

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS FISIOLÓGICOS CAUSADOS PELA
VENTILAÇÃO ARTIFICIAL EM FRANGOS DE CORTE, EM
DISPOSITIVOS DE SIMULAÇÃO CLIMÁTICA.**

por: Kelly Botigeli Sevegnani
orientação: Prof. Dr. Marcos Macari
co-orientação: Profa. Dra. Irenilza de Alencar Nääs

Tese de doutorado apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de
Doutor em Engenharia Agrícola – área de concentração: **Construções Rurais e
Ambiência**

CAMPINAS - SP
NOVEMBRO – 2000

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

Se82a

Sevegnani, Kelly Botigeli

Avaliação dos efeitos fisiológicos causados pela ventilação artificial em frangos de corte, em dispositivos de simulação climática / Kelly Botigeli Sevegnani.--Campinas, SP: [s.n.], 2000.

Orientadores: Marcos Macari, Irenilza de Alencar Nääs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Ave - Criação. 2. Conforto térmico. 3. Ventilação. 4. Bioclimatologia. I. Macari, Marcos. II. Nääs, Irenilza de Alencar. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. IV. Título.

A Deus pelo dom da vida

Para meus pais, Valdemiro e Neide;
minhas irmãs, Karin e Gilsa Mara;
minha madrinha, Irma;
ao pequenino Guilherme;
ofereço.

Para Irenilza de Alencar Nääs

e Marcos Macari

pela atenção e carinho

despendidos na orientação deste trabalho,

dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Marcos Macari, pela atenção e carinho sempre demonstrados na orientação desta tese. Agradeço imensamente a oportunidade de termos trabalhados juntos.

À Professora Irenilza de Alencar Nääs, pela amizade e orientação de tantos anos.

À Daniella Jorge de Moura e Iran José Oliveira da Silva pela amizade e apoio de sempre.

Aos amigos do grupo de ambiência, Alexandre, Daniel, Daniele, Danilo, Edmundo, Fábio, Francine, Irineu, Jeferson, Késia, Laloní, Maria Eugênia, Marta, Miwa, Patrícia, Ricardo, Richardson, Yamília, pelos bons momentos que passamos.

À toda comunidade Feagriana, em especial do Departamento de Construções Rurais, do Campo Experimental e da Secretaria de Pós-graduação, professores, colegas, funcionários, pela convivência de todos esses anos.

Aos estagiários Alex Artigiani, Daniel Fernando Miqueletto e Jeferson Rodrigues pela preciosa ajuda na realização do experimento.

À CASP, Holambra e Granja A'Doro, pelo fornecimento das aves para o experimento.

À FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo apoio financeiro, sem o qual não teria sido possível a concretização desta pesquisa.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

Página de rosto	i
Ficha catalográfica	ii
Dedicatória	iii
Agradecimentos.....	iv
Índice	v
Índice de tabelas	vii
Índice de figuras	viii
Resumo.....	x
Summary	xii
1. Introdução	1
2. Objetivos	5
3. Revisão de literatura	6
3.1. Fisiologia dos frangos de corte	6
3.1.1. Homeotermia.....	6
3.1.2. Influência das variáveis climáticas na fisiologia dos frangos de corte	8
3.1.3. Perda de calor.....	12
3.2. A ventilação	15
3.3. A influência da ventilação nos frangos de corte	18
3.4. O uso de ventiladores	20
3.5 Ventiladores associados a nebulizadores	25
3.6 Experimentos com dispositivos de simulação climática.....	27
3.6.1. Túnel de vento.....	27
3.6.2. Câmara climática.....	28
4. Material e métodos	30
4.1. Experimento I.....	30
4.1.1. Caracterização do Experimento I.....	31
4.1.2. Variáveis registradas	32
4.1.3. Tempo de exposição.....	35
4.1.4. Comportamento.....	35
4.1.5. Análise dos dados.....	36
4.2. Experimento II	36
4.2.1. Caracterização do Experimento II.....	37
4.2.1.1. Cálculo da perda de calor sensível e latente	37
4.2.1.2. Perda de calor sensível e latente/ave.....	38
4.2.1.3. Perda de calor sensível e latente/kg	38
4.2.1.4. Perda de calor sensível e latente/kg peso metabólico	39
4.2.1.5. Perda de calor sensível e latente/cm ² área de superfície	39
4.2.2. Dispositivo de simulação climática tipo “túnel”	40
4.2.3. Variáveis registradas	42
4.2.4. Tempo de exposição.....	42
4.2.5. Análise dos dados.....	43

5. Resultados e discussão	44
5.1. Experimento I	44
5.1.1. Dados para 24 °C	45
5.1.2. Dados para 32 °C	48
5.1.3. Comportamento	51
5.1.3.1. Para aves submetidas a 24 °C	51
5.1.3.2. Para aves submetidas a 32 °C	51
5.2. Experimento II	52
5.2.1. Perda de calor/kg peso metabólico	52
5.2.2. Perda de calor/ave	59
5.2.3. Perda de calor/kg	65
5.2.4. Perda de calor/cm ² área de superfície corporal	70
5.2.5. Comportamento	76
5.3. Sugestões para outros trabalhos	76
6. Conclusões	77
6.1. Experimento I	77
6.2. Experimento II	77
7. Bibliografia citada	79
Anexos	86

Índice de Tabelas

Tabela 1: Valores de TMC para as temperaturas de 32 e 24 °C	45
Tabela 2: Médias de calor sensível (W/kg peso metabólico) para as condições estudadas	53
Tabela 3: Médias de calor latente (W/kg peso metabólico) para as duas velocidades de vento	54
Tabela 4: Médias de calor sensível (W/frango) para as duas velocidades de vento	59
Tabela 5: Médias de calor latente (W/frango) m para as duas velocidades de vento	60
Tabela 6: Médias de calor sensível (W/kg) para as duas velocidades de vento	65
Tabela 7: Médias de calor latente (W/kg) para as duas velocidades de vento	66
Tabela 8: Médias de calor sensível (W/cm ²) para as duas velocidades de vento	71
Tabela 9: Médias de calor latente (W/cm ²) para as duas velocidades de vento	72

Índice de figuras

Figura 1: Produção de calor <i>versus</i> temperatura ambiente	7
Figura 2: Relação entre a temperatura ambiente e o balanço térmico das aves...	13
Figura 3. Efeito da velocidade do ar e da temperatura de bulbo seco no trato respiratório de frangos.....	21
Figura 4: Representação esquemática do ventilador.....	31
Figura 5: Vista do termômetro de raio infravermelho, com mira a laser.....	33
Figura 6: Comportamento da velocidade do ar em 0,3 m de altura a partir do piso da câmara climática.....	35
Figura 7: Esquema do túnel de vento, em perspectiva sem escala	40
Figura 8: Vista externa do túnel e do ventilador tipo tufão	41
Figura 9: Vista interna do túnel de vento, com as aves e a tomada de dados	41
Figura 10: Valores de TMC para frangos com 21 dias de idade	46
Figura 11: Valores de TMC para frangos com 28 dias de idade	46
Figura 12: Valores de TMC para frangos com 35 dias de idade	46
Figura 13: Valores de TMC para frangos com 42 dias de idade	47
Figura 14: Valores de TMC para frangos com 49 dias de idade	47
Figura 15: Valores de TMC para frangos com 21 dias de idade	48
Figura 16: Valores de TMC para frangos com 28 dias de idade	48
Figura 17: Valores de TMC para frangos com 35 dias de idade	49
Figura 18: Valores de TMC para frangos com 42 dias de idade	49
Figura 19: Valores de TMC para frangos com 49 dias de idade	49
Figura 20: Perda de calor sensível e latente/kg de peso metabólico para a velocidade de 1,0 m/s, na densidade de 9 aves/m ²	55
Figura 21: Perda de calor sensível e latente/kg de peso metabólico para a velocidade de 0,3 m/s, na densidade de 9 aves/m ²	55
Figura 22: Perda de calor sensível e latente/kg de peso metabólico para a velocidade de 1,0 m/s, na densidade de 16 aves/m ²	56
Figura 23: Perda de calor sensível e latente/kg de peso metabólico para a velocidade de 0,3 m/s, na densidade de 16 aves/m ²	56
Figura 24: Perda de calor sensível e latente/kg de peso metabólico para a velocidade de 1,0 m/s, na densidade de 20 aves/m ²	57
Figura 25: Perda de calor sensível e latente/kg de peso metabólico para a velocidade de 0,3 m/s, na densidade de 20 aves/m ²	57
Figura 26: Perda de calor sensível e latente/ave para a velocidade de 1,0 m/s, na densidade de 9 aves/m ²	61
Figura 27: Perda de calor sensível e latente/ave para a velocidade de 0,3 m/s, na densidade de 9 aves/m ²	61
Figura 28: Perda de calor sensível e latente/ave para a velocidade de 1,0 m/s, na densidade de 16 aves/m ²	62

Figura 29: Perda de calor sensível e latente/ave para a velocidade de 0,3 m/s, na densidade de 16 aves/m ²	62
Figura 30: Perda de calor sensível e latente/ave para a velocidade de 1,0 m/s, na densidade de 20 aves/m ²	63
Figura 31: Perda de calor sensível e latente/ave para a velocidade de 0,3 m/s, na densidade de 20 aves/m ²	63
Figura 32: Perda de calor sensível e latente para a velocidade de 1,0 m/s, na densidade de 9 aves/m ²	67
Figura 33: Perda de calor sensível e latente para a velocidade de 0,3 m/s, na densidade de 9 aves/m ²	67
Figura 34: Perda de calor sensível e latente para a velocidade de 1,0 m/s, na densidade de 16 aves/m ²	68
Figura 35: Perda de calor sensível e latente para a velocidade de 0,3 m/s, na densidade de 16 aves/m ²	68
Figura 36: Perda de calor sensível e latente para a velocidade de 1,0 m/s, na densidade de 20 aves/m ²	69
Figura 37: Perda de calor sensível e latente para a velocidade de 0,3 m/s, na densidade de 20 aves/m ²	69
Figura 38: Perda de calor sensível e latente para a velocidade de 1,0 m/s, na densidade de 9 aves/m ²	73
Figura 39: Perda de calor sensível e latente para a velocidade de 0,3 m/s, na densidade de 9 aves/m ²	73
Figura 40: Perda de calor sensível e latente para a velocidade de 1,0 m/s, na densidade de 16 aves/m ²	74
Figura 41: Perda de calor sensível e latente para a velocidade de 0,3 m/s, na densidade de 16 aves/m ²	74
Figura 42: Perda de calor sensível e latente para a velocidade de 1,0 m/s, na densidade de 20 aves/m ²	75
Figura 43: Perda de calor sensível e latente para a velocidade de 0,3 m/s, na densidade de 20 aves/m ²	75

RESUMO

A transformação da criação de frangos de corte em uma atividade altamente industrial requer inovações constantes a fim de aumentar a produtividade, sem contudo, elevar o custo de produção. Nos últimos anos, as instalações destinadas à produção avícola têm se destacado principalmente pelo aumento na densidade de criação, o que necessita de um ambiente controlado para total desempenho produtivo das aves. Para que esse ambiente seja controlado de forma satisfatória, faz-se necessário o uso de equipamentos de controle, dentre os quais os ventiladores assumem grande importância. A maioria absoluta das granjas já adota esse equipamento nos galpões de criação, porém, nem sempre utilizando-o corretamente. O objetivo deste trabalho, então, foi avaliar o efeito dessa ventilação sobre a temperatura e a troca térmica em frangos de corte em dois dispositivos de simulação climática, uma câmara com temperatura e umidade controladas e um “túnel de vento”. Foi calculada a perda de calor sensível e latente dentro do túnel e a Temperatura Média Corporal (TMC) na câmara. Houve diferença significativa

($P < 0,05$) entre as TMC dos frangos submetidos a 32 e 24 °C, sendo maior para a primeira. Também foi encontrada diferença significativa entre as duas velocidades de vento, 0,3 e 1,0 m/s utilizadas no túnel de vento, tendo sido verificada a maior perda de calor para a velocidade de 1,0 m/s.

SUMMARY

Broiler production in Brazil has turned into a very competitive activity in the late years. Constant innovation leads to higher productivity maintaining the same cost of production, which is a desirable situation. Lately one characteristic for broiler housing in Brazil has been the increase in birds density requiring the use of controlled environment through the use of fan and fogging systems in order to achieve better birds productive performance. Most Brazilian producer already uses cooling equipment however it is still unknown the right way to control the wind speed and direction towards the birds. This present research has the objective to evaluate the effect of the wind speed on the heat transfer from the birds to the environment and on the Body Mean Temperature for broilers at 21, 28, 35, 42 and 49 days old. There was used birds placed in a wind tunnel measuring 1.10 m high by 1.10m wide x 10.0 m of length, and the birds density varied from 9, 16 and 20 birds/m². Two wind speeds were simulated 340 rpm (1.0 m/s) and 250 rpm (0.3 m/s). The increase in the wind velocity related to the smaller bird density led to a

higher heat loss and to a more uniform temperature distribution in its exposed areas.

The Body Mean Temperature was measured in a climatic chamber. The results showed statistics differences to two distances of fan.

1. Introdução

A criação de frangos de corte possui como características ser produzida em granjas com grande número de aves. Mesmo os pequenos produtores de frangos de corte possuem atualmente um mínimo de 10.000 frangos.

O moderno frango de corte industrial é um animal que atende à demanda protéica de uma população a preços bastante baixos, constituindo um exemplo vivo da contribuição da ciência e tecnologia à melhoria da qualidade de vida da sociedade humana já que a produção em larga escala permite produzir carne a custos bem baixos.

Os frangos de corte são de alta qualidade, tanto pelo potencial genético quanto pelo manejo adotado. As grandes organizações avícolas possuem abatedouros com inspeção federal, conferindo qualidade superior às carcaças das aves.

Os frangos de corte são abatidos com cerca de metade de seu peso adulto, ou seja, muito jovens ainda. Isso confere à carne uma textura bastante macia, sabor

diferenciado e pouco pronunciado. Quando temperado adequadamente, possui sabor de aceitação universal sem rejeição alguma, mesmo por parte dos consumidores novos.

O frango possui carcaça de cor amarelo-clara. Há carcaças de frangos de corte industrial com pigmentação mais acentuada, próxima à do frango caipira. Isso é conseguido utilizando-se rações contendo ingredientes ou aditivos especiais com poder pigmentante para a coloração amarelo-avermelhada (SILVA e NAKANO, 1998).

A avicultura vem se mostrando, ano após ano, como uma das mais importantes fontes de proteína animal para a população mundial. No Brasil, o crescimento da produção, do consumo e das exportações são desafios continuamente alcançados. Em termos de volume de produção, o Brasil é um dos mais importantes produtores mundiais de carne de frango, superado apenas pelos Estados Unidos e pela China, com 4.460.924 t de carne produzida em 1997, tendo o custo mais baixo de produção.

Um fato marcante do consumo brasileiro de frango está relacionado à mudança na apresentação dos produtos. Segundo o IBGE, observa-se o aumento da participação de produtos mais elaborados no consumo brasileiro, indicando que o país está seguindo a tendência mundial. Estimativas para os EUA indicam que, no ano 2000, a estratificação do consumo de frango entre inteiro, cortes e industrializados será de 8%, 46% e 46%, sendo que há vinte anos atrás esses valores eram de respectivamente, 50%, 40% e 10% (ANUÁRIO 2000, 2000).

O consumo de carne de frango pelos brasileiros saltou de 2,3 kg/ *per capita*/ano em 1970 para 24,7 kg/ *per capita* /ano em 1998, enquanto que o consumo de suínos manteve-se constante e o de carne bovina aumentou de 22,8 para 35,9 kg/ *per capita*/ ano, no mesmo período (SILVA, 1998). Isto deveu-se também em parte ao Plano Real que estabilizou a economia brasileira e conferiu maior poder aquisitivo à população de renda baixa.

A transformação do frango de corte original numa eficiente máquina de produzir carne, levou à mudanças importantes no processo de produção, tais como a adoção de instalações onde os produtores pudessem obter a maior densidade de aves por galpão, otimizando a mão-de-obra, e facilitando o manejo, constituindo-se, no entanto, em um fator estressante para a ave.

Um dos problemas enfrentados pelos produtores, decorrente dessa situação, é o estresse calórico. A alta densidade dos lotes, em galpões com características construtivas inadequadas, gera um ambiente inadequado em termos de conforto térmico, o que leva as aves a uma menor ingestão de alimentos e menor produtividade, não raro causando sua morte.

A indústria avícola tem se expandido para novas áreas, partindo de pontos tradicionais, como o oeste catarinense e deslocando-se para regiões como o centro-oeste, com outras características fisiográficas.

Dentro do galpão avícola, novas tecnologias são incorporadas, como o controle ambiental da instalação.

De maneira geral, toda granja possui, no mínimo, ventiladores para uma melhor renovação do ar, bem como para oferecer uma sensação de conforto térmico aos frangos, já que as temperaturas normalmente alcançadas estão muito além da faixa de termoneutralidade requerida pelas aves em questão.

Muitas vezes, os ventiladores são utilizados de maneira incorreta, seja pela localização ineficiente, instalação incorreta ou capacidade diferente da necessária. Por isso, grandes áreas dentro de um aviário podem ser prejudicadas, não recebendo ventilação e, conseqüentemente, sem fornecer a renovação de ar necessária, ou recebendo-a em excesso.

A má localização dos sistemas de ventilação pode causar transtornos às aves, que, recebendo muita ventilação na maior parte do tempo, sofrerão desgaste. A incidência direta do vento sobre o dorso, pode ter diversas conseqüências, desde mudança de comportamento, até problemas fisiológicos, implicando em perda de apetite e queda na produtividade.

2. Objetivos

2.1. Gerais

Avaliar os efeitos da ventilação sobre os frangos de corte.

2.2. Específicos

- a) Avaliar o efeito da ventilação artificial positiva, produzida por ventiladores comerciais utilizados em aviários, sobre a temperatura corporal dos frangos de corte, em câmara climática;
- b) Avaliar a troca térmica em frangos de corte, em condições tipo túnel de vento.

3. Revisão de literatura

3.1. Fisiologia dos frangos de corte

3.1.1. Homeotermia

De acordo com NÄÄS^(a) (1995), a ave é um animal homeotermo e seu organismo é mantido a uma temperatura interna constante, através do aparelho termorregulador, que comanda a redução ou o aumento das perdas de calor pelo organismo, através de alguns mecanismos orgânicos de controle. Para a manutenção do conforto térmico, há necessidade de equilíbrio nos sistemas internos de aquecimento e refrigeração.

Os animais são sistemas termodinâmicos abertos: ingerem energia e metabolizam as moléculas dos alimentos constantemente. A homeotermia animal é um processo vital e produtivo que requer uma temperatura corporal constante (CURTIS, 1987).

O sangue conduz a termorregulação. A capacidade calórica do sangue similar à água o faz um veículo ideal para a transferência de calor entre os tecidos profundos do organismo e os periféricos. A distribuição termorregulatória do sangue é um balanço dos reflexos cardiovasculares. Sob estresse calórico agudo, os processos termorregulatórios tornam-se prioritários para o organismo e os gases respiratórios, nutrientes e funções de limpeza do sistema cardiovascular passam a ter importância secundária (DARRE e HARRISON, 1987).

A Figura 1 mostra a curva de produção de calor *versus* temperatura ambiental, onde pode-se identificar a faixa de termoneutralidade onde a ave desperdiça o mínimo de energia para se defender do calor ou frio. A localização desta faixa, varia conforme a temperatura ambiente, tamanho do animal, manejo, aspectos nutricionais e estrutura física da instalação (FREEMAN, 1988).

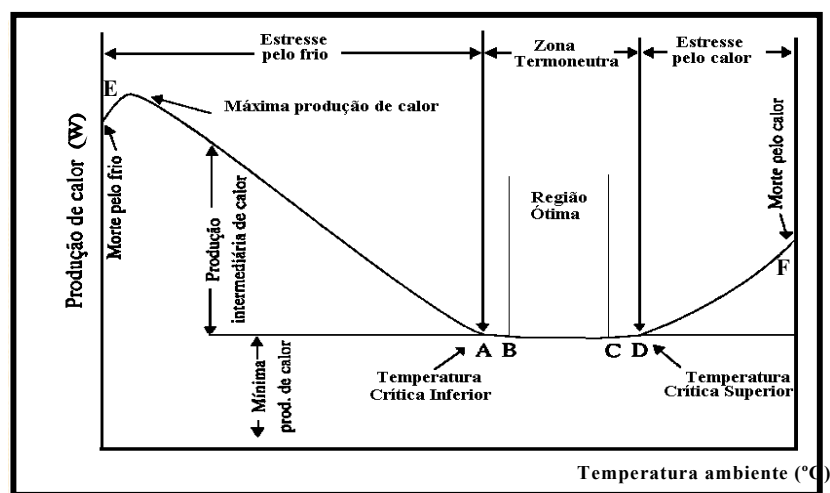


Figura 1 – Produção de calor *versus* temperatura ambiente (FREEMAN, 1988).

A figura acima é a representação gráfica da equação do balanço térmico. A temperatura ambiente, representada no eixo horizontal, incorpora o efeito da radiação, vento e umidade relativa. A zona BC corresponde à faixa de temperatura ambiental onde o animal exerce o menor esforço de termorregulação (maior eficiência térmica), sendo chamada de zona de conforto térmico. A faixa AD é chamada de zona de termoneutralidade, correspondendo a um esforço mínimo para que o animal acione os mecanismos de termorregulação. O ponto A, chamado de temperatura crítica inferior, é aquele em que o animal aciona os mecanismos de produção de calor de modo a manter o equilíbrio térmico interno. Os pontos E e F são os de hipotermia e hipertermia, respectivamente, representando as regiões onde há óbito, seja pelo frio ou pelo calor.

Um frango pesando 1 kg vai ingerir cerca de 700 kJ de energia metabolizável/dia. Sua capacidade calórica é de cerca de 5 kJ/kg e para estocar 0,007 kJ de sua ingestão diária diretamente como calor, aumentará sua temperatura corporal em 1 °C, uma quantidade considerável de calor (EMMANS, 1981).

Os frangos de corte, a exemplo de outros animais, produzem melhor quando seu ambiente está dentro da zona de termoneutralidade. O aviário e sistemas de controle podem ser mudados para oferecer estas condições.

3.1.2. Influência das variáveis climáticas na fisiologia dos frangos de corte

De acordo com EMMANS (1981), muitos componentes do ambiente físico podem afetar a perda de calor. Em ordem de importância: temperatura de bulbo

seco, temperatura radiante, velocidade do ar e temperatura de bulbo úmido (mas somente em altas temperaturas de bulbo seco). Estes fatores podem ser combinados numa escala de temperatura efetiva, T ($^{\circ}\text{C}$).

A produtividade ideal na avicultura de corte, pode ser obtida quando a ave estiver submetida a uma temperatura ambiente adequada, sem nenhum desperdício de energia, tanto para compensar o frio, como para acionar seu sistema de refrigeração.

Altas temperaturas são estressantes para as aves, reduzindo a taxa de crescimento, a eficiência alimentar e aumentando a taxa de mortalidade, bem como aumentando o consumo de água. BEKER e TEETER (1994) concluíram em um estudo variando a temperatura da água de bebida que, durante a exposição às altas temperaturas, a ingestão de água é inversa ao consumo de ração e taxa de crescimento.

ZHOU *et alli* (1997)^(a) determinaram os efeitos da exposição precoce ao calor nas respostas termorregulatórias em frangos de corte. Um grupo de aves (A) foi submetido a 38°C aos 5 dias e outro (B) mantido como testemunha. Esses dois grupos foram submetidos a temperatura de 33°C por 3 horas aos 45 dias. Não houve diferença significativa na produção de calor entre os dois grupos. Já para a temperatura abdominal, temperatura das patas e da pele, estas foram maiores para o grupo A.

CHENG *et alli* ^(b) (1997) estudaram o efeito das temperaturas de 21, 23,8, 26,6, 29,4, 32,2 e 35°C na performance de frangos de corte *Arbor Acres* e encontraram

que a temperatura afetou significativamente ($p < 0,01$) o ganho de peso, a ingestão total de alimento e a conversão alimentar. O ganho de peso foi inversamente relacionado à temperatura. Eles concluíram que os frangos necessitam de ambiente resfriado durante o período de crescimento.

QUINN *et alli* (1998) monitoraram as condições ambientais (temperatura de bulbo seco e umidade relativa) e medidas fisiológicas (temperatura retal e batimentos cardíacos) em um caminhão de transporte de aves em dois períodos, um no inverno e outro no verão (na Inglaterra), por um período de 4 horas. Para as duas estações, os resultados não mostraram diferenças significativas nas alterações fisiológicas das aves, em relação às mudanças nas condições ambientais no transporte.

Num estudo relacionando a temperatura corporal ao ganho de peso, consumo e metabolização em aves, COOPER e WASHBURN (1998) concluíram que temperaturas acima de 32 °C resultaram em um aumento significativo na temperatura corporal. Já a correlação entre a temperatura corporal e ganhos de peso e conversão alimentar dependem da idade e das condições de alojamento.

De acordo com trabalho de GIVISIEZ *et alli* (2000), aves submetidas a altas temperaturas aos 5 dias de idade apresentaram uma melhor resposta ao estresse à idade de abate.

FURLAN *et alli* (2000) estudaram o efeito da densidade de alojamento e da temperatura ambiente sobre a temperatura corporal de frangos. Os resultados revelaram um efeito significativo da densidade de alojamento. Houve uma elevação

linear na temperatura corporal dos frangos com o aumento na densidade de alojamento. No caso da temperatura ambiente, até a temperatura de 25 °C, as aves foram capazes de manter a homeostase térmica. Já para a temperatura de 35 °C, os frangos não foram capazes de manter a temperatura corporal, entrando em estado de estresse calórico.

A umidade do ambiente afeta indiretamente o desempenho das aves, interferindo na qualidade do ar através da concentração de poeira e patógenos (HELLICKSON e WALKER, 1983).

Os efeitos da umidade relativa na taxa de crescimento e na termorregulação de perus em altas temperaturas foram estudados por YAHAV *et alli* (1998). Eles expuseram as aves à temperaturas ambientes de 35 °C e UR de 40 a 75% e 50 a 85%. Os resultados indicaram que o peso corporal e a ingestão de alimento aumentaram quando a umidade relativa aumentou de 40 para 75%. Quando a UR aumentou de 50 para 85% o peso corporal e a ingestão de alimento declinaram significativamente.

A radiação solar afeta o diferencial de temperatura dentro das estruturas muito mais do que a velocidade do vento e sua direção. Porém, a velocidade do vento tem um efeito significativo na temperatura. Velocidades de vento altas proporcionaram as maiores diferenças de temperatura entre o ar exterior e o ar interno ao aviário, segundo experimento de VLADIMIROVA *et alli* (1996) sobre a influência do nível de sombra, velocidade e direção do vento, nas temperaturas no interior do aviário.

MORAES *et alli* (2000) estudaram o efeito da densidade populacional sobre a carga térmica radiante de frangos criados no verão e inverno. Os resultados mostraram que a carga térmica aumentou conforme a idade e isto se deve à relação direta entre dissipação de calor e peso corporal. As diferentes densidades populacionais não exerceram efeito sobre a carga térmica.

