0	5754,7	3	41,0	41,1	41,2	39,0	37,0	38,0	60	48	45	
12	614,0	2162,0	2975,7	0	40,9	41,2	40,7	39,0	38,0	38,0	57	54	48	
MÉDIA	611,2	2155,4	3273,2	5	41,1	41,9	41,0	38,7	38,2	38,5	53,7	49,7	44,2	

Tgn = 19,8°C

Tbu = 17,1°C

Tabela 4A - Dados coletados de desempenho, mortalidade, parâmetros fisiológicos e comportamento animal, de acordo com o ambiente térmico caracterizado pela temperatura de 20 °C, umidade relativa de 76% e velocidade do ar de 2,4 m.s<sup>-1</sup>

Amostras	Desempenho animal			Mort. (un)	Parâmetros fisiológicos									Comportamento
	Peso corporal (g)		Consumo de Ração (g)		Temperatura retal (°C)			Temperatura da pele (°C)			Frequência Respiratória (rpm)			
	Inicial	Final			1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	
1	618,0	2085,0	3236,8	0	40,8	41,1	40,9	38,0	39,0	38,0	51	48	45	Melhoria da ave em relação ao ambiente. Alta mortalidade por ascite.
2	613,0	1782,5	2834,3	0	40,8	40,8	41,1	38,0	39,0	39,0	54	54	48	
3	614,5	2366,7	2862,3	1	41,0	41,2	41,4	38,0	39,0	39,0	57	54	48	
4	617,0	2124,5	2893,3	0	41,2	41,9	41,1	38,0	39,0	39,0	60	51	48	
5	610,0	2227,3	2951,8	1	40,6	41,2	41,1	38,0	39,0	38,0	51	48	42	
6	612,0	2192,5	3172,3	0	39,6	41,2	40,9	37,0	39,0	37,0	60	54	42	
7	618,0	2221,3	3091,8	1	41,0	41,2	41,1	39,0	39,0	37,0	54	48	42	
8	618,0	2373,5	3132,8	0	41,2	41,0	41,0	39,0	39,0	37,0	57	48	42	
9	615,0	2190,7	2981,3	1	41,1	41,2	40,9	39,0	38,0	39,0	60	54	42	
10	614,5	2030,0	3073,8	0	41,2	41,5	40,7	39,0	39,0	36,0	60	51	45	
11	616,2	2286,0	3057,8	1	41,3	41,3	40,7	38,0	39,0	38,0	63	51	45	
12	617,0	2318,5	3228,8	0	41,0	41,1	40,8	38,0	40,0	38,0	60	54	42	
MÉDIA	615,3	2183,2	3043,4	5	40,9	41,4	41,0	38,3	39,0	38,0	57,2	51,2	44,2	

T<sub>gn</sub> = 19,6°C

T<sub>bu</sub> = 17,1°C

Tabela 5A - Dados coletados de desempenho, mortalidade, parâmetros fisiológicos e comportamento animal, de acordo com o ambiente térmico caracterizado pela temperatura de 32 °C, umidade relativa de 34% e velocidade do ar de 0,6 m.s<sup>-1</sup>

Amostras	Desempenho animal			Mort. (un)	Parâmetros fisiológicos									Comportamento
	Peso corporal (g)		Consumo de Ração (g)		Temperatura retal (°C)			Temperatura da pele (°C)			Frequência Respiratória (rpm)			
	Inicial	Final			1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	
1	678,8	2194,0	2718,0	0	41,4	41,2	42,3	40,0	41,0	41,0	120	69	90	Comem bem
2	673,8	2335,0	2868,0	0	41,2	41,1	41,8	40,0	40,0	41,0	60	60	78	Calmas
3	677,5	2176,0	2784,0	0	41,5	41,9	41,7	40,0	40,0	41,0	67	54	75	Ofegação
4	672,5	2173,0	2690,0	0	41,3	41,3	41,9	40,0	40,0	41,0	75	57	90	
5	677,5	2203,0	2765,0	0	41,4	41,8	42,6	40,0	41,0	42,0	75	60	81	
6	675,0	2257,0	2886,0	0	41,4	41,5	41,6	40,0	41,0	40,0	86	57	90	
7	671,3	2205,0	2934,0	0	41,3	41,5	42,4	40,0	41,0	42,0	60	63	96	
8	673,8	2055,0	2808,0	0	41,4	42,0	41,7	40,0	41,0	42,0	120	54	105	
9	671,8	2129,0	2623,0	0	41,5	42,0	42,3	39,0	41,0	42,0	120	69	102	
10	680,0	2161,0	2634,0	0	41,4	41,6	42,5	40,0	41,0	41,0	120	57	102	
11	675,0	2097,0	2665,0	0	41,6	41,7	43,1	40,0	40,0	42,0	120	63	90	
12	683,8	2227,0	2730,0	0	41,3	41,7	42,1	40,0	41,0	41,0	120	60	90	
MÉDIA	676,0	2185,0	2758,7	0	41,4	41,6	42,2	39,9	40,7	41,3	95	60	91	

T<sub>gn</sub> = 31,8 °C

T<sub>bu</sub> = 19,3 °C

Tabela 6A - Dados coletados de desempenho, mortalidade, parâmetros fisiológicos e comportamento animal, de acordo com o ambiente térmico caracterizado pela temperatura de 32 °C, umidade relativa de 34% e velocidade do ar de 2,4 m.s<sup>-1</sup>

Amostras	Desempenho animal			Mort. (un)	Parâmetros fisiológicos									Comportamento
	Peso corporal (g)		Consumo de Ração (g)		Temperatura retal (°C)			Temperatura da pele (°C)			Frequência Respiratória (rpm)			
	Inicial	Final			1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	
1	676,3	2227,0	2754,0	0	41,5	41,7	41,6	41,0	40,0	40,0	86	66	84	Comem mais
2	678,8	2277,0	2851,0	0	41,2	41,0	41,2	40,0	40,0	39,0	60	60	90	Calmas
3	682,5	2188,0	2719,0	0	41,4	41,3	41,9	39,0	41,0	39,0	67	60	84	Ofegação
4	675,0	1958,0	2566,0	0	43,2	42,4	42,4	41,0	42,0	41,0	75	66	90	Prostração
5	670,0	1929,0	2401,0	0	41,1	41,5	41,4	40,0	40,0	41,0	67	51	96	
6	682,5	2077,0	2606,0	0	41,1	41,3	41,1	39,0	40,0	40,0	60	48	93	
7	673,8	2340,0	2981,0	0	41,2	41,8	42,4	40,0	40,0	40,0	60	63	78	
8	681,2	1860,0	2462,0	0	41,5	41,6	42,1	40,0	41,0	41,0	67	60	90	
9	682,5	2094,0	2549,0	0	41,2	41,5	42,9	40,0	42,0	42,0	67	63	84	
10	680,0	2072,0	2584,0	0	41,6	41,4	42,0	38,0	40,0	41,0	60	72	87	
11	673,8	2074,0	2670,0	0	41,4	41,7	41,5	40,0	42,0	40,0	75	60	81	
12	673,8	2112,0	2620,0	0	41,7	41,9	42,0	40,0	41,0	41,0	60	57	99	
MÉDIA	677,0	2101,0	2646,9	0	41,5	41,6	41,9	39,9	40,7	40,4	67	60	88	

T<sub>gn</sub> = 32,2 °C

T<sub>bu</sub> = 19,3°C

Tabela 7A - Dados coletados de desempenho, mortalidade, parâmetros fisiológicos e comportamento animal, de acordo com o ambiente térmico caracterizado pela temperatura de 32 °C, umidade relativa de 76% e velocidade do ar de 0,6 m.s<sup>-1</sup>

Amostras	Desempenho animal			Mort. (un)	Parâmetros fisiológicos									Comportamento
	Peso corporal (g)		Consumo de Ração (g)		Temperatura retal (°C)			Temperatura da pele (°C)			Frequência Respiratória (rpm)			
	Inicial	Final			1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	
1	672,5	1871,0	2626,0	0	42,1	43,1	42,5	41,0	42,0	42,0	100	108	105	Ofegação
2	681,2	1945,0	2352,0	0	41,7	41,3	42,4	40,0	41,0	41,0	100	105	105	Muita amônia
3	677,5	2023,0	2640,0	0	42,5	42,0	42,8	41,1	41,0	41,0	150	105	105	Prostração
4	673,8	1960,0	2567,0	0	42,3	41,4	43,2	41,0	41,0	41,0	100	105	105	Morte súbita
5	677,5	1925,0	2369,0	0	41,5	41,3	42,9	40,0	40,0	42,0	120	108	108	
6	676,3	2018,0	2709,0	0	41,6	42,4	42,4	40,0	42,0	40,0	100	102	102	
7	685,0	2133,0	2772,0	0	42,5	42,0	42,9	42,0	42,0	43,0	120	108	102	
8	687,5	1857,0	2408,0	0	41,7	41,7	42,7	40,0	41,0	42,0	120	111	105	
9	685,0	1948,0	2669,0	0	41,8	41,7	42,4	40,0	40,0	42,0	120	111	108	
10	680,0	2107,0	2536,0	0	41,4	41,6	41,6	40,0	41,0	42,0	120	111	111	
11	672,5	2157,0	2585,0	1	41,6	41,5	41,6	40,0	41,0	41,0	120	102	102	
12	681,3	1949,0	2526,0	0	41,7	42,0	42,7	40,0	41,0	43,0	100	102	102	
MÉDIA	679,2	1991,0	2563,2	1	41,9	41,8	42,5	40,4	40,6	41,7	114	106	105	

T<sub>gn</sub> = 32,6°C

T<sub>bu</sub> = 28,2 °C

Tabela 8A - Dados coletados de desempenho, mortalidade, parâmetros fisiológicos e comportamento animal, de acordo com o ambiente térmico caracterizado pela temperatura de 32 °C, umidade relativa de 76% e velocidade do ar de 2,4 m.s<sup>-1</sup>

Amostras	Desempenho animal			Mort. (un)	Parâmetros fisiológicos									Comportamento
	Peso corporal (g)		Consumo de Ração (g)		Temperatura retal (°C)			Temperatura da pele (°C)			Frequência Respiratória (rpm)			
	Inicial	Final			1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	
1	672,5	2000,0	2446,0	0	42,3	42,5	42,6	41,0	42,0	42,0	120	108	108	Ofegação
2	681,3	2258,0	2809,0	0	41,6	41,6	43,5	41,0	41,0	41,0	120	108	108	Muita amônia
3	670,0	1914,0	2390,0	0	41,5	42,0	42,3	40,0	41,0	42,0	120	102	102	Prostração
4	680,0	1783,0	2561,0	0	42,6	43,1	42,6	40,0	41,0	41,0	100	108	108	
5	673,8	2077,0	2699,0	0	41,7	41,7	41,8	40,0	40,0	43,0	100	108	102	
6	680,0	2356,0	2933,0	0	41,7	42,0	41,3	40,0	41,0	41,0	100	105	105	
7	675,0	2188,0	2810,0	0	42,2	41,6	41,7	41,0	40,0	41,0	120	102	108	
8	672,5	1990,0	2426,0	0	42,5	42,0	41,7	40,0	41,0	41,0	120	108	102	
9	669,0	1873,0	2476,0	0	42,0	42,4	41,7	40,0	40,0	42,0	100	102	102	
10	683,8	2117,0	2631,0	0	41,4	41,7	42,7	40,0	41,0	42,0	120	105	102	
11	671,3	1902,0	2422,0	0	41,9	42,4	42,3	41,0	42,0	43,0	100	108	105	
12	680,0	1774,0	2372,0	0	41,8	42,2	41,9	40,0	40,0	41,0	150	111	108	
MÉDIA	676,0	2019,0	2581,2	0	41,9	42,1	42,2	40,3	40,4	41,7	114	104	105	

T<sub>gn</sub> = 32,8°C

T<sub>bu</sub> = 28,2 °C

Tabela 9A - Dados coletados de desempenho, mortalidade, parâmetros fisiológicos e comportamento animal, de acordo com o ambiente térmico caracterizado pela temperatura de 16 °C, umidade relativa de 55% e velocidade do ar de 1,5 m.s<sup>-1</sup>

Amostras	Desempenho animal			Mort. (un)	Parâmetros fisiológicos									Comportamento
	Peso corporal (g)		Consumo de Ração (g)		Temperatura retal (°C)			Temperatura da pele (°C)			Frequência Respiratória (rpm)			
	Inicial	Final			1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	
1	568,5	2039,5	3103,0	0	41,0	40,9	40,9	39,0	37,0	36,0	51	48	36	Com frio
2	564,0	2035,0	2724,0	2	40,8	40,6	40,6	37,0	35,0	36,0	60	57	42	Arrepiadas
3	557,5	1700,0	2992,0	0	40,8	40,6	40,6	38,0	36,0	36,0	51	45	42	Piam bastante
4	572,2	2042,5	3155,0	0	40,8	40,9	40,7	38,0	37,0	37,0	60	54	39	Trêmulas
5	589,5	1863,5	3102,0	0	41,0	40,6	40,8	36,0	38,0	36,0	48	51	42	Fezes secas
6	566,7	1904,7	2915,0	1	40,5	41,3	40,9	36,0	38,0	37,0	45	54	48	Alta mortalidade
7	573,7	1876,7	3044,0	1	41,2	40,6	40,9	37,0	36,0	37,0	60	45	42	por ascite
8	565,2	2045,3	2975,0	1	41,0	41,0	41,1	36,0	38,0	36,0	45	54	48	Bebem pouca
9	572,5	1871,0	2984,0	0	41,0	40,6	41,1	36,0	36,0	36,0	45	48	36	água
10	573,5	2013,0	2949,0	0	40,5	40,5	41,3	36,0	35,0	35,0	51	48	36	Movimentam-se
11	574,2	1975,0	2977,0	0	40,9	40,6	41,2	37,0	38,0	36,0	48	45	39	pouco
12	576,7	2133,0	2969,0	2	41,0	41,2	41,3	38,0	37,0	37,0	45	42	36	
MÉDIA	571,2	1958,3	2990,7	7	40,9	40,8	40,9	37,0	36,7	36,2	50,7	49,2	40,5	

Tgn = 15,0°C

Tbu = 10,9°C

Tabela 10A - Dados coletados de desempenho, mortalidade, parâmetros fisiológicos e comportamento animal, de acordo com o ambiente térmico caracterizado pela temperatura de 36 °C, umidade relativa de 55% e velocidade do ar de 1,5 m.s<sup>-1</sup>

Amostras	Desempenho animal		Mort. (un)	Parâmetros fisiológicos									Comportamento	
	Peso corporal (g)			Consumo de Ração (g)	Temperatura retal (°C)			Temperatura da pele (°C)			Frequência Respiratória (rpm)			
	Inicial	Final			1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>		3 <sup>a</sup>
1	687,5	1293,0	1573,0	0	42,9	42,9	43,2	41,0	41,0	41,0	100	92	102	Bico aberto
2	682,5	1195,0	1689,0	0	43,6	42,4	43,1	44,0	42,0	41,0	100	90	102	Ofegação
3	683,8	1274,0	1715,0	0	42,7	42,5	43,1	43,0	44,0	42,0	120	90	105	Asas caídas
4	681,2	986,0	1327,0	0	43,3	42,7	43,0	43,0	45,0	45,0	86	96	105	Fezes líquidas
5	659,8	1279,0	1986,0	0	42,6	42,6	42,8	43,0	43,0	44,0	86	96	105	Comem pouco
6	678,8	1347,0	1809,0	0	43,0	43,0	43,0	44,0	44,0	45,0	100	96	105	Prostração
7	682,5	1199,0	1702,0	0	42,9	43,0	42,8	43,0	44,0	44,0	100	99	99	
8	677,5	1100,0	1705,0	0	43,0	43,2	43,0	44,0	44,0	44,0	120	99	99	
9	683,7	1039,0	1378,0	0	43,0	43,2	42,8	44,0	44,0	43,0	86	99	105	
10	688,7	1342,0	1781,0	0	43,3	42,8	42,9	44,0	44,0	44,0	120	90	105	
11	673,8	1274,0	1795,0	0	42,6	43,0	43,2	43,0	45,0	43,0	120	99	99	
12	675,0	1138,0	1646,0	0	42,7	43,0	43,0	43,0	44,0	43,0	100	92	90	
MÉDIA	680,0	1206,0	1675,5	0	43,0	42,9	43,0	43,2	43,7	43,2	103	95	102	

T<sub>gn</sub> = 37,0°C

T<sub>bu</sub> = 27,8°C

Tabela 11A - Dados coletados de desempenho, mortalidade, parâmetros fisiológicos e comportamento animal, de acordo com o ambiente térmico caracterizado pela temperatura de 26 °C, umidade relativa de 20% e velocidade do ar de 1,5 m.s<sup>-1</sup>

Amostras	Desempenho animal			Mort. (un)	Parâmetros fisiológicos									Comportamento
	Peso corporal (g)		Consumo de Ração (g)		Temperatura retal (°C)			Temperatura da pele (°C)			Frequência Respiratória (rpm)			
	Inicial	Final			1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	
1	575,5	2162,0	2815,0	0	41,2	41,1	41,0	40,0	39,0	40,0	48	48	42	Calmas
2	572,5	2064,0	2701,0	0	40,5	40,8	40,8	40,0	39,0	40,0	54	51	42	Não piam
3	573,2	2127,5	2997,0	0	41,3	40,8	41,0	40,0	39,0	39,0	48	42	42	Separadas
4	574,0	2212,7	3076,0	1	41,1	40,9	41,1	39,0	40,0	40,0	45	39	42	Dormem
5	575,2	2152,5	3116,0	0	41,2	40,8	40,9	40,0	39,0	40,0	42	45	48	Bastante
6	560,7	2293,0	3109,0	0	41,7	41,0	41,0	40,0	40,0	40,0	45	51	39	Alimentam-se
7	570,2	2083,0	2835,0	0	40,4	41,2	40,9	40,0	40,0	40,0	42	42	42	bem
8	564,0	2259,0	2893,0	0	41,3	41,0	41,2	40,0	40,0	40,0	42	45	48	
9	575,0	2504,5	3204,0	0	41,2	40,8	40,9	40,0	39,0	40,0	45	48	36	
10	560,0	2152,0	2978,0	0	41,5	40,7	41,3	39,0	40,0	39,0	45	48	42	
11	567,7	2251,5	3096,0	0	41,1	40,9	41,2	40,0	39,0	40,0	45	45	45	
12	563,5	1969,5	2630,0	0	40,7	41,2	41,5	40,0	40,0	40,0	45	45	42	
MÉDIA	569,7	2181,4	2954,0	1	41,1	40,9	41,1	39,8	39,5	39,8	45,5	45,7	42,5	

Tgn = 25,4°C

Tbu = 12,7°C

Tabela 12A - Dados coletados de desempenho, mortalidade, parâmetros fisiológicos e comportamento animal, de acordo com o ambiente térmico caracterizado pela temperatura de 26 °C, umidade relativa de 90% e velocidade do ar de 1,5 m.s<sup>-1</sup>

Amostras	Desempenho animal		Mort. (un)	Parâmetros fisiológicos									Comportamento	
	Peso corporal (g)			Consumo de Ração (g)	Temperatura retal (°C)			Temperatura da pele (°C)			Frequência Respiratória (rpm)			
	Inicial	Final			1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>		3 <sup>a</sup>
1	570,0	2247,0	2947,0	0	40,6	41,2	40,7	39,0	39,0	40,0	36	42	36	Calmas
2	571,0	2165,0	2991,0	0	41,3	41,2	40,8	40,0	40,0	40,0	45	39	36	Piam pouco
3	567,0	2030,5	2972,0	0	40,9	41,1	41,2	39,0	39,0	39,0	39	45	48	Juntas
4	565,0	2243,5	2888,0	0	40,8	41,0	41,1	39,0	40,0	40,0	48	45	45	
5	569,0	2311,0	3429,0	0	40,7	39,9	40,9	40,0	39,0	38,0	48	51	42	
6	570,0	2356,0	3299,0	0	41,0	40,9	40,9	40,0	39,0	41,0	48	48	48	
7	572,7	2336,0	3059,0	1	41,2	41,1	40,7	39,0	41,0	40,0	48	48	36	
8	567,0	2312,5	3105,0	0	41,4	41,4	40,8	40,0	40,0	40,0	36	48	45	
9	569,2	2168,0	2882,0	0	40,8	41,1	40,6	40,0	41,0	40,0	42	45	48	
10	570,0	2253,5	2755,0	2	40,9	41,0	41,1	40,0	39,0	40,0	48	42	48	
11	576,0	2125,5	2870,0	0	41,0	41,2	41,0	40,0	40,0	40,0	36	42	39	
12	571,5	2250,5	2830,0	0	41,3	40,8	40,9	41,0	40,0	40,0	36	45	45	
MÉDIA	569,9	2233,2	3002,0	3	41,0	41,0	40,9	39,7	39,7	39,8	42,0	45,0	43,0	

T<sub>gn</sub> = 25,6°C

T<sub>bu</sub> = 24,7°C

Tabela 13A - Dados coletados de desempenho, mortalidade, parâmetros fisiológicos e comportamento animal, de acordo com o ambiente térmico caracterizado pela temperatura de 26 °C, umidade relativa de 55% e velocidade do ar de 0,0 m.s<sup>-1</sup>

Amostras	Desempenho animal			Mort. (un)	Parâmetros fisiológicos									Comportamento
	Peso corporal (g)		Consumo de Ração (g)		Temperatura retal (°C)			Temperatura da pele (°C)			Frequência Respiratória (rpm)			
	Inicial	Final			1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	
1	607,5	2272,0	3120,0	0	41,0	40,9	40,8	40,0	40,0	40,0	42	42	45	Calmas
2	604,5	2222,0	2729,0	0	41,2	41,1	41,0	40,0	40,0	39,0	42	42	39	Comem bem
3	604,5	2492,5	3067,0	0	41,0	41,0	41,1	40,0	41,0	41,0	42	39	39	Bebem água
4	606,0	2267,5	2775,0	0	40,8	41,0	41,0	40,0	40,0	40,0	39	36	36	normalmente
5	606,0	2286,5	2956,0	0	40,9	40,8	41,2	40,0	40,0	40,0	39	39	39	Bom
6	606,0	2272,7	2798,0	0	40,7	41,0	40,8	40,0	40,0	40,0	39	39	39	comportamento
7	604,5	2375,5	2788,0	0	40,9	41,0	41,4	39,0	40,0	40,0	45	36	39	
8	604,5	2240,0	2874,0	0	40,9	40,9	41,0	40,0	41,0	41,0	42	39	36	
9	604,5	2442,5	3053,0	0	40,5	40,8	40,9	40,0	40,0	39,0	39	42	42	
10	607,5	2162,5	2656,0	0	40,9	40,9	41,0	40,0	39,0	40,0	42	42	42	
11	607,5	2285,5	2845,0	0	40,9	40,8	41,4	40,0	40,0	40,0	42	42	42	
12	603,0	2277,5	2733,0	0	40,8	41,1	41,1	40,0	40,0	41,0	42	48	48	
MÉDIA	605,5	2299,7	2866,0	0	40,9	40,9	41,1	39,9	40,1	40,1	41,2	40,5	40,5	

T<sub>gn</sub> = 26,2°C

T<sub>bu</sub> = 19,3°C

Tabela 14A - Dados coletados de desempenho, mortalidade, parâmetros fisiológicos e comportamento animal, de acordo com o ambiente térmico caracterizado pela temperatura de 26 °C, umidade relativa de 55% e velocidade do ar de 3,0 m.s<sup>-1</sup>

Amostras	Desempenho animal			Mort. (un)	Parâmetros fisiológicos									Comportamento
	Peso corporal (g)		Consumo de Ração (g)		Temperatura retal (°C)			Temperatura da pele (°C)			Frequência Respiratória (rpm)			
	Inicial	Final			1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	
1	612,5	2451,5	3262,0	0	40,8	40,7	40,8	38,0	38,0	39,0	57	51	48	Mais agitadas em relação ao tratamento 13 Muito vento Empenamento precoce
2	610,0	2118,0	2848,0	0	41,0	41,0	40,8	39,0	39,0	39,0	51	54	48	
3	610,0	2500,0	3171,0	1	40,8	40,8	40,7	39,0	40,0	39,0	60	54	42	
4	607,5	2492,5	3080,0	0	40,9	40,8	40,7	39,0	40,0	40,0	54	48	42	
5	612,5	2480,0	3264,0	1	41,1	40,9	40,5	39,0	40,0	38,0	51	48	42	
6	613,0	2189,3	2818,0	1	41,3	41,2	40,9	39,0	40,0	39,0	48	54	42	
7	608,0	2297,5	3225,0	0	40,9	41,3	40,8	39,0	39,0	38,0	51	51	42	
8	610,0	2271,0	2964,0	0	40,9	40,8	40,9	39,0	40,0	40,0	57	51	42	
9	607,5	2282,5	2982,0	0	40,6	41,2	41,0	38,0	39,0	39,0	57	48	39	
10	607,0	2317,5	3037,0	0	41,1	41,6	41,0	40,0	41,0	38,0	54	51	39	
11	607,0	2254,7	2745,0	1	41,1	41,0	41,2	39,0	40,0	41,0	54	54	42	
12	607,0	2502,5	3150,0	0	41,2	41,0	41,2	39,0	40,0	41,0	51	48	42	
MÉDIA	609,3	2346,4	3045,0	4	41,0	41,0	41,0	38,9	39,7	39,3	53,7	51,0	42,5	

Tgn = 25,5°C

Tbu = 19,3°C

Tabela 15A - Dados coletados de desempenho, mortalidade, parâmetros fisiológicos e comportamento animal, de acordo com o ambiente térmico caracterizado pela temperatura de 26 °C, umidade relativa de 55% e velocidade do ar de 1,5 m.s<sup>-1</sup>

Amostras	Desempenho animal			Mort. (un)	Parâmetros fisiológicos									Comportamento
	Peso corporal (g)		Consumo de Ração (g)		Temperatura retal (°C)			Temperatura da pele (°C)			Frequência Respiratória (rpm)			
	Inicial	Final			1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	
1	677,5	2368,0	3277,0	0	41,4	40,8	41,0	36,0	38,0	39,0	50	39	42	Dormem mais
2	682,5	2253,0	3236,0	0	41,5	40,8	41,0	39,0	38,0	37,0	54	39	39	Comem muito
3	680,0	2322,0	2979,0	0	41,1	40,9	41,3	39,0	39,0	40,0	40	45	48	Bem calmas
4	673,5	2311,0	2915,0	0	41,3	41,3	41,2	39,0	40,0	38,0	50	45	60	
5	675,0	2333,0	3360,0	0	41,0	41,3	41,1	39,0	39,0	38,0	43	39	39	
6	671,2	2348,0	3286,0	0	41,0	41,2	41,3	39,0	38,0	39,0	46	39	36	
7	670,0	2166,0	3252,0	0	41,1	41,1	41,0	39,0	37,0	39,0	46	42	39	
8	670,0	2329,0	2936,0	0	41,4	41,0	41,5	39,0	40,0	39,0	46	45	45	
9	682,5	2338,0	3104,0	0	41,1	41,0	41,2	39,0	38,0	39,0	54	42	36	
10	672,5	2286,0	2966,0	0	41,4	41,4	40,9	39,0	38,0	39,0	54	39	36	
11	671,2	2290,0	3098,0	0	40,1	41,3	41,2	39,0	38,0	37,0	54	42	36	
12	671,3	2401,0	2986,0	0	41,2	41,0	41,4	39,0	39,0	39,0	54	42	39	
MÉDIA	675,0	2312,0	3116,2	0	41,1	41,1	41,2	38,7	38,5	38,6	49	41	41	

T<sub>gn</sub> = 25,6°C

T<sub>bu</sub> = 19,3°C

Tabela 16A - Dados coletados de desempenho, mortalidade, parâmetros fisiológicos e comportamento animal, de acordo com o ambiente térmico caracterizado pela temperatura de 26 °C, umidade relativa de 55% e velocidade do ar de 1,5 m.s<sup>-1</sup>

Amostras	Desempenho animal			Mort. (un)	Parâmetros fisiológicos									Comportamento
	Peso corporal (g)		Consumo de Ração (g)		Temperatura retal (°C)			Temperatura da pele (°C)			Frequência Respiratória (rpm)			
	Inicial	Final			1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	
1	681,2	2448,0	3261,0	0	41,3	41,2	41,5	38,0	38,0	40,0	43	39	39	Dormem mais
2	682,5	2314,0	3038,0	0	40,9	41,2	41,0	39,0	39,0	38,0	46	36	36	Comem muito
3	680,0	2337,0	3303,0	0	41,0	41,5	40,8	38,0	39,0	39,0	43	39	39	Bem calmas
4	660,0	2319,0	2852,0	0	40,7	41,4	41,6	39,0	39,0	38,0	46	42	42	Morte súbita
5	661,3	2217,0	3098,0	1	41,2	41,0	40,8	38,0	38,0	39,0	50	42	36	
6	662,3	2251,0	3347,0	1	41,3	41,4	41,2	39,0	38,0	39,0	46	45	45	
7	652,5	2132,0	2766,0	0	41,2	41,1	41,2	38,0	38,0	38,0	50	45	45	
8	665,0	2458,0	3193,0	0	41,2	41,3	41,4	39,0	38,0	38,0	46	45	45	
9	658,8	2332,0	3073,0	0	41,1	41,1	41,5	37,0	38,0	37,0	50	39	42	
10	657,5	2321,0	3049,0	0	41,1	41,4	41,1	38,0	38,0	37,0	50	42	39	
11	658,7	2210,0	3139,0	0	41,2	41,1	41,5	38,0	39,0	38,0	42	42	36	
12	640,0	2407,0	3195,0	0	41,2	41,3	41,2	38,0	39,0	38,0	42	39	42	
MÉDIA	663,0	2312,0	3109,5	2	41,1	41,2	41,2	38,2	38,4	38,5	46	41	41	

T<sub>gn</sub> = 25,6°C

T<sub>bu</sub> = 19,3°C

Tabela 17A - Dados coletados de desempenho, mortalidade, parâmetros fisiológicos e comportamento animal, de acordo com o ambiente térmico caracterizado pela temperatura de 26 °C, umidade relativa de 55% e velocidade do ar de 1,5 m.s<sup>-1</sup>

Amostras	Desempenho animal			Mort. (un)	Parâmetros fisiológicos									Comportamento
	Peso corporal (g)		Consumo de Ração (g)		Temperatura retal (°C)			Temperatura da pele (°C)			Frequência Respiratória (rpm)			
	Inicial	Final			1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	
1	598,0	2300,0	3111,5	0	40,8	41,4	40,4	39,0	40,0	40,0	45	42	39	Dormem mais
2	601,3	2152,3	3025,0	0	41,2	41,6	40,1	40,0	40,0	40,0	42	39	39	Comem muito
3	596,0	2232,5	3119,0	0	41,2	41,4	41,4	40,0	40,0	40,0	45	42	45	Bem calmas
4	589,5	2200,0	2759,5	0	40,2	40,7	40,7	38,0	39,0	40,0	45	42	42	
5	588,2	2190,3	3213,5	0	40,8	41,2	40,6	40,0	41,0	39,0	48	48	48	
6	588,9	2127,8	2978,5	0	41,4	41,7	41,0	41,0	40,0	40,0	39	51	48	
7	584,0	2134,5	2863,0	0	41,0	41,7	41,3	40,0	41,0	40,0	42	51	51	
8	589,0	2293,8	2932,0	0	41,3	41,1	41,2	39,0	39,0	40,0	48	51	42	
9	588,7	2228,0	2925,0	0	40,9	41,1	40,8	39,0	40,0	40,0	48	48	42	
10	588,8	2185,5	2906,5	0	41,0	41,4	41,9	38,0	41,0	42,0	45	54	41	
11	587,6	2199,5	3075,0	0	41,2	41,3	40,8	40,0	40,0	39,0	42	45	42	
12	576,8	2271,5	2907,5	0	41,0	41,0	40,6	39,0	40,0	40,0	54	48	39	
MÉDIA	589,8	2209,6	2984,7	0	41,0	41,3	40,9	39,4	40,1	40,0	42,5	46,7	43,2	

Tgn = 25,2°C

Tbu = 19,3°C

Tabela 18A - Dados coletados de desempenho, mortalidade, parâmetros fisiológicos e comportamento animal, de acordo com o ambiente térmico caracterizado pela temperatura de 26 °C, umidade relativa de 55% e velocidade do ar de 1,5 m.s<sup>-1</sup>

Amostras	Desempenho animal			Mort. (un)	Parâmetros fisiológicos									Comportamento
	Peso corporal (g)		Consumo de Ração (g)		Temperatura retal (°C)			Temperatura da pele (°C)			Frequência Respiratória (rpm)			
	Inicial	Final			1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	
1	598,5	2205,7	3049,5	0	41,2	41,4	41,0	40,0	41,0	40,0	42	48	42	Dormem mais
2	598,5	2103,5	2937,0	1	41,0	41,4	41,2	40,0	40,0	40,0	42	42	36	Comem muito
3	596,3	2230,5	2872,5	0	41,5	41,5	41,3	40,0	41,0	41,0	48	48	51	Bem calmas
4	594,3	2239,0	2887,0	0	41,2	41,2	41,1	40,0	40,0	41,0	48	42	45	Morte súbita
5	597,3	2250,5	3143,0	0	41,2	41,2	40,8	39,0	38,0	39,0	45	48	48	
6	593,4	2231,5	3056,0	0	40,7	41,0	40,8	39,0	40,0	40,0	48	42	42	
7	592,8	2121,8	2942,5	1	40,7	41,1	40,6	39,0	40,0	38,0	48	45	45	
8	591,0	2259,8	2889,0	0	41,0	40,6	40,5	40,0	40,0	39,0	48	39	42	
9	598,5	2173,0	2986,5	0	40,6	40,6	41,2	39,0	40,0	39,0	48	39	42	
10	593,3	2186,8	2804,5	0	40,7	41,1	40,9	39,0	40,0	40,0	39	54	45	
11	592,6	2236,3	2882,5	0	41,2	41,2	40,6	40,0	40,0	39,0	42	39	42	
12	589,7	2311,5	2882,5	1	40,4	40,4	40,8	39,0	40,0	40,0	42	45	42	
MÉDIA	594,7	2212,4	2953,0	3	40,9	41,0	40,9	39,5	40,0	39,7	45,0	44,2	43,5	

T<sub>gn</sub> = 25,4°C

T<sub>bu</sub> = 19,3°C

Tabela 19A - Dados coletados de desempenho, mortalidade, parâmetros fisiológicos e comportamento animal, de acordo com o ambiente térmico caracterizado pela temperatura de 26 °C, umidade relativa de 55% e velocidade do ar de 1,5 m.s<sup>-1</sup>

Amostras	Desempenho animal			Mort. (un)	Parâmetros fisiológicos									Comportamento
	Peso corporal (g)		Consumo de Ração (g)		Temperatura retal (°C)			Temperatura da pele (°C)			Frequência Respiratória (rpm)			
	Inicial	Final			1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	
1	514,7	2152,0	2962,0	0	41,3	41,2	41,3	39,0	40,0	40,0	45	42	42	Dormem mais
2	520,0	1990,5	3012,0	0	41,2	41,1	41,7	39,0	39,0	40,0	48	42	42	Comem muito
3	512,0	2128,0	2935,0	0	41,3	41,4	41,3	40,0	40,0	40,0	48	42	42	Bem calmas
4	519,0	2081,0	2667,0	0	41,3	41,0	41,1	40,0	40,0	40,0	45	42	42	
5	515,0	2163,5	3329,0	0	41,2	41,3	41,2	40,0	39,0	40,0	45	42	42	
6	515,5	2004,5	2610,0	0	41,1	41,4	41,3	39,0	40,0	40,0	45	39	42	
7	515,5	2137,0	2960,0	0	41,0	41,3	41,4	40,0	40,0	40,0	45	45	42	
8	513,0	2129,5	2671,0	0	40,9	41,1	40,7	40,0	40,0	40,0	45	45	42	
9	518,5	2124,0	2777,0	0	41,1	40,9	41,3	39,0	40,0	40,0	45	45	42	
10	520,0	2050,0	2764,0	0	40,8	41,1	40,8	40,0	40,0	38,0	48	42	42	
11	516,5	2189,0	3011,0	0	41,2	41,3	41,2	39,0	40,0	40,0	45	42	42	
12	513,5	2136,0	2620,0	0	40,7	40,7	41,3	40,0	39,0	40,0	48	42	42	
MÉDIA	516,1	2107,1	2859,8	0	41,1	41,1	41,2	39,6	39,7	39,8	46,0	42,5	42,0	

T<sub>gn</sub> = 25,6°C

T<sub>bu</sub> = 19,3°C

Tabela 20A - Dados coletados de desempenho, mortalidade, parâmetros fisiológicos e comportamento animal, de acordo com o ambiente térmico caracterizado pela temperatura de 26 °C, umidade relativa de 55% e velocidade do ar de 1,5 m.s<sup>-1</sup>

Amostras	Desempenho animal			Mort. (un)	Parâmetros fisiológicos									Comportamento
	Peso corporal (g)		Consumo de Ração (g)		Temperatura retal (°C)			Temperatura da pele (°C)			Frequência Respiratória (rpm)			
	Inicial	Final			1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	
1	519,5	2043,3	2822,0	1	41,5	40,8	40,8	40,0	40,0	40,0	45	39	45	Dormem mais
2	514,5	1954,0	2638,0	0	41,2	40,7	41,2	40,0	40,0	40,0	51	42	42	Comem muito
3	512,5	2138,0	2766,0	0	41,3	40,8	40,8	40,0	40,0	40,0	54	42	42	Bem calmas
4	515,0	2167,0	2859,0	0	41,3	41,1	41,1	40,0	40,0	40,0	48	42	42	Morte súbita
5	519,5	2168,0	2926,0	0	40,8	41,3	41,0	40,0	41,0	39,0	51	42	42	
6	515,5	2115,0	2826,0	0	40,8	41,1	41,2	40,0	40,0	39,0	51	51	45	
7	515,5	2077,5	2633,0	0	41,1	40,9	40,9	39,0	40,0	39,0	48	42	42	
8	512,0	2190,5	2842,0	0	40,9	40,7	41,2	40,0	40,0	38,0	48	45	45	
9	514,5	2008,0	2869,0	0	41,3	41,0	40,8	40,0	40,0	39,0	45	39	45	
10	514,0	2087,5	2643,0	0	40,9	41,3	40,7	40,0	40,0	39,0	45	42	42	
11	514,0	2182,5	2875,0	0	41,1	40,7	40,7	40,0	39,0	40,0	51	42	48	
12	508,0	2222,0	2779,0	0	40,9	40,7	40,8	38,0	39,0	40,0	45	48	42	
MÉDIA	514,5	2112,8	2789,8	1	41,1	40,9	40,9	39,7	39,9	39,4	48,5	43,0	43,5	

T<sub>gn</sub> = 25,6°C

T<sub>bu</sub> = 19,3°C