

MARIA CLARA DE CARVALHO GUIMARÃES

**INVENTÁRIO DE CARACTERÍSTICAS ARQUITETÔNICO-AMBIENTAIS
ASSOCIADO A SISTEMAS DE ACONDICIONAMENTO TÉRMICO DE GALPÕES
AVÍCOLAS**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

G963i
2009

Guimarães, Maria Clara de Carvalho, 1978-
Inventário de características arquitetônico-ambientais
associado a sistemas de acondicionamento térmico de
galpões avícolas / Maria Clara de Carvalho Guimarães.
- Viçosa, MG, 2009.
xxiv, 168f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Fernando da Costa Baêta.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 162-168.

1. Frango de corte - Instalações. 2. Construções rurais -
Aquecimento e ventilação - Avaliação. 3. Frango de corte -
Criação - Aspectos ambientais. 4. Indicadores ambientais.
5. Frango de corte - Aspectos climáticos. 6. Frango de corte
- Instalações - Engenharia ambiental. I. Universidade Federal
de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 636.5031

MARIA CLARA DE CARVALHO GUIMARÃES

**INVENTÁRIO DE CARACTERÍSTICAS ARQUITETÔNICO-AMBIENTAIS
ASSOCIADO A SISTEMAS DE ACONDICIONAMENTO TÉRMICO DE GALPÕES
AVÍCOLAS**

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


APROVADA: 28 de outubro de 2009.



Profa. Ilda de Fátima Ferreira Tinôco
(Coorientador)




Prof. Alfredo Petrauski



Prof. Antonio José Steidle Neto



Prof. Luiz Fernando Teixeira Albino



Prof. Fernando da Costa Baêta
(Orientador)

À minha Mãe,
Ao meu Pai,
Aos meus irmãos.
Forças indispensáveis à minha conquista.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus pela proteção e força da vida.

À minha mãe, Jussara Maria de Carvalho Guimarães, meu maior agradecimento. Amor incondicional, exemplo de força e superação, meu exemplo de vida.

Ao meu pai, Jorge Tadeu Guimarães, em qualquer plano de luz que esteja. Pai, sinto muita saudade: mesmo a vida às vezes nos fugindo das mãos, na ausência repentina e na dor da perda, ela ainda nos ensina que é preciso continuar.

Aos meus irmãos: Ramon, Zeca e Sam pelo amor dedicado, das horas fáceis e difíceis, e por fazerem parte da minha história.

À minha Vó Dith pelas orações e sorrisos, fundamentais ao meu crescimento.

Á Hilem, Ika, Michelle e Paloma, por um tempo significativo de verdadeira amizade.

Aos amigos da turma Arquitetura 98/1 que mesmo distantes estiveram sempre presentes.

Aos colegas do Ambiagro: Adriana, Akemi, Alexander, Cinara, Cláudia, Conceição, Déborah, Fábio, Fatinha, Flávio, Keles, Keller, Jofran, José Francisco, Josi, Neiton, Marcelo, Mariano, Marcos, Ricardo, Roque, Rui, Samuel, Seu Pedro e Olga pelo apoio e paciência.

Ao Professor Fernando da Costa Baêta, pela orientação, incentivo e confiança.

À Professora Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, pelas horas dedicadas com tanto carinho e pelos sábios e oportunos conselhos que ultrapassam a vida acadêmica.

Aos professores Cecília de Fátima Souza, Jadir Nogueira da Silva, Paulo José Hamakawa e Sérgio Zolnier pelos ensinamentos de todos estes anos.

Aos professores Alfredo Petruski, Antonio José Steidle Neto e Luiz Fernando Teixeira Albino pelas sugestões indispensáveis à conclusão deste trabalho.

Aos pesquisadores Alexandre Kluge Pereira, Flávio Alves Damasceno, Irene Menegali, Mariano Pereira Silva, Neiton Silva Machado e Pedro Antônio dos Santos pela colaboração.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Engenharia Agrícola e seus funcionários.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

BIOGRAFIA

MARIA CLARA DE CARVALHO GUIMARÃES, filha de Jorge Tadeu Guimarães e Jussara Maria de Carvalho Guimarães, nasceu em 06 de outubro de 1978 na cidade de Montes Claros, Minas Gerais.

Em 2002 graduou-se em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Alfenas, Minas Gerais.

Em agosto de 2003 iniciou o curso de pós-graduação em Engenharia Agrícola, na área de Construções Rurais e Ambiente, nível de Mestrado, na Universidade Federal de Viçosa.

Em agosto de 2005 iniciou o curso de pós-graduação em Engenharia Agrícola, na área de Construções Rurais e Ambiente, nível de Doutorado, na Universidade Federal de Viçosa.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	X
LISTA DE TABELAS.....	xviii
RESUMO.....	XXI
ABSTRACT.....	XXIII
1	INTRODUÇÃO 1
2	REVISÃO DE LITERATURA..... 3
2.1	Panorama da avicultura brasileira.....3
2.2	Caracterização da avicultura industrial brasileira9
2.3	Caracterização arquitetônica das instalações avícolas brasileiras 11
2.3.1	Acondicionamento térmico natural 11
2.3.2	Localização..... 11
2.3.3	Dimensionamento..... 12
2.3.4	Orientação 13
2.3.5	Pé-direito 15
2.3.6	Paisagismo circundante..... 17
2.3.7	Cortinas20
2.3.8	Cobertura.....21
2.3.9	Forro25
2.3.10	Beiral27
2.3.11	Quebra-ventos27

2.3.12	Lanternin.....	29
2.3.13	Ventilação natural	30
2.3.14	Acondicionamento térmico artificial	31
2.3.14.1	Sistemas de ventilação	32
2.3.14.1.1	Sistemas de ventilação por pressão negativa	33
2.3.14.1.2	Sistemas de ventilação por pressão positiva.....	34
2.3.14.2	Sistemas de resfriamento evaporativo	36
2.3.14.2.1	Nebulização	37
2.3.14.2.2	Placas evaporativas.....	38
3	MATERIAL E MÉTODOS	40
3.1	Regiões consideradas e classificação dos sistemas produtivos.....	40
3.1.1	Caracterização arquitetônico-ambiental natural das instalações	42
3.1.2	Caracterização dos sistemas de acondicionamento térmico artificial das instalações.....	42
3.2	Parâmetros considerados na avaliação dos diferentes sistemas produtivos	43
3.3	Procedimentos empregados na avaliação dos diferentes sistemas produtivos	45
3.4	Representação gráfica dos resultados	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1	Sistemas produtivos da Região Centro-Oeste	47
4.1.1	Pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado	47
4.1.1.1	Avaliação arquitetônica.....	47
4.1.1.2	Avaliação dos sistemas de acondicionamento térmico artificial.....	50
4.1.1.3	Avaliação das condições térmicas ambientais internas dos galões com sistemas de acondicionamento térmico artificial	53
4.1.2	Pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado com aspersão sobre a cobertura.....	63

4.1.2.1	Avaliação das condições térmicas ambientais internas dos sistemas de condicionamento térmico artificial	65
4.1.3	Pressão negativa em condições de verão e telhas de amianto pintadas de branco.....	76
4.1.3.1	Avaliação arquitetônica.....	76
4.1.3.2	Avaliação dos sistemas de condicionamento térmico artificial.....	77
4.1.3.3	Avaliação das condições térmicas ambientais internas dos sistemas de condicionamento térmico artificial	80
4.2	Sistemas produtivos da Região Sudeste.....	87
4.2.1	Pressão positiva em condições de inverno e telhas de amianto.....	87
4.2.1.1	Avaliação arquitetônica.....	88
4.2.1.2	Avaliação dos sistemas de condicionamento térmico artificial.....	92
4.2.1.3	Avaliação das condições térmicas ambientais internas dos sistemas de condicionamento térmico artificial	93
4.2.2	Pressão positiva em condições de inverno e telhas cerâmicas.....	101
4.2.2.1	Avaliação arquitetônica.....	102
4.2.2.2	Avaliação dos sistemas de condicionamento térmico artificial.....	105
4.2.2.3	Avaliação das condições térmicas ambientais internas dos sistemas de condicionamento térmico artificial	106
4.2.3	Pressão positiva em condições de verão e telhas de amianto	113
4.2.3.1	Avaliação arquitetônica.....	114
4.2.3.2	Avaliação dos sistemas de condicionamento térmico artificial.....	115
4.2.3.3	Avaliação das condições térmicas ambientais internas dos sistemas de condicionamento térmico artificial	116
4.3	Sistemas produtivos da Região Sul	124
4.3.1	Pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado.....	124
4.3.1.1	Avaliação arquitetônica.....	125
4.3.1.2	Avaliação dos sistemas de condicionamento térmico artificial.....	126
4.3.1.3	Avaliação das condições térmicas ambientais internas dos sistemas de condicionamento térmico artificial	127

4.3.2	Pressão negativa em condições de inverno e telhas de alumínio	135
4.3.2.1	Avaliação arquitetônica	135
4.3.2.2	Avaliação dos sistemas de condicionamento térmico artificiais	138
4.3.2.3	Avaliação das condições térmicas ambientais internas dos sistemas de condicionamento térmico artificial	139
4.3.3	Pressão positiva em condições de inverno e telhas cerâmicas	147
4.3.3.1	Avaliação arquitetônica	147
4.3.3.2	Avaliação dos sistemas de condicionamento térmico artificial	149
4.3.3.3	Avaliação das condições térmicas ambientais internas dos sistemas de condicionamento térmico artificial	150
5	CONCLUSÕES	159
	REFERÊNCIAS	162

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Evolução média dos coeficientes de frango de corte na avicultura brasileira – peso vivo (g)	8
Figura 2. Evolução média dos coeficientes de frango de corte na avicultura brasileira – idade de abate (dias).....	8
Figura 3. Trajetórias aparente do sol para o município de Viçosa, Minas Gerais (latitude 20°45' sul).....	14
Figura 4. Desvio do fluxo de ar por meio de quebra-ventos naturais.....	28
Figura 5. Composição de quebra-ventos de árvores relacionando sua altura à distância de proteção.....	28
Figura 6. Esquema para determinação das dimensões do lanternin.....	29
Figura 7. Ventilação diferenciada própria para condições de verão (a) e para condições de inverno (b)	31
Figura 8. Sistema de ventilação por pressão negativa	33
Figura 9. Sistema de ventilação por pressão positiva	34
Figura 10. Vista externa dos galpões de aves de corte em Rio Verde, Goiás	49
Figura 11. Vista externa da cortina e da cobertura dos galpões de aves de corte em Rio Verde, Goiás	49
Figura 12. Vista interna dos exaustores do galpão de aves de corte em Rio Verde, Goiás.....	51
Figura 13. Vista do sistema de nebulização interno do galpão de aves de corte em Rio Verde, Goiás	52
Figura 14. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 15 a 30 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa, em condições de verão e telhas de aço galvanizado: GALPÃO 1 (Rio Verde – Goiás).....	54

Figura 15. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, umidade relativa interna e externa, no período de 15 a 30 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 1 (Rio Verde – Goiás).....	55
Figura 16. Eficiência relativa: GALPÃO 1 (Rio Verde – Goiás)	56
Figura 17. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 15 a 30 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado: GALPÃO 2 (Rio Verde – Goiás).....	57
Figura 18. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna e externa, no período de 15 a 30 dias de vida das aves, em função da hora do dia e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 2 (Rio Verde – Goiás).....	58
Figura 19. Eficiência relativa: GALPÃO 2 (Rio Verde – Goiás)	59
Figura 20. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 15 a 30 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para galpão com sistema de pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado: GALPÃO 3 (Rio Verde – Goiás).....	60
Figura 21. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, umidade relativa interna e externa, no período de 15 a 30 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 3 (Rio Verde – Goiás).....	61
Figura 22. Eficiência relativa: GALPÃO 3 (Rio Verde – Goiás)	62
Figura 23. Vista do sistema de aspersão sobre a cobertura dos galpões de aves de corte em Rio Verde, Goiás	64
Figura 24. Vista superior do sistema de aspersão sobre a cobertura dos galpões de aves de corte em Rio Verde, Goiás	65

- Figura 25. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 15 a 30 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado com aspersão sobre a cobertura: GALPÃO 1 (Rio Verde – Goiás).....66
- Figura 26. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, umidade relativa interna e externa, no período de 15 a 30 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 1 (Rio Verde – Goiás)67
- Figura 27. Eficiência relativa: GALPÃO 1 (Rio Verde – Goiás)68
- Figura 28. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 15 a 30 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado com aspersão sobre a cobertura: GALPÃO 2 (Rio Verde – Goiás).....69
- Figura 29. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, umidade relativa interna e externa, no período de 15 a 30 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 2 (Rio Verde – Goiás)70
- Figura 30. Eficiência relativa: GALPÃO 2 (Rio Verde – Goiás)71
- Figura 31. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 15 a 30 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão do sistema de pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado com aspersão sobre a cobertura: GALPÃO 3 (Rio Verde – Goiás)72
- Figura 32. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, umidade relativa interna e externa, no período de 15 a 30 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 3 (Rio Verde – Goiás)73
- Figura 33. Eficiência relativa: GALPÃO 3 (Rio Verde – Goiás)74

Figura 34. Vista externa do sistema de resfriamento do galpão de aves de corte em Itaberaí, Goiás.....	79
Figura 35. Vista externa do sistema de resfriamento com placas umedecidas cobertas com sombrite do galpão de aves de corte em Itaberaí, Goiás	79
Figura 36. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 21 a 42 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de verão e telhas de amianto pintadas de branco: GALPÃO 1 (Itaberaí – Goiás).....	81
Figura 37. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, umidade relativa interna e externa, no período de 21 a 42 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 1 (Itaberaí – Goiás).....	82
Figura 38. Eficiência relativa: GALPÃO 1 (Itaberaí – Goiás).....	83
Figura 39. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 21 a 42 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de verão e telhas de amianto pintadas de branco: GALPÃO 2 (Itaberaí – Goiás).....	84
Figura 40. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade interna, no período de 21 a 42 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 2 (Itaberaí – Goiás)	85
Figura 41. Eficiência relativa: GALPÃO 2 (Itaberaí – Goiás)	86
Figura 42. Vista externa da cobertura e do entorno dos galpões de frangos de corte em Barbacena, Minas Gerais	90
Figura 43. Vista externa da cortina do galpão de frangos de corte em Barbacena, Minas Gerais	91

Figura 44. Vista externa cobertura e do paisagismo circundante do galpão de frangos de corte em Barbacena, Minas Gerais.....	91
Figura 45. Vista interna do sistema de ventilação do galpão de frangos de corte em Barbacena, Minas Gerais	93
Figura 46. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 18 a 40 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de inverno e telhas de amianto: GALPÃO 1 (Barbacena – Minas Gerais).....	94
Figura 47. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, umidade relativa interna e externa, no período de 18 a 40 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerável máxima: GALPÃO 1 (Barbacena – Minas Gerais)	95
Figura 48. Eficiência relativa: GALPÃO 1 (Barbacena – Minas Gerais)	96
Figura 49. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 18 a 40 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de inverno e telhas de amianto: GALPÃO 2 (Barbacena – Minas Gerais)	98
Figura 50. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, umidade relativa interna e externa, no período de 18 a 40 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerável máxima: GALPÃO 2 (Barbacena – Minas Gerais).....	99
Figura 51. Eficiência relativa: GALPÃO 2 (Barbacena – Minas Gerais)	100
Figura 52. Vista externa lateral das cortinas e cobertura dos galpões de aves de corte em Canaã, Minas Gerais	103
Figura 53. Vista externa lateral das cortinas e oitão dos galpões de aves de corte em Canaã, Minas Gerais.....	104
Figura 54. Vista interna do galpão de aves de corte em Canaã, Minas Gerais	104

- Figura 55. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 15 a 35 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de inverno e telhas cerâmicas: GALPÃO 1 (Canaã – Minas Gerais).....107
- Figura 56. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade interna, umidade relativa interna e externa, no período de 15 a 35 dias de vida das aves, em função da faixa de temperatura de conforto e temperatura tolerável máxima: GALPÃO 1 (Canaã – Minas Gerais).....108
- Figura 57. Eficiência relativa: GALPÃO 1 (Canaã – Minas Gerais).....109
- Figura 58. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 15 a 35 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de inverno e telhas cerâmicas: GALPÃO 2 (Canaã – Minas Gerais).....110
- Figura 59. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade interna, umidade relativa interna e externa, no período de 15 a 35 dias de vida das aves, em função da faixa de temperatura de conforto e temperatura tolerável máxima: GALPÃO 2 (Canaã – Minas Gerais).....111
- Figura 60. Eficiência relativa: GALPÃO 2 (Canaã – Minas Gerais).....112
- Figura 61. Vista interna do sistema de ventilação do galpão de aves de corte em Barbacena, Minas Gerais115
- Figura 62. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 18 a 40 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de inverno e telhas de amianto: GALPÃO 1 (Barbacena – Minas Gerais).....117
- Figura 63. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, umidade relativa interna e externa, no período de 18 a 40 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerável máxima: GALPÃO 1 (Barbacena – Minas Gerais).....118

Figura 64. Eficiência relativa: GALPÃO 1 (Barbacena – Minas Gerais)	120
Figura 65. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 18 a 40 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de inverno e telhas de amianto: GALPÃO 2 (Barbacena – Minas Gerais)	121
Figura 66. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, umidade relativa interna e externa, no período de 18 a 40 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerável máxima: GALPÃO 2 (Barbacena – Minas Gerais).....	122
Figura 67. Eficiência relativa: GALPÃO 2 (Barbacena – Minas Gerais)	123
Figura 68. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 21 a 33 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado: GALPÃO 1 (Palotina – Paraná).....	128
Figura 69. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, umidade relativa interna e externa, no período de 21 a 33 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 1 (Palotina – Paraná).....	129
Figura 70. Eficiência relativa: GALPÃO 1 (Palotina – Paraná).....	130
Figura 71. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 21 a 33 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado: GALPÃO 2 (Palotina – Paraná).....	132
Figura 72. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, umidade relativa interna e externa, no período de 21 a 33 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 2 (Palotina – Paraná).....	133
Figura 73. Eficiência relativa: GALPÃO 2 (Palotina – Paraná).....	134

Figura 74. Vista externa do galpão de aves de corte em Videira, Santa Catarina.	137
Figura 75. Vista interna do galpão de aves de corte em Videira, Santa Catarina.	137
Figura 76. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 15 a 32 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de inverno e telhas de alumínio: GALPÃO 1 (Videira – Santa Catarina).....	140
Figura 77. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, no período de 15 a 32 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 1 (Videira – Santa Catarina).....	141
Figura 78. Eficiência relativa: GALPÃO 1 (Videira – Santa Catarina).....	142
Figura 79. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 15 a 32 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de inverno e telhas de alumínio: GALPÃO 2 (Videira – Santa Catarina).....	144
Figura 80. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, no período de 15 a 32 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 2 (Videira – Santa Catarina)	145
Figura 81. Eficiência relativa: GALPÃO 2 (Videira – Santa Catarina).....	146
Figura 82. Vista externa dos galpões de aves de corte em Videira, Santa Catarina	149
Figura 83. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 15 a 31 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão positiva em condições de inverno e telhas cerâmicas: GALPÃO 1 (Videira – Santa Catarina).....	151

- Figura 84. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, no período de 15 a 32 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 1 (Videira – Santa Catarina).....152
- Figura 85. Eficiência relativa: GALPÃO 1 (Videira – Santa Catarina).....154
- Figura 86. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 15 a 32 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão positiva em condições de inverno e telhas cerâmicas: GALPÃO 2 (Videira – Santa Catarina).....155
- Figura 87. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, no período de 15 a 32 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 2 (Videira – Santa Catarina)156
- Figura 88. Eficiência relativa: GALPÃO 2 (Videira – Santa Catarina).....157

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Produção mundial de carne de frango (mil toneladas)	4
Tabela 2. Exportação mundial de carne de frango.....	5
Tabela 3. Consumo <i>per capita</i> brasileiro de carne de frango no Brasil (2003-2008)	5
Tabela 4. Abate de frangos por Estado brasileiro em 2008.....	6
Tabela 5. Evolução média dos coeficientes de produção na avicultura brasileira	7
Tabela 6. Distâncias sugeridas para um melhor isolamento das instalações avícolas	12
Tabela 7. Pé-direito recomendado de acordo com a largura da instalação.....	16
Tabela 8. Inclinação mínima e máxima para as coberturas mais comuns.....	23
Tabela 9. Soluções construtivas sem forro, com forro sem ventilação e com forro ventilado, com suas respectivas percentagens de penetração de calor de insolação da cobertura, em relação ao caso mais desfavorável de cobertura de telhas de cimento amianto de 6 mm enegrecidas pelo tempo e sem forro	26
Tabela 10. Caracterização dos sistemas produtivos avícolas em estudo.....	41
Tabela 11. Faixa de conforto térmico para frangos de corte em diferentes idades..	44
Tabela 12. Características arquitetônicas dos galpões de pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado.....	48
Tabela 13. Características dos sistemas de acondicionamento térmico artificial dos galpões de pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado	51
Tabela 14. Características arquitetônicas dos galpões de pressão negativa em condições de verão e telhas de amianto pintadas de branco.....	77
Tabela 15. Características dos sistemas de acondicionamento térmico artificial dos galpões de pressão negativa em condições de verão e telhas de amianto pintadas de branco	78

Tabela 16. Características arquitetônicas dos galpões de pressão positiva em condições de inverno e telhas de amianto.....	89
Tabela 17. Características dos sistemas de condicionamento térmico artificial dos galpões de pressão positiva em condições de inverno e telhas de amianto	92
Tabela 18. Características arquitetônicas dos galpões de pressão positiva em condições de inverno e telhas cerâmicas	102
Tabela 19. Características dos sistemas de condicionamento térmico artificial dos galpões de pressão positiva em condições de inverno e telhas cerâmicas.....	105
Tabela 20. Características arquitetônicas dos galpões de pressão positiva em condições de verão e telhas de amianto	114
Tabela 21. Características dos sistemas de condicionamento térmico artificial dos galpões de pressão positiva em condições de verão e telhas de amianto	115
Tabela 22. Características arquitetônicas dos galpões de pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado	125
Tabela 23. Características dos sistemas de condicionamento térmico artificial dos galpões de pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado	126
Tabela 24. Características arquitetônicas dos galpões de pressão negativa em condições de inverno e telhas de alumínio.....	136
Tabela 25. Características dos sistemas de condicionamento térmico artificial dos galpões de pressão negativa em condições de inverno e telhas de alumínio	138
Tabela 26. Características arquitetônicas dos galpões de pressão positiva em condições de inverno e telhas cerâmicas	148
Tabela 27. Características dos sistemas de condicionamento térmico artificial dos galpões de pressão positiva em condições de inverno e telhas cerâmicas.....	149

RESUMO

GUIMARÃES, Maria Clara de Carvalho, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2009. **Inventário de características arquitetônico-ambientais associado a sistemas de condicionamento térmico de galpões avícolas.** Orientador: Fernando da Costa Baêta. Coorientadores: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco e Paulo José Hamakawa.

A avicultura industrial brasileira é a atividade que possui o maior e mais avançado acervo tecnológico dentre o setor agropecuário brasileiro. A vasta extensão territorial do Brasil implica em uma diversidade de climas que evidencia a necessidade da identificação dos diversos tipos de instalação avícola que seja ideal no combate ao estresse por calor ou frio, pois cada região climática impõe exigência própria de arranjos com vistas ao conforto térmico. A pesquisa teve como objetivo realizar um inventário arquitetônico-ambiental de galpões utilizados na avicultura industrial de frangos de corte do Brasil, realizando um levantamento, com descrição e avaliação das características construtivas e térmicas destas instalações. Foram selecionados aviários representativos de diferentes tipologias construtivas em regiões produtoras de destaque no cenário nacional (Centro-Oeste, Sudeste e Sul), onde foi realizado um diagnóstico de características arquitetônicas. Posteriormente, foi analisado o desempenho do funcionamento dos sistemas de resfriamento evaporativo por meio dos dados ambientais coletados. A partir destas informações foi possível avaliar a eficiência relativa dos galpões e associá-los às características construtivas, de maneira a viabilizar uma tomada de decisão na questão de investimentos em melhorias dos aviários. Na Região Centro-Oeste, em geral, os galpões eram equipados com sistemas de resfriamento evaporativo e ventilação com pressão negativa, e em alguns casos, aspersão sobre a cobertura, com telhas de aço galvanizado ou amianto. Os galpões com telhas de aço galvanizado possuíam sistemas de condicionamento térmico subdimensionados. A eficiência relativa dos galpões foi considerada boa nas horas mais quentes do dia, contudo, as condições térmicas internas se apresentaram desconfortáveis para as aves e a melhoria da eficiência do sistema de resfriamento evaporativo não traria

vantagens. Nestes horários, os sistemas poderiam ser desligados e as cortinas abertas, proporcionando melhores condições térmicas e menor consumo de energia elétrica. A estrutura de fechamento, no que se refere à sua capacidade de isolamento térmico, merece atenção. Os galpões com aspersão sobre a cobertura apresentaram, nas horas de maior radiação solar, temperaturas médias internas cerca de 2°C mais baixas que os sem a aspersão. Os galpões com telhas de amianto pintadas de branco possuíam sistemas de condicionamento térmico acima do esperado, contudo, o sistema de resfriamento evaporativo apresentou possibilidade de melhora. Nas horas de maior radiação solar, o resfriamento evaporativo e a pintura da cobertura foram importantes na diminuição das temperaturas internas. O comportamento dos galpões foi considerado ótimo, no entanto, observaram-se desgastes dos materiais de fechamento com o tempo. Na Região Sudeste, em geral, os galpões eram equipados com sistemas de ventilação com pressão positiva, sem resfriamento evaporativo, com telhas de amianto ou cerâmica e número de ventiladores abaixo do recomendado. Os galpões com cobertura de telhas de amianto e cerâmica apresentaram temperaturas médias internas, na maioria dos casos, confortáveis para as aves e a adição do sistema de resfriamento evaporativo poderia diminuir em média 3°C a temperatura interna. O comportamento dos galpões, em condições de inverno, apresentou eficiência relativa razoável (telhas amianto) com atenção, para possível melhoria nas horas mais frias do dia, a uma avaliação da estrutura de fechamento, e ótima (telhas cerâmicas), em isolar as baixas temperaturas externas nas horas mais frias do dia. Na Região Sul os galpões avícolas possuíam variadas coberturas e sistemas de condicionamento térmico. De forma geral, os sistemas de ventilação estiveram abaixo do esperado e as temperaturas médias internas acima da faixa de conforto para as aves e a melhoria ou implantação do sistema de resfriamento evaporativo poderia contribuir sobremaneira para a redução da temperatura interna. Os galpões com telhas de amianto e telhas de aço galvanizado, em condições de verão, apresentaram eficiência considerada apenas boa, tornando-se importante uma avaliação da estrutura de fechamento. Os galpões com telhas de alumínio e telhas cerâmicas, em condições de inverno, apresentaram eficiência relativa considerada ótima em isolar as baixas temperaturas externas. Contudo, as condições térmicas internas apresentaram desconfortáveis para as aves no período quente do dia. Como as temperaturas médias externas estiveram relativamente próximas à faixa de conforto em grande parte do tempo. Nestes horários, os sistemas poderiam ser desligados e as cortinas abertas, proporcionando melhores condições térmicas e menor consumo de energia elétrica.

ABSTRACT

GUIMARÃES, Maria Clara de Carvalho, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2009. **Inventory of architectural and environmental characteristics associated with thermal air conditioning systems of poultry houses.** Advisor: Fernando da Costa Baêta. Co-Advisor: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco and Paulo José Hamakawa.

The Brazilian poultry industry is the activity that has the largest and most advanced technological collection among the Brazilian agricultural sector. The vast territorial extension of Brazil implies in a variety of climates that shows the necessity of identifying the different types of poultry plant that would be ideal to combat stress by heat or cold, because each climate zone requirement imposes its own arrangements with an aim of thermal comfort. The research aimed to make an architectural and environmental inventory of sheds used in the poultry industry of broilers in Brazil, carrying out a survey, with description and evaluation of design features and facilities of these stations. Aviaries were selected representing different building typologies in highlighted producing regions in the national scene (Midwest, Southeast and South), where a diagnosis of architectural features was made. Subsequently the performance of the operation of evaporative cooling systems using environmental collected data was made. From this information it was possible to assess the relative efficiency of warehouses and associate them with the construction characteristics, aiming to enable a decision making on the issue of capital improvement of poultry sheds. In the Midwest Region, in general, the barracks were equipped with evaporative cooling systems and ventilation with negative pressure, and in some cases, spray over the coverage, tiles, galvanized steel or asbestos. The units with galvanized steel roofing had systems of undersized thermal. The relative efficiency of the sheds was considered good in the hottest hours of the day, however, the internal thermal conditions tended to be uncomfortable for birds and improving the efficiency of evaporative cooling system would not bring any advantages. In these times, the systems could be turned off and the curtains open, providing better thermal conditions and lower

power consumption. The structure of closure, regarding to its thermal insulation, deserves attention. The warehouses with sprinkling on the coverage provided, at times of solar radiation peak, internal temperatures of about 2°C lower than those without the spraying. Sheds with asbestos shingles painted in white had thermal air conditioning systems above the expected. However, the evaporative cooling system had room for improvement. At the times of solar radiation peak, the evaporative cooling and the painting of the roof are important in reducing the internal temperatures. The behavior of the sheds was considered to be very good. However, it was observed the wear of the closing time materials. In the Southeast, in general, the sheds were fitted with positive pressure ventilation systems without evaporative cooling, with asbestos tiles, ceramic and number of fans below the recommended. The sheds covered with asbestos tiles and ceramics had internal temperatures in most cases, comfortable for the birds and the addition of the evaporative cooling system could reduce the internal temperature to an average of 3°C. The behavior of the sheds, in winter conditions, was reasonably efficient (asbestos shingles), with attention to possible improvements in the cooler hours of the day, an evaluation of the closure structure, and excellent (ceramic shingles), to isolate the low outside temperatures in the cooler hours of the day. In the south region the poultry houses had varying coverage and thermal conditioning systems. In general, the ventilation systems were lower than expected and the internal temperatures above the comfort range for the birds and the improvement or implementation of evaporative cooling system could contribute significantly to the reduction of the internal temperature. Sheds with asbestos shingles and tiles, galvanized steel roofs, in summer conditions, showed efficiency considered to be only good, making it an important assessment of the closure structure. The sheds with aluminum and ceramic tiles, in winter conditions, showed excellent relative efficiency in isolating the low external temperatures. However, the internal thermal conditions showed to be uncomfortable for the birds during the hot days. Since the temperatures outside were relatively close to the comfort range in the majority of the time. In these hours, the systems could be turned off and the curtains open, providing better thermal conditions and lower power consumption.

1. INTRODUÇÃO

No agronegócio brasileiro, a cadeia produtiva de aves de corte destacou-se nas últimas décadas por uma trajetória de incremento tecnológico e capacidade de coordenação entre os diferentes agentes que a compõem. A atividade assegura ao País posição de destaque no cenário mundial. A partir de 2004 passou a ser o maior exportador, à frente dos Estados Unidos, bem como o terceiro maior produtor, à frente dos 25 países da União Européia.

Neste contexto, grandes investimentos têm sido feitos para aumentar a produtividade junto ao bem-estar dos animais, principalmente nas áreas de melhoramento genético, nutrição, manejo e sanidade. A indústria de produção animal, impulsionada pelas economias de escala, decorrentes dos avanços tecnológicos e da demanda do mercado importador que, cada vez mais, exige ética e transparência nos processos de produção e distribuição dos produtos, têm se preocupado com os métodos de criação e manejo dos animais.

Assim, a avaliação do ambiente de criação de frangos de corte em alta densidade nos próximos anos se tornará de extrema importância devido aos problemas decorrentes do estresse calórico na performance avícola. Faz-se necessário considerar que a criação em alta densidade só é possível e viável com a utilização de sistemas de acondicionamento de ambiente, compatíveis com a realidade climática e com o tipo de instalação utilizada em cada região do Brasil (TINÓCO, 2004).

Ao se planejar uma instalação para promover seu condicionamento térmico desejável, é necessário conhecer as características do meio natural que constituem o clima local e compará-las com as condições de conforto fisiológico das aves para as quais se projeta a instalação, através de sistematização destas informações. Do confronto das duas situações, deduzem-se os meios para obtê-las e elaboram-se soluções técnico-construtivas.

A tendência atual de estudos na área de projetos agrícolas no Brasil, que ocupa lugar de destaque no cenário mundial, está concentrada na avaliação técnica e econômica de tecnologias que visam o aumento de sua eficiência, uma vez que a

globalização da economia exige que o setor avícola seja mais produtivo e ao mesmo tempo mais rentável.

A vasta extensão territorial do Brasil implica em uma diversidade de climas que evidencia a necessidade da identificação dos diversos tipos de instalação avícola que seja ideal no combate ao estresse por calor ou frio, pois cada região climática impõe uma exigência própria de arranjos com vistas ao conforto térmico.

Neste contexto, o conhecimento das necessidades ambientais dos animais e o estudo das condições climáticas das regiões e do microclima do local em que será implantado o sistema de produção, podem contribuir na definição de técnicas e nos dispositivos de construções eficientes e que possibilitem a melhoria do conforto térmico dos animais e, conseqüentemente, de sua produtividade nas diferentes regiões climáticas do Brasil.

Vários trabalhos vêm sendo desenvolvidos no que se refere às metodologias de tratamento de dados climáticos com a finalidade de aplicação à construção de instalações para produção animal e vegetal (GATES et al., 1995; HOOGENBOOM, 2000; SEVERO et al., 2003; SILVA (2003), CARVALHO, 2006; SILVA (2006); YANAGI JUNIOR, 2006; CARVALHO et al., 2009); porém, com limitações de abrangência de regiões analisadas e no envolvimento de variáveis comparadas.

Dessa forma, há necessidade de estudos que conduzam a estas informações, para estarem disponíveis ao produtor avícola de modo a dar subsídios para o projeto e construção das instalações, assim como a escolha do sistema de ventilação a ser adotado, no que concerne à sua potencialidade de uso. Torna-se importante descrever seus aspectos construtivos e operacionais, permitindo traçar uma análise comparativa de forma a identificar os sistemas que possam apresentar melhores resultados em cada região.

Objetivou-se com a presente pesquisa, realizar um inventário arquitetônico-ambiental de galpões utilizados na avicultura industrial de frangos de corte no Brasil, através do levantamento, descrição e avaliação das características construtivas e térmicas por meio de associação das condições ambientais internas das instalações com as características arquitetônicas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Panorama da avicultura brasileira

A avicultura industrial brasileira é a atividade que possui o maior e mais avançado acervo tecnológico dentre o setor agropecuário brasileiro. Os grandes progressos em genética, nutrição, manejo e sanidade verificados nas últimas décadas, transformaram o empreendimento num verdadeiro complexo econômico.

A atividade assegura ao País posição de destaque no cenário mundial. Ela está entre as mais desenvolvidas do mundo e é uma indústria que movimentava milhões, gera empregos e promove saldo positivo na balança comercial.

Segundo dados do *United States Department of Agriculture – USDA* (2009), a produção mundial de carne de frango registrou em 2008 um aumento de 4,5%, pouco abaixo dos 6,2% registrados em 2007, passando de 68,18 para 71,25 milhões de toneladas, e previsão de 71,35 milhões de toneladas em 2009, conforme dados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Produção mundial de carne de frango (mil toneladas)

Ano	EUA	China	Brasil	EU**	México	Mundo
2005	15.870	10.200	9.200	7.804	2.498	59.161
2006	16.162	10.350	9.335	7.425	2.610	60.090
2007	16.225	11.291	10.305	8.320	2.683	68.187
2008	16.561	11.895	10.940	8.560	2.804	71.249
2009*	15.919	12.133	11.360	8.600	2.795	71.354

Fonte: USDA (2009)

* Prognóstico/Previsão

** União Européia

A produção do Brasil em 2008 foi de 10,94 milhões de toneladas auferindo um crescimento de 6,2% em relação a 2007, resultado que manteve o País no terceiro lugar entre os maiores produtores mundiais, com 15,4% do total. O Brasil fica atrás somente dos Estados Unidos com produção de 16,6 milhões de toneladas e participação de 23,2% e a China, que apresentou produção de 11,9 milhões de toneladas e 16,7% do total produzido (USDA, 2009).

O Brasil é líder absoluto nas exportações mundiais de carne de frango desde 2004. E entre os fatores que levaram o País a conquistar esta posição de destaque estão a qualidade e a sanidade do produto brasileiro. Segundo a Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frangos – ABEF (2009), o Brasil teve participação de 43,4% nas vendas no mercado internacional em 2008, mantendo sua posição de maior exportador mundial de carne de frango. Enquanto isso, os Estados Unidos, ocupando o segundo lugar no ranking, totalizaram 3,1 milhões de toneladas, com uma participação de 37,6% nas exportações (Tabela 2).

Tabela 2. Exportação mundial de carne de frango

Exportação mundial de carne de frango (mil toneladas)						
Principais países (2005 - 2009*)						
Ano	Brasil	EUA	UE**	Tailândia	China	Mundo
2005	2.739	2.360	757	240	331	6.793
2006	2.713	2.454	620	280	350	6.470
2007	3.287	2.678	635	296	358	7.382
2008	3.646	3.158	740	383	285	8.396
2009*	3.800	2.744	685	360	215	7.858

Fonte: USDA (2009), ABEF (2009)

* Prognóstico/Previsão

** União Européia

Segundo dados da União Brasileira de Avicultura – UBA (2009) no mercado interno, o consumo de frango aumentou significativamente ao longo dos últimos 20 anos. O consumo médio por habitante saltou de 12,4 kg em 1989, para 38,9 kg em 2008, um crescimento de 213,7% (Tabela 3).

Tabela 3. Consumo *per capita* brasileiro de carne de frango no Brasil (2003-2008)

Ano	kg/habitante
2003	33,3
2004	33,9
2005	35,4
2006	37,0
2007	37,8
2008	38,9

Fonte: UBA (2009)

A produção avícola brasileira se concentra nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste com os principais Estados produtores: Paraná, Santa Catarina, São Paulo, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Bahia, Distrito Federal e Pernambuco.

De acordo com os dados do Anuário Brasileiro de Pecuária - ANUALPEC (2009), a região Sul responde por 54,28% da produção nacional de frango; a região Sudeste, por 20,32 %; e a região Centro-Oeste, por 9,63 % (Tabela 4).

Tabela 4. Abate de frangos por Estado brasileiro em 2008

Estado	Cabeças	Participação %
Paraná	1.222.123.962	23,61
Santa Catarina	861.453.527	16,64
São Paulo	730.527.529	14,11
Rio Grande do Sul	726.134.564	14,03
Minas Gerais	321.173.743	6,21
Goiás	247.197.049	4,78
Mato Grosso do Sul	128.315.410	2,48
Mato Grosso	122.608.053	2,37

Fonte: ANUALPEC (2009)

Desde a sua implantação no País, na década de 60, a avicultura industrial brasileira vem introduzindo um conjunto de técnicas relativas à genética, manejo, alimentação e nutrição, vacinas e equipamentos, as quais contribuíram para fazer da produção avícola brasileira uma atividade econômica com índices de produtividade similares ou superiores aos obtidos na avicultura mundial (MENDES & SALDANHA, 2004).

Na Tabela 5 são apresentadas estatísticas da UBA (2009), sobre a evolução média dos coeficientes de produção de frango de corte na avicultura brasileira, desde 1930 até 2008 (Figura 1 e 2).

Tabela 5. Evolução média dos coeficientes de produção na avicultura brasileira

Evolução média dos coeficientes na avicultura brasileira			
Ano	Peso frango vivo (g)	Conversão alimentar	Idade de abate
1930	1.500	3,50	15 semanas
1940	1.550	3,00	14 semanas
1950	1.580	2,50	10 semanas
1960	1.600	2,25	8 semanas
1970	1.700	2,15	49 dias
1980	1.800	2,05	49 dias
1984	1.860	2,00	47 dias
1988	1.940	2,00	47 dias
1994	2.050	1,98	45 dias
1998	2.150	1,95	45 dias
2000	2.250	1,88	43 dias
2001	2.300	1,85	42 dias
2002	2.300	1,83	42 dias
2003	2.350	1,83	43 dias
2004	2.390	1,82	43 dias
2005	2.300	1,82	42 dias
2006	2.340	1,85	43 dias
2007	2.450	1,85	44 dias
2008	2.250	1,75	41 dias

Fonte: UBA (2009)

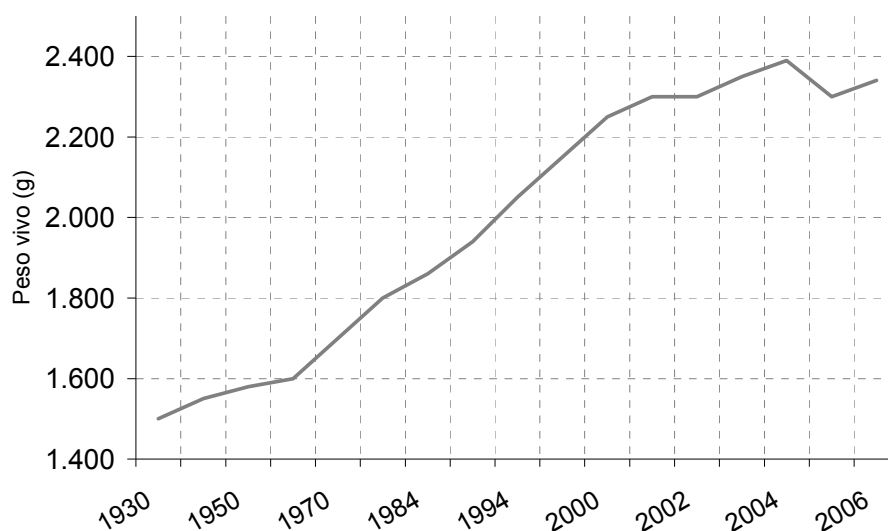


Figura 1. Evolução média dos coeficientes de frango de corte na avicultura brasileira – peso vivo (g)

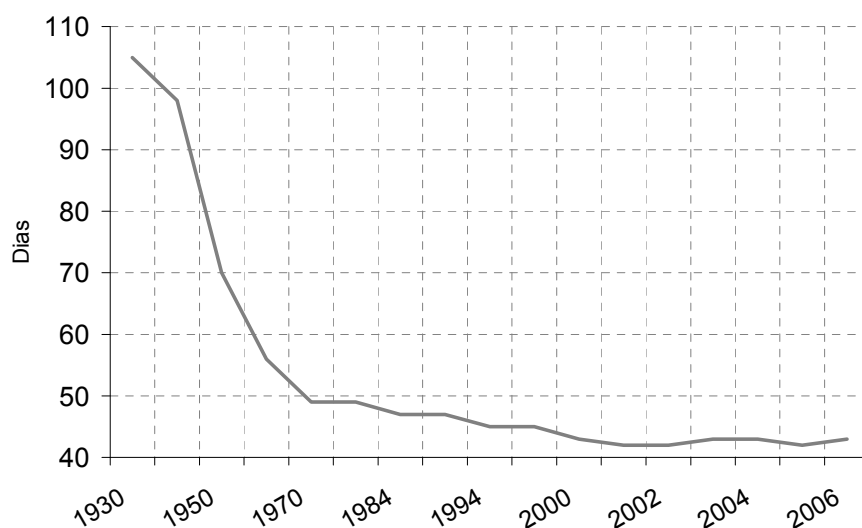


Figura 2. Evolução média dos coeficientes de frango de corte na avicultura brasileira – idade de abate (dias)

Ao longo desses anos, o tempo de produção de um lote de frangos de corte diminuiu de 56 dias para 41 dias, com uma conversão alimentar que melhorou de 2,25 para 1,75 e um peso final por animal que aumentou de 1,6 quilos para 2,25 quilos, mostrando a evolução da produção da avicultura industrial brasileira.

Segundo Tinôco (2004), só na última década, a indústria avícola brasileira passou a buscar nas instalações e no ambiente as possibilidades de melhoria no desempenho das aves e na redução de custos de produção, como forma de manter a competitividade.

2.2 Caracterização da avicultura industrial brasileira

O setor agroindustrial brasileiro passou por grandes transformações em sua estrutura produtiva, principalmente a partir dos anos 50 e 60. Unidades que até então produziam nos moldes tradicionais ou familiares, reestruturaram-se e incorporaram novas e modernas tecnologias, organizando a produção em moldes industriais, dando grande importância ao planejamento técnico, produzindo em escalas economicamente viáveis. Surgem os Complexos Agroindustriais, onde várias etapas produtivas estão interligadas entre si, na busca de uniformidade e continuidade dos processos, geralmente comandada por uma unidade maior, sendo esta responsável pelo planejamento e controle das unidades menores (FREITAS et al., 2002)

A indústria avícola teve início no Brasil no começo da década de 60, nos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro, maiores mercados consumidores da época. No início da década de 70, a Sadia S/A trouxe dos Estados Unidos e implantou, na região oeste de Santa Catarina, o modelo de produção integrada, que foi logo adotado por outras empresas já existentes na época, como Perdigão Agroindustrial S/A e Seara Alimentos S/A, ocasionando um grande impulso na avicultura brasileira (MENDES & SALDANHA, 2004). A estrutura fundiária existente na região, baseada na pequena propriedade, e o fato dessas empresas já possuírem certa estrutura para a produção de aves, fez com que esse sistema de produção se popularizasse rapidamente.

Nas últimas décadas, a indústria avícola brasileira passou por grandes mudanças. O grande avanço na produção ocorreu nos anos 70 com a comercialização de frangos inteiros, congelados ou resfriados. Na década de 80, as maiores empresas do setor aumentaram a produção de cortes de frango, visando atender uma demanda crescente por este produto no mercado internacional, e, posteriormente, as empresas, buscando agregar valor aos seus produtos, passaram a produzir industrializados (MATIAS, et al., 2003).

A transformação do frango de corte original num eficiente processo de transformação de proteína vegetal em carne, levou a 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 as aves (LIMA, 2005).

Os padrões da moderna avicultura requerem galpões com capacidade de alojamento entre 17 e 23 mil aves. Devido à expansão da produção de frangos, há o interesse em aumentar o número de aves por m², a fim de maximizar a produção por área, porém sem expandir o número de galpões (TINÔCO, 2002). A alta densidade pode ser entendida como a obtenção de mais carne de ave por unidade de área construída, podendo chegar, ao final da produção, a 40 kg por metro quadrado

A indústria avícola possui galpões com altas densidades de alojamento e a maioria dos países possui uma legislação local para criação de frangos de corte, que restringem a densidade e geralmente, as densidades máximas permitidas são baseadas na quantidade de kg de peso vivo por metro quadrado. Valores superiores a 30 kg por metro quadrado de carne já são considerados alta densidade (UNIÓN EUROPEA, 2006).

Um critério essencial para a definição de bem-estar animal útil é que a mesma deve referir-se a característica do animal individual, e não a algo proporcionado ao animal pelo homem (MOLENTO, 2007). O bem-estar de um indivíduo é seu estado em relação às suas tentativas de adaptar-se ao seu ambiente e pode melhorar como resultado de algo que lhe seja fornecido, mas o que se lhe oferece não é, em si, bem-estar. Bem-estar deve ser definido de forma que permita pronta relação com outros conceitos, tais como: necessidades, liberdades, felicidade, adaptação, controle, capacidade de previsão, sentimentos, sofrimento, dor, ansiedade, medo, tédio, estresse e saúde (BROOM & MOLENTO, 2004).

Este processo de modernização vem acontecendo de forma acelerada, devido ao dinamismo da indústria de equipamentos, mas tem sido lento na questão do condicionamento ambiental, em decorrência da ausência de informações e tecnologia específica, fator limitante à otimização dos sistemas adotados (ABREU & ABREU, 2001).

A avaliação do ambiente de criação de frangos de corte em alta densidade nos próximos anos se tornará de extrema importância principalmente devido aos problemas decorrentes do estresse calórico na performance avícola. Faz-se necessário considerar que a criação em alta densidade só é possível e viável com a utilização de sistemas de acondicionamento de ambiente, compatíveis com a realidade climática e com o tipo de instalação utilizada em cada região do Brasil (TINÔCO, 2004).

Devido a erros de concepção, implantação, construção e grande dependência energética, consequência do desconhecimento dos critérios de dimensionamento térmico, não é surpresa encontrar redução dos índices de produtividade no segmento avícola, bem como o aumento dos gastos com energia elétrica nos períodos quentes do ano (ABREU & ABREU, 2001).

2.3 Caracterização arquitetônica das instalações avícolas brasileiras

2.3.1 Acondicionamento térmico natural

A identificação da estrutura lógica dos processos de decisão relativos à prática projetual é fundamental para o desenvolvimento de informações adequadas ao programa de necessidades de projeto. Observa-se que uma das características peculiares no desenvolvimento do processo de projeto é a busca por diretrizes e recomendações para orientar a tomada de decisão.

Ao se projetar uma instalação avícola para uma determinada região climática, o primeiro cuidado que se deve ter é a observância ao acondicionamento térmico natural, baseado no conhecimento das possibilidades de interferir sobre as variáveis do meio para melhorar as condições térmicas da instalação, ou seja, a localização, a forma e a orientação da construção, conjuntamente com os dispositivos que controlam a radiação solar e a seleção adequada dos materiais e procedimentos construtivos (TINÓCO, 2004).

2.3.2 Localização

Na localização das instalações avícolas, o projetista deve atentar para o fato de que, ao se planejar uma obra, deve-se evitar terrenos de baixada, evitando-se problemas com alta umidade, baixa movimentação de ar e insuficiente insolação higiênica no inverno. Os terrenos devem ter boa drenagem com declive suave (2 a 5%), de preferência no sentido da largura dos galpões, para facilidade de escoamento de águas servidas e pluviais. Deve-se estar atento à possível obstrução do ar por outras construções e barreiras naturais e artificiais próximas aos galpões avícolas, o que dificultaria a ventilação natural, trazendo prejuízos ao

conforto térmico no verão. Essas obstruções podem ser desejáveis, contudo, do ponto de vista sanitário ou no caso de regiões com ventos dominantes muito intensos e perigosos.

Sob o ponto de vista de isolamento sanitário, elementos naturais como rios, serras, florestas naturais ou reflorestamento nos limites da propriedade constituem ótimos isolamentos. Na mesma propriedade, as distâncias e as barreiras vegetais servem para dificultar o trânsito desnecessário de pessoas e de equipamentos entre núcleos de idades diferentes. As distâncias sugeridas estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6. Distâncias sugeridas para um melhor isolamento das instalações avícolas

Distâncias externas e internas	Distância sugerida
Da granja ao abatedouro	5 a 10 km
De uma granja a outra	3 km
Entre os galpões aos limites periféricos da propriedade	200 m
Do galpão à estrada	500 m
Entre recria e produção	300 m
Entre galpões de mesma idade	25 a 50 m

O ideal é que o local escolhido para a implantação das instalações ofereça condições para locação de todas as edificações previstas no projeto e permita futura adaptação de novas tecnologias e possíveis expansões.

2.3.3 Dimensionamento

No caso de avicultura de corte, a largura a ser considerada para o galpão está relacionada ao clima da região onde o mesmo será construído. Segundo Hermeto Bueno (1980) *apud* Tinôco (2004), normalmente recomenda-se como limites máximos:

- larguras de 8 a 10 m - clima quente e úmido
- larguras de 10 a 14 m - clima quente e seco

No caso de instalações para frangos de corte, existe uma tendência mundial de se projetar galpões com 12 m de largura por 125 m de comprimento, com vistas a otimizar o uso dos equipamentos modernos (bebedouros e comedouros). Essas medidas, por sorte, são compatíveis com as dimensões recomendadas para as instalações avícolas construídas no Brasil (TINÔCO, 2001).

2.3.4 Orientação

A localização do aviário representa um dos maiores problemas para a criação de frangos de corte em épocas quentes. A falta de planejamento resulta em um erro, que muitas vezes, torna-se irreversível e compromete toda a produção durante os meses quentes.

Devido às variáveis ambientais apresentarem variabilidade temporal e espacial, para diminuir a insolação no interior da estrutura, a cobertura deve ser projetada de acordo com as condições locais, considerando-se a época do ano e a hora do dia em que a irradiância solar global é mais alta, quando as temperaturas do ar são elevadas e os animais necessitam de maior proteção. As cartas de trajetórias aparentes do sol são de grande validade na decisão acerca da orientação de uma construção, uma vez que permite identificar as faces que recebem mais radiação, em função da latitude do local, da elevação, do azimute solar, da data e do horário (BAÊTA & SOUZA, 1997).

A orientação das construções é um fator importante na definição das condições térmicas ambientais internas das instalações, pois permite determinar a máxima ou a mínima insolação interna em condições de inverno e, ou, verão.

No hemisfério sul, a orientação das coberturas deve ser realizada de maneira que o eixo da instalação esteja no sentido leste-oeste, a fim de minimizar a incidência direta do sol sobre os animais através das laterais da instalação principalmente no verão, já que, nesse caso, o sol percorre, aproximadamente na parte mais quente do dia, sobre a cumeeira da instalação, propiciando às aves melhor conforto térmico (TINÔCO et al., 2008, RESENDE et al., 2008).

Com o eixo longitudinal dos galpões avícolas no sentido leste-oeste, consegue-se: que a superfície exposta a oeste seja a menor possível, evitando-se sobreaquecimento pela forte insolação nas longas tardes de verão. Ao dispor de uma fachada orientada totalmente para o norte, permite-se que o sol de inverno,

que sobe pouco no horizonte, penetra até o interior da instalação em decorrência do deslocamento paralelo do plano da trajetória aparente do sol para o norte, o que é desejável, enquanto no verão o próprio beiral atuará como guarda-sol (TINÔCO, 2004) (Figura 3).

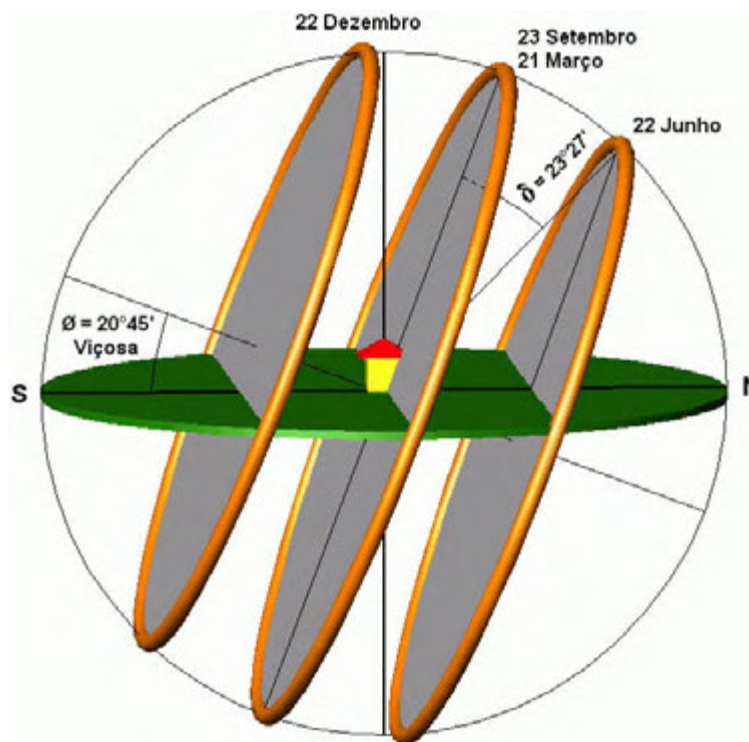


Figura 3. Trajetórias aparente do sol para o município de Viçosa, Minas Gerais (latitude $20^{\circ}45'$ sul)

(Cortesia de Antonio José Steidle Neto)

A inclinação $23^{\circ}27'$ do eixo de rotação da terra faz com que o nascer do sol ocorra no leste e se ponha no oeste, passando pela linha do Equador nos equinócios (23 de setembro e 21 de março). Essa trajetória tem seu plano deslocado paralelamente para o norte até 22 de junho (solstício de inverno), e para o sul, até o dia 22 de dezembro (solstício de verão). Uma instalação disposta no sentido leste-oeste terá sempre sua face voltada para o norte mais ensolarada que a face voltada para o sul, sendo esta condição maximizada em 22 de junho e 22 de dezembro para o hemisfério sul.

Segundo Tinôco (2004), para o clima subtropical, o eixo longitudinal dos galpões orientado no sentido leste-oeste, a superfície exposta a este será o menor possível, evitando-se o sobreaquecimento pela forte insolação nas longas tardes de verão, que ao dispor de uma fachada orientada totalmente para o norte, o sol de inverno que sobe pouco no horizonte, penetre até o interior do edifício em decorrência do deslocamento paralelo do plano para a trajetória aparente do sol

para o norte, o que é desejável, enquanto no verão, o próprio beiral atuará como guarda-sol: tendo duas fachadas, uma permanentemente quente e a outra permanentemente fria, o que favorece também a ventilação natural naqueles edifícios que não dispõem de outro meio de ativá-la.

Galpões com orientações norte-sul e sombreados podem ser uma solução para evitar a entrada de sol através das laterais das instalações, além de reduzir a carga térmica incidente, através do sombreamento da cobertura. Nesse caso, o telhado possuindo um sombreamento bem dimensionado, permite a incidência de radiação solar direta somente quando o sol estiver a pino, o que ocorre num espaço pequeno de tempo: entre as 11 e as 13 h da tarde, o que provavelmente pode reduzir a concentração de amônia dentro das instalações (NÄÄS, 2000).

Estudos sobre a melhor orientação a ser utilizada em edificações para as condições de latitude de 0 a 30°S, Ghelfi Filho et al. (1992) concluíram que, para uma geometria clássica de instalação animal, a carga térmica de radiação incidente no abrigo com orientação leste-oeste chegou a ser 74% maior que a carga obtida no mesmo abrigo, com orientação norte-sul.

Estudos recentes, realizados por Welker et al. (2008), que avaliaram a influência da orientação das instalações na Carga Térmica de Radiação (CTR) e na Temperatura Média Corporal (TMC), comprovaram que o modelo que apresentou melhor comportamento foi aquele cuja orientação estava orientada no sentido leste-oeste comparado com aquela orientada no sentido norte-sul.

Evitar essa incidência direta do sol sobre os animais, o qual gera uma redução da carga térmica radiante no interior da instalação, pode gerar menores valores de temperatura interna, o que contribui para a diminuição da produção de calor latente pelas aves, como também influi, por exemplo, na necessidade de uma maior energia de calor latente de vaporização quando se tem sistemas de nebulização interna com a finalidade de remover excesso de temperatura.

2.3.5 Pé-direito

A localização do sol no céu determina onde é projetada a sombra da cobertura. Os animais se acomodam à sombra e não necessariamente debaixo da cobertura. Dependendo da posição de incidência dos raios solares, o tamanho da sombra sob uma cobertura horizontal fina e baixa é exatamente o mesmo da cobertura. Porém, verificaram que apesar de o seu tamanho não variar, a sombra

se move numa taxa exatamente proporcional à altura da cobertura, e razão do movimento relativo do sol.

Segundo Curtis (1983), animais pequenos, estando mais próximos do piso sombreado e mais distantes da superfície inferior do material de cobertura, receberão menor quantidade de energia radiante, por unidade de superfície do corpo, sob condições usuais de radiação diária. Assim, quanto maior o pé-direito da instalação, menor é a carga térmica proveniente do telhado sobre as aves, sendo aconselhável um pé-direito de no mínimo 3,2 m.

De acordo com Moura (2001), pesquisas demonstram que o pé-direito dos aviários nunca deve ser menor que 3,00 m para que se reduza a carga térmica de radiação acumulada no abrigo, e, conseqüentemente, sobre os animais. Em condições de calor, deve-se, portanto, maximizar a exposição do animal ao céu e protegê-lo da radiação solar direta por meio de coberturas altas, de aproximadamente 3,5 m de altura (BAÊTA & SOUZA, 1997)

A altura do pé-direito de um galpão avícola deve ser estabelecida em função da largura adotada, de forma que os dois parâmetros favoreçam a ventilação natural no interior da instalação. Sua altura tem influência direta sobre a ventilação natural, sobre a quantidade de radiação solar que poderá atingir o interior do galpão e sobre o fator de forma, que influi na troca de calor por radiação entre o animal e a cobertura e entre o animal e o exterior.

De acordo com Tinôco (1995), o pé-direito pode ser estabelecido em função da largura do galpão (Tabela 7), de forma que os dois parâmetros em conjunto favoreçam a ventilação natural no interior do galpão.

Tabela 7. Pé-direito recomendado de acordo com a largura da instalação

Largura (m)	Pé direito em clima quente (m)
até 8	2,80
8 a 9	3,15
9 a 10	3,50
10 a 12	4,20
12 a 14	4,90

Para a largura de 12 m, o pé-direito ideal é de cerca de 4 m, tendo em vista o acondicionamento térmico natural desejável para os climas quentes.

Contudo, para galpões a serem climatizados, o pé-direito de 2,5 m é aceitável com vistas a reduzir o volume de ar a ser renovado e conseqüentemente, reduzir os custos com os equipamentos de climatização (TINÔCO, 2004).

2.3.6 Paisagismo circundante

Ao incidir na construção e em seu entorno, parte da radiação solar converte-se em calor, contribuindo para a elevação da temperatura ambiente. Projetar instalações adequadas leva a melhores condições de manejo e de conforto térmico, com reflexos em melhor sanidade e maior produtividade animal. O uso de arborização devidamente posicionada torna-se uma barreira à radiação solar, contribuindo para diminuir a carga térmica devido à radiação que incide nos elementos construtivos da edificação e nos animais e é o primeiro artifício usado para atenuar o efeito dessa insolação, com vistas ao conforto térmico em climas quentes.

Segundo Bond et al. (1954), a cobertura do solo, isoladamente, pode afetar bastante a radiação sobre um animal devido à diferença de temperatura e refletividade dos diferentes tipos de materiais. Experimentalmente, os autores verificaram que, um animal sob cobertura de alumínio recebeu 44,1 W/m² a menos de radiação quando a cobertura esteve sobre um solo com pastagem verde que quando a mesma cobertura esteve sobre um solo descoberto.

Diversos autores recomendam o plantio de grama em toda a área circundante dos galpões de criação, pois ela reduz a quantidade de luz refletida e o calor que penetra nos mesmos. Esta grama deverá ser de crescimento rápido que feche bem o solo não permitindo a propagação de plantas invasoras. O gramado deverá ser constantemente aparado para evitar a proliferação de insetos. A vegetação em geral, promovendo sombra natural sobre as coberturas ou criando regiões com microclima ameno pode reverter uma situação de desconforto térmico (CURTIS, 1983).

A análise do efeito do sombreamento propiciado em determinada latitude pela espécie arbórea, por meio do índice de sombreamento global, indicou a possibilidade de obstrução da radiação solar incidente sobre a edificação, tanto para instalações com orientação leste-oeste, quanto para orientação norte-sul, sendo, no entanto, mais eficiente quando o sombreamento é aplicado em

instalações com orientação norte-sul, constituindo-se num modo de amenizar os problemas ambientais gerados pelo uso da orientação incorreta. O sombreamento mostrou-se mais eficiente quando adotado para a região de baixa latitude, constituindo-se numa solução adequada para amenizar as condições adversas de alta intensidade de radiação solar observadas nas regiões Norte e Nordeste do Brasil.

Sombreamentos feitos por meio de árvores são muito eficientes, devido ao fato da vegetação transformar a energia solar, através da fotossíntese, em energia química latente, reduzindo a incidência de insolação durante o dia, ao mesmo tempo em que, pelo metabolismo, o animal libera calor durante a noite. Em razão da espessura e da massa das folhas, a sombra de uma árvore é sempre maior que a área vertical projetada. Na sombra a temperatura do solo é mais baixa por causa de maior exposição ao céu frio, o que não seria possível com um abrigo de cobertura delgada (BAETA & SOUZA, 1997).

A vegetação tem um comportamento seletivo em função dos diferentes comprimentos de onda. As folhas, assim com qualquer corpo, absorvem, refletem e transmitem a energia incidente em quantidades diferentes segundo os comprimentos de onda da radiação. A absorção é alta, por volta de 90% das lumínicas e 60 % das infravermelhas. Esses valores indicam a perfeita adequação do vegetal a suas necessidades, já que a energia solar que utilizará para suas funções vitais se encontra justamente na faixa de radiações visíveis. Uma pequena quantidade se transmite por transparência através da folha e o resto se reflete. Da energia absorvida, uma parte considerável se transforma em energia química potencial por meio do processo de fotossíntese e outra em calor latente ao evaporar-se, a água eliminada pela folha durante o processo de evapotranspiração (RIVERO, 1985).

A interceptação da radiação solar pela vegetação depende tanto da densidade de folhagem ao longo do ciclo fenológico anual do espécime quanto das condições de transparência do céu e do ângulo de incidência dos raios sobre a vegetação (MOURA, 2001).

O emprego de árvores pode produzir um microclima ameno nas instalações devendo-se ter atenção para evitar árvores (quebra ventos) que possam diminuir a ventilação no interior. As árvores, neste caso, preferencialmente de folhas caducas, devem ser mantidas desgalhadas na região do tronco frontal ao

galpão, preservando-se a copa superior para sombreamento sobre a cobertura nos períodos quentes.

A determinação do posicionamento ideal das sombras nos telhados pode ser realizada considerando-se o período do ano em que a temperatura ambiental é máxima, com o objetivo de reduzir a carga térmica radiante no interior das instalações, entretanto, com as variações das condições climáticas ao decorrer do ano, nenhum sombreamento é efetivo durante todo o ano. O sombreamento de telhados e das aberturas também favorece a economia de energia, reduzindo o montante de radiação que atinge a instalação. Um bom sombreamento pode reduzir o gasto de energia em um ambiente termicamente controlado em 23 a 30% (MOURA, 2001).

De acordo com Alves et al. (2004), a contribuição das árvores como protetoras contra a radiação solar é significativa, já que as árvores e outros vegetais refletem, absorvem e transmitem radiação e, por meio da fotossíntese, também fixam energia, influenciando nas condições ambientais.

Segundo Furtado (1994), citado por Bueno (1998), a vegetação propicia resfriamento passivo de uma edificação por meio de: sombreamento lançado pela vegetação, que reduz a conversão da energia radiante em calor sensível, conseqüentemente, reduzindo as temperaturas da superfície dos objetos sombreados; e evaporação na superfície das folhas, resfriando essas com conseqüente diminuição da energia radiante para o entorno da vegetação.

Alves & Rodrigues (2005) fizeram um trabalho que teve como objetivo estudar a contribuição do sombreamento arbóreo para amenizar a radiação solar em instalações avícolas. Nele foram analisadas, por meio de simulação gráfica, instalações com dimensões utilizadas em produção avícola, com a cumeeira orientada na direção leste - oeste, bem como na norte-sul, situadas nas latitudes 0°; 10°; 20° e 30° S e o sombreamento proporcionado por árvores de geometria de forma globosa. A eficiência do sombreamento foi analisada por meio de um Índice de Sombreamento, em função da localização temporal e espacial da instalação, que considera o efeito sombreador da árvore, interna e externamente.

2.3.7 Cortinas

Em aviários abertos, o manejo de cortinas é fundamental para obter um lote saudável e produtivo durante todo o período de crescimento. Um bom manejo das cortinas significa evitar súbitas mudanças na temperatura interna ao aviário. Quando a temperatura ambiente é superior à condição ótima para aves, é necessário aumentar a taxa de ventilação a fim de eliminar o calor produzido pelas mesmas, evitando-se temperatura excessiva dentro da instalação.

A instalação de cortinas nas laterais, pelo lado de fora do aviário, tem a função de evitar a penetração de sol e de chuva, além de controlar a ventilação no interior do aviário. Confeccionadas de diversos materiais, permitem a troca gasosa com o exterior, funcionando apenas como quebra-vento, sem capacidade de isolamento térmico. A cortina deve ser manejada de forma a possibilitar uma ventilação diferenciada para as condições de calor, obtendo o máximo de ventilação, com uma pequena entrada de ar (MACARI & FURLAN, 2001).

No verão a massa de ar se movimenta por todo o espaço inferior e superior do aviário, exercendo uma influência direta sobre o conforto e, simultaneamente, eliminando parte do calor acumulado nas paredes, piso, teto e equipamentos. Para alcançar essa condição as cortinas devem estar totalmente abertas. Abrindo-se as cortinas do aviário poderá passar, rapidamente, um grande volume de ar exterior que se mistura com as condições do ar interno, tendendo a igualar com as condições exteriores. Portanto, a ventilação por cortinas é ideal quando a temperatura externa encontra-se perto das exigências das aves. A melhor ocasião para se usar a ventilação por meio de cortinas é quando a temperatura externa é igual ou inferior à do aviário. Quanto maior for essa diferença de temperatura, mais eficiente será a perda de calor por convecção (ABREU & ABREU, 2001).

Em aviários de frangos de corte, Moura (2001) recomenda a abertura das cortinas opostas à direção predominante do vento, pela manhã, quando os animais possuem menos de 30 dias de idade, para se evitar problemas respiratórios no lote, inclusive ascite no período de inverno. Para que isso ocorra é necessário que se reduza o máximo possível, flutuações na temperatura durante as 24 horas do dia.

Em geral, a ventilação natural através da abertura de cortinas, no inverno, só é eficiente se a temperatura extrema não for 8°C mais baixa que a interna. Um bom manejo de cortinas necessita um controle de abertura e fechamento de forma

que a temperatura interna não abaixe a níveis menores que o desejado (MOURA, 2001).

Atualmente, um material alternativo tem sido utilizado como cortina em algumas granjas avícolas do Brasil é a película de polietileno (polímero tipo termoplástico flexível), em solução prática e de baixo custo. Estas películas são fabricadas em diferentes cores e em várias espessuras (0,05, 0,10 e 0,15 mm).

2.3.8 Cobertura

A cobertura de uma instalação atua como um coletor solar, recebendo toda a radiação do sol e emitindo-a tanto para o exterior como para o interior do aviário. Em regiões tropicais, a intensidade de radiação é alta em quase todo o ano, e é comum se verificar desconforto devido ao calor mesmo durante épocas menos quentes do ano devido à grande emissão de radiação dos telhados. A cobertura ideal para as condições brasileiras deve apresentar grande capacidade de reflexão externa à radiação solar, ter considerável capacidade de isolamento e retardo térmico. Com essas características, a pequena quantidade de radiação solar absorvida pela telha terá dificuldade em atravessar o material e, ao fazê-lo, atingirá o interior com certa defasagem, aquecendo o ambiente interior, quando a temperatura deste estiver mais baixa (BAÊTA, 1998).

Segundo Tinôco (2004), o sombreamento por meio de coberturas reduz entre 20 e 40% a carga térmica de radiação no interior das instalações para animais. Bond et al. (1976), citado por Tinôco (2004), encontraram que da radiação térmica que envolve um determinado animal, 28% dessa carga térmica radiante provinha do céu, 21% do material da cobertura, 18% da área não sombreada e 33% da área sombreada. Assim os autores concluíram que a quantidade de carga térmica de radiação em consequência do material de cobertura e sua sombra detêm mais de 50% de radiação térmica total.

Em função das condições ambientais de cada localidade, uma cobertura deve ser projetada para determinada hora do dia ou para determinada época do ano, quando a irradiância solar global é alta, ou quando as temperaturas médias do ar são elevadas e os animais necessitam de maior proteção.

De forma geral, os materiais de construção devem ser escolhidos com base na segurança estrutural, na relação custo/benefício e no comportamento

térmico. Tratando-se de animais, para que a produção seja otimizada a instalação deve ser projetada de forma que estejam protegidos durante as estações rigorosas com o máximo de conforto possível.

Um bom material de cobertura apresenta temperaturas superficiais amenas, devendo para isso ter na parte superior da superfície alta refletividade solar conjugada à alta emissividade térmica (telha cerâmica – 0,85 a 0,95 e telha de alumínio – 0,20) e na parte inferior, baixa absorvidade (telha cerâmica – 0,75 a 0,80 e telha de alumínio – 0,10) conjugada à baixa emissividade térmica. A absorção de calor solar radiante pela telha é diretamente proporcional à superfície real exposta.

As telhas de cerâmica são produtos de argila queimados a, aproximadamente, 900°C e podem ser encontradas no mercado, principalmente, nas formas plana (francesa ou marselha) e curva (canal, colonial ou paulista). As características de uma boa telha cerâmica são: impermeabilidade, superposição e encaixe perfeitos, uniformidade e boa resistência mecânica.

Este tipo de telha comporta-se melhor termicamente que o amianto comum e que o alumínio quando este oxida, exige engradamento mais caro, mas possui a vantagem de apresentar frestas que atuam como pequenas bolsas de ar que permitem melhor isolamento e certa ventilação, o que é desejável para a dissipação do calor na superfície da telha (TINÔCO, 2004).

As telhas metálicas podem ser de chapas de alumínio, zinco ou aço galvanizado. As telhas de alumínio têm resistência à corrosão superior à de aço devido ao seu polimento, embora com menor resistência mecânica, e podem ser encontradas no mercado nos tipos onduladas e trapezoidais. Essas telhas são de baixo peso relativo, têm elevado poder de reflexão térmica, alta condutividade térmica e possuem grande emissão de sons devido a impactos, fácil manuseio, pequena resistência mecânica sem deformação e grande dilatação térmica.

De acordo com Tinôco (2004), as telhas metálicas são menos quentes que o amianto, porém mais caras e são mais sujeitas a danos pelo granizo e ventos. São melhores que as telhas cerâmicas, porém oxidam com o tempo, perdendo a vantagem inicial. Esmay & Dixon (1986) comentam que a chapa de ferro galvanizado, quando nova, é tão efetiva na reflexão da radiação solar direta quanto à chapa de alumínio; entretanto, com o uso, sua superfície externa sofre processos corrosivos, o que implica na perda de efetividade.

As telhas termoacústicas são caracterizadas pelo revestimento de telhas metálicas convencionais com duas telhas constituindo um "sanduíche" ou simplesmente uma única telha metálica com revestimento inferior. Basicamente são formadas por materiais isolantes como o poliuretano, o poliestireno, as lãs de vidro e rocha. O poliuretano possui excelente desempenho termoacústico, é injetado com densidade de 35 a 39 kg/m³ e possui um coeficiente de condutividade térmica de $K=0,016\text{Kcal/m.h.}^{\circ}\text{C}$. O poliestireno proporciona uma sensível redução dos ruídos externos com bom isolamento térmico em coberturas e fechamentos; suas placas possuem densidade de 13kg/m³ com coeficiente de condutividade térmica $k=0,029\text{Kcal/m.h.}^{\circ}\text{C}$ ou com densidade de 20 kg/m³ e coeficiente de condutividade térmica $k=0,026\text{Kcal/m.h.}^{\circ}\text{C}$.

A inclinação do telhado afeta o acondicionamento térmico ambiental no interior do galpão, principalmente, em dois aspectos: alterando o coeficiente de forma correspondente às trocas de calor por radiação entre o animal e o telhado, e no caso da presença do lanternin, modificando a altura entre as aberturas de entrada e saída de ar, pois quanto maior a inclinação, maior será a ventilação natural no interior da instalação. Inclinações entre 20° e 30° têm sido consideradas adequadas, atendendo os condicionantes estruturais e térmicos (BAÊTA & SOUZA, 1997).

As inclinações mínimas e máximas para cada tipo de cobertura e a correspondência entre ponto, porcentagem e ângulo são apresentados na Tabela 8:

Tabela 8. Inclinação mínima e máxima para as coberturas mais comuns

Tipos de telhas	Inclinação	
	Mínima	Máxima
Cerâmica francesa	26° - 50%	60°
Cerâmica colonial	15° - 28%	45°
Ferro galvanizado	10° - 18%	90°
Cimento amianto	10° - 18%	90°
Alumínio	10° - 18%	90°
Compensado - madeirite	10° - 18%	90°

Muitos trabalhos têm demonstrado que as telhas cerâmicas apresentam melhor comportamento térmico quando comparadas às telhas de cimento amianto ou alumínio, porém, quando se pinta as telhas de amianto ou alumínio com tintas reflexivas brancas, estas passam a ter um desempenho térmico muito próximo ao das telhas cerâmicas (MOURA, 2001).

Estudando o microclima gerado dentro de oito modelos reduzidos, sendo alguns com diferentes formas geométricas, coberturas de telha cerâmica, cimento-amianto e alumínio, todos apresentando volume de um metro cúbico, Leal (1981) concluiu que os modelos com formas de paralelepípedos, telhado de duas águas, telhas de cerâmica e orientados no sentido leste-oeste foram os que possibilitaram melhores coeficientes de conforto térmico, em relação aos demais modelos reduzidos testados.

Rosa (1984), estudando a influência de três materiais de cobertura sobre o índice de conforto térmico, em condições de verão para Viçosa - MG, concluiu que para o dia típico de céu claro, com 12,3 horas de brilho solar, a maior eficiência na redução da radiação e as melhores condições de conforto térmico foram obtidas sob a cobertura cerâmica (francesa e canal), depois sob a de alumínio e, finalmente, sob a de cimento-amianto, com pior desempenho.

Moraes et al. (1999), estudando o conforto térmico e eficiência de dezoito diferentes tipos de coberturas (aspersão e forro em associação com coberturas de barro, cimento-amianto e alumínio; material isolante em associação com cimento-amianto e alumínio; pintura em associação com cimento-amianto; e telhas de barro, cimento-amianto e alumínio como testemunhas) em modelos reduzidos de galpões avícolas, durante o verão no município de Viçosa-MG concluiu que as associações mais eficientes na melhoria do ambiente térmico, em termos de ITGU e CTR, foram à aspersão de água sobre a cobertura, seguida do forro de polietileno, ambos nas coberturas com telhas de barro, cimento-amianto e alumínio, sendo o efeito do forro mais evidenciado em associação com telhas de cimento-amianto.

Oliveira et al. (1995) testaram, em instalações para frangos de corte para condições de clima quente e úmido, sete tipos de telhas (telha cerâmica, de cimento-amianto, fibrocimento isolada com fibra de vidro, de alumínio, de madeirit aluminizada, de aço galvanizado e de aço galvanizado pré-pintada). Os diferentes tipos de telha não causaram diferenças significativas, ao nível de 5%, no desempenho produtivo das aves, no entanto, causaram variações nos parâmetros ambientais e na mortalidade, sendo que os melhores desempenhos, quanto ao ITGU, ocorreram para as telhas cerâmicas.

Além do tipo de material a ser utilizado na cobertura das instalações, a pintura externa dos telhados é uma prática que pode contribuir para a redução dos efeitos da incidência dos raios solares (MACARI & FURLAN, 2001). Os autores observaram que em uma instalação com apenas 1,80m de pé direito, que as temperaturas internas do galpão foram maiores que as temperaturas externas. A

pintura do telhado resultou em uma diminuição de ± 8 °C, causando um aumento na viabilidade das aves de 23%.

2.3.9 Forro

O forro atua como uma segunda barreira física, a qual permite a formação de uma camada de ar junto à cobertura, o que contribui sobremaneira na redução da transferência de calor para o interior da construção. A utilização do forro sob as coberturas aumenta sua inércia térmica retardando ou impedindo a entrada de calor por condução no ambiente.

No Brasil, o uso de materiais isolantes no forro, muitas vezes se torna pouco econômico. Porém, pesquisas demonstram que a presença de forro é fundamental para que se tenha um bom desempenho na ventilação dos aviários além de reduzir a condução do calor externo para o interior dos aviários. A presença de forro reduz a entrada de calor na instalação no verão, e a saída de calor no inverno (MOURA, 2001). O uso de forros não é recomendado em regiões onde predominam altas taxas de umidade por facilitar a ocorrência de condensação de umidade do ar no próprio material poroso do forro, que toca o ar, responsável pelo isolamento, por água. Isso que torna o forro apenas mais uma barreira física para a entrada do calor de radiação solar.

Costa (1982) realizou um estudo sobre o uso de forro, comparando a redução da quantidade de calor advinda da insolação máxima sobre a cobertura. Os resultados obtidos demonstraram redução da ordem de 62% e 90% do calor que atravessa a cobertura, com o uso de forro simples e forro ventilado, respectivamente, em relação a uma instalação sem forro. Segundo esse autor, o forro constitui uma proteção econômica e permanente, contribuindo para a redução da transferência de calor para o interior da instalação.

Campos (1986) pesquisou galpões abertos com coberturas de cimento-amianto e cerâmica (tipo francesa), com presença e ausência de forro de taquara, concluindo que o uso do forro contribuiu, significativamente, para reduzir o estresse calórico no interior do galpão coberto com telhas de cimento-amianto e teve pouca influência em galpões cobertos com telhas cerâmicas. Os galpões que apresentaram melhores condições de conforto térmico foram àqueles cobertos com telhas cerâmicas, com e sem forro, e os galpões com telhas de cimento-amianto, com forro.

Assim como para as cortinas, o material mais utilizado atualmente como forro nos aviários do Brasil é a película de polietileno (polímero tipo termoplástico flexível), constituindo em solução prática e de baixo custo, que pode ser fixada na própria estrutura do telhado. Apesar de não se tratar de um material isolante, o colchão de ar que se forma entre o telhado e o forro, se torna uma barreira isolante ao calor, devido ao ar possuir baixa condutividade térmica.

Costa (1982) apresentou as percentagens de penetração de calor de insolação da cobertura dentro das instalações, quando estas apresentavam cobertura de telhas de cimento-amianto de 6 mm enegrecidas pelo tempo e sem forro, com forro e sem ventilação, e com forro ventilado conforme Tabela 9.

Tabela 9. Soluções construtivas sem forro, com forro sem ventilação e com forro ventilado, com suas respectivas percentagens de penetração de calor de insolação da cobertura, em relação ao caso mais desfavorável de cobertura de telhas de cimento amianto de 6 mm enegrecidas pelo tempo e sem forro

Item	Solução	Insolação (%)
Sem forro		
1	Telhas Eternit, 6 mm, enegrecidas pelo tempo	100
2	Telhas Eternit, 6 mm, cinza-normal	80
3	Telhas Eternit, 6 mm, pintadas com metalatex branca	57
Forro não ventilado		
4	Item 1, com forro de Duratex de 6 mm	38
5	Item 1, com forro de poliuretano de 63 mm	9,76
6	Item 1, com forro de poliuretano de 75 mm	9,76
7	Item 1, forro de Eucatex isolante de 107 mm	9,76
8	Item 1, com forro de lã de vidro de 113 mm	9,76
9	Item 1, com forro de concreto de 220 mm	9,76
Forro ventilado		
10	Item 1, com forro de Duratex de 6 mm	9,76
11	Item 1, com forro de Eucatex isolante de 15 mm	6
12	Item 1, com forro de concreto de 50 mm	6

Fonte: Costa (1982)

Do exposto, depreende-se que todas as soluções apontadas, as mais eficientes e econômicas são aquelas que adotam forros ventilados. Atendendo as

vantagens para o condicionamento térmico contra a insolação, materiais pesados, de grande inércia térmica, em vez de materiais leves simplesmente isolantes.

2.3.10 Beiral

Os beirais nos climas quentes devem ser projetados de forma a evitar simultaneamente a penetração de chuvas de vento e raios solares. Em regiões muito chuvosas, aconselha-se que o tamanho do beiral seja um ângulo de inclinação de 45 graus formado entre a parede e o piso da instalação. De uma maneira geral, recomenda-se beirais de 1,5 a 2,0 m, em ambas as faces norte e sul do telhado, de acordo com o pé-direito e com a latitude (TINÔCO, 2001). Teixeira (1991) recomenda, para o caso dos raios solares, determinar o comprimento do beiral através da equação:

$$\text{Face norte} = 23^{\circ} 27' + \text{latitude do local}$$

$$\text{Face sul} = 23^{\circ} 27' - \text{latitude do local}$$

A dimensão de beirais também é um fator preponderante no sombreamento do interior de abrigos. Rodrigues et al. (1995), em estudo sobre o dimensionamento de beiral em instalações avícolas orientadas na direção leste-oeste, na latitude $23^{\circ} 47' S$, concluíram que o uso de coberturas com maiores inclinações (20 a 30%) proporciona melhores condições de conforto térmico no interior dos abrigos. A melhor dimensão de beiral obtida pelos autores foi a de 2,0 m. Dimensões maiores não ocasionaram melhoria significativa nas condições de conforto.

2.3.11 Quebra-ventos

Quebra-ventos são dispositivos naturais (Figura 4) ou artificiais, destinados a deter ou diminuir a ação dos ventos fortes ou frios sobre as instalações. Podem ser definidas, ainda, como estruturas perpendiculares aos ventos dominantes, cujas funções são diminuir a velocidade e reduzir os danos por ele provocados (BAËTA & SOUZA, 1997).

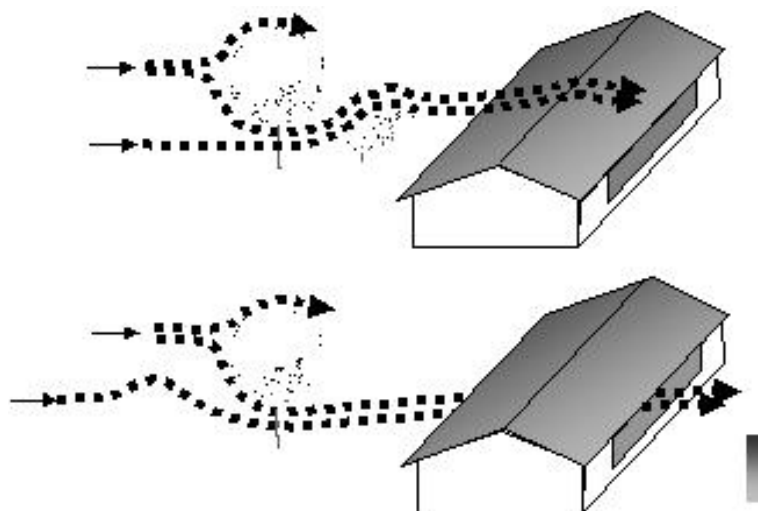


Figura 4. Desvio do fluxo de ar por meio de quebra-ventos naturais

Quando bem projetado, o quebra-vento pode proteger à distância de até 10 vezes a sua altura (Figura 5). Assim, a altura deste é determinada para a distância do sotavento, a qual a proteção é projetada. Quebra-ventos de árvores têm sido preferidos, mas a desvantagem é que levam anos para crescerem antes de serem utilizados como quebra-ventos (ABREU, 2003).

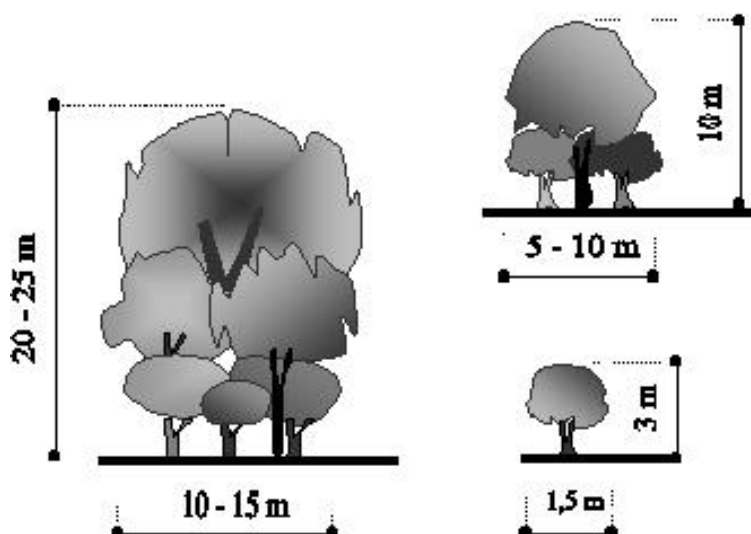


Figura 5. Composição de quebra-ventos de árvores relacionando sua altura à distância de proteção

Guiseline et al. (1999), avaliaram a qualidade das sombras proporcionadas por algumas espécies arbóreas, de forma a quantificar e estabelecer um critério para indicação aos produtores rurais e paisagistas. Foram avaliadas as sombras das espécies: *Melia azedarach* (Santa Babara), *Leucaena leucocephala* (Leucena), *Terminalia catappa* (Chapéu de Sol) e *Bambusa vulgaris* (Bambu). Assim, concluíram que a Leucena possui qualidade de sombra inferior às

demais e que o Bambu apresentou melhores características térmicas. A Santa Bárbara e Chapéu de Sol não se diferenciaram estatisticamente e apresentaram valores intermediários.

Quebra-ventos artificiais como muros porosos são preferíveis aos sólidos, portanto, aqueles que possuem de 15 a 30% de porosidade proporcionam melhor proteção a sotavento que os sólidos ou aqueles com alta porosidade. A porosidade ideal não é sempre a mesma, e está ligada à natureza do elemento que deve ser protegido. (BAETA & SOUZA, 1997).

2.3.12 Lanternin

Quando a ventilação natural pode ser uma estratégia suficiente para a obtenção de um ambiente interno confortável, recursos de projeto devem ser utilizados, como: ter cuidados na forma e orientação da edificação; projetar espaços fluidos; facilitar a ventilação vertical (lanternins) e utilizar elementos para direcionar o fluxo de ar para o interior (MAZON et al., 2006).

O lanternin é indispensável para se conseguir adequada ventilação, pois permite a renovação contínua do ar pelo processo de termossifão resultando em ambiente confortável. Deve possuir duas águas, disposto longitudinalmente na cobertura. Este deve permitir abertura mínima de 10% da largura do aviário, com sobreposição de telhados com afastamento de 5% da largura do aviário ou 40 cm no mínimo (Figura 6). A instalação de lanternins em toda a extensão da cumeeira proporcionará o efeito chaminé.

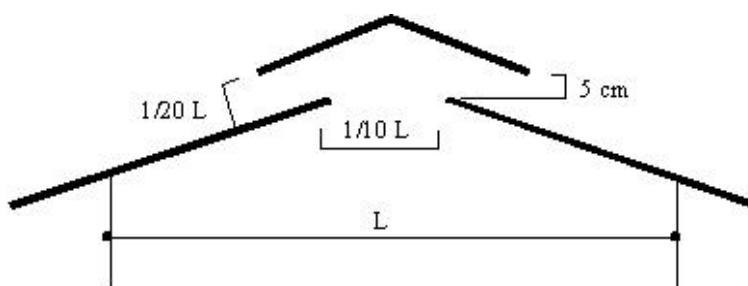


Figura 6. Esquema para determinação das dimensões do lanternin

Em regiões expostas a chuvas de vento ou com grandes amplitudes térmicas (noites e dias ou invernos e verões termicamente muito diferenciados), os lanternins deverão ser equipados com sistema que permita fácil fechamento das aberturas (TINOCO, 2001).

2.3.13 Ventilação natural

A ventilação natural de instalações agrícolas é o método utilizado pelo homem, desde os primórdios, para controlar, dentro de certos limites, o seu ambiente, podendo controlar a temperatura e a composição do ar dentro de uma instalação e alcançar valores convenientes para a produção animal.

A ventilação é um meio eficiente de redução da temperatura dentro das instalações avícolas, por aumentar as trocas térmicas por convecção, conduzindo a um aumento da produção. Desvios das situações ideais de conforto caracterizam no surgimento de baixo desempenho do lote, em consequência de estresses, e necessita-se, portanto de artifícios estruturais para manter o equilíbrio térmico entre a ave e o meio.

A ventilação natural ocorre devido ao movimento normal do ar em razão das diferenças de pressão causadas pela ação dinâmica do vento (ventilação natural dinâmica) ou pelas diferenças de temperatura entre dois meios considerados (ventilação natural térmica). Muitas vezes, os dois fatores podem agir em conjunto (BAÊTA, 1998).

As regras quanto à localização e orientação são as mais importantes numa substancial ventilação natural em galpões abertos, e que por si só já seriam suficientes na maioria dos casos. A exemplo disso, a orientação dos galpões avícolas no sentido leste-oeste leva a uma situação em que a fachada norte fica sempre mais quente que a sul, favorecendo, assim, a circulação de ar naturalmente, atravessando o galpão de sul para norte. Além disso, o vento dominante no caso do Brasil é predominantemente o sul, contribuindo ainda mais nesse sentido (TINOCO, 2001).

Segundo Curtis (1983), nas regiões caracterizadas por terem um período frio e outro quente muito bem definido, a arquitetura do projeto deve adaptar-se a diferentes necessidades, originando a “ventilação de inverno”, onde a única preocupação seria a renovação higiênica do ar, e a “ventilação de verão”, que deve satisfazer tanto razões higiênicas quanto térmicas.

Em regiões onde a temperatura se mantém quase sempre acima da requerida pelo conforto, deve prevalecer uma ventilação baseada em razões térmicas, e o projeto deverá estar orientado para esta necessidade, ou seja, o de extrair o calor liberado pelas aves para que a temperatura no interior do galpão não aumente. Nas regiões frias, com baixas temperaturas, a ventilação se deve a

razões higiênicas (ligadas à renovação e qualidade do ar interior), exclusivamente (Figura 7). Para regiões temperadas, no entanto, que possuem um período frio e outro quente, muito bem definidos e discrepantes, a arquitetura do projeto deve adaptar-se as diferentes necessidades, originando o que chamamos de “ventilação de inverno” onde a principal preocupação é a exigência higiênica e a “ventilação de verão”, que deverá satisfazer tanto razões higiênicas quanto térmicas (RIVERO, 1986).

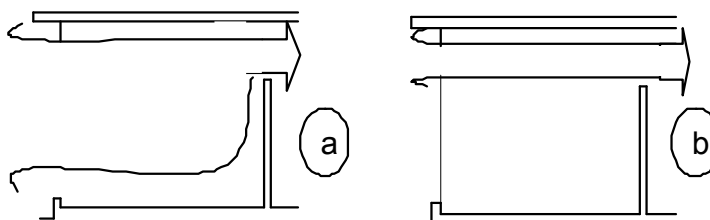


Figura 7. Ventilação diferenciada própria para condições de verão (a) e para condições de inverno (b)

A dupla condição de ventilação de verão, necessária a instalação avícola do clima tropical brasileiro (que deve atender exigências térmicas e higiênicas), vai se refletir na localização da construção, área e forma de abrir dos dispositivos (janelas ou aberturas e posição das cortinas protetoras dos galpões), de maneira que nas regiões com invernos rigorosos, o fluxo se desloque naturalmente pela zona superior da construção, para evitar o efeito direto sobre os animais, enquanto que no verão a massa de ar se movimentará por todo o espaço inferior e superior, exercendo influência direta sobre o conforto e simultaneamente eliminando parte do calor acumulado em paredes laterais, piso, teto e equipamentos de alimentação, ninhos, a quantidade de ar a ser renovado durante o inverno, por razões higiênicas, é pequena, sendo necessárias apenas superfícies reduzidas de entrada e saída (TINÔCO, 2004).

2.3.14 Acondicionamento térmico artificial

Muitas regiões brasileiras apresentam períodos de calor em que as condições térmicas ambientais propiciadas pelo acondicionamento térmico natural não são suficientes para garantir o conforto animal, tornando-se necessário a adoção de um ou mais processos artificiais.

De acordo com levantamentos preliminares, Abreu & Abreu (2001) mostraram que a maioria dos aviários brasileiros são semi-climatizados, já que as

condições de conforto térmico, quando se apresentam naturalmente, não o fazem permanentemente. Os autores ressaltam que também são freqüentes erros de concepção, implantação, construção e operação. Como consequência do desconhecimento dos critérios de dimensionamento constam-se diminuições dos índices de produtividade no segmento avícola, bem como o aumento dos gastos com energia elétrica nos períodos quentes do ano.

2.3.14.1 Sistemas de ventilação

A ventilação é provavelmente um dos aspectos mais importantes na produção avícola. Diferentemente dos processos de fornecimento de ração e água aos animais, que requerem manejos ocasionais, a ventilação requer uma atenção constante. Ventilar demais ou de menos pode fazer diferença no resultado final da produção se não dimensionado adequadamente (MOURA, 2001). Controlando-se convenientemente a entrada de ar no aviário, bem como a saída do calor produzido, a ventilação passa a ser importante requisito de conforto.

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 (NÄÄS, 1997).

Tanto no sistema de ventilação por pressão negativa quanto por pressão positiva, a atenção deve ser dada à uniformidade e intensidade do fluxo de ar, que poderá determinar o sucesso ou não do sistema. Dessa forma, é importante o conhecimento de quanto de ar realmente se precisa. É comum encontrar aviários com baixa movimentação de ar, seja no sistema por pressão negativa ou positiva. Um dos fatores mais freqüentes para essa ocorrência é o mau dimensionamento e posicionamento dos equipamentos de ventilação (ABREU & ABREU, 2004).

No processo produtivo brasileiro, em sua quase totalidade, são empregados galpões avícolas utilizando ventilação em modo túnel por pressão negativa ou positiva. O objetivo da ventilação tipo túnel é de promover uma taxa de renovação de ar adequada passando por todo comprimento do aviário.

2.3.14.1.1 Sistemas de ventilação por pressão negativa

No sistema de ventilação por pressão negativa, ocorre a sucção do ar criando um vácuo parcial no interior da instalação. A diferença de pressão do ar entre o interior e o exterior da instalação (pressão estática) succiona o ar externo para o interior da construção. Tipicamente, os exaustores são colocados numa extremidade do galpão e o ar entra por meio de aberturas na extremidade oposta (Figura 8).

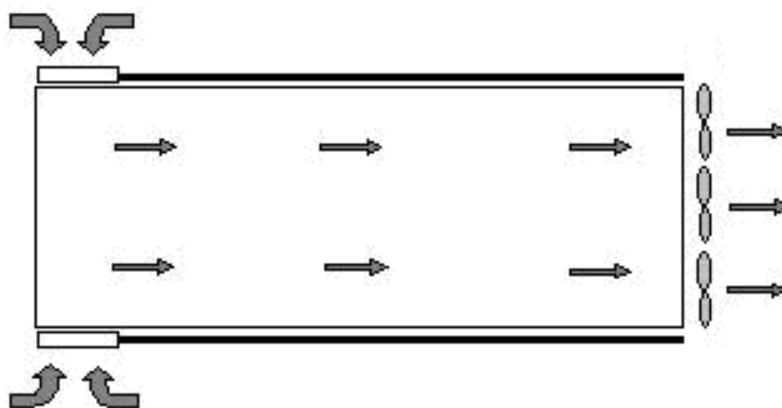


Figura 8. Sistema de ventilação por pressão negativa

Fonte: Giroto & Ávila (2003)

No sistema de ventilação de pressão negativa, quando a temperatura interna é maior que a desejada para conforto das aves (25°C), inicialmente entram em funcionamento um número de exaustores suficientes para proporcionar uma velocidade do ar de 1 m/s. À medida que a temperatura no interior do galpão aumenta, ocorre o acionamento progressivo dos demais exaustores, atingindo-se a velocidade do ar de 2,0 a 2,5 m/s (TINÔCO, 2004).

Normalmente se utiliza exaustores associados a placas evaporativas ou sistema de nebulização interna. Neste caso, geralmente, o sistema possui controle automático para ligar e desligar exaustores, abrir e fechar fluxo de água para as placas evaporativas além da movimentação das cortinas (ABREU & ABREU, 2004). Este sistema de ventilação deve prever a vedação das entradas de ar das laterais e cobertura com cortinas de forma a garantir o efeito de túnel de vento.

Neste sistema de ventilação é de grande importância a dimensão e o posicionamento das entradas e saídas de ar. Áreas de abertura mal posicionadas fazem com que os exaustores succionem ar somente das aberturas próximas aos mesmos.

Atualmente estão disponíveis no mercado nacional exaustores de aproximadamente 1,20 m de diâmetro, com ou sem cone, com acionamento direto ou por polias e com persianas de vedação plásticas ou metálicas. Os exaustores são dimensionados para possibilitar a renovação de ar do aviário a cada minuto e à velocidade de até 2,5 m/s. A eficiência desse processo depende de uma boa vedação do aviário, evitando perdas de ar (GIROTTO & SILVA, 2003).

2.3.14.1.2 Sistemas de ventilação por pressão positiva

No sistema de ventilação por pressão positiva, ventiladores são usados para promover diferenças de pressão entre o interior e o exterior da instalação. É importante que eles sejam capazes de movimentar certa quantidade de ar ao nível das aves, entretanto, a localização e o espaçamento dos ventiladores são determinantes para o bom desempenho do sistema (ABREU & ABREU, 2004).

As instalações com ventilação em túnel (Figura 9) por pressão positiva são definidas quando se promove o fechamento das cortinas laterais bem vedadas do galpão, com aberturas nas empenas. Os ventiladores devem estar posicionados ao longo do comprimento do galpão, de forma a movimentar o ar de modo mais uniforme possível, de uma extremidade e levá-lo para fora através da extremidade oposta (TINÓCO, 2004).

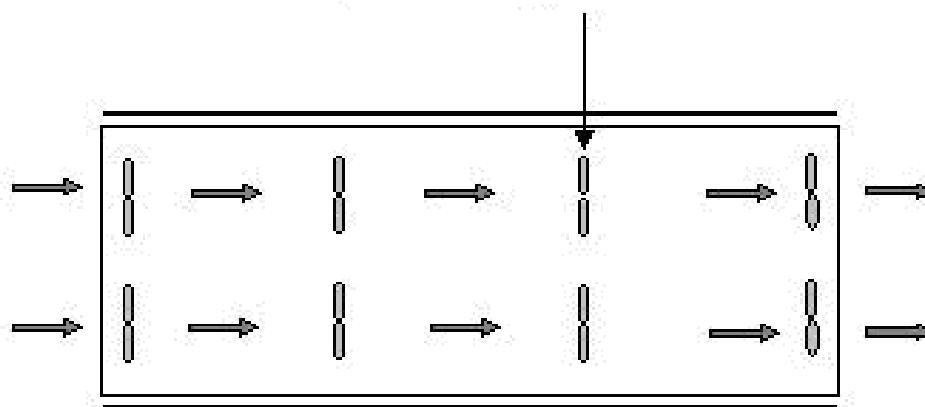


Figura 9. Sistema de ventilação por pressão positiva
Fonte: Giroto & Ávila (2003)

Esse sistema normalmente utiliza ventiladores com vazão de 300 m³/min. O número de ventiladores deverá ser suficiente para promover a renovação do ar a cada 1 a 2 minutos com velocidade de 2,5 m/s (GIROTTO & ÁVILA, 2003).

Para o sistema de ventilação por pressão positiva, os ventiladores são acionados sempre que a temperatura do ar ultrapassa 25°C. O sistema de resfriamento evaporativo, por sua vez, é acionado quando a temperatura do ar ultrapassar 29°C, com as cortinas laterais previamente fechadas. No momento em que a umidade do ar atinge cerca de 80%, o sistema de resfriamento evaporativo é desligado e as cortinas são abertas, permanecendo em funcionamento apenas os ventiladores (TINÔCO & RESENDE, 1997).

A função básica de um ventilador é mover uma dada quantidade de ar por um sistema de ventilação a ele conectado. Assim, o ventilador deve gerar uma pressão estática suficiente para vencer as perdas do sistema e uma pressão dinâmica para manter o ar em movimento.

Segundo Curtis (1983), o número de ventiladores a ser usado numa instalação avícola vai depender da sua vazão, volume de ar do galpão, época do ano e idade das aves.

Existem no mercado diversos tipos de ventiladores que variam em sua capacidade de agir contra pressões específicas e com capacidade variada. Normalmente são classificados em termos da quantidade de ar que é capaz de movimentar na unidade de tempo, em relação a uma determinada pressão estática. Neste processo é importante considerar também sua eficiência energética (em $\text{m}^3/\text{h}/\text{watt}$). É muito comum a utilização de ventiladores do tipo axial em aviários (ABREU & ABREU, 2007).

Os ventiladores devem estar bem localizados na instalação para que a eficiência do sistema seja maior, isto é, em geral devem estar na direção dos ventos dominantes. Devem ainda ser posicionados na altura correspondente a metade do pé-direito da construção, onde a temperatura do ar é mais amena, com o jato de ar direcionado levemente para baixo, sem, entretanto incidir diretamente sobre as aves, com o intuito de conseguir-se a retirada do ar quente e umedecido próximo a zona de ocupação das aves (ABREU & ABREU, 2007).

A distribuição dentro do aviário normalmente é feito em duas linhas. De acordo com Abreu & Abreu (2007), para selecionar um ventilador que atenda às especificações de projeto, normalmente são utilizadas tabelas dos fabricantes, elaboradas geralmente para o padrão $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$ a 21°C e ao nível do mar. Em termos gerais, o ventilador deve possibilitar a retirada de $300 \text{ m}^3/\text{min}$ e a renovação completa do ar deve processar-se a cada minuto. Quanto às pás, atualmente, tem-se adotado os ventiladores de 3 a 6 pás com comprimento de 45 a 60 cm.

2.3.14.2 Sistemas de resfriamento evaporativo

Os sistemas de resfriamento evaporativo consistem em mudar o estado psicrométrico do ar para maior umidade e menor temperatura, mediante o contato do ar com uma superfície umedecida ou líquida, ou com água pulverizada. Como a pressão de vapor do ar a ser resfriado é menor que a da água de contato, ocorre vaporização da água; o calor necessário para esta mudança de estado vem do calor sensível contido no ar e na água, resultando em decréscimo da temperatura de ambos e, conseqüentemente, do ambiente.

Quando a água evapora de uma superfície, essa superfície resfria-se porque a água requer calor para mudar do estado líquido para o de vapor. Cada grama de água evaporada retira cerca de 585 calorias em forma de calor sensível. A quantidade de água evaporada depende do estado de saturação do ar que entra em contato com a mesma. Dessa forma, quando o ar quente e insaturado entra em contato com uma superfície molhada, parte da água é evaporada (ABREU et. al., 1999).

O resfriamento evaporativo é um processo considerado adiabático, ou seja, não há nenhum ganho ou perda de energia. Portanto, a energia requerida para evaporar a água é suprida pelo ar com conseqüente umedecimento do ar insaturado e redução da temperatura de bulbo seco. Dessa forma, os sistemas de resfriamento evaporativo na criação de animais são utilizados com o objetivo de reduzir a temperatura interna dos galpões, minimizando os efeitos indesejáveis do estresse calórico sobre os mesmos.

Tendo em vista estes aspectos, diversas formas de arrefecimento do ar têm sido propostas para as instalações avícolas, desde o uso otimizado dos recursos da própria natureza até métodos artificiais, como a ventilação forçada e o resfriamento evaporativo (BAÊTA & SOUZA, 1997), devido à boa relação custo/benefício.

Segundo Tinôco et al. (2004), dependendo das condições climáticas da região onde será implantado o sistema de resfriamento evaporativo, a redução da temperatura de bulbo seco poderá ser de até 11°C, sendo que no Brasil, a média desta redução é de 6°C. Os sistemas de resfriamento evaporativo do ar no interior das instalações podem funcionar simultaneamente aos sistemas de aspersão sobre a cobertura do aviário, nas horas mais quentes do dia, reduzindo assim, o efeito da carga térmica radiante nas aves (ABREU & ABREU, 1999).

O resfriamento evaporativo no interior da instalação avícola pode ser obtido por meio de sistemas de nebulização (baixa e alta pressão), ou, forçando o ar a passar através de um material poroso umedecido (placas evaporativas) por meio de um sistema de ventilação.

Um método auxiliar de resfriamento evaporativo normalmente associado aos sistemas de ventilação por pressão positiva são os nebulizadores. Normalmente, as linhas de nebulização são dispostas longitudinalmente ao comprimento do galpão, afixadas ao teto dos aviários e o depósito de água com filtro é mantido na área externa.

Uma das formas mais efetivas de resfriamento do ar que podem ser adotadas em instalações abertas ou fechadas é o resfriamento adiabático evaporativo, o qual possibilita uma redução substancial da temperatura d ar de até 12°C nas regiões mais secas, e em média 6°C nas condições brasileiras. (TINÔCO, 2001).

2.3.14.2.1 Nebulização

O sistema de nebulização é constituído de bicos nebulizadores que fragmentam a água em minúsculas gotas, distribuindo-a no interior do galpão. Esse sistema pode ser operado em alta e baixa pressão. Quanto maior a pressão de trabalho do sistema, maior será a quebra da gota d'água. Quando a quebra do diâmetro da gota d'água é grande, forma-se uma névoa, o que é considerado nebulização.

Segundo Abreu et al. (1999), o tamanho do diâmetro da gota também é um aspecto importante a ser observado, uma vez que, um maior número de gotas com diâmetro pequeno permite maior eficiência evaporativa que um menor número de gotas com diâmetro grande. Isso porque, em um mesmo volume de água, gotas pequenas possuem maior área de contato e maior facilidade de evaporação que gotas de diâmetro grande. O tamanho da gota aumenta com o aumento da vazão do bico nebulizador e, ângulos de pulverização maiores, produzem gotas mais finas ou menores. O jato pulverizador deve ser homogêneo e uniforme, evitando a formação de estrias e gotas grandes que podem chegar facilmente ao piso, umedecendo a cama.

A uniformidade da distribuição do jato d'água pulverizador não deriva unicamente dos bicos nebulizadores, mas do fato que todos os bicos do sistema não são alimentados com a mesma pressão em razão das perdas de carga na tubulação. A variação de pressão na rede conduz à variação de vazão, quebra das gotas d'água e distribuição desigual do jato. Para diminuir esse efeito é conveniente estabelecer que a variação de pressão entre bicos nebulizadores posicionados em condições mais e menos favoráveis, não exceda a 20% da pressão média. Assim, a variação de vazão entre os bicos nebulizadores não supera 10%. É bom lembrar ainda, que a linha de suprimento deverá conduzir água em quantidade e pressão requeridas para o funcionamento das linhas principal e de nebulização (CURTIS, 1983).

Um fator que determina a eficiência do sistema é o posicionamento dos bicos de nebulizadores em relação aos ventiladores. Para se manter a névoa de água o maior tempo possível em suspensão, essas partículas devem ser mantidas na parte superior da corrente de ar gerada pelos ventiladores.

2.3.14.2.2 Placas evaporativas

A principal vantagem do sistema de placas evaporativas é que a umidade fique fora do galpão, produzindo maior resfriamento com menor grau de umidade interna. Sendo assim, os galpões tendem a ficar mais limpos, com menor incidência de ferrugem nos equipamentos e menores problemas elétricos nos galpões.

A eficiência do resfriamento evaporativo dependerá de vários fatores associados à placa evaporativa:

- material utilizado e vida útil;
- dimensões do material;
- posição da placa (s) evaporativa (s) em relação aos exaustores;
- ângulo e construção da placa evaporativa;
- limpeza e manutenção do material;
- sistema de aplicação de água (nebulizadores ou molhamento por gravidade);
- qualidade da água aplicada na placa.

Os materiais usualmente utilizados são os porosos (argila expandida, carvão, manta sintética) e celulose. A escolha desses materiais está na dependência de durabilidade e eficiência. Outra questão importante é em relação ao custo inicial, custo de operação e resultados operacionais que cada sistema poderá proporcionar.

Para avaliar e comparar sistemas de resfriamento evaporativo do tipo placa porosa umedecida, diversas pesquisas de campo foram conduzidas (MOURA & NÄÄS, 1998; SARTOR et al., 2000; TINÔCO et al., 2002, TINÔCO et al., 2004; YANAGI JR. et al., 2006; VIGODERIS, 2007). Porém, estudos abrangendo um maior número de variáveis e fatores, ou níveis de fatores, testados simultaneamente em campo, não tem sido possível por várias limitações, como a dificuldade de se encontrar quantidade suficiente de galpões similares em um mesmo local e altos custos para implantação de experimentos.

O sistema de resfriamento evaporativo através de placas evaporativas é normalmente instalado na entrada de ar dos galpões com sistema de túnel de ventilação e abastecido por tubos de água na parte superior, com coleta de água não evaporada na parte inferior.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa teve como objetivo realizar um inventário arquitetônico-ambiental de galpões utilizados na avicultura industrial de frangos de corte do Brasil, através do levantamento, descrição e avaliação das características construtivas e térmicas destas instalações.

Foram selecionados aviários representativos de diferentes tipologias construtivas utilizadas na produção de aves de corte, em regiões produtoras de destaque no cenário nacional, onde foi realizado um diagnóstico das características arquitetônicas através de descrição criteriosa.

Posteriormente, foi analisado o funcionamento dos sistemas de acondicionamento térmico artificiais destes galpões, por meio dos dados ambientais coletados, avaliando-se o desempenho do funcionamento destes sistemas. A partir dessas informações foi possível levantar o número de horas de conforto térmico no ambiente interno dos distintos alojamentos e associá-los às características arquitetônicas dos mesmos, de maneira a viabilizar uma tomada de decisão na questão de investimentos em melhorias dos aviários.

3.1 Regiões consideradas e classificação dos sistemas produtivos

Foram selecionados 20 estudos de caso em quatro Estados brasileiros: Goiás, Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina e foram classificados por Regiões, cujas instalações são consideradas peculiares de cada uma delas. Esta seleção foi baseada na distribuição espacial, em regiões de destaque na produção avícola nacional, procurando-se, ainda, abranger diversidades climáticas e tipológicas. Os galpões em estudo foram separados por região, estação do ano, tipo de cobertura e

tipo de acondicionamento térmico artificial para posterior discussão, conforme Tabela 10.

Tabela 10. Caracterização dos sistemas produtivos avícolas em estudo

Região		Nº de estudos
CENTRO-OESTE		
1	Pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado	3
2	Pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado com aspersão sobre a cobertura	3
3	Pressão negativa em condições de verão e telhas de amianto pintadas externamente de branco	2
SUDESTE		
4	Pressão positiva em condições de verão e telhas de amianto	2
5	Pressão positiva em condições de inverno e telhas de amianto	2
6	Pressão positiva em condições de inverno e telhas cerâmicas	2
SUL		
7	Pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado	2
8	Pressão negativa em condições de inverno e telhas de alumínio	2
9	Pressão positiva em condições de inverno e telhas cerâmicas	2
Total		20

Para cada estudo de caso foram levantadas as características gerais dos experimentos como local, tipo de clima, época em que foi realizado, densidade, linhagem e fase de alojamento das aves e medições de dados ambientais, através das informações constantes dos respectivos trabalhos publicados e diários de pesquisas.

3.1.1 Caracterização arquitetônico-ambiental natural das instalações

A envolvente da edificação integra todos os elementos que separam os ambientes internos das condições climáticas externas. Akutsu & Lopes (1988) descrevem o desempenho térmico como resultado da interação “entre a edificação e o ambiente térmico em que a mesma está situada” ou suas condições de exposição. As condições de exposição são divididas em condições climáticas (temperatura e umidade do ar exterior, velocidade e direção dos ventos e radiação solar direta e difusa); condições de implantação (latitude e longitude, orientação solar) e condições de uso da edificação (número de ocupantes e atividades padrão, quantidade de calor e vapor de água produzidos no interior da edificação, número de renovações de ar proporcionadas pelo controle de ventilação do ambiente).

Para a caracterização arquitetônica dos galpões procurou-se abordar os aspectos construtivos em cada unidade produtora, através das informações constantes dos respectivos trabalhos publicados, diários das respectivas pesquisas e análises fotográficas. As tipologias construtivas foram caracterizadas de acordo com a orientação e dimensões dos galpões, altura do pé-direito, tipo de fechamento, presença de forros sob a cobertura, tipos de telha, beiral, inclinação, presença de aspersão sobre o telhado além dos tipos de materiais usados na estrutura.

O método do levantamento minucioso das características construtivas e do conhecimento dos processos físicos que participam na envolvente foi o de possibilitar a avaliação da resposta da edificação frente às mudanças térmicas internas e propor alternativas e soluções técnicas que garantam um desempenho térmico adequado à localidade em que está inserido, visando atender o conforto térmico dos animais alojados na edificação.

3.1.2 Caracterização dos sistemas de acondicionamento térmico artificial das instalações

Os sistemas de acondicionamento térmico artificial utilizam equipamentos de ventilação, exaustão e processos de resfriamento evaporativo tais como nebulização e painéis porosos. Atingir o conforto higrotérmico no interior de instalações avícolas, face às condições externas adversas, torna-se o principal

objetivo destes sistemas, uma vez que os desvios das situações ideais de conforto originam o surgimento de baixo desempenho do lote, em consequência de estresse calórico na fase de crescimento das aves.

A associação destes sistemas é um meio eficiente de controle do ambiente interno das instalações avícolas, desde que bem dimensionados, que sejam corretamente manejados, submetidos a manutenções regulares e do estudo da região climática a qual será inserida.

O planejamento incorreto destes sistemas, seja por localização ineficiente ou falha no dimensionamento, implica em prejuízo no desenvolvimento das aves. A incidência direta ou insuficiência de ventilação, assim como o resfriamento excessivo ou precário sobre o dorso destes animais, pode causar desde mudança de comportamento, problemas fisiológicos como perda de apetite e conseqüente queda na produtividade (CURTIS, 1983; MACARI & FURLAN, 2001; MACARI et al., 2004; TINÔCO & GATES, 2005).

Os sistemas de acondicionamento térmico artificial foram caracterizados de acordo com o tipo de sistemas de ventilação, tipo de resfriamento evaporativo, manejo adotado, levantamento sobre manutenção, limpeza e dimensionamento nestes sistemas, através das informações constantes em trabalhos publicados e diários de pesquisas.

3.2 Parâmetros considerados na avaliação dos diferentes sistemas produtivos

A seleção dos critérios desta pesquisa foi baseada adotando os seguintes parâmetros:

- Dias de alojamento das aves – a partir da terceira semana de idade, correspondendo à fase de pós-aquecimento do ciclo produtivo, quando os sistemas de ventilação e resfriamento podem entrar em funcionamento, ou seja, de 15 a 42 dias de vida das aves;
- Dados ambientais – foram utilizadas as médias dos dados horários de temperatura e umidade relativa do ar interno, ao nível das aves, das 07:00 às 19:00h, totalizando 13 observações diárias, compreendendo

o intervalo de incidência de radiação solar, correspondendo ao período crítico de estresse por calor no interior dos galpões;

- Acionamento dos sistemas de condicionamento térmico ambiente – de forma geral, os sistemas de ventilação são acionados quando a temperatura do ar interno ultrapassa 25°C e os sistemas de resfriamento evaporativo, por sua vez, são acionados quando a temperatura do ar ultrapassa 29°C, sendo desligado quando a umidade relativa do ar interno atinge 80% (TINÔCO & RESENDE, 1997);
- Temperatura de conforto das aves – as aves possuem diferentes faixas de temperatura de conforto, de acordo com a respectiva fase de desenvolvimento, conforme a Tabela 11. Baseado nisso, a faixa de temperatura tolerável considerada nesta avaliação foi de 18 a 24°C (para a idade a partir da 5ª semana, fase de maior estresse térmico das aves), com temperatura de tolerância máxima de 29°C, as quais foram usadas para o cálculo das horas de conforto térmico no interior dos galpões.

Tabela 11. Faixa de conforto térmico para frangos de corte em diferentes idades

Idade	Faixa de temperatura considerada confortável (°C)
3ª semana	28-26
4ª semana	26-24
5ª semana	18-24
6ª semana	18-23
7ª semana	15-23

Fonte: Freeman (1965); Ávila (2004); Furlan (2006).

- Umidade relativa para conforto das aves – de acordo com diversos autores, a faixa ideal de umidade relativa ao nível das aves está entre 50 e 80%, porém, não deve ultrapassar 80%, de forma a não prejudicar a perda de calor das aves por via evaporativa, provocar excesso de umidade da cama, além dos animais ficarem susceptíveis a doenças respiratórias e a distúrbios digestivos (BAIÃO, 1995; BAÊTA & SOUZA, 1997; MOURA, 2001; TINÔCO, 2001);

- Eficiência do resfriamento evaporativo – de acordo com Silva (2002), a eficiência de um sistema de resfriamento evaporativo, quando bem dimensionado, está em torno de 80%.
- Cálculo do número de exaustores e ventiladores – para os estudo de caso foi considerado o valor médio de 560 m³/min para exaustores e 300 m³/min para ventiladores. O cálculo foi feito de acordo com o manejo usualmente adotado pelas empresas, com uma renovação de ar por minuto, e dado pela equação.

$$\text{Nº exaustores/ventiladores} = \frac{\text{largura galpão (m)} \times \text{altura média (m)} \times \text{velocidade do ar (m}^3\text{/min)}}{\text{capacidade ventilador/exaustor (m}^3\text{/min)}}$$

- Cálculo da abertura de entrada de ar – foi calculado de acordo com o manejo usualmente realizado pelas empresas, de modo que a área de entrada de ar seja igual à área de saída do ar do galpão;
- Cálculo do número de bicos nebulizadores – foi calculado de acordo com o manejo usualmente realizado pelas empresas, adotando afastamento de 3,0 m entre os bicos nebulizadores e afastamento de 3,0 m entre linhas, totalizando 1 bico a cada 9,0 m².

3.3 Procedimentos empregados na avaliação dos diferentes sistemas produtivos

Foi analisado, utilizando gráficos de superfície contínua, o comportamento da temperatura e umidade relativa do ar interno ao nível das aves, em função das horas do dia, entre 07:00 e 19:00h. Nestes gráficos foram plotados planos de valor máximo de umidade relativa do ar, a 80% (valor considerado máximo permissível e que representa potencial de redução das temperaturas de ar por resfriamento evaporativo), a fim de comparar o comportamento interno com o ideal de conforto exigido pelas aves e aquela considerada como eficiência máxima de funcionamento do sistema de resfriamento evaporativo. Do mesmo modo, foram gerados gráficos

de traçados de curvas para melhor visualização dos valores da umidade relativa do ar.

A partir da avaliação do comportamento térmico interno, foram estimadas através das propriedades psicrométricas do ar, por meio de processo iterativo, as temperaturas internas do ar horárias para todo o ciclo produtivo de acordo com a pressão atmosférica média local, caso a umidade relativa do ar fosse elevada a 80% por processo evaporativo, eficiência máxima de cada sistema, ou seja, estas temperaturas foram associadas à umidade relativa de 80% com o objetivo de determinar o quanto estas temperaturas podem reduzir com a umidificação do ambiente.

De acordo com os novos valores horários de temperatura, foi estimado o número de horas de conforto térmico em função do aumento da eficiência dos sistemas de resfriamento evaporativo no interior do galpão, permitindo assim, a avaliação dos sistemas conforme as variações térmicas dos galpões estudados, associando as características arquitetônicas, e a proposição de alternativas e soluções técnicas que possam levar a um desempenho térmico adequado à localidade a qual está inserido.

Para avaliar os galpões foi considerada a relação entre a temperatura externa e a temperatura interna, que será denominada eficiência relativa do galpão. Em condições de verão, para temperaturas médias acima dos 24°C, quanto maior o valor obtido, maior será a eficiência do galpão em atenuar a temperatura externa em relação à temperatura interna. E quando em condições de inverno, para temperaturas médias abaixo de 18°C, quanto menor o valor encontrado, mais eficiente será o galpão em conservar o calor internamente.

3.4 Representação gráfica dos resultados

Os dados foram plotados em gráficos do tipo *3D Mesh Plot* e *Contour Plot* no software *SigmaPlot*, versão 10.0. Estes gráficos relacionam dados em sistema tridimensional de coordenadas em modo superfície contínua (malha), em traçados de curvas e símbolos, permitindo uma melhor visualização do comportamento das variáveis analisadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Sistemas produtivos da Região Centro-Oeste

4.1.1 Pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado

Os galpões considerados são de uma propriedade avícola comercial, no Município de Rio Verde, Goiás, localizado na latitude 17°47' S e longitude 50°55' O a uma altitude de 748 m. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é Aw (tropical úmido) com médias térmicas entre 20°C e 25°C e umidades relativas médias entre 52 e 81%.

A coleta de dados foi realizada durante o mês de janeiro de 2007, em condições de verão, com frangos de corte da linhagem *Cobb*, criados em densidade de 14 aves/m², e compreendeu o período de 15 a 30 dias de vida das aves, durante a fase de pós-aquecimento de um ciclo produtivo.

Para medição da temperatura e da umidade relativa do ar no ambiente interno foram utilizados *dataloggers* da marca HOB0[®], com resolução de 0,1°C para temperatura e 1% para umidade relativa, e exatidão de ±0,5°C e ± 1%, respectivamente. O monitoramento das variáveis climáticas foi realizado diariamente, em intervalos de hora em hora. Os *dataloggers* foram instalados no interior de cada galpão, ao nível das aves, afastados 0,25 m acima da cama.

4.1.1.1 Avaliação arquitetônica

A Tabela 12 apresenta as características arquitetônicas dos galpões em estudo, de forma simplificada.

Tabela 12. Características arquitetônicas dos galpões de pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado

Características construtivas	
Orientação	Leste-oeste
Dimensões (largura x comprimento)	12,8 x 125,0 m
Área	1600,0 m ²
Pé-direito	3,0 m
Muretas laterais	0,2 m em alvenaria
Cortinas	Polietileno (fechamento de baixo para cima)
Fechamento lateral	Tela de arame (malha de 2,5 cm)
Fechamento oitões	Placas metálicas de perfis tipo trapézio
Forro	Polietileno
Cobertura	Aço galvanizado
Beiral	0,50 m
Inclinação	25%
Estrutura	Perfis metálicos na cobertura apoiados em pilares de concreto
Observações	Materiais de cortinas, forro e cobertura encontravam-se em bom estado de conservação Presença de paisagismo circundante

Foram avaliados três galpões similares (Figura 10 e 11), de um mesmo núcleo, posicionados lado a lado.



Figura 10. Vista externa dos galpões de aves de corte em Rio Verde, Goiás

Fonte: Machado (2007)



Figura 11. Vista externa da cortina e da cobertura dos galpões de aves de corte em Rio Verde, Goiás

Fonte: Machado (2007)

Segundo Esmay & Dixon (1986), a chapa de aço galvanizado, quando nova, é tão efetiva na reflexão da radiação solar direta quanto à chapa de alumínio;

entretanto, com o uso, sua superfície externa sofre processos corrosivos, o que implica na perda de efetividade. Inclinações entre 20 e 30° têm sido consideradas adequadas, atendendo condicionantes, estruturais e térmicas ambientais (BAÊTA & SOUZA, 1997).

A utilização de forro permite a formação de uma camada de ar junto à cobertura, o que contribui sobremaneira para a redução da transferência de calor para o interior da construção, constituindo uma segunda barreira física juntamente com o material de cobertura (BAÊTA & SOUZA, 1997). Costa (1982) realizou um estudo sobre o uso de forro, comparando a redução da quantidade de calor advinda da insolação máxima sobre a cobertura. Os resultados obtidos demonstraram redução da ordem de 62% e 90% do calor que atravessa a cobertura, em relação a uma instalação sem forro.

Observa-se que os galpões estavam localizados em terreno plano e com presença de paisagismo circundante na face oeste e entre os galpões. A possibilidade de existência de árvores na face leste ou oeste de construções abertas é muito desejável para evitar a incidência da irradiância solar direta nas extremidades dos aviários (TINÔCO, 2001).

Os galpões avaliados apresentaram tendência em atender o acondicionamento térmico natural de acordo com o sugerido em literatura, apresentando ainda, características arquitetônicas com o que é preconizado nesta região do Brasil.

4.1.1.2 Avaliação dos sistemas de acondicionamento térmico artificial

A Tabela 13 apresenta as características dos sistemas de acondicionamento térmico artificial dos galpões em estudo, de forma simplificada.

Tabela 13. Características dos sistemas de acondicionamento térmico artificial dos galpões de pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado

Sistemas de ventilação	
Tipo	Exaustor – com 6 pás em chapa galvanizada
Número	7
Localização	Face oeste
Diâmetro	1,2 m
Vazão	560 m ³ /min
Área entrada de ar	32,8 m ²
Sistemas de resfriamento	
Tipo	Nebulização (média pressão)
Localização	Linhas transversais abaixo do forro
Número	180 bicos
Observações	A manutenção dos equipamentos era feita regularmente

Os aviários eram equipados com sistemas de ventilação por pressão negativa em modo túnel, composto por sete exaustores (Figura 12) localizados no oitão leste, com entrada de ar de 32,8 m² na extremidade oposta.



Figura 12. Vista interna dos exaustores do galpão de aves de corte em Rio Verde, Goiás

Fonte: Machado (2007)

Neste sistema de ventilação é de grande importância o cálculo das aberturas para entrada de ar assim como o número correto de exaustores. Áreas de abertura mal dimensionadas podem tornar os exaustores menos eficientes (MOURA, 2001).

Adicionalmente, dentro dos galpões havia sistema de nebulização (Figura 13), distribuídos em linhas transversais ao comprimento dos galpões. O sistema de nebulização interno era composto por 180 bicos de média. O acionamento acontecia de acordo com a temperatura interna dos aviários e com a idade das aves.



Figura 13. Vista do sistema de nebulização interno do galpão de aves de corte em Rio Verde, Goiás

Fonte: Machado (2007)

De acordo com cálculos preliminares, o número de exaustores e a área de entrada de ar estão subdimensionados e o número de bicos nebulizadores estão de acordo com o recomendado e corretamente posicionados.

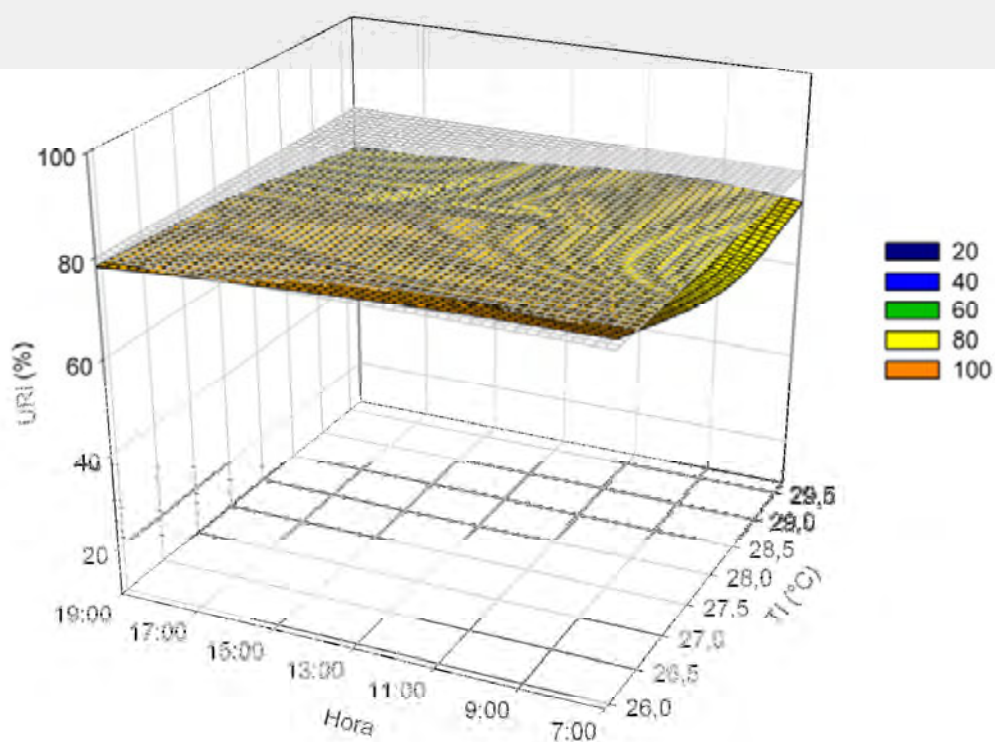
Relativo aos exaustores, considerando a velocidade do ar de 2,5 m/s e as dimensões do galpão, um volume de ar igual a 5.760,0 m³ deve ser removido do galpão por minuto. Desta forma, para exaustores de 560 m³/min, seriam necessários aproximadamente 10 unidades e uma abertura total aproximada de 45,2 m² para entrada de ar na extremidade oposta do galpão (correspondente à mesma área de seção transversal dos exaustores). Os galpões em estudo possuíam 7 exaustores e área de entrada de 32,8 m².

De acordo com os dados de entrada para o cálculo, o número de bicos nebulizadores é dado por: 9 bicos/m², totalizando 177,8 bicos ou seja, aproximadamente 180 bicos nebulizadores.

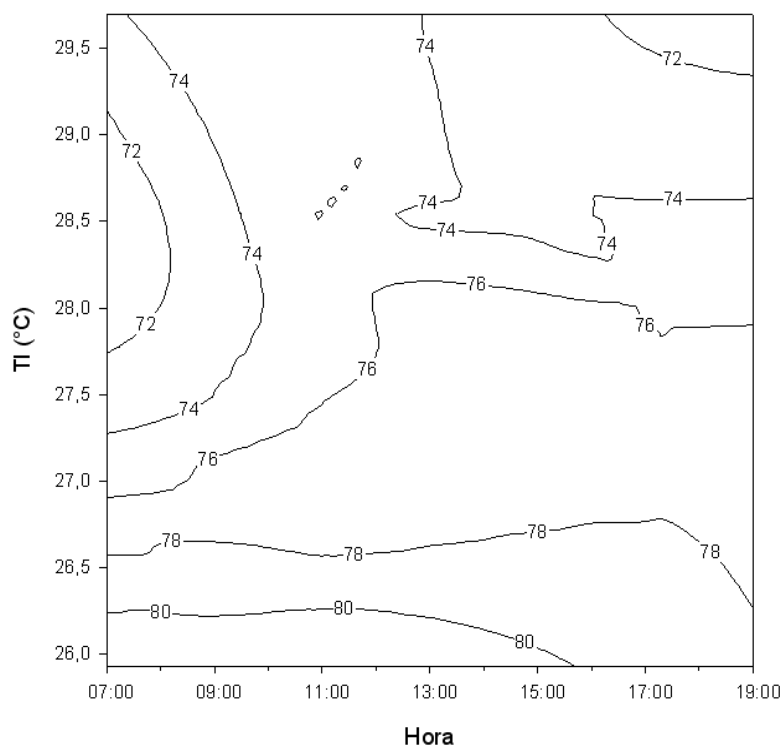
4.1.1.3 Avaliação das condições térmicas ambientais internas dos galpões com sistemas de condicionamento térmico artificial

A avaliação do ambiente térmico no interior dos galpões, considerou os dados horários de temperatura e umidade relativa do ar interno, ao nível das aves, das 07:00 às 19:00h, dos 15 aos 30 dias de vida das aves, para os 3 galpões avaliados.

O comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno do GALPÃO 1 em função da temperatura e hora do dia, é representado, na forma de superfície contínua e em traçados de curvas, na Figura 14 (a) e (b)



(a)



(b)

Figura 14. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 15 a 30 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa, em condições de verão e telhas de aço galvanizado: GALPÃO 1 (Rio Verde – Goiás) (a) e (b)

De acordo com a Figura 14, pode-se observar que a umidade relativa interna esteve, em cerca de 84% do tempo, abaixo de 80% e superior a 72%. Umidades superiores a 80% foram observadas apenas para temperaturas internas próximas a 26°C, entre 07:00 e 15:00 horas. De forma geral, o sistema de resfriamento evaporativo esteve próximo de sua potencialidade, com possibilidade de ligeira melhora, proporcional à diferença de umidade relativa entre o valor atual e 80%.

Considerando que o sistema de resfriamento evaporativo poderia melhorar de eficiência, foram estimadas através das propriedades psicrométricas do ar, as temperaturas horárias internas do ar associadas à umidade relativa de 80%, com o objetivo de determinar o quanto estas temperaturas poderiam reduzir com a umidificação do ambiente para o GALPÃO 1, conforme Figura 15. Para a discussão seqüencial, foi representada na referida Figura a faixa de temperatura entre 18 e 24°C, considerada de conforto térmico para as aves, assim como a linha corresponde à temperatura de 29°C, considerada de tolerância máxima.

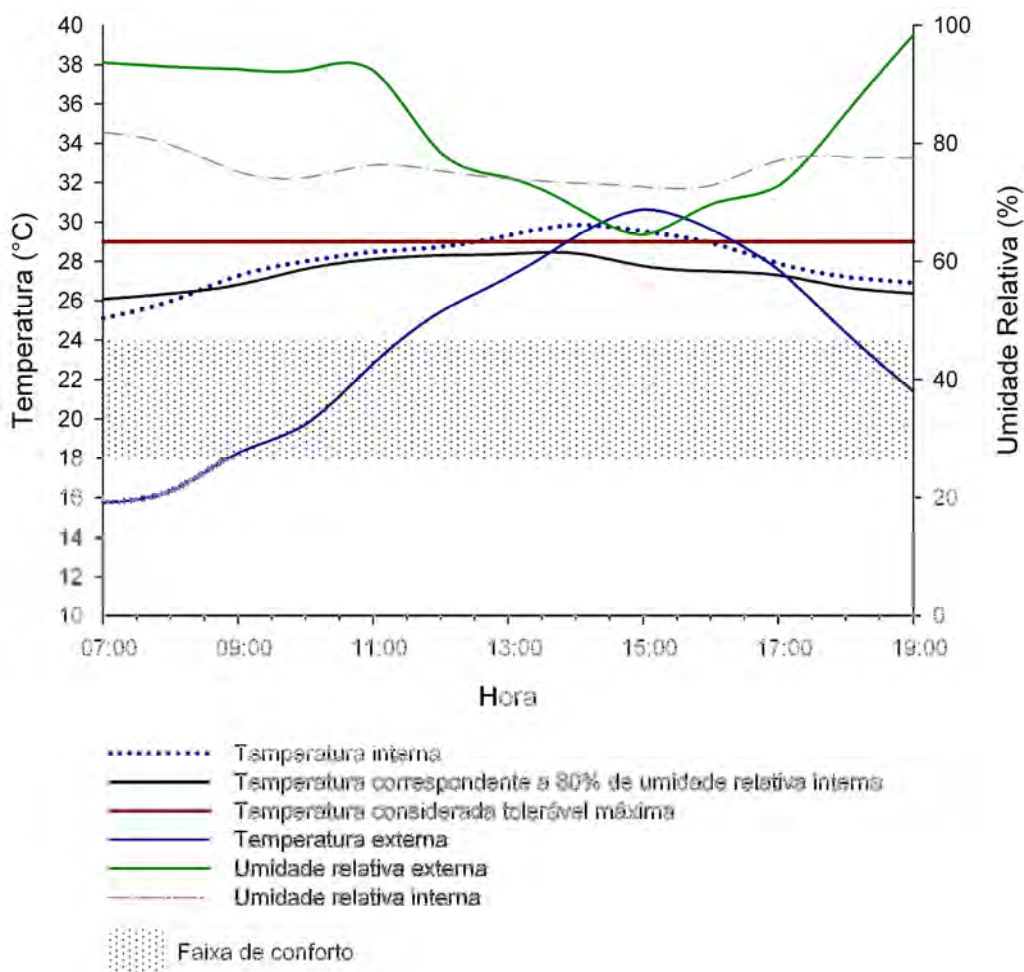


Figura 15. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, umidade relativa interna e externa, no período de 15 a 30 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 1 (Rio Verde – Goiás)

Como se observa na Figura 15, as temperaturas médias internas estiveram fora da faixa de conforto das aves durante todo o dia, aproximadamente entre 25 e 30°C e tendo ficado acima da faixa de temperatura máxima tolerável, em 23% do tempo. Observa-se ainda nesta figura que mesmo melhorando a eficiência do sistema de resfriamento evaporativo, a temperatura interna do ar mudaria pouco, ficando entre 26 e 28°C. Nas horas mais quentes do dia, entre 14:00 e 17:00h, correspondendo a 25% do tempo, constatou-se a importância do uso do resfriamento evaporativo, quando as temperaturas médias externas atingiram até 30°C.

Para avaliar o comportamento térmico do galpão foi considerada a relação entre a temperatura externa e a temperatura interna, que será denominada eficiência relativa. Este parâmetro, em condições de verão, para temperaturas médias externas acima dos 24°C, quanto maior o valor obtido, maior será a

eficiência do galpão em atenuar a temperatura externa em relação à temperatura interna.

A Figura 16 representa a eficiência relativa do GALPÃO 1. No período considerado, a temperatura média externa foi de 24,4°C.

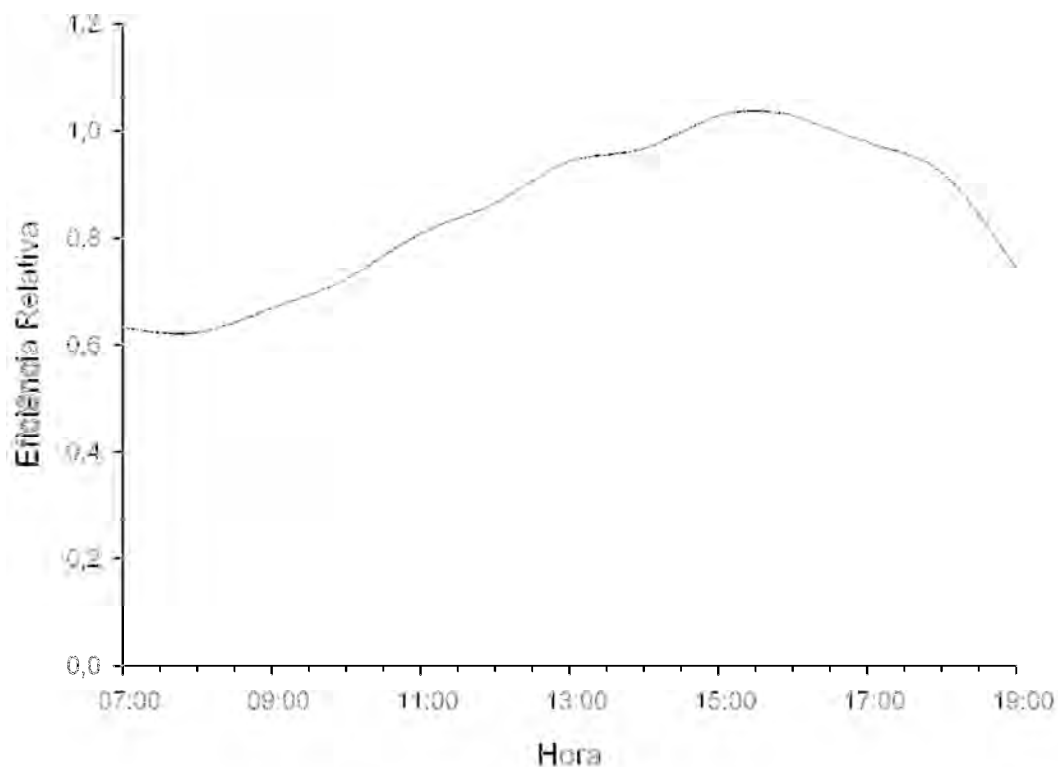


Figura 16. Eficiência relativa: GALPÃO 1 (Rio Verde – Goiás)

De acordo com os resultados representados na Figura 16, a eficiência relativa do galpão durante as horas mais quentes do dia, entre 13:00 e 17:00h, apresentou valor médio de 0,96. Em apenas 15% do tempo, a eficiência relativa foi superior a 1,00. Quanto maior estes valores melhor capacidade do galpão em isolar o calor externo, inferindo que o galpão avaliado apresentou apenas boa eficiência relativa no período considerado.

O comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno do GALPÃO 2 em função da temperatura do ar é representado na Figura 17.

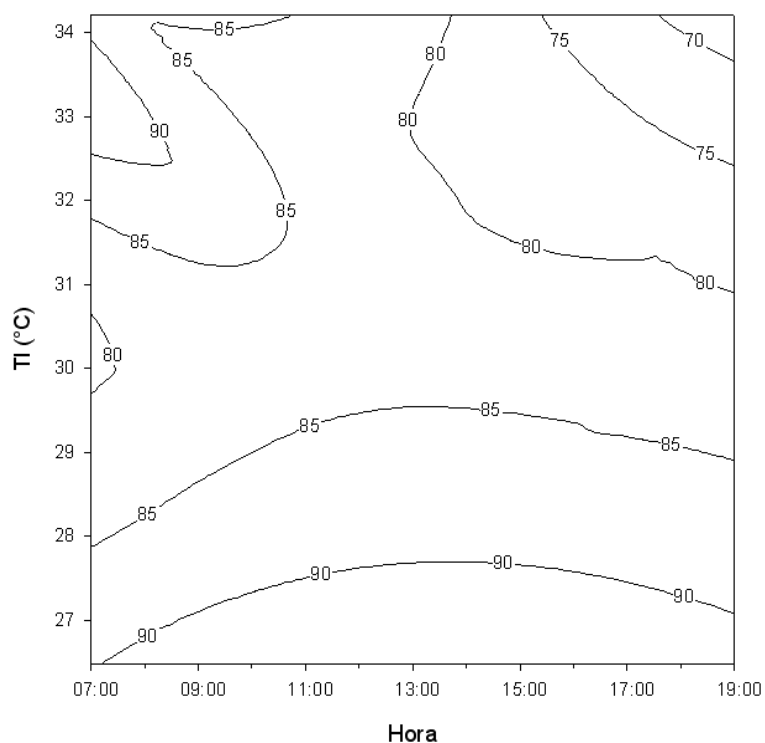
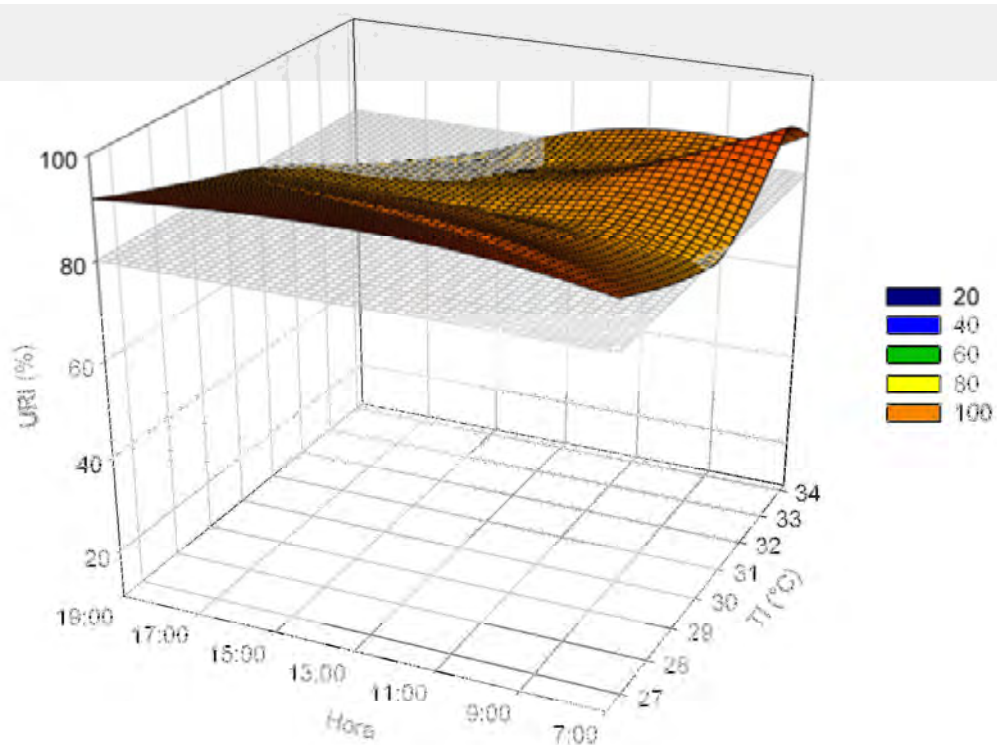


Figura 17. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 15 a 30 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado: GALPÃO 2 (Rio Verde – Goiás)

Na Figura 17 pode-se observar que, de forma geral, na maior parte do tempo analisado, a umidade relativa interna do galpão esteve acima de 80%,

inferindo que o sistema de resfriamento evaporativo funcionou satisfatoriamente, não havendo possibilidade de maior redução da temperatura interna por intermédio do mesmo, a não ser entre 13:00 e 19:00 horas para temperaturas internas acima de 31°C.

O comportamento da temperatura e da umidade relativa interna e externa juntamente com a faixa de conforto adotada está representado na Figura 18.

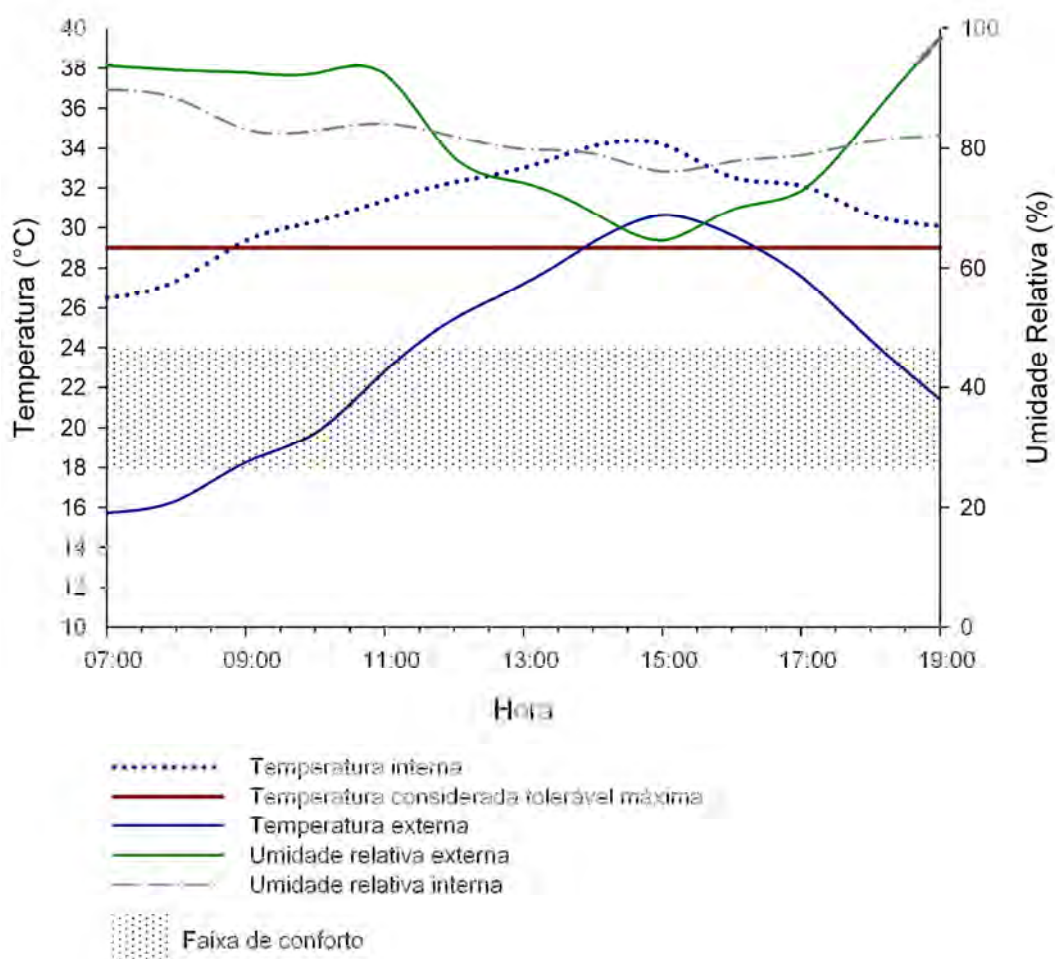


Figura 18. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna e externa, no período de 15 a 30 dias de vida das aves, em função da hora do dia e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 2 (Rio Verde – Goiás)

De acordo com a Figura 18, as temperaturas médias internas ficaram acima da faixa de conforto térmico durante todo o dia, variando entre 26 e 34°C, sendo que em mais de 80% do tempo, esteve acima da temperatura considerada tolerável máxima para as aves.

Pode-se verificar na figura anterior que nas horas mais quentes do dia, entre 13:00 e 17:00h, as temperaturas médias externas atingiram 30°C, com umidades

relativas próximas de 70%, e as temperaturas internas atingiram cerca de 34°C com umidades próximas de 80%. Desta forma, pode-se inferir que, nas horas de maior radiação solar, os materiais de fechamento do galpão, principalmente cobertura, não foram relativamente eficientes.

A Figura 19 representa a eficiência relativa do GALPÃO 2. No período considerado, a temperatura média externa foi de 24,4°C.

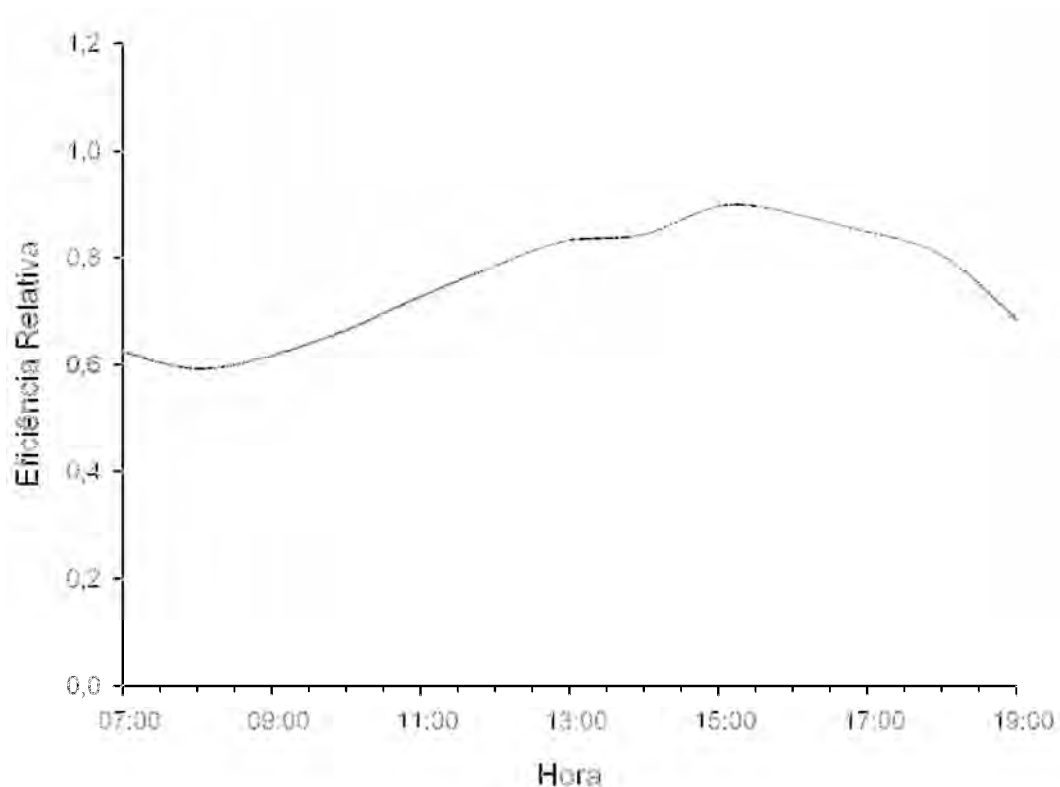


Figura 19. Eficiência relativa: GALPÃO 2 (Rio Verde – Goiás)

De acordo com a Figura 19, a eficiência relativa do galpão durante as horas mais quentes do dia, entre 13:00 e 17:00h, apresentou valor médio de 0,93. Em nenhum momento, a eficiência relativa foi superior a 1,00. Quanto maior estes valores melhor capacidade do galpão em isolar o calor externo, inferindo que o galpão avaliado apresentou apenas boa eficiência relativa no período considerado.

O comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno do GALPÃO 3 em função da temperatura do ar é representado na Figura 20.

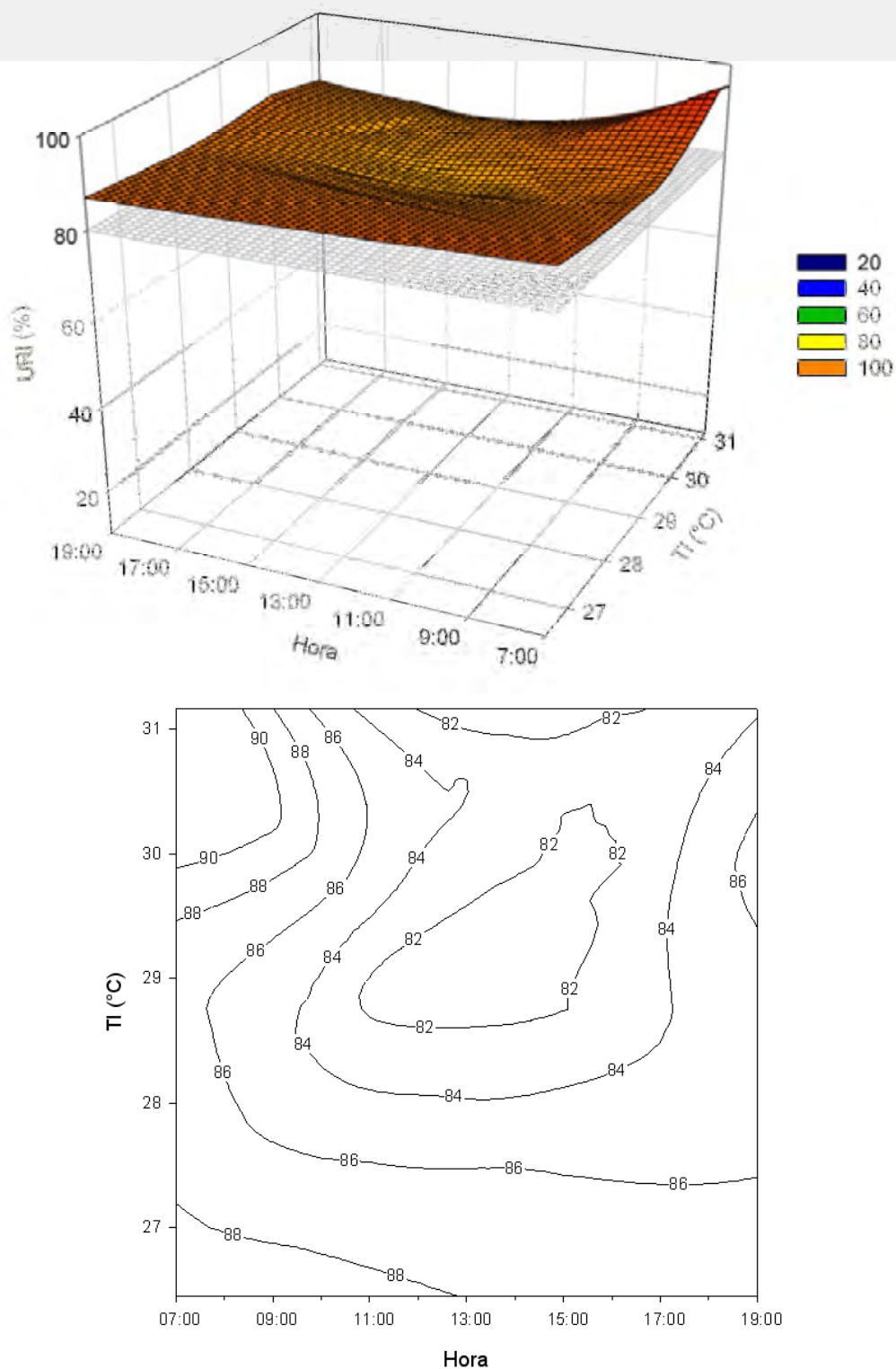


Figura 20. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 15 a 30 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para galpão com sistema de pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado: GALPÃO 3 (Rio Verde – Goiás)

Na Figura 20 pode-se observar que a umidade relativa interna esteve, durante todo o dia acima de 80%, entre 82 e 90%, inferindo que o sistema de resfriamento evaporativo funcionou satisfatoriamente dentro da sua potencialidade.

O comportamento da temperatura e da umidade relativa interna e externa juntamente com a faixa de conforto adotada está representado na Figura 21.

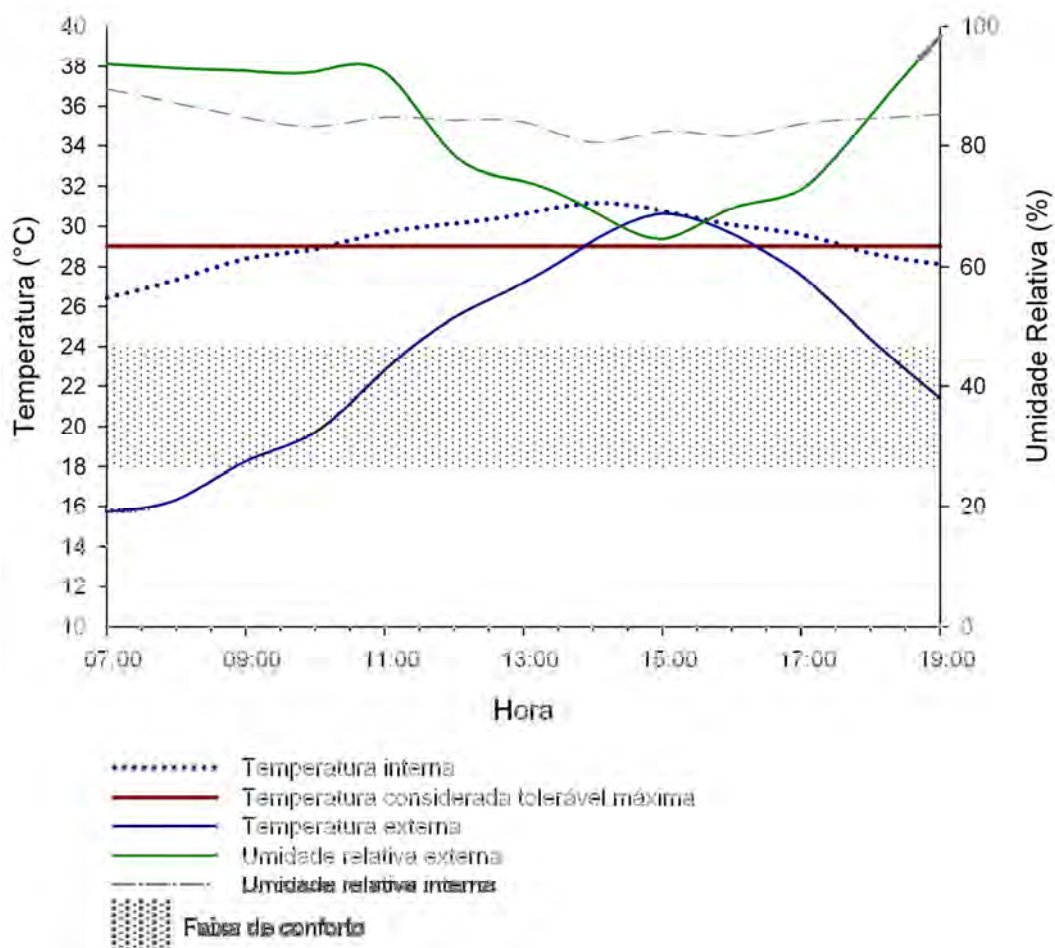


Figura 21. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, umidade relativa interna e externa, no período de 15 a 30 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 3 (Rio Verde – Goiás)

De acordo com a Figura 21, as temperaturas médias internas ficaram acima da faixa de conforto térmico durante todo o dia, variando entre 26 e 31°C, sendo que em mais de 53% do tempo, esteve acima da temperatura considerada tolerável máxima para as aves.

Pode-se verificar na figura anterior que nas horas mais quentes do dia, entre 13:00 e 17:00h, as temperaturas médias externas atingiram 30°C, com umidades relativas próximas de 70%, e as temperaturas internas atingiram cerca de 31°C com

umidades próximas de 80%. Desta forma, pode-se inferir que, nas horas de maior radiação solar, os materiais de fechamento do galpão, principalmente cobertura, foram apenas relativamente eficientes.

A Figura 22 representa a eficiência relativa do GALPÃO 2. No período considerado, a temperatura média externa foi de 24,4°C.

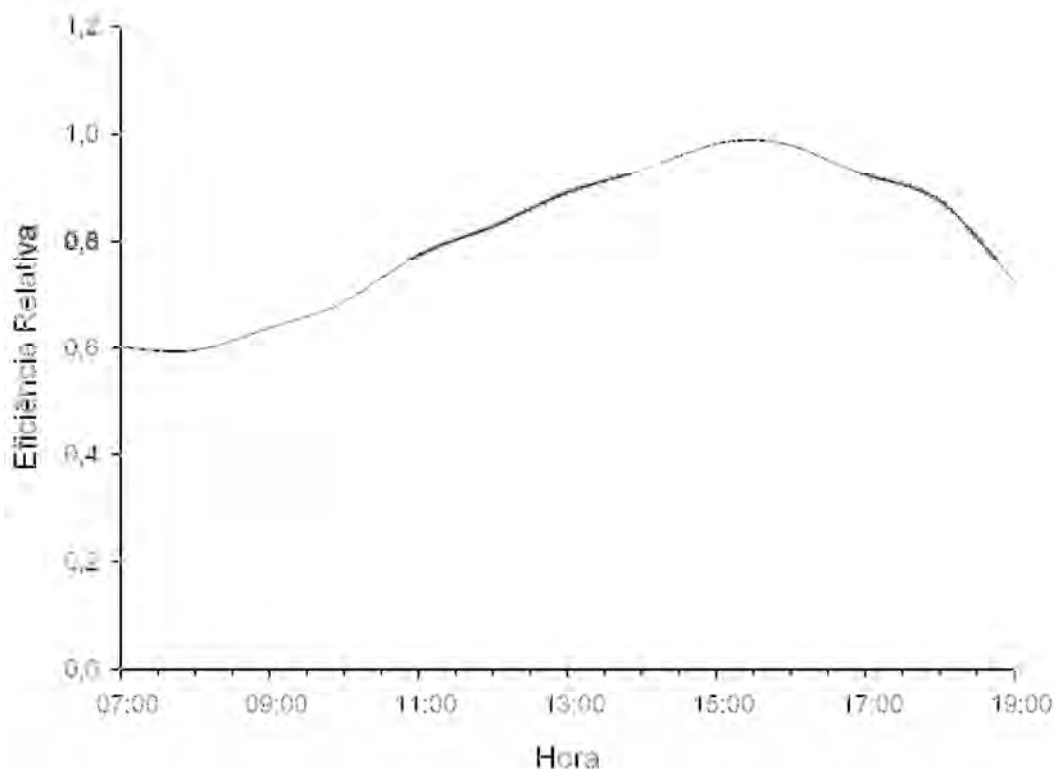


Figura 22. Eficiência relativa: GALPÃO 3 (Rio Verde – Goiás)

De acordo com a Figura 22 a eficiência relativa do galpão durante as horas mais quentes do dia, entre 13:00 e 17:00h, apresentou valor médio de 0,93. Em nenhum momento, a eficiência relativa foi superior a 1,00. Quanto maior estes valores melhor capacidade do galpão em isolar o calor externo, inferindo que o galpão avaliado apresentou apenas boa eficiência relativa no período considerado.

Concluindo, embora o comportamento dos galpões possa ser caracterizado como bom nas horas mais quentes do dia, vale ressaltar que as condições térmicas ambientais internas se apresentaram bastante desconfortáveis para as aves e que a melhoria da eficiência de sistema de resfriamento evaporativo também não traria grandes vantagens.

Mesmo no período do dia em que a umidade relativa externa esteve mais baixa, o sistema de resfriamento evaporativo do galpão não foi capaz de possibilitar que a temperatura interna fosse menor que a externa. Vale ressaltar que as

temperaturas médias externas, entre 07:00 e 11:00h e entre 18:00 e 19:00h, ficaram dentro de limites de conforto para aves, o que correspondeu a 42% do tempo, com valores entre 16 e 24°C. Desta forma, pode-se inferir que, nestes horários, os sistemas de condicionamento térmico poderiam ser desligados e as cortinas abertas, proporcionando ampla ventilação, com conseqüente redução no consumo de energia elétrica.

Em suma, merece avaliação a estrutura de fechamento destes galpões, a possibilidade de infiltrações de ar ao longo do galpão e o material de cobertura, no que se refere à sua capacidade de isolamento térmico. A presença de paisagismo circundante e arborização pode contribuir de maneira significativa na diminuição da radiação solar direta sobre os galpões. Além disso, o número de exaustores e a área de entrada de ar também devem ser considerados, uma vez que estes encontram-se subdimensionados, abaixo do recomendado em literatura.

4.1.2 Pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado com aspersão sobre a cobertura

Os três galpões considerados neste estudo de caso são localizados na mesma propriedade avícola comercial descrita no item 4.1 e possuíam as mesmas características arquitetônicas e sistemas de condicionamento térmico artificial descritos nos itens 4.1.1.1 e 4.1.1.2, salvo os que apresentavam aspersão sobre a cobertura (Figura 23).



Figura 23. Vista do sistema de aspersão sobre a cobertura dos galpões de aves de corte em Rio Verde, Goiás

Fonte: Machado (2007)

O sistema de aspersão de água sobre a cobertura era composto por vinte e um microaspersores com bocal de 1,2 mm de diâmetro e vazão de 88 L/h em espaços eqüidistantes de 6,0 m sobre a cumeeira (Figura 24).



Figura 24. Vista superior do sistema de aspersão sobre a cobertura dos galpões de aves de corte em Rio Verde, Goiás

Fonte: Machado (2007)

O sistema de aspersão foi utilizado com a finalidade de auxiliar o sistema de resfriamento evaporativo interno dos aviários. O acionamento do sistema de aspersão era feito com base na temperatura interna dos aviários, entrando em funcionamento quando a temperatura interna do aviário alcançava a temperatura de acionamento do segundo grupo de exaustores do sistema de ventilação artificial, entre 25 e 32°C, variando com a idade das aves.

4.1.2.1 Avaliação das condições térmicas ambientais internas dos sistemas de acondicionamento térmico artificial

A avaliação do ambiente térmico no interior dos galpões, considerou os dados horários de temperatura e umidade relativa do ar internos, ao nível das aves, das 07:00 às 19:00h dos 15 aos 30 dias de vida das aves, para os 3 galpões avaliados.

O comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno do GALPÃO 1 em função da temperatura e hora do dia, é representado, na forma de superfície contínua e em traçados de curvas, na Figura 25

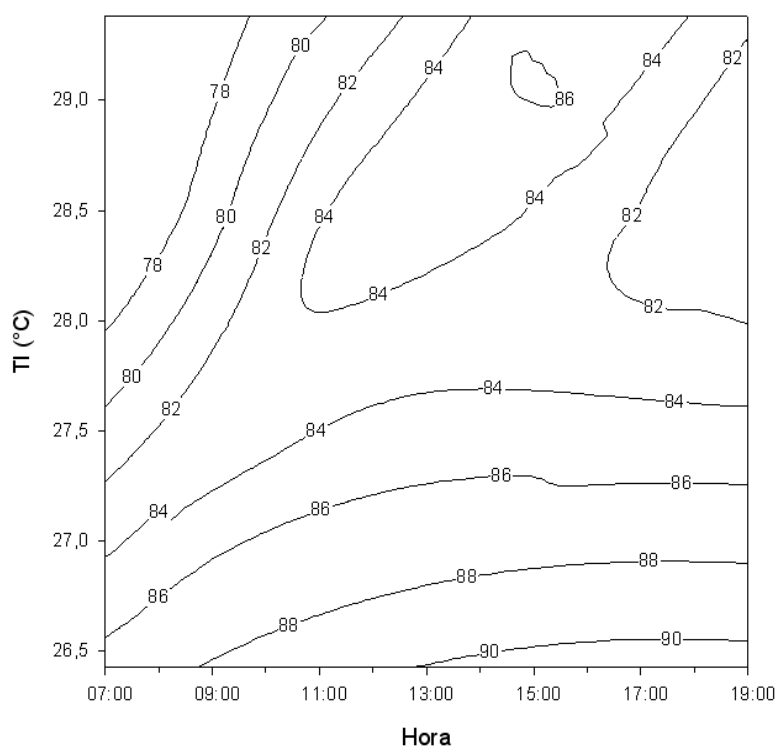
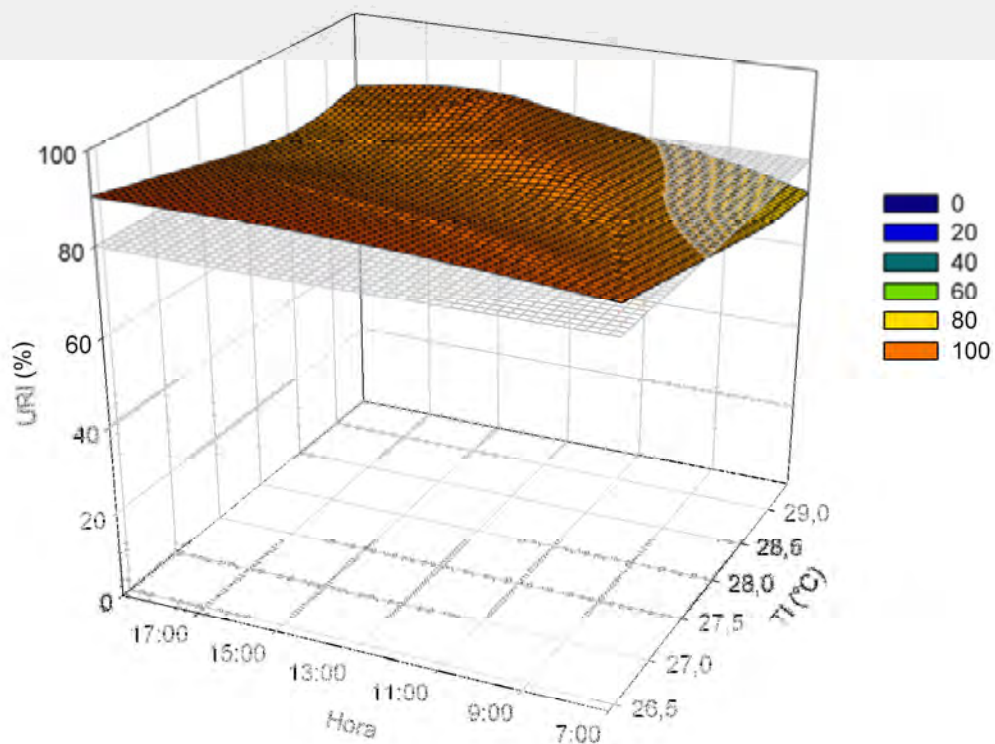


Figura 25. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 15 a 30 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado com aspersão sobre a cobertura: GALPÃO 1 (Rio Verde – Goiás)

De acordo com a Figura 25, pode-se observar que, de forma geral, a umidade relativa interna esteve, durante grande parte do dia, acima de 80%, entre 80 e 90%, exceto para temperaturas acima de 28°C, nos horários entre 07:00 e 10:00 h, quando os valores encontrados foram de 78%. De forma geral, o sistema de resfriamento evaporativo esteve próximo de sua potencialidade, com possibilidade de ligeira melhora, naqueles horários em que a umidade relativa esteve inferior a 80%.

O comportamento da temperatura e da umidade relativa interna e externa juntamente com a faixa de conforto adotada está representado na Figura 26.

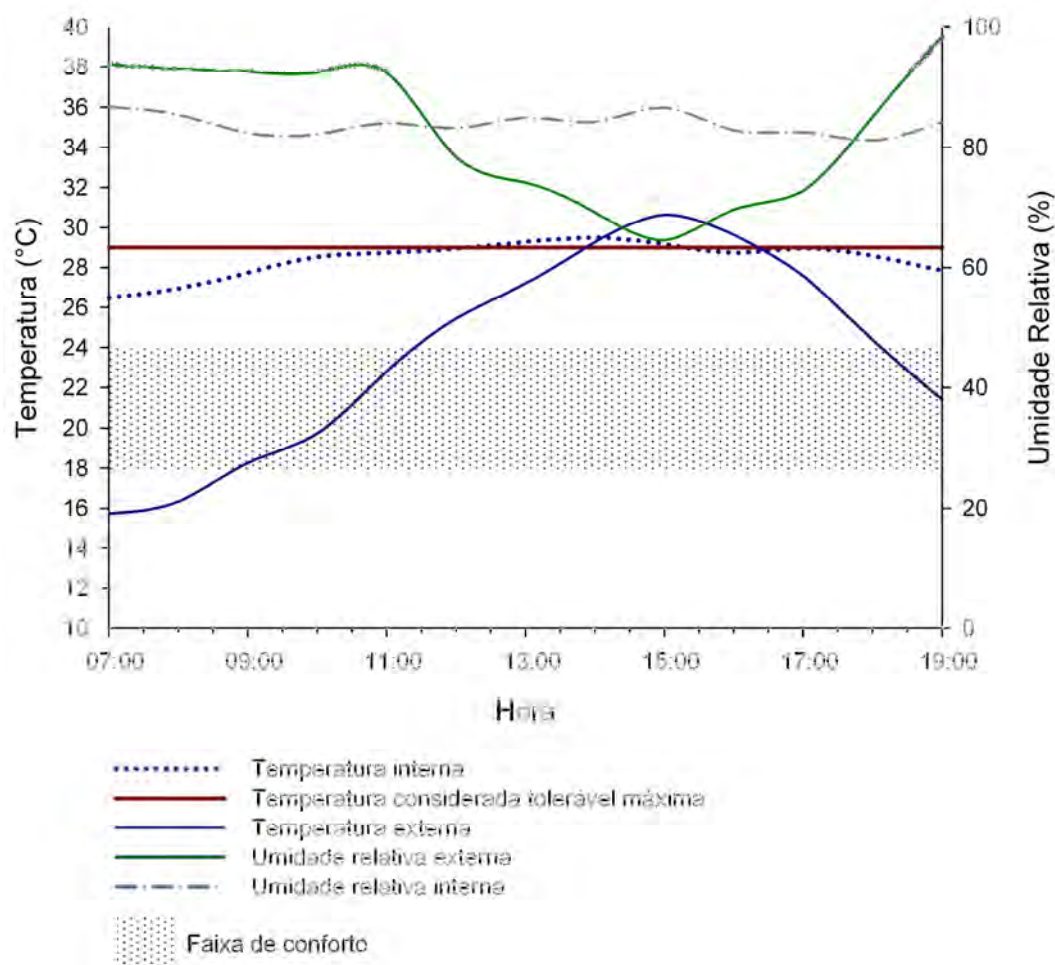


Figura 26. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, umidade relativa interna e externa, no período de 15 a 30 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 1 (Rio Verde – Goiás)

De acordo com a Figura 26, as temperaturas médias internas estiveram acima da faixa de conforto térmico durante todo o dia, variando entre 26 e 29°C,

sendo que em mais de 23% do tempo, esteve ligeiramente acima da temperatura considerada tolerável máxima para as aves.

Pode-se verificar na figura anterior que nas horas mais quentes do dia, entre 13:00 e 17:00h, as temperaturas médias externas atingiram 31°C, com umidades relativas próximas de 70%, e as temperaturas internas atingiram cerca de 29°C com umidades próximas de 80%. Desta forma, comparando este galpão com os anteriores, pode-se inferir que, nas horas de maior radiação solar, o sistema de resfriamento evaporativo do ar e a aspersão sobre a cobertura, foram importantes na diminuição da temperatura interna.

A Figura 27 representa a eficiência relativa do GALPÃO 1. No período considerado, a temperatura média externa foi de 24,4°C.

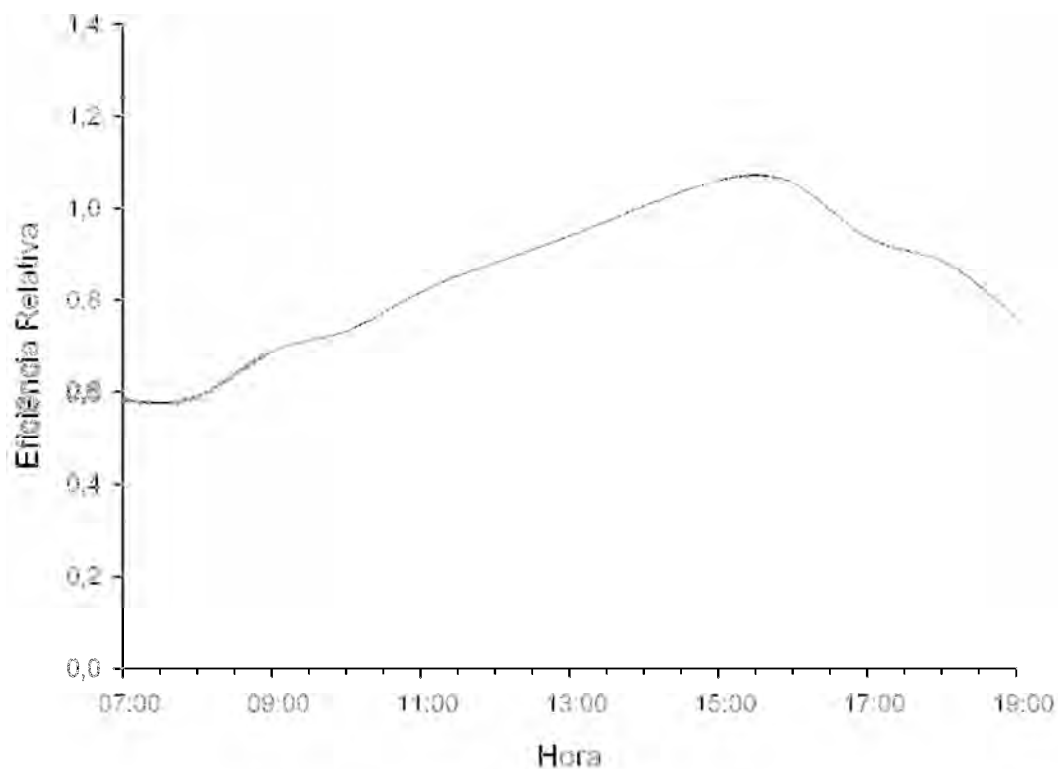


Figura 27. Eficiência relativa: GALPÃO 1 (Rio Verde – Goiás)

De acordo com a Figura 27, a eficiência relativa do galpão durante as horas mais quentes do dia, entre 13:00 e 17:00h, apresentou valor médio de 1,03. Em apenas 23% do tempo, a eficiência relativa foi superior a 1,00. Quanto maior estes valores melhor capacidade do galpão em isolar o calor externo, inferindo que o galpão avaliado apresentou apenas boa eficiência relativa no período considerado.

O comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno do GALPÃO 2 em função da temperatura do ar é representado na Figura 28.

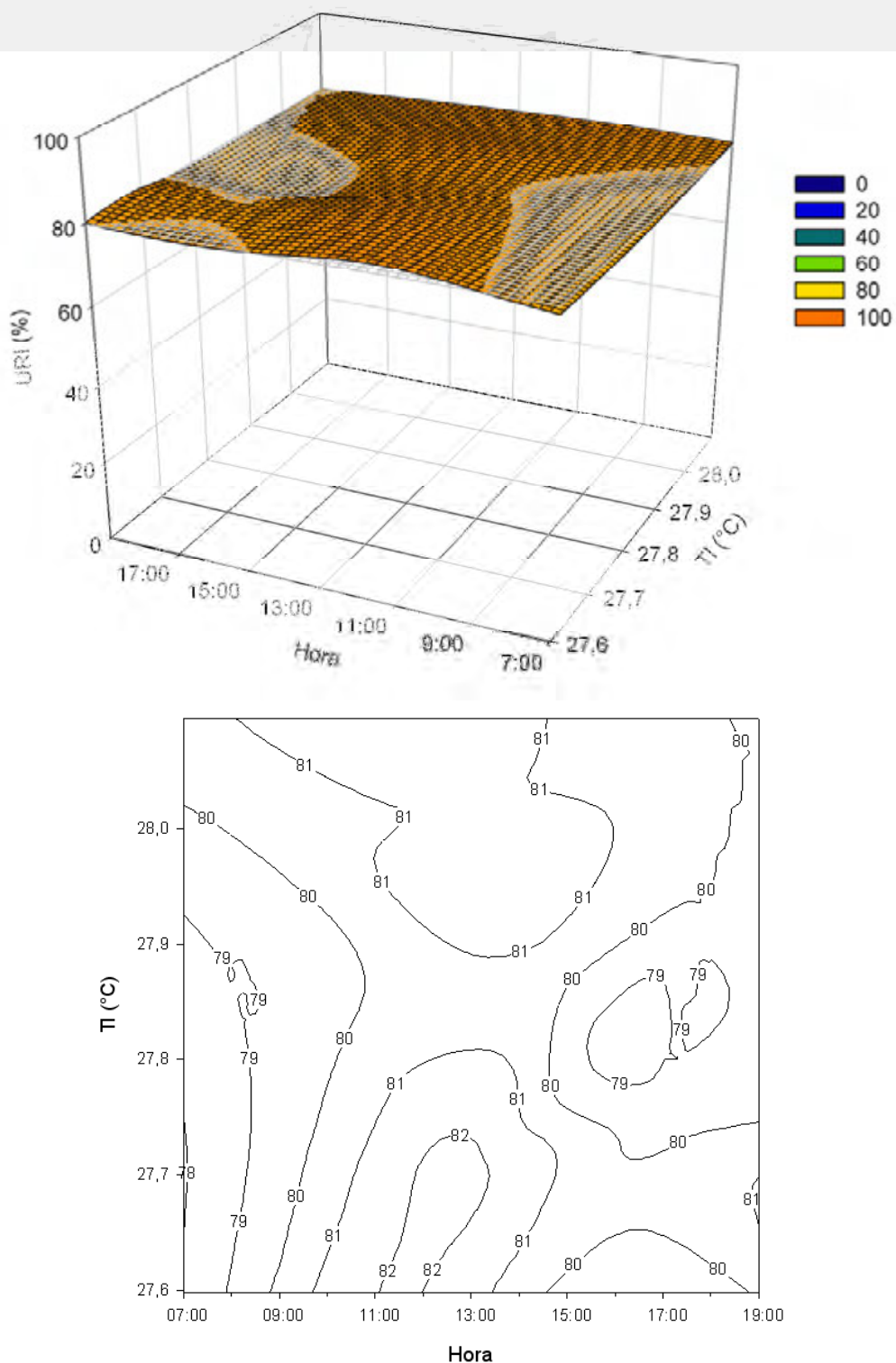


Figura 28. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 15 a 30 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado com aspersão sobre a cobertura: GALPÃO 2 (Rio Verde – Goiás)

De acordo com a Figura 28, pode-se observar que, de forma geral, a umidade relativa interna esteve, durante grande parte do dia, acima de 80%, entre 80 e 82%, exceto para temperaturas acima de 27°C, nos horários entre 07:00 e 08:00 h e 15:00 e 18:00h, quando os valores encontrados estiveram em torno de 79%. De forma geral, o sistema de resfriamento evaporativo esteve trabalhando em sua potencialidade.

O comportamento da temperatura e da umidade relativa interna e externa juntamente com a faixa de conforto adotada está representado na Figura 29.

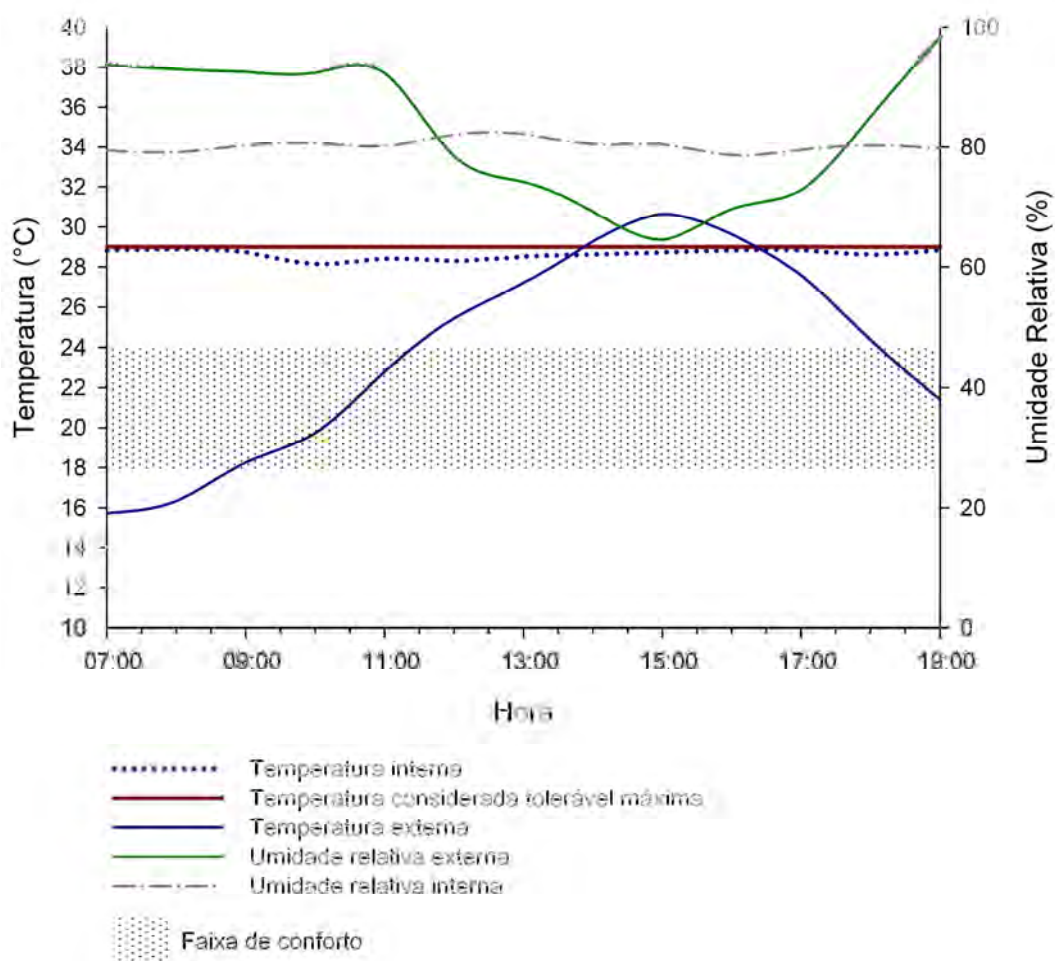


Figura 29. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, umidade relativa interna e externa, no período de 15 a 30 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 2 (Rio Verde – Goiás)

De acordo com a Figura 29, as temperaturas médias internas ficaram acima da faixa de conforto térmico durante todo o dia, com temperatura média de 28°C, sendo que, os valores estiveram abaixo da temperatura considerada tolerável máxima para as aves.

Pode-se verificar na figura anterior que nas horas mais quentes do dia, entre 13:00 e 17:00h, as temperaturas médias externas atingiram 31°C, com umidades relativas próximas de 70%, e as temperaturas internas atingiram cerca de 28°C com umidades próximas de 80%. Desta forma, pode-se inferir que, nas horas de maior radiação solar, o sistema de resfriamento do ar e a aspersão sobre a cobertura, foram importantes na diminuição das temperaturas internas.

A Figura 30 representa a eficiência relativa do GALPÃO 2. No período considerado, a temperatura média externa foi de 24,4°C.

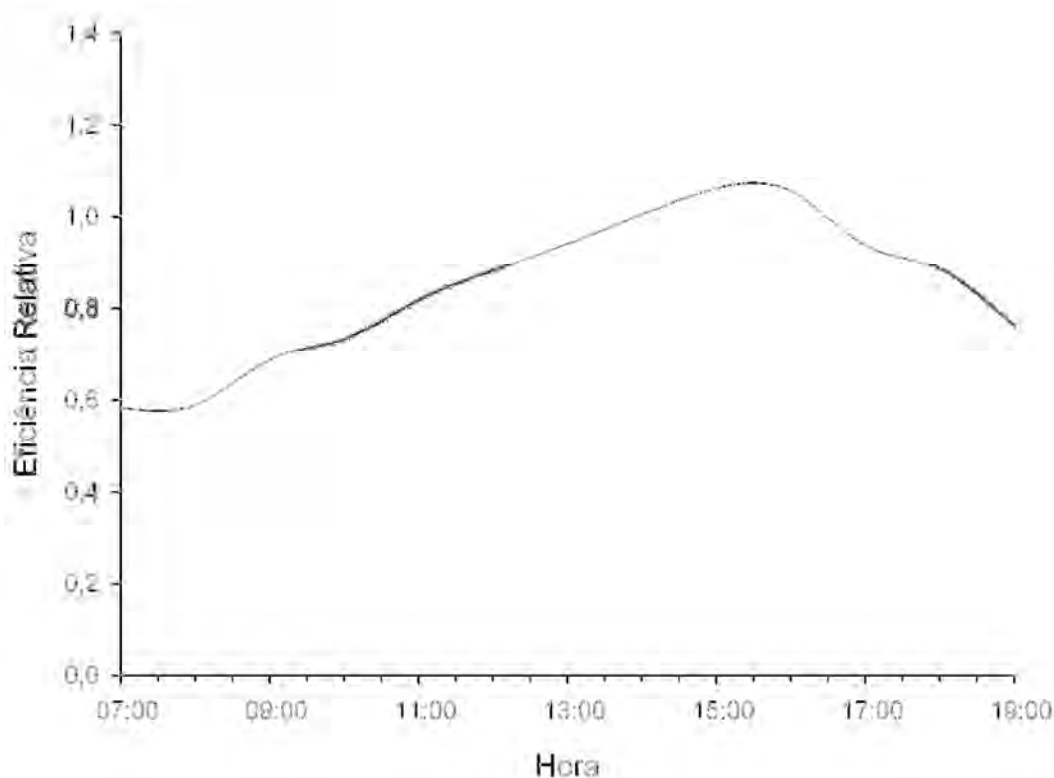


Figura 30. Eficiência relativa: GALPÃO 2 (Rio Verde – Goiás)

De acordo com a Figura 30, a eficiência relativa do galpão durante as horas mais quentes do dia, entre 13:00 e 17:00h, apresentou valor médio de 1,05. Em apenas 23% do tempo, a eficiência relativa foi superior a 1,00. Quanto maior estes valores melhor capacidade do galpão em isolar o calor externo, inferindo que o galpão avaliado apresentou apenas boa eficiência relativa no período considerado.

O comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno do GALPÃO 3 em função da temperatura do ar é representado na Figura 31.

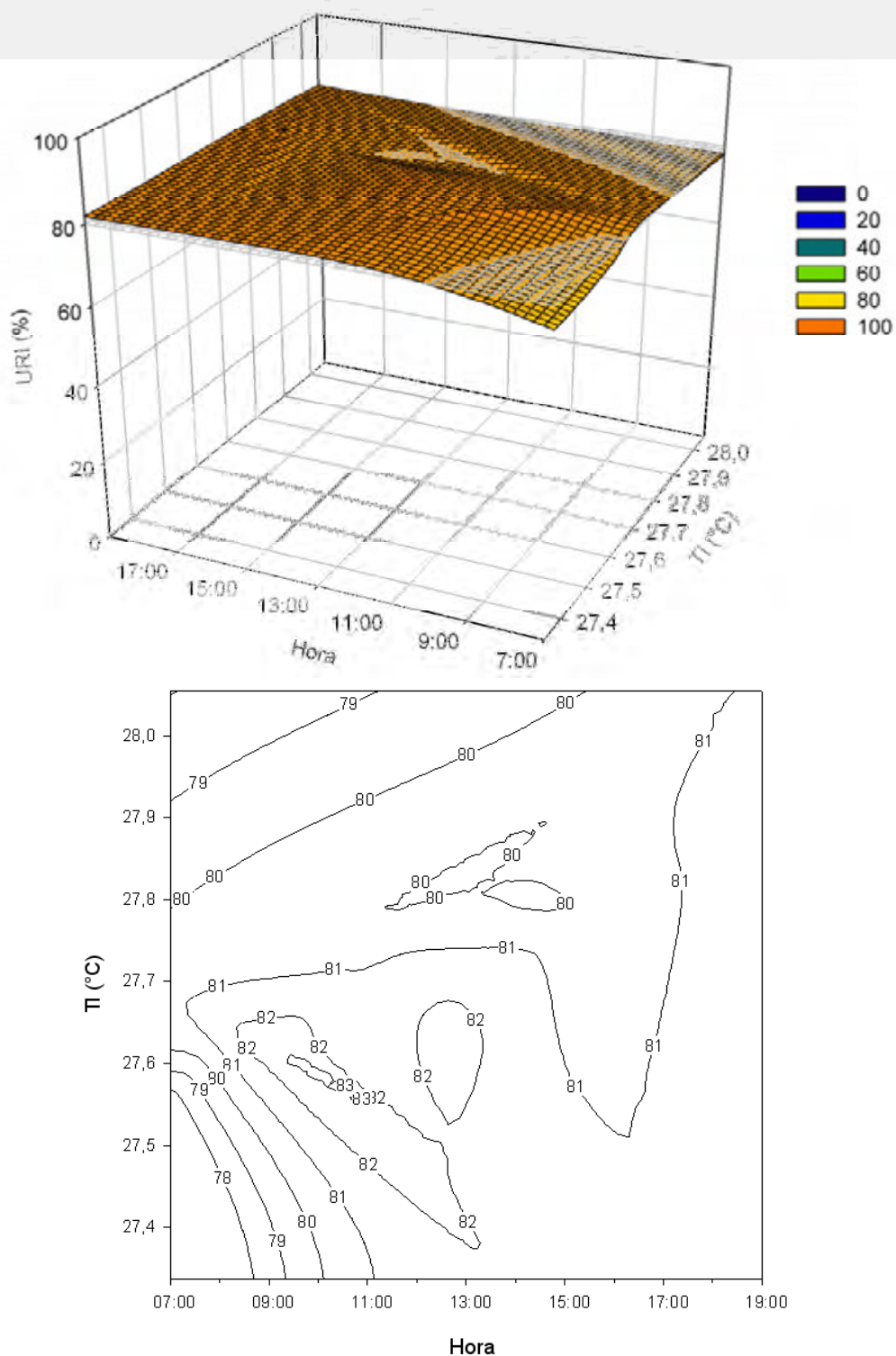


Figura 31. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 15 a 30 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão do sistema de pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado com aspersão sobre a cobertura: GALPÃO 3 (Rio Verde – Goiás)

Segundo a Figura 31, pode-se observar que, de forma geral, a umidade relativa interna esteve, durante grande parte do dia, acima de 80%, entre 81 e 82%,

com exceção para as temperaturas acima de 27°C, nos horários entre 07:00 e 09:00 h e para as temperaturas acima dos 28°C, nos horários entre 07:00 e 11:00 h, onde os valores encontrados foram entre 78 e 79%. De forma geral, o sistema de resfriamento evaporativo esteve próximo de sua potencialidade, com possibilidade de ligeira melhora, proporcional à diferença de umidade relativa entre o valor atual e 80%.

O comportamento da temperatura e da umidade relativa interna e externa juntamente com a faixa de conforto adotada está representado na Figura 32.

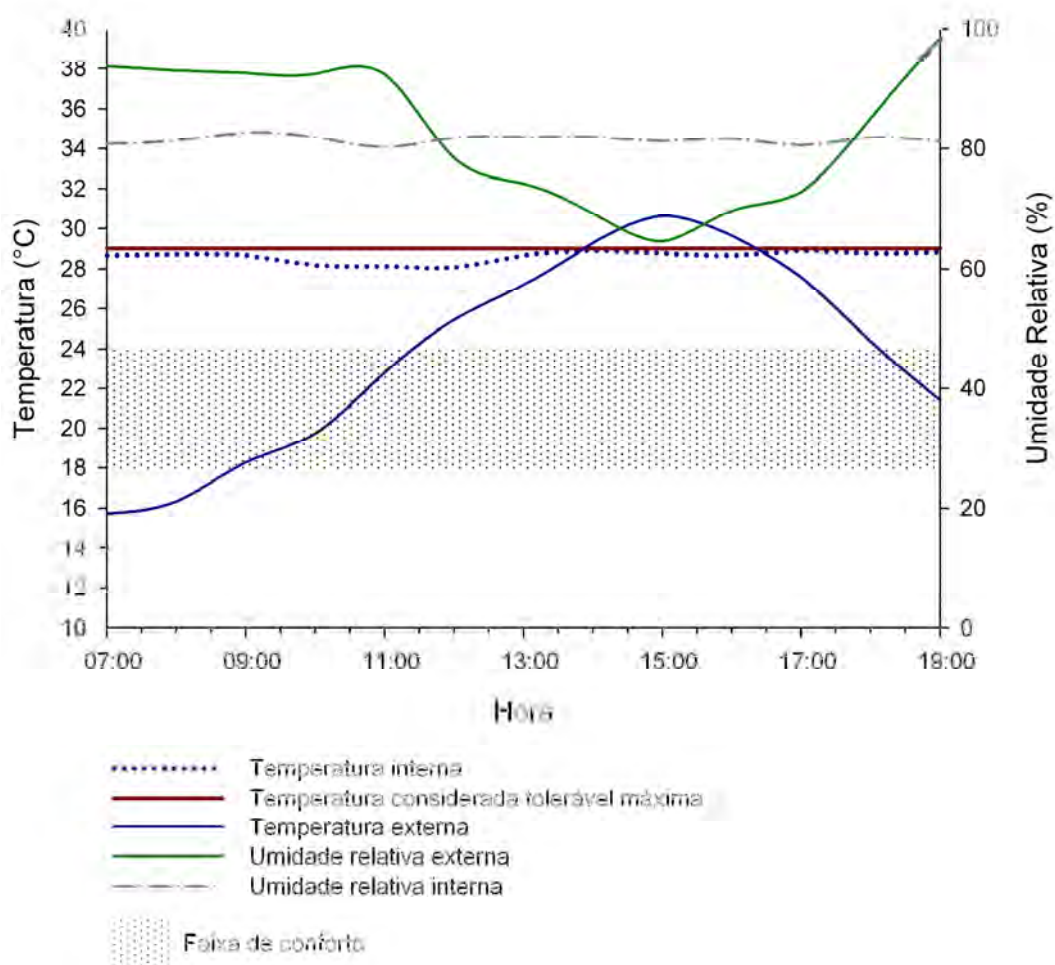


Figura 32. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, umidade relativa interna e externa, no período de 15 a 30 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 3 (Rio Verde – Goiás)

De acordo com a Figura 32, as temperaturas médias internas ficaram acima da faixa de conforto térmico durante todo o dia, com temperatura média de 28°C, sendo que, os valores estiveram abaixo da temperatura considerada tolerável máxima para as aves.

Pode-se verificar na figura anterior que nas horas mais quentes do dia, entre 13:00 e 17:00h, as temperaturas médias externas atingiram 31°C, com umidades relativas próximas de 70%, e as temperaturas internas atingiram cerca de 28°C com umidades próximas de 80%. Desta forma, pode-se inferir que, nas horas de maior radiação solar, o sistema de resfriamento evaporativo e a aspersão sobre a cobertura, foram eficientes na diminuição das temperaturas internas.

A Figura 33 representa a eficiência relativa do GALPÃO 3. No período considerado, a temperatura média externa foi de 24,4°C.

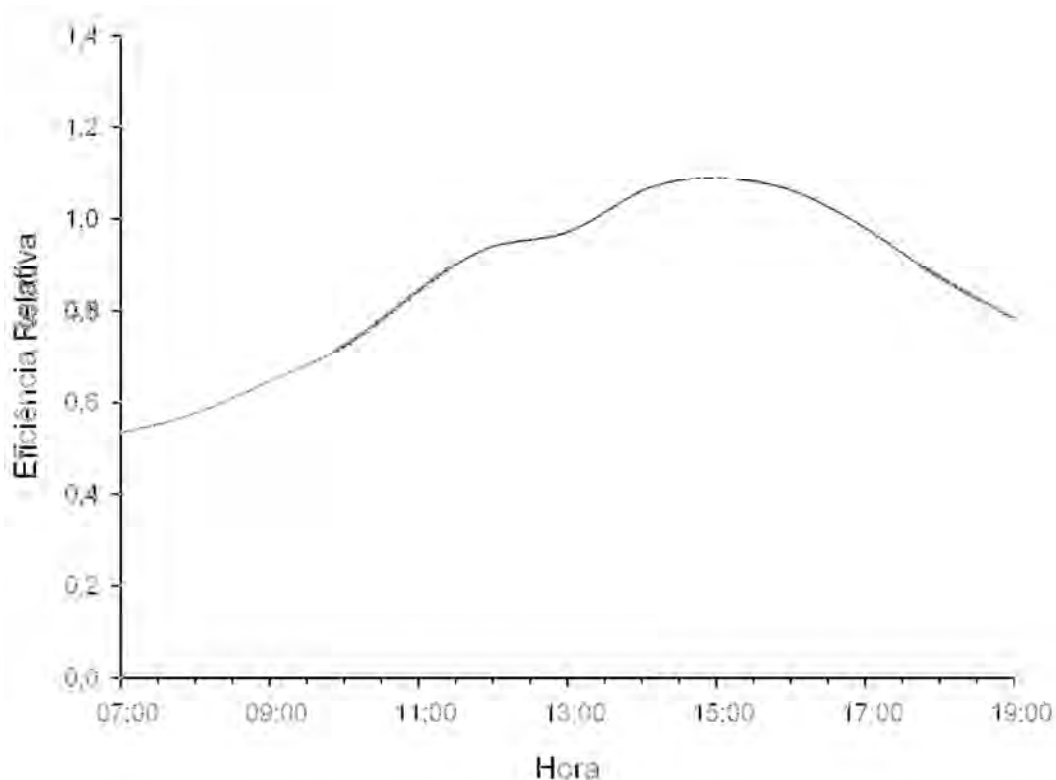


Figura 33. Eficiência relativa: GALPÃO 3 (Rio Verde – Goiás)

De acordo com a Figura 33, a eficiência relativa do galpão durante as horas mais quentes do dia, entre 13:00 e 17:00h, apresentou valor médio de 1,06. Em apenas 23% do tempo, a eficiência relativa foi superior a 1,00. Quanto maior estes valores melhor capacidade do galpão em isolar o calor externo, inferindo que o galpão avaliado apresentou apenas boa eficiência relativa no período considerado.

Concluindo, embora o comportamento dos galpões tenha sido caracterizado como bom, vale ressaltar que as condições térmicas ambientais internas se apresentaram bastante desconfortáveis para as aves e que a melhoria da eficiência de sistema de resfriamento evaporativo também não traria grandes vantagens.

Mesmo no período do dia em que a umidade relativa externa esteve mais baixa, o sistema de resfriamento evaporativo do galpão não foi capaz de possibilitar que a temperatura interna fosse menor que a externa. Temperaturas médias externas, entre 07:00 e 11:00h e 18:00 e 19:00h, estiveram dentro de limites de temperaturas de conforto para aves em 42 % do tempo, com valores entre 16 e 24°C. Nestes horários em que os valores médios de dados externos de temperatura foram menores que dados internos, os sistemas de acondicionamento térmico poderiam ter sido desligados e as cortinas abertas proporcionando ampla ventilação, com conseqüente redução no consumo de energia elétrica.

Os resultados encontrados ensejam uma avaliação da estrutura de fechamento destes galpões, das possibilidades de infiltrações de ar e do material de cobertura, no que se refere à capacidade de isolamento. A presença de paisagismo circundante e de árvores promovendo sombra sobre a cobertura dos galpões pode contribuir de maneira significativa na diminuição da carga térmica sobre os mesmos. Além disso, o número de exaustores e o cálculo da entrada de ar também devem ser considerados, uma vez que estes encontram-se subdimensionados, abaixo do recomendado em literatura.

Vale ressaltar que os galpões sem aspersão sobre a cobertura apresentaram temperaturas médias internas maiores, de 30°C, 2°C acima dos galpões com aspersão sobre a cobertura, cujos valores médios encontrados foram de 28°C.

O resultado mencionado acima já era esperado, uma vez que o uso de aspersão de água sobre a cobertura proporciona redução de temperatura por evaporação da água e, simultaneamente, transferência de calor da telha para a lâmina de água. Esse processo leva à redução da transferência de calor para o interior da instalação e, conseqüentemente, segundo Machado (2007), melhoria do conforto térmico em condições de calor, favorecendo assim, o desempenho produtivo dos animais em períodos de calor.

4.1.3 Pressão negativa em condições de verão e telhas de amianto pintadas de branco

O experimento foi conduzido em propriedade avícola comercial, no Município de Itaberaí, Goiás, localizado na latitude 16°01' S e longitude 49°48' O a uma altitude de 701 m. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é Aw (tropical úmido) com médias térmicas entre 20 e 25°C e umidades relativas médias entre 52 e 80%.

A fase experimental foi realizada durante os meses de abril e maio de 2008, em condições de verão, e compreendeu o período de 21 a 42 dias de vida de frangos de corte da linhagem *Cobb*, criados em dois galpões com diferentes tipos de placas evaporativas e densidades de criação: GALPÃO 1 - placa evaporativa de celulose e 14 aves/m², e GALPÃO 2 - placa evaporativa de celulose coberta com sombrite e 13 aves/m².

Para medição da temperatura e da umidade relativa do ar no ambiente interno foram utilizados sensores com precisão de $\pm 3\%$. O monitoramento das variáveis climáticas foi realizado diariamente, em intervalos de hora em hora. Os sensores foram instalados no interior de cada galpão, ao nível das aves, afastados 0,25 m acima da cama.

4.1.3.1 Avaliação arquitetônica

A Tabela 14 apresenta as características arquitetônicas dos galpões em estudo, GALPÃO 1 e GALPÃO 2, de forma simplificada.

Tabela 14. Características arquitetônicas dos galpões de pressão negativa em condições de verão e telhas de amianto pintadas de branco

Características construtivas		
	Galpão 1	Galpão 2
Orientação	Leste-oeste	
Dimensões (largura x comprimento)	12,0 x 125,0 m	13,6 x 125,0 m
Área	1500,0 m ²	1700,0 m ²
Pé-direito	2,5 m	
Muretas laterais	0,45 m em alvenaria	
Cortinas	Polietileno	
Fechamento lateral	Tela de arame (malha de 3,0 cm)	
Fechamento oitões	Não Informado	
Forro	Polietileno	
Cobertura	Telha amianto pintada de branco 4 mm	
Beiral	Não Informado	
Inclinação	Não Informado	
Estrutura	Estrutura de madeira na cobertura apoiados em pilares de concreto	
Observações	Materiais de cortinas e forro encontravam-se em bom estado de conservação Pintura da cobertura desgastada com o tempo Presença de paisagismo circundante	

Os galpões avaliados apresentaram tendência em atender o acondicionamento térmico natural de acordo com o sugerido em literatura, apresentando ainda, características arquitetônicas com o que é preconizado nesta região do Brasil.

4.1.3.2 Avaliação dos sistemas de acondicionamento térmico artificial

A Tabela 15 apresenta as características dos sistemas de acondicionamento térmico artificial dos galpões em estudo, GALPÃO 1 e GALPÃO 2, de forma simplificada.

Tabela 15. Características dos sistemas de acondicionamento térmico artificial dos galpões de pressão negativa em condições de verão e telhas de amianto pintadas de branco

Sistemas de ventilação		
	Galpão 1	Galpão 2
Tipo	Exaustor	
Número	10	
Localização	Face leste	
Diâmetro	1,2 m	
Vazão	560 m ³ /min	
Sistemas de resfriamento		
Tipo	Placas evaporativas compostas de celulose e nebulização	Placas de celulose umedecidas cobertas com sombrite e nebulização
Localização placas evaporativas	Lateral oeste dos galpões	
Dimensões placas evaporativas	2 placas de 10,7 m x 1,8 m (38,52 m ²)	2 placas de 10,84 m x 2,0 m (43,36 m ²)
Localização linhas de nebulização	Linhas distribuídas ao longo do galpão	Linhas distribuídas ao longo do galpão
Número	189 bicos	194 bicos
Observações	Presença de bicos nebulizadores defeituosos	

O GALPÃO 1 era equipado com sistemas de ventilação por pressão negativa em modo túnel, composto por 10 exaustores localizados na face leste do galpão e duas placas evaporativas de celulose com dimensões de 10,7 m x 1,8 m totalizando 38,52 m², localizadas na lateral oeste (Figura 34).



Figura 34. Vista externa do sistema de resfriamento do galpão de aves de corte em Itaberaí, Goiás

Fonte: Damasceno (2008)

O GALPÃO 2 era equipado com sistemas de ventilação por pressão negativa em modo túnel, composto por 10 exaustores localizados face leste do galpão, e duas placas evaporativas cobertas com sombrite com dimensões de 10,84 m x 2,0 m totalizando 43,26 m² localizadas na lateral oeste (Figura 35).



Figura 35. Vista externa do sistema de resfriamento com placas umedecidas cobertas com sombrite do galpão de aves de corte em Itaberaí, Goiás

Fonte: Damasceno (2008)

Adicionalmente, dentro dos galpões havia sistema de nebulização, distribuídos em linhas transversais ao comprimento dos galpões. O sistema de nebulização interno era composto por 189 bicos posicionados abaixo do forro no

GALPÃO 1 e 194 bicos no GALPÃO 2. O acionamento acontecia de acordo com a temperatura interna dos aviários e da idade das aves, e ocorria de forma escalonada em grupos de operação.

De acordo com cálculos preliminares, o número de exaustores, área das placas evaporativas e o número de bicos nebulizadores estão acima do esperado para os dois galpões em estudo. Para o GALPÃO 1, relativo aos exaustores, considerando a velocidade do ar de 2,5 m/s e as dimensões do galpão, um volume de ar igual a 4.500,0 m³ deve ser removido do galpão por minuto. Desta forma, para exaustores de 560 m³/min, seriam necessários aproximadamente 8 unidades e uma abertura total aproximada de 36,2 m² para entrada de ar na extremidade oposta do galpão (correspondente à mesma área de seção transversal dos exaustores). O galpão em estudo possuía 10 exaustores e área de entrada de 38,5 m².

De acordo com os dados de entrada para o cálculo, o número de bicos nebulizadores é dado por: 9 bicos/m², totalizando 166,7 bicos ou seja, aproximadamente 170 bicos nebulizadores. O galpão em estudo possuía 189 bicos nebulizadores. Para o GALPÃO 2, relativo aos exaustores, considerando a velocidade do ar de 2,5 m/s e as dimensões do galpão, um volume de ar igual a 5.100,0 m³ deve ser removido do galpão por minuto. Desta forma, para exaustores de 560 m³/min, seriam necessários aproximadamente 9 unidades e uma abertura total aproximada de 40,7 m² para entrada de ar na extremidade oposta do galpão (correspondente à mesma área de seção transversal dos exaustores). O galpão em estudo possuía 10 exaustores e área de entrada de 43,4 m².

4.1.3.3 Avaliação das condições térmicas ambientais internas dos sistemas de condicionamento térmico artificial

A avaliação do ambiente térmico no interior dos galpões, considerou os dados horários de temperatura e umidade relativa do ar interno, ao nível das aves, das 07:00 às 19:00h, dos 21 aos 42 dias de vida das aves, para os 2 galpões avaliados.

O comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno do GALPÃO 1 em função da temperatura e hora do dia, é representado, na forma de superfície contínua e em traçados de curvas, na Figura 36

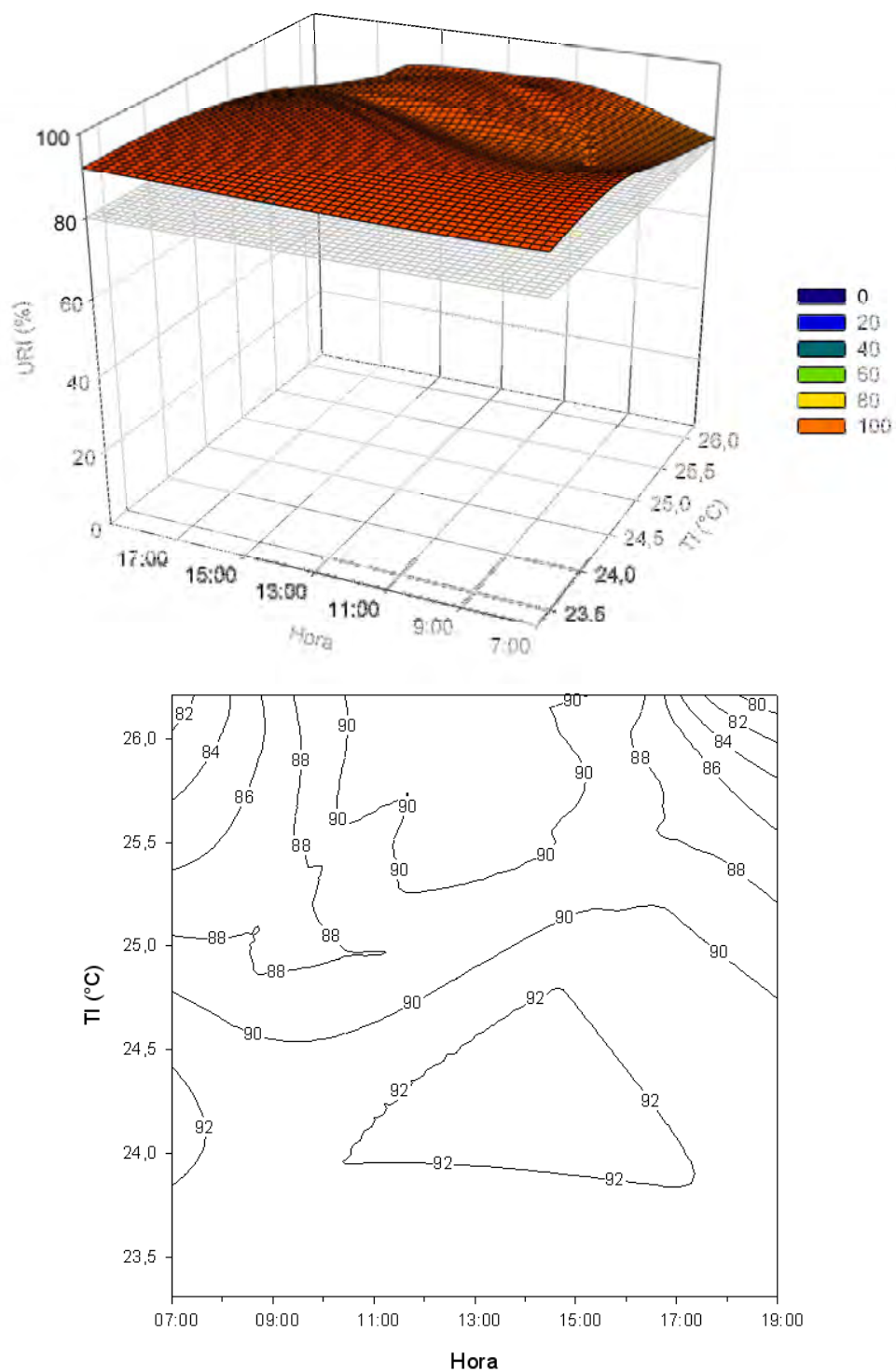


Figura 36. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 21 a 42 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de verão e telhas de amianto pintadas de branco: GALPÃO 1 (Itaberai – Goiás)

De acordo com a Figura 36, pode-se observar que a umidade relativa interna esteve, durante todo o dia, acima de 80% inferindo que o sistema de

resfriamento evaporativo esteve funcionando satisfatoriamente, dentro da sua potencialidade.

O comportamento da temperatura e da umidade relativa interna e externa juntamente com a faixa de conforto adotada está representado na Figura 37.

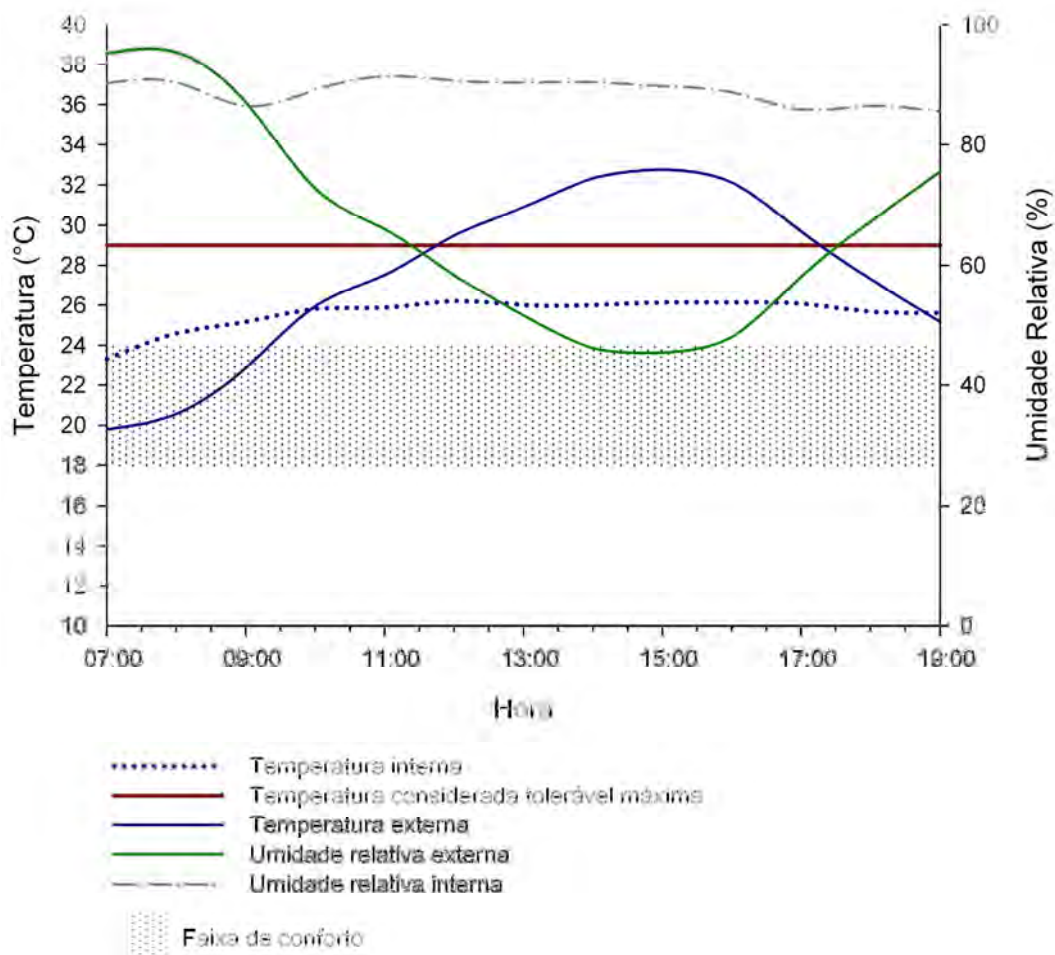


Figura 37. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, umidade relativa interna e externa, no período de 21 a 42 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 1 (Itaberaí – Goiás)

De acordo com a Figura 37, as temperaturas médias internas ficaram acima da faixa de conforto térmico durante grande parte todo o dia, com temperatura média de 26°C, sendo que, os valores estiveram abaixo da temperatura considerada tolerável máxima para as aves durante todo este período. As temperaturas ficaram dentro da faixa de conforto em 8% do tempo, entre 07:00 e 08:00h, com temperatura média de 23°C.

Pode-se verificar na figura anterior que nas horas mais quentes do dia, entre 13:00 e 17:00h, as temperaturas médias externas atingiram 33°C, com umidades

relativas próximas de 50%, e as temperaturas internas atingiram cerca de 26°C com umidades próximas de 90%. Desta forma, pode-se inferir que, nas horas de maior radiação solar, o sistema de resfriamento evaporativo e a pintura sobre a cobertura, foram importantes na diminuição das temperaturas internas.

Para avaliar o comportamento térmico do galpão foi considerada a relação entre a temperatura externa e a temperatura interna, que será denominada eficiência relativa. Este parâmetro, em condições de verão, para temperaturas médias externas acima dos 24°C, quanto maior o valor obtido, maior será a eficiência do galpão em atenuar a temperatura externa em relação à temperatura interna.

A Figura 38 representa a eficiência relativa do GALPÃO 1. No período considerado, a temperatura média externa foi de 27,5°C.

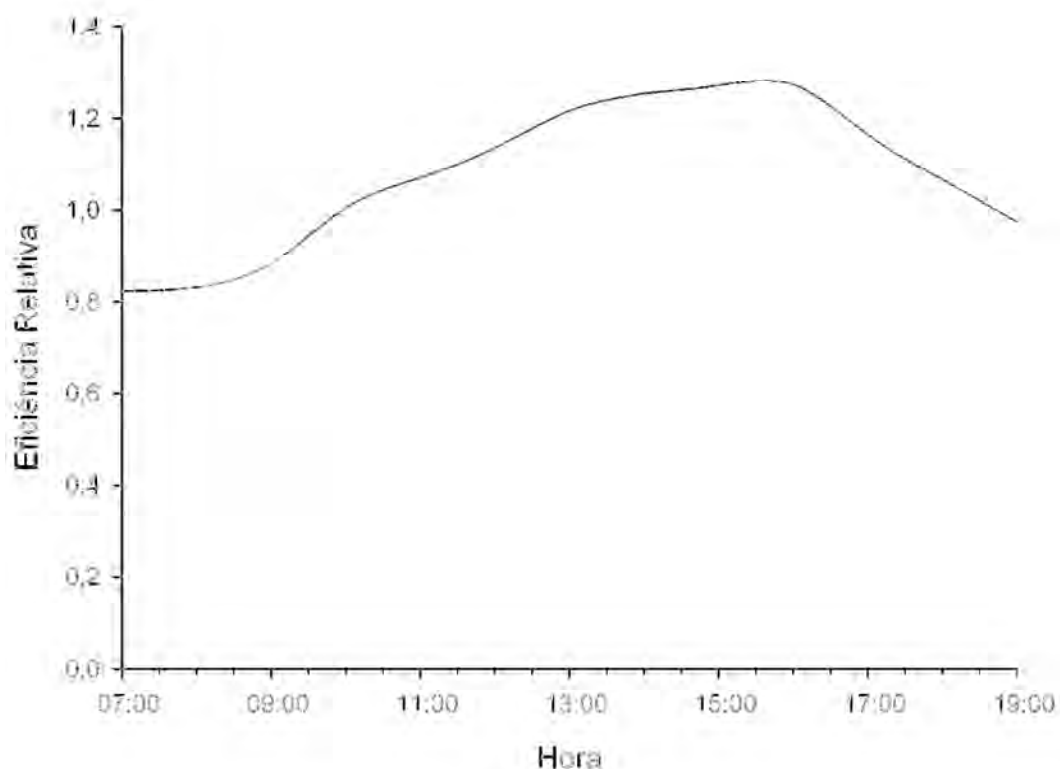


Figura 38. Eficiência relativa: GALPÃO 1 (Itaberaí – Goiás)

De acordo com a Figura 38, a eficiência relativa do galpão durante as horas mais quentes do dia, entre 13:00 e 17:00h, apresentou valor médio de 1,25. Em apenas 30% do tempo, a eficiência relativa foi inferior a 1,00. Quanto maior estes valores melhor capacidade do galpão em isolar o calor externo, inferindo que o galpão avaliado apresentou ótima eficiência relativa no período considerado.

O comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno do GALPÃO 2 em função da temperatura do ar é representado na Figura 39.

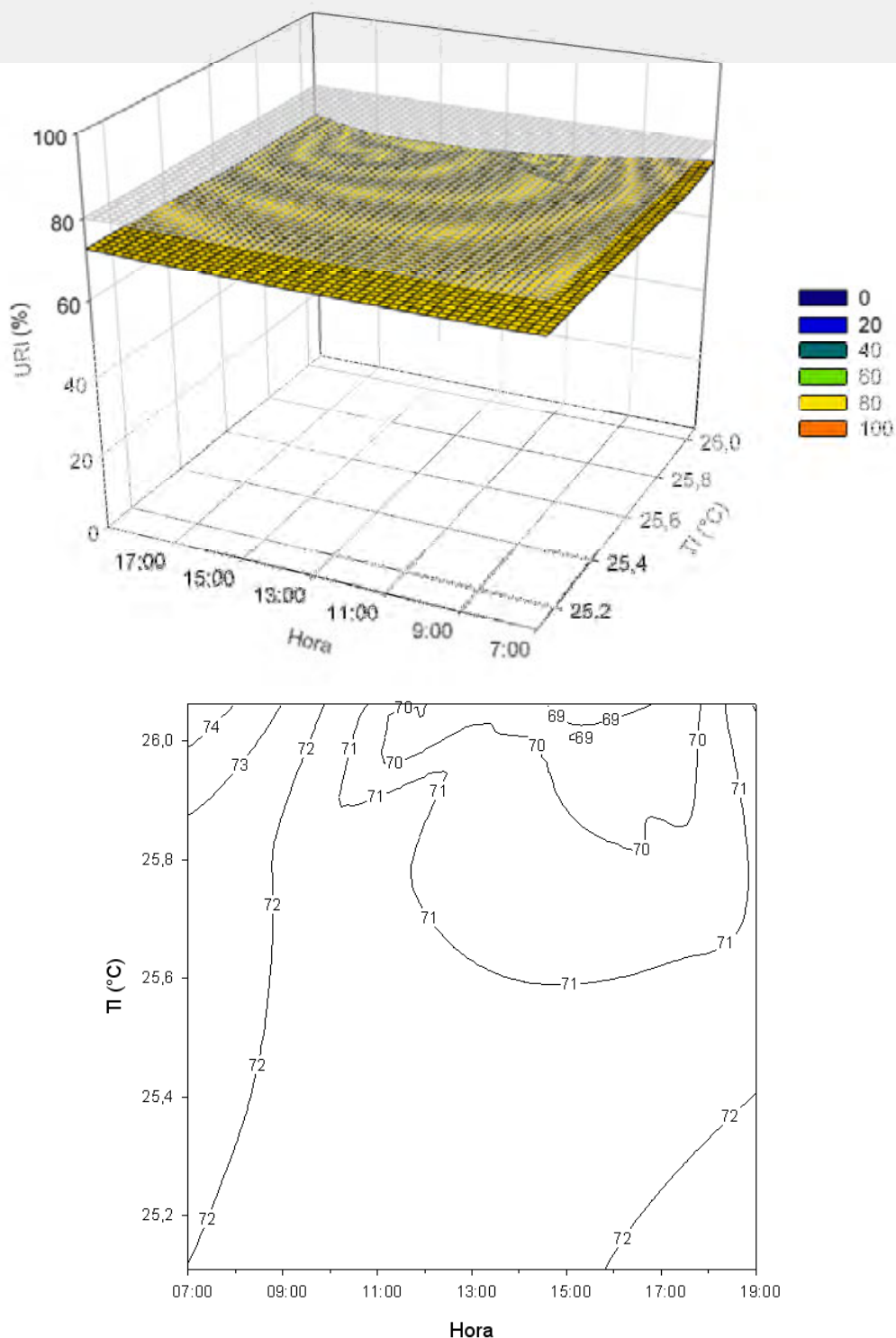


Figura 39. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 21 a 42 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de verão e telhas de amianto pintadas de branco: GALPÃO 2 (Itaberai – Goiás)

De acordo com a Figura 39, pode-se observar que a umidade relativa interna esteve, durante todo o período do ciclo produtivo, abaixo de 80%, entre 69 e 74%. De forma geral, o sistema de resfriamento evaporativo apresenta possibilidade de melhora, proporcional à diferença de umidade relativa entre o valor atual e 80%, próximo de sua potencialidade.

Considerando que o sistema de resfriamento evaporativo poderia melhorar de eficiência, foram estimadas através das propriedades psicrométricas do ar, as temperaturas horárias internas do ar associadas à umidade relativa de 80%, com o objetivo de determinar o quanto estas temperaturas poderiam reduzir com a umidificação do ambiente para o GALPÃO 2, conforme Figura 40. Para a discussão seqüencial, foi representada na referida figura a faixa de temperatura entre 18 e 24°C, considerada de conforto térmico para as aves, assim como a linha corresponde à temperatura de 29°C, considerada de tolerância máxima.

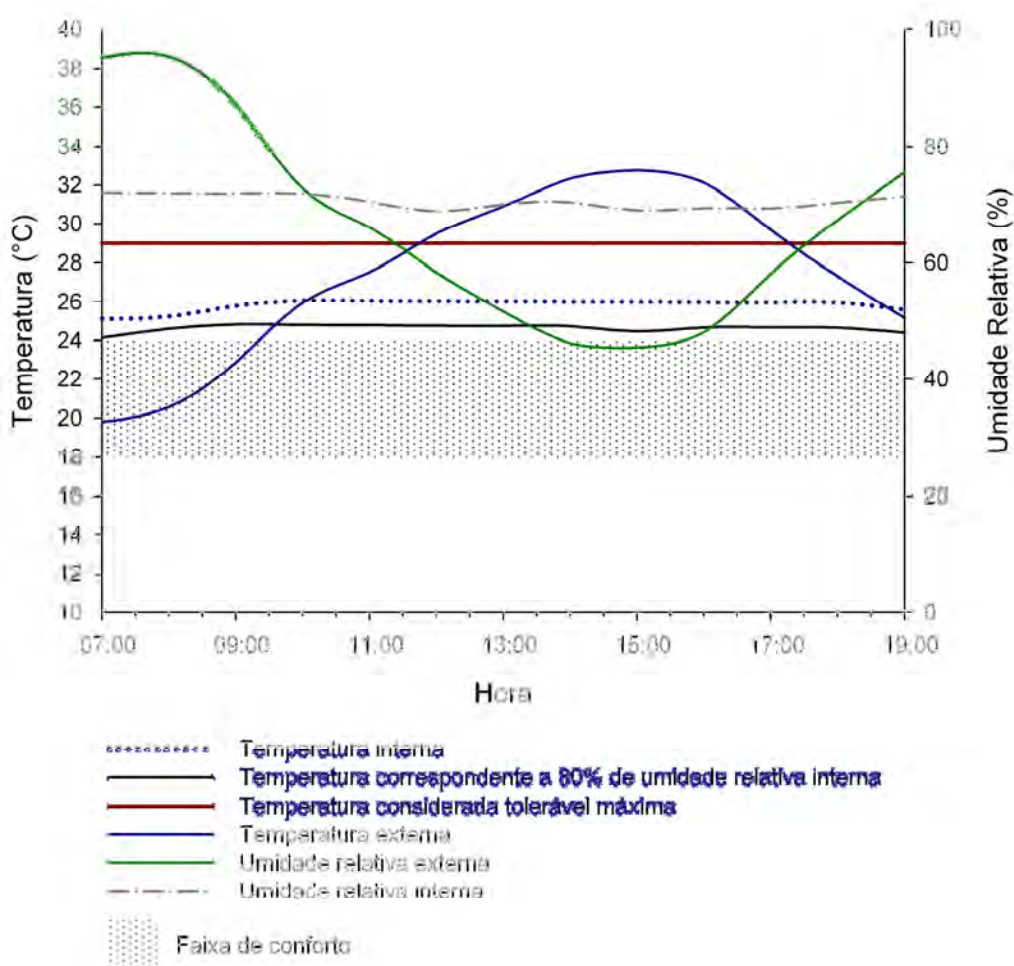


Figura 40. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade interna, no período de 21 a 42 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 2 (Itaberai – Goiás)

De acordo com a Figura 40, as temperaturas médias internas estiveram acima da faixa de conforto das aves durante todo o dia, em 100% do tempo, com média de aproximadamente 26°C. Observa-se ainda nesta figura que, melhorando a eficiência do sistema de resfriamento evaporativo, a temperatura interna do ar mudaria para em média 25°C. Nas horas mais quentes do dia, entre 12:00 e 17:00h, correspondendo a 36% do tempo, constatou-se a importância do emprego das técnicas de arrefecimento, quando as temperaturas médias externas atingiram até 33°C. Desta forma, pode-se inferir que, nas horas de maior radiação solar, o sistema de resfriamento evaporativo e a pintura sobre a cobertura, foram importantes na diminuição das temperaturas internas.

A Figura 41 representa a eficiência relativa do GALPÃO 2. No período considerado, a temperatura média externa foi de 24,4°C.

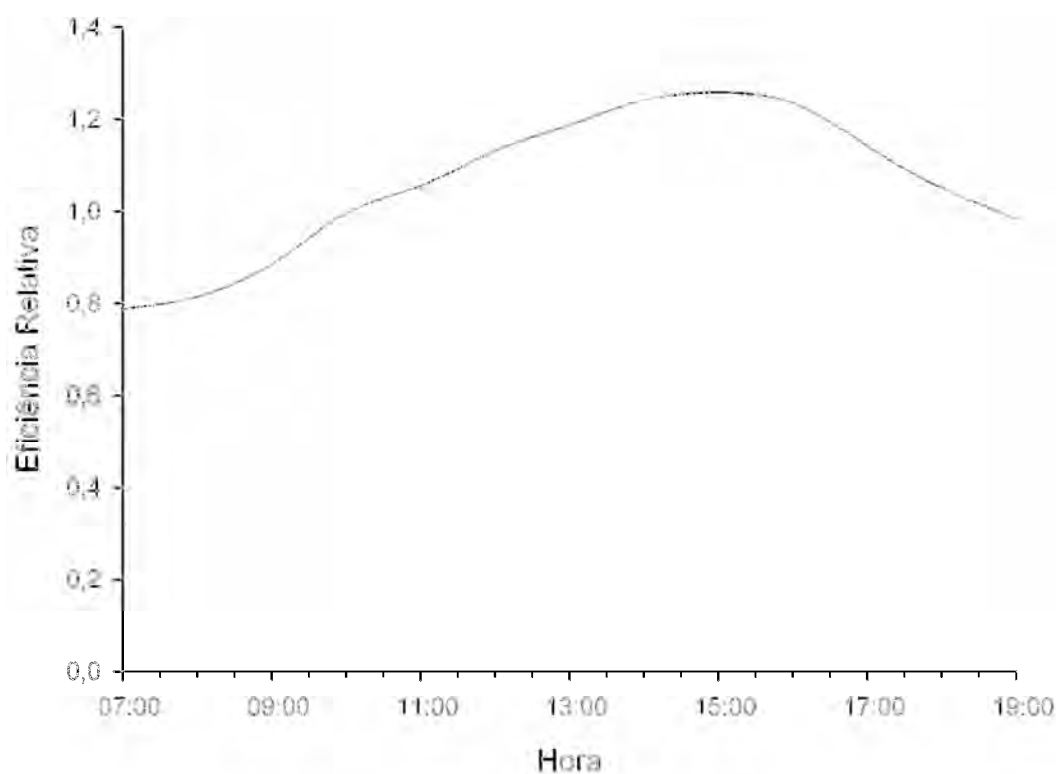


Figura 41. Eficiência relativa: GALPÃO 2 (Itaberaí – Goiás)

De acordo com a Figura 41, a eficiência relativa do galpão durante as horas mais quentes do dia, entre 13:00 e 17:00h, apresentou valor médio de 1,21. Em apenas 30% do tempo, a eficiência relativa foi inferior a 1,00. Quanto maior estes valores melhor capacidade do galpão em isolar o calor externo, inferindo que o galpão avaliado apresentou ótima eficiência relativa no período considerado.

Concluindo, embora o comportamento dos galpões tenha sido caracterizado como ótimo, vale ressaltar que as condições térmicas ambientais internas ainda se apresentaram desconfortáveis para as aves, fora da faixa de temperatura de conforto em grande parte do tempo e que a melhoria da eficiência de sistema de resfriamento evaporativo ainda traria vantagens.

No período do dia em que a umidade relativa externa esteve mais baixa, o sistema de resfriamento evaporativo do galpão foi capaz de possibilitar que a temperatura interna fosse menor que a externa. Temperaturas médias externas, entre 07:00 e 10:00h, ficaram dentro da faixa de temperatura de conforto para aves em 23% do tempo, com valores entre 19 e 24°C. No intervalo de tempo mencionado, com valores médios de dados externos de temperatura com até 7°C menor que dados internos, o sistema de acondicionamento térmico poderia ser desligado e as cortinas abertas, proporcionando ampla ventilação, com conseqüente redução no consumo de energia elétrica.

Mesmo considerando que o galpão apresentou valor relativamente alto de eficiência, uma avaliação da estrutura de fechamento e com relação a possíveis infiltrações de ar e da qualidade e manutenção do material de cobertura poderia trazer benefícios adicionais, uma vez que observou-se desgastes com o tempo. De acordo com Sarmiento et al. (2005), quanto mais reflexivas, na face superior, e novas as telhas de amianto, maior a redução da temperatura da própria telha, reduzindo a carga térmica transmitida ao interior da edificação.

Observou-se também, em condições de campo, a presença de bicos nebulizadores defeituosos, o que pode ter contribuído para os relativamente baixos valores observados de umidade relativa interna. Fatos como este é ressaltado por Damasceno (2008), que enfatiza a necessidade da manutenção dos equipamentos dos sistemas de resfriamento evaporativo.

4.2 Sistemas produtivos da Região Sudeste

4.2.1 Pressão positiva em condições de inverno e telhas de amianto

O experimento foi conduzido em propriedade avícola comercial, no Município de Barbacena, Minas Gerais, localizado na latitude 21°13' S e longitude

43°46' O a uma altitude de 1164 m. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é Cwb (tropical de altitude) com médias térmicas entre 15 e 21°C e umidades relativas médias entre 75 e 85%.

A fase experimental foi realizada durante o mês de agosto e setembro de 2005, em condições de inverno, com frangos de corte da linhagem *Cobb*, criados em densidade de 18 aves/m², e compreendeu o período de 18 a 40 dias de vida das aves, durante a fase de pós-aquecimento de um ciclo produtivo.

Para medição da temperatura e da umidade relativa do ar no ambiente interno foram utilizados *dataloggers* da marca HOB0[®], com resolução de 0,1°C e exatidão de ±0,5 °C para temperatura e resolução de 1% e exatidão de ± 1%, para umidade. O monitoramento das variáveis climáticas foi realizado diariamente, em intervalos de hora em hora. Os *dataloggers* foram instalados no interior de cada galpão, ao nível das aves, 0,25 m acima da cama.

4.2.1.1 Avaliação arquitetônica

A Tabela 16 apresenta as características arquitetônicas dos galpões em estudo, de forma simplificada.

Tabela 16. Características arquitetônicas dos galpões de pressão positiva em condições de inverno e telhas de amianto

Características construtivas	
Orientação	Leste-oeste
Dimensões (largura x comprimento)	8,0 x 60,0 m
Área	480,0 m ²
Pé-direito	2,9 m
Muretas laterais	0,2 m em alvenaria de blocos de concreto, pintados de branco
Cortinas	Polietileno, acionamento automático e fechamento de baixo para cima
Fechamento lateral	Tela de arame (malha de 2,5 cm)
Fechamento oitões	Alvenaria de blocos de concreto revestida com argamassa e pintadas de branco
Forro	Polietileno
Cobertura	Cimento amianto
Beiral	1,5 m
Inclinação	35%
Estrutura	Estrutura em madeira na cobertura apoiados em pilares de concreto
Observações	<p>Material de cortinas, forro em bom estado de conservação</p> <p>Material de cobertura em mal estado de conservação</p> <p>Presença de paisagismo circundante</p>

Foram avaliados dois galpões similares (Figura 42, 43 e 44), de um mesmo núcleo produtivo, posicionados lado a lado, distanciados entre si de 40,0 m.



Figura 42. Vista externa da cobertura e do entorno dos galpões de frangos de corte em Barbacena, Minas Gerais

Fonte: Santos (2008)



Figura 43. Vista externa da cortina do galpão de frangos de corte em Barbacena, Minas Gerais

Fonte: Santos (2008)



Figura 44. Vista externa cobertura e do paisagismo circundante do galpão de frangos de corte em Barbacena, Minas Gerais

Fonte: Santos (2008)

Observa-se que os galpões estavam localizados em terreno com presença de paisagismo circundante na face oeste e entre os galpões. A possibilidade de existência de árvores na face leste ou oeste de construções abertas é muito desejável para evitar a incidência da irradiância solar direta nas coberturas (TINÔCO, 2001).

Os galpões avaliados apresentaram tendência de atender as recomendações de acondicionamento térmico natural de acordo com o sugerido em

literatura, com exceção ao comprimento do galpão e à altura do pé-direito, porém, apresenta características arquitetônicas com o que é preconizado nesta região do Brasil.

4.2.1.2 Avaliação dos sistemas de condicionamento térmico artificial

A Tabela 17 apresenta as características dos sistemas de condicionamento térmico artificial dos galpões em estudo, de forma simplificada.

Tabela 17. Características dos sistemas de condicionamento térmico artificial dos galpões de pressão positiva em condições de inverno e telhas de amianto

Sistemas de ventilação	
Tipo	Ventilador – axial de três hélices
Número	14
Localização	Linhas no sentido do comprimento do galpão
Diâmetro	0,9 m
Vazão	300 m ³ /min
Sistemas de resfriamento	
Não há sistemas de resfriamento evaporativo	

Os aviários eram equipados com sistemas de ventilação por pressão positiva em modo túnel, composto por 14 ventiladores (Figura 45) localizados em duas linhas no sentido do comprimento do galpão e sem nenhum sistema de resfriamento evaporativo.



Figura 45. Vista interna do sistema de ventilação do galpão de frangos de corte em Barbacena, Minas Gerais

Fonte: Santos (2008)

De acordo com cálculos preliminares, o número de ventiladores está abaixo do recomendado, porém, corretamente posicionados.

Relativo aos ventiladores, considerando a velocidade do ar de 2,5 m/s e as dimensões do galpão, um volume de ar igual a 3.480,0 m³ deve ser removido do galpão por minuto. Desta forma, para exaustores de 300 m³/min, seriam necessários aproximadamente 11. Os galpões em estudo possuíam 14 ventiladores.

4.2.1.3 Avaliação das condições térmicas ambientais internas dos sistemas de acondicionamento térmico artificial

A avaliação do ambiente térmico no interior dos galpões, considerou os dados horários de temperatura e umidade relativa do ar interno, ao nível das aves, das 07:00 às 19:00h, dos 18 aos 40 dias de vida das aves, para os 2 galpões avaliados.

O comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno do GALPÃO 1 em função da temperatura e hora do dia, é representado, na forma de superfície contínua e em traçados de curvas, na Figura 46

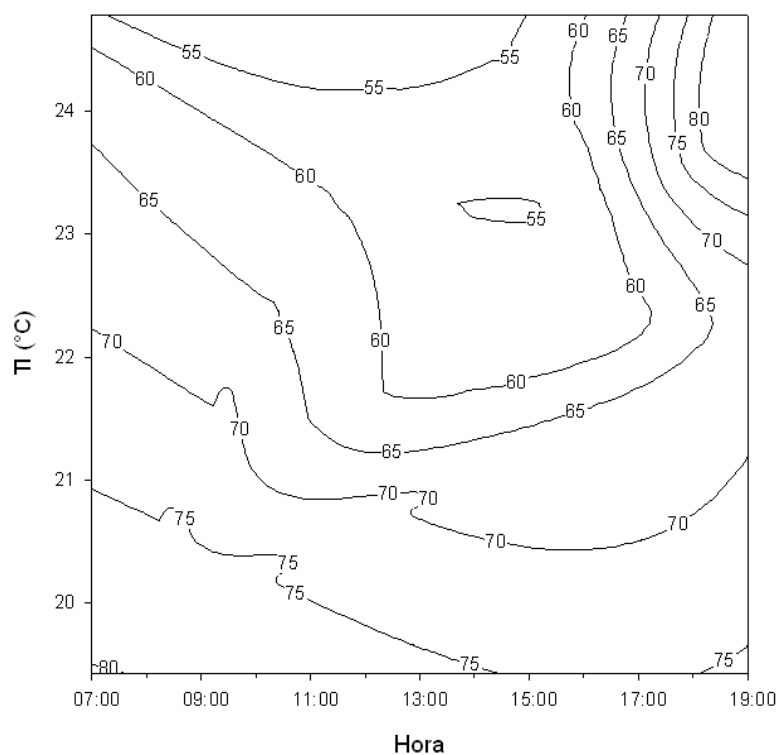
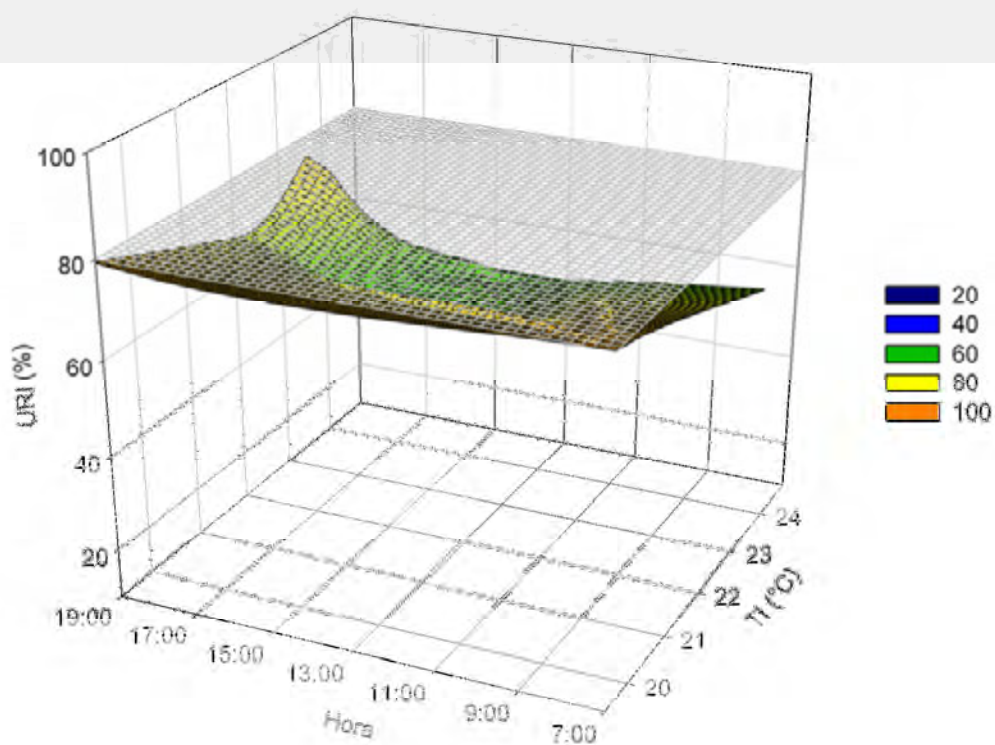


Figura 46. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 18 a 40 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de inverno e telhas de amianto: GALPÃO 1 (Barbacena – Minas Gerais)

De acordo com a Figura 46, pode-se observar que a umidade relativa interna esteve, em cerca de 92% do tempo, abaixo de 80%, entre 55 e 75%. Umidades superiores a 80% foram observadas apenas para temperaturas internas próximas a 23°C, depois das 18:00h. De forma geral, caso houvesse um sistema de resfriamento evaporativo, este apresentaria possibilidade de potencialidade, proporcional à diferença de umidade relativa entre o valor atual e 80%.

Considerando que o sistema de resfriamento evaporativo poderia melhorar de eficiência, foi estimado através das propriedades psicrométricas do ar, as temperaturas horárias internas do ar associadas à umidade relativa de 80%, com o objetivo de determinar o quanto estas temperaturas poderiam reduzir com a umidificação do ambiente para o GALPÃO 1, conforme Figura 47. Para a discussão seqüencial, foi representada na referida figura a faixa de temperatura entre 18 e 24°C, considerada de conforto térmico para as aves, assim como a linha corresponde à temperatura de 29°C, considerada de tolerância máxima.

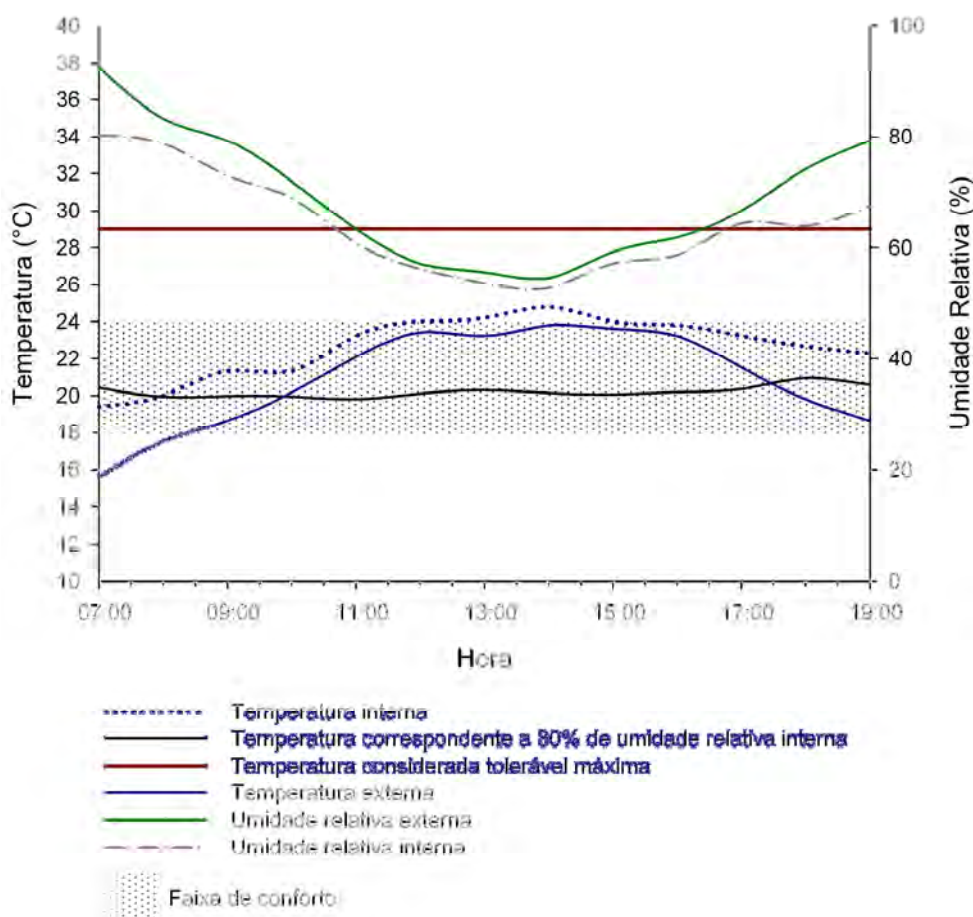


Figura 47. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, umidade relativa interna e externa, no período de 18 a 40 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerável máxima: GALPÃO 1 (Barbacena – Minas Gerais)

De acordo com a Figura 47, as temperaturas médias internas estiveram acima da faixa de conforto das aves em apenas 8% do dia, com valores médios de 25°C e tendo ficado 100% do tempo abaixo da faixa de temperatura máxima tolerável. Observa-se ainda nesta figura que a adição do sistema de resfriamento evaporativo, poderia diminuir em média 3°C a temperatura do ar interna, possibilitando valores médios de temperaturas internas em torno de 20°C

Os baixos valores de temperatura e umidade relativa interna foram em grande parte função das condições externas. As temperaturas médias externas, nas horas mais quentes do dia, entre 12:00 e 15:00h, apresentaram valores médios de 23°C, enquanto que os de umidades externas apresentaram valores médios de 55%.

Para avaliar o comportamento térmico do galpão foi considerada a relação entre a temperatura externa e a temperatura interna, que será denominada eficiência relativa. Este parâmetro, em condições de inverno, para temperaturas médias externas abaixo dos 18°C, quanto menor o valor obtido, maior será a eficiência do galpão em atenuar a temperatura externa em relação à temperatura interna.

A Figura 48 representa a eficiência relativa do GALPÃO 1. No período considerado, a temperatura média externa foi de 21°C.

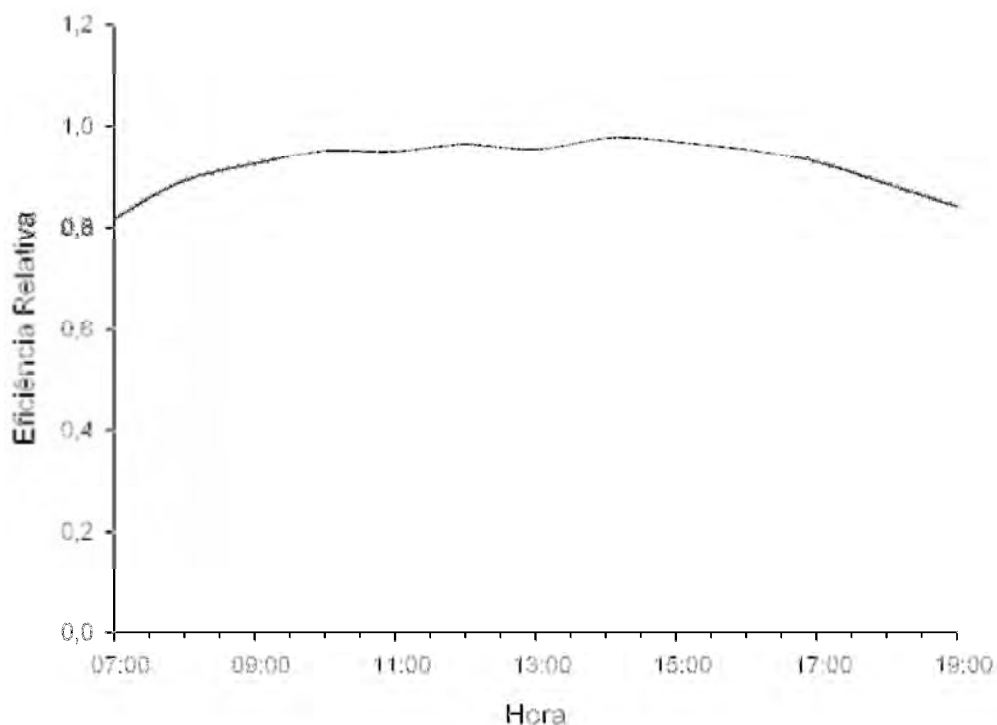
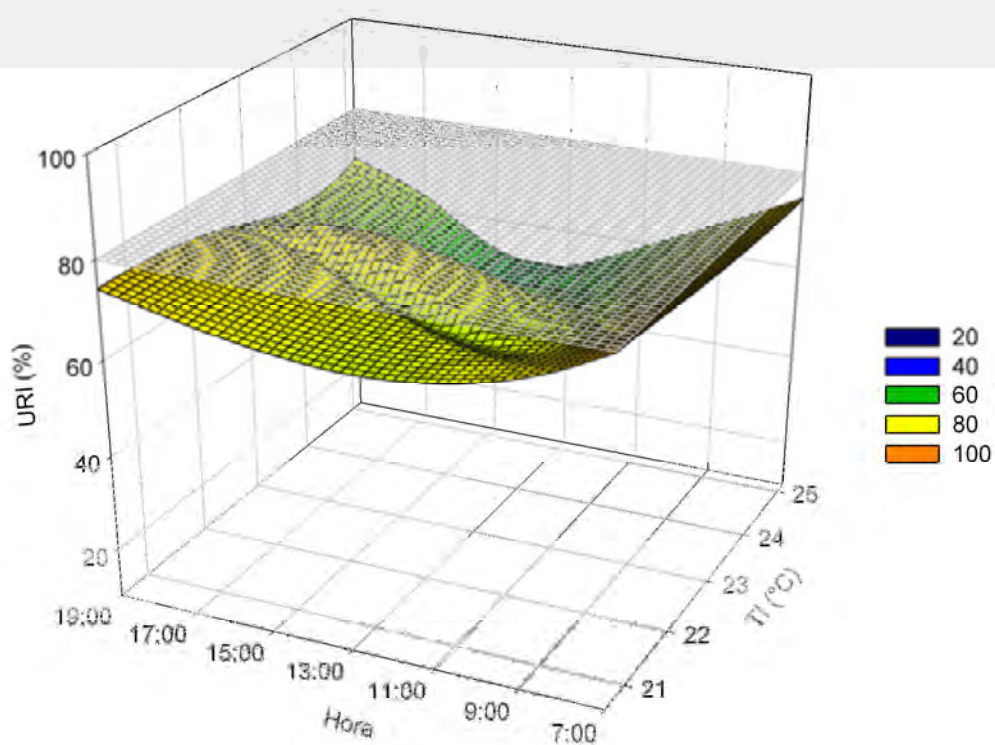


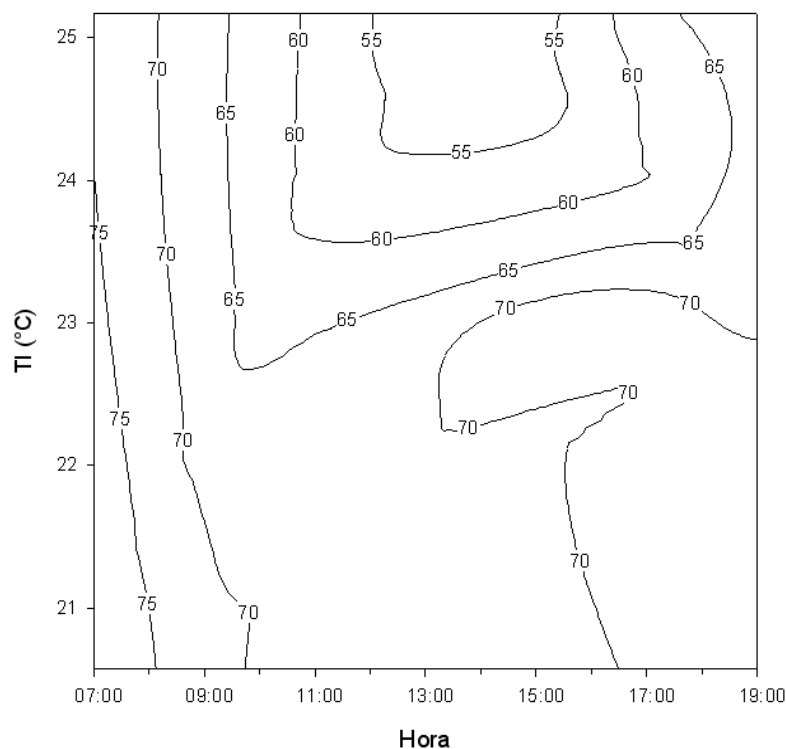
Figura 48. Eficiência relativa: GALPÃO 1 (Barbacena – Minas Gerais)

De acordo com o critério de eficiência estabelecido, as condições climáticas experimentais não corresponderam nem a verão e nem a inverno. E, como se observa na Figura 48, a eficiência relativa do galpão em grande parte do dia esteve entre 0,90 e 0,98. Em condições de verão, quanto maior estes valores, com relação à unidade, melhor desempenho, ao passo que em condições de inverno, quanto menor estes valores melhor capacidade do galpão em isolar as baixas temperaturas externas. Desta forma, pode-se inferir que o galpão avaliado apresentou uma eficiência relativa razoável no período considerado.

O comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno do GALPÃO 2 em função da temperatura do ar é representado na Figura 49 (a) e (b).



(a)



(b)

Figura 49. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 18 a 40 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de inverno e telhas de amianto: GALPÃO 2 (Barbacena – Minas Gerais)

Segundo a Figura 49, pode-se observar que a umidade relativa interna esteve, durante todo o dia, abaixo de 80%, entre 55 e 75%. De forma geral, caso houvesse um sistema de resfriamento evaporativo, este apresentaria possibilidade de potencialidade, proporcional à diferença de umidade relativa entre o valor atual e 80%.

Considerando a possibilidade de instalação de um sistema de resfriamento evaporativo, foi estimado através das propriedades psicrométricas do ar, as temperaturas horárias internas do ar associadas à umidade relativa de 80%, com o objetivo de determinar o quanto estas temperaturas poderiam reduzir com a umidificação do ambiente para o GALPÃO 2, conforme Figura 50.

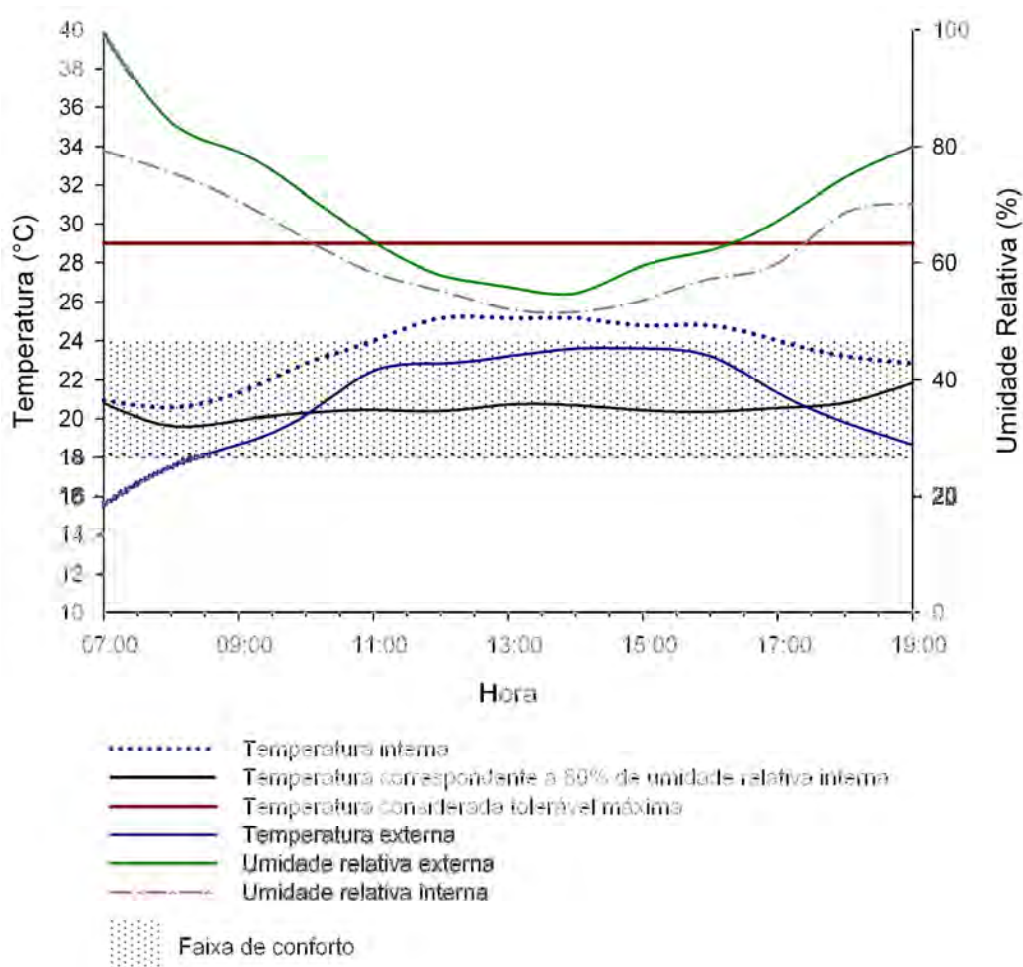


Figura 50. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, umidade relativa interna e externa, no período de 18 a 40 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerável máxima: GALPÃO 2 (Barbacena – Minas Gerais)

De acordo com a Figura 50, as temperaturas médias internas estiveram acima da faixa de conforto das aves apenas em 23% do dia, atingindo valores de até 25°C e tendo ficado abaixo da faixa de temperatura máxima tolerável, em 100% do tempo.

Da mesma forma que para o galpão anterior, os baixos valores de temperatura e umidade relativa interna foram em grande parte consequência das condições externas. As temperaturas médias externas, nas horas mais quentes do dia, entre 12:00 e 15:00h, apresentaram valores médios de 23°C. Os valores de umidades externas, apresentaram valores médios de 55%. Observa-se ainda nesta figura que a adição do sistema de resfriamento evaporativo, nas horas mais quentes do dia e com baixas umidades, poderia diminuir em média 4°C a temperatura do ar interna, possibilitando valores médios de temperaturas internas em torno de 21°C

A Figura 51 representa a eficiência relativa do GALPÃO 2. No período considerado, a temperatura média externa foi de 21°C.

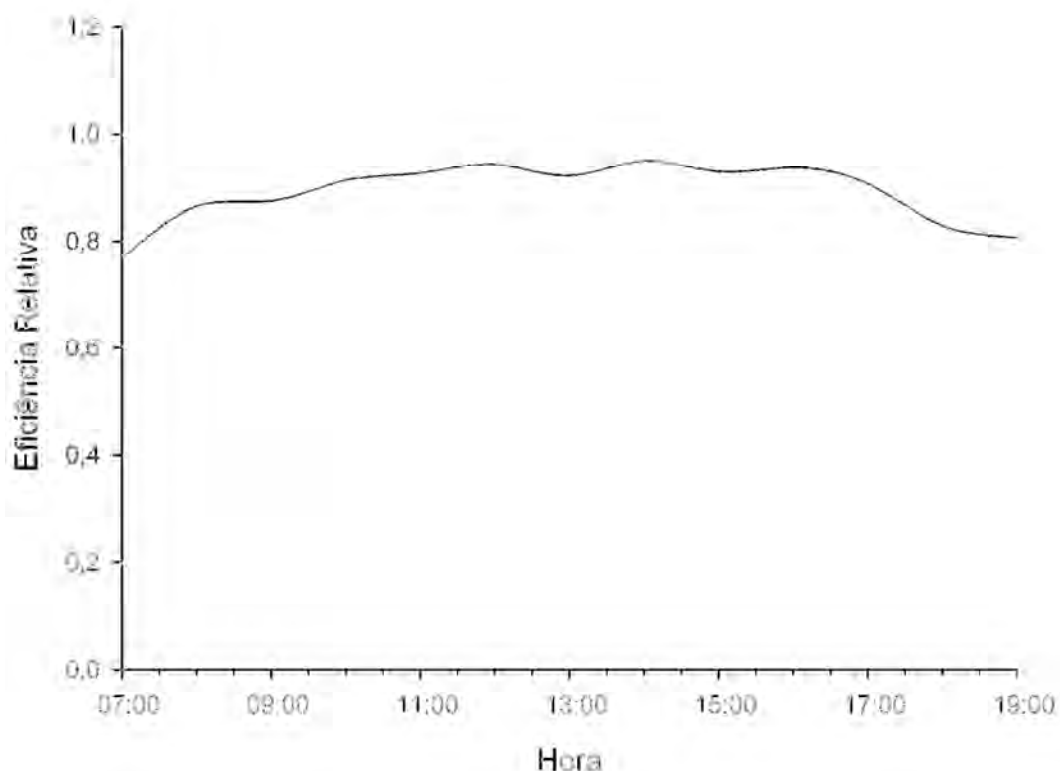


Figura 51. Eficiência relativa: GALPÃO 2 (Barbacena – Minas Gerais)

Da mesma forma que para o galpão anterior, de acordo com o critério de eficiência estabelecido, as condições climáticas experimentais não corresponderam nem a verão e nem a inverno. E, como se observa na Figura 51, a eficiência relativa do galpão em grande parte do dia esteve em torno de 0,90. Em condições de verão, quanto maior estes valores, com relação à unidade, melhor desempenho, ao passo que em condições de inverno, quanto menor estes valores melhor capacidade do galpão em isolar as baixas temperaturas externas. Desta forma, pode-se inferir que o galpão avaliado apresentou uma eficiência relativa razoável no período considerado.

Concluindo, o comportamento dos galpões apresentaram eficiência relativa razoável, em atenuar os efeitos das condições externas com relação às internas. Vale ressaltar que as condições térmicas ambientais internas se apresentaram confortáveis para as aves e que a adição de um sistemas de resfriamento evaporativo, em tese, poderia diminuir as temperaturas internas, embora este sistema possa não ser viável economicamente, uma vez que as temperaturas internas estiveram dentro da faixa de conforto em grande parte do tempo.

Considerando que a eficiência relativa do galpão foi razoável, merece atenção, para possível melhoria nas horas mais frias do dia, uma avaliação da estrutura de fechamento, como cortinas e forros, assim como da possibilidade de infiltrações de ar.

De forma geral, nos galpões avaliados, as temperaturas internas estiveram dentro e ligeiramente acima da faixa de conforto para as aves, enquanto que as temperaturas médias externas estiveram, durante todo o período avaliado, abaixo das temperaturas médias internas, em torno de 2°C. Isto pode ser devido ao desempenho razoável dos galpões e ao incremento calórico natural do ambiente em razão da dissipação de calor pelos animais.

4.2.2 Pressão positiva em condições de inverno e telhas cerâmicas

O experimento foi conduzido em propriedade avícola comercial, no Município de Canaã, Minas Gerais, localizado na latitude 20 41'S e longitude 42°37'O, a uma altitude de 718 m. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é Cwa (tropical de altitude) com médias térmicas entre 15 e 26°C e umidades relativas médias entre 76 e 84%.

A fase experimental foi realizada durante os meses de agosto e setembro de 2007, em condições de inverno, com frangos de corte da linhagem *Avian*, criados em densidade de 11 aves/m², e compreendeu o período de 15 a 35 dias de vida das aves, durante a fase de pós-aquecimento de um ciclo produtivo.

Para medição da temperatura e da umidade relativa do ar no ambiente interno foram utilizados *dataloggers* da marca HOB0[®], com resolução de 0,1°C e exatidão de ±0,5°C para temperatura e resolução de 1% e exatidão de ±1% para umidade. O monitoramento das variáveis climáticas foi realizado diariamente, em intervalos de hora em hora. Os *dataloggers* foram instalados no interior de cada galpão, ao nível das aves, 0,25 m acima da cama.

4.2.2.1 Avaliação arquitetônica

A Tabela 18 apresenta as características arquitetônicas dos galpões em estudo, de forma simplificada.

Tabela 18. Características arquitetônicas dos galpões de pressão positiva em condições de inverno e telhas cerâmicas

Características construtivas (continua)	
Orientação	Leste-oeste
Dimensões (largura x comprimento)	14,0 x 55,0 m
Área	770,0 m ²
Pé-direito	2,9 m
Muretas laterais	0,3 m em alvenaria de blocos de concreto
Cortinas	Polietileno, acionamento automático e fechamento de baixo para cima
Fechamento lateral	Tela de arame (malha de 3,5 cm)
Fechamento oitões	Madeira e cortinas de polietileno
Forro	Polietileno
Cobertura	Telhas cerâmicas
Características construtivas (continuação)	
Beiral	0,65 m
Inclinação	40%
Estrutura	Madeira na cobertura apoiados em pilares de concreto
Observações	Materiais de cortinas, forro e cobertura se encontram em bom estado de conservação

Foram avaliados dois galpões similares, de um mesmo núcleo, posicionados lado a lado, afastados entre si a 42,0 m (Figura 52, 53 e 54).



Figura 52. Vista externa lateral das cortinas e cobertura dos galpões de aves de corte em Canaã, Minas Gerais

Fonte: Menegali (2009)



Figura 53. Vista externa lateral das cortinas e oitão dos galpões de aves de corte em Canaã, Minas Gerais

Fonte: Menegali (2009)



Figura 54. Vista interna do galpão de aves de corte em Canaã, Minas Gerais

Fonte: Menegali (2009)

Os galpões avaliados apresentaram tendência de atender às recomendações relativas ao acondicionamento térmico natural de acordo com o

sugerido em literatura e apresentam características arquitetônicas com o que é preconizado nesta região do Brasil.

4.2.2.2 Avaliação dos sistemas de condicionamento térmico artificial

A Tabela 19 apresenta as características dos sistemas de condicionamento térmico artificial dos galpões em estudo, de forma simplificada.

Tabela 19. Características dos sistemas de condicionamento térmico artificial dos galpões de pressão positiva em condições de inverno e telhas cerâmicas

Sistemas de ventilação	
Tipo	Ventilador – axial de três hélices
Número	14
Localização	Em 2 linhas no sentido do comprimento do galpão
Diâmetro	0,9 m
Vazão	300 m ³ /min
Sistemas de resfriamento	
Não há sistemas de resfriamento evaporativo	

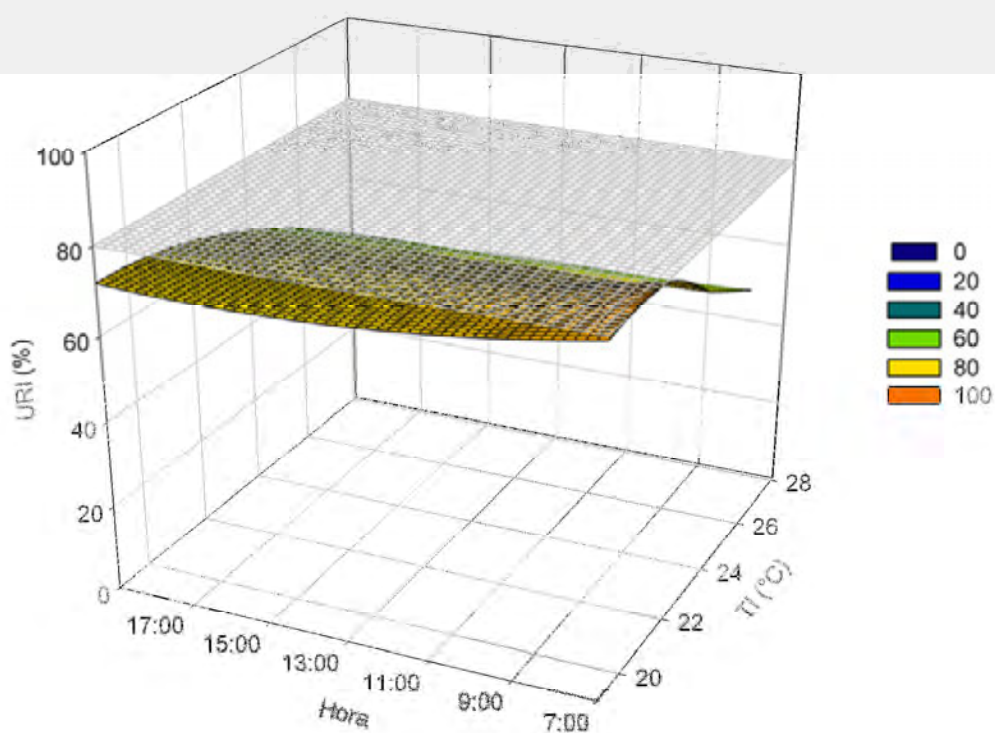
Os aviários eram equipados com sistemas de ventilação por pressão positiva em modo túnel, composto por 14 ventiladores posicionados em duas linhas no sentido do comprimento do galpão e sem nenhum sistemas de resfriamento evaporativo.

Embora corretamente posicionados, de acordo com cálculos preliminares, o número de ventiladores estavam abaixo do recomendado. Neste sentido, considerando a velocidade do ar de 2,5 m/s e as dimensões do galpão, um volume de ar igual a 6.090,0 m³ deve ser removido do galpão por minuto. Desta forma, para exaustores de 300 m³/min, seriam necessários aproximadamente 20. Os galpões em estudo possuíam 14 ventiladores.

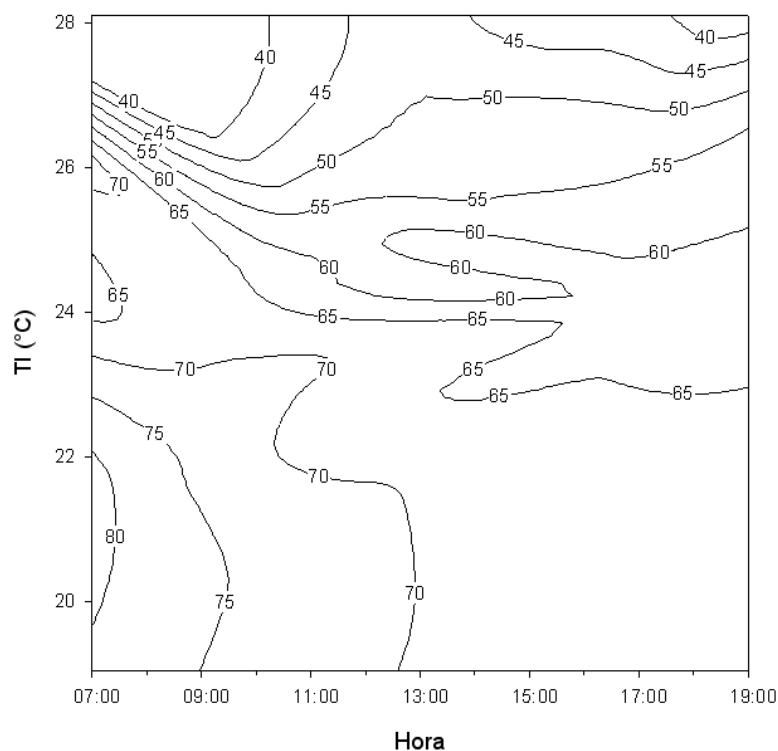
4.2.2.3 Avaliação das condições térmicas ambientais internas dos sistemas de acondicionamento térmico artificial

A avaliação do ambiente térmico no interior dos galpões, considerou os dados horários de temperatura e umidade relativa do ar interno, ao nível das aves, das 07:00 às 19:00h, dos 15 aos 35 dias de vida das aves, para os 2 galpões avaliados.

O comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno do GALPÃO 1 em função da temperatura e hora do dia, é representado, na forma de superfície contínua e em traçados de curvas, na Figura 55 (a) e (b).



(a)



(b)

Figura 55. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 15 a 35 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de inverno e telhas cerâmicas: GALPÃO 1 (Canaã – Minas Gerais)

De acordo com a Figura 55, pode-se observar que a umidade relativa interna esteve, em cerca de 92% do tempo, abaixo de 80%, entre 40 e 75%. Umidades superiores a 80% foram observadas apenas para temperaturas internas médias de 20°C, próximo das 07:00h. De forma geral, caso houvesse um sistema de resfriamento evaporativo, este apresentaria possibilidade de potencialidade, proporcional à diferença de umidade relativa entre o valor atual e 80%.

Considerando a implantação do sistema de resfriamento evaporativo, foi estimado através das propriedades psicrométricas do ar, as temperaturas horárias internas do ar associadas à umidade relativa de 80%, com o objetivo de determinar o quanto estas temperaturas poderiam ser reduzidas com a umidificação do ambiente para o GALPÃO 1, conforme Figura 56. Para a discussão seqüencial, foi representada na referida figura a faixa de temperatura entre 18 e 24°C, considerada de conforto térmico para as aves, assim como a linha corresponde à temperatura de 29°C, considerada de tolerância máxima.

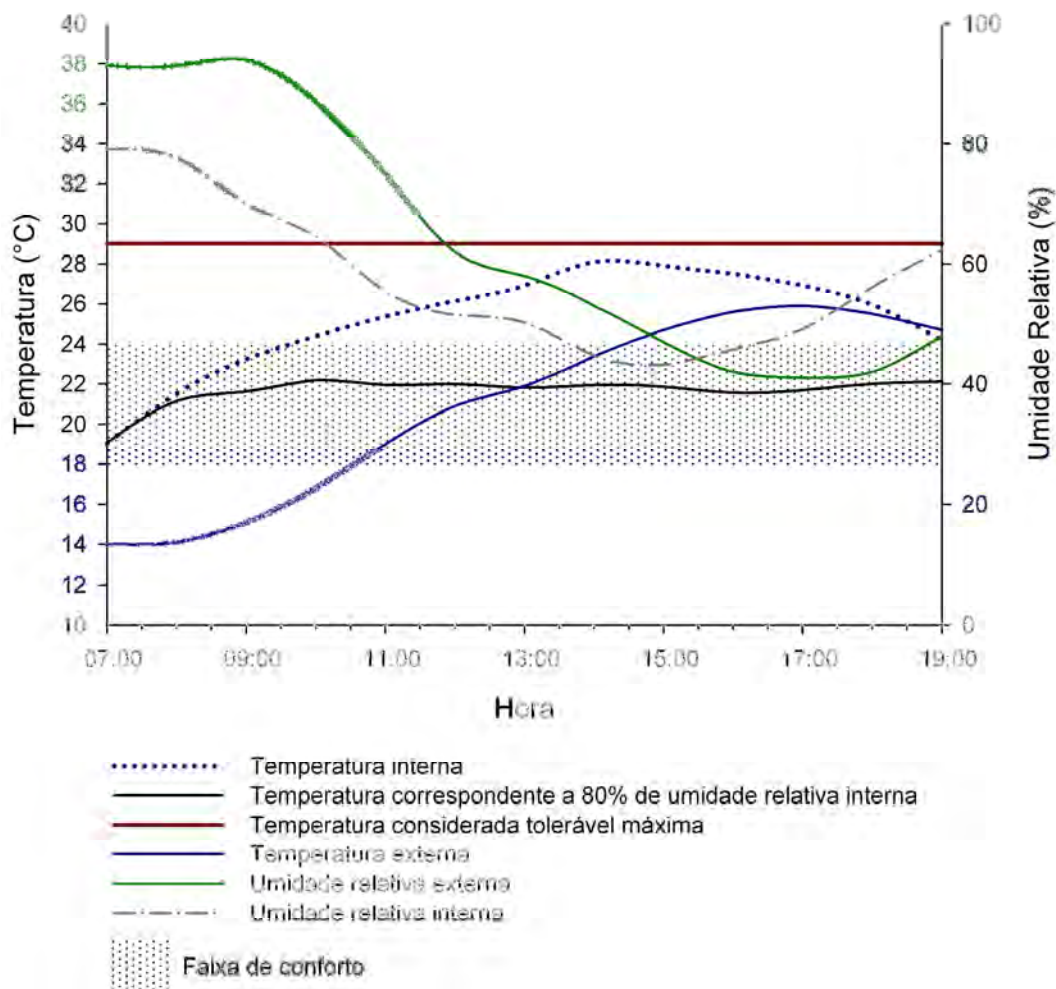


Figura 56. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade interna, umidade relativa interna e externa, no período de 15 a 35 dias de vida das aves, em função da faixa de temperatura de conforto e temperatura tolerável máxima: GALPÃO 1 (Canaã – Minas Gerais)

De acordo com a Figura 56, as temperaturas médias internas estiveram acima da faixa de conforto das aves em 77% do dia, com valores médios de 27°C e tendo ficado abaixo da faixa de temperatura máxima tolerável, em 100% do tempo. Observa-se, nesta figura, que a adição do sistema de resfriamento evaporativo poderia diminuir, em média, 4°C a temperatura do ar interna, possibilitando valores médios de cerca de 22°C, ficando dentro da região de conforto para as aves em 100% do tempo.

As condições térmicas ambientais internas registradas, caracterizadas por baixos valores de temperatura e umidade relativa são em grande parte função das condições externas. As temperaturas médias externas, nas horas mais quentes do dia, entre 13:00 e 19:00h, apresentaram valores médios de 25°C. Os valores de umidades externas, apresentaram valores médios de 47%.

Para avaliar o comportamento térmico do galpão foi considerada a relação entre a temperatura externa e a temperatura interna, que será denominada eficiência relativa. Para este parâmetro, em condições de inverno, para temperaturas médias externas abaixo dos 18°C, quanto menor o valor obtido, maior será a eficiência do galpão em atenuar a temperatura externa em relação à temperatura interna, enquanto que, em condições de verão, para temperaturas médias externas acima de 24°C, quanto maior o valor obtido, com relação à unidade, maior será a eficiência do galpão.

A Figura 57 representa a eficiência relativa do GALPÃO 1. No período considerado, a temperatura média externa foi de 21°C.

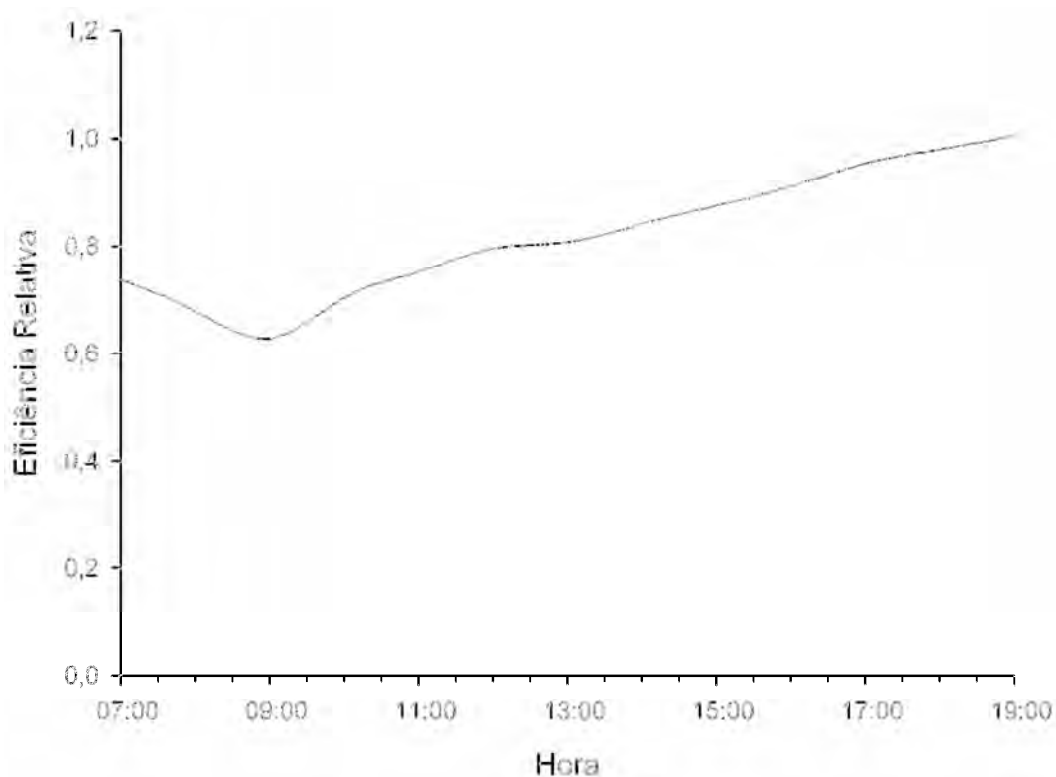


Figura 57. Eficiência relativa: GALPÃO 1 (Canaã – Minas Gerais)

De acordo com a Figura 57, a eficiência relativa do galpão durante as horas mais frias do dia, entre 07:00 e 10:00h, apresentou valor médio de 0,69. Em 46% do tempo, a eficiência relativa foi inferior a 0,80. Quanto menor estes valores melhor capacidade do galpão em isolar as baixas temperaturas externas, inferindo que o galpão avaliado apresentou uma ótima eficiência relativa no período considerado.

O comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno do GALPÃO 2 em função da temperatura do ar é representado na Figura 58.

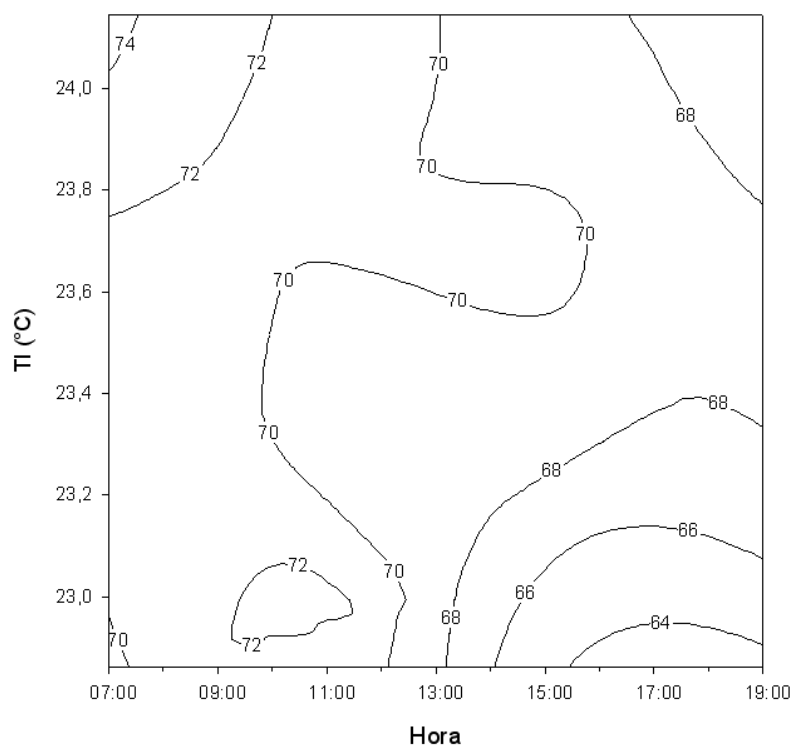
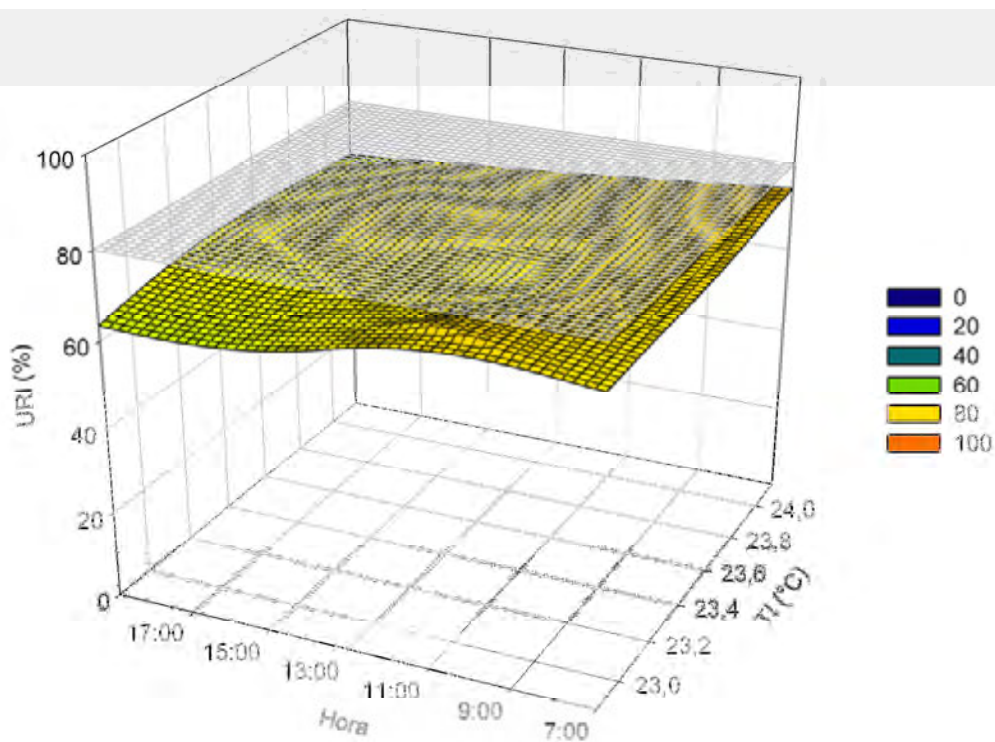


Figura 58. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 15 a 35 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de inverno e telhas cerâmicas: GALPÃO 2 (Canaã – Minas Gerais)

De acordo com a Figura 58, pode-se observar que a umidade relativa interna esteve, durante todo o dia, abaixo de 80%, entre 64 e 74%. De forma geral, caso houvesse um sistema de resfriamento evaporativo, este apresentaria possibilidade de potencialidade, proporcional à diferença de umidade relativa entre o valor atual e 80%.

Considerando a implantação do sistema de resfriamento evaporativo, foi estimado através das propriedades psicrométricas do ar, as temperaturas horárias internas do ar associadas à umidade relativa de 80%, com o objetivo de determinar o quanto estas temperaturas poderiam reduzir com a umidificação do ambiente para o GALPÃO 2, conforme Figura 59.

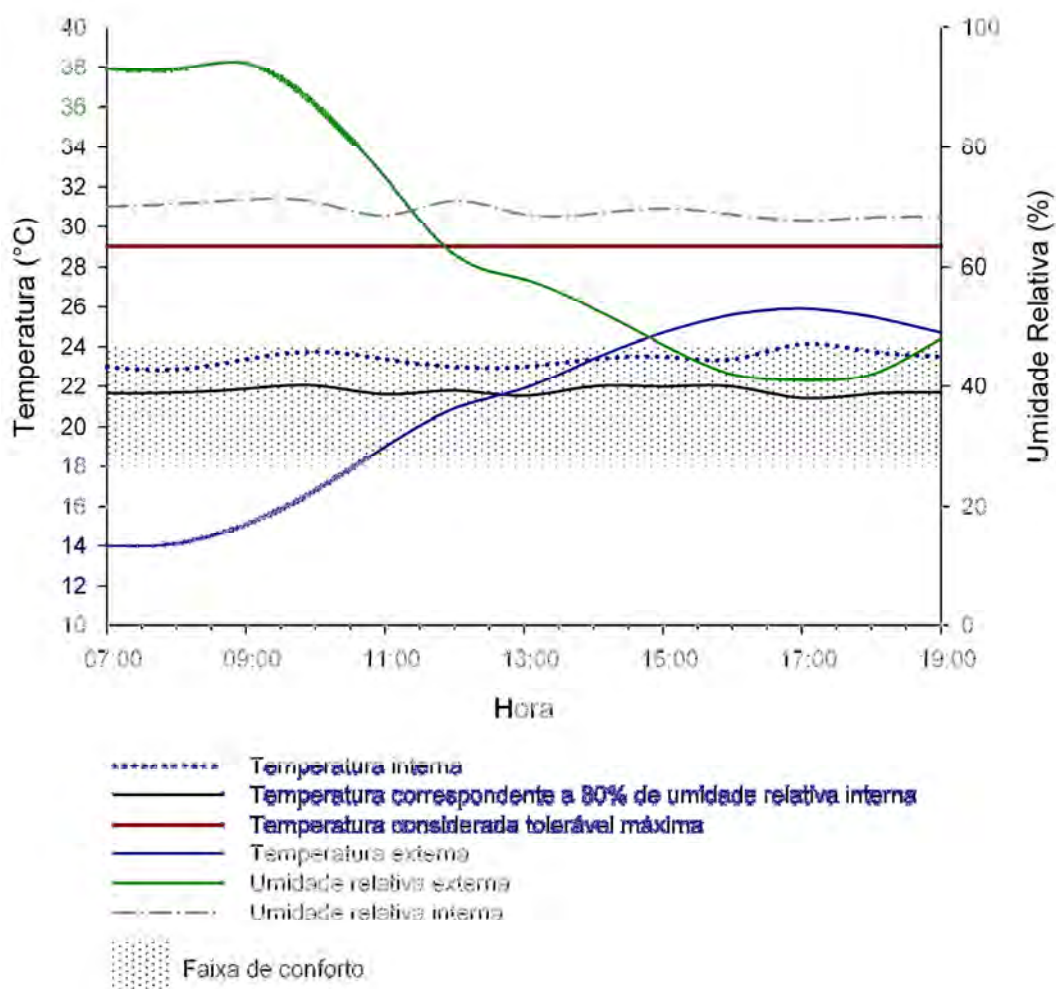


Figura 59. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade interna, umidade relativa interna e externa, no período de 15 a 35 dias de vida das aves, em função da faixa de temperatura de conforto e temperatura tolerável máxima: GALPÃO 2 (Canaã – Minas Gerais)

De acordo com a Figura 59, as temperaturas médias internas estiveram dentro da faixa de conforto das aves durante todo o dia, com valores médios de 23°C e, conseqüentemente, abaixo da faixa de temperatura máxima tolerável, em 100% do tempo. Observa-se ainda nesta figura que a adição do sistema de resfriamento evaporativo poderia diminuir, em média, 1°C a temperatura do ar interna, possibilitando valores médios de temperaturas internas em torno de 22°C. Contudo, o emprego deste sistema pode não ser viável economicamente.

Os baixos valores de temperatura e umidade relativa interna foram grandemente influenciados pelas condições externas. As temperaturas médias externas, nas horas mais quentes do dia, entre 13:00 e 19:00h, estiveram com valores médios de 25°C. Os valores de umidades externas, apresentaram valores médios de 47%.

A Figura 60 representa a eficiência relativa do GALPÃO 2. No período considerado, a temperatura média externa foi de 21°C.

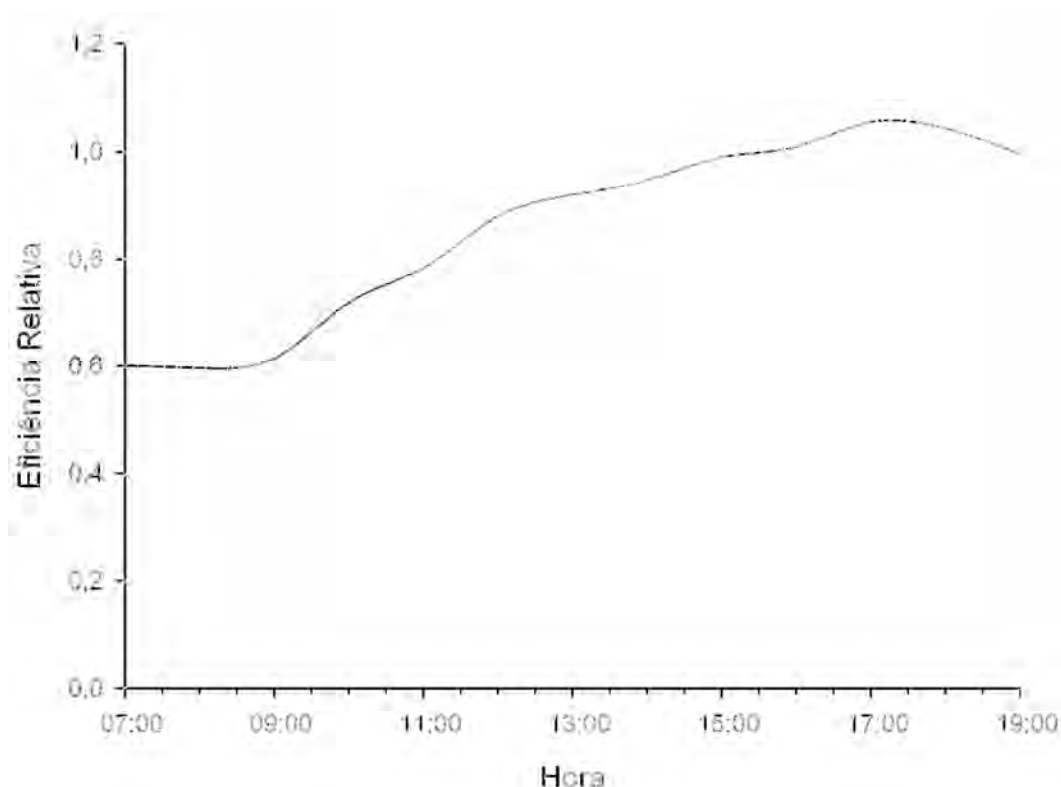


Figura 60. Eficiência relativa: GALPÃO 2 (Canaã – Minas Gerais)

De acordo com a Figura 60, a eficiência relativa do galpão durante as horas mais frias do dia, entre 07:00 e 10:00h, apresentou valor médio de 0,61. Em 38% do tempo, a eficiência relativa foi inferior a 0,80. Quanto menor estes valores melhor capacidade do galpão em isolar as baixas temperaturas externas, desta

forma, pode-se inferir que o galpão avaliado apresentou uma ótima eficiência relativa no período considerado.

Concluindo, o comportamento dos galpões apresentaram eficiência relativa ótima, em isolar as baixas temperaturas externas nas horas mais frias do dia.

As condições térmicas ambientais internas se apresentaram desfavoráveis para as aves no GALPÃO 1 nas horas mais quentes do dia. A adição de um sistemas de resfriamento evaporativo, em tese, poderia diminuir as temperaturas internas em média 4°C, onde apresentou temperaturas médias internas fora da faixa de conforto.

Vale ressaltar que as condições térmicas ambientais internas no GALPÃO 2 se apresentaram confortáveis para as aves. As temperaturas internas estiveram dentro da faixa de conforto durante todo o dia, enquanto que no período mais quente do dia as temperaturas médias externas estiveram acima das temperaturas médias internas, mostrando a importância da envoltória do galpão em atenuar as condições adversas externas com relação às internas.

4.2.3 Pressão positiva em condições de verão e telhas de amianto

O experimento foi conduzido em propriedade avícola comercial, no Município de Barbacena, Minas Gerais, localizado na latitude 21°13'S e longitude 43°46'O a uma altitude de 1164 m. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é Cwb (tropical de altitude) com médias térmicas entre 15°C e 21°C e umidades relativas médias entre 75 e 85%.

A fase experimental foi realizada durante o mês de março de 2005, em condições de verão, com frangos de corte da linhagem *Cobb*, criados em densidade de 17 aves/m², e compreendeu o período de 21 a 42 dias de vida das aves, durante a fase de pós-aquecimento de um ciclo produtivo.

Para medição da temperatura e da umidade relativa do ar no ambiente interno foram utilizados *dataloggers* da marca HOB0[®], com resolução de 0,1°C e exatidão ±0,5°C para temperatura e resolução de 1% e exatidão de ±1% para umidade. O monitoramento das variáveis climáticas foi realizado diariamente, em intervalos de hora em hora. Os *dataloggers* foram instalados no interior de cada galpão, ao nível das aves, 0,25 m acima da cama.

4.2.3.1 Avaliação arquitetônica

A Tabela 20 apresenta as características arquitetônicas dos galpões em estudo, de forma simplificada.

Tabela 20. Características arquitetônicas dos galpões de pressão positiva em condições de verão e telhas de amianto

Características construtivas	
Orientação	Leste-oeste
Dimensões (largura x comprimento)	8,0 x 60,0 m
Área	480,0 m ²
Pé-direito	2,9 m
Muretas laterais	0,20 m em alvenaria de blocos de concreto, pintados de branco
Cortinas	Polietileno, acionamento automático e fechamento de baixo para cima
Fechamento lateral	Tela de arame (malha de 2,5 cm)
Fechamento oitões	Alvenaria de blocos de concreto revestida com argamassa e pintadas de branco
Forro	Polietileno
Cobertura	Cimento amianto
Beiral	1,50 m
Inclinação	35%
Estrutura	Estrutura em madeira na cobertura apoiados em pilares de concreto espaçados a cada 2,66 m

Foram avaliados dois galpões similares, de um mesmo núcleo produtivo, posicionados lado a lado, distantes a 40,0 m entre si.

Os galpões avaliados apresentaram tendência de atender às recomendações relativas ao acondicionamento térmico natural, de acordo com o sugerido em literatura, e apresenta características arquitetônicas com o que é preconizado nesta região do Brasil.

4.2.3.2 Avaliação dos sistemas de condicionamento térmico artificial

A Tabela 21 apresenta as características dos sistemas de condicionamento térmico artificial dos galpões em estudo, de forma simplificada.

Tabela 21. Características dos sistemas de condicionamento térmico artificial dos galpões de pressão positiva em condições de verão e telhas de amianto

Sistemas de ventilação	
Tipo	Ventilador – axial de três hélices
Número	14
Localização	Em 2 linhas no sentido do comprimento do galpão
Diâmetro	0,9 m
Vazão	300 m ³ /min
Sistemas de resfriamento	
Não há sistemas de resfriamento evaporativo	

Os aviários eram equipados com sistemas de ventilação por pressão positiva em modo túnel, composto por 14 ventiladores (Figura 61) localizados em duas linhas no sentido do comprimento do galpão e sem nenhum sistema de resfriamento evaporativo.



Figura 61. Vista interna do sistema de ventilação do galpão de aves de corte em Barbacena, Minas Gerais

Fonte: Pereira (2006)

De acordo com cálculos preliminares, o número de ventiladores está abaixo do recomendado, porém, corretamente posicionados. Neste sentido, considerando a velocidade do ar de 2,5 m/s e as dimensões do galpão, um volume de ar igual a 3.480,0 m³ deve ser removido do galpão por minuto. Desta forma, para exaustores de 300 m³/min, seriam necessários aproximadamente 11. Os galpões em estudo possuíam 14 ventiladores.

4.2.3.3 Avaliação das condições térmicas ambientais internas dos sistemas de condicionamento térmico artificial

A avaliação do ambiente térmico no interior dos galpões, considerou os dados horários de temperatura e umidade relativa do ar interno, ao nível das aves, das 07:00 às 19:00h, dos 21 aos 41 dias de vida das aves, para os 2 galpões avaliados.

O comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno do GALPÃO 1 em função da temperatura e hora do dia, é representado, na forma de superfície contínua e em traçados de curvas, na Figura 62.

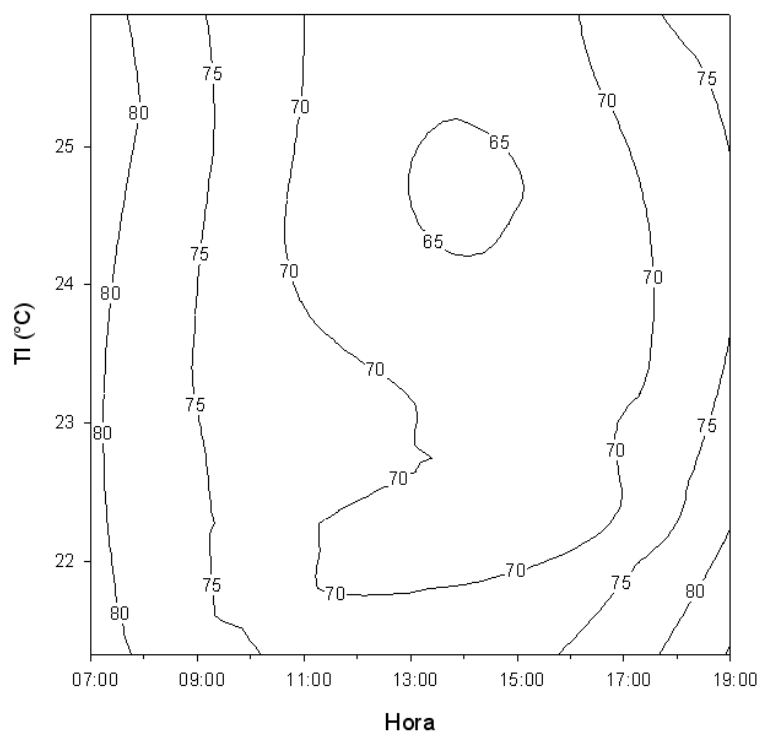
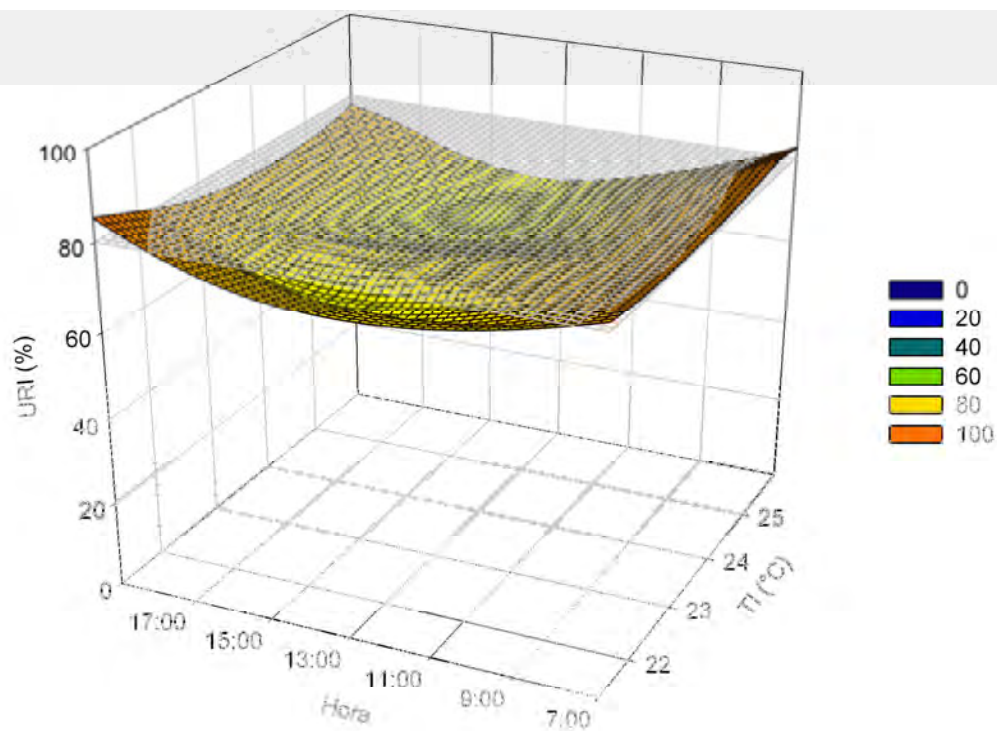


Figura 62. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 18 a 40 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de inverno e telhas de amianto: GALPÃO 1 (Barbacena – Minas Gerais)

De acordo com a Figura 62, pode-se observar que a umidade relativa interna esteve, em cerca de 85% do tempo, abaixo de 80%, entre 65 e 75%. Umidades superiores a 80% foram observadas apenas para temperaturas internas

entre 21 e 26°C, nos horários entre 07:00 e 08:00h e entre 18:00 e 19:00h para temperaturas médias de 22°C. De forma geral, caso houvesse um sistema de resfriamento evaporativo, este apresentaria potencialidade proporcional à diferença de umidade relativa entre o valor atual e 80%.

Considerando a possibilidade de implantação de sistema de resfriamento evaporativo, foi estimado através das propriedades psicrométricas do ar, as temperaturas horárias internas do ar associadas à umidade relativa de 80%, com o objetivo de determinar o quanto estas temperaturas poderiam ser reduzidas com a umidificação do ambiente para o GALPÃO 1, conforme Figura 63. Para a discussão seqüencial, foi representada na referida figura a faixa de temperatura entre 18 e 24°C, considerada de conforto térmico para as aves, assim como a linha corresponde à temperatura de 29°C, considerada de tolerância máxima.

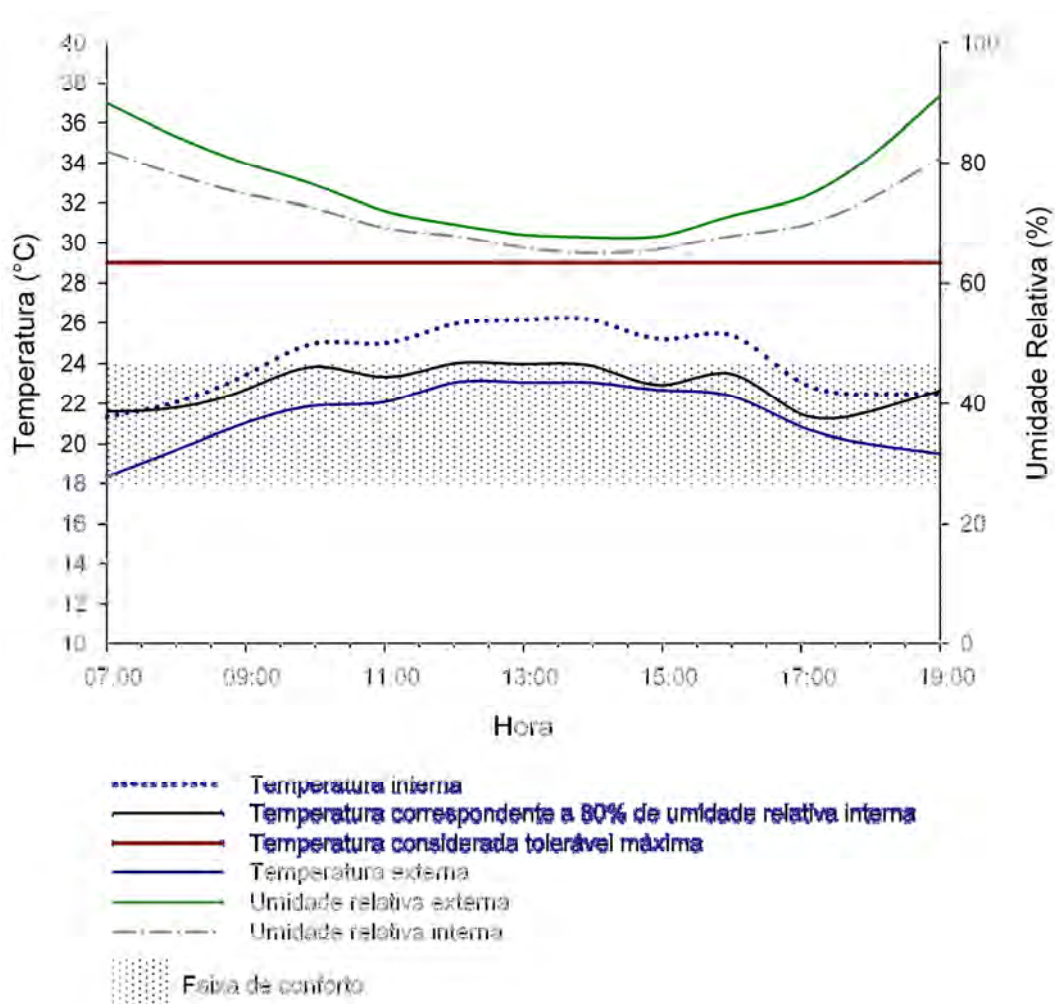


Figura 63. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, umidade relativa interna e externa, no período de 18 a 40 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerável máxima: GALPÃO 1 (Barbacena – Minas Gerais)

De acordo com a Figura 63, as temperaturas médias internas estiveram acima da faixa de conforto das aves em 54% do dia, com valores médios de 26°C e tendo ficado abaixo da faixa de temperatura máxima tolerável, em 100% do tempo. Observa-se ainda nesta figura que a adição do sistema de resfriamento evaporativo poderia diminuir, em média, 2°C a temperatura do ar interna, possibilitando valores em torno de 23°C e dentro da faixa de conforto para as aves.

De forma geral presume-se que os baixos valores de temperatura e umidade relativa interna ocorreram grande parte em função das condições externas. As temperaturas médias externas, nas horas mais quentes do dia, entre 12:00 e 15:00h, apresentaram valores médios de 23°C. Os valores de umidades externas, apresentaram valores médios de 68%.

Para avaliar o comportamento térmico do galpão foi considerada a relação entre a temperatura externa e a temperatura interna, que será denominada eficiência relativa. Para este parâmetro, em condições de inverno, para temperaturas médias externas abaixo dos 18°C, quanto menor o valor obtido, maior será a eficiência do galpão em atenuar a temperatura externa em relação à temperatura interna, enquanto que, em condições de verão, para temperaturas médias externas acima de 24°C, quanto maior o valor obtido, com relação à unidade, maior será a eficiência do galpão.

A Figura 64 representa a eficiência relativa do GALPÃO 1. No período considerado, a temperatura média externa foi de 21°C.

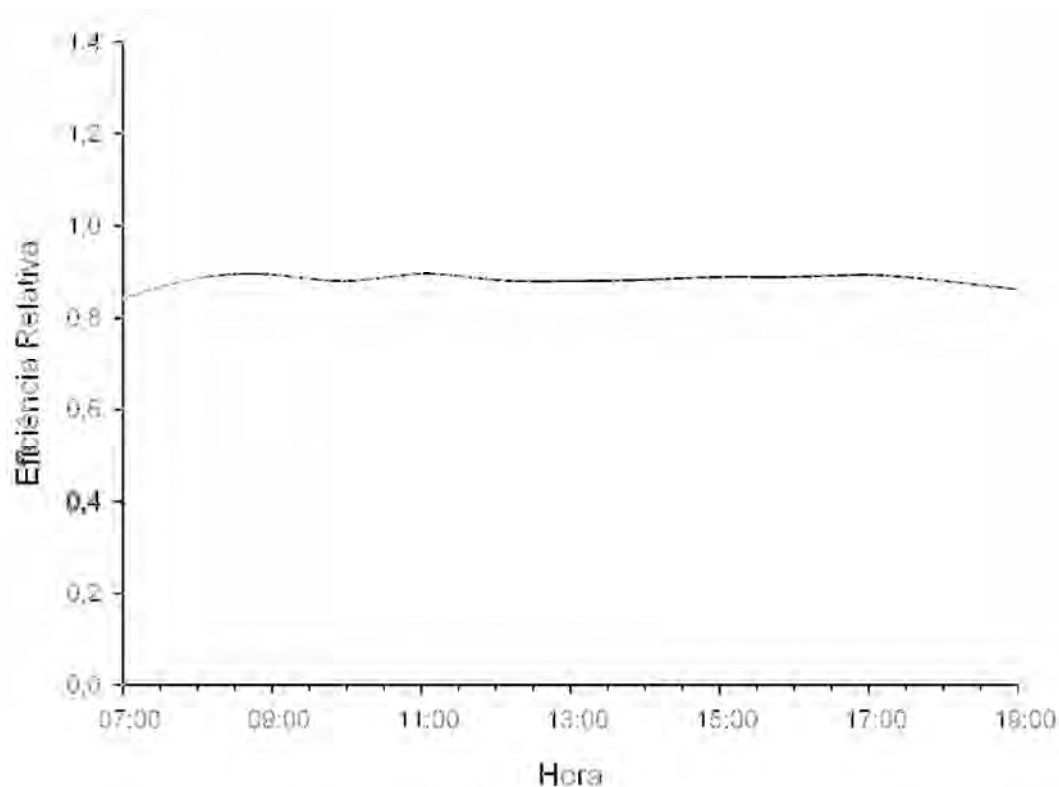


Figura 64. Eficiência relativa: GALPÃO 1 (Barbacena – Minas Gerais)

De acordo com a Figura 64, a eficiência relativa do galpão durante todo o dia apresentou valor médio de 0,88. Contudo, a temperatura média externa foi de 21°C, não caracterizando nem inverno, nem verão. Desta forma, pode-se inferir que o galpão avaliado apresentou uma eficiência relativa razoável no período considerado.

O comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno do GALPÃO 2 em função da temperatura do ar é representado na Figura 65.

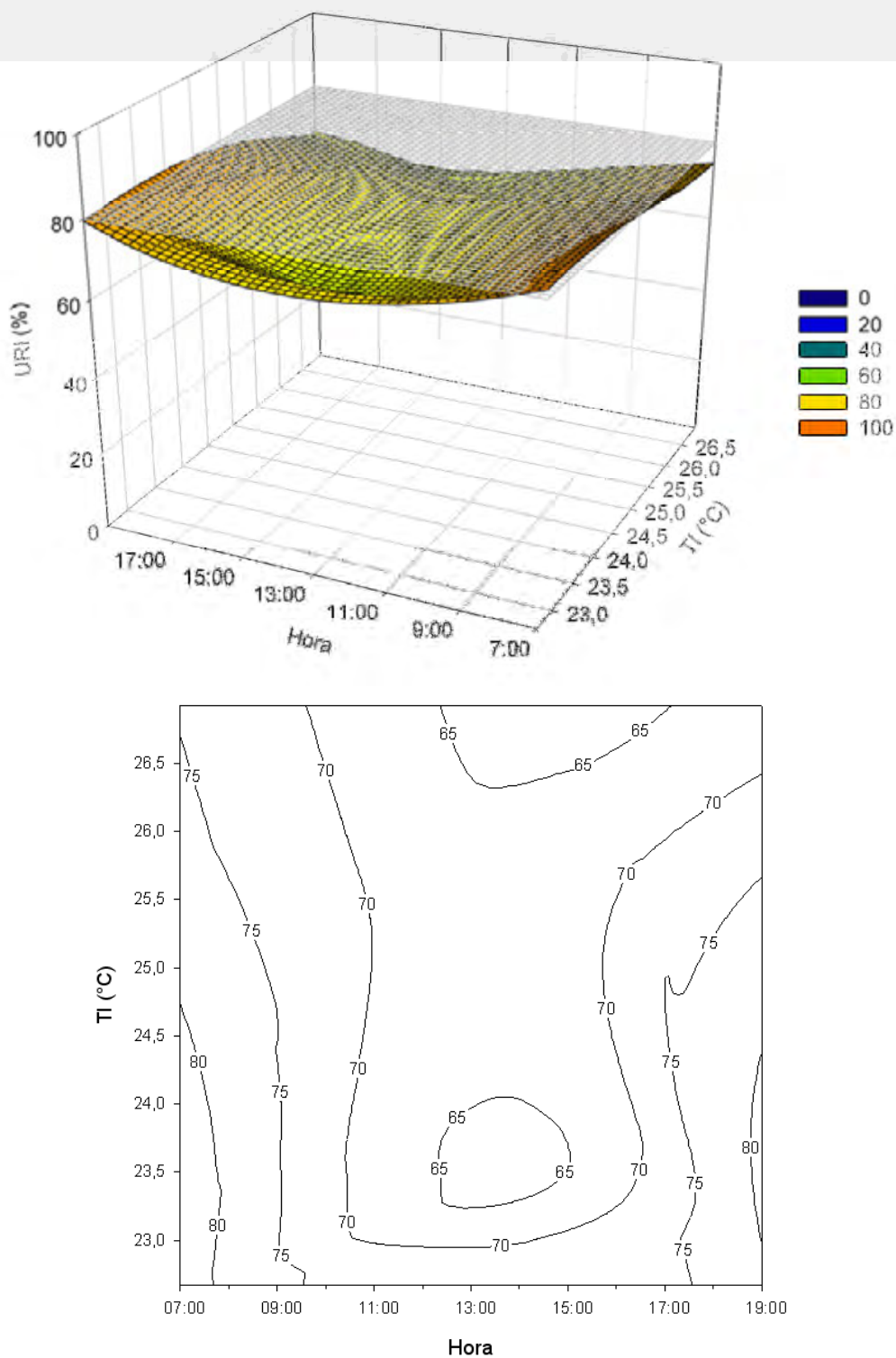


Figura 65. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 18 a 40 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de inverno e telhas de amianto: GALPÃO 2 (Barbacena – Minas Gerais)

De acordo com a Figura 65, pode-se observar que a umidade relativa interna esteve, em cerca de 85% do tempo, abaixo de 80%, entre 65 e 75%.

Umidades superiores a 80% foram observadas apenas para temperaturas internas entre 22 e 24°C, nos horários entre 07:00 e 08:00h e às 19:00h para temperaturas médias de 23°C. De forma geral, caso houvesse um sistema de resfriamento evaporativo, este apresentaria potencialidade proporcional à diferença de umidade relativa entre o valor atual e 80%.

Considerando que o sistema de resfriamento evaporativo poderia melhorar as condições internas de temperatura, foi estimado através das propriedades psicrométricas do ar, as temperaturas horárias internas do ar associadas à umidade relativa de 80%, com o objetivo de determinar o quanto estas temperaturas poderiam ser reduzidas com a umidificação do ambiente para o GALPÃO 2, conforme Figura 66.

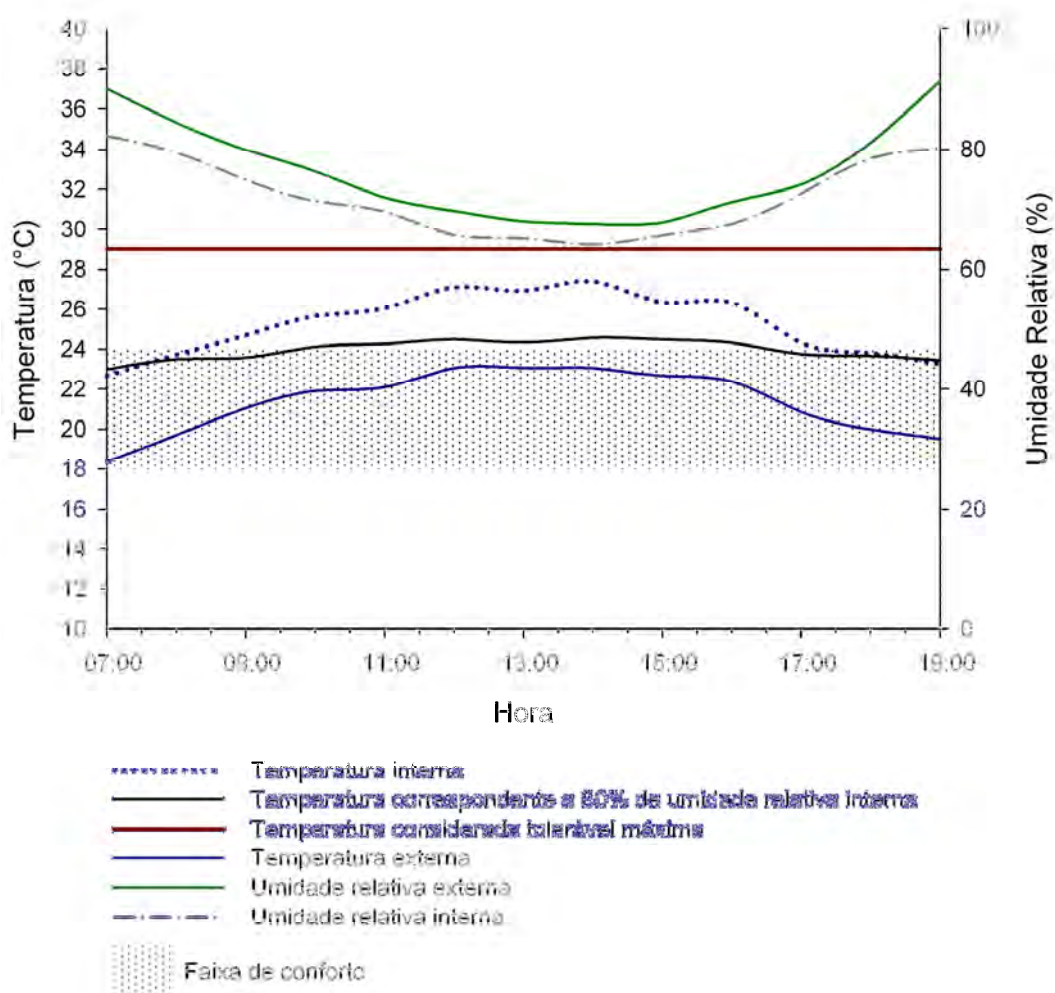


Figura 66. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, umidade relativa interna e externa, no período de 18 a 40 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerável máxima: GALPÃO 2 (Barbacena – Minas Gerais)

De acordo com a Figura 66, as temperaturas médias internas estiveram acima da faixa de conforto das aves em 69% do dia, com valores médios de 27°C e tendo ficado abaixo da faixa de temperatura máxima tolerável, em 100% do tempo. Observa-se ainda nesta figura que a adição do sistema de resfriamento evaporativo poderia diminuir em média 2°C a temperatura do ar interna, possibilitando valores em torno de 24°C, no limiar superior da faixa de conforto térmico para as aves.

De forma geral, os baixos valores de temperatura e umidade relativa interna foram, em grande parte, em função das condições externas. As temperaturas médias externas, nas horas mais quentes do dia, entre 12:00 e 15:00h, apresentaram valores médios de 23°C. Os valores de umidades externas, apresentaram valores médios de 68%.

A Figura 67 representa a eficiência relativa do GALPÃO 2. No período considerado, a temperatura média externa foi de 21°C.

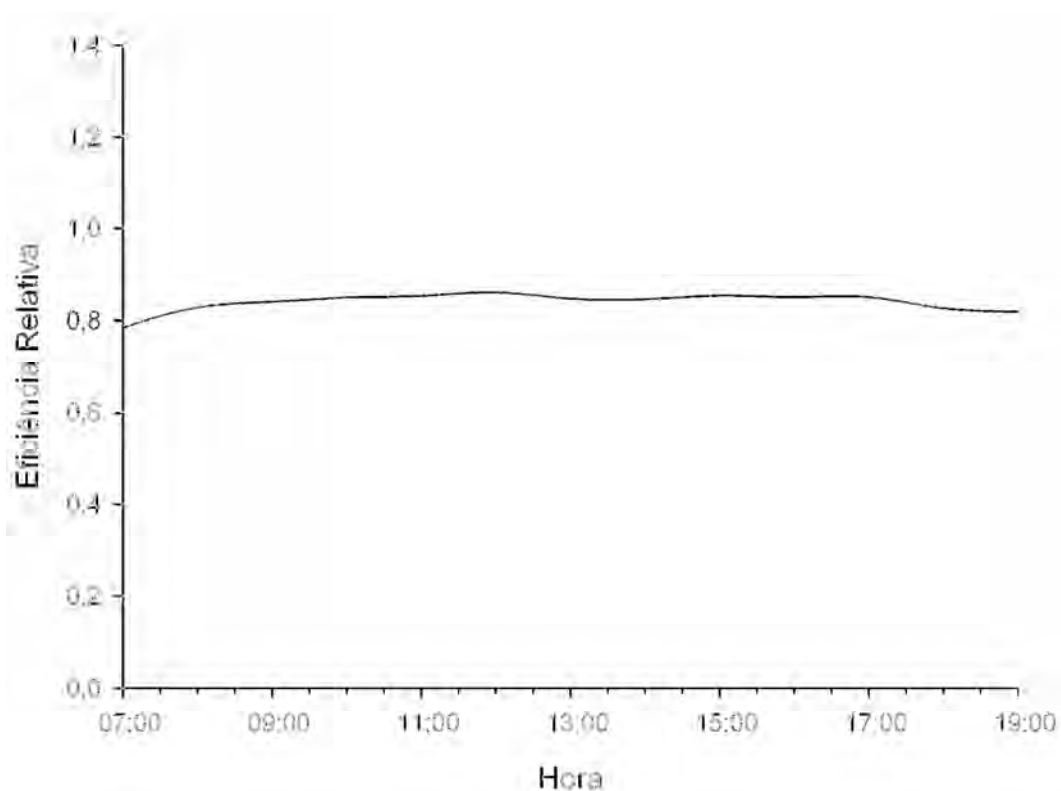


Figura 67. Eficiência relativa: GALPÃO 2 (Barbacena – Minas Gerais)

De acordo com a Figura 67, o valor médio a eficiência relativa do galpão durante todo o dia foi de 0,83. Considerando que a temperatura média externa foi de 21°C, não caracterizando nem verão nem inverno, pode-se inferir que o galpão avaliado apresentou uma eficiência relativa razoável no período considerado.

Concluindo, o comportamento dos galpões apresentaram eficiência relativa razoável. Vale ressaltar que as condições térmicas ambientais internas se apresentaram ligeiramente acima das consideradas confortáveis para as aves e que a adição de um sistema de resfriamento evaporativo, em tese, poderia fazer esta correção.

Embora as temperaturas internas tenham estado dentro de limites razoáveis em grande parte do dia para os galpões avaliados, as temperaturas médias externas estiveram, durante todo o período abaixo das temperaturas médias internas, em média 2°C. Isto provavelmente ocorreu devido ao incremento calórico, em razão da dissipação de calor pelos animais, e à razoável capacidade de isolamento térmico dos fechamentos, uma vez que o número de ventiladores mesmo estando acima do recomendado não foi capaz de reverter este quadro.

4.3 Sistemas produtivos da Região Sul

4.3.1 Pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado

O experimento foi conduzido em propriedade avícola comercial, no Município de Palotina, Paraná, localizado na latitude 24 17'S e longitude 53° 50'O a uma altitude de 335 m. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é Cfa (verões quentes e invernos frios e amenos) com médias térmicas entre 20 e 22°C e umidades relativas médias entre 66 e 77%.

A fase experimental foi realizada durante os meses de fevereiro e março de 2001, em condições de verão, com frangos de corte da linhagem *Ross*, criados em densidade de 11 aves/m², e compreendeu o período de 21 a 33 dias de vida das aves, durante a fase de pós-aquecimento de um ciclo produtivo.

Para medição da temperatura e da umidade relativa do ar no ambiente interno foram utilizados termômetros de mercúrio e psicrômetros aspirados, respectivamente. O monitoramento das variáveis climáticas foi realizado diariamente, em intervalos de hora em hora. As medições foram feitas no interior de cada galpão, ao nível das aves, 0,25 m acima da cama.

4.3.1.1 Avaliação arquitetônica

A Tabela 22 apresenta as características arquitetônicas dos galpões em estudo, de forma simplificada.

Tabela 22. Características arquitetônicas dos galpões de pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado

Características construtivas	
Orientação	Leste-oeste
Dimensões (largura x comprimento)	12,0 x 120,0 m
Área	1440,0 m ²
Pé-direito	2,5 m
Muretas laterais	0,2 m em alvenaria
Cortinas	Polietileno, acionamento automático e fechamento de baixo para cima
Fechamento lateral	Tela de arame (malha de 2,5 cm)
Fechamento oitões	Placas metálicas de perfis tipo trapézio
Forro	Não há presença de forro
Cobertura	Aço galvanizado com 0,03 m de poliestireno expandido na parte superior
Beiral	0,50 m
Inclinação	32%

Foram avaliados dois galpões similares, de um mesmo núcleo, posicionados lado a lado, distantes a 40,0 m entre si.

Os galpões avaliados apresentaram tendência de atender as recomendações relativas ao acondicionamento térmico natural de acordo com o sugerido em literatura, apresentando ainda, características arquitetônicas com o que é preconizado nesta região do Brasil.

4.3.1.2 Avaliação dos sistemas de condicionamento térmico artificial

A Tabela 23 apresenta as características dos sistemas de condicionamento térmico artificial dos galpões em estudo, de forma simplificada.

Tabela 23. Características dos sistemas de condicionamento térmico artificial dos galpões de pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado

Sistemas de ventilação (continua)		
	Galpão 1	Galpão 2
Tipo	Exaustor	
Número	7	
Localização	Face leste	
Diâmetro	120 cm	
Vazão	560 m ³ /s	
Sistemas de resfriamento		
Tipo	Placas evaporativas compostas de argila expandida	Placas evaporativas compostas de celulose
Localização placas evaporativas	Lateral oeste dos galpões	
Sistemas de ventilação (continuação)		
	Galpão 1	Galpão 2
Dimensões placas evaporativas	20 placas de 0,60 m x 1,84 m (22,08 m ²)	20 placas de 0,60 m x 1,84 m (22,08 m ²)
Observações	Presença de bicos nebulizadores defeituosos	

Os galpões eram equipados com sistemas de ventilação por pressão negativa em modo túnel, composto por 7 exaustores localizados face leste do galpão, e placas evaporativas compostas por argila expandida (GALPÃO 1) e celulose (GALPÃO 2) com 20 placas com dimensões de 0,60 m x 1,84 m totalizando 22,08 m² localizados na lateral oeste.

De acordo com cálculos preliminares, o número de exaustores e a área de entrada de ar estão subdimensionados e o número de bicos nebulizadores estão de acordo com o recomendado e corretamente posicionados.

Relativo aos exaustores, considerando a velocidade do ar de 2,5 m/s e as dimensões do galpão, um volume de ar igual a 4.500,0 m³ deve ser removido do galpão por minuto. Desta forma, para exaustores de 560 m³/min, seriam necessários aproximadamente 8 unidades e uma abertura total aproximada de 36m² para entrada de ar na extremidade oposta do galpão (correspondente à mesma área de seção transversal dos exaustores). Os galpões em estudo possuíam 7 exaustores e área de entrada de 22m².

4.3.1.3 Avaliação das condições térmicas ambientais internas dos sistemas de condicionamento térmico artificial

A avaliação do ambiente térmico no interior dos galpões considerou os dados horários de temperatura e umidade relativa do ar interno, ao nível das aves, das 07:00 às 19:00h, dos 21 aos 33 dias de vida das aves, para os 2 galpões avaliados.

O comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno do GALPÃO 1 em função da temperatura e hora do dia, é representado, na forma de superfície contínua e em traçados de curvas, na Figura 68.

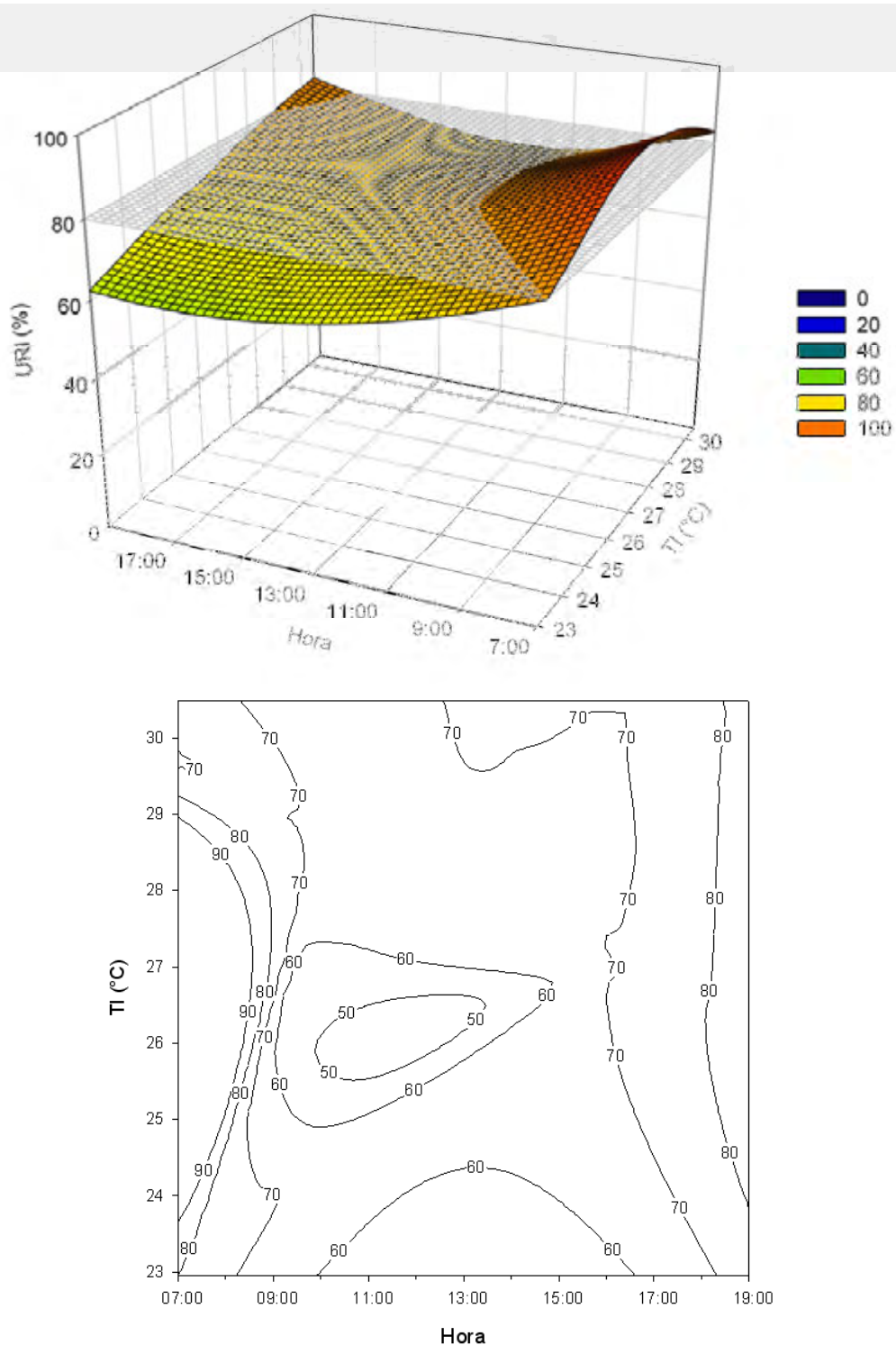


Figura 68. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 21 a 33 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado: GALPÃO 1 (Palotina – Paraná)

Segundo a Figura 68, pode-se observar que, de forma geral, a umidade relativa interna esteve, durante grande parte do dia, abaixo de 80%, entre 60 e 70%, com exceção para as temperaturas entre 23 e 29°C, nos horários entre 07:00

e 09:00 h e entre 08:00 e 19:00 h, onde os valores encontrados foram entre 80 e 90%. De forma geral, o sistema de resfriamento evaporativo esteve relativamente abaixo de sua potencialidade, com possibilidade de melhora, proporcional à diferença de umidade relativa entre o valor atual e 80%.

Considerando que o sistema de resfriamento evaporativo poderia melhorar de eficiência, foi estimado através das propriedades psicrométricas do ar, as temperaturas horárias internas do ar associadas à umidade relativa de 80%, com o objetivo de determinar o quanto estas temperaturas poderiam reduzir com a umidificação do ambiente para o GALPÃO 1, conforme Figura 69. Para a discussão seqüencial, foi representada na referida Figura a faixa de temperatura entre 18 e 24°C, considerada de conforto térmico para as aves, assim como a linha corresponde à temperatura de 29°C, considerada de tolerância máxima.

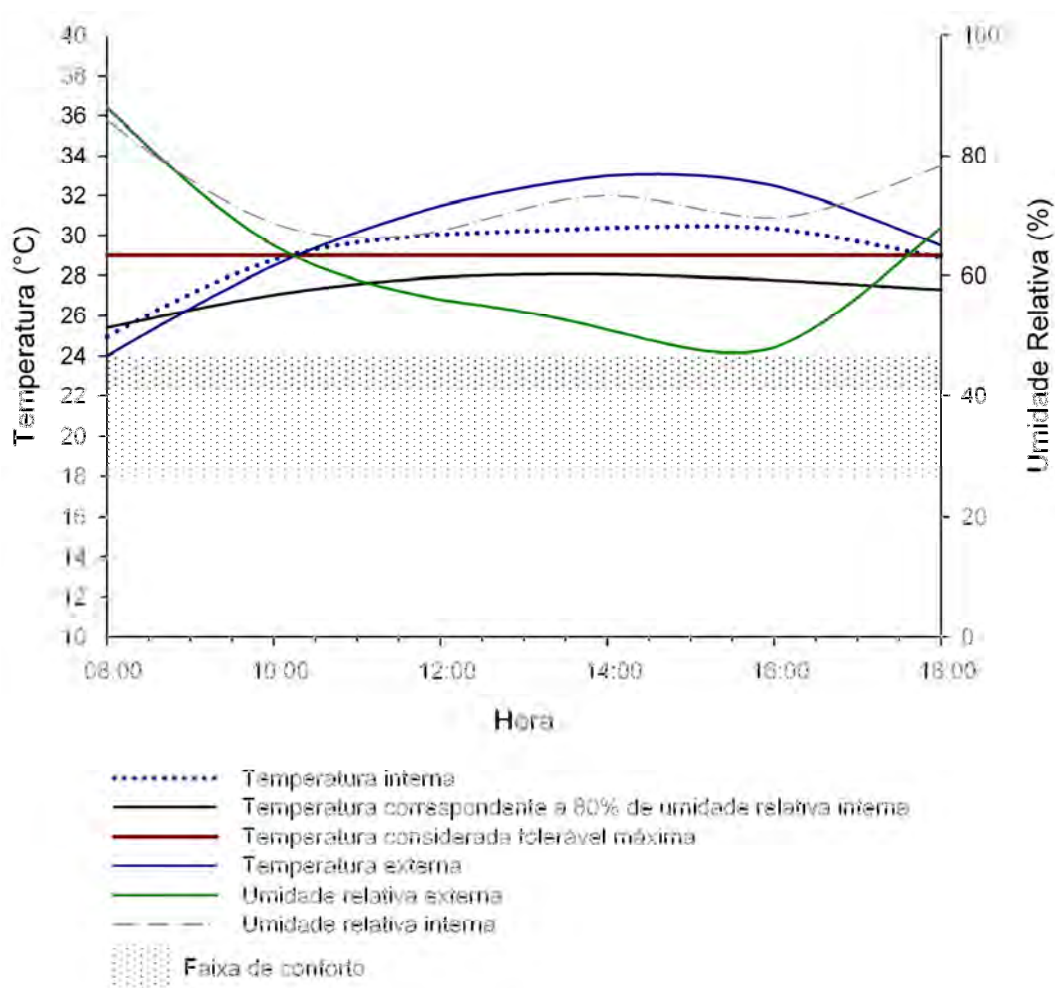


Figura 69. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, umidade relativa interna e externa, no período de 21 a 33 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 1 (Palotina – Paraná)

De acordo com a Figura 69, as temperaturas médias internas estiveram fora da faixa de conforto das aves durante todo o dia, aproximadamente 30°C e tendo ficado acima da faixa de temperatura máxima tolerável, em 67% do tempo. Observa-se ainda nesta figura que melhorando a eficiência do sistema de resfriamento evaporativo, a temperatura interna do ar poderia ser reduzida em aproximadamente 2°C, e ficaria aquém da temperatura limite de tolerância das aves, fato considerado importante. Nas horas mais quentes do dia, entre 12:00 e 18:00h, correspondendo a cerca de 70% do tempo, constatou-se a importância do uso do resfriamento evaporativo, quando as temperaturas médias externas atingiram até 33°C.

Para avaliar o comportamento térmico do galpão foi considerada a relação entre a temperatura externa e a temperatura interna, que será denominada eficiência relativa. Este parâmetro, em condições de verão, para temperaturas médias externas acima dos 24°C, quanto maior o valor obtido, maior será a eficiência do galpão em atenuar a temperatura externa em relação à temperatura interna.

A Figura 70 representa a eficiência relativa do GALPÃO 1. No período considerado, a temperatura média externa foi de 29,5°C.

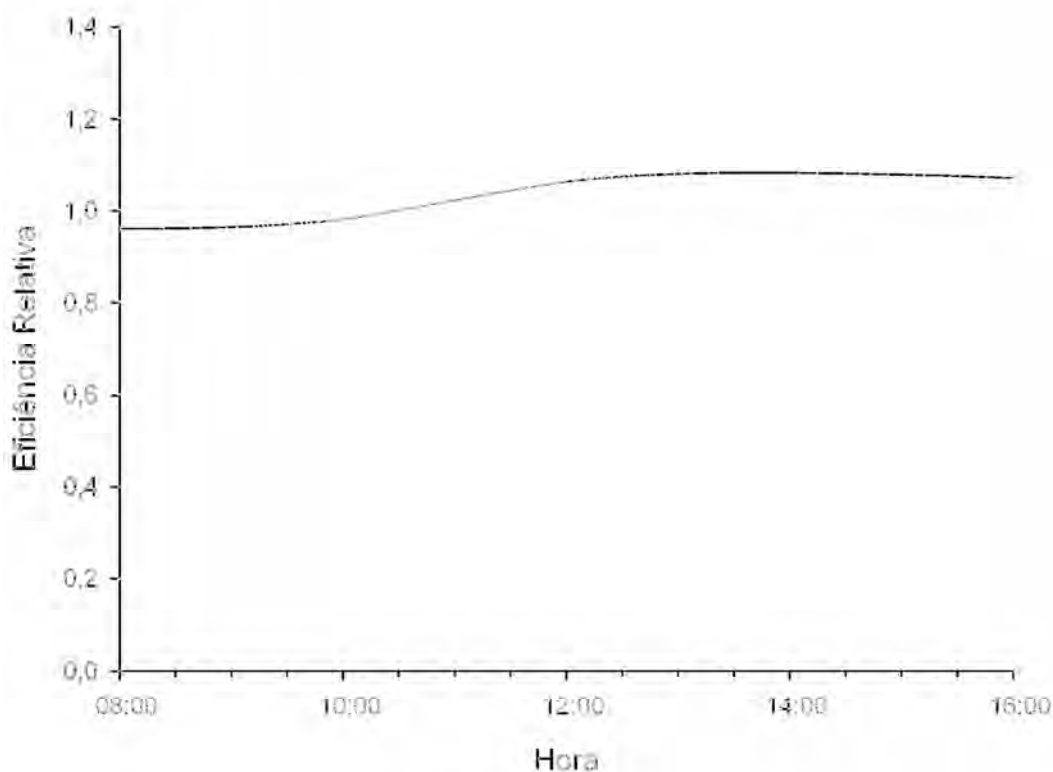
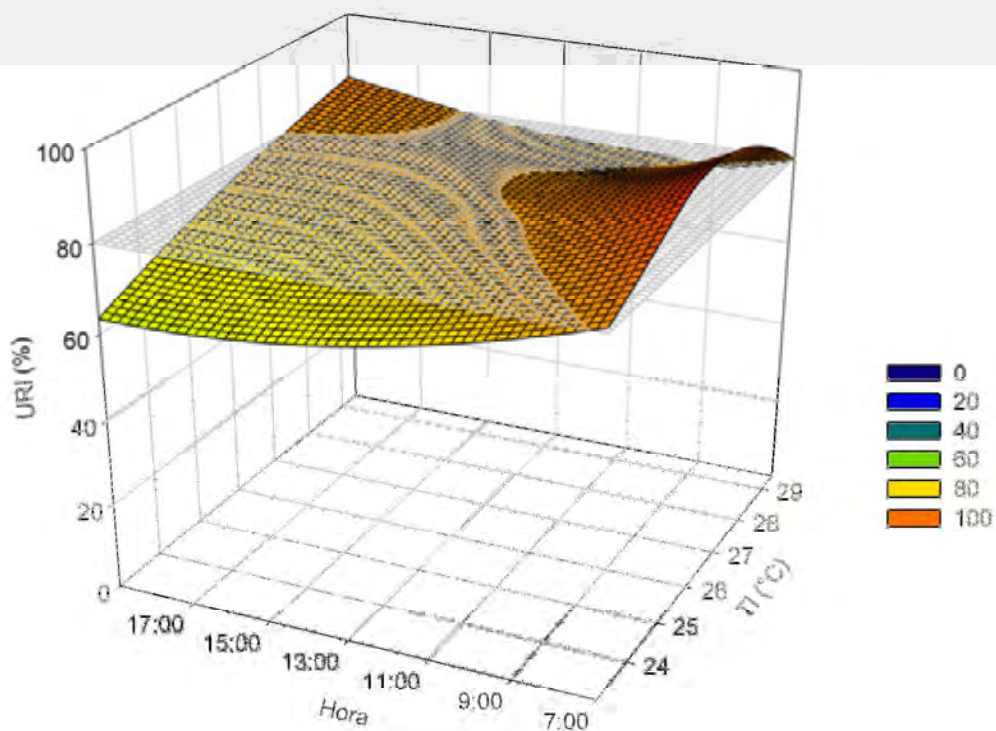


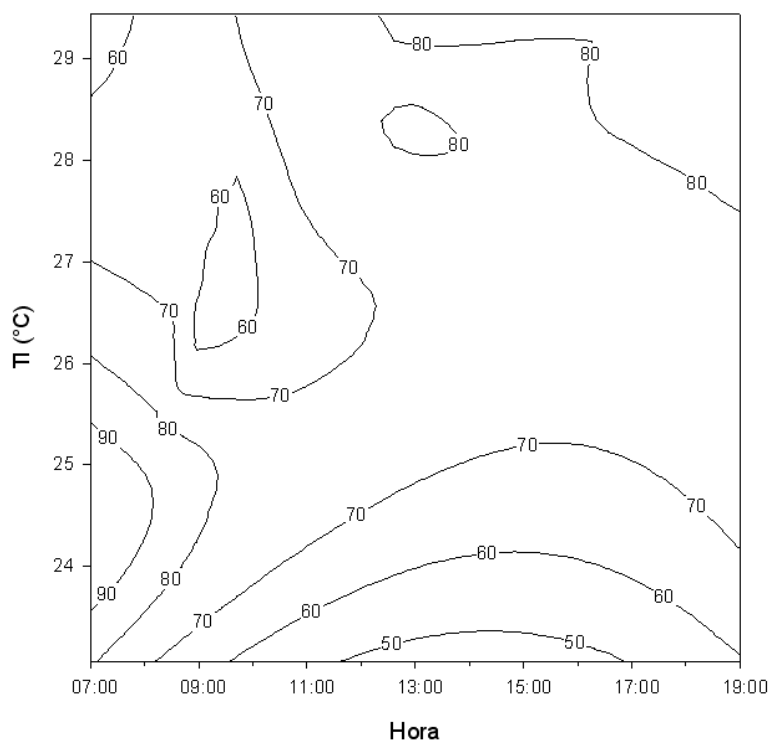
Figura 70. Eficiência relativa: GALPÃO 1 (Palotina – Paraná)

De acordo com a Figura 70, a eficiência relativa do galpão durante as horas mais quentes do dia, entre 13:00 e 17:00h, apresentou valor médio de 1,08. Em apenas 33% do tempo, a eficiência relativa foi inferior a 1,00. Quanto maior estes valores melhor capacidade do galpão em isolar o calor externo, inferindo que o galpão avaliado apresentou apenas boa eficiência relativa no período considerado.

O comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno do GALPÃO 2 em função da temperatura do ar é representado na Figura 71 (a) e (b).



(a)



(b)

Figura 71. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 21 a 33 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de verão e telhas de aço galvanizado: GALPÃO 2 (Palotina – Paraná)

Segundo a Figura 71, pode-se observar que, de forma geral, a umidade relativa interna esteve, durante grande parte do dia, abaixo de 80%, entre 50% e 70%, com exceção para as temperaturas entre 23 e 26°C e nos horários entre 13:00 e 19:00 h para temperaturas acima de 28°C, onde os valores encontrados foram entre 80 e 90%. De forma geral, o sistema de resfriamento evaporativo esteve próximo de sua potencialidade, com possibilidade de ligeira melhora, proporcional à diferença de umidade relativa entre o valor atual e 80%.

Considerando que o sistema de resfriamento evaporativo poderia melhorar de eficiência, foi estimado através das propriedades psicrométricas do ar, as temperaturas horárias internas do ar associadas à umidade relativa de 80%, com o objetivo de determinar o quanto estas temperaturas irão reduzir com a umidificação do ambiente para o GALPÃO 2, conforme Figura 72.

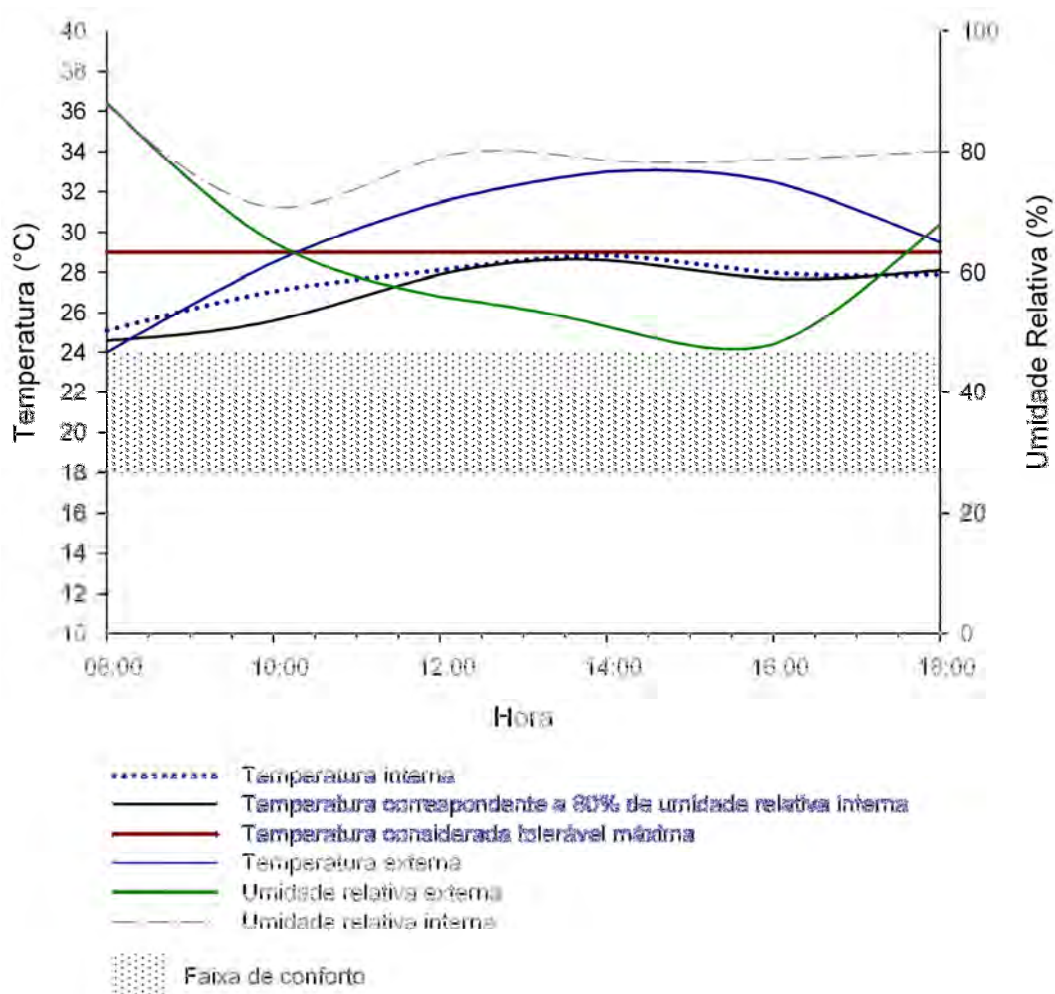


Figura 72. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, umidade relativa interna e externa, no período de 21 a 33 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 2 (Palotina – Paraná)

De acordo com a Figura 72, as temperaturas médias internas estiveram fora da faixa de conforto das aves durante todo o dia, aproximadamente 28°C, porém, tendo ficado abaixo da faixa de temperatura máxima tolerável durante todo o tempo. Observa-se ainda nesta figura que mesmo melhorando a eficiência do sistema de resfriamento evaporativo, a temperatura interna do ar mudaria pouco, ficando entre 26 e 28°C. Nas horas mais quentes do dia, entre 12:00 e 18:00h, correspondendo a cerca de 70% do tempo, constatou-se a importância do uso do resfriamento evaporativo, quando as temperaturas médias externas atingiram até 33°C.

A Figura 73 representa a eficiência relativa do GALPÃO 2. No período considerado, a temperatura média externa foi de 29,5°C.

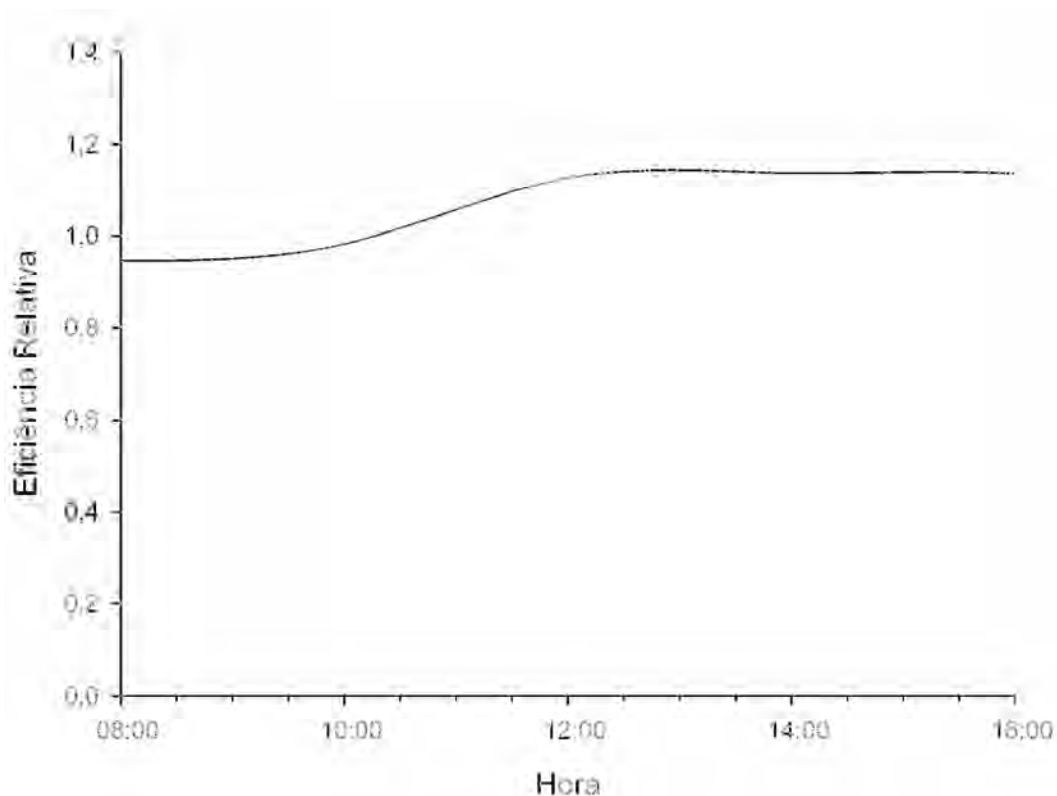


Figura 73. Eficiência relativa: GALPÃO 2 (Palotina – Paraná)

De acordo com a Figura 73, a eficiência relativa do galpão durante as horas mais quentes do dia, entre 13:00 e 17:00h, apresentou valor médio de 1,14. Em apenas 33% do tempo, a eficiência relativa foi inferior a 1,00. Quanto maior estes valores melhor capacidade do galpão em isolar o calor externo, inferindo que o galpão avaliado apresentou boa eficiência relativa no período considerado.

Concluindo, embora o comportamento dos galpões tenha sido caracterizado como bom, vale ressaltar que as condições térmicas ambientais internas se apresentaram bastante desconfortáveis para as aves e que a melhoria da eficiência de sistema de resfriamento evaporativo também não traria grandes vantagens neste último caso.

Como a eficiência dos galpões foram consideradas apenas boa, seria importante uma avaliação da estrutura de fechamento destes galpões, principalmente do material de cobertura, assim como da possibilidade de infiltrações de ar ao longo dos mesmos. A presença de paisagismo circundante ao galpão e arborização adequada poderia contribuir de maneira significativa na diminuição da carga térmica radiante sobre os galpões. Além disso, o sistema de resfriamento evaporativo merece atenção, sobre tudo com relação ao número de

exaustores e área de material poroso a ser umedecida, uma vez que estes encontram-se subdimensionados, abaixo do recomendado em literatura.

4.3.2 Pressão negativa em condições de inverno e telhas de alumínio

O experimento foi conduzido em propriedade avícola comercial, no Município de Videira, Santa Catarina, localizado na latitude 27°00'S e longitude 51°09'O, a uma altitude de 750 m. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é Cfb (temperado, mesotérmico úmido e verão ameno) com médias térmicas entre 11 e 20°C e umidades relativas médias entre 75 e 87%.

A fase experimental foi realizada durante o mês de julho de 2004, em condições de inverno, com frangos de corte da linhagem *Cobb*, criados em densidade de 20 aves/m², e compreendeu o período de 15 a 32 dias de vida das aves, durante a fase de pós-aquecimento de um ciclo produtivo.

Para medição da temperatura e da umidade relativa do ar no ambiente interno foram utilizados *dataloggers* da marca HOBO®, com resolução de 0,1°C para temperatura e 1% para umidade, e exatidão de ±0,5°C e ±1% respectivamente. O monitoramento das variáveis climáticas foi realizado diariamente, em intervalos de hora em hora. Os *dataloggers* foram instalados no interior de cada galpão, ao nível das aves, a 0,25 m acima da cama.

4.3.2.1 Avaliação arquitetônica

A Tabela 24 apresenta as características arquitetônicas dos galpões em estudo, de forma simplificada.

Tabela 24. Características arquitetônicas dos galpões de pressão negativa em condições de inverno e telhas de alumínio

Características construtivas	
Orientação	Leste-oeste
Dimensões (largura x comprimento)	12,0 x 100,0 m
Área	1200,0 m ²
Pé-direito	2,8 m
Muretas laterais	0,3 m
Cortinas	Polietileno, acionamento automático e fechamento de baixo para cima
Fechamento lateral	Tela de arame (malha de 2,5 cm)
Fechamento oitões	Alvenaria com pintura branca
Forro	Não há presença de forro
Cobertura	Alumínio
Beiral	0,5 m
Inclinação	30%
Estrutura	Estrutura metálica na cobertura apoiados em pilares de concreto
Observações	Materiais de cortinas e cobertura se encontram em bom estado de conservação

Foram avaliados dois galpões similares (Figura 74), de um mesmo núcleo produtivo, posicionados lado a lado.



Figura 74. Vista externa do galpão de aves de corte em Videira, Santa Catarina

Fonte: Menegali (2005)

A estrutura do telhado era metálica, apoiada em pilares de concreto, não havia presença de forro (Figura 75) e a cobertura de telhas de alumínio não possuía pintura.



Figura 75. Vista interna do galpão de aves de corte em Videira, Santa Catarina

Fonte: Menegali (2005)

Os galpões avaliados apresentaram tendência de atender às recomendações relativas ao acondicionamento térmico natural de acordo com o sugerido em literatura, exceto a ausência de forro, apresentando ainda, características arquitetônicas com o que é preconizado nesta região do Brasil.

4.3.2.2 Avaliação dos sistemas de condicionamento térmico artificiais

A Tabela 25 apresenta as características dos sistemas de condicionamento térmico artificial dos galpões em estudo, de forma simplificada.

Tabela 25. Características dos sistemas de condicionamento térmico artificial dos galpões de pressão negativa em condições de inverno e telhas de alumínio

Sistemas de ventilação	
Tipo	Exaustor – com 6 pás em chapa galvanizada
Número	7
Localização	Face oeste
Vazão	560 m ³ /min
Sistemas de resfriamento	
Tipo	Nebulização
Localização	Linhas transversais abaixo da cobertura

Os aviários eram equipados com sistemas de ventilação por pressão negativa em modo túnel, composto por sete exaustores localizados no oitão oeste, com entrada de ar na extremidade oposta.

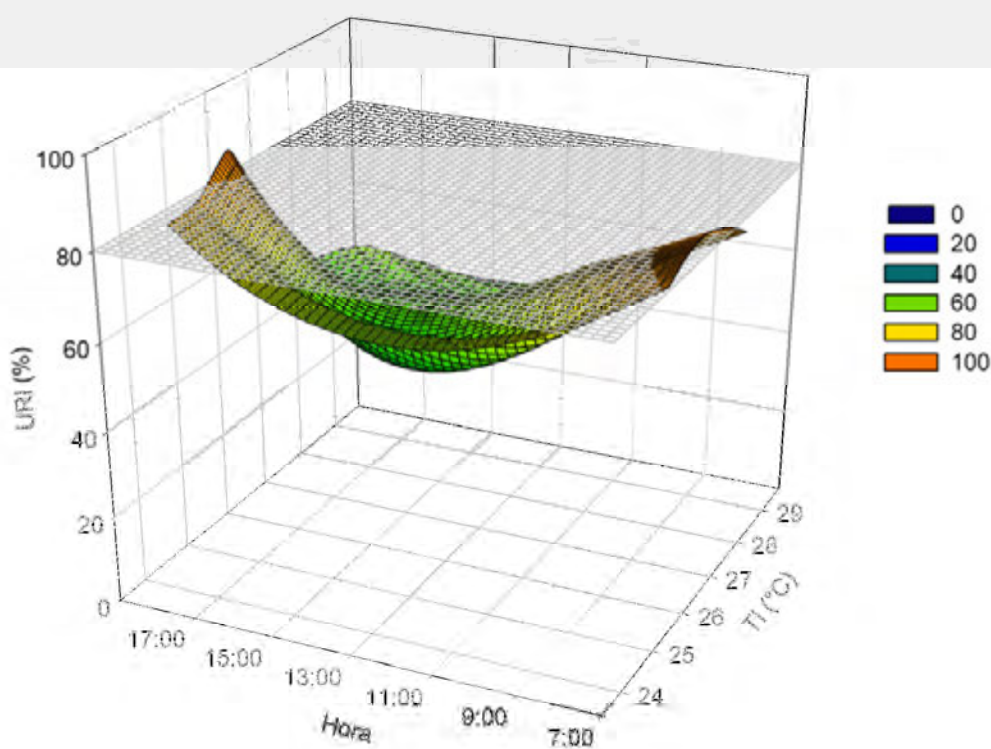
Adicionalmente, dentro dos galpões havia sistema de nebulização, distribuído em linhas transversais com relação ao comprimento. O acionamento acontecia de acordo com a temperatura interna dos aviários e da idade das aves, e ocorria de forma escalonada em grupos de trabalho.

De acordo com cálculos preliminares, o número de exaustores estão abaixo do recomendado, pois considerando a velocidade do ar de 2,5 m/s e as dimensões do galpão, um volume de ar igual a 5.040,0 m³ deve ser removido do galpão por minuto. Desta forma, para exaustores de 560 m³/min, seriam necessários aproximadamente 9 unidades. Os galpões em estudo possuíam 7 exaustores.

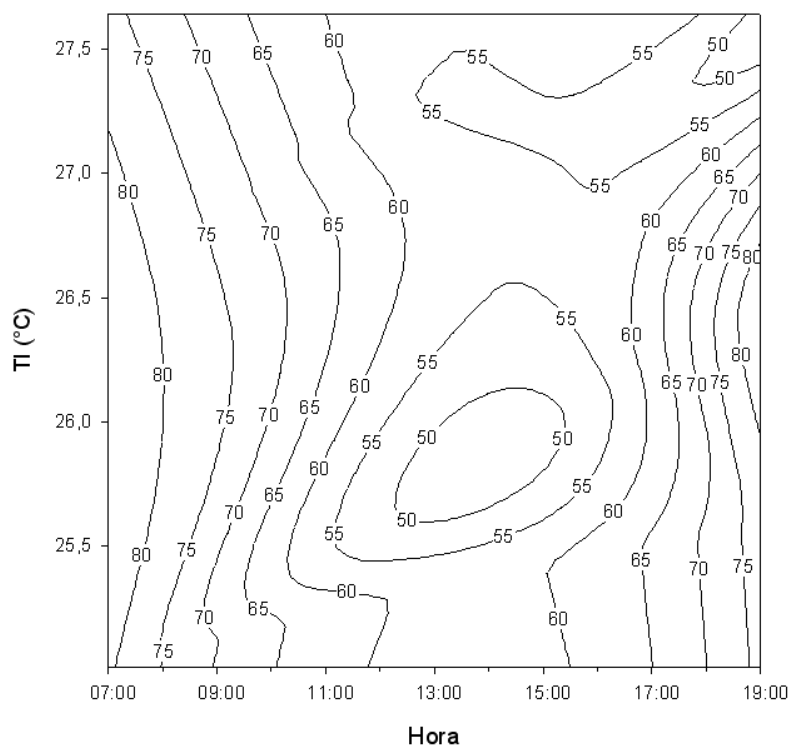
4.3.2.3 Avaliação das condições térmicas ambientais internas dos sistemas de acondicionamento térmico artificial

A avaliação do ambiente térmico no interior dos galpões, considerou os dados horários de temperatura e umidade relativa do ar interno, ao nível das aves, das 07:00 às 19:00h, dos 15 aos 32 dias de vida das aves, para os 2 galpões avaliados.

O comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno do GALPÃO 1 em função da temperatura e hora do dia, é representado, na forma de superfície contínua e em traçados de curvas, na Figura 76 (a) e (b).



(a)



(b)

Figura 76. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 15 a 32 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de inverno e telhas de alumínio: GALPÃO 1 (Videira – Santa Catarina)

De acordo com a Figura 76, pode-se observar que a umidade relativa interna esteve, em cerca de 85% do tempo, abaixo de 80%, entre 50 e 75%. Umidades superiores a 80% foram observadas apenas para temperaturas internas entre 25 e 29°C, entre 07:00h e 08:00h e depois das 18:00h para temperaturas médias de 26°C. De forma geral, caso houvesse um sistema de resfriamento evaporativo, este apresentaria possibilidade de potencialidade, proporcional à diferença de umidade relativa entre o valor atual e 80%.

Considerando que o sistema de resfriamento evaporativo poderia melhorar de eficiência, foi estimado através das propriedades psicrométricas do ar, as temperaturas horárias internas do ar associadas à umidade relativa de 80%, com o objetivo de determinar o quanto estas temperaturas poderiam reduzir com a umidificação do ambiente para o GALPÃO 1, conforme Figura 77. Para a discussão seqüencial, foi representada na referida figura a faixa de temperatura entre 18 e 24°C, considerada de conforto térmico para as aves, assim como a linha corresponde à temperatura de 29°C, considerada de tolerância máxima.

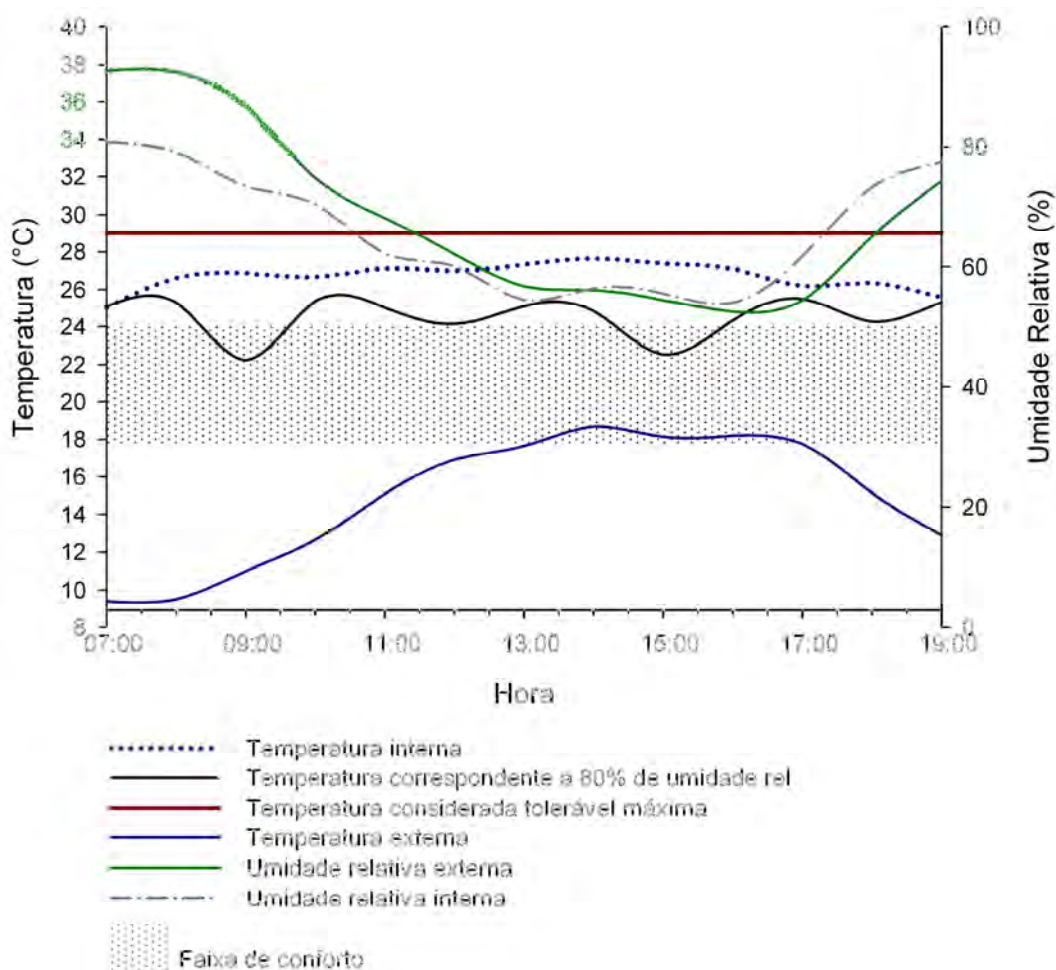


Figura 77. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, no período de 15 a 32 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 1 (Videira – Santa Catarina)

De acordo com a Figura 77, as temperaturas médias internas ficaram acima da faixa de conforto térmico durante todo o dia, variando entre 25 e 27°C, sendo que durante todo o tempo, esteve abaixo da temperatura considerada tolerável máxima para as aves.

Pode-se verificar na figura anterior que nas horas mais quentes do dia, entre 13:00 e 17:00h, as temperaturas médias externas atingiram 18°C, com umidades relativas próximas de 57%, e as temperaturas internas atingiram cerca de 27°C com umidades próximas de 55%. Observa-se ainda nesta figura que mesmo melhorando a eficiência do sistema de resfriamento evaporativo, a temperatura interna do ar mudaria relativamente pouco, ficando entre 22 e 25°C, contudo ficaria mais próxima da região de conforto das aves.

Vale ressaltar que as temperaturas médias externas, entre 11:00 e 18:00h, ficaram próximas ao limite inferior da faixa de conforto para as aves. Neste intervalo de tempo o sistema de acondicionamento térmico poderia ser desligado e as cortinas abertas, proporcionando ampla ventilação, com conseqüente melhoria das condições térmicas ambientais para as aves e redução no consumo de energia elétrica.

Devido às baixas temperaturas externas entre 07:00 e 11:00 horas, pode-se inferir que os materiais de fechamento do galpão, principalmente cortinas e cobertura, com pequenos ajustes poderiam propiciar melhores condições de conforto térmico às aves.

Para avaliar o comportamento térmico do galpão foi considerada a relação entre a temperatura externa e a temperatura interna, que será denominada eficiência relativa. Este parâmetro, em condições de inverno, para temperaturas médias externas abaixo dos 18°C, quanto menor o valor obtido, maior será a eficiência do galpão em atenuar a temperatura externa em relação à temperatura interna.

A Figura 78 representa a eficiência relativa do GALPÃO 1. No período considerado, a temperatura média externa foi de 15°C.

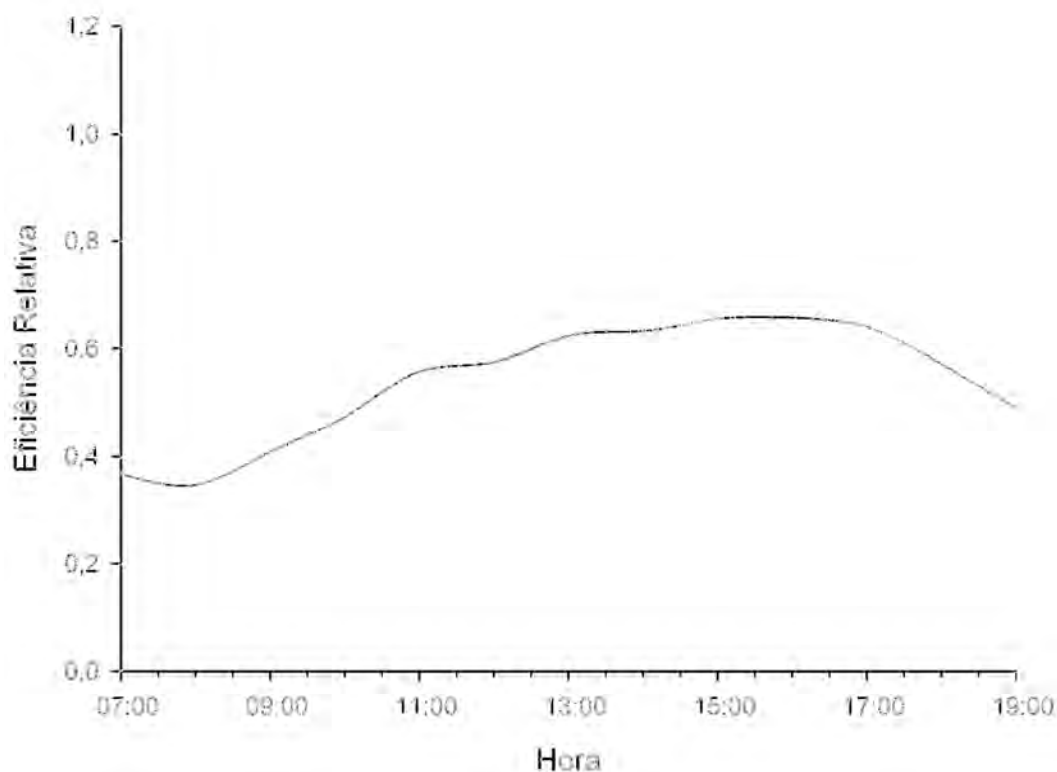
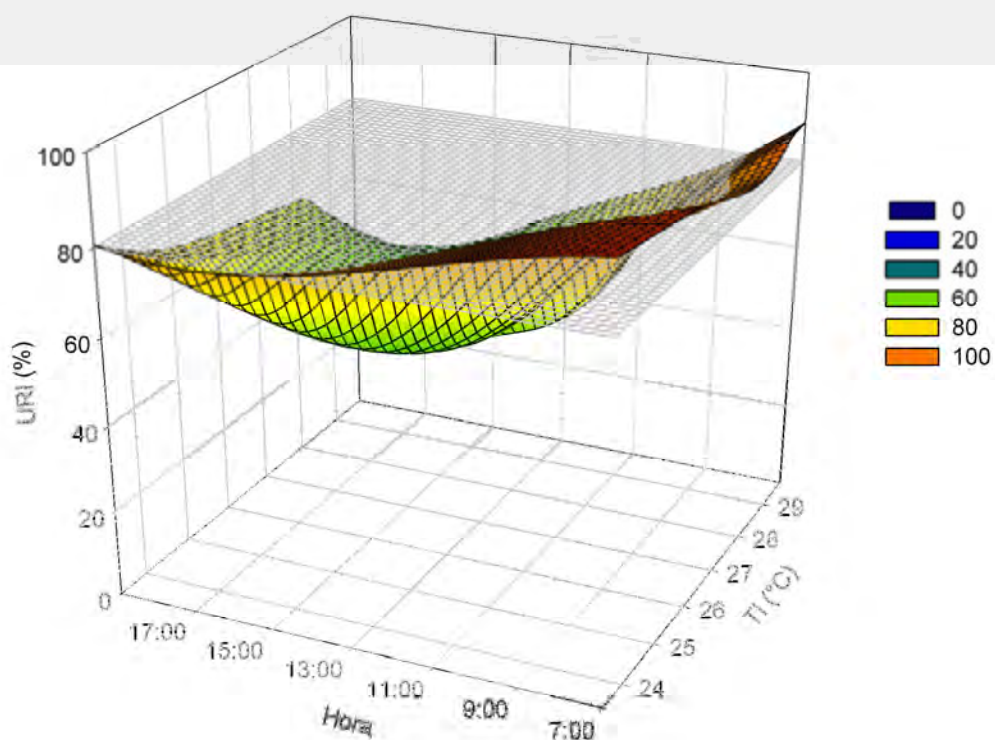


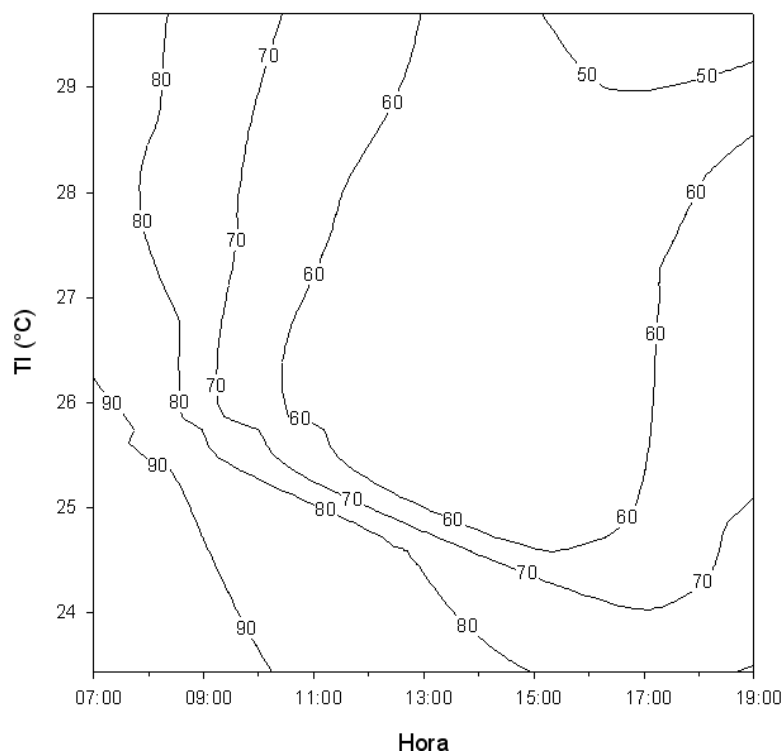
Figura 78. Eficiência relativa: GALPÃO 1 (Videira – Santa Catarina)

De acordo com a Figura 78, a eficiência relativa do galpão durante as horas mais frias do dia, entre 07:00 e 10:00h, apresentou valor médio de 0,39. Durante todo o tempo, a eficiência relativa foi inferior a 0,80. Quanto menor estes valores melhor capacidade do galpão em isolar as baixas temperaturas externas, inferindo que o galpão avaliado apresentou uma eficiência relativa ótima no período considerado.

O comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno do GALPÃO 2 em função da temperatura do ar é representado na Figura 79 (a) e (b).



(a)



(b)

Figura 79. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 15 a 32 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão negativa em condições de inverno e telhas de alumínio: GALPÃO 2 (Videira – Santa Catarina)

De acordo com a Figura 79, pode-se observar que a umidade relativa interna esteve, em cerca de 69% do tempo, abaixo de 80%, entre 50 e 70%. Umidades superiores a 80% foram observadas para temperaturas internas entre 23 e 30°C, entre 07:00h e 15:00h. De forma geral, caso houvesse um sistema de resfriamento evaporativo, este apresentaria possibilidade de potencialidade, proporcional à diferença de umidade relativa entre o valor atual e 80%.

Considerando que o sistema de resfriamento evaporativo poderia melhorar de eficiência, foi estimado através das propriedades psicrométricas do ar, as temperaturas horárias internas do ar associadas à umidade relativa de 80%, com o objetivo de determinar o quanto estas temperaturas poderiam reduzir com a umidificação do ambiente para o GALPÃO 1, conforme Figura 80.

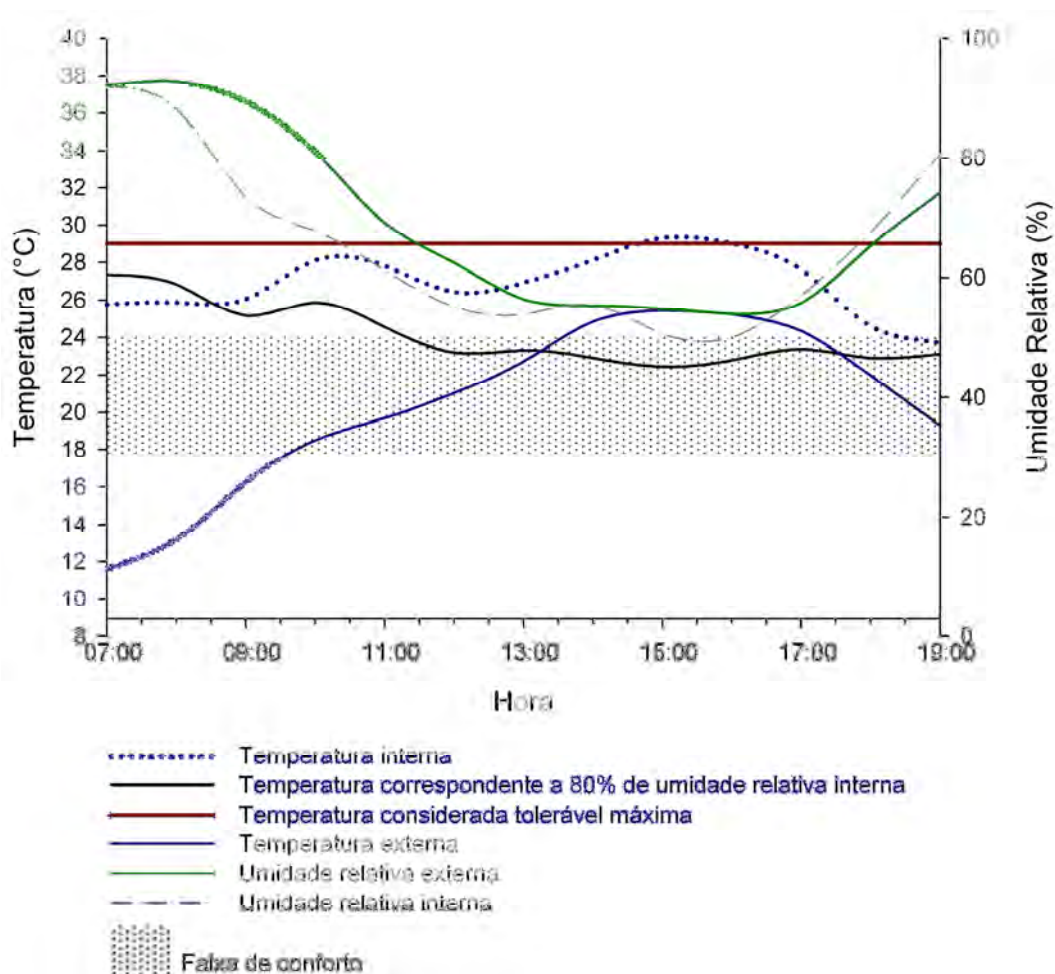


Figura 80. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, no período de 15 a 32 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 2 (Videira – Santa Catarina)

De acordo com a Figura 80, as temperaturas médias internas ficaram acima da faixa de conforto térmico durante todo o dia, variando entre 24 e 29°C, sendo que em 15% do tempo, esteve acima da temperatura considerada tolerável máxima para as aves. E, ainda, que de 09:30 até as 19:00h as temperaturas médias externas estiveram entre 18 e 26°C, com umidades relativas chegando a 57%. Observa-se também nesta figura que melhorando a eficiência do sistema de resfriamento evaporativo, principalmente nas horas mais quentes do dia, a temperatura interna do ar mudaria consideravelmente, ficando dentro da região de conforto das aves.

Vale ressaltar que com os valores de temperaturas médias externas observados o sistema de condicionamento térmico poderia ser desligado e as cortinas abertas em grande parte do tempo, proporcionando ampla ventilação, com conseqüente melhoria das condições térmicas ambientais para as aves e redução

no consumo de energia elétrica. O sistema de resfriamento evaporativo poderia trazer vantagens apenas entre 13:00 e 17:00 horas.

Devido às baixas temperaturas externas entre 07:00 e 09:00 horas, pode-se inferir que os materiais de fechamento do galpão, principalmente cortinas e cobertura, com pequenos ajustes poderiam propiciar melhores condições de conforto térmico às aves.

A Figura 81 representa a eficiência relativa do GALPÃO 2. No período considerado, a temperatura média externa foi de 15°C.

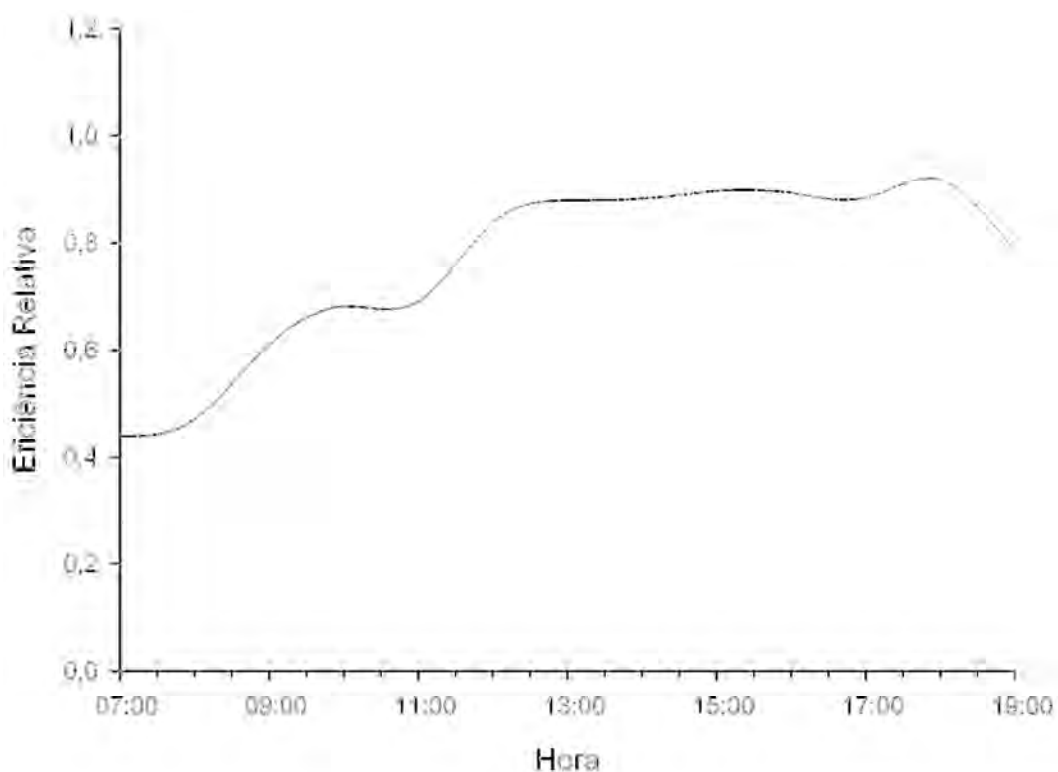


Figura 81. Eficiência relativa: GALPÃO 2 (Videira – Santa Catarina)

De acordo com a Figura 81, a eficiência relativa do galpão durante as horas mais frias do dia, entre 07:00 e 10:00h, apresentou valor médio de 0,54. Durante todo o tempo, a eficiência relativa foi inferior a 0,92. Quanto menor estes valores melhor capacidade do galpão em isolar as baixas temperaturas externas, inferindo que o galpão avaliado apresentou uma eficiência relativa ótima no período considerado.

Concluindo, o comportamento dos galpões apresentaram eficiência relativa ótima em isolar as baixas temperaturas externas nas horas mais frias do dia. Contudo, as condições térmicas ambientais internas se apresentaram desconfortáveis por calor para as aves. O sistema de resfriamento evaporativo, em

tese, poderia diminuir as temperaturas internas consideravelmente nas horas de maior radiação solar.

Vale ressaltar que as temperaturas médias externas estiveram relativamente próximas à faixa de conforto para as aves em grande parte do tempo. Neste intervalo o sistema de resfriamento evaporativo poderia ser desligado e as cortinas abertas, proporcionando ampla ventilação, com conseqüente melhoria das condições térmicas ambientais para as aves e redução no consumo de energia elétrica.

4.3.3 Pressão positiva em condições de inverno e telhas cerâmicas

O experimento foi conduzido em propriedade avícola comercial, no Município de Videira, Santa Catarina, localizado na latitude 27°00'S e longitude 51°09'O, a uma altitude de 750 m. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é Cfb (temperado, mesotérmico úmido e verão ameno) com médias térmicas entre 11 e 20°C e umidades relativas médias entre 75 e 87%.

A fase experimental foi realizada durante o mês de julho de 2004, em condições de inverno, com frangos de corte da linhagem *Cobb*, criados em densidade de 20 aves/m², e compreendeu o período de 15 a 31 dias de vida das aves, durante a fase de pós-aquecimento de um ciclo produtivo.

Para medição da temperatura e da umidade relativa do ar no ambiente interno foram utilizados *dataloggers* da marca HOBO®, com resolução de 0,1°C para temperatura e 1% para umidade, e exatidão de ±0,5°C e ±1% respectivamente. O monitoramento das variáveis climáticas foi realizado diariamente, em intervalos de hora em hora. Os *dataloggers* foram instalados no interior de cada galpão, ao nível das aves, a 0,25 m acima da cama.

4.3.3.1 Avaliação arquitetônica

A Tabela 26 apresenta as características arquitetônicas dos galpões em estudo, de forma simplificada.

Tabela 26. Características arquitetônicas dos galpões de pressão positiva em condições de inverno e telhas cerâmicas

Características construtivas	
Orientação	Leste-oeste
Dimensões (largura x comprimento)	12,0 x 100,00 m
Área	1200,0 m ²
Pé-direito	3,0 m
Muretas laterais	0,3 m
Cortinas	Polietileno
Fechamento lateral	Tela de arame (malha de 2,5 cm)
Forro	Polietileno, acionamento automático e fechamento de baixo para cima.
Cobertura	Cerâmica, sem pintura
Beiral	0,5 m
Inclinação	30%
Estrutura	Estrutura em madeira na cobertura apoiados em pilares de concreto
Observações	Materiais de cortinas, forro e cobertura se encontram em bom estado de conservação Presença de paisagismo circundante

Foram avaliados dois galpões similares (Figura 82), de um mesmo núcleo produtivo, posicionados lado a lado.



Figura 82. Vista externa dos galpões de aves de corte em Videira, Santa Catarina

Fonte: Menegali (2005)

Os galpões avaliados apresentaram tendência de atender as recomendações relativas ao acondicionamento térmico natural de acordo com o sugerido em literatura, exceto a ausência de forro, apresentando ainda, características arquitetônicas com o que é preconizado nesta região do Brasil.

4.3.3.2 Avaliação dos sistemas de acondicionamento térmico artificial

A Tabela 27 apresenta as características dos sistemas de acondicionamento térmico artificial dos galpões em estudo, de forma simplificada.

Tabela 27. Características dos sistemas de acondicionamento térmico artificial dos galpões de pressão positiva em condições de inverno e telhas cerâmicas

Sistemas de ventilação	
Tipo	Ventilador – axial de três hélices
Número	15
Localização	Sentido do comprimento espaçados a cada 4 m
Vazão	300 m ³ /min
Sistemas de resfriamento	
Não havia sistema de resfriamento evaporativo	

Os aviários eram equipados com sistemas de ventilação por pressão positiva em modo túnel, composto por 15 ventiladores posicionados em duas linhas no sentido do comprimento do galpão e sem nenhum sistema de resfriamento evaporativo.

De acordo com cálculos preliminares, o número de ventiladores estavam abaixo do recomendado, pois considerando a velocidade do ar de 2,5 m/s e as dimensões do galpão, um volume de ar igual a 5.040,0 m³ deveria ser removido do galpão por minuto. Desta forma, para ventiladores de 300 m³/min, seriam necessários aproximadamente 18 unidades. Os galpões em estudo possuíam 15 exaustores.

4.3.3.3 Avaliação das condições térmicas ambientais internas dos sistemas de condicionamento térmico artificial

A avaliação do ambiente térmico no interior dos galpões, considerou os dados horários de temperatura e umidade relativa do ar interno, ao nível das aves, das 07:00 às 19:00h, dos 15 aos 32 dias de vida das aves, para os 2 galpões avaliados.

O comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno do GALPÃO 1 em função da temperatura e hora do dia, é representado, na forma de superfície contínua e em traçados de curvas, na Figura 83.

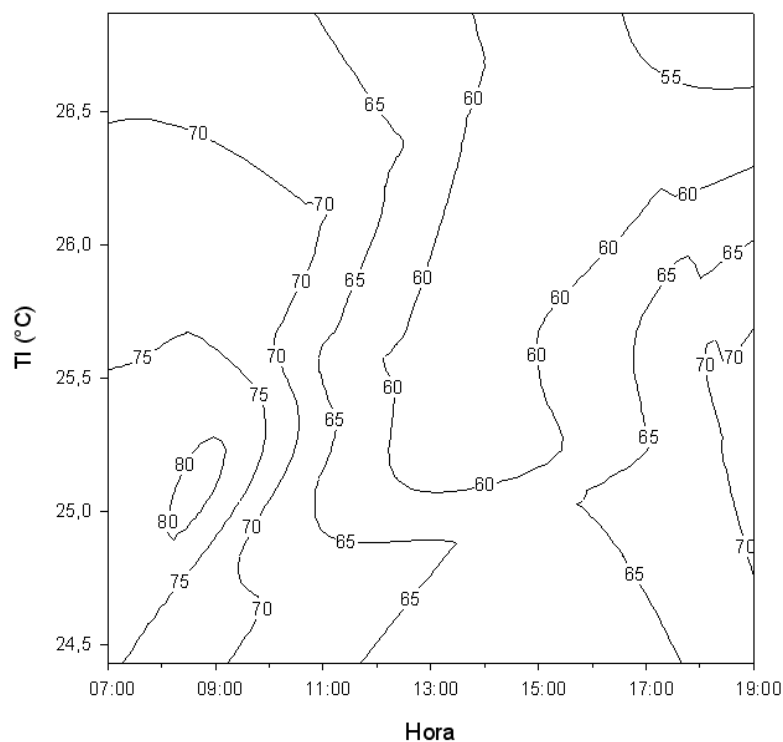
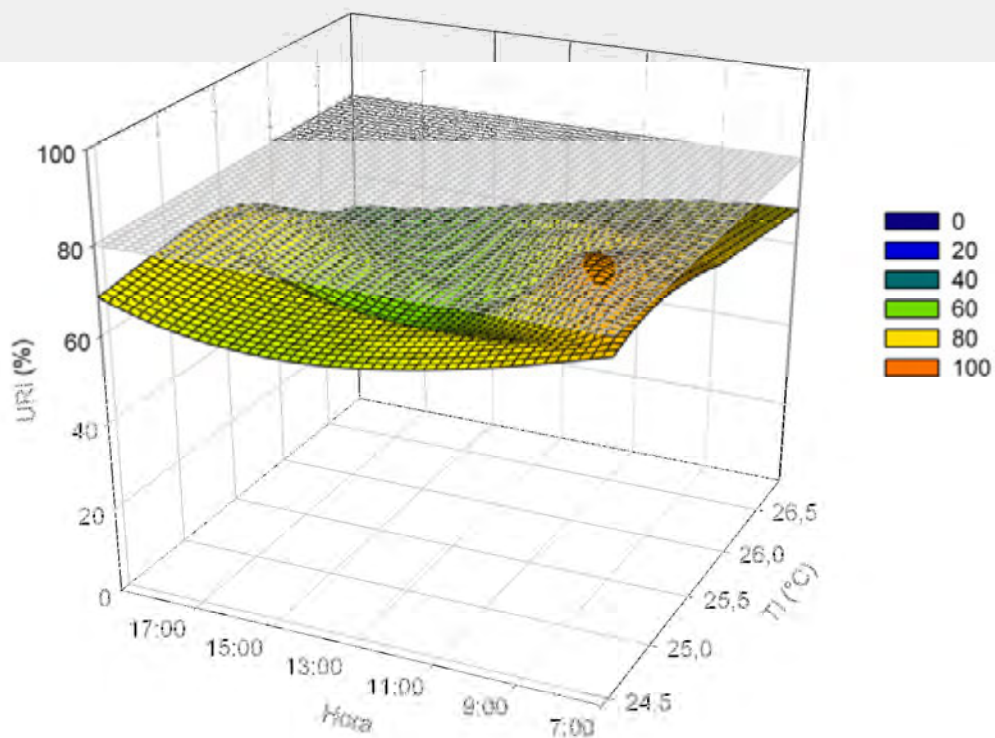


Figura 83. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 15 a 31 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão positiva em condições de inverno e telhas cerâmicas: GALPÃO 1 (Videira – Santa Catarina)

De acordo com a Figura 83, pode-se observar que a umidade relativa interna esteve, em mais de 90% do tempo, abaixo de 80%, chegando a 55%. Umidades superiores a 80% foram observadas apenas para temperaturas médias internas em torno de 25°C, entre 08:00h e 09:00h. De forma geral, caso houvesse um sistema de resfriamento evaporativo, este apresentaria possibilidade de potencialidade, proporcional à diferença de umidade relativa entre o valor atual e 80%.

Considerando a possibilidade de implantação de sistema de resfriamento evaporativo, foi estimado através das propriedades psicrométricas do ar, as temperaturas horárias internas do ar associadas à umidade relativa de 80%, com o objetivo de determinar o quanto estas temperaturas poderiam reduzir com a umidificação do ambiente para o GALPÃO 1, conforme Figura 84. Para a discussão seqüencial, foi representada na referida figura a faixa de temperatura entre 18 e 24°C, considerada de conforto térmico para as aves, assim como a linha corresponde à temperatura de 29°C, considerada de tolerância máxima.

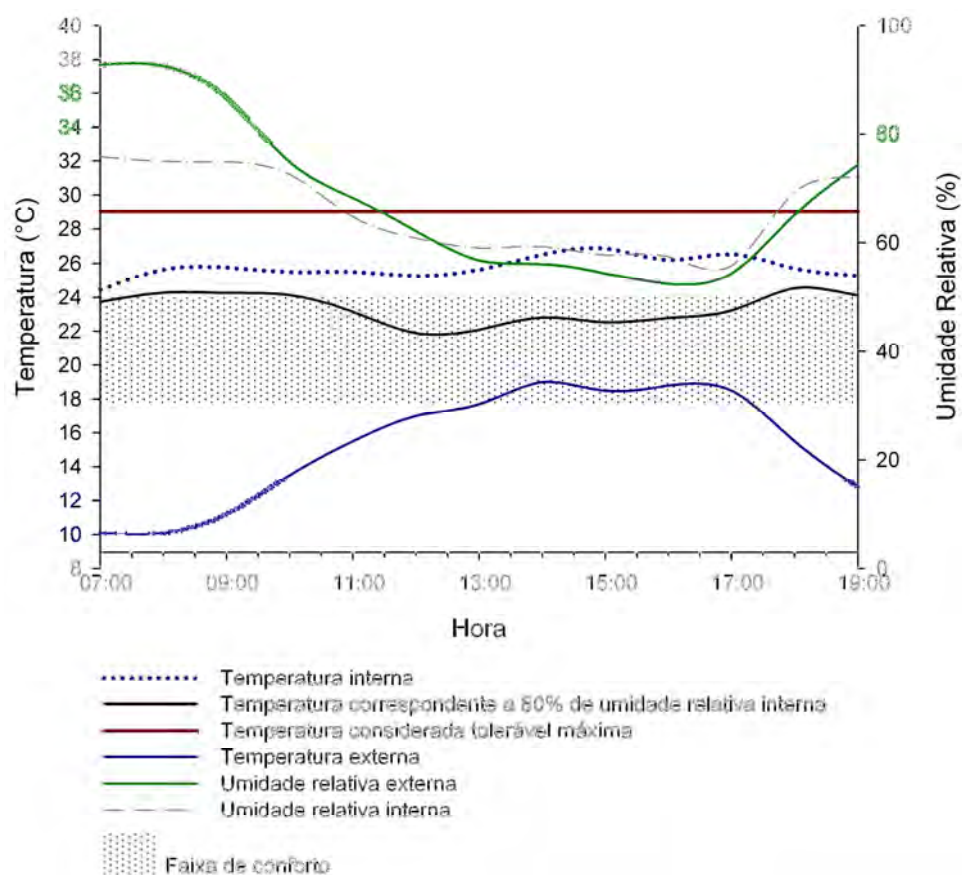


Figura 84. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, no período de 15 a 32 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 1 (Videira – Santa Catarina)

De acordo com a Figura 84, as temperaturas médias internas ficaram acima da faixa de conforto térmico durante todo o dia, variando entre 24 e 27°C, sendo que durante todo o tempo, esteve abaixo da temperatura considerada tolerável máxima para as aves.

Pode-se verificar também que nas horas mais quentes do dia, entre 13:00 e 17:00h, as temperaturas médias externas atingiram valores em torno de 18°C, com umidades relativas próximas de 57%, enquanto as temperaturas internas atingiram valores cerca de 27°C com umidades próximas a 55%.

Observa-se ainda na figura que, nas horas mais quentes do dia, a implantação de um sistema de resfriamento evaporativo poderia reduzir a temperatura interna em cerca de 3 a 4°C e possibilitaria que a mesma ficasse dentro da faixa de temperatura de conforto das aves.

Para avaliar o comportamento térmico do galpão foi considerada a relação entre a temperatura externa e a temperatura interna, que será denominada eficiência relativa. Este parâmetro, em condições de inverno, para temperaturas médias externas abaixo dos 18°C, quanto menor o valor obtido, maior será a eficiência do galpão em atenuar a temperatura externa em relação à temperatura interna.

A Figura 85 representa a eficiência relativa do GALPÃO 1. No período considerado, a temperatura média externa foi de 15°C.

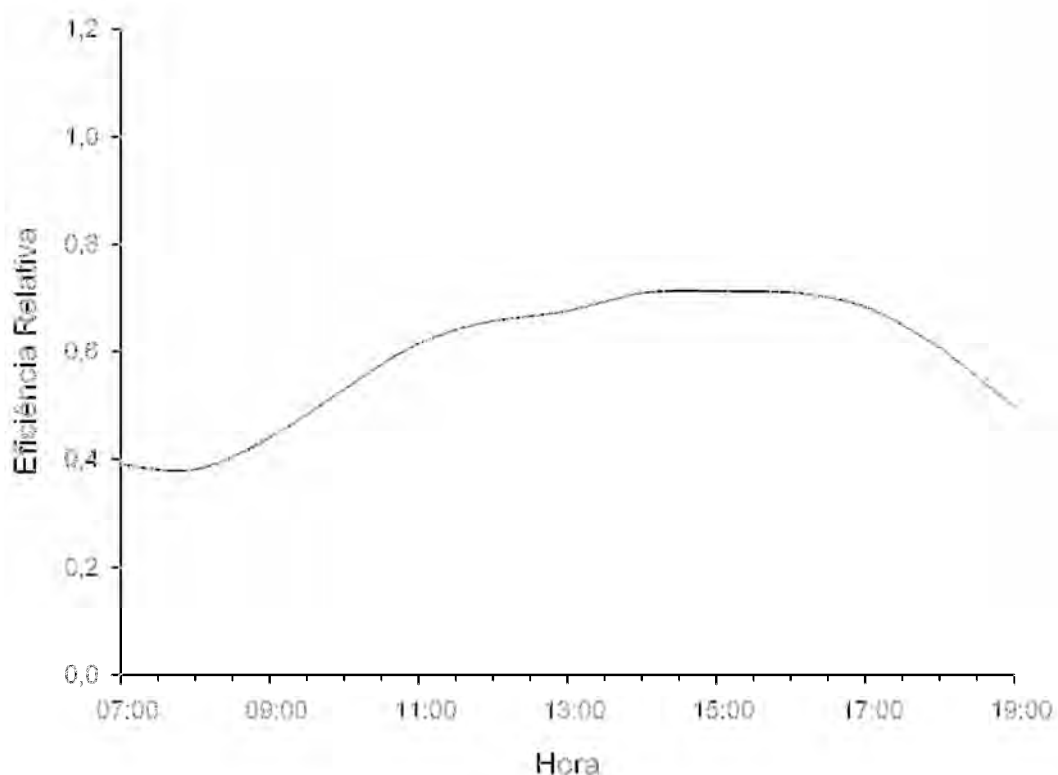


Figura 85. Eficiência relativa: GALPÃO 1 (Videira – Santa Catarina)

De acordo com a Figura 85, a eficiência relativa do galpão durante as horas mais frias do dia, entre 07:00 e 10:00h, apresentou valor médio de 0,42. Durante todo o tempo, a eficiência relativa foi inferior a 0,80. Quanto menor estes valores melhor capacidade do galpão em isolar as baixas temperaturas externas, inferindo que o galpão avaliado apresentou uma eficiência relativa ótima no período considerado.

O comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno do GALPÃO 2 em função da temperatura do ar é representado na Figura 86.

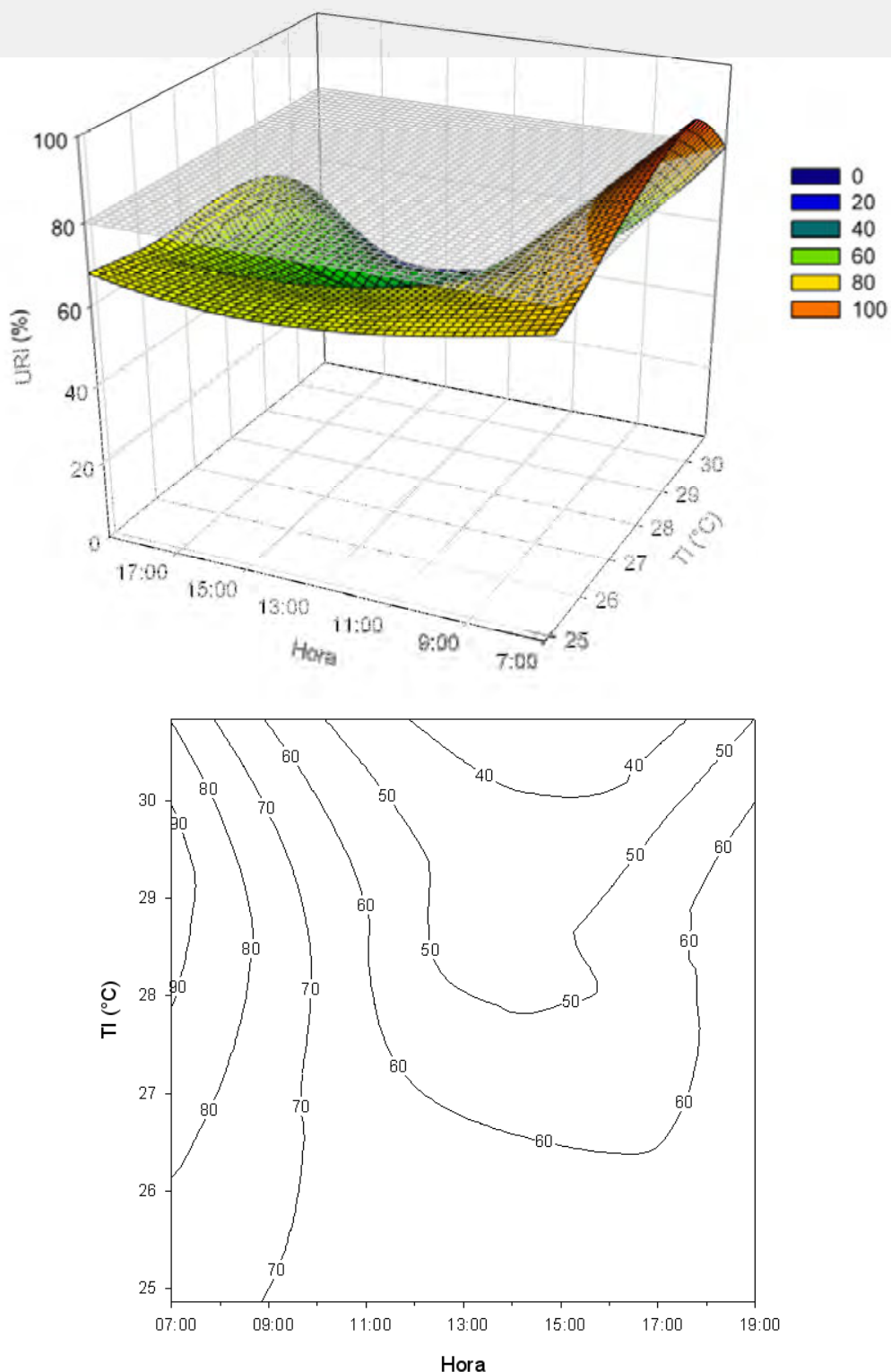


Figura 86. Comportamento da umidade relativa do ar no ambiente interno, no período de 15 a 32 dias de vida das aves, em função da temperatura do ar e hora do dia, para o galpão com sistema de pressão positiva em condições de inverno e telhas cerâmicas: GALPÃO 2 (Videira – Santa Catarina)

De acordo com a Figura 86, pode-se observar que a umidade relativa interna esteve, em cerca de 70% do tempo, abaixo de 80%, e chegando a 40%. Umidades superiores a 80% foram observadas para temperaturas internas entre 26 e 31°C, entre 07:00h e 09:00h. De forma geral, caso houvesse um sistema de resfriamento evaporativo, este apresentaria possibilidade de potencialidade, proporcional à diferença de umidade relativa entre o valor atual e 80%.

Considerando que a implantação de um sistema de resfriamento evaporativo poderia melhorar de eficiência, foi estimado através das propriedades psicrométricas do ar, as temperaturas horárias internas do ar associadas à umidade relativa de 80%, com o objetivo de determinar o quanto estas temperaturas irão reduzir com a umidificação do ambiente para o GALPÃO 2, conforme Figura 87.

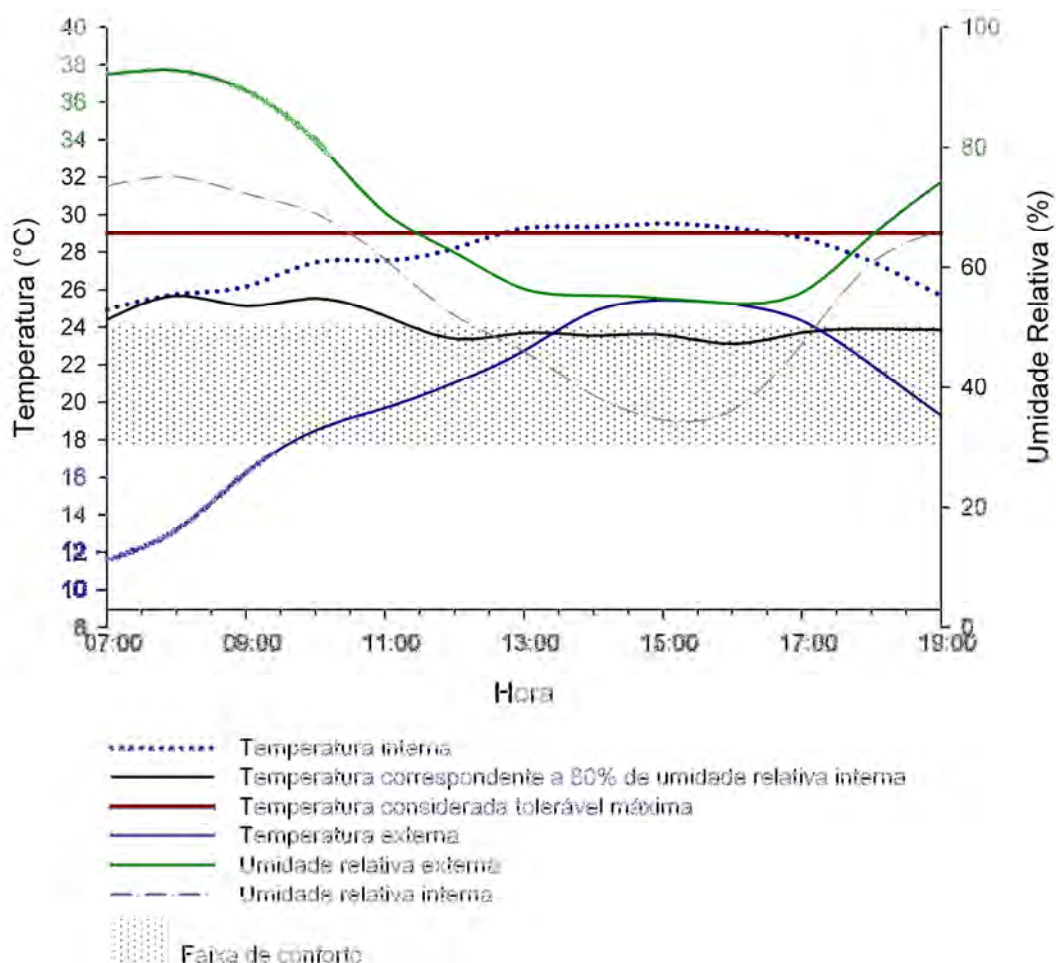


Figura 87. Valores médios de temperatura interna e externa, temperatura corrigida a 80% de umidade relativa interna, no período de 15 a 32 dias de vida das aves, em função da hora do dia, e representação da faixa de temperatura de conforto e temperatura de tolerância máxima: GALPÃO 2 (Videira – Santa Catarina)

De acordo com a Figura 87, as temperaturas médias internas ficaram acima da faixa de conforto térmico durante todo o dia, variando entre 25 e 30°C, sendo que em 31% do tempo, esteve acima da temperatura considerada tolerável máxima para as aves.

Pode-se verificar na referida figura que nas horas mais quentes do dia, entre 13:00 e 17:00h, as temperaturas médias externas atingiram 25°C, com umidades relativas próximas de 55%, e as temperaturas internas atingiram cerca de 29°C com umidades próximas de 54%. Observa-se ainda que implantando o sistema de resfriamento evaporativo, a temperatura interna do ar poderia diminuir em até 4°C, ficando dentro da faixa de conforto para as aves no período mais quente do dia.

Devido às baixas temperaturas no início do dia, pode-se inferir que os materiais de fechamento do galpão, principalmente cobertura e cortinas foram eficientes em isolar as baixas temperaturas externas.

A Figura 88 representa a eficiência relativa do GALPÃO 2. No período considerado, a temperatura média externa foi de 21°C.

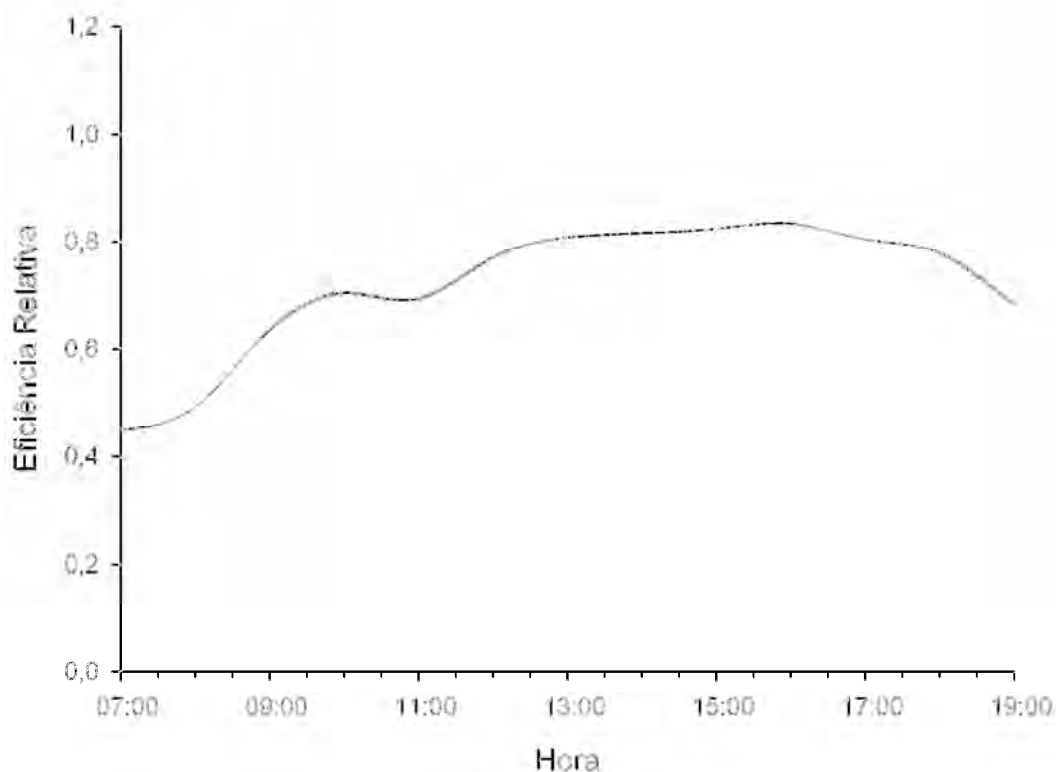


Figura 88. Eficiência relativa: GALPÃO 2 (Videira – Santa Catarina)

O fato de a temperatura média externa ter ficado em torno de 21 C° não caracterizou verão nem inverno, contudo de acordo com a Figura 88, a eficiência

relativa do galpão durante as horas mais frias do dia, entre 07:00 e 10:00h, apresentou valor médio de 0,56. Durante 60% do tempo, a eficiência relativa foi inferior a 0,80. Quanto menor estes valores melhor capacidade do galpão em isolar as baixas temperaturas externas, inferindo que o galpão avaliado apresentou uma eficiência relativa ótima no período considerado.

Concluindo, o comportamento dos galpões apresentaram eficiência relativa ótima em isolar as baixas temperaturas externas nas horas mais frias do dia. Vale ressaltar que as condições térmicas ambientais internas se apresentaram desconfortáveis para as aves. O sistema de resfriamento evaporativo, em tese, poderia diminuir as temperaturas internas em até 4C° nas horas de maior radiação solar.

5 CONCLUSÕES

Na **Região Centro-Oeste**, em geral, os galpões avícolas eram equipados com sistemas de resfriamento evaporativo e ventilação com pressão negativa, associados com nebulização ou placas evaporativas e, em alguns casos, aspersão sobre a cobertura, com telhas em aço galvanizado ou amianto.

- Os **galpões com cobertura de telhas de aço galvanizado** possuíam número de exaustores e área de entrada de ar subdimensionados. De forma geral, o sistema de resfriamento evaporativo funcionou satisfatoriamente. A eficiência relativa dos galpões foi considerada boa nas horas mais quentes do dia, contudo, as condições térmicas ambientais internas se apresentaram bastante desconfortáveis para as aves e a melhoria da eficiência do sistema de resfriamento evaporativo não traria grandes vantagens. Mesmo quando a umidade relativa externa era baixa, o sistema de resfriamento evaporativo não foi capaz de possibilitar temperaturas internas menores que a externa, permitindo inferir que, nestes horários, o sistema de condicionamento poderia ser desligado e as cortinas abertas, proporcionando melhores condições térmicas e menor consumo de energia elétrica. Em suma, merece atenção a estrutura de fechamento destes galpões, principalmente o material de cobertura, no que se refere à sua capacidade de isolamento térmico;
- Os **galpões com aspersão sobre a cobertura** apresentaram, nas horas de maior radiação solar, temperaturas médias internas cerca de 2°C mais baixas que os sem a aspersão;
- Os **galpões com cobertura de telhas de amianto pintadas de branco** possuíam número de exaustores, área das placas evaporativas e o número de bicos nebulizadores acima do esperado, contudo, o sistema de resfriamento evaporativo apresentou possibilidade de melhora. Nas horas de maior radiação solar, o

resfriamento evaporativo e a pintura da cobertura foram importantes na diminuição das temperaturas internas. O comportamento dos galpões foi considerado ótimo, no entanto, observaram-se desgastes dos materiais de fechamento com o tempo.

Na **Região Sudeste**, em geral, os galpões avícolas avaliados eram equipados com sistemas de ventilação com pressão positiva, sem resfriamento evaporativo, e possuíam cobertura com telhas de amianto ou cerâmica.

- Os **galpões com cobertura de telhas de amianto, em condições de inverno e intermediárias**, possuíam número de ventiladores abaixo do recomendado. As temperaturas médias internas estiveram acima da faixa de conforto das aves em apenas poucas horas do dia. A adição do sistema de resfriamento evaporativo, nas horas mais quentes do dia, poderia diminuir em média 3°C a temperatura do ar interna. O comportamento dos galpões apresentou eficiência relativa razoável, portanto, merece atenção, para possível melhoria nas horas mais frias do dia, uma avaliação da estrutura de fechamento, como cortinas e forros.
- Os **galpões com cobertura de telhas cerâmicas, em condições de inverno**, possuíam número de ventiladores abaixo do recomendado. As temperaturas médias internas estiveram na maioria do tempo acima da faixa de conforto para as aves e, em todo o tempo, abaixo da temperatura máxima tolerável. A adição do sistema de resfriamento evaporativo poderia diminuir, em média, 2°C a temperatura do ar interna, possibilitando condições dentro da faixa de conforto para as aves. O comportamento dos galpões apresentou eficiência relativa ótima, em isolar as baixas temperaturas externas nas horas mais frias do dia.

Na **Região Sul** os galpões avícolas possuíam variados tipos de cobertura e sistemas de condicionamento térmico. De forma geral, o número de exaustores ou ventiladores estiveram abaixo do esperado e as temperaturas médias internas estiveram acima da faixa de conforto para as aves, e em algumas períodos, acima da temperatura máxima tolerável, e a melhoria do sistema de resfriamento evaporativo existente, ou implantação do mesmo, poderia contribuir sobremaneira para a redução da temperatura interna até os níveis da faixa de conforto.

- Os **galpões de pressão negativa em condições de verão com cobertura de telhas de amianto e os galpões de pressão positiva em condições de verão com cobertura de telhas de aço galvanizado** apresentaram eficiência considerada apenas boa, tornando-se importante uma avaliação da estrutura de fechamento, principalmente do material de cobertura e possibilidade de infiltrações de ar ao longo dos mesmos. A presença de paisagismo circundante ao galpão e arborização adequada poderia contribuir de maneira significativa na diminuição da carga térmica radiante sobre os galpões.
- Os **galpões de pressão negativa em condições de inverno com cobertura de telhas de alumínio e os galpões de pressão positiva em condições de inverno com cobertura de telhas cerâmicas** apresentaram eficiência relativa considerada ótima em isolar as baixas temperaturas externas nas horas mais frias do dia. Contudo, as condições térmicas ambientais internas se apresentaram desconfortáveis por calor para as aves no período quente e o sistema de resfriamento evaporativo, em tese, poderia diminuir as temperaturas internas consideravelmente. Como as temperaturas médias externas estiveram relativamente próximas à faixa de conforto para as aves em grande parte do tempo, neste intervalo, o sistema de resfriamento evaporativo poderia ser desligado e as cortinas abertas, proporcionando ampla ventilação, com conseqüente melhoria das condições térmicas ambientais para as aves e redução no consumo de energia elétrica.

REFERÊNCIAS

ABEF – Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frango. **Relatório anual 2008/2009**. Disponível em: <http://www.abef.com.br/portal/_clientes/abef/cat/Abef%0RA_4021.pdf>. Acesso em: 02 de agosto de 2009.

ABREU, P.G.; ABREU, V.M.N.; MAZZUCO, H. Uso do resfriamento adiabático evaporativo. **EMBRAPA-CNPSA**. 1999. 51p.

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Diagnóstico bioclimático: qual sua importância na produção de aves. **Revista Avicultura Industrial**, n.1093, p.16 – 20, 2001.

ABREU, P.G. **Sistemas de Produção de Frangos de Corte**. 2003. Disponível em: <http://sistemaproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ave/ProducaodeFrangodeCorte/Instalacoes.html>. Acesso em 03 de novembro de 2007.

ABREU, P. G., ABREU, V. M. N. de. **Ventiladores na produção de aves**. 2004. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/cot384.pdf>. Acesso em: 19 de setembro de 2007.

ABREU P.G., ABREU V.M.N., COLDEBELLA A., JAENISCH F.R.F., PAIVA D.P. Condições térmicas ambientais e desempenho de aves criadas em aviários com e sem o uso de forro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59 n 4, p.1014-1020, 2007.

ALVES, S. P.; RODRIGUES, E. H. V. Sombreamento arbóreo e orientação de instalações avícolas. **Thesis**, v.3, n.1, p. 94-103, 2005.

ANUALPEC – **Anuário Brasileiro de Aves e Suínos 2009**. Silvio Corrêa, *et al.*. Santa Cruz do Sul: RS. Editora Gazeta Santa Cruz, 2007. 120p.: il.

AKUTSU, M; LOPES, D. Simulação do desempenho térmico de edificações. In: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. **Tecnologia de edificações**. São Paulo: Pini. 1988.

AVILA, V. S. **Aspectos importantes a considerar na criação de frangos de corte no período frio**. 2004. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_artigos/artigos_e1o5111t.html>. Acessado 12/09/2007.

BAIÃO, N. C. Efeitos da alta densidade populacional sobre o ambiente das instalações avícolas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AMBIÊNCIA E INSTALAÇÕES NA AVICULTURA INDUSTRIAL, 1995, São Paulo, **Anais...** São Paulo, p.67-75, 1995.

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

BAÊTA, F. da C. Acondicionamento térmico natural de galpões avícolas. In: SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA, 1998, Goiânia. **Anais...** Goiânia: p. 29 – 34, 1998.

BOND, T. E., NEUBAUER, L. W., GIVENS, R. L. The influence of slope and orientation on effectiveness of livestock shades. **Transactions of the ASAE**, v.19, n.11, p.134-136, 1976.

BROOM, D. M., MOLETO, C. F. M. Bem-estar animal: conceitos e questões relacionadas – revisão. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 158 – 200, 2004.

BUENO, C.L. **Estudo da atenuação da radiação solar incidente por diferentes indivíduos arbóreos**. 178 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

CAMPOS, A. T. **Determinação dos índices de conforto e da carga térmica de radiação em quatro tipos de galpões, em condições de verão para Viçosa, MG**. 1986. 66 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 1986.

CARVALHO, V. F. de. **Modelagem e zoneamento do ambiente térmico para avaliar o desempenho de frangos de corte criados em galpões climatizados**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2006.

CARVALHO, V. F. de.; YANAGI JUNIOR, T.; FERREIRA, L.; DAMASCENO, F. A.; SILVA, M. P. Zoneamento do potencial de uso de sistemas de resfriamento evaporativo no sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 358-366, 2007.

COSTA, E. C. da. **Arquitetura ecológica: condicionamento térmico natural**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1982. 264 p.

CURTIS, S.E. **Environmental management in animal agriculture**. Ames: The Iowa State University Press, 1983. 409p.

DAMASCENO, F. A. **Bem-estar do animal e do trabalhador em galpões avícolas climatizados**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2008.

ESMAY, L. M., DIXON, J. E. **Environmental control for agricultural buildings**. The AVI Publishing Company, Inc. 1986. 287 p.

FREEMAN, B.M. The relationship between oxygen consumption, body temperature and surface area in the hatching and young chick. **Poultry Science**, Champaign, v. 6, p. 67-72, 1965.

FREITAS, L. A. R.; BERTOGLIO, O.; NUNES, O. M. A tecnologia na avicultura industrial brasileira. In: XII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2002, Curitiba, **Anais...** Curitiba, p.01-08, 2002.

FURLAN, R.L. Influência da temperatura na produção de frangos de corte. In: VII SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, 2006, Chapecó, **Anais...** Chapecó: p.104-135, 2006.

GATES, R. S.; ZHANG, S. H., COLLIVER, D. G., OVERTHULTS, D. G. Regional variation in temperature humidity index for poultry housing. **Transactions of the Asae**, v. 38, 197 – 205. 1995.

GIROTTO, A. F., ÁVILA, V. S. **Sistemas de produção de frangos de corte**. 2003. Disponível em: <http://sistemaproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ave/ProducaodeFrangodeCorte/index.html>. Acesso em: 19 de setembro de 2007.

GIROTTO, A. F.; SOUZA, M. V. N de. **Metodologia para cálculo do custo de produção de frango de corte - versão 1**. Concórdia, SC. Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2006. 29p.

GHELFI FILHO, H.; SILVA, I.J.O.; MOURA, D.J.; CONSIGLIERO, F.R. Índice de conforto térmico e CTR para diferentes materiais de cobertura em três estações do ano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, Londrina. **Anais...** Londrina, p.94-110, 1992.

GUISELINI, C.; SILVA, I.J.O.; PIEDADE, S.M.P. Avaliação da qualidade do sombreamento arbóreo no meio rural. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.3, p.380-384, 1999.

HOOGENBOOM, G. Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its applications. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 103, p. 137 – 157, 2000.

KELLY, C. F., BOND, T. E., ITTNER, N. R. Thermal design of livestock shades. **California Agriculture**, vol. 8, n. 8, p. 3-4, 1954.

LIMA, A. M. C. **Avaliação de dois sistemas de produção de frangos de corte: uma visão multidisciplinar**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2005.

MACARI, M.; FURLAN, R.L. Ambiência na produção de aves em clima tropical. In: SILVA, I. J. O. da. **Ambiência na Produção de Aves em Clima Tropical**. Piracicaba: FUNEP, 2001, v. 1, p. 31-87.

MACARI, M.; FURLAN, R.L.; MAIORKA, A. Aspectos fisiológicos e de manejo para manutenção da homeostase térmica e controle de síndromes metabólicas. In: MENDES, A. A.; NÃÃS, I. de A.; MACARI, M. **Produção de frangos de corte**. Campinas: FACTA, 2004, cap. 9, p. 137-156.

MACHADO, N. S. **Arrefecimento térmico de aviários por aspersão, com vista ao uso de água de chuva, no centro-oeste brasileiro**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

MATIAS, A. B.; MEIRELLES, J. L. F.; CALDEIRA, L. C. **Estratégia, investimento e competitividade da indústria avícola brasileira**. Disponível em: <www.ead.fea.usp.br/semead/6semead/PNEE/019PNEE%20-%20Estrat%E9gia%20Investimento%20e%20Competitividade.doc>. Acesso em: 22 de agosto de 2007.

MAZON, A.A.O.; SILVA, R.G.O.; SOUZA, H.A. Ventilação natural em galpões: o uso de lanternins nas coberturas. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 59, n. , p.: 179-184, 2006.

MEDEIROS, C. M.; BAÊTA, F. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; TINÔCO, I. de F. F.; ALBINO, L. F. T.; CECON, P. R. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, v. 13, n. 4, p. 277-286, 2005.

MENDES, A. A.; SALDANHA, E. S. P. B. A cadeia produtiva da carne de aves no Brasil. In: MENDES, A. A.; NÄÄS, I. de A.; MACARI, M. **Produção de frangos de corte**. Campinas: FACTA, 2004, cap. 1, p. 01-22.

MENEGALI, I. **Diagnóstico da qualidade do ar na produção de frangos de corte em instalações semi-climatizadas por pressão negativa e positiva, no inverno, no sul do Brasil**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.

MENEGALI, I. **Avaliação de diferentes sistemas de ventilação mínima sobre a qualidade do ar e o desempenho de frangos de corte**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

MIRAGLIOTTA, M. Y. **Avaliação das condições do ambiente interno em dois galpões de produção comercial**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2005.

MOLENTO, C. F. M. Bem-estar animal: qual a novidade. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v. 35, supl. 2, p. 224 – 226, 2007.

MORAES, S. R. P. ; TINÔCO, I. F. F. ; BAÊTA, F. C. ; CECON, P. R. ; OLIVEIRA, A. L. R. Efetividade das coberturas de barro, cimento-amianto e alumínio em associação à aspersão, materiais isolantes e reflexivos, em modelos reduzidos de galpões avícolas, no verão. In: II SIMPÓSIO MINEIRO DE AVICULTURA, Belo Horizonte, **Anais....** Belo Horizonte, p. 63-67, 1999.

MOURA, D.J.; NÄÄS, I.A. Avaliação da eficiência térmica de instalações avícolas sombreadas e ventiladas artificialmente, em diferentes orientações no período de verão. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.1, n. 3, p.167-174, 1999.

MOURA, D. J. de M. Ambiência da produção de aves de corte. In: SILVA, I. J. O. da. **Ambiência na Produção de Aves em Clima Tropical**. Piracicaba: FUNEP, 2001, v. 2, p. 75-148.

NÄÄS, I.A.; MOURA, D.J.; LANGANÁ, C.A. A Amplitude térmica e seu reflexo na produtividade de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Curitiba, **Anais...** Curitiba, p.203-204, 1995.

NÄÄS, I.A. Ventilação e climatização para frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, São Paulo, **Anais...** São Paulo, p. 113 – 119, 1997.

NÄÄS, I.A. Modelos de aviários de frango de corte em termos estruturais e de isolamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE EM CLIMA QUENTE, Maringá, **Anais...** Maringá, p.50-63, 2000.

OLIVEIRA, P. A. V.; GUIDONI, A. L.; BARONI JÚNIOR, W. DALMORA, V. J.; CASTANHA, N. Efeito do tipo de telha sobre o acondicionamento ambiental e o desempenho de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, Curitiba. **Anais...**, Curitiba, p. 297-298.

PEREIRA, A. K. **Fatores térmicos ambientais e qualidade do ar no desempenho produtivo de frangos de corte criados em alta densidade sob sistemas de ventilação positiva.** 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

RESENDE, O., ALVES, J., RODRIGUES, S. B. Caracterização de instalações avícolas em diversos municípios do Estado de Rondônia. **Global Science and Technology**, v. 1, n. 9, p.71 - 81, 2008.

RODRIGUES, E. H. V., ARAÚJO, R. C. L., SILVA, I. J. O., NÄÄS, I. de A. Influência da orientação sobre a intensidade de radiação solar em instalações destinadas à criação de frangos de corte. In: Conferência Apinco de Ciências e Tecnologias Avícolas, Curitiba, **Anais...**, p. 269 – 270, 1995.

SANTOS, R. C.; TINÔCO, I.F.de F.; PAULA O. M., SILVA J. N da. Análise de coberturas com telhas de barro e alumínio, utilizadas em instalações animais para duas distintas alturas de pé-direito. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n. 1, p.142-146, 2002.

SANTOS, P. A. dos. **Qualidade do ar, conforto térmico e desempenho de frangos de corte em dois sistemas de aquecimento e ventilação.** Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

SARMENTO, L. G. V.; DANTAS, R. T.; FURTADO, D. A.; NASCIMENTO, J. W. B.; SILVA, J. H. V. Efeito da pintura externa do telhado sobre o ambiente climático e o desempenho de frangos de corte. **Agropecuária Técnica**, Areias, v. 26, n. 2, p. 152-159, 2005.

SARTOR, V., BAÊTA, F. C., ORLANDO, R. C, LUZ, M, L., TINÔCO, I. de F. Efeito de sistemas de resfriamento evaporativo em instalações para frangos de corte. **Revista Engenharia Agrícola**, v.20, n. 2, p.87-97, 2000.

SEVEGNANI, K.B.; GHELFI FILHO, H.; SILVA, I.J.O. da. Comparação de vários materiais de cobertura através de índices de conforto térmico. **Scientia Agricola**, v. 51, n. 1,p. 1-7, 1994.

SEVERO, J. C. de A., YANAGI JÚNIOR, T., SANTOS, S. de N. M. dos., SILVA, J. P. da, BORGES, G., TEIXEIRA, V. H. Desenvolvimento de um software para predição do ambiente térmico no interior de galpões agropecuários. **Revista Brasileira de Agroinformática**, v. 5, n. 2, p. 59 – 72, 2003.

SILVA, C. E. **Comparação de painéis evaporativos de argila expandida e celulose para sistemas de resfriamento adiabático do ar em galpões avícolas com pressão negativa em modo túnel.** 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

SILVA, M. P. **Zoneamento bioclimático para produção avícola no território brasileiro.** 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

SILVA, A., NÄÄS, I. de A. Equipamentos para aquecimento e refrigeração. In: MENDES, A. A.; NÄÄS, I. de A.; MACARI, M. **Produção de frangos de corte**. Campinas: FACTA, 2004, cap. 5, p. 85-96.

TEIXEIRA, V. H. Instalações para Aves. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIAS AVÍCOLAS, 1991, Campinas. **Anais...** 1991. p. 31 – 36.

TINÔCO, I.F.F. Planejamento de instalações avícolas face às variações de temperatura - reprodutoras. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AMBIÊNCIA E INSTALAÇÃO NA AVICULTURA INDUSTRIAL, 1995, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 1995. p. 113-122.

TINÔCO, I. de F. F., RESENDE, P. L. **Produção de frango de corte em alta densidade**. Viçosa: Manual CPT – Centro de Produção Técnicas, 1997. 20p.

TINÔCO, I.F.F. Ambiência da produção de aves de corte. In: SILVA, I. J. O. da. **Ambiência na Produção de Aves em Clima Tropical**. Piracicaba: FUNEP, 2001, v. 2, p. 1-74.

TINÔCO, I. de F. F.; FIGUEIREDO, J. L. A.; SANTOS, R. C.; PAULA, M. O. de; VIGODERIS, R. B.; PUGLIESI, N. L. Avaliação de materiais alternativos utilizados na confecção de placas porosas para sistemas de resfriamento evaporativo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 142-146, 2002.

TINÔCO, I. de F. F. A granja de frangos de corte. In: MENDES, A. A.; NÄÄS, I. de A.; MACARI, M. **Produção de frangos de corte**. Campinas: FACTA, 2004, cap. 4, p. 55-82.

TINÔCO, I. de F. F.; GATES, R. S. A granja de frangos de corte. In: MENDES, A. A.; NÄÄS, I. de A.; MACARI, M. **Ambiência e construções para matrizes pesadas**. Campinas: FACTA, 2005, cap. 1, p. 11-31.

TINÔCO, I. de F. F., OSÓRIO, J. A. Control ambiental y la agroindustria de producción animal en el Brasil y América Latina. CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, 2008, Medellín. **Anais...** 2008.

UBA – União Brasileira de Avicultura. **Relatório anual 2008/2009**. Disponível em: <<http://www.uba.org.br>>. Acesso em: 04 de agosto de 2009.

UNION EUROPEA. Propuesta de directiva del consejo. **Disposiciones mínimas para la proteccion de los pollos destinados a la producción de carne**. 2006. Disponível em: <<http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/f82002.htm>>. Acesso em 24 de agosto de 2007.

USDA – United States Department of Agriculture. **Livestock and poultry: world markets and trade**. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/dlp/circular/2009/livestock_poultry_04-2009.pdf>. Acesso em: 22 de agosto de 2009.

VIGODERIS, R. B.; TINÔCO, I. de F. F.; LACERDA FILHO, A. F. de; SILVA, J. N. da; GATES, R. S.; PAULI, D. G. de; SILVA, C. E. da; GUIMARÃES, M. C. de C. Construção de túnel de vento reduzido, visando a avaliação de argila expandida em sistemas de resfriamento adiabático evaporativo para arrefecimento térmico em

galpões de produção animal. **Engenharia na Agricultura**, v. 15, n. 3, p. 191-199, 2007.

WELKER, J. S., ROSA, A. P., MOURA, D. J., PADOIN, L. M., CATELAN, F., UTTPATEL, R. Temperatura corporal de frangos de corte em diferentes sistemas de climatização. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 8, p. 1463-1467, 2008.

YANAGI JUNIOR, T.. **Inovações tecnológicas na bioclimatologia animal visando aumento da produção animal: relação bem estar animal x clima**. 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/ITBA/Index.htm>. Acesso em: 12/9/2007

YANAGI JR, T., CARVALHO, V. C., YANAGI, S. N. M., DAMASCENO, F. A. Modelagem da eficiência de resfriamento (η) evaporativo em sistemas de placas porosas umedecidas. In: XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBEA, 2006. 4p.

ZOLNIER, S. **Potencialidade da utilização do sistema de resfriamento adiabático evaporativo na produção de leite**. 1991. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1991.