3.1.3. Perda de calor

Todos os animais trocam calor por condução, convecção, radiação e evaporação. As aves perdem calor por estes métodos, mas o processo é dividido em duas categorias: perda de calor sensível e perda de calor latente. A perda de calor sensível é aquela direta, devido ao movimento do ar na superfície da ave, removendo calor. A perda de calor latente, ou calor evaporativo é o calor associado com a mudança de fase da água. Este tipo é o calor usado pelas aves para evaporar água em seus pulmões e sacos aéreos. Embora as aves sempre usem estes métodos de resfriamento, eles tornam-se vitais quando a temperatura ambiente aproxima-se da temperatura corporal (MITCHELL, 1987).

Os fatores ambientais que determinam a perda de calor de um homeotermo são a temperatura, a umidade, o movimento do ar e a distribuição da energia radiante sobre a superfície corporal, segundo MONTEITH e MOUNT (1974).

Na Figura 2, pode-se observar a relação entre a temperatura ambiente e o balanço térmico das aves.

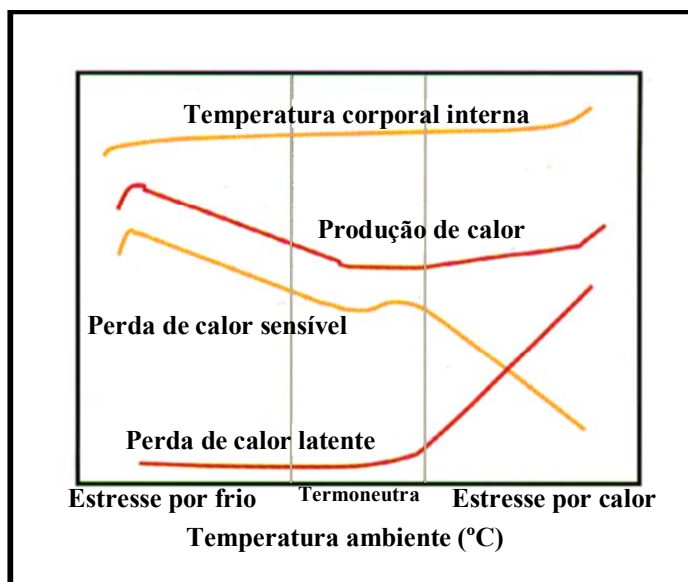


Figura 2: Relação entre a temperatura ambiente e o balanço térmico das aves (WIERNUSZ, 1998).

Cada animal produz calor e umidade. Um frango de corte com 42 dias perde 5,8 W/kg de calor total. A perda de calor sensível da ave geralmente diminui e a perda de calor latente aumenta com o aumento da temperatura ambiente. A perda de calor total é diretamente proporcional ao peso metabólico (HELLICKSON e WALKER, 1983).

Conforme MACARI *et alli* (1994) e DAGHIR (1995), a manutenção da temperatura corporal da ave é função dos mecanismos de produção e perda de calor. O calor é dissipado através de especializações anatômicas nas aves, que aumentam o fluxo de sangue para a superfície, que pode perder calor por radiação e condução (barbela, crista, asas e patas).

O animal pode influenciar sua própria perda de calor por uma mudança em seu comportamento ou por mudanças anatômicas. Animais em grupo podem ajuntar-

se para se proteger do frio; animais sozinhos podem reduzir suas superfícies por mudanças na postura e podem mover-se. Animais alimentados com menos ração mostraram uma perda de calor menor em baixas temperaturas do que aqueles alimentados *ad libitum* (EMMANS, 1981).

As aves não possuem glândulas sudoríparas. Portanto, para HARRISON (1995), elas apenas podem lançar mão da ofegação, facilitando o resfriamento evaporativo pela eliminação de umidade do trato respiratório. Porém, junto com esse aumento de evaporação, há uma perda de dióxido de carbono do corpo, o que pode levar à uma alcalose respiratória, desequilibrando o organismo da ave.

A produção de calor sensível e latente em uma estrutura foi avaliada em um aviário fechado e ventilado, como um túnel de vento, por GATES *et alli* (1995). Eles concluíram que quanto maior a ventilação, maior a remoção de calor sensível.

Aumentando a movimentação do ar sobre a superfície corporal das aves, é facilitada a perda de calor da ave para o ambiente por processos convectivos. A movimentação do ar reduz a temperatura retal e a taxa respiratória das aves, amenizando o estresse térmico a qual estão sendo submetidas.

SIMMONS *et alli* (s/d) estudaram a perda de calor em frangos submetidos a várias velocidades do vento e temperaturas ambientes. Usaram valores de temperatura ambiente de 29, 32 e 35 °C e velocidades de vento de 1 a 3 m/s, com aumentos de 0,5 m/s. Os resultados indicaram que com o aumento da velocidade do vento, ocorre um aumento na perda de calor sensível e correspondente diminuição na perda de calor latente.

ZHOU e YAMAMOTO^(b) (1997) estudaram os efeitos da temperatura ambiental e a produção de calor de frangos atribuídas à ingestão de alimento nas respostas fisiológicas. A produção de calor aumentou com o aumento da ingestão de alimentos e da temperatura ambiente.

3.2. A ventilação

O ventilador é uma bomba de ar funcionando para vencer as pressões de resistência impostas pelos dutos e demais equipamentos do sistema de ventilação. De modo geral, a capacidade do ventilador é proporcional à sua rotação: a pressão, ao quadrado da rotação, a potência e ao cubo da rotação (BAÊTA e SOUZA, 1997).

A ventilação é um meio eficiente de reduzir a temperatura dentro das instalações avícolas, por aumentar as trocas térmicas de convecção, sendo definida como um sistema de troca de ar, acompanhado por um ou mais dos seguintes fatores:

- prover uma quantidade de ar fresco, sem correntes de ar, a todas as partes da construção. Uma corrente de ar é uma velocidade acima de 0,15 a 0,30 m/s em climas frios, dependendo do tamanho do animal. No verão, estes limites podem ser excedidos, exceto para animais recém-nascidos. Velocidades de ar altas, podem também criar excessivos níveis de poeira.
- manter a temperatura dentro dos limites estabelecidos no aviário.
- manter a umidade relativa dentro dos limites requeridos para frangos de corte, além de remover gases como amônia (WATHES e CHARLES, 1994).

A ventilação ocorre numa instalação por causa da diferença na pressão estática entre o interior e o exterior da construção. Se o ventilador joga ar para dentro da instalação através de aberturas, a pressão estática na instalação é maior que a de fora e, normalmente, é chamada de sistema de pressão positiva. Se o ventilador remove ar da estrutura, a pressão estática no aviário será menor que a externa, e o ar fluirá para dentro através de aberturas, constituindo um sistema de pressão negativa (ASAE , 1995).

A ventilação natural pode ser usada para reduzir a carga térmica nos animais e controlar as temperaturas ambientes internas em climas quentes. O fluxo de calor do ar que entra e sai do aviário é proporcional as trocas de ar dentro da estrutura. As trocas de ar em estruturas naturalmente ventiladas são geradas por diferenças térmicas. NÄÄS *et alli*^(a) (1998) desenvolveram um algoritmo para determinar a efetividade das aberturas nas construções com ventilação natural. As expressões podem ser usadas para estimar a contribuição das aberturas na taxa de ar trocada entre o ar que entra e que sai das aberturas.

De acordo com GIVONI (1980), as condições de ventilação dentro de uma instalação estão entre os primeiros fatores determinantes de saúde, conforto e bem estar, tendo um efeito direto no organismo animal, através de efeitos sensoriais e físicos, por sua influência na temperatura e umidade das superfícies e do ar interno.

A ventilação serve a três funções distintas. A primeira é manter a qualidade do ar na instalação, mantendo um nível mínimo de troca do ar interno. A segunda função é providenciar conforto térmico pelo aumento da perda de calor corporal e

prevenção do desconforto. A terceira é o resfriamento da estrutura da instalação, através da convecção, quando a temperatura interna é maior do que a externa. A importância relativa de cada uma destas três funções depende das condições climáticas reinantes nas diferentes estações do ano e regiões do país.

Uma instalação adequada, para NÄÄS^(b) (1995), prevê uma boa circulação de ar, remoção da umidade que se forma dentro da edificação e a dispersão do excesso de calor gerado pela presença dos animais.

Doenças crônicas, baixo ganho de peso e performance pobre estão entre os muitos problemas que podem resultar de uma má ventilação no aviário. Para diagnosticar estes problemas e determinar se o sistema de ventilação está funcionando perfeitamente, precisa-se de alguns equipamentos de monitoração. Usando-os apropriadamente, pode-se visualizar o fluxo do ar e características importantes, como: velocidade do ar, velocidade de rotação do ventilador, pressão estática, temperatura, umidade e a concentração de amônia e outros gases (BOTTCHEER, 1995).

Para obter a temperatura ideal exigida pelas aves, as instalações avícolas têm que sofrer adaptações, como o uso de cortinas fechando total ou parcialmente a instalação, consorciado com ventiladores. Num trabalho com modelos em escala, simulando um sistema parcialmente fechado com ventilação forçada,

NÄÄS *et alli* ^(a) (1998) concluíram que este sistema é muito eficiente, principalmente para temperaturas superiores à 30 °C.

MOURA^(a) (1998) testou o efeito da ventilação em modelos em escala reduzida e distorcida, com orientações diferentes. A ventilação nos modelos orientados nas duas direções (norte-sul e leste-oeste) contribuiu para o abaixamento da temperatura de bulbo seco, em média 2 °C, e da temperatura de globo negro, em média 3 °C.

3.3 A influência da ventilação nos frangos de corte

Uma instalação avícola ideal em termos de conforto térmico proporcionado às aves, prevê uma circulação de ar adequada com a finalidade de remover o excesso de umidade e calor concentrado no interior dos galpões. Na maioria das regiões produtoras brasileiras, somente a ventilação natural não é suficiente para manter lotes mais pesados dentro da região de termoneutralidade (NÄÄS^(b), 1997).

O primeiro objetivo da edificação é modificar o clima externo, criando condições ótimas para a produção animal. Ventilação é a chave para o controle de temperatura e níveis de umidade e para a dispersão de gases e poeira produzida dentro do galpão. A ventilação natural é o processo que possibilita esses processos a baixo custo, de capital e manutenção (BAPTISTA e MENESES, 1997).

Aumentando a velocidade do ar de 0,2 para 2,5 m/s ao redor de aves, aumenta o ganho de peso e a eficiência no uso da água de aves com 1,4 kg, quando a temperatura variou de 21 a 36 °C. Aumentos similares na velocidade do ar aliviaram o estresse térmico de aves com 8 semanas, expostas à temperaturas ambientes menores que a temperatura corporal de 40,6 °C. Para temperaturas ambientais

maiores que a temperatura corporal do frango, um aumento na velocidade do vento pode aumentar o estresse térmico (ASAE, 1995).

A ventilação é especialmente crítica durante o verão, já que as aves são suscetíveis ao estresse calórico quando expostas à altas temperaturas em combinação com alta umidade. Os aviários são comumente ventilados por convecção natural e ventos, com cortinas em ambos os lados, além de ventiladores.

XIN (1997) estudou o comportamento das aves, submetidas a temperaturas ambientes variáveis, de 21° a 38 °C, chegando à conclusão de que a taxa de mortalidade e ganho de peso não foram afetadas quando houve uso de ventilação.

CARR e NICHOLSON (1980) testaram três taxas de ventilação, chamadas de baixa, média e alta, constatando-se uma diminuição na umidade da cama e na quantidade de amônia no ar, dentro do aviário, à medida que aumentou-se a ventilação. Também o ganho de peso foi afetado, ocorrendo diferença significativa entre as três taxas de ventilação.

A amônia (NH_3) presente no ar dentro do aviário afeta o desempenho das aves no que diz respeito à taxa de crescimento, eficiência alimentar, qualidade de carcaça e susceptibilidade à doenças, além da saúde dos trabalhadores. Para minimizar estes efeitos, pesquisas mostram que o nível de amônia deve ser mantido abaixo de 25 ppm. O método mais fácil para controlar a amônia é o controle da taxa de ventilação, que pode ser feito com um simples ajuste na taxa de ventilação mínima ou na variação da velocidade dos ventiladores. Aumentando-se a taxa de ventilação, geralmente a concentração de amônia é diluída.

Para NÄÄS^(a) (1995), a velocidade máxima de vento perto das aves confinadas não deve ultrapassar 2,0 m/s, determinando limitações no uso abusivo de ventiladores, pois acarretaria problemas respiratórios.

O dimensionamento adequado de ventiladores está relacionado com o número total de aves adultas alojadas, as temperaturas interna e externa, velocidade externa do ar e eficiência de aberturas.

Analizando condições de conforto na espera do abatedouro, em caminhões, SILVA *et alli* (1997) concluíram que o uso de ventiladores e nebulizadores contribuiu para uma melhor condição às aves, reduzindo seu estresse térmico.

3.4. O uso de ventiladores

Os sistemas de ventilação podem ser classificados em natural, artificial e misto. Depender somente da ventilação natural, na maioria dos casos, é arriscado porque os valores de temperatura e umidade relativa que ocorre na maioria das regiões do país, principalmente no verão, ultrapassam os valores críticos a que o frango deve ser exposto, representando perda de produção.

Os ventiladores são classificados pela taxa de fluxo volumétrico. A taxa de ventilação pode ser obtida pela multiplicação da taxa do fluxo de massa pelo volume específico obtido de uma carta psicrométrica com condições escolhidas para representar aquelas no ventilador.

Para MOUEDDEB *et alli* (1998) ventiladores comerciais têm a performance de seu fluxo de ar como uma função do diferencial da pressão estática.

A diferença entre a pressão estática interna e a externa do ar no galpão faz com que haja o movimento do ar e conseqüentemente, mantêm a temperatura crítica superior mais baixa, como mostra a Figura 3.

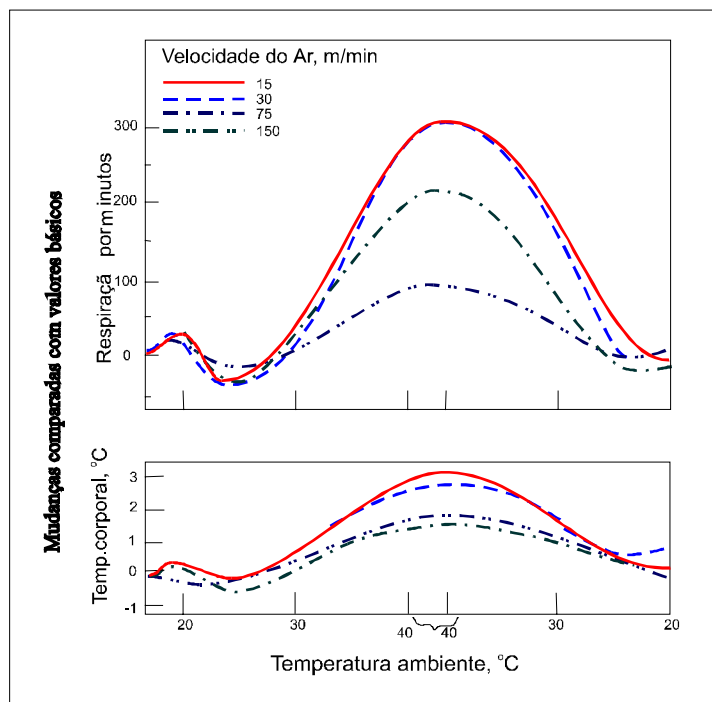


Figura 3. Efeito da velocidade do ar e da temperatura de bulbo seco no trato respiratório de frangos (ERNST, 1995).

Na figura acima verifica-se que quanto maior foi a ventilação, menor foi a diferença observada na quantidade de movimentos respiratórios/minuto e menor a diferença na temperatura corporal. Já para velocidades do ar menores, houve uma elevação na temperatura corporal e nos movimentos respiratórios/min, principalmente quando a temperatura ambiente chegou aos 40 °C.

A colocação dos ventiladores deve ser feita em contraposição ao fluxo de calor gerado pelos demais equipamentos colocados (aspersores, por exemplo), ou seja, deve-se optar pela colocação dos ventiladores de maneira que se forme a maior turbulência possível, visto que a perda de calor por convecção está associada à velocidade do fluxo de ar e à maneira como o ar se move.

Normalmente, os ventiladores são colocados a 1,2 m de altura, em média, inclinados para baixo ligeiramente, visando incrementar a turbulência. Geralmente, ocorrem zonas “mortas” de ventilação, ou seja, áreas sem ventilação, o que ocasiona o acúmulo das aves nos locais mais ventilados (SANTIN, 1996).

Para ZHANG e BARBER (1993), um bom sistema de controle de ventilação é aquele que consegue equilibrar a remoção de umidade e manter o balanço de calor sensível. Os autores simularam um aviário usando um modelo dinâmico para determinar quanto que a taxa de ventilação poderia ser eficaz no período quente do ano. Usaram para tanto três estágios de ventilação, num total de 2200 m³/h. A umidade relativa foi menor do que 75% porque a taxa de ventilação foi sempre maior àquela requerida para o balanço de umidade.

TURCO *et alli* (1996) estudaram treze conjuntos motor-ventiladores, em instalação de 30 x 15 x 3 m, concluindo que não há uniformidade nos equipamentos utilizados na avicultura brasileira, em termos de consumo de energia elétrica e de eficiência de ventilação.

Num estudo com ventilação forçada, TIMMONS e HILLMAN (1993) concluíram que o aumento da velocidade do ar é um meio efetivo de reduzir o

estresse térmico e que, aumentando-se a velocidade do ar para 2,0 m/s a 35 °C, aumentou-se a perda de calor por convecção e reduziu-se a perda por evaporação.

XIN *et alli* (1996) testaram dois sistemas de ventilação em quatro aviários, em Arkansas, medindo 12 x 121 m. Dois dos quatro aviários tinham ventilação convencional e os outros dois usavam ventilação em túnel. Os ventiladores usados tinham 0,9 m de diâmetro. O trabalho tentou estimar um valor para a mínima ventilação para o controle de amônia, concluindo que a mínima ventilação requerida ultrapassa àquela necessária para o controle de umidade, ou seja, utilizando-se uma ventilação correta para renovação de ar e remoção de umidade, estará se fazendo um controle adequado da quantidade de amônia no aviário.

O uso de ventiladores axiais à noite, em aviários ventilados naturalmente, com uso de cortinas tem mostrado uma melhora no desempenho das aves em climas quentes. Estudos, em campo, recentes mostraram que reduzindo a velocidade dos ventiladores, melhora-se o desempenho das aves. Este aumento no uso dos ventiladores à noite ajuda a aumentar a perda de calor das aves, sem aumento substancial no gasto de energia elétrica. Quando as aves estão em estresse calórico, estocam o calor recebido durante o dia no organismo, não podendo dissipá-lo à noite. Aumentando o uso de ventiladores à noite, acelera-se este processo de perda de calor, ganhando em peso e conversão alimentar BOTTCHER e BISESI (1993).

BOTTCHER *et alli* (1994) conduziram um experimento na Carolina do Norte, EUA, envolvendo frangos em produção em dois galpões com ventilação natural, com ventiladores acionados por termostatos no galpão testemunha, mantendo o

controle do termostato por volta de 10 °C abaixo do normalmente empregado em climas quentes. Os autores quiseram testar se havia um potencial significativo para reduzir as perdas no desempenho associados com o estresse calórico em galpões naturalmente ventilados com ventiladores. Os resultados mostraram que esta estratégia é interessante apenas para temperaturas ambientes acima de 30 °C.

A ventilação natural tem sido o método predominante de ventilação nos aviários. Em lugares com aberturas favoráveis, este método pode remover efetivamente o calor e umidade produzido pelas aves, durante o tempo quente. Entretanto, a velocidade do ar ao nível das aves pode ser muito baixa, para um resfriamento efetivo. BOTTCER *et alli* (1998) desenvolveram um modelo de ventilador axial, de pás largas, com alta potência, para uso em aviários, com 2,49 m de diâmetro. Os autores concluíram que este ventilador “tufão” é mais eficiente do ponto de vista energético do que os convencionais, além do que cobrem uma área maior de piso. Testando este ventilador para perus em crescimento, em outro trabalho (BOTTCER *et alli*, 1996) concluíram que esses ventiladores promoveram uma velocidade de 1 m/s próxima ao piso.

SIMMONS *et alli* (1998) estudaram as variações na taxa do fluxo de ar de ventiladores em aviários tipo “túnel”. Foram estudados ventiladores colocados “lado a lado” e em ângulo de 90° um com o outro. Os resultados mostraram um melhor desempenho para os ventiladores colocados em ângulo de 90°.

XIN *et alli* (1998) estudaram os níveis mínimos de ventilação exigidos para perus durante o período de crescimento e engorda. Foram medidos a produção de

calor, umidade e CO₂ por 5 semanas, durante o período de crescimento. Eles encontraram que a ventilação mínima recomendada era muito menor do que a realmente exigida.

As condições de ventilação local podem ser alteradas com a presença de vegetação, edificações e outros anteparos naturais ou artificiais. Pode-se tirar partido do perfil topográfico de um terreno para canalizar os ventos, desviando-os ou trazendo-os para a edificação (LAMBERTS *et alli*, 1997).

FURLAN *et alli*^(a) (2000) avaliaram o efeito da velocidade do ar e tempo de exposição à ventilação na temperatura da superfície corporal e retal de frangos. As aves foram submetidas a cinco diferentes velocidades do ar, 5,7; 4,2; 3,1; 2,4; e 1,8 m/s. As temperaturas da cabeça, dorso, patas e retal foram monitoradas a cada 10 minutos durante 30 minutos para cada velocidade do ar. Os resultados mostraram que a exposição ao vento afetou a temperatura das patas e dorso, com uma rápida redução nos primeiros 10 minutos de exposição. A velocidade de 2 m/s a uma temperatura de 29 °C aumentou a perda de calor nos frangos.

3.5. Ventiladores associados a nebulizadores

A associação de sistemas de ventilação e de nebulização vem potencializar a climatização de uma edificação, por permitir a circulação de ar frio no ambiente interno, aumentando a remoção de calor, que é função direta da diferença de temperatura entre o ambiente externo e interno e entre o ambiente interno e o frango alojado (NÄÄS^(a), 1997).

SIMMONS e DEATON (1989) estudaram o sistema de resfriamento evaporativo no aumento da produção de frangos de corte. Foram utilizadas aves de 4 a 9 semanas de idade, em ambiente com controle de umidade e temperatura. As temperaturas testadas foram de 21 °C e 24 a 29 °C com resfriamento evaporativo. Os resultados mostraram que, com 6 semanas, a melhor taxa de conversão, que também produziu o mais alto ganho de peso ocorreu com o resfriamento evaporativo.

BERRY *et alli* (1990) desenvolveram e testaram um sistema para resfriamento de aves por aplicação direta da regulação entre a superfície da água e do frango. Os resultados encontrados indicaram que o sistema de resfriamento da superfície do frango teve vantagens quando comparado com o resfriamento evaporativo convencional. A taxa de mortalidade para o sistema de resfriamento da superfície foi menor do que do resfriamento evaporativo convencional.

CZARICK e LACY (1991) fizeram uma comparação no desempenho de aves e condições ambientais em dois aviários, um no sistema de túnel e outro no sistema de manejo de cortinas convencional. Os dois aviários tinham sistema de nebulização. As temperaturas foram medidas a 1, 2, 3 e 4 metros do piso, usando-se termopares. A umidade foi coletada no meio dos galpões. Os resultados mostraram que a combinação da diminuição da temperatura do aviário e o aumento da velocidade do ar resultou em um aumento significativo no peso corporal e na conversão alimentar para os frangos criados no sistema de túnel.

SILVA e NÄÄS (1998) estudaram a redução da temperatura interna em aviários de postura, através do sistema de resfriamento adiabático evaporativo por

nebulização, ligado, de maneira intermitente, por 30 minutos e desligado por 15. Houve uma redução de 2,5 °C, em média, na temperatura interna dos aviários.

MOURA e NÄÄS (1998) estudaram sistemas de ventilação associados a nebulização (*pad cooling* e ventilação “tipo túnel”), concluindo que a melhor distribuição de temperatura ocorreu no interior do aviário com *pad cooling*.

BAUGHMAN *et alli* (1998) avaliaram o uso de “paddle fans” e ventiladores axiais em criação de perus. Os resultados mostraram que o paddle fan é superior. O peso final foi maior, a conversão alimentar mais eficiente e a mortalidade foi menor. Isto sugere que a velocidade do ar alta ao nível das aves foi um fator significativo na redução do estresse térmico e manutenção do desempenho e sobrevivência dos indivíduos.

3.6. Experimentos com dispositivos de simulação climática

3.6.1. “Túnel de vento”

O objetivo primeiro da ventilação em túnel é obter fluxo de ar ao longo de toda área do aviário. Uma exceção é observada quando se tem aviários com entradas em ambos os lados menores e exaustores no meio do aviário, ou vice-versa. Nestas condições, o fluxo pode ser reduzido à metade.

LEON *et alli* (1996) construíram um dispositivo de simulação, o qual chamou de “túnel de vento” para testar a eficiência de ventiladores em experimentos. O dispositivo mostrou-se eficiente na simulação de velocidade, umidade e temperatura, além de manter as condições previamente impostas por longo tempo.

VERLINDE *et alli* (1998) também estudaram um coeficiente de ventilação para ventilação natural induzida em instalações para bovinos, através de um dispositivo do tipo “túnel de vento”. Concluíram que o dispositivo oferece boas condições para esse estudo e que os resultados são similares à realidade.

O sistema de climatização, chamado de túnel de ventilação é dimensionado para prover troca de ar suficiente, bem como uma velocidade de ar alta ao nível das aves. Uma boa taxa seria de uma troca a cada 15 segundos (BOTTCHEER e CZARICK, 1997).

LEYENDECKER e FAVIER (1996) testaram um túnel de vento de baixo custo com medidas de 4 x 0,9 x 2,4 m. Os resultados mostraram que a manutenção da velocidade a grandes distâncias do ventilador habilitam o túnel para ser usado em modelos de escala maior.

3.6.2. Câmara climática

De acordo com BAÊTA e SOUZA (1997) toda situação ambiental que provoca uma resposta adaptativa é considerada estressora, ou seja, define uma situação de estresse animal. A aclimação é uma resposta a uma única variável climática, produzindo uma mudança adaptativa, como em uma câmara climática.

Num estudo com galinhas poedeiras, seis aves foram selecionadas e tiveram monitorados os valores de pressão sangüínea, frequência cardíaca e respiratória, temperatura retal em uma câmara climática a 35 °C por 60 minutos. Após essa exposição, a temperatura da câmara foi reduzida para 25 °C e novos dados foram

coletados. Os resultados mostraram durante a exposição a 35 °C por 60 minutos, a frequência cardíaca foi de 301 bpm, enquanto que a 25 °C foi de 254 bpm; a taxa respiratória variou de 36,4 rpm a 35 °C e 24,2 rpm a 25 °C; a temperatura retal variou de 41,1 °C a 35 °C a 40,5 a 25 °C (DARRE e HARRISON, 1987).

4. Material e métodos

O experimento foi dividido em duas partes, chamadas Experimento I e Experimento II, apenas para fins de melhor entendimento. Ambos foram instalados no Laboratório de Ambiência II, na área experimental do Departamento de Construções Rurais, da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas (FEAGRI/UNICAMP).

Experimento I

O Experimento I foi realizado em uma câmara climática de medidas 5 m x 4 m x 3 m, isolada com parede e teto duplos, recheados com poliuretano expandido, tendo revestimento interno em azulejo branco e piso emborrachado preto. A câmara climática possuía controle eletrônico de temperatura interna e de umidade relativa do ar.

4.1.1. Caracterização do experimento I

Para a avaliação da Temperatura Média Corporal (TMC) em frangos de corte, em condição de câmara climática, foram utilizadas aves da linhagem *Avian Farms*, com idades de 21, 28, 35, 42 e 49 dias, de lotes mistos. As aves foram criadas em galpões comerciais comuns até o dia em que foram resgatadas para o experimento, permanecendo em uma sala de espera, com água e ração *ad libitum* até o momento de entrada na câmara.

As aves foram colocadas em uma gaiola de metal, duas a duas, e submetidas à diferentes distâncias de um ventilador, sendo 1, 2, 3 e 4 metros.

O ventilador foi instalado em uma das paredes da câmara, com uma inclinação de 5° a partir da parede (Figura 4).

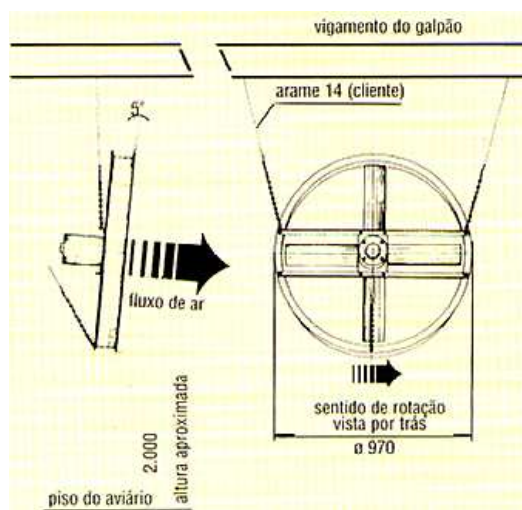


Figura 4: Representação esquemática do ventilador.

4.1.2. Variáveis registradas

a) Temperatura Média Corporal (TMC)

$$TMC = 0,3 \text{ TMP} + 0,7 \text{ Tr} \dots \dots \dots (1)$$

onde:

TMP = Temperatura média da pele (°C)

Tr = Temperatura retal (°C)

Os valores de Temperatura média da pele e Temperatura retal foram usados para calcular a Temperatura Média Corporal, equação (1), de acordo com RICHARDS (1971).

Temperatura média da pele

A temperatura média da pele (TMP) foi calculada segundo a equação (2).

$$TMP = 0,03T_c + 0,70T_d + 0,12T_a + 0,06T_{ca} + 0,09T_p \dots \dots \dots (2)$$

sendo:

T_c = Temperatura da crista, em °C

T_d = Temperatura do dorso, em °C

T_a = Temperatura da asa, em °C

T_{ca} = Temperatura da cabeça, em °C

T_p = Temperatura da pata, em °C

A temperatura das diferentes partes da superfície corporal foi tomada através de termômetro de raio infravermelho, com mira a laser tipo ponto, marca Omega 520 E, modelo 05 (Figura 5). A sensibilidade do equipamento é tanto maior quanto menor a distância do aparelho até o objeto do qual se quer medir a temperatura. Quanto maior o distanciamento, maior a área atingida pelo feixe de luz infravermelha. O aparelho permite, também, um ajuste da emissividade, conforme a substância ou o objeto a ser medido. No caso de penas e pele de frango foi utilizada uma emissividade de 0,96, de acordo com tabelas em INCROPERA e DE WITT (1996) e no manual de instruções do próprio termômetro. A leitura é dada em °C, com precisão de uma casa decimal. O termômetro, portanto, foi colocado o mais próximo possível do frango, nos intervalos de tempo de 0, 20, 40 e 60 minutos, para as temperaturas de 32 e 24 °C.



Figura 5: Vista do termômetro de raio infravermelho, com mira a laser.

Temperatura retal:

A temperatura retal, em °C, foi coletada através de termômetro instantâneo, Benson & Hedges colocado no reto da ave (região cloacal), nos intervalos de tempo definidos, ou seja, 0, 20, 40 e 60 minutos. O termômetro realiza a leitura em um tempo médio de 20 segundos, com uma precisão de duas casas decimais, em °C.

b) Temperatura ambiente e Umidade Relativa

A temperatura ambiente e a umidade relativa foram mantidas constantes na câmara climática, sendo 24 °C e 70% e 32 °C e 70 %. A temperatura de 24 °C é considerada ideal para os frangos de corte, onde a conversão alimentar é máxima. Já a temperatura de 32 °C ultrapassa o limite da termoneutralidade, constituindo uma situação de estresse térmico.

c) Velocidade do ar

A velocidade do ar do ventilador foi medida nas distâncias definidas (1, 2, 3 e 4 metros), a cada tomada de temperatura das aves, ou seja, de 20 em 20 minutos, com anemômetro instantâneo, de fio quente, marca Alnor. A Figura 6 mostra o comportamento da velocidade do ar dentro da câmara, na mesma direção de onde ficaram as aves. As velocidades são médias de 3 medidas.

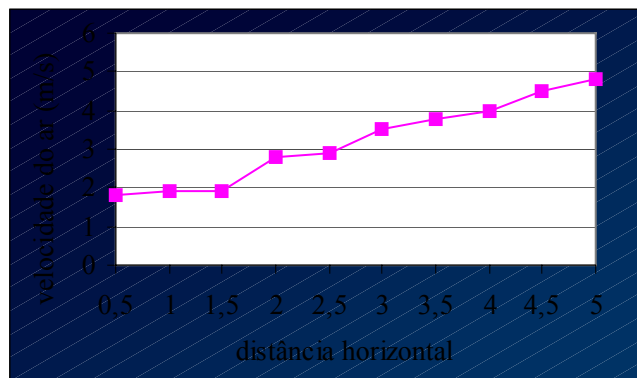


Figura 6: Comportamento da velocidade do ar em 0,3 m de altura a partir do piso da câmara climática.

O ventilador utilizado foi um tipo tufão, modelo *plus 300*, da marca CASP, em alumínio. Este equipamento é o mais comumente usado em aviários comerciais. Possui 4 pás, com rotação de 900 rpm, diâmetro de 0,93 m e motor de 0,5 CV, trifásico. O fluxo de ar gerado é de 300 m³/min (5 m³/s).

4.1.3. Tempo de exposição

O tempo de exposição das aves ao vento foi de 01 hora, com registro de dados em zero, vinte, quarenta e sessenta minutos, sendo utilizadas 08 aves (04 machos e 04 fêmeas) para cada distância, como repetição estatística.

4.1.4. Comportamento

A fim de complementar o estudo do efeito da ventilação, foi observado se as aves procuraram o comedouro e/ou bebedouro, de acordo com a distância do ventilador, temperatura e tempo de exposição em que se encontravam.

4.1.5. Análise dos dados

A partir dos dados obtidos foi feita uma análise estatística do tipo fatorial para comparação entre as médias de Temperatura Média Corporal (TMC). Os fatores analisados foram idade, temperatura ambiente, distância do ventilador e intervalos de tempo. As médias de TMC, obtidas a partir de 8 repetições, foram avaliadas pela análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey.

4.2. Experimento II – Dispositivo de simulação climática tipo “túnel de vento”

O Experimento II foi realizado em um dispositivo de simulação climática, tipo “túnel de vento”. De acordo com literatura especializada na área de aerodinâmica, um túnel de vento, na realidade, presta-se a estudos com movimentação de fluidos e seu comportamento (neste caso, ar), sendo construído de acordo com normas técnicas.

Neste caso, o “túnel de vento” foi utilizado para obter uma movimentação mais uniforme do ar, para estudos de perda de calor em aves, construído conforme vários trabalhos anteriores da área de ambiência animal (VERLINDE *et alli*, 1998; SIMMONS *et alli*, s/d, LEYENDECKER e FAVIER, s/d, LEON *et alli*, 1996).

4.2.1. Caracterização do Experimento II

Para a avaliação da troca térmica em frangos de corte em condição de túnel de vento, foram utilizadas como para o Experimento I, aves da linhagem *Avian Farms*, com idades de 21, 28, 35, 42 e 49 dias, de lotes mistos. A velocidade do ar dentro do túnel de vento é mais uniforme do que aquela gerada dentro da câmara climática.

4.2.1.1. Cálculo da perda de calor sensível e latente

De acordo com HELLICKSON e WALKER (1983), a perda de calor sensível e latente das aves foi calculado pelas equações (3) e (4):

$$SHL = \rho V C_p (T_{ex} - T_a) \dots\dots\dots (3)$$

onde:

SHL = taxa de perda de calor sensível em W;

ρ = densidade média do ar (1,1614 kg/m³ para a faixa de dados do experimento, de acordo com INCROPERA e DE WITT (1996);

V = taxa de ventilação (2,5 e 1,94 m³/s);

C_p = calor específico (1,007 kJ/kg.K para a faixa de dados do experimento, de acordo com INCROPERA e DE WITT (1996);

T_{ex} = temperatura do ar de saída, K;

T_a = temperatura do ar de entrada, K.

$$LHL = \rho V (W_{ex} - W_a) \lambda_s \dots\dots\dots (4)$$

onde:

LHL = taxa de perda de calor latente, W;

W_{ex} = taxa de umidade do ar de saída, kg/kg ar seco;

W_a = taxa de umidade do ar de entrada, kg/kg ar seco;

λ_s = calor latente de vaporização da água à mesma temperatura do ar da superfície do trato respiratório (2402 kJ/kg para a faixa de dados do experimento, de acordo com INCROPERA e DE WITT (1996).

4.2.1.2. Perda de calor sensível e latente/ave

Com as equações (3) e (4), calculou-se a perda de calor latente e sensível para cada ave, dividindo-se o resultado obtido pelo número de frangos colocados em cada bateria de testes, de acordo com a densidade de frangos utilizada.

4.2.1.3. Perda de calor sensível/ kg e latente/kg

A perda de calor sensível e latente/kg de frango foram calculadas dividindo-se as perdas de calor/ave pela massa média dos frangos em cada bateria de testes.

4.2.1.4. Perdas de calor sensível/kg de peso metabólico e latente/kg de peso metabólico

O peso metabólico foi calculado através da equação (5), proposta por MONTEITH e MOUNT (1974).

$$PM = P^{0,75} \dots\dots\dots (5)$$

onde:

PM = Peso metabólico, em kg;

P = massa do frango, em kg.

As perdas de calor sensível/kg de peso metabólico e latente/kg de peso metabólico foram calculadas dividindo-se a perda obtida com as equações (3) e (4) pelo peso metabólico médio em cada bateria de testes.

4.2.1.5. Perdas de calor sensível/cm² de área de superfície e latente/ cm² de área de superfície

A área de superfície dos frangos foi calculada através da equação (6), proposta por ESMAY (1982).

$$A = 9,85 P^{0,67} \dots\dots\dots (6)$$

onde:

A = área da superfície corporal, em cm^2 ;

P = massa, em g.

As perdas de calor sensível/ cm^2 de área de superfície e latente/ cm^2 de área de superfície foi obtida dividindo-se a perda de calor, calculada através das equações (3) e (4) pela área de superfície média dos frangos, em cada bateria de testes.

4.2.2. O dispositivo de simulação climática tipo “túnel”

O túnel foi construído com paredes de madeira compensada, isolado com placas de isopor, com as medidas de 1,10 x 10,00 x 1,10 m, conforme figuras 7, 8 e 9. Foi feita uma cobertura em telhas de cimento-amianto apenas para proteção do túnel contra as intempéries.

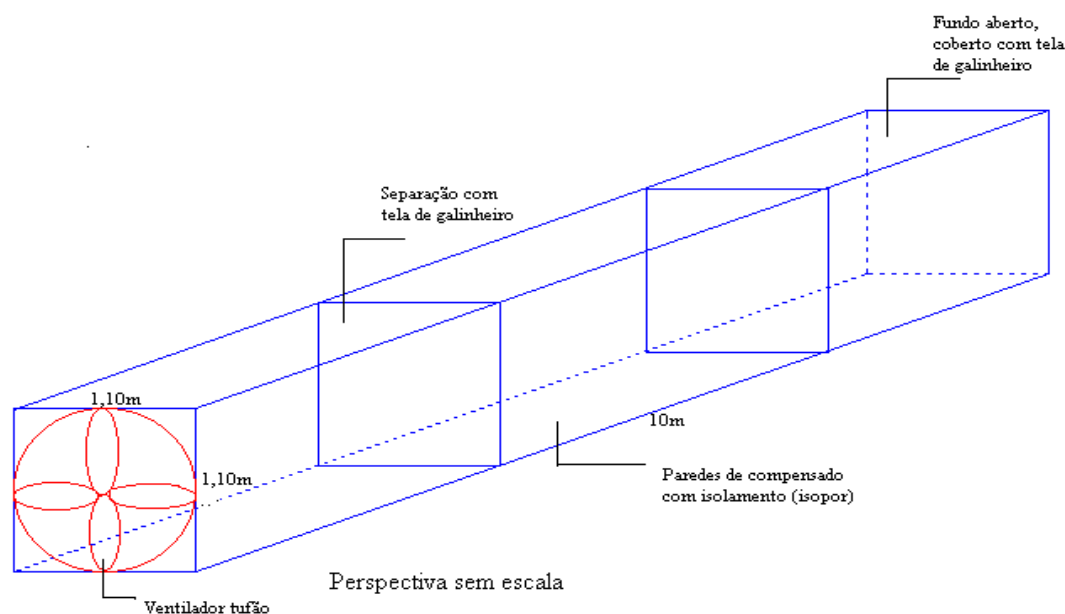


Figura 7: Esquema do túnel de vento, em perspectiva sem escala.



Figura 8: Vista externa do túnel e do ventilador tipo tufão.

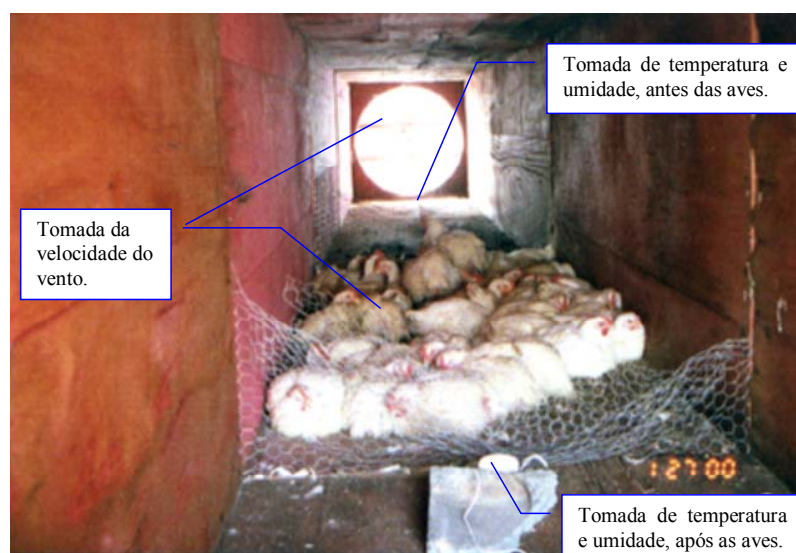


Figura 9: Vista interna do túnel de vento, com as aves e a tomada de dados.

4.2.3. Variáveis registradas

a) Temperatura do ar e Umidade Relativa

A temperatura de bulbo seco e a umidade relativa foram coletadas na entrada, após o ventilador, com um termoanemômetro de fio quente, marca Alnor, através de aberturas circulares de 1 cm de diâmetro (Figura 9).

Na saída do túnel, a temperatura de bulbo seco e a umidade relativa foram coletadas através de um termohigrômetro digital.

b) Velocidade do ar

A velocidade do ar foi registrada ao longo do túnel de vento, através das aberturas circulares localizadas na lateral, por onde foi introduzida a ponta de um termoanemômetro de fio quente, marca Alnor.

A velocidade registrada foi de 0,3 m/s para a rotação de 350 RPM e de 1,0 m/s para a rotação de 450 RPM. Essa variação na rotação foi conseguida com a instalação de um inversor de frequência, marca Weg, modelo 500xE.

4.2.4. Tempo de exposição

O tempo de exposição das aves ao vento foi de 01 hora, com registro de dados em zero, vinte, quarenta e sessenta minutos, sendo utilizadas 9, 16 e 20 aves por metro quadrado de área no túnel. Densidades de 10 a 14 aves por metro quadrado são largamente utilizadas na avicultura; além disso, densidades maiores

vêm sendo introduzidas nos últimos dois anos, chegando até a 20 aves, experimentalmente. Daí a escolha dessas densidades utilizadas no experimento.

4.2.5. Análise dos dados

A partir dos dados obtidos foi feita uma análise estatística do tipo fatorial, para comparação entre as médias de perda de calor sensível e perda de calor latente. Os fatores analisados foram idade, velocidade do ar, densidade e períodos de exposição. As médias de perda de calor sensível e perda de calor latente foram avaliadas pela análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey.

5. Resultados e discussão

5.1. Experimento I – Câmara climática

As médias de Temperatura Média Corporal (TMC) foram analisadas pela análise de variância e foram verificadas diferenças estatísticas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Valores de TMC para as temperaturas de 32 e 24 °C.

Idade	Distância (metros)	Temperaturas (°C)							
		32				24			
		Tempo de exposição (min)							
21		0	20	40	60	0	20	40	60
	1	39,9 ^a	40,2 ^a	40 ^a	40 ^a	30,91 ^{aA}	30,47 ^{aA}	29,28 ^a	28,81 ^{aB}
	2	39,5 ^a	39,5 ^{ab}	39,59 ^{ab}	39,7 ^a	30,87 ^{aA}	27,93 ^{BB}	28,73 ^{aB}	28,15 ^{aB}
	3	39,09 ^a	39,4 ^{ab}	39,2 ^{ab}	39,4 ^a	25,29 ^{bA}	26,79 ^{BB}	26,03 ^{bAB}	26,49 ^{abB}
	4	39,0 ^a	39 ^b	39 ^b	39,4 ^a	28,89 ^{ab}	29,6 ^a	28,04 ^a	28,2 ^a
28		0	20	40	60	0	20	40	60
	1	39,9 ^a	40,2 ^a	40 ^a	40,09 ^a	29,7 ^a	28,48 ^a	28,01 ^a	28,08 ^a
	2	39,59 ^a	39,7 ^a	39,59 ^a	39,79 ^a	30,87 ^{aA}	26,77 ^{BB}	27,57 ^{aB}	27,57 ^{aB}
	3	39,09 ^a	39,4 ^a	39,4 ^{ab}	39,4 ^{ab}	23,47 ^{bA}	26,61 ^{BB}	25,2 ^{BB}	27,33 ^{aB}
	4	39,09 ^a	39 ^a	38,4 ^b	38,79 ^b	28,77 ^{aA}	28,44 ^{aA}	26,65 ^{abB}	27,25 ^{aAB}
35		0	20	40	60	0	20	40	60 ^a
	1	39,7 ^a	40,4 ^a	40,2 ^a	40,2 ^a	28,91 ^{aA}	25,66 ^{aB}	28,16 ^{aA}	27,08 ^{aC}
	2	39,79 ^a	39,7 ^a	39,79 ^a	39,79 ^a	29,19 ^{aA}	25,7 ^{aB}	29,24 ^{aA}	25,2 ^{bB}
	3	39,09 ^a	39,59 ^{ab}	39,29 ^{ab}	39,4 ^{ab}	30,57 ^{bA}	28,92 ^{BB}	28,6 ^{aB}	25,63 ^{bC}
	4	39,09 ^a	39,2 ^b	38,7 ^b	39 ^b	30,17 ^{bA}	29,1 ^{bB}	28,54 ^{aB}	25,13 ^{bC}
42		0	20	40	60	0	20	40	60 ^a
	1	39,9 ^a	40,5 ^a	40,29 ^a	40,29 ^a	30,94 ^{aA}	24,99 ^{aB}	26,4 ^{aB}	26,54 ^{aB}
	2	39,59 ^a	39,7 ^a	39,7 ^a	39,7 ^a	26,44 ^{aA}	26,12 ^{aA}	29,16 ^{aB}	25,91 ^{aA}
	3	39,09 ^{ab}	39,4 ^a	39,4 ^a	39,5 ^a	30,92 ^{aA}	25,72 ^{aB}	29,08 ^{aC}	26,79 ^{aB}
	4	38,9 ^b	39,29 ^a	38,59 ^a	39,29 ^a	29,87 ^{aA}	26,99 ^{aB}	28,36 ^{aA}	29,72 ^{aA}
49		0	20	40	60	0	20	40	60 ^a
	1	39,4 ^{aA}	40,5 ^{aB}	40,2 ^{aB}	4,4 ^{aB}	31,4 ^a	24,79 ^a	28,76 ^{ab}	25,2 ^a
	2	39,29 ^a	39,79 ^a	40 ^a	40,09 ^a	27,54 ^b	25,75 ^b	28,37 ^b	27,37 ^b
	3	39 ^a	39,7 ^a	39,7 ^{ab}	39,7 ^a	29,35 ^c	27,84 ^c	29,37 ^a	27,05 ^b
	4	38,2 ^{bA}	39,29 ^{BB}	39 ^{bAB}	39 ^{bAB}	28,84 ^{cA}	28,29 ^{cA}	28,96 ^{baA}	29,75 ^{cA}

Valores médios seguidos de letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem estatisticamente ao nível de 0,05 de probabilidade.

5.1.1. Dados para 24 °C

As Figuras de 10 a 14 mostram a variação da TMC ao longo dos intervalos de tempo, para cada uma das idades testadas, com 24 °C e 70% de umidade relativa.

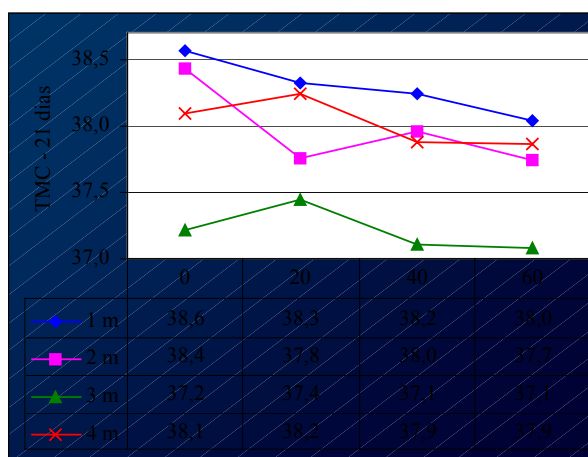


Figura 10: Valores de TMC para frangos com 21 dias de idade.

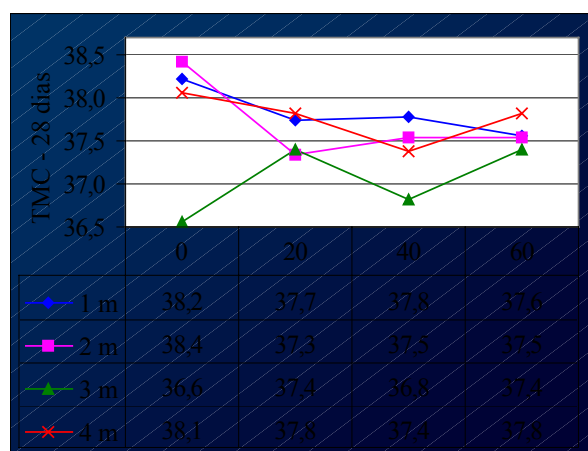


Figura 11: Valores de TMC para frangos com 28 dias de idade.

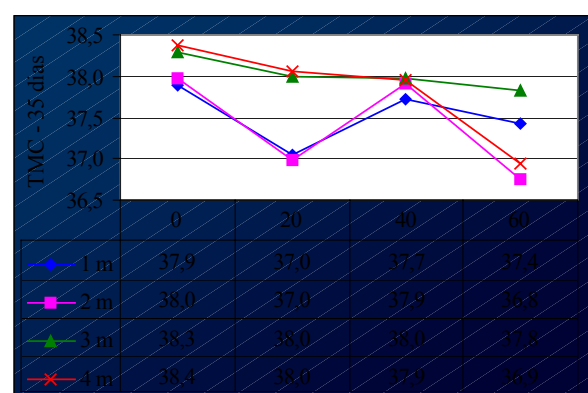


Figura 12: Valores de TMC para frangos com 35 dias de idade.

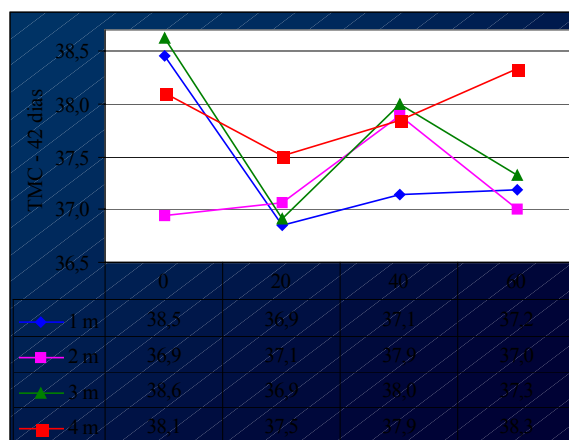


Figura 13: Valores de TMC para frangos com 42 dias de idade.

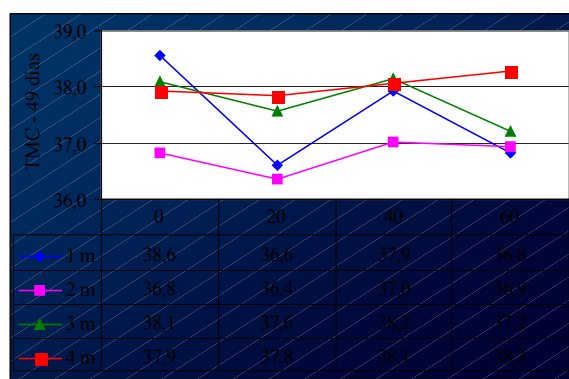


Figura 14: Valores de TMC para frangos com 49 dias de idade.

Nos Figuras de 10 a 14, o comportamento da TMC foi similar, para todas as idades e intervalos de tempo estudados. Nota-se que não houve muita diferença numérica entre as diferentes distâncias estudadas. Isso ocorreu devido à temperatura de 24 °C não ser estressante para a ave. Portanto, as médias de TMC não variaram muito entre as distâncias utilizadas. Nas Figuras pode-se observar que os valores se cruzam em determinados pontos

Para a maioria das distâncias estudadas houve uma queda no valor da TMC aos 20 minutos de exposição ao vento. A literatura relata que nos primeiros 10 minutos de exposição o frango estabiliza as temperaturas corporais.

Os resultados encontrados para TMC foram similares aos descritos por RICHARDS (1974).

5.1.2. Dados para 32 °C

Os Figuras de 14 a 18 mostram a variação da TMC ao longo dos intervalos de tempo, para cada uma das idades testadas, com 32 °C e 70% de umidade relativa.

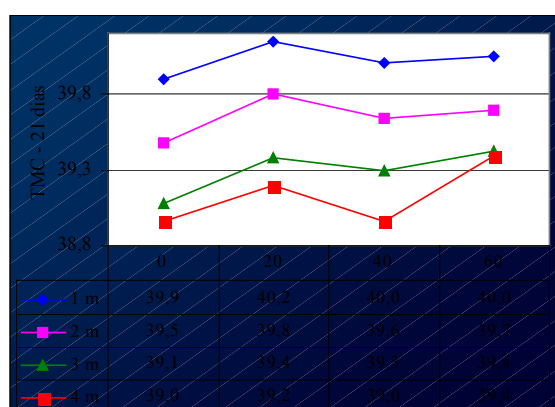


Figura 15: Valores de TMC para frangos com 21 dias de idade.

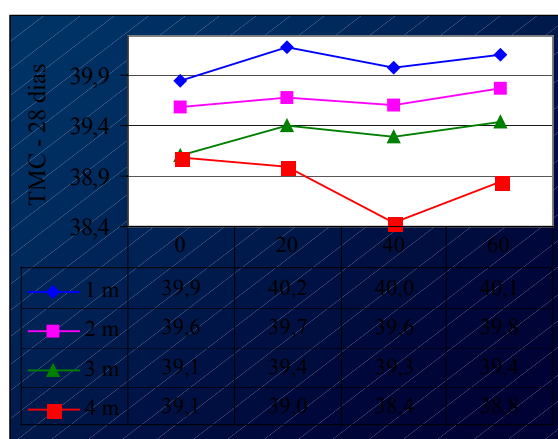


Figura 16: Valores de TMC para frangos com 28 dias de idade.

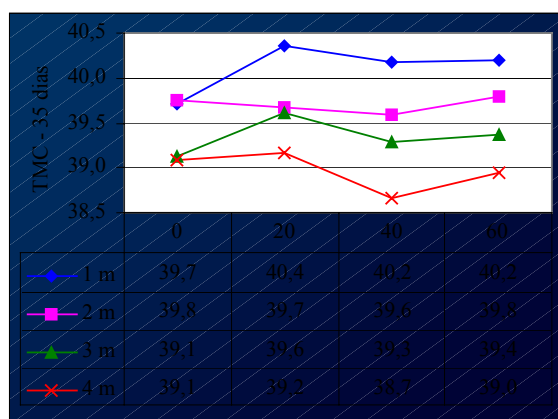


Figura 17: Valores de TMC para frangos com 35 dias de idade.

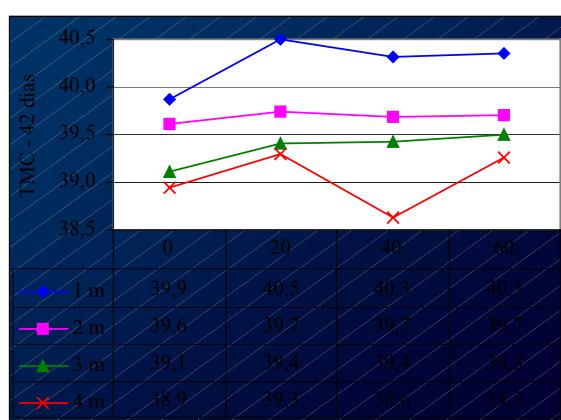


Figura 18: Valores de TMC para frangos com 42 dias de idade.

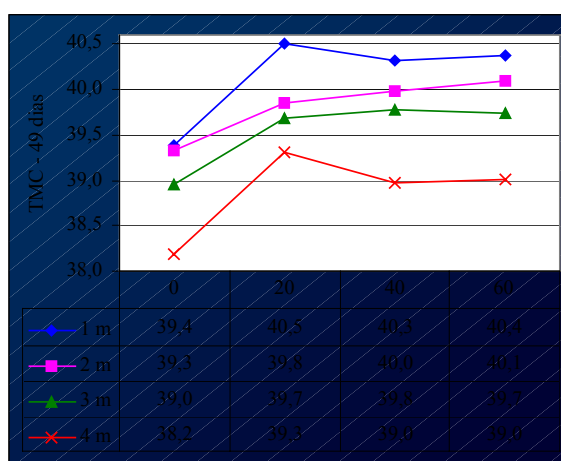


Figura 19: Valores de TMC para frangos com 49 dias de idade.

Analisando os Figuras de 14 a 18, observa-se que quando as aves foram submetidas a temperatura de 32 °C na câmara, a TMC foi sempre maior para 1 metro

de distância, seguida de 2 metros, 3 metros e 4 metros. Isso pode ser explicado devido à temperatura de 32 °C estar dentro da faixa de estresse térmico. Portanto, na distância de 4 metros, que é onde se tinha a maior velocidade do vento (Figura 6), a TMC foi menor, comprovando a capacidade da ventilação de melhorar a sensação de conforto térmico. Tal efeito pôde ser notado para todas as idades testadas.

Para uma mesma velocidade de vento, as aves apresentaram uma maior TMC quando submetidas a temperatura de 32 °C. Observando os dados, notou-se que a temperatura retal não sofreu grandes variações (Anexo 1), para 32 ou 24 °C. A diferença na TMC deveu-se mais ao componente “Temperatura Média da Pele”, destacando-se a temperatura da crista, patas e cabeça. Essas três regiões apresentaram maior variação em relação às diferentes temperaturas dentro da câmara.

SCHMIDT-NIELSEN (1979) relata que a temperatura retal não sofre muita variação mesmo para aves típicas do deserto. Ainda segundo o mesmo autor, o lugar de maior perda de calor em aves submetidas a altas temperaturas ambientes é a pata.

Nos mamíferos a variação da temperatura retal costuma ser maior com variações na temperatura ambiente.

O fato da temperatura retal não sofrer grande variação indica que o frango conseguiu lançar mão de seus mecanismos termorreguladores de maneira eficiente, pois a temperatura interna corporal foi mantida.

5.1.3. Comportamento

5.1.3.1. Para aves submetidas a 24 °C

As aves tinham ração e água, ambas *ad libitum* e fizeram uso normal delas após o instante 20. A princípio, no instante 0, ficaram deitadas e quietas, não procurando o comedouro ou bebedouro.

Como a temperatura de 24 °C está dentro da zona de conforto térmico, as aves tenderam a encostarem-se umas às outras.

5.1.3.2. Para aves submetidas a 32 °C

Como para 24 °C, as aves tinham à sua disposição água e ração, ambas *ad libitum*. A partir do instante 20 fizeram uso do comedouro e bebedouro e não apresentaram o comportamento de ajuntarem-se umas às outras, visto que a temperatura de 32 °C está dentro da faixa de estresse térmico.

5.2. Experimento II - Túnel de vento

No Experimento II foram calculadas as perdas de calor sensível e calor latente das aves. As médias foram submetidas à análise de variância. Os quadros da análise de variância encontram-se no Anexo. O Teste de Tukey mostrou diferença significativa ($P < 0,05$) entre as duas velocidades de vento utilizadas para todas as idades e densidades.

A faixa de variação da Temperatura Ambiente no experimento foi de 26 a 33°C, ou seja, temperaturas dentro da faixa de estresse térmico. A faixa de variação de Umidade Relativa foi de 55 a 80 %.

5.2.1. Perda de calor/ kg peso metabólico

Na Tabela 2 abaixo têm-se os valores de perda de calor sensível/kg de peso metabólico comparados pelo teste de Tukey.

Tabela 2: Médias de calor sensível (W/kg peso metabólico) para as condições estudadas.

Idade		Densidade (aves/m ²)	Velocidade do vento (m/s)							
			1,0				0,3			
			Tempo de exposição (min)							
21		0	20	40	60	0	20	40	60	
	9	0,27 ^{aA}	0,17 ^{aA}	0,08 ^{aB}	0,41 ^{aC}	0,06 ^{aA}	0,01 ^{aA}	0,28 ^{aB}	0,21 ^{aB}	
	16	0,14 ^a	0,19 ^a	0,24 ^b	0,27 ^a	0,18 ^b	0,13 ^b	0,18 ^b	0,15 ^a	
	20	0,028 ^{bA}	0,056 ^{bA}	0,07 ^{aB}	0,06 ^{bB}	0,16 ^{bA}	0,20 ^{bA}	0,15 ^{bA}	0,08 ^{bB}	
28		0	20	40	60	0	20	40	60	
	9	0,2 ^a	0,12 ^a	0,06 ^a	0,1 ^a	0,07 ^a	0,09 ^a	0,04 ^a	0,07 ^a	
	16	0,05 ^b	0,16 ^a	0,13 ^a	0,16 ^a	0,03 ^b	0,06 ^a	0,06 ^a	0,09 ^a	
	20	0,04 ^b	0,01 ^b	0,02 ^a	0,02 ^a	0,04 ^b	0,05 ^a	0,06 ^a	0,07 ^a	
35		0	20	40	60	0	20	40	60 ^a	
	9	0,32 ^{aA}	0,15 ^{aAB}	0,15 ^{aAB}	0,08 ^{aB}	0,08 ^{aA}	0,36 ^{aB}	0,36 ^{aB}	0,25 ^{aB}	
	16	0,2 ^a	0,21 ^b	0,22 ^b	0,24 ^b	0,17 ^a	0,19 ^a	0,15 ^b	0,13 ^b	
	20	0,02 ^{bA}	0,2 ^{bB}	0,2 ^{bB}	0,14 ^{aB}	0,14 ^a	0,17 ^a	0,13 ^b	0,1 ^b	
42		0	20	40	60	0	20	40	60 ^a	
	9	0,25 ^a	0,15 ^a	0,2 ^a	0,2 ^a	0,15 ^a	0,19 ^a	0,25 ^a	0,19 ^a	
	16	0,19 ^{bA}	0,09 ^{aB}	0,08 ^{abB}	0,07 ^{aB}	0,08 ^a	0,15 ^a	0,12 ^b	0,03 ^b	
	20	0,03 ^b	0,01 ^a	0,01 ^b	0,09 ^a	0,06 ^a	0,12 ^a	0,05 ^b	0,04 ^b	
49		0	20	40	60	0	20	40	60 ^a	
	9	0,37 ^a	0,31 ^a	0,36 ^a	0,37 ^a	0,13 ^a	0,31 ^a	0,24 ^a	0,28 ^a	
	16	0,2 ^{ab}	0,23 ^{ab}	0,23 ^{ab}	0,21 ^{ab}	0,15 ^a	0,14 ^{ab}	0,15 ^{ab}	0,14 ^{ab}	
	20	0,04 ^{bA}	0,17 ^{bB}	0,14 ^{bB}	0,16 ^{bB}	0,12 ^a	0,11 ^b	0,10 ^b	0,08 ^b	

Valores médios seguidos de letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem estatisticamente ao nível de 0,05 de probabilidade.

Na Tabela 3 abaixo têm-se os valores de perda de calor latente/kg de peso metabólico comparados pelo teste de Tukey.

Tabela 3: Médias de calor latente (W/kg peso metabólico) para as duas velocidades de vento:

Velocidades do vento									
Idade	Densidade (aves/m ²)	Velocidade do vento (m/s)							
		1,0				0,3			
		Tempo de exposição (min)							
21		0	20	40	60	0	20	40	60
	9	1,60 ^{aB}	1,11 ^{aA}	1,04 ^{aA}	1,88 ^{aB}	0,30 ^{aA}	0,63 ^{aA}	1,25 ^{aB}	1,33 ^{aB}
	16	0,80 ^{abA}	1,09 ^{aAB}	1,51 ^{abB}	1,51 ^{aB}	1,09 ^{bA}	0,89 ^{aB}	0,95 ^{bAB}	0,91 ^{aAB}
	20	0,37 ^b	0,46 ^b	0,47 ^b	0,42 ^b	0,5 ^{bA}	0,79 ^{bB}	0,84 ^{bB}	0,94 ^{bC}
28		0	20	40	60	0	20	40	60
	9	0,01 ^{aA}	0,22 ^{aB}	0,56 ^{aC}	0,65 ^{aC}	0,17 ^{aA}	0,27 ^{aA}	0,43 ^{aB}	0,51 ^{aB}
	16	0,01 ^{aA}	0,83 ^{aB}	0,83 ^{aB}	1,11 ^{aB}	0,18 ^{aA}	0,23 ^{aAB}	0,28 ^{aAB}	0,38 ^{aB}
	20	0,36 ^{bA}	0,31 ^{aA}	0,33 ^{aA}	0,18 ^{bB}	0,21 ^a	0,23 ^a	0,26 ^a	0,30 ^a
35		0	20	40	60	0	20	40	60
	9	0,19 ^{aA}	0,36 ^{aB}	0,94 ^{aC}	1,74 ^{aD}	0,82 ^{aA}	1,57 ^{aB}	1,71 ^{aB}	1,45 ^{aB}
	16	0,73 ^{bA}	0,89 ^{aAB}	0,91 ^{bB}	0,93 ^{bB}	0,26 ^{bA}	0,38 ^{bA}	0,6 ^{bB}	0,57 ^{bB}
	20	0,22 ^{aA}	0,89 ^{aB}	0,97 ^{bB}	0,82 ^{bB}	0,21 ^{bA}	0,37 ^{bAB}	0,45 ^{bB}	0,52 ^{bBC}
42		0	20	40	60	0	20	40	60
	9	1,85 ^{aA}	1,39 ^{aB}	1,49 ^{aB}	1,37 ^{aB}	1,07 ^{aA}	1,32 ^{aB}	1,43 ^{aB}	1,31 ^{aB}
	16	0,63 ^{abA}	0,87 ^{aB}	1,9 ^{abC}	1,66 ^{bD}	0,38 ^{abA}	0,6 ^{aA}	0,68 ^{bA}	1,46 ^{bB}
	20	0,32 ^{bA}	0,32 ^{bA}	0,57 ^{bAB}	0,84 ^{abB}	0,39 ^{bA}	0,29 ^{aA}	0,48 ^{bB}	1,17 ^{bB}
49		0	20	40	60	0	20	40	60
	9	2,53 ^a	2,44 ^a	2,6 ^a	2,65 ^a	0,28 ^{aA}	1,22 ^{aB}	2,23 ^{aC}	2,29 ^{aC}
	16	1,12 ^{bA}	1,08 ^{bA}	0,63 ^{abB}	0,69 ^{aB}	0,91 ^{abA}	0,89 ^{aAB}	0,81 ^{bAB}	0,79 ^{bB}
	20	0,67 ^{cA}	0,69 ^{bA}	1,26 ^{bB}	1,3 ^{bB}	0,73 ^{bA}	0,72 ^{aA}	0,76 ^{bA}	0,56 ^{bB}

Valores médios seguidos de letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem estatisticamente ao nível de 0,05 de probabilidade.

Nas Tabelas 2 e 3 pode-se observar que os valores de perda de calor sensível são bastante variáveis. Houve diferença estatística ao nível de 0,05 de probabilidade para os valores de perda de calor sensível entre as densidades de 9, 16 e 20 aves/m² e também entre os intervalos de tempo.

A perda de calor latente, como pode ser observado na Tabela 3, é muito maior do que a perda de calor sensível, conforme relatado por HELLICKSON e WALKER (1983).

Nas figuras 20 a 25 têm-se os valores de perda de calor para kg de peso metabólico.

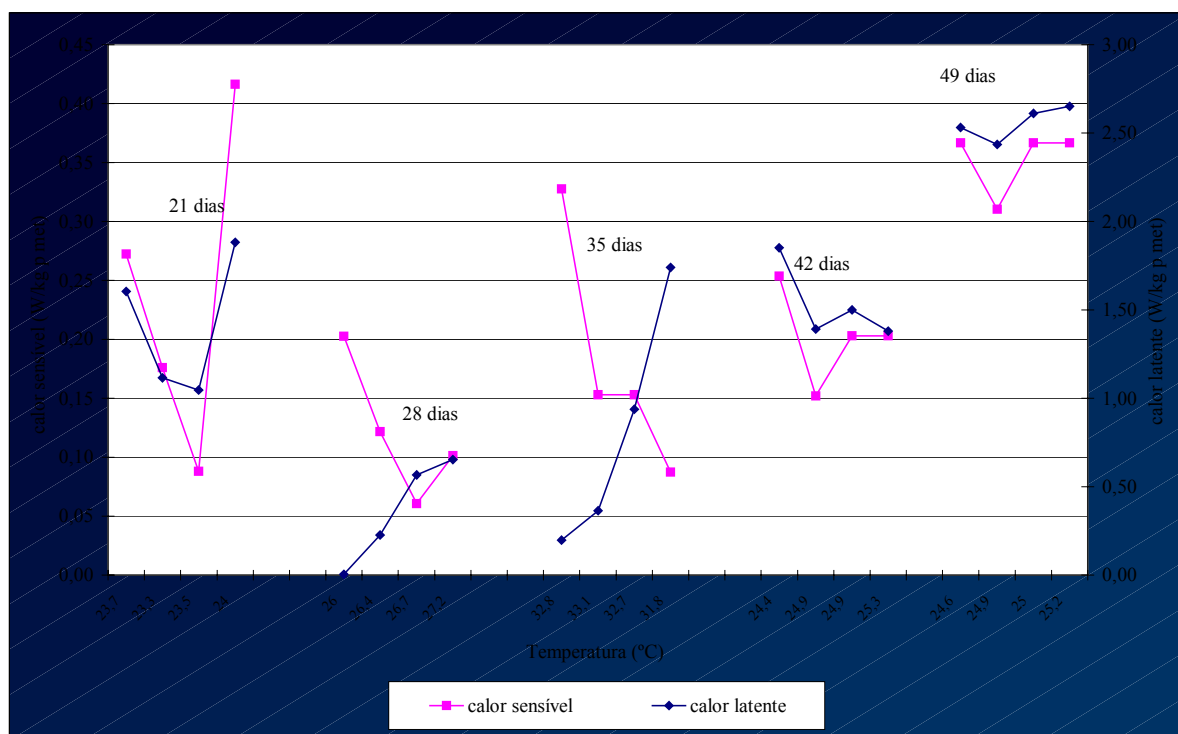


Figura 20: Perda de calor sensível e latente/kg de peso metabólico para a velocidade de 1,0 m/s, na densidade de 9 aves/m².

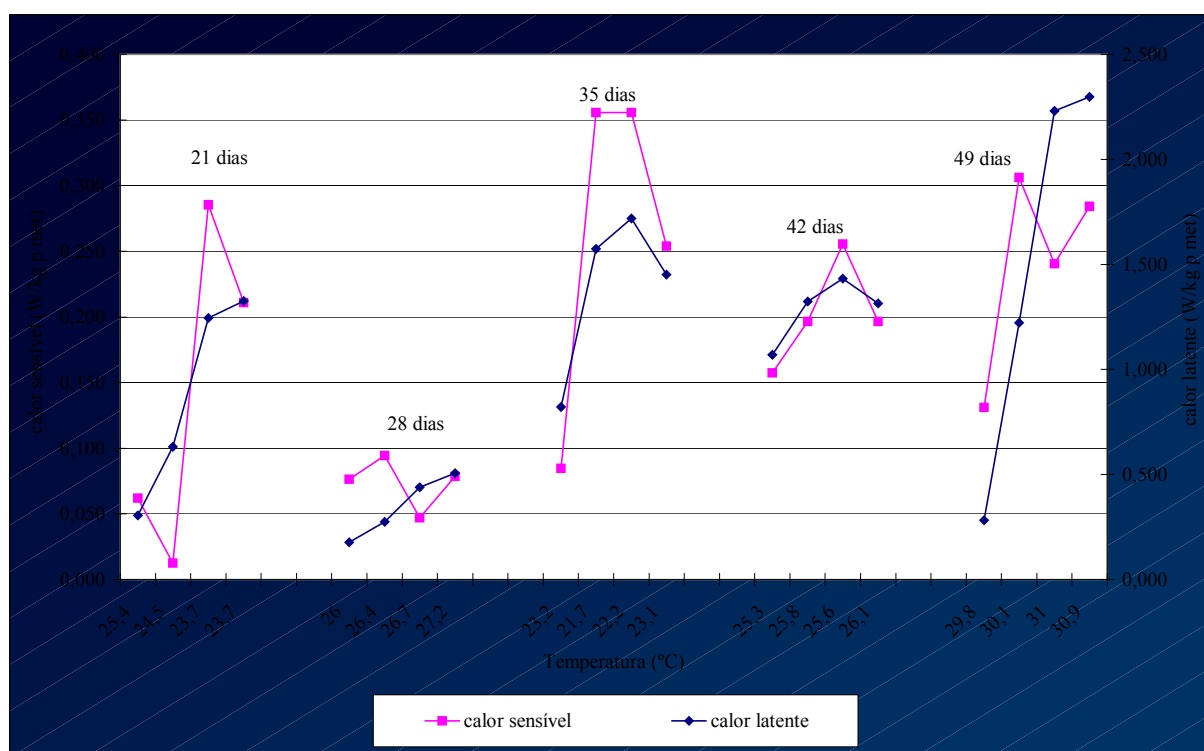


Figura 21: Perda de calor sensível e latente/kg de peso metabólico para a velocidade de 0,3 m/s, na densidade de 9 aves/m².

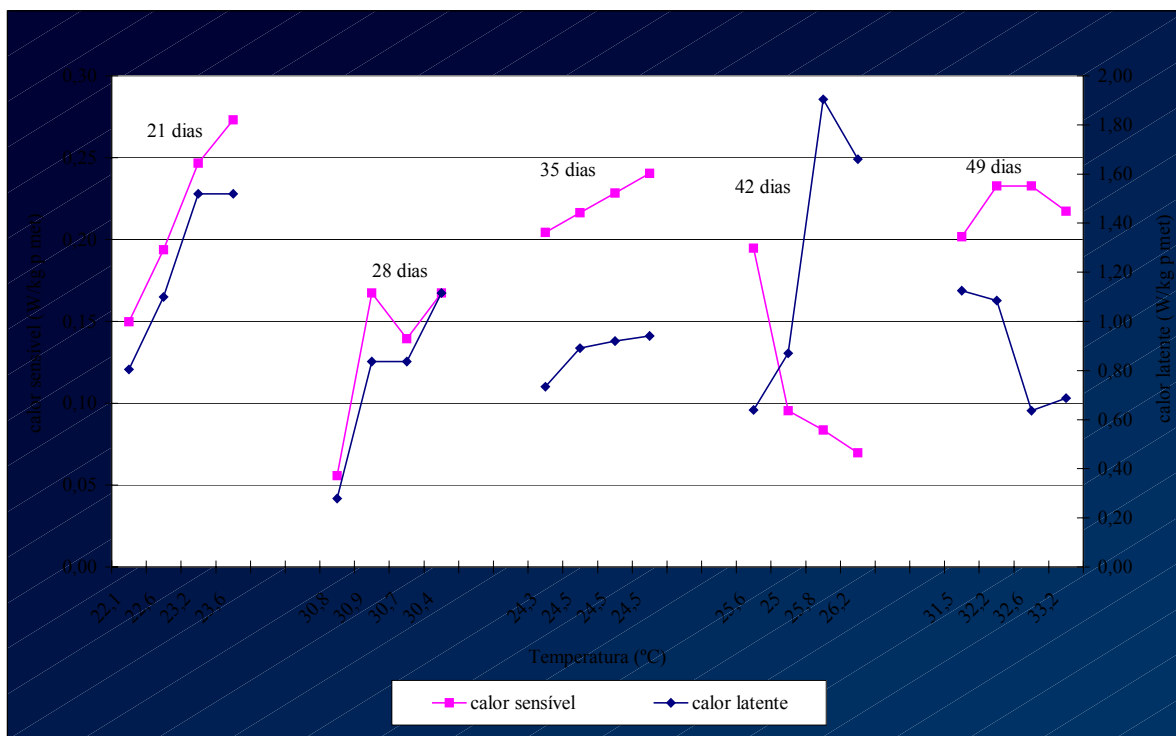


Figura 22: Perda de calor sensível e latente/kg de peso metabólico para a velocidade de 1,0 m/s, na densidade de 16 aves/m².

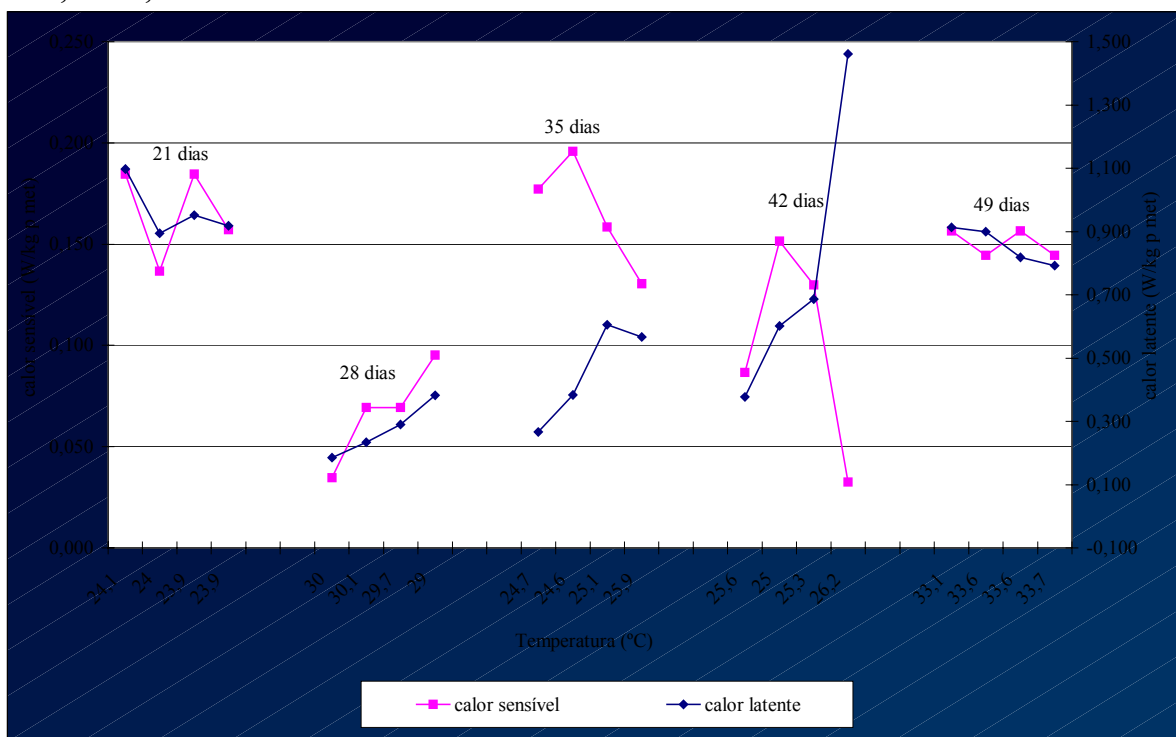


Figura 23: Perda de calor sensível e latente/kg de peso metabólico para a velocidade de 0,3 m/s, na densidade de 16 aves/m².



Figura 24: Perda de calor sensível e latente/kg de peso metabólico para a velocidade de 1,0 m/s, na densidade de 20 aves/m².

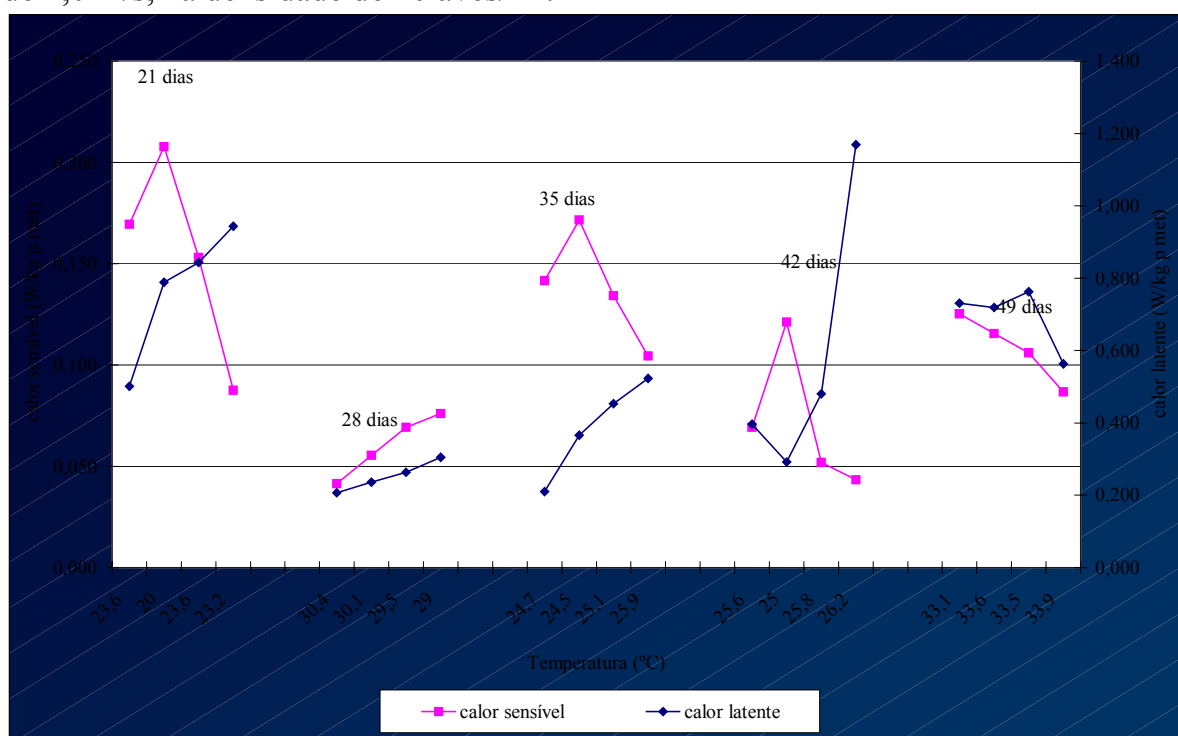


Figura 25: Perda de calor sensível e latente/kg de peso metabólico para a velocidade de 0,3 m/s, na densidade de 20 aves/m².

Nas Figuras de 20 a 25 observa-se que a perda de calor sensível e latente/kg de peso metabólico foi maior para a velocidade do ar maior, de 1,0 m/s em comparação com a velocidade de 0,3 m/s. A perda de calor também foi maior na densidade de 9 aves/m².

A diferença de temperatura ambiente durante os períodos de exposição foi pequena. Pode-se observar nas Figuras que a perda de calor, tanto sensível como latente, sofreu variação conforme a temperatura ambiente.

Segundo CURTIS (1987) a taxa de produção de calor metabólico de uma vaca e de um rato, considerando-se a unidade de peso corporal, é de 0,6 W/kg e 10 W/kg, respectivamente. Então, a produção de calor por unidade de peso metabólico deveria ser maior para aves menores. Pode-se notar nas Figuras de 20 a 25 que, na maioria das vezes, a perda de calor/kg de peso metabólico foi maior para aves com 21 dias de idade. Há que se considerar que quanto maior a diferença de tamanho entre dois animais, maior será a diferença na perda de calor.

5.2.2. Perda de calor/ ave

Nas Tabelas 4 e 5 tem-se os valores de perda de calor sensível e latente/ave.

Tabela 4: Médias de calor sensível (W/frango) para as duas velocidades de vento.

		Velocidade do vento (m/s)							
Idade	Densidade (aves/m ²)	1,0				0,3			
		Tempo de exposição (min)							
21		0	20	40	60	0	20	40	60
	9	0,22 ^{aAC}	0,15 ^{aBA}	0,07 ^{aB}	0,34 ^{aC}	0,05 ^{aA}	0,01 ^{aA}	0,24 ^{aB}	0,17 ^{aB}
	16	0,12 ^{aA}	0,16 ^{aAB}	0,20 ^{bBC}	0,23 ^{aC}	0,15 ^b	0,11 ^b	0,15 ^b	0,13 ^a
	20	0,023 ^{bA}	0,046 ^{bB}	0,06 ^{aC}	0,06 ^{bC}	0,14 ^{bA}	0,17 ^{bA}	0,13 ^{bAB}	0,07 ^{bB}
28		0	20	40	60	0	20	40	60
	9	0,13 ^{aA}	0,08 ^{aAB}	0,04 ^{aB}	0,07 ^{aB}	0,1 ^a	0,06 ^a	0,03 ^a	0,05 ^a
	16	0,01 ^b	0,04 ^a	0,04 ^a	0,04 ^a	0,02 ^b	0,04 ^a	0,04 ^a	0,06 ^a
	20	0,03 ^b	0,01 ^a	0,02 ^a	0,01 ^a	0,03 ^b	0,04 ^a	0,04 ^a	0,05 ^a
35		0	20	40	60	0	20	40	60 ^a
	9	0,19 ^{aA}	0,09 ^{aB}	0,09 ^{aB}	0,05 ^{aB}	0,05 ^{aA}	0,22 ^{aB}	0,22 ^{aB}	0,15 ^{aB}
	16	0,12 ^a	0,13 ^b	0,14 ^b	0,15 ^b	0,1 ^a	0,12 ^a	0,09 ^b	0,08 ^b
	20	0,02 ^{bA}	0,12 ^{bB}	0,12 ^{bB}	0,09 ^{aB}	0,09 ^a	0,1 ^a	0,08 ^b	0,06 ^b
42		0	20	40	60	0	20	40	60 ^a
	9	0,13 ^a	0,08 ^a	0,1 ^a	0,1 ^a	0,08 ^a	0,1 ^a	0,13 ^a	0,1 ^a
	16	0,05 ^b	0,1 ^a	0,04 ^{ab}	0,04 ^a	0,04 ^a	0,08 ^a	0,07 ^b	0,02 ^b
	20	0,02 ^b	0,01 ^a	0,01 ^b	0,05 ^a	0,04 ^a	0,06 ^a	0,03 ^b	0,02 ^b
49		0	20	40	60	0	20	40	60 ^a
	9	0,17 ^a	0,14 ^a	0,17 ^a	0,17 ^a	0,06 ^{aA}	0,14 ^{aB}	0,11 ^{aB}	0,13 ^{aB}
	16	0,09 ^{ab}	0,11 ^{ab}	0,11 ^{ab}	0,1 ^{ab}	0,07 ^a	0,07 ^{ab}	0,07 ^{ab}	0,07 ^{ab}
	20	0,02 ^b	0,08 ^b	0,06 ^b	0,08 ^b	0,06 ^a	0,05 ^b	0,05 ^b	0,04 ^b

Valores médios seguidos de letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem estatisticamente ao nível de 0,05 de probabilidade.

Tabela 5: Médias de calor latente (W/frango) para as duas velocidades de vento:

		Velocidade do vento (m/s)							
Idade	Densidade (aves/m²)	1,0				0,3			
		Tempo de exposição (min)							
21		0	20	40	60	0	20	40	60
	9	1,33 ^{aAB}	0,92 ^{aA}	1,26 ^{aA}	1,56 ^{aB}	0,25 ^{aA}	0,52 ^{aA}	1,3 ^{aB}	1,03 ^{aB}
	16	0,67 ^{ab}	0,91 ^a	0,86 ^{ab}	1,26 ^a	0,91 ^b	0,74 ^a	0,79 ^b	0,76 ^a
	20	0,31 ^b	0,38 ^b	0,39 ^b	0,35 ^b	0,78 ^{bA}	0,01 ^{bB}	0,65 ^{bA}	0,42 ^{bA}
28		0	20	40	60	0	20	40	60
	9	0,03 ^{aA}	0,14 ^{aB}	0,37 ^{aB}	0,42 ^{aB}	0,18 ^a	0,11 ^a	0,28 ^a	0,33 ^a
	16	0,01 ^{aA}	0,23 ^{aB}	0,22 ^{aB}	0,27 ^{aB}	0,17 ^a	0,19 ^a	0,15 ^a	0,25 ^a
	20	0,24 ^b	0,2 ^a	0,22 ^a	0,12 ^b	0,12 ^a	0,15 ^a	0,14 ^a	0,2 ^a
35		0	20	40	60	0	20	40	60
	9	0,22 ^{aA}	0,57 ^{aB}	0,12 ^{aC}	1,06 ^{aD}	0,02 ^{aA}	0,95 ^{aB}	1,04 ^{aB}	0,88 ^{aB}
	16	0,45 ^b	0,54 ^a	0,56 ^b	0,57 ^b	0,34 ^{bA}	0,36 ^{bA}	0,23 ^{bAB}	0,16 ^{bB}
	20	0,14 ^{aA}	0,54 ^{aB}	0,59 ^{bB}	0,5 ^{bB}	0,27 ^{bAB}	0,31 ^{bA}	0,22 ^{bB}	0,12 ^{bC}
42		0	20	40	60	0	20	40	60
	9	0,97 ^{aA}	0,72 ^{aB}	0,78 ^{aB}	0,72 ^{aB}	0,56 ^{aA}	0,69 ^{aB}	0,75 ^{aB}	0,68 ^{aB}
	16	0,41 ^{abA}	0,98 ^{aB}	0,33 ^{abAC}	0,25 ^{bC}	0,31 ^{abA}	0,76 ^{aB}	0,36 ^{bA}	0,19 ^{bC}
	20	0,17 ^{bA}	0,17 ^{bA}	0,11 ^{bA}	0,44 ^{abB}	0,25 ^{bA}	0,61 ^{aB}	0,21 ^{bAC}	0,15 ^{bC}
49		0	20	40	60	0	20	40	60
	9	1,19 ^{aA}	1,14 ^{aA}	1,22 ^{aA}	0,61 ^{aB}	0,43 ^{aA}	0,57 ^{aB}	1,05 ^{aC}	1,08 ^{aC}
	16	0,83 ^{bA}	0,37 ^{bB}	0,59 ^{abC}	0,51 ^{aC}	0,34 ^{abA}	0,42 ^{aB}	0,38 ^{bA}	0,37 ^{bA}
	20	0,02 ^{cA}	0,33 ^{bB}	0,19 ^{bC}	0,24 ^{bC}	0,13 ^{bA}	0,34 ^{aB}	0,36 ^{bB}	0,26 ^{bC}

Valores médios seguidos de letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem estatisticamente ao nível de 0,05 de probabilidade.

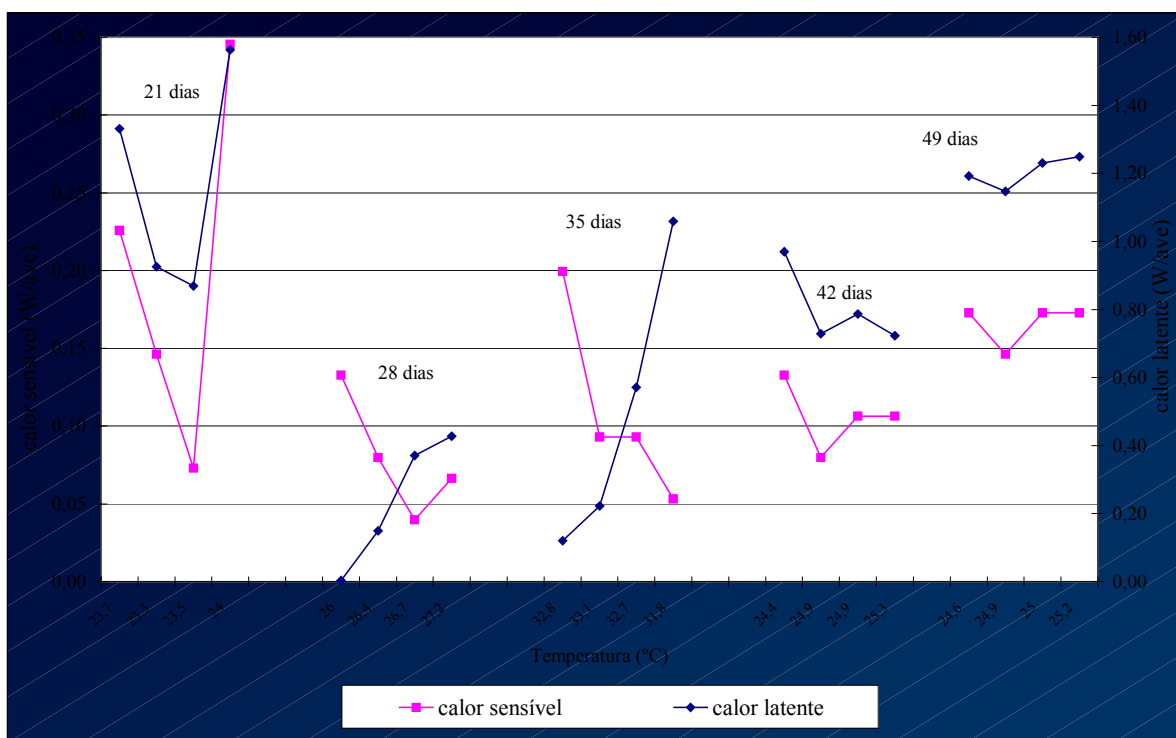


Figura 26: Perda de calor sensível e latente/ave para a velocidade de 1,0 m/s, na densidade de 9 aves/m².

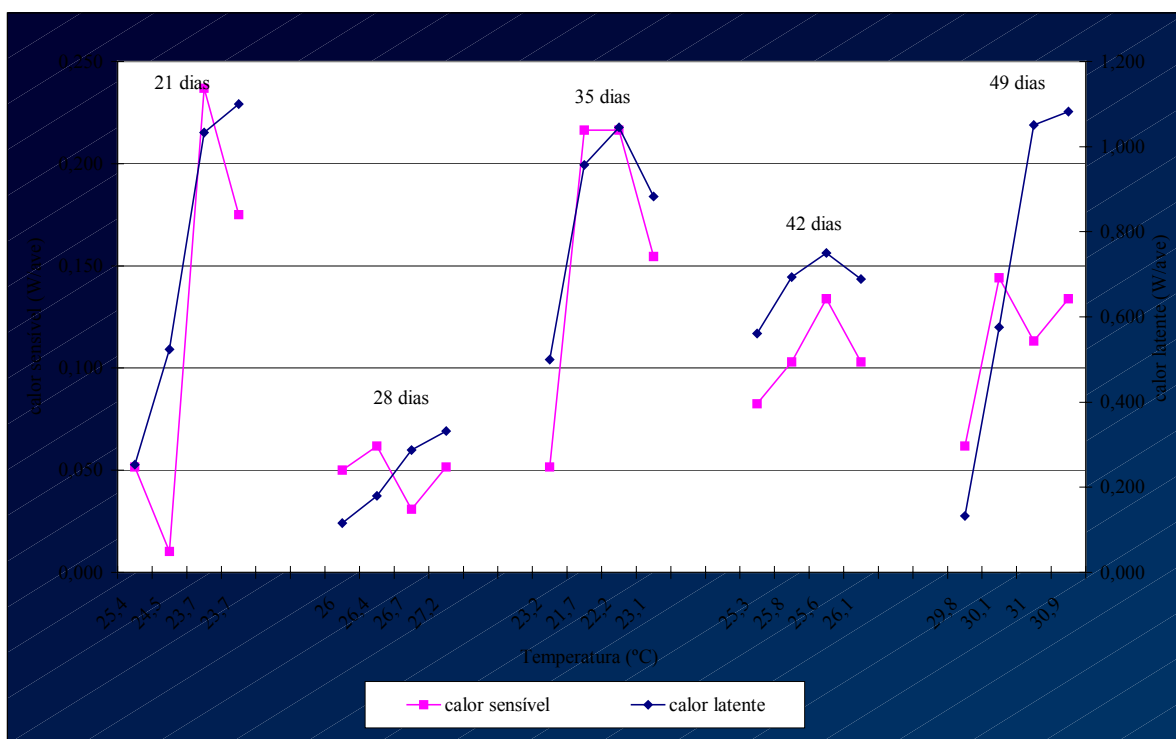


Figura 27: Perda de calor sensível e latente/ave para a velocidade de 0,3 m/s, na densidade de 9 aves/m².

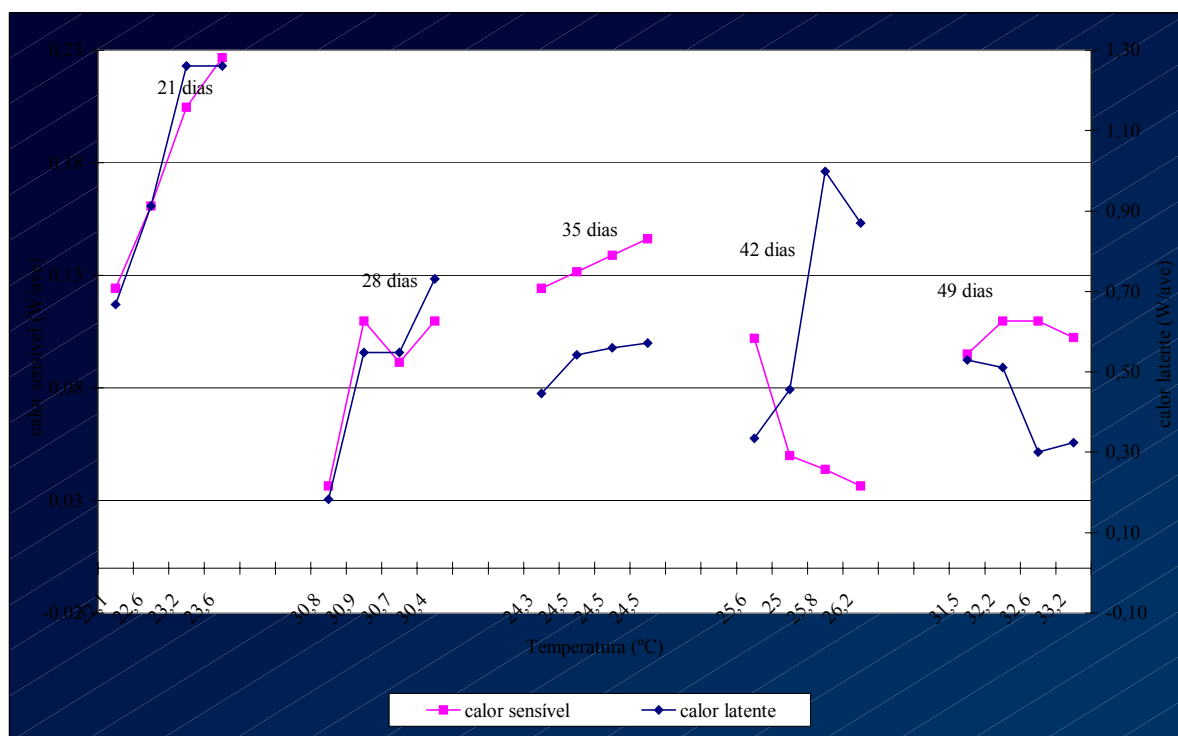


Figura 28: Perda de calor sensível e latente/ave para a velocidade de 1,0 m/s, na densidade de 16 aves/m².

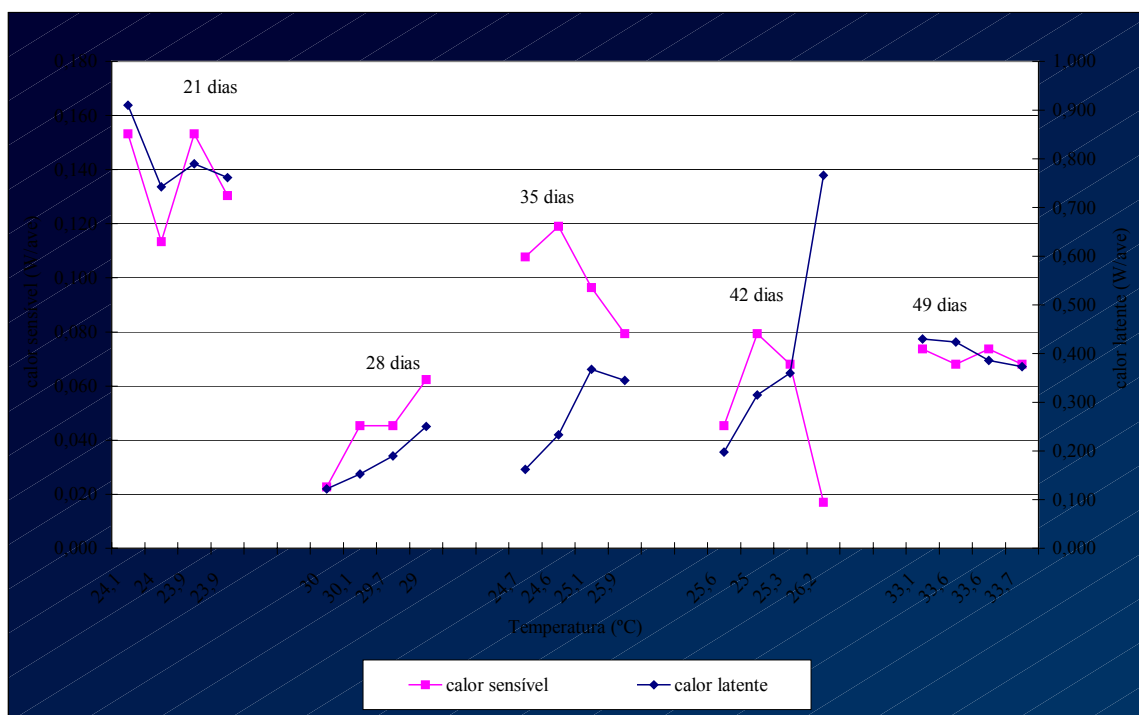


Figura 29: Perda de calor sensível e latente/ave para a velocidade de 0,3 m/s, na densidade de 16 aves/m².

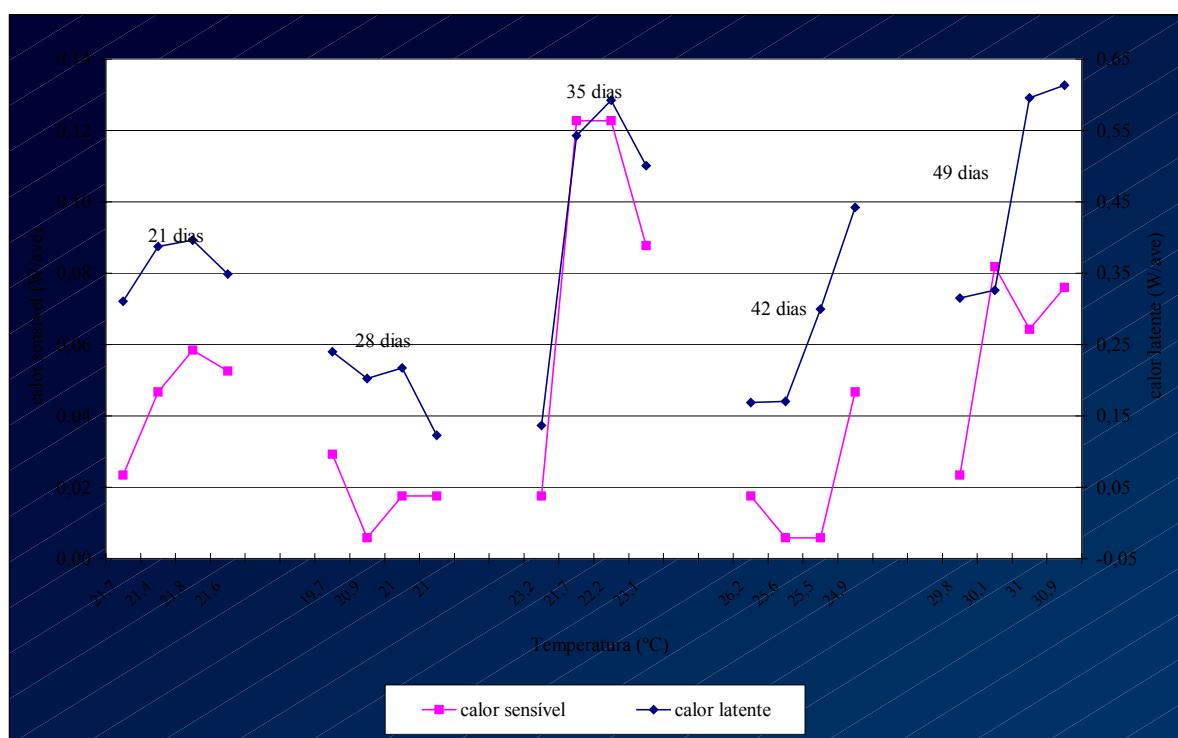


Figura 30: Perda de calor sensível e latente/ave para a velocidade de 1,0 m/s, na densidade de 20 aves/m².

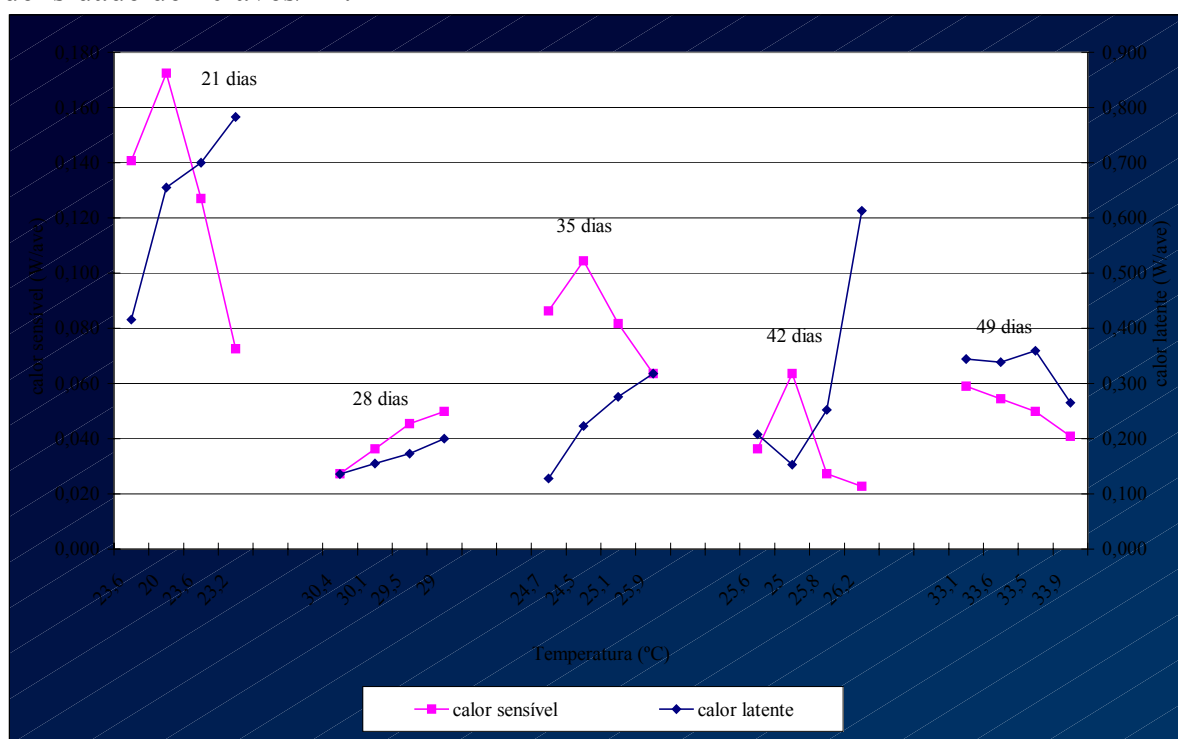


Figura 31: Perda de calor sensível e latente/ave para a velocidade de 0,3 m/s, na densidade de 20 aves/m².

Nas Figuras de 26 a 31 observa-se o mesmo comportamento da perda de calor obtida para kg de peso metabólico. A perda de calor foi maior para a velocidade de vento de 1,0 m/s, em comparação com a velocidade de 0,3 m/s.

Com os dados de perda de calor sensível e latente/ave é possível o cálculo do balanço térmico de galpões avícolas de modo mais aproximado para diversos fins como o número de ventiladores e nebulizadores necessários na edificação.

5.2.3. Perda de calor/ kg

Nas Tabelas 6 e 7 abaixo tem-se os valores de perda de calor sensível e latente /kg de peso.

Tabela 6: Médias de calor sensível (W/kg) para as duas velocidades de vento.

Efeito da velocidade do vento sobre a taxa de conversão (g/g) para as duas velocidades de vento									
Idade	Densidade (aves/m²)	Velocidade do vento (m/s)							
		1,0				0,3			
		Tempo de exposição (min)							
21		0	20	40	60	0	20	40	60
	9	0,29 ^{aA}	0,19 ^{aA}	0,09 ^{aB}	0,44 ^{aC}	0,07 ^{aA}	0,013 ^{aA}	0,3 ^{aB}	0,22 ^{aB}
	16	0,15 ^{aA}	0,21 ^{aAB}	0,26 ^{bBC}	0,29 ^{aC}	0,19 ^b	0,15 ^b	0,19 ^b	0,17 ^a
	20	0,03 ^b	0,06 ^b	0,07 ^a	0,07 ^b	0,18 ^{bA}	0,22 ^{bA}	0,16 ^{bAB}	0,09 ^{bB}
28		0	20	40	60	0	20	40	60
	9	0,08 ^a	0,05 ^a	0,02 ^a	0,04 ^a	0,03 ^a	0,04 ^a	0,02 ^a	0,03 ^a
	16	0,02 ^b	0,06 ^a	0,05 ^a	0,06 ^a	0,01 ^a	0,03 ^a	0,03 ^a	0,04 ^a
	20	0,017 ^b	0,01 ^a	0,01 ^a	0,01 ^a	0,02 ^a	0,02 ^a	0,03 ^a	0,03 ^a
35		0	20	40	60	0	20	40	60 ^a
	9	0,1 ^{aA}	0,05 ^{aB}	0,05 ^{aB}	0,03 ^{aAB}	0,026 ^{aA}	0,11 ^{aB}	0,11 ^{aB}	0,08 ^{aB}
	16	0,06 ^{ab}	0,07 ^a	0,07 ^a	0,07 ^a	0,05 ^a	0,06 ^a	0,05 ^b	0,04 ^a
	20	0,01 ^b	0,06 ^a	0,06 ^a	0,04 ^a	0,04 ^a	0,05 ^b	0,04 ^b	0,03 ^a
42		0	20	40	60	0	20	40	60 ^a
	9	0,05 ^a	0,03 ^a	0,04 ^a	0,04 ^a	0,03 ^a	0,04 ^a	0,05 ^a	0,04 ^a
	16	0,04 ^a	0,02 ^a	0,02 ^a	0,01 ^a	0,02 ^a	0,03 ^a	0,03 ^b	0,01 ^b
	20	0,01 ^a	0,02 ^a	0,02 ^a	0,02 ^a	0,01 ^a	0,02 ^a	0,01 ^b	0,01 ^b
49		0	20	40	60	0	20	40	60 ^a
	9	0,06 ^a	0,05 ^a	0,06 ^a	0,06 ^a	0,02 ^{aA}	0,05 ^{aB}	0,04 ^{aB}	0,04 ^{aB}
	16	0,03 ^{ab}	0,04 ^a	0,04 ^{ab}	0,03 ^{ab}	0,02 ^a	0,02 ^{ab}	0,02 ^{ab}	0,02 ^{ab}
	20	0,01 ^b	0,03 ^a	0,02 ^b	0,02 ^b	0,02 ^{aA}	0,02 ^{bA}	0,016 ^{bAB}	0,01 ^{bB}

Valores médios seguidos de letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem estatisticamente ao nível de 0,05 de probabilidade.

Tabela 7: Médias de calor latente (W/kg) para as duas velocidades de vento:

Tabela 7. Médias de calor latente (W/kg) para as duas velocidades de vento.									
Idade	Densidade (aves/m²)	Velocidade do vento (m/s)							
		1,0				0,3			
		Tempo de exposição (min)							
21		0	20	40	60	0	20	40	60
	9	1,71 ^{aA}	1,19 ^{aB}	1,11 ^{aB}	2 ^{aA}	0,32 ^{aA}	0,67 ^{aB}	1,32 ^{aC}	1,41 ^{aC}
	16	0,86 ^{abA}	1,17 ^{aA}	1,62 ^{bB}	1,62 ^{aB}	1,17 ^b	0,95 ^b	1,01 ^b	0,97 ^b
	20	0,4 ^b	0,5 ^b	0,51 ^c	0,45 ^b	0,53 ^{aA}	0,84 ^{abB}	0,9 ^{bB}	1 ^{bB}
28		0	20	40	60	0	20	40	60
	9	0,01 ^{aA}	0,09 ^{aB}	0,22 ^{aC}	0,25 ^{aC}	0,07 ^{aA}	0,11 ^{aA}	0,17 ^{aB}	0,19 ^{aB}
	16	0,01 ^{aA}	0,32 ^{bB}	0,32 ^{bB}	0,43 ^{bB}	0,07 ^{aA}	0,09 ^{aA}	0,11 ^{aAB}	0,15 ^{aB}
	20	0,14 ^{bA}	0,12 ^{cA}	0,13 ^{cA}	0,07 ^{cB}	0,08 ^a	0,09 ^a	0,1 ^a	0,12 ^a
35		0	20	40	60	0	20	40	60
	9	0,06 ^{aA}	0,11 ^{aB}	0,28 ^{aC}	0,53 ^{aD}	0,25 ^{aA}	0,48 ^{aB}	0,52 ^{aB}	0,44 ^{aB}
	16	0,22 ^b	0,27 ^a	0,27 ^b	0,29 ^b	0,08 ^{bA}	0,12 ^{bA}	0,18 ^{bAB}	0,17 ^{bB}
	20	0,07 ^{aA}	0,27 ^{aB}	0,29 ^{bB}	0,25 ^{bB}	0,06 ^{bAB}	0,11 ^{bA}	0,14 ^{bB}	0,16 ^{bC}
42		0	20	40	60	0	20	40	60
	9	0,37 ^{aA}	0,28 ^{aB}	0,3 ^{aB}	0,28 ^{aB}	0,22 ^{aA}	0,26 ^{aB}	0,29 ^{aB}	0,26 ^{aB}
	16	0,13 ^{abA}	0,17 ^{aB}	0,38 ^{abAC}	0,33 ^{bC}	0,07 ^{abA}	0,12 ^{aB}	0,13 ^{bA}	0,29 ^{bC}
	20	0,06 ^{bA}	0,06 ^{bA}	0,11 ^{bA}	0,17 ^{abB}	0,08 ^{bA}	0,06 ^{aB}	0,09 ^{bAC}	0,23 ^{bC}
49		0	20	40	60	0	20	40	60
	9	0,4 ^{aA}	0,38 ^{aA}	0,41 ^{aA}	0,41 ^{aA}	0,04 ^{aA}	0,19 ^{aB}	0,35 ^{aC}	0,36 ^{aC}
	16	0,17 ^{bA}	0,17 ^{bA}	0,1 ^{abB}	0,12 ^{bB}	0,14 ^{abA}	0,14 ^{abA}	0,13 ^{bA}	0,12 ^{bA}
	20	0,1 ^{bA}	0,11 ^{bA}	0,2 ^{bB}	0,2 ^{cB}	0,11 ^b	0,11 ^b	0,12 ^b	0,09 ^b

Valores médios seguidos de letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem estatisticamente ao nível de 0,05 de probabilidade.

Os dados nas tabelas mostram que houve diferença significativa entre as densidades testadas, além dos intervalos de tempo testados.

Nas Figuras de 32 a 37 são mostradas a perda de calor para todas as idades.

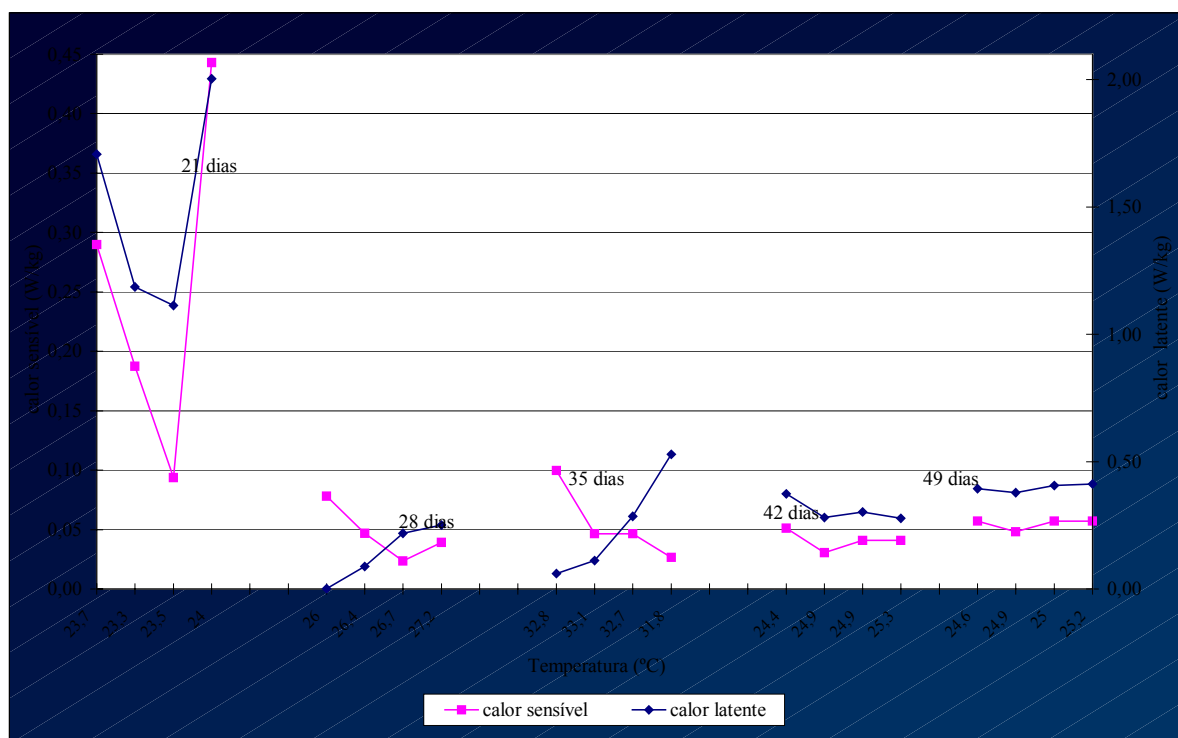


Figura 32: Perda de calor sensível e latente para a velocidade de 1,0 m/s, na densidade de 9 aves/m².

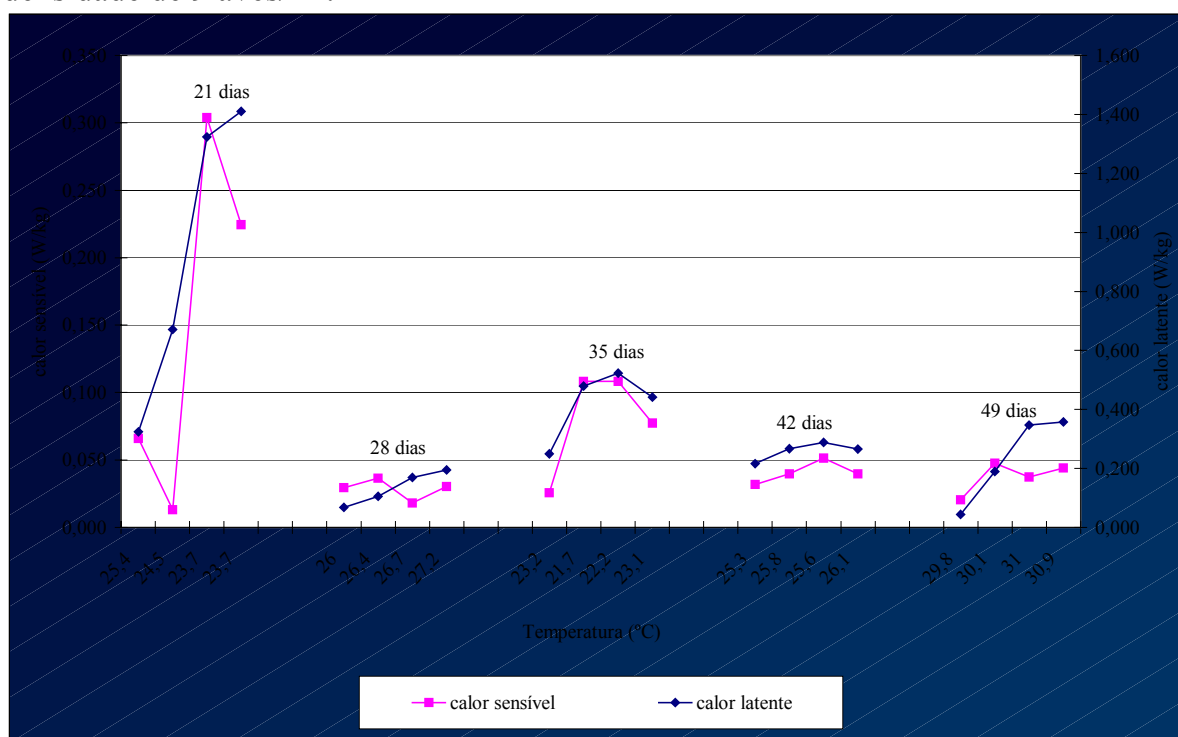


Figura 33: Perda de calor sensível e latente para a velocidade de 0,3 m/s, na densidade de 9 aves/m².

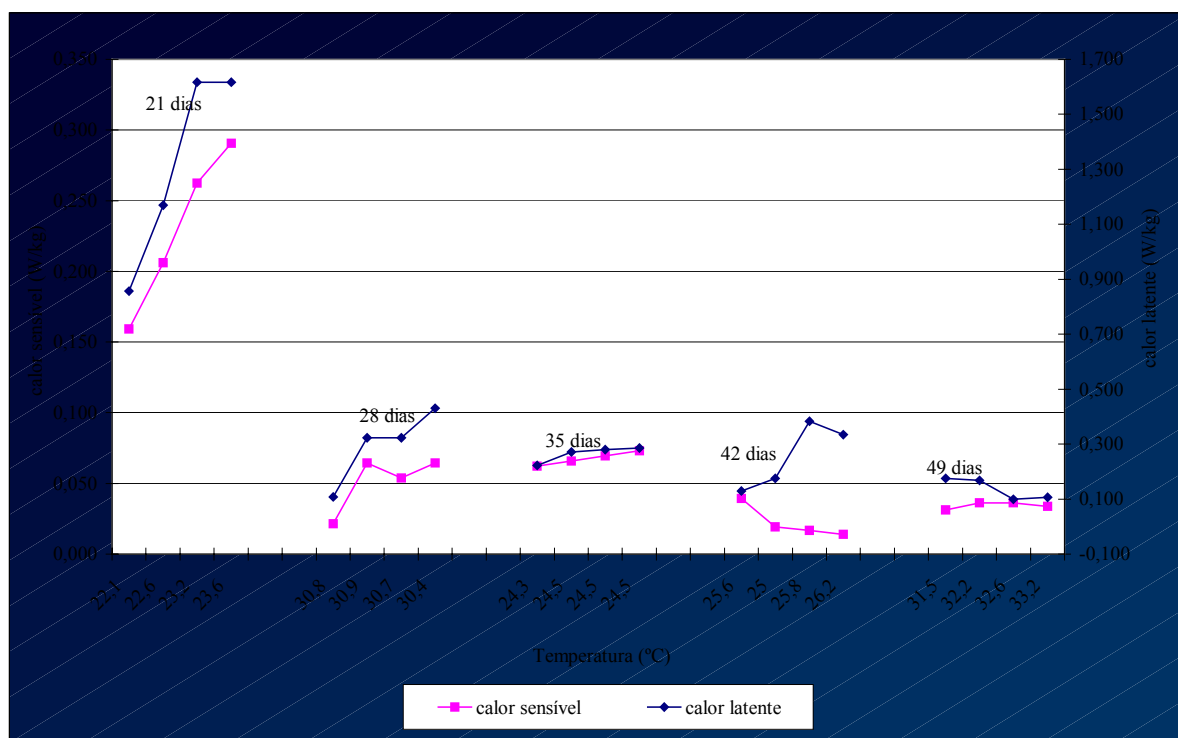


Figura 34: Perda de calor sensível e latente para a velocidade de 1,0 m/s, na densidade de 16 aves/m².

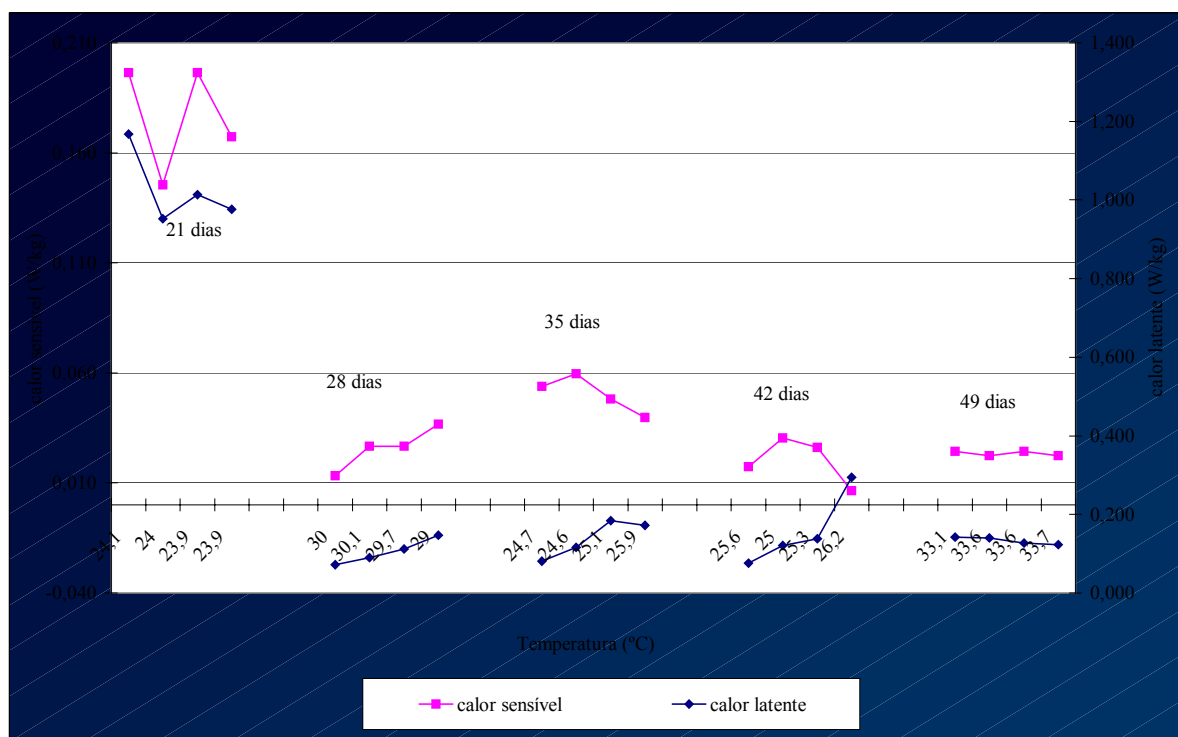


Figura 35: Perda de calor sensível e latente para a velocidade de 0,3 m/s, na densidade de 16 aves/m².

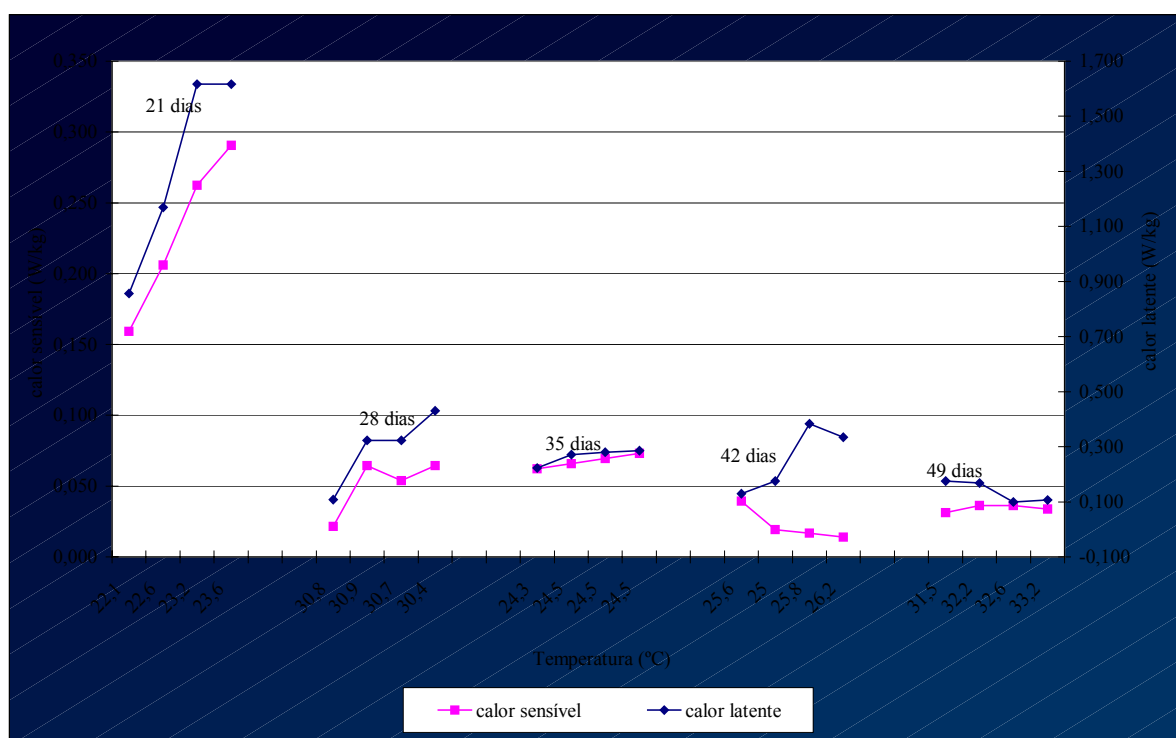


Figura 36: Perda de calor sensível e latente para a velocidade de 1,0 m/s, na densidade de 20 aves/m².

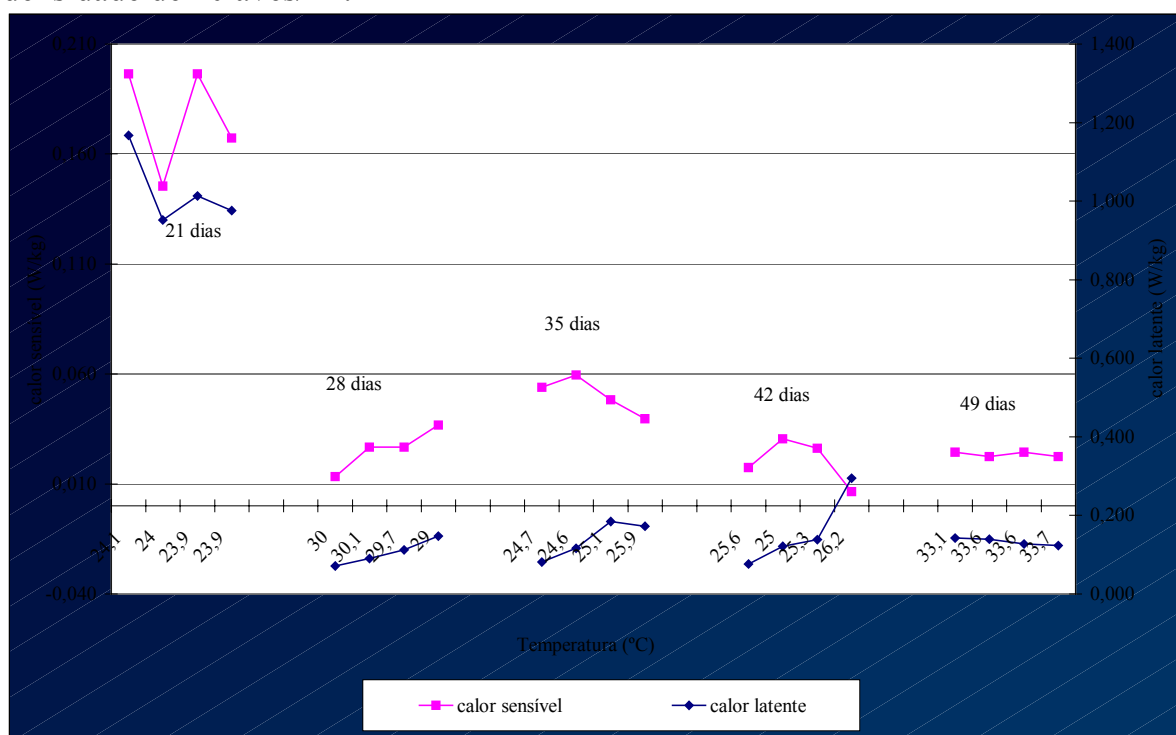


Figura 37: Perda de calor sensível e latente para a velocidade de 0,3 m/s, na densidade de 20 aves/m².

Observando os Figuras de 32 a 37, nota-se que a perda de calor/kg de peso foi maior para a velocidade do ar de 1,0 m/s em relação à velocidade de 0,3 m/s.

Segundo BAÊTA e SOUZA (1997), a perda de calor total de um frango de 2,0 kg é de 1,5 W. Já para HELLICKSON e WALKER (1983) a perda de calor total é de 5.8 W para um experimento realizado em calorímetro.

No trabalho de SIMMONS et al (s/d), os resultados encontrados para perda de calor em aves submetidas a várias velocidades do ar foram similares aos encontrados neste trabalho. As curvas de perda de calor latente e sensível seguem o mesmo padrão de inclinação.

5.2.4. Perda de calor/ cm² de área de superfície corporal

Nas Tabelas 8 e 9 seguintes, tem-se os valores de perda de calor por cm² de área de superfície da ave.

Tabela 8: Médias de calor sensível (W/cm²) para as duas velocidades de vento.

Idade		Densidade (aves/m ²)	Velocidade do vento (m/s)							
			1,0				0,3			
			Tempo de exposição (min)							
21		0	20	40	60	0	20	40	60	
	9	0,03 ^{aAC}	0,02 ^{aBA}	0,008 ^{aB}	0,04 ^{aC}	0,006 ^{aA}	0,001 ^{aA}	0,03 ^{aB}	0,02 ^{aB}	
	16	0,01 ^{aA}	0,02 ^{aAB}	0,02 ^{bBC}	0,03 ^{aC}	0,02 ^b	0,01 ^b	0,02 ^a	0,02 ^a	
	20	0,003 ^{bA}	0,006 ^{bB}	0,007 ^{aC}	0,006 ^{bC}	0,02 ^{bA}	0,02 ^{bA}	0,01 ^{aAB}	0,008 ^{bB}	
28		0	20	40	60	0	20	40	60	
	9	0,009 ^{aA}	0,006 ^{abB}	0,003 ^{aC}	0,005 ^{aB}	0,003 ^a	0,004 ^a	0,002 ^a	0,004 ^a	
	16	0,003 ^{bA}	0,008 ^{bB}	0,006 ^{aB}	0,008 ^{aB}	0,002 ^a	0,003 ^a	0,003 ^a	0,004 ^a	
	20	0,002 ^{bA}	0,0004 ^{aB}	0,001 ^{aA}	0,001 ^{aA}	0,001 ^a	0,002 ^a	0,003 ^a	0,003 ^a	
35		0	20	40	60	0	20	40	60 ^a	
	9	0,01 ^{aA}	0,006 ^{aB}	0,006 ^{aB}	0,003 ^{aB}	0,003 ^{aA}	0,01 ^{aB}	0,01 ^{aB}	0,01 ^{aB}	
	16	0,008 ^a	0,008 ^a	0,009 ^b	0,009 ^b	0,006 ^b	0,007 ^b	0,006 ^b	0,005 ^b	
	20	0,001 ^{bA}	0,007 ^{aB}	0,007 ^{aB}	0,006 ^{bB}	0,005 ^{bA}	0,007 ^{bB}	0,005 ^{bA}	0,004 ^{bA}	
42		0	20	40	60	0	20	40	60 ^a	
	9	0,007 ^{aA}	0,004 ^{aB}	0,005 ^{aB}	0,005 ^{aB}	0,004 ^{aA}	0,005 ^{aAB}	0,007 ^{aB}	0,005 ^{aAB}	
	16	0,005 ^{bA}	0,003 ^{aA}	0,002 ^{abAB}	0,001 ^{aB}	0,002 ^a	0,004 ^a	0,003 ^b	0,001 ^b	
	20	0,001 ^b	0,001 ^a	0,001 ^b	0,002 ^a	0,001 ^a	0,003 ^a	0,001 ^b	0,001 ^b	
49		0	20	40	60	0	20	40	60 ^a	
	9	0,008 ^a	0,007 ^a	0,008 ^a	0,008 ^a	0,003 ^{aA}	0,007 ^{aB}	0,005 ^{aB}	0,006 ^{aB}	
	16	0,005 ^{abA}	0,003 ^{abA}	0,002 ^{abAB}	0,001 ^{abB}	0,003 ^a	0,003 ^{ab}	0,003 ^{ab}	0,003 ^{ab}	
	20	0,001 ^{bA}	0,004 ^{bB}	0,003 ^{bB}	0,004 ^{bB}	0,003 ^a	0,003 ^b	0,002 ^b	0,002 ^b	

Valores médios seguidos de letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem estatisticamente ao nível de 0,05 de probabilidade.

Tabela 9: Médias de calor latente (W/cm²) para as duas velocidades de vento:

Tabela 3. Médias de calor latente (W/cm ²) para as duas velocidades de vento.									
Idade	Densidade (aves/m ²)	Velocidade do vento (m/s)							
		1,0				0,3			
		Tempo de exposição (min)							
21		0	20	40	60	0	20	40	60
	9	0,16 ^{aAB}	0,11 ^{aA}	0,1 ^{aA}	0,19 ^{aB}	0,03 ^{aA}	0,06 ^{aA}	0,12 ^{aB}	0,13 ^{aB}
	16	0,08 ^{abA}	0,11 ^{aAB}	0,15 ^{abB}	0,15 ^{aB}	0,11 ^b	0,09 ^b	0,09 ^b	0,09 ^b
	20	0,04 ^b	0,05 ^b	0,05 ^b	0,04 ^b	0,05 ^{aA}	0,08 ^{abB}	0,08 ^{bB}	0,09 ^{bB}
28		0	20	40	60	0	20	40	60
	9	0,001 ^{aA}	0,01 ^{aB}	0,03 ^{aB}	0,03 ^{aB}	0,01 ^a	0,01 ^a	0,02 ^a	0,02 ^a
	16	0,01 ^{aA}	0,04 ^{aB}	0,04 ^{aB}	0,05 ^{aB}	0,01 ^a	0,01 ^a	0,01 ^a	0,02 ^a
	20	0,017 ^b	0,01 ^a	0,01 ^a	0,01 ^b	0,01 ^a	0,01 ^a	0,01 ^a	0,01 ^a
35		0	20	40	60	0	20	40	60
	9	0,008 ^{aA}	0,01 ^{aB}	0,03 ^{aC}	0,07 ^{aD}	0,03 ^{aA}	0,06 ^{aB}	0,07 ^{aB}	0,06 ^{aB}
	16	0,03 ^b	0,03 ^a	0,03 ^b	0,04 ^b	0,01 ^{bA}	0,01 ^{bA}	0,02 ^{bAB}	0,02 ^{bB}
	20	0,01 ^{aA}	0,03 ^{aB}	0,04 ^{bB}	0,03 ^{bB}	0,008 ^{bAB}	0,014 ^{bA}	0,02 ^{bB}	0,02 ^{bC}
42		0	20	40	60	0	20	40	60
	9	0,05 ^{aA}	0,04 ^{aB}	0,04 ^{aB}	0,04 ^{aB}	0,03 ^{aA}	0,03 ^{aA}	0,04 ^{aB}	0,04 ^{aB}
	16	0,02 ^{abA}	0,02 ^{aA}	0,05 ^{abB}	0,05 ^{bB}	0,01 ^{abA}	0,02 ^{aA}	0,02 ^{bA}	0,04 ^{bB}
	20	0,01 ^{bA}	0,01 ^{bA}	0,01 ^{bA}	0,02 ^{abB}	0,01 ^{bA}	0,01 ^{aA}	0,01 ^{bA}	0,03 ^{bB}
49		0	20	40	60	0	20	40	60
	9	0,06 ^{aA}	0,05 ^{aA}	0,06 ^{aA}	0,06 ^{aA}	0,01 ^{aA}	0,03 ^{aB}	0,05 ^{aC}	0,05 ^{aC}
	16	0,03 ^{bA}	0,02 ^{bB}	0,01 ^{abC}	0,01 ^{aC}	0,02 ^{ab}	0,02 ^a	0,02 ^b	0,02 ^b
	20	0,01 ^{cA}	0,01 ^{bA}	0,03 ^{bB}	0,03 ^{bB}	0,02 ^b	0,02 ^a	0,02 ^b	0,01 ^b

Valores médios seguidos de letras minúsculas distintas na coluna e maiúsculas distintas na linha diferem estatisticamente ao nível de 0,05 de probabilidade.

Pelos dados nas tabelas 8 e 9 acima, pode-se observar que a perda de calor por área de superfície foi maior para as aves menores. Proporcionalmente, quanto maior a ave, menor sua área em relação ao peso.

Foram encontradas diferenças significativas ao nível de 0,05 de probabilidade para as densidades utilizadas e os intervalos de tempo estudados.

Nas Figuras 38 a 43 tem-se a perda de calor pela área de superfície do frango.

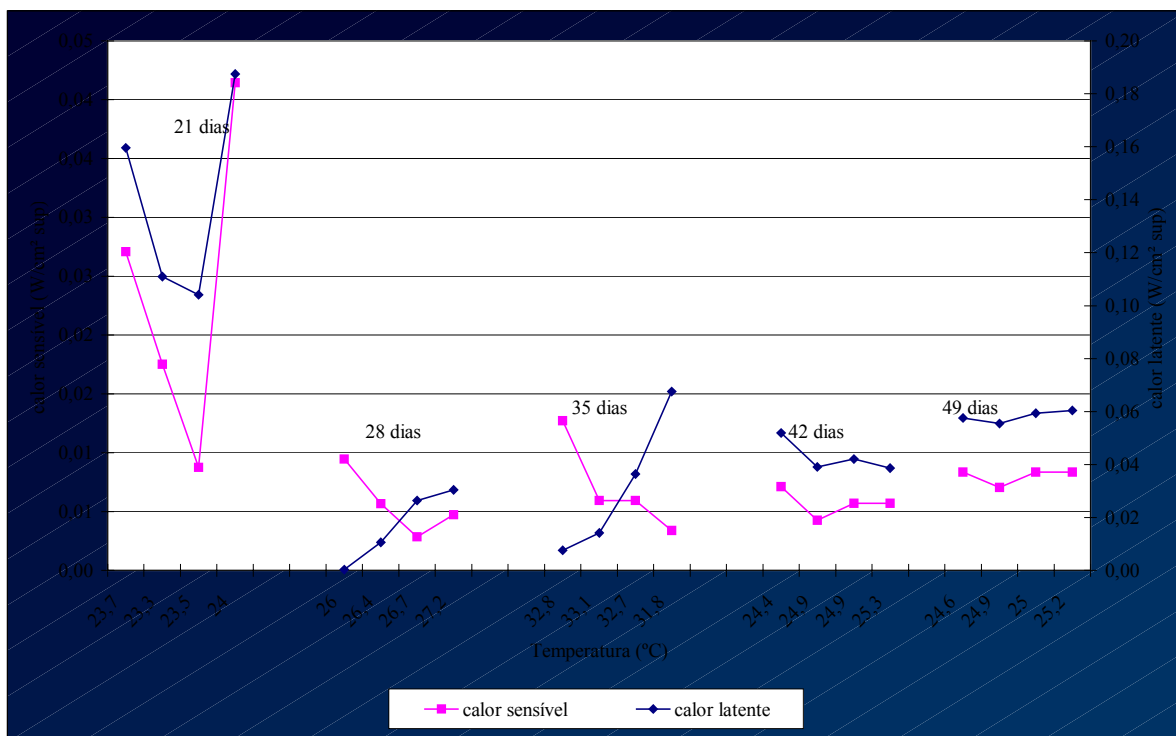


Figura 38: Perda de calor sensível e latente para a velocidade de 1,0 m/s, na densidade de 9 aves/m².

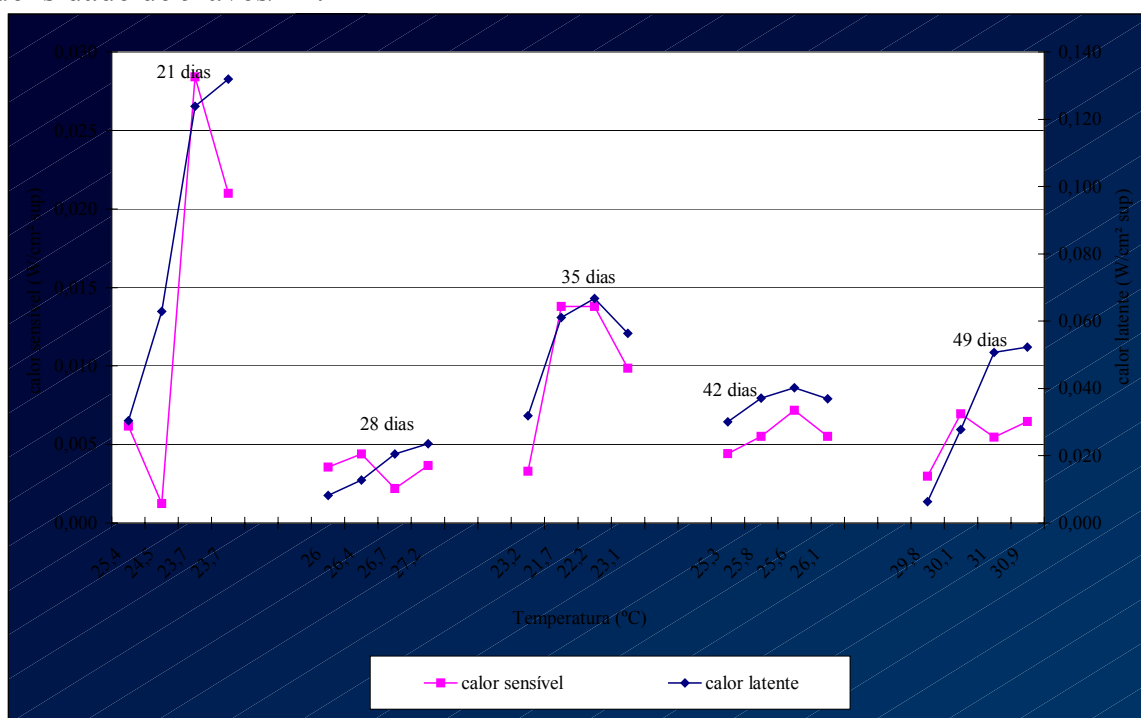


Figura 39: Perda de calor sensível e latente para a velocidade de 0,3 m/s, na densidade de 9 aves/m².

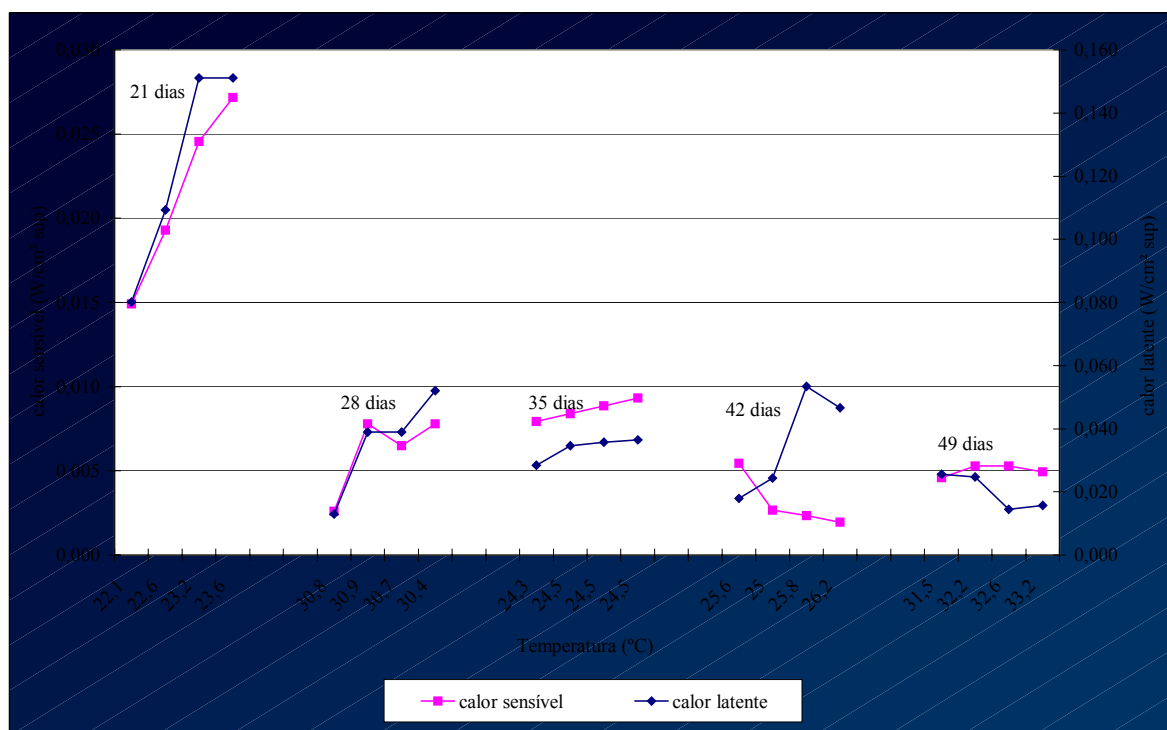


Figura 40: Perda de calor sensível e latente para a velocidade de 1,0 m/s, na densidade de 16 aves/m².

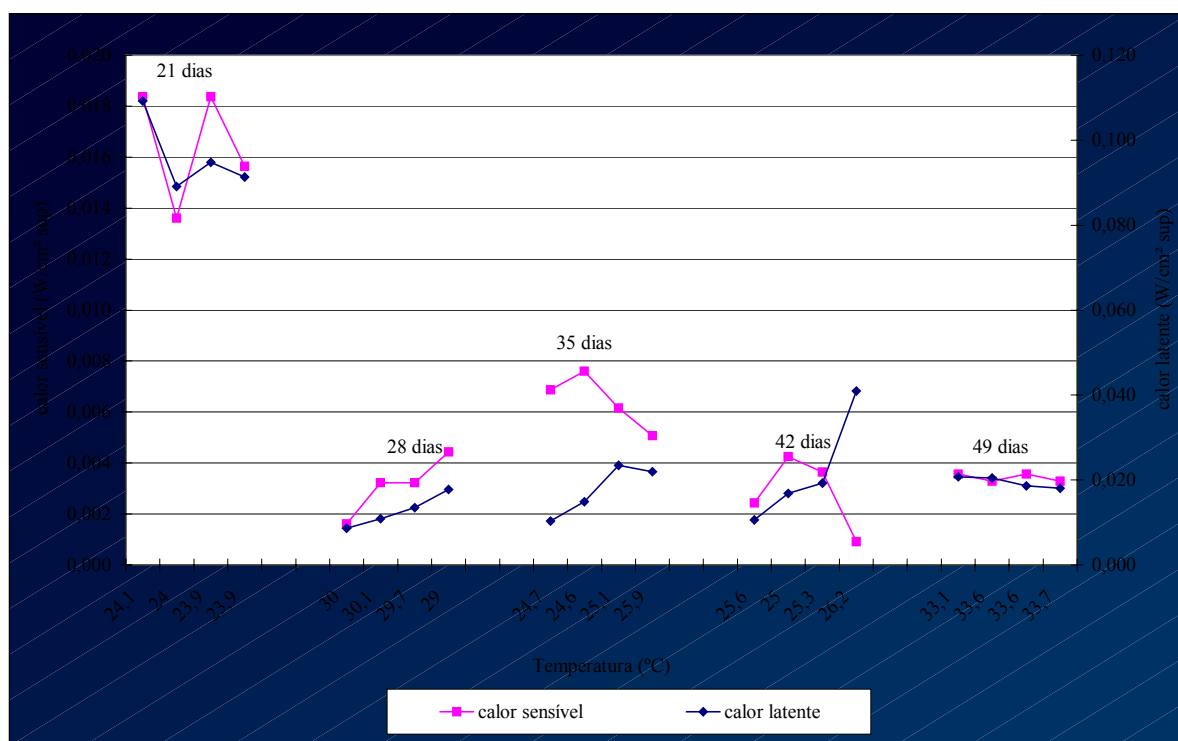


Figura 41: Perda de calor sensível e latente para a velocidade de 0,3 m/s, na densidade de 16 aves/m².

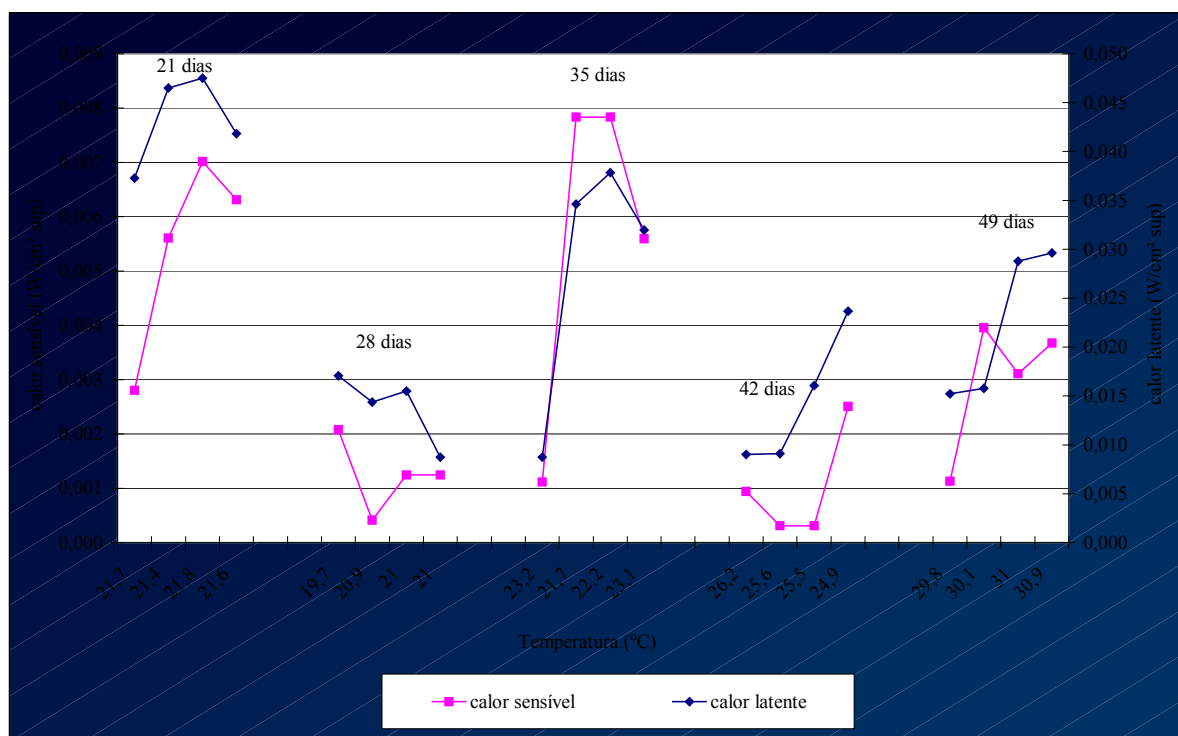


Figura 42: Perda de calor sensível e latente para a velocidade de 1,0 m/s, na densidade de 20 aves/m².

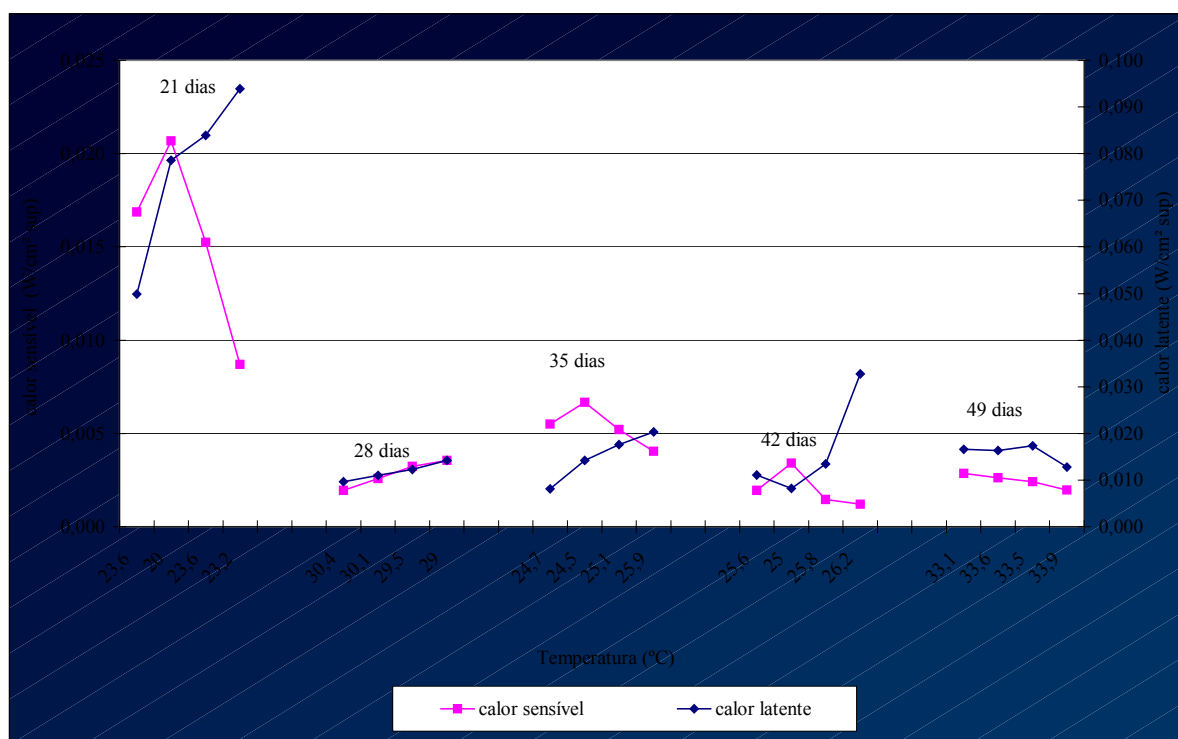


Figura 43: Perda de calor sensível e latente para a velocidade de 0,3 m/s, na densidade de 20 aves/m².

Nas Figuras de 38 a 43 observou-se que a produção de calor/cm² de superfície foi maior para aves de 21 dias que são menores e, proporcionalmente, têm área superficial maior.

Em BAÊTA e SOUZA (1997), os dados de perda de calor/cm² de superfície são similares aos encontrados neste trabalho.

5.2.5. Comportamento

As aves de 21 dias submetidas a velocidade do ar de 1,0 m/s agruparam-se bastante. Já para as outras idades e na velocidade do ar de 0,3 m/s não houve agrupamento.

5.3. Sugestões para outros trabalhos

Esta tese objetivou medir parâmetros fisiológicos de frangos de corte, como a Temperatura Média Corporal e as perdas de calor sensível e latente.

Sugere-se como continuidade para outros trabalhos que venham complementar este, o estudo da TMC dentro de aviários comerciais, com outras linhagens comerciais de frangos de corte.

Também seria interessante o estudo da perda de calor com outras velocidades de vento no “túnel de vento”.

6. Conclusões

6.1. Experimento I

- 1) A TMC não apresentou grande variação para a temperatura ambiente de 24 °C;
- 2) A TMC foi maior para a temperatura ambiente de 32 °C;
- 3) A temperatura retal não sofreu grande variação para as temperaturas ambientes de 24 °C e 32 °C;
- 4) As temperaturas da crista, patas e cabeça foram as que mais apresentaram variação em relação à temperatura e tempo de exposição ao vento;
- 5) A TMC apresentou variação em relação ao tempo de exposição ao vento;

6.2. Experimento II

- 1) A perda de calor sensível foi inferior à perda de calor latente;
- 2) Houve uma queda na perda de calor para a maioria das exposições nos 20 primeiros minutos, seguida de uma tendência à estabilização;

- 3) A perda de calor foi maior para a velocidade do ar de 1,0 m/s em relação à velocidade do ar de 0,3 m/s;
- 4) A perda de calor/kg de peso metabólico foi maior para aves de 21 dias;
- 5) A perda de calor/cm² de superfície foi maior para aves de 21 dias;

7. Bibliografia citada

ANUÁRIO 2000 da avicultura industrial. 2000. Gessulli, Porto Feliz. 82 p.

ASAE Standars 1995. 45° ed. St. Joseph, ASAE, 1995. EP270.5 DEC94.

BAÊTA, F.C., SOUZA, C.F., **Ambiência em edificações rurais – conforto animal.** 1997. UFV, Viçosa. 246 p.

BAPTISTA, F.J., MENESES, J.F. *Natural Ventilation of animal housings.* 1997. Notas de aula. Universidade de Évora, 3 p.

BAUGHMAN, G.R., BOTTCHEER, R.W., MUNILLA, R.D., GRIMES, J.L., *Field evaluation of large paddle fans in a turkey research building.* 1998. Paper nº 984043. St. Joseph, **ASAE**, 8 p.

BEKER, A, TEETER, R.G. Drinking water temperature and potassium chloride supplementation effects on broiler body temperature and performance during heat stress. 1994. **Journal Applied Poultry Research**, **3**, p 87-92.

BERRY, I.L., COSTELLO, T.A, BENZ, R.C. *Cooling broiler chickens by surface wetting.* 1990. Paper nº 90-4024, St. Joseph, **ASAE**. 18 p.

BOTTCHEER, R., BISESI, P. **Hot weather management of broiler housing: increasing night-time use of mixing fans.** 1993, NC Alternative Energy Corporation, North Carolina. 4p.

- BOTTCHER, R.W., BISESI, P.S., BRAKE, J., PARDUE, S.L., ETHEREDGE, A. M., *Reducing mixing fan thermostat setpoints in naturally ventilated broiler housing during hot weather*. 1994. In: **Journal Applied Poultry Research**. **3**, p. 289-296.
- BOTTCHER, R. **Monitoring the ventilation of poultry and livestock buildings**. 1995, North Carolina Cooperative extension service, 5 p.
- BOTTCHER, R.W., BAUGHMAN, G.R., MUNILLA, R.D., GRIMES, J.L., GONDER, E. **Large paddle fans for turkey growout housing**. 1996. ASAE, paper n° 964105, 16 p.
- BOTTCHER, R. CZARICK, M. **Tunnel ventilation and evaporative cooling for poultry**. 1997. North Carolina Cooperative extension service, 7p.
- BOTTCHER, R.W., BAUGHMAN, G.R., MUNILLA, R.D., GRIMES, J.L., GONDER, E. **Development of a large paddle fan for cooling poultry**. 1998. Applied Engineering in Agriculture, ASAE, paper n° 0883-8542. p. 1401-87.
- CARR, L.E.; NICHOLSON, J.L. *Broiler responses to three ventilation rates*. 1980. **Transactions of ASAE**. St. Joseph, MI. **23**, 02, p. 414- 418.
- CHENG, T.K., HAMRE, L.M., COON, C.N. *Responses of broilers to dietary protein levels and amino acid supplementation to low protein diets at various environmental temperatures*. 1997. **Journal of applied poultry research**, 6, p. 18-33. (b)
- COOPER, M.A., WASHBURN, K.W., *The relationships of body temperature to weight gain, feed consumption and feed utilization in broilers under heat stress*. 1998. **Poultry Science**, **77**. p. 237-242.
- CURTIS, S.E., **Environmental management in animal agriculture**. 1987. Iowa State University press. 403 p.
- CZARICK, M., LACY, M. P., *Performance of tunnel-ventilated broiler houses with misting nozzles*. 1991. Paper n°: 914562. St. Joseph, **ASAE**, 14 p.
- DAGHIR, N.J. **Poultry production in hot climates**. 1995. Oxon, CAB International, 303 p.

- DARRE, M. J., HARRISON, P.C. *Heart rate, blood pressure, cardiac output, and total peripheral resistance of single comb white leghorn hens during an acute exposure to 35 °C ambient temperature.* In: **Poultry Science**. 1987. **66**, p. 541-547.
- EMMANS, G.C., *A Model of the growth and feed intake of ad libitum fed animals, particularly poultry.* 1981. **Occasional publication**, 5, British Society of Animal Production, 7 pp.
- ERNST, R. A. *Housing for Improved Performance in Hot Climates.* 1995 In **Poultry Production**. Ed. CAB INTERNATIONAL, Wallingford. 346 p.
- ESMAY, M.L. **Principles of Animal Environment.** Avi Publishing Company Inc, Westport, 1982. 325 p.
- FREEMAN, B.J. *The domestic fowl in biomedical research: physiological effects of the environment.* **World's Poultry Science Journal**, 1988. 44:44-60p.
- FURLAN, R.L., MALHEIROS, R.D., MORAES, V.M.B., MALHEIROS, E.B., BRUNO, L.D.G., SECATO, E.R., MACARI, M. *Efeito da densidade de alojamento e da temperatura ambiente sobre a temperatura corporal de frangos.* In: **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, FACTA, suplemento **2** (2000), Campinas. p. 62.(a)
- FURLAN, R.L., MACARI, M., SECATO, E.R., GUERREIRO, J.R. *Air velocity and exposure time to ventilation affect body surface and rectal temperature of broiler chickens.* In: **Journal Applied Poultry Research**. 2000. **9**, p.1-5. (b)
- GATES, R.S., ZHANG, H., COLLIVER, D.G., OVERHULTS, D.G. *Regional variation in temperature humidity index for poultry housing.* 1995. **Transactions of ASAE**, **38**, 1, p. 197-205.
- GIVONI, M. **Man, climate and architecture.** 1980. Amazon. New York, 551 p.
- HARRISON, P. C. *O Estresse calórico nas aves: fisiologia e consequências.* in: Simpósio internacional sobre ambiência e instalação na avicultura industrial. 1995, Campinas, **Textos**, 1995, Campinas, p. 25-32.
- HELLICKSON, M.A., WALKER, J.N. **Ventilation of agricultural structures.** 1983. St. Joseph. ASAE. 371.

- INCROPERA, F.P., DE WITT, D.P. **Fundamentals of heat and mass transfer**. 1996. John Wiley & Sons, New York, 853 p.
- LEON, J.C., BABBIN, B., CHOI, C.Y., WALLER, P.M. *Design, construction and evaluation of a compact recirculating wind tunnel for agricultural experiments*, 1996, Paper 9640006, St. Joseph, **ASAE**.15 p.
- LEYENDECKER, H.B., FAVIER, J.F. *Design of a low cost boundary layer wind tunnel*. Paper nº 98 E-053. Newcastle. 8 p.
- MACARI, M., FURLAN, R.L., GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 1994, Jaboticabal, FUNEP, 296 p.
- MITCHELL, M.A. **Some Physiological Effects of Environmental Temperature Upon Poultry**. Proceedings of the Third International Poultry Buildings Conference. 1987. Pp. 24-25.
- MONTEITH, J.L., MOUNT, L.E. **Heat loss from animals and man – assessment and control**.1974, London, Butterworths, 459 p.
- MORAES, V.M.B, MALHEIROS, R.D., BROGNONI, E., FURLAN, R.L., LUCAS JR, J., MACARI, M. *Efeito da energia da dieta e densidade populacional sobre a carga térmica radiante de frangos de corte criados no inverno e verão*. In: **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, FACTA, suplemento **2** (2000), Campinas. p. 66.
- MOUEDDEB, K. E., BARRINGTON, S., BARTHAKUR, N.N. *Modeling fan and perforated ventilation ducts for airflow balance point*. 1998 In: **Transactions of ASAE**. 41(4) p. 1131-1137.
- MOURA, D.J., **Estudo de diferentes orientações em modelos em escala simulando instalações para frangos de corte**. 1998. Campinas, Tese de Doutorado, 156 p.(a)
- MOURA, D.J., NAAS, I.A. *Avaliação de sistemas de ventilação sobre o condicionamento ambiental de aviários para frangos de corte no estado da Flórida*. 1998, Campinas, **Trabalhos de Pesquisa**, FACTA, Campinas, 1998.
- NÄÄS, I.A. *Estresse calórico: meios artificiais de condicionamento*. in: Simpósio internacional sobre ambiência e instalação na avicultura industrial. 1995, Campinas, **Textos**, 1995, Campinas, p. 109-112. (a)

- NÄÄS, I. A. *O Equilíbrio térmico nas aves: aspectos físicos. in: simpósio internacional sobre ambiência e instalação na avicultura industrial.* 1995, Campinas, **Textos**, 1995, Campinas, p. 19-24. (b)
- NAAS, I.A. *Ventilação e climatização para frangos de corte.* 1997. Conferência Apinco de ciência e tecnologia avícolas. **Anais**, São Paulo, FACTA, Campinas, p. 113 – 119. (a)
- NÄÄS, I.A., MOURA, D.J., *Avaliação da eficiência térmica de instalações avícolas com diferentes orientações através de modelos em escala reduzida e distorcida.* 1997, São Paulo, **Trabalhos de Pesquisa**, FACTA, Campinas, 1997, p.32.(b)
- QUINN, A. D., KETTLEWELL, P.J., MITCHELL, M.A., KNOWLES, T. *Air movement and the thermal microclimates observed in poultry lairages.* 1998. in: **British Poultry Science**. **39**, p.469-476.
- RICHARDS, S.A. *The significance of changes in the temperature of the skin and body core of the chicken in the regulation of heat loss.* 1971 **Journal of Physiology**, **216**, 1-10.
- RICHARDS, S.A. *Aspects of physical thermoregulation in the fowl.* In: MONTEITH and MOUNT. **Heat Loss from Animals and Man**. Butterworths. London. 1974. 457 p.
- SANTIN, A. *Criação de frangos de corte com alta densidade.* In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS. 1996, Curitiba, **Anais**, FACTA, Campinas, 1996, p. 119-133.
- SCHMIDT-NIELSEN, K. **Desert animals – physiological problems of heat and water.** 1979. New York, Dover Publications. 277 p.
- SILVA, I.J.O., LAGATTA, D., PEDROSO, D.S., VENERO J.T.R., PIEDADE, S.M.S., NAAS, I.A. *Análise das condições de conforto em caminhões no abatedouro.* 1997, São Paulo, **Trabalhos de Pesquisa**, FACTA, Campinas, 1997, p. 1.
- SILVA, I.J.O., NAAS, I.A., *Redução da temperatura interna em aviários de postura, através do sistema de resfriamento adiabático evaporativo por nebulização.* 1998, Campinas, **Trabalhos de Pesquisa**, FACTA, Campinas, 1998.

- SILVA, J. C. T. *Tabelas da avicultura*. in: **AVES E OVOS**, 1998, APA, São Paulo, **14**, 04. p36–40.
- SILVA, R. D. M., NAKANO, M. **Sistema caipira de criação de galinhas**. 1998. Editora Degaspari, Piracicaba, 109 p.
- SIMMONS, J.D., HANNIGAN, T.E., LOTT, B.D. *Flow rate variations resulting from placement of large fans in tunnel ventilated broiler houses*. 1998. Paper 98-4037, St. Joseph, **ASAE**. 14 p.
- SIMMONS, J.D., DEATON, J.W., *Research note: Evaporative cooling for increased production of large broiler chickens*. 1989 In: **Poultry Science**. 68, p.839-841.
- SIMMONS, J.D., LOTT, B.D., MAY, J.D. **Heat loss from broiler chickens subjected to various wind speeds and ambient temperatures**. Information Article.
- TIMMONS, M.B., HILLMAN, P.E. *Partitional heat losses in heat stressed poultry as affect by wind speed*. in: Livestock environment, 1993, Coventry, **Anais**, ASAE, St. Joseph, 1993. p. 265.
- TURCO, J.E.P., MILANI, A. P., FURLAN, R.L., GUERREIRO, J.R., SECATO, E.R., MACARI, M. *Avaliação de conjuntos motor-ventilador utilizados na avicultura industrial*. 1996, Curitiba, **Trabalhos de pesquisa**, FACTA, Campinas, 1996, p. 18.
- VERLINDE, W., GABRIELS, D., CHRISTIAENS, J.P.A. *Ventilation coeficient for wind-induced natural ventilation in cattle buildings: a scale model study in a wind tunnel*. 1998. in: **Transactions of ASAE**, St. Joseph, MI, **41**, 3, p.783-788.
- VLADIMIROVA, S.V., BUCKLIN, R. A, MCCONNELL, D.B. *Influence of shade level, wind velocity, and wind direction on interior air temperatures of model shade structures*. 1996. **Transactions of ASAE**, St. Joseph, MI, **39**, 5, p.1825-1830.
- WATHES, C.M., CHARLES, D.R. **Livestock housing**. 1994. Wallington, CAB International, 340 p.
- WIERNUSZ, C., *Terapias nutricionales para optimizar la produccion avicola durante periodos de altas temperaturas y humedades*. 1998. **Boletin tecnico Cobb-Vantress**, **06**, 2 6 p.

- XIN, H., BERRY, I.L., TABLER, G.T. *Minimum ventilation requirement and associated energy cost for aerial ammonia control in broiler houses*. 1996. **Transactions of ASAE**, St. Joseph, MI, **39**, 2, p. 645-648.
- XIN, H. *Mortality and body weight of breeder chicks as influenced by air temperature fluctuations*. 1997. **Journal of Applied Poultry Research**, **06**, 2, p.199-204.
- XIN, J., CHEPETE, H.J., SHAO, J., SELL, J.L. *Heat and moisture production and minimum ventilation requirements of tom turkeys during brooding-growing period*. 1998. Paper n° 984044. Saint Joseph, **ASAE**. 9 p.
- YAHAV, S., PLAVNIK, I., RUSAL, M., HURWITZ, S. *Response of turkeys to relative humidity at high ambient temperature*. 1998. In: **British Poultry Science**. **39**, p. 340-345.
- ZHANG, Y., BARBER, E.M. *Variable ventilation rate control below the heat-deficit temperature in cold-climate livestock buildings*. 1993. **Transactions of ASAE**, 1993, **36**, 5, p. 1473-1482.
- ZOU, W. T., FUJITA, T. I., YAMAMOTO, S. *Effects of early heat exposure on thermoregulatory responses and blood viscosity of broilers prior to marketing*. 1997. In: **British Poultry Science**. **38**, p.301-306. (a)
- ZOU, W. T., YAMAMOTO, S. *Effects of environmental temperature and heat production due to food intake on abdominal temperature, shank skin temperature and respiration rate of broilers*. 1997. In: **Poultry Science**. **38**, p.107-114. (b)

ANEXOS

As tabelas a seguir mostram dados coletados no experimento:

Tabela 1: Valores de Temperaturas retal, da cabeça, crista, asa, pata, dorso e média da pele para Temperatura ambiente de 24°C em aves com 21 dias.

Distância (m)	Tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	ttmp
1	41,7	30	26	29	31	32	31,25
	41,6	31	25	29	32	31	30,67
	41,8	27	26	29	26	31	29,92
	41,8	27	25	29	27	30	29,28
2	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	ttmp
	41,5	31	35	30	26	32	31,25
	41,5	24	25	27	21	31	29,02
	41,7	29	29	28	25	30	29,22
3	41,7	29	29	28	25	29	28,52
	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	ttmp
	41,8	22	22	22	18	29	26,54
	41,7	28	23	29	23	28	27,52
4	41,5	25	27	27	19	28	26,86
	41,5	25	28	29	23	27	26,79
	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	ttmp
	41,8	29	26	32	24	30	29,43
5	41,7	28	28	30	26	31	30,16
	41,8	26	28	26	24	30	28,74
	41,8	29	29	30	24	29	28,67

Tabela 2: Valores de Temperaturas retal, da cabeça, crista, asa, pata, dorso e média da pele para Temperatura ambiente de 24°C em aves com 28 dias.

Distância (m)	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
1	41,7	30	31	28	26	31	30,13
	41,6	31	32	28	25	29	28,73
	41,8	27	26	28	26	29	28,4
	41,8	27	27	28	25	28	27,64
2	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	41,5	31	35	30	26	32	31,25
	41,5	24	25	27	21	29	27,62
	41,7	29	29	28	25	28	27,82
3	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	41,8	22	22	21	18	26	24,32
	41,7	29	23	27	23	28	27,34
	41,5	27	27	24	19	27	25,92
4	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	41,8	26	29	31	24	30	29,31
	41,7	28	28	30	26	29	28,76
	41,8	28	26	24	24	28	27,1
4	41,8	29	29	29	24	29	28,55

Tabela 3: Valores de Temperaturas retal, da cabeça, crista, asa, pata, dorso e média da pele para Temperatura ambiente de 24°C em aves com 35 dias.

Distância (m)	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
1	41,7	29	31	30	27	29	29
	41,8	26	28	28	22	26	25,94
	41,85	28	30	28	28	28	28,06
	41,89	27,5	30	27	26	27	27,03
2	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	41,65	26	28	29	28	30	29,4
	41,69	26	24	28	24	26	26
	41,7	29	32	29	29	29	29,09
3	41,75	26	27	25	25	25	25,12
	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	41,8	32	32	31	28	30	30,12
	41,85	29	28	29	29	29	28,97
4	41,87	30	28	29	27	29	28,85
	41,8	30	29	29	23	29	28,52
	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	41,8	32	32	30	28	30,5	30,35
4	41,9	29	28	29	30	29	29,06
	41,87	30	28	28,5	27	29	28,79
	41,9	30	27	23,5	23	25,5	25,35

Tabela 4: Valores de Temperaturas retal, da cabeça, crista, asa, pata, dorso e média da pele para Temperatura ambiente de 24°C em aves com 42 dias.

Distância (m)	Tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
1	41,7	32	33	29,5	30,5	31	30,895
	41,8	23	24	24,5	23	26	25,31
	41,85	28	28	27,5	27,5	25,5	26,145
	41,89	27	29	25	28	26	26,21
2	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	41,35	27	26	26	25	27	26,67
	41,69	26	26	26	25	26,5	26,26
	41,69	29	29,5	28,5	30	29	29,045
3	41,75	27	28	25	25	26	25,91
	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	41,8	28,5	29	30	29,5	32	31,235
	41,85	26,5	27,5	25	27,5	25	25,39
	41,87	28,5	31	28,5	29	29	28,97
4	41,8	27	26,5	26,5	26,5	27	26,88
	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	41,8	29	31,5	30	32	29	29,465
	41,9	27,5	28	27,5	24,5	27,5	27,245
	41,87	29,5	28,5	28,5	27,5	28,5	28,47
4	41,87	30,5	29	29,5	27,5	30,5	30,065

Tabela 5: Valores de Temperaturas retal, da cabeça, crista, asa, pata, dorso e média da pele para Temperatura ambiente de 24°C em aves com 49 dias.

Distância (m)	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
1	41,7	31,5	30,5	31,5	33	31	31,255
	41,8	28	26	24	26,5	24	24,525
	41,85	28,5	30	28	28	29	28,79
	41,89	25,5	28	27	25	24,5	25,01
2	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	40,92	29	30	26,5	28,5	27	27,285
	41	28	29	26	26	25	25,51
	40,93	28,5	30,5	27	31	27,5	27,905
	40,95	28,5	26,5	25	27	28	27,535
3	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	41,8	31	31	29	28	29,5	29,44
	41,85	27,5	27,5	26,5	30	27,5	27,605
	41,87	27,5	29	28,5	28,5	30	29,505
4	41,8	26,5	28,5	26	30,5	26	26,51
	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	41,8	30	29,5	28,5	28	29	28,925
	41,9	28,5	30	28	27	28,5	28,35
	41,87	29	29	28,5	27,5	29,5	29,155
4	41,87	28,5	30	29	28	30,5	29,96

Tabela 6: Valores de Temperaturas retal, da cabeça, crista, asa, pata, dorso e média da pele para Temperatura ambiente de 32°C em aves com 21 dias.

Distância (m)	tretal	tcabeça	terista	tasa	tpata	tdorso	tmp
1	42,3	33	36	32	32	35	34,28
	42,31	33	36,5	33	32	36	35,115
	42,3	32	35,5	32,5	32,5	35,5	34,66
	42,32	33	36	33	32	35,5	34,75
2	tretal	tcabeça	terista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	42,15	33,5	37	33	34	33	33,24
	42,2	33,5	36,5	33	34	33	33,225
	42,19	34	37	33,5	34	33,5	33,68
3	tretal	tcabeça	terista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	42	34	36,5	22	33,6	33,5	32,249
	42	33,5	36,8	29	33,7	33,8	33,287
	42,1	33,5	36,7	27	33,75	33,4	32,7685
4	tretal	tcabeça	terista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	42,12	34,5	36,7	29	33,7	33,5	33,134
	42,1	32,5	33,4	32	34,5	31	31,624
	42,2	32,5	33,5	31	34,5	31	31,51
4	42,5	33,6	33,5	30,1	34,1	30	30,699
	43	33	33,6	30	34,3	30,4	30,973

Tabela 7: Valores de Temperaturas retal, da cabeça, crista, asa, pata, dorso e média da pele para Temperatura ambiente de 32°C em aves com 28 dias.

Distância (m)	tretal	tcabeça	terista	tasa	tpata	tdorso	tmp
1	42,3	33,4	35,6	32,4	33	34,6	34,15
	42,31	33,2	36,4	33,1	32,4	36,1	35,242
	42,3	34	35,4	32	32,6	35,3	34,586
	42,32	33,3	35	33,2	32,55	35,7	34,9515
2	tretal	tcabeça	terista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	42,2	33,5	36,5	33	34	33,4	33,505
	42,3	33,4	36,5	34	34,3	33,3	33,576
	42,18	33	37,2	33,5	34	33,5	33,626
3	tretal	tcabeça	terista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	42,19	33,5	36,5	34,2	33,6	34,2	34,173
	42	34	36,5	22	33,6	33,7	32,389
	42	33,5	36,8	29	33,7	33,9	33,357
4	tretal	tcabeça	terista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	42,1	33,5	36,7	27	33,75	34	33,1885
	42,12	34,5	36,7	29	33,7	33,6	33,204
	42,3	32	33,4	32	34,2	31	31,582
4	41,95	32,5	33,5	33	34,6	31,5	32,109
	41,6	33,5	33,5	30,2	34,3	30,5	31,076
	42,15	33,5	33,61	31,2	34,35	30,4	31,1371

Tabela 8: Valores de Temperaturas retal, da cabeça, crista, asa, pata, dorso e média da pele para Temperatura ambiente de 32°C em aves com 35 dias.

Distância (m)	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
1	42	33,2	35,7	32,6	34	34,8	34,395
	42,3	33	36,5	33,3	32,4	36,9	35,817
	42,3	34,1	35,5	33	32,9	36	35,232
	42,3	33,4	35,6	33,9	32,6	36	35,274
2	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	42,2	33,5	37	34	34	34	34,06
	42,3	33,4	36,9	34	34	33,3	33,561
	42,18	34	37,3	34,3	34	34	34,135
3	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	42	34	36,5	22	33,6	33,7	32,389
	42,3	33,5	36,8	29	33,7	33,9	33,357
	41,9	33,5	36,7	27	33,75	34	33,1885
4	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	42	34,5	36,7	29	33,7	33,6	33,204
	42,3	32	33,4	32	34,2	31	31,582
	42,2	32,5	33,5	33	34,6	31,5	32,109
4	41,9	33,5	33,5	30,2	34,3	30,5	31,076
	42,3	33,5	33,61	31,2	34,35	30,4	31,1371

Tabela 9: Valores de Temperaturas retal, da cabeça, crista, asa, pata, dorso e média da pele para Temperatura ambiente de 32°C em aves com 42 dias.

Distância (m)	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
1	42,3	33,2	35,7	32,6	32	34,8	34,215
	42,5	33	36,5	33,2	32,4	36,9	35,805
	42,5	34,1	35,4	33	32,8	36	35,22
	42,5	34	35,6	33,9	32,6	36	35,31
2	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	42	33,5	37	34	34	34	34,06
	42,4	33,4	36,9	34	33,6	33,3	33,525
	42,1	33	37,3	34,3	33,6	34	34,039
3	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	42,06	33,5	36,9	34,2	34	34,2	34,221
	42	34	36,5	22	33,6	33,7	32,389
	42	33,5	36,8	29	33,7	33,9	33,357
4	42,1	33,5	36,7	27	33,75	34	33,1885
	42,2	34,5	36,7	29	33,7	33,6	33,204
	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	42,1	32	33,4	32	34	31	31,564
4	42,2	32,5	33,5	34	34,6	31,9	32,509
	41,8	33,5	33,5	31,7	34	30,5	31,229
	42,7	33,5	33,61	32	34,35	30,4	31,2331

Tabela 10: Valores de Temperaturas retal, da cabeça, crista, asa, pata, dorso e média da pele para Temperatura ambiente de 32°C em aves com 49 dias.

Distância (m)	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
1	41,67	30,4	35,7	32,6	32,3	34,8	34,074
	42,5	34	36,5	33,2	32,4	36,9	35,865
	42,5	34	36	33	32,8	36	35,232
	42,49	34	35,6	33,9	32,6	36,2	35,45
2	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	41,7	29,5	37	34	34	34	33,82
	42,56	33,4	36,9	34	33,6	33,3	33,525
	42,54	33	37,3	34,3	33,6	34	34,039
3	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	41,9	29	36,5	22	33,6	33,7	32,089
	42,4	33,5	36,8	29	33,7	33,9	33,357
	42,6	33,5	36,7	27	33,75	34	33,1885
4	tretal	tcabeça	tcrista	tasa	tpata	tdorso	tmp
	41,7	30	30	29	30	30,2	30,02
	42,2	34	33,5	34	34,6	31,9	32,554
	42,3	33,5	33,5	31,7	34	30,5	31,229
	42,35	33,5	33,61	32	34,35	30,4	31,2331

Tabela 11: Quadro da ANOVA para Temperatura Média Corporal

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Idade	4	3.5634659	0.8908665	1	0,5
Distância	3	11.0571293	3.6857098	1	0,5
Tempo	3	17.4331466	5.8110489	1	0,5
Temperatura	1	5400.2439059	5400.2439059	1	0,5
Resíduo	148	232.2656566	1.5693625	1	0,5
Total	159	56645633043			

Média geral = 33.730392

Coefficiente de variacao = 3.714 %

Tabela 12: Quadro da ANOVA para perda de calor/kg peso metabólico

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Vel do vento	1	0.1651230	0.1651230	1	0,5
Idade	4	0.7467937	0.1866984	1	0,5
Tempo	3	0.0857906	0.0285969	1	0,5
Densidade	2	0.3530012	0.1765006	1	0,5
Resíduo	109	2.0021996	0.0183688	1	0,5
Total	119	3.3529081			

Média geral = 0.177249

Coefficiente de variação = 76.464 %

Tabela 13: Quadro da ANOVA para perda de calor/ave

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Densidade	2	2.6999896	1.3499948	1	0,5
Idade	4	3.9909842	0.9977460	1	0,5
Vel vento	1	0.2207718	0.2207718	1	0,5
Tempo	3	0.3186154	0.1062051	1	0,5
Resíduo	109	7.2692398	0.0666903	1	0,5
Total	119	14.4996008			

Média geral = 0.489136

Coefficiente de variação = 52.796 %

Tabela 14 Quadro da ANOVA para perda de calor/Kg

Quadro da análise de variância

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Vel vento	1	0.0002656	0.0002656	1	0,5
Idade	4	0.3597566	0.0899391	1	0,5
Densidade	2	0.0395931	0.0197966	1	0,5
Tempo	3	0.0022473	0.0007491	1	0,5
Resíduo	109	0.2671771	0.0024512	1	0,5
Total	119	0.6690398			

Média geral = 0.064871

Coefficiente de variação = 76.320 %

Tabela 15: Quadro da ANOVA para perda de calor/cm² superfície

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Densidade	2	1.7654326	1.3499948	1	0,5
Idade	4	3.3465426	0.9977460	1	0,5
Vel vento	1	0.2321348	0.2207718	1	0,5
Tempo	3	0.3865354	0.1062051	1	0,5
Resíduo	109	6.3246598	0.0666903	1	0,5
Total	119	11.84653962			

Média geral = 0.125436

Coeficiente de variação = 43.764 %