

JANICE MARIA COELHO BARNABÉ

**PROGRAMAS DE ILUMINAÇÃO EM AMBIENTES CLIMATIZADOS PARA
SUÍNOS NAS FASES DE CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO**

RECIFE

2018

JANICE MARIA COELHO BARNABÉ

**PROGRAMAS DE ILUMINAÇÃO EM AMBIENTES CLIMATIZADOS PARA
SUÍNOS NAS FASES DE CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO**

Orientador: Prof. Dr. Héilton Pandorfi

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Engenharia Agrícola.

RECIFE

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Centra, Recife-PE, Brasil

B259p Barnabé, Janice Maria Coelho
Programas de iluminação em ambientes climatizados para
suínos nas fases de crescimento e terminação / Janice Maria Coelho
Barnabé. – 2018.
113 f. : il.

Orientador: Héilton Pandorfi.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola,
Recife, BR-PE, 2018.
Inclui referências.

1. Suíno – Criação 2. Confinamento (Animais) - Instalações
3. Confinamento (Animais) – Iluminação 4. Controle de temperatura
I. Pandorfi, Héilton, orient. II. Título

CDD 631

JANICE MARIA COELHO BARNABÉ

**PROGRAMAS DE ILUMINAÇÃO EM AMBIENTES CLIMATIZADOS PARA
SUÍNOS NAS FASES DE CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO**

Tese defendida e aprovada pela banca examinadora em 31 de julho de 2018.

Orientador:

Prof. Dr. Héilton Pandorfi (DEAGRI - UFRPE)

Examinadores:

Prof. Dr. José Antônio Delfino Barbosa Filho (UFC)

Profa. Dra. Mônica Calixto Ribeiro de Holanda (UAST/UFRPE)

Prof. Dr. Marco Aurélio Carneiro de Holanda (UAST/UFRPE)

Prof. Dr. Gledson Luiz Pontes de Almeida (DEAGRI - UFRPE)

Tudo posso naquele que me fortalece.

Filipenses 4:13

*A Deus;
Aos meus pais José Lins e Edileuza;
Aos meus irmãos Jussara e Alex;
Ao meu filho Leonardo e
As minhas tias Eçy, Graça e Zenaíde.*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder a graça de viver, pela família e amigos que me deu e por sempre abençoar todos os meus projetos de vida.

Aos meus pais José Lins Barnabé e Edileuza Maria Coelho Barnabé, por me ensinarem os princípios do respeito e honestidade, pelas renúncias que fizeram em prol dos meus estudos, pelo amor e apoio em todos os momentos.

Aos meus irmãos Jussara Adriene Coelho Barnabé e José Alex Coelho Barnabé, pela contribuição no meu crescimento pessoal, pelo amor e incentivo.

Ao meu filho Leonardo Vitor Coelho de Mesquita, que é a fonte das minhas forças e razão pela qual eu luto por dias melhores. Por sua paciência e compreensão nos meus muitos momentos de ausência dedicados a vida acadêmica, e por sempre me receber com seu sorriso de luz.

Às minhas tias Eçy Lins Barnabé, Maria das Graças Lins Barnabé e Zenaíde Lins Barnabé, pelo amor e zelo materno, apoio e incentivo em todos os momentos.

Ao meu primo Paulo Ricardo Barbosa Lins “Em Deus”, pelos momentos compartilhados, amizade e incentivo que me ofereceu durante a sua breve jornada aqui na terra.

Aos demais familiares que incentivam o meu trabalho e crescimento pessoal.

Ao professor Dr. Héilton Pandorfi, pelo exemplo de profissional e ser humano que é, pela orientação atenciosa, disponibilidade em todas as horas, paciência, ensinamentos e confiança.

À professora Dra. Cristiane Guiselini, pelo apoio e incentivo desde a graduação.

Aos professores Dra. Mônica Calixto Ribeiro de Holanda e Dr. Marco Aurélio Carneiro de Holanda, os quais não hesitaram em acolher esta pesquisa no Biotério de Experimentação com Suínos da Unidade Acadêmica de Serra Talhada (BES-UAST), por toda generosidade, disponibilidade e ensinamentos.

Ao professor Dr. Gledson Luiz Pontes de Almeida, pelas valiosas contribuições, atenção e disponibilidade.

Ao professor Dr. José Luiz Sandes de Carvalho Filho, pela contribuição na análise estatística.

À professora Dra. Elvira Maria Regis Pedrosa, por ter acreditado no meu potencial ao abrir as portas para o meu primeiro estágio de iniciação científica.

Aos amigos, os quais a lista é numerosa, sendo mais conveniente não citar nomes a fim de não cometer omissões acidentais. Agradeço pelo companheirismo, encorajamento, cumplicidade e alegrias.

Ao estagiário Adiel Vieira de Lima, pela sua valiosa contribuição na execução das atividades em campo, pela sua dedicação e atenção.

Ao estagiário Wesley Amaro da Silva pela sua dedicação e contribuição durante a fase de análise dos dados.

Ao Grupo de Pesquisa em Ambiência (GPESA), pela colaboração, em especial Aline Carvalho de Lucena, pela amizade construída e contribuição na análise dos dados e Nicolly Farias Gomes que compartilhou comigo a execução desta pesquisa, dividindo todas alegrias e dificuldades que tivemos.

Aos alunos do Grupo de Pesquisa em Aves e Suínos (GESA), pela enorme contribuição nas atividades em campo, pelo comprometimento, disposição mesmo nos finais de semana e feriados, pelo acolhimento e bons momentos de descontração.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), por ter sido a minha segunda casa desde a graduação até o doutorado. Imensa gratidão e respeito tenho pela “nossa Ruralinda”.

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos funcionários da UAST que se mobilizaram para ajudar na instalação e condução do experimento.

Ao povo de Serra Talhada, pela calorosa acolhida que recebi durante o período experimental.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização desta pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ofereço os meus sinceros agradecimentos!

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| LISTA DE FIGURAS | xi |
| LISTA DE TABELAS | xv |
| RESUMO | 17 |
| ABSTRACT | 18 |
| 1. INTRODUÇÃO | 20 |
| 2. HIPÓTESES | 22 |
| 3. OBJETIVOS | 22 |
| 3.1 Objetivos específicos | 22 |
| 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 23 |
| 4.1 Bem-estar para suínos | 23 |
| 4.2 Conforto térmico animal | 26 |
| 4.2.1 Trocas térmicas | 27 |
| 4.3 Índices de conforto térmico | 28 |
| 4.4 Respostas fisiológicas de adaptação | 29 |
| 4.4.1 Temperatura Retal | 30 |
| 4.4.2 Frequência Respiratória | 30 |
| 4.4.3 Temperatura da superfície | 31 |
| 4.5 Indicadores comportamentais de suínos | 31 |
| 4.6 Sistemas de climatização | 33 |
| 4.6.1 Ventilação forçada | 34 |
| 4.6.2 Sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE) | 35 |
| 4.7 A visão dos suínos | 37 |
| 4.7.1 Programas de iluminação | 38 |
| 5. MATERIAL E MÉTODOS | 41 |
| 5.1 Localização da pesquisa | 41 |
| 5.2 Instalações | 42 |
| 5.3 Seleção e distribuição dos animais | 43 |
| 5.4 Fatores de variação | 43 |
| 5.4.1 Sistemas de climatização | 43 |
| 5.4.2 Programas de iluminação | 44 |
| 5.5 Manejo nutricional dos animais | 47 |
| 5.6 Levantamentos dos dados | 49 |
| 5.6.1 Determinação das variáveis meteorológicas | 49 |
| 5.6.2 Determinação dos índices de conforto térmico | 50 |

| | |
|--|-----|
| 5.6.3 Determinação das variáveis fisiológicas | 52 |
| 5.6.4 Desempenho zootécnico dos animais..... | 53 |
| 5.6.5 Determinação das variáveis comportamentais dos animais | 55 |
| 5.7 Delineamento experimental | 57 |
| 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 58 |
| 6.1 Variáveis meteorológicas | 58 |
| 6.2 Índices de conforto térmico | 63 |
| 6.3 Variáveis fisiológicas..... | 66 |
| 6.3.1 Variáveis fisiológicas na fase de crescimento..... | 66 |
| 6.3.2 Variáveis fisiológicas na fase de terminação | 73 |
| 6.4 Desempenho zootécnico..... | 79 |
| 6.4.1 Desempenho zootécnico na fase de crescimento..... | 79 |
| 6.4.2 Desempenho zootécnico na fase de terminação | 82 |
| 6.4.3 Consumo de ração nos períodos diurno e noturno | 84 |
| 6.4.3.1 Fase de crescimento..... | 84 |
| 6.4.3.2 Fase de terminação | 85 |
| 6.5 Análise do comportamento | 85 |
| 6.5.1 Análise do comportamento na fase de crescimento | 85 |
| 6.5.2 Análise do comportamento na fase de terminação | 95 |
| 7. CONCLUSÕES | 103 |
| 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 104 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Mapa de localização da área de estudo no município de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil..... | 41 |
| Figura 2. Vista externa da instalação (A); vista interna geral (B); vista interna da baia (C)..... | 42 |
| Figura 3. Dimensões das baias, vista frontal (A); vista lateral (B)..... | 42 |
| Figura 4. Representação da distribuição dos tratamentos nas baias..... | 43 |
| Figura 5. Representação esquemática dos fatores de variação. | 43 |
| Figura 6. Detalhe do ventilador axial (A); climatizador evaporativo (B)..... | 44 |
| Figura 7. Disposição do sistema de iluminação no interior da baia. | 45 |
| Figura 8. Luxímetro digital (A); verificação da iluminância na baia (B). | 45 |
| Figura 9. Manejo diário das cortinas laterais pela manhã (A); e tarde (B). | 46 |
| Figura 10. Visualização do interior da baia no período noturno, com o sistema de iluminação artificial acionado. | 46 |
| Figura 11. Vista do comedouro semiautomático utilizado no fornecimento de ração aos animais nas fases de crescimento e terminação..... | 49 |
| Figura 12. Datalogger HOBO U12-12 instalado no interior da baia. | 50 |
| Figura 13. Medida da velocidade do vento no ambiente externo utilizando o termo-anemômetro digital modelo AZ 8908..... | 50 |
| Figura 14. Termovisor Flir E60 (A) utilizado no registro das imagens térmicas dos animais alojados nas baias de produção (B). | 52 |
| Figura 15. Análise da imagem térmica por meio do programa computacional FLIR QuickReport®. | 53 |
| Figura 16. Coleta (A) do excedente de ração referente ao abastecimento anterior e pesagem (B). | 54 |
| Figura 17. Balança eletrônica modelo LD1050 acoplada a estrutura de contenção para pesagem dos animais..... | 54 |
| Figura 18. Posicionamento da microcâmera instalada no interior da baia (A) e detalhe da microcâmera modelo VMD S3020 IR (B). | 55 |

| | |
|--|----|
| Figura 19. Pincel utilizado para marcação dos animais (A); animais identificados para diferenciação no momento da quantificação comportamental (B). | 56 |
| Figura 20. Imagens de vídeo armazenada para análise da expressão comportamental dos animais. | 56 |
| Figura 21. Variação da temperatura de bulbo seco (Tbs; °C) (A) e da umidade relativa do ar (A) no ambiente externo (EXT) e no interior das baias sem climatização (BS), com ventilação forçada (BV) e resfriamento evaporativo (BR). | 59 |
| Figura 22. Relação funcional da temperatura de bulbo seco (Tbs; °C) entre ambiente externo e as baias sem climatização (BS; A), com ventilação forçada (BV; B) e resfriamento evaporativo (BR; C). | 60 |
| Figura 23. Relação funcional da umidade relativa do ar (UR; %) entre o ambiente externo e as baias sem climatização (BS; A), com ventilação forçada (BV; B) e resfriamento evaporativo (BR; C). | 60 |
| Figura 24. Variação média horária da temperatura de bulbo seco (Tbs; °C - A) e da umidade relativa do ar (UR; % - B) nas baias com resfriamento evaporativo (BR), com ventilação forçada (BV), sem climatização (BS) e no ambiente externo (EXT) no decorrer do período experimental. LCS - Limite crítico superior. | 62 |
| Figura 25. Variação média horária da carga térmica radiante (CTR; W m ⁻² - A), índice de temperatura e umidade (ITU - B), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU - C) e entalpia (h; KJ kg ar seco ⁻¹ - D) nas baias com resfriamento evaporativo (BR), com ventilação forçada (BV), sem climatização (BS) no ambiente externo decorrer do período experimental. LCS - Limite crítico superior. | 63 |
| Figura 26. Valores médios da carga térmica radiante (CTR; W m ⁻² - A), índice de temperatura e umidade (ITU - B), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU - C) e entalpia (h; KJ kg ar seco ⁻¹ - D) nas baias com resfriamento evaporativo (BR), com ventilação forçada (BV) e sem climatização (BS). | 65 |
| Figura 27. Percentual de tempo “deitado” no período diurno e noturno nas baias sem climatização (BS), com ventilação forçada (BV) e resfriamento evaporativo (BR), associadas aos programas de iluminação (L12: natural; L16: natural + 4 horas de luz artificial; L18: natural + 6 horas de luz artificial) na fase de crescimento. (p<0,0001). | 86 |

- Figura 28. Percentual de tempo “em pé” no período diurno e noturno nas baias sem climatização (BS), com ventilação forçada (BV) e resfriamento evaporativo (BR), associadas aos programas de iluminação (L12: natural; L16: natural + 4 horas de luz artificial; L18: natural + 6 horas de luz artificial) na fase de crescimento. ($p < 0,0001$).88
- Figura 29. Percentual de tempo “comendo” no período diurno e noturno nas baias sem climatização (BS), com ventilação forçada (BV) e resfriamento evaporativo (BR), associadas aos programas de iluminação (L12: natural; L16: natural + 4 horas de luz artificial; L18: natural + 6 horas de luz artificial) na fase de crescimento. ($p < 0,0001$).89
- Figura 30. Percentual de tempo “bebendo” no período diurno e noturno nas baias sem climatização (BS), com ventilação forçada (BV) e resfriamento evaporativo (BR), associadas aos programas de iluminação (L12: natural; L16: natural + 4 horas de luz artificial; L18: natural + 6 horas de luz artificial) na fase de crescimento. ($p < 0,0001$).92
- Figura 31. Percentual de tempo na expressão de comportamento de “conforto” no período diurno e noturno nas baias sem climatização (BS), com ventilação forçada (BV) e resfriamento evaporativo (BR), associadas aos programas de iluminação (L12: natural; L16: natural + 4 horas de luz artificial; L18: natural + 6 horas de luz artificial) na fase de crescimento. ($p < 0,0001$).93
- Figura 32. Percentual de tempo “deitado” no período diurno e noturno nas baias sem climatização (BS), com ventilação forçada (BV) e resfriamento evaporativo (BR), associadas aos programas de iluminação (L12: natural; L16: natural + 4 horas de luz artificial; L18: natural + 6 horas de luz artificial) na fase de terminação. ($p < 0,0001$).96
- Figura 33. Percentual de tempo “em pé” no período diurno e noturno nas baias sem climatização (BS), com ventilação forçada (BV) e resfriamento evaporativo (BR), associadas aos programas de iluminação (L12: natural; L16: natural + 4 horas de luz artificial; L18: natural + 6 horas de luz artificial) na fase de terminação. ($p < 0,0001$).97
- Figura 34. Percentual de tempo “comendo” no período diurno e noturno nas baias sem climatização (BS), com ventilação forçada (BV) e resfriamento evaporativo (BR), associadas aos programas de iluminação (L12: natural; L16: natural + 4

horas de luz artificial; L18: natural + 6 horas de luz artificial) na fase de terminação. ($p < 0,0001$).....99

Figura 35. Percentual de tempo “bebendo” no período diurno e noturno nas baias sem climatização (BS), com ventilação forçada (BV) e resfriamento evaporativo (BR), associadas aos programas de iluminação (L12: natural; L16: natural + 4 horas de luz artificial; L18: natural + 6 horas de luz artificial) na fase de terminação. ($p < 0,0001$)..... 101

Figura 36. Percentual de tempo na expressão de comportamento de “conforto” no período diurno e noturno nas baias sem climatização (BS), com ventilação forçada (BV) e resfriamento evaporativo (BR), associadas aos programas de iluminação (L12: natural; L16: natural + 4 horas de luz artificial; L18: natural + 6 horas de luz artificial) na fase de terminação. ($p < 0,0001$). 102

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Composição centesimal da dieta fornecida na fase de crescimento I | 47 |
| Tabela 2. Composição centesimal da dieta fornecida na fase de crescimento II | 48 |
| Tabela 3. Composição centesimal da dieta fornecida na fase de terminação .. | 48 |
| Tabela 4. Etograma comportamental para suínos durante as fases de crescimento e terminação | 57 |
| Tabela 5. Valores médios das variáveis frequência respiratória (FR; mov min^{-1}) temperatura retal (TR; °C) e temperatura de superfície (TS; °C) no horário de registo das 00h00 na fase de crescimento..... | 67 |
| Tabela 6. Valores médios das variáveis frequência respiratória (FR; mov min^{-1}), temperatura retal (TR; °C) e temperatura de superfície (TS; °C) no horário de registo das 04h00 na fase de crescimento..... | 68 |
| Tabela 7. Valores médios das variáveis frequência respiratória (FR; mov min^{-1}) temperatura retal (TR; °C) e temperatura de superfície (TS; °C) no horário de registo das 08h00 na fase de crescimento..... | 69 |
| Tabela 8. Valores médios das variáveis frequência respiratória (FR; mov min^{-1}), temperatura retal (TR; °C) e temperatura de superfície (TS; °C) no horário de registo das 12h00 na fase de crescimento..... | 70 |
| Tabela 9. Valores médios das variáveis frequência respiratória (FR; mov min^{-1}) temperatura retal (TR; °C) e temperatura de superfície (TS; °C) no horário de registo das 16h00 na fase de crescimento..... | 71 |
| Tabela 10. Valores médios das variáveis frequência respiratória (FR; mov min^{-1}) temperatura retal (TR; °C) e temperatura de superfície (TS; °C) no horário de registo das 20h00 na fase de crescimento..... | 72 |
| Tabela 11. Valores médios das variáveis frequência respiratória (FR; mov min^{-1}) temperatura retal (TR; °C) e temperatura de superfície (TS; °C) no horário de registo das 00h00 na fase de terminação | 73 |
| Tabela 12. Valores médios das variáveis frequência respiratória (FR; mov min^{-1}) temperatura retal (TR; °C) e temperatura de superfície (TS; °C) no horário de registo das 04h00 na fase de terminação | 74 |

| | |
|--|----|
| Tabela 13. Valores médios das variáveis frequência respiratória (FR; mov min ⁻¹) temperatura retal (TR; °C) e temperatura de superfície (TS; °C) no horário de registo das 08h00 na fase de terminação | 75 |
| Tabela 14. Valores médios das variáveis frequência respiratória (FR; mov min ⁻¹) temperatura retal (TR; °C) e temperatura de superfície (TS; °C) no horário de registo das 12h00 na fase de terminação | 76 |
| Tabela 15. Valores médios das variáveis frequência respiratória (FR; mov min ⁻¹) temperatura retal (TR; °C) e temperatura de superfície (TS; °C) no horário de registo das 16h00 na fase de terminação | 77 |
| Tabela 16. Valores médios das variáveis frequência respiratória (FR; mov min ⁻¹) temperatura retal (TR; °C) e temperatura de superfície (TS; °C) no horário de registo das 20h00 na fase de terminação | 78 |
| Tabela 17. Valores médios das variáveis ganho de peso (GP; Kg), consumo de ração (CR; Kg) e conversão alimentar (CA; Kg Kg ⁻¹) na fase de crescimento .. | 80 |
| Tabela 18. Valores médios das variáveis ganho de peso (GP; Kg), consumo de ração (CR; Kg) e conversão alimentar (CA; Kg Kg ⁻¹) na fase de terminação ... | 82 |
| Tabela 19. Valores médios dos consumos de ração diurno (CRD; Kg) e noturno (CRN; Kg) na fase de crescimento | 84 |
| Tabela 20. Valores médios dos consumos de ração diurno (CRD; Kg) e noturno (CRN; Kg) na fase de terminação | 85 |

Barnabé, Maria Coelho. Dr^a. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Julho de 2018. Programas de iluminação em ambientes climatizados para suínos nas fases de crescimento e terminação. Héilton Pandorfi.

PROGRAMAS DE ILUMINAÇÃO EM AMBIENTES CLIMATIZADOS PARA SUÍNOS NAS FASES DE CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO

RESUMO

Esta pesquisa foi conduzida com o objetivo de avaliar a influência da suplementação de luz artificial no desempenho produtivo de suínos confinados em ambientes com e sem climatização, assim como a caracterização térmica das instalações nas fases de crescimento e terminação dos animais. A pesquisa foi realizada no Biotério de Experimentação com Suínos da Unidade Acadêmica de Serra Talhada (BES-UAST) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (latitude 07,98° S; longitude 38,28° W e altitude 444 m). Foram utilizados 27 suínos em fase de crescimento, provenientes de matrizes com composição genética 3/4 Duroc, 1/4 Pietrain, cobertas por macho Duroc. O experimento foi realizado de setembro a novembro de 2017, totalizando 61 dias. Os animais foram submetidos aos seguintes fatores de variação: baias sem climatização (BS), baias com ventilação forçada (BV) e baias com sistema de resfriamento adiabático evaporativo (BR), associado a diferentes programas de suplementação de luz: 12 h de luz natural, 12 h de luz natural + 4 h de luz artificial e 12 h de luz natural + 6 h de luz artificial. Durante todo o período experimental foram registrados os dados das variáveis meteorológicas no interior de cada baia e no ambiente externo; respostas fisiológicas; comportamentais e desempenho dos animais. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 3x3, distribuídos aleatoriamente em nove baias, com três repetições. O sistema de resfriamento evaporativo atenuou a ação dos agentes estressores e garantiu o alojamento térmico adequado para os animais nas fases de crescimento e terminação. As respostas fisiológicas frequência respiratória e temperatura retal indicaram que os animais submetidos ao resfriamento evaporativo, independente do programa de iluminação, foram alojados em condição de conforto térmico, em ambas as fases de criação. O ganho de peso e a conversão alimentar foram influenciados positivamente para os animais expostos ao resfriamento evaporativo, na fase de crescimento. O desempenho na fase de terminação foi superior para os animais submetidos ao resfriamento evaporativo, com redução de 16 dias na idade de abate dos animais. O programa de iluminação suplementar por 6 horas, promoveu melhor conversão alimentar

Barnabé, Maria Coelho. Dr^a. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Julho de 2018. Programas de iluminação em ambientes climatizados para suínos nas fases de crescimento e terminação. Héilton Pandorfi.

na fase de terminação. Os animais na fase de crescimento, alojados nas baias com ventilação forçada, expostos a iluminação suplementar por 6 horas apresentaram maior frequência de acesso ao comedouro. Os suínos submetidos ao resfriamento evaporativo apresentaram maior frequência de atividade ingestiva e ampla expressão letárgica, típica das fases de criação estudadas. Além disso, os animais apresentaram maior frequência de comportamentos de conforto, estimulados pelo melhor acondicionamento térmico no alojamento.

Palavras-chave: ambiência animal, conforto térmico, suinocultura, suplementação de luz

LIGHTING PROGRAMS IN CLIMATIZED ENVIRONMENTS FOR SWINE IN GROWTH AND TERMINATION PHASES

ABSTRACT

This research was conducted with the objective of evaluating the influence of artificial light supplementation on the productive performance of confined pigs in environments with and without air conditioning, as well as the thermal characterization of the facilities during the growth and finishing phases of the animals. The research was carried out at the Experimentation with Swine Laboratory of the Serra Talhada Academic Unit (BES-UAST) of the Federal Rural University of Pernambuco (latitude 07.98° S, longitude 38.28° W and altitude 444 m). We used 27 growing pigs were obtained from matrices with genetic composition 3/4 Duroc, 1/4 Pietrain, covered by Duroc male. The experiment was carried out from september to november 2017, totaling 61 days. The animals were submitted to the following variation factors: bays without air conditioning (BS), bays with forced ventilation (BV) and bays with evaporative adiabatic cooling (BR), associated to different light supplementation programs: 12 h of natural light, 12 h of natural light + 4 h of artificial light and 12 h of natural light + 6 h of artificial light. During the whole experimental period, the data of the meteorological variables inside each bay and in the external environment were registered; physiological responses; behavior and performance of animals. The experimental design was completely randomized, in a 3x3 factorial arrangement,

Barnabé, Maria Coelho. Dr^a. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Julho de 2018. Programas de iluminação em ambientes climatizados para suínos nas fases de crescimento e terminação. Héilton Pandorfi.

randomly distributed in nine bays, with three replicates. The evaporative cooling system attenuated the action of stressors and ensured adequate thermal accommodation for the animals in the growth and termination phases. The physiological responses, respiratory rate and rectal temperature indicated that the animals submitted to evaporative cooling, independent of the lighting program, were housed in a thermal comfort condition in both breeding phases. Weight gain and feed conversion were positively influenced for animals exposed to evaporative cooling in the growth phase. The performance in the termination phase was superior for the animals submitted to evaporative cooling, with reduction of 16 days at the slaughter age of the animals. The supplementary lighting program for 6 hours promoted better feed conversion in the finishing phase. The animals in the growth phase, housed in forced ventilation bays, exposed to supplemental lighting for 6 hours, presented a greater frequency of access to the feeder. The pigs submitted to evaporative cooling had a higher frequency of ingestive activity and a wide lethargic expression, typical of the breeding phases studied. In addition, the animals presented a higher frequency of comfort behaviors, stimulated by the better thermal conditioning in the housing.

Keywords: animal comfort, thermal comfort, swine breeding, light supplementation

1. INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma das atividades agropecuárias mais difundidas no mundo, sendo a carne suína a segunda fonte de proteína animal mais consumida pela população, após os pescados. Dessa forma, apresenta importante atuação social e econômica no cenário mundial.

O Brasil está no patamar dos principais produtores de carne suína do mundo, conquistou o mercado interno e externo por meio do alto padrão de qualidade do produto oferecido, que atende aos mais exigentes consumidores do mercado internacional. Em 2017, manteve-se como o quarto maior produtor e exportador mundial, atrás da China, União Europeia e Estados Unidos (CONAB, 2017).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018) em 2017 o peso acumulado das carcaças de suínos produzidas no país alcançou 3,81 milhões de toneladas. Esse resultado mostra que embora o setor venha enfrentando desafios econômicos, apresentou incremento de 2,8% na produção em relação ao ano anterior.

A região Sul respondeu por 66,5% da produção em 2017, seguida pelas regiões Sudeste (18,4%), Centro-Oeste (14,0%), Nordeste (1,0%) e Norte (0,1%). No Nordeste, o maior produtor de suínos foi o estado da Bahia; Pernambuco posicionou-se na terceira colocação, contribuindo com 0,01% da produção nacional (IBGE, 2018).

A permanência do alto nível de competitividade do mercado suinícola brasileiro é possível devido aos investimentos nos diversos setores da cadeia produtiva, entre eles, o da genética, da nutrição, da sanidade e da ambiência, com a implantação de novas tecnologias, a fim de garantir a expressão do potencial genético dos animais. Além disso, os produtores estão atentos às crescentes demandas de mercado, em especial o externo, como a sustentabilidade e o bem-estar animal, que passaram a ser mais que requisitos para atender a apenas um nicho de mercado, visto que, os produtos provenientes de sistemas de mais alto grau de bem-estar, apresentam valores agregados de ordem econômica e ética.

A condição de bem-estar é fundamental para o desempenho dos suínos, pois permite a expressão de comportamentos específicos da espécie, com

ênfase no desenvolvimento físico e psicológico do animal (MAIA, et al., 2013; FOPPA, et al., 2014).

Os suínos apresentam limitação no sistema termorregulador, sendo o ambiente térmico um fator de extrema relevância na suinocultura, neste sentido, no Brasil a maior atenção dos produtores está direcionada à elevada temperatura ambiente proporcionada pelo clima tropical, que ocorre na maior parte do país

Esse fator é ainda mais expressivo durante as fases de crescimento e terminação, fases em que os animais estão mais expostos aos efeitos do estresse térmico por calor, que afetam negativamente as respostas fisiológicas e o desempenho animal.

O conhecimento da interação entre os animais e o ambiente é imprescindível para o entendimento das variações diárias e sazonais das respostas fisiológicas e comportamentais, para possibilitar a adoção de ajustes que promovam maior conforto aos animais e permitam alcançar índices produtivos que garantam uma produção sustentável (NÓBREGA et al., 2011).

O emprego de sistemas de climatização em regiões semiáridas do Nordeste brasileiro pode melhorar as condições ambientais, proporcionar bem-estar animal e, conseqüentemente, incrementar o desempenho produtivo, que sobretudo pelas características climáticas da região, é inferior as mais produtivas do país (CARVALHO, et al., 2004).

Além das estratégias de acondicionamento térmico, a alteração do ambiente físico pode auxiliar no ajuste fisiológico e comportamental dos animais, como é o caso do uso de programas de iluminação artificial (ROMA JÚNIOR et al., 2011). A prática da suplementação com luz artificial já é muito usual em sistemas de criação de aves e apresenta resultados satisfatórios.

Esse recurso também já foi testado para outras espécies de interesse zootécnico, por diversos pesquisadores, entre eles, Roma Júnior et al. (2011); Amaral et al. (2014); Lima et al. (2014); Almeida et al. (2016) e Ferreira et al. (2016).

Essa alternativa tem o princípio de estimular a ingestão de alimento, principalmente nos horários de temperatura amena (período noturno), em que as condições micrometeorológicas no interior das instalações, facilitam a dissipação de energia proveniente do alimento, diminuindo os efeitos prejudiciais do estresse térmico e calórico (ROMA JÚNIOR et al., 2011).

É evidente a necessidade da realização de pesquisas no contexto da ambiência animal e análise térmica de ambientes de confinamento para suínos, durante as fases de crescimento e terminação, assim como a utilização dos recursos de programas de iluminação suplementar, a fim de reduzir os efeitos negativos provocados pelos elementos meteorológicos na região semiárida do estado de Pernambuco, de modo que se possa obter maior eficiência na produção.

2. HIPÓTESES

O uso da suplementação de luz nas fases de crescimento e terminação de suínos permitirá alcançar melhor desempenho e, conseqüentemente, reduzir a idade de abate dos animais.

O manejo associado à suplementação de luz poderá se mostrar mais eficiente que a adoção da climatização, baseado na alteração do comportamento ingestivo de suínos nas fases de crescimento e terminação.

3. OBJETIVOS

Avaliar a influência da suplementação de luz artificial no desempenho produtivo de suínos confinados em ambientes com e sem climatização, nas fases de crescimento e terminação.

3.1 Objetivos específicos

– analisar o efeito da ventilação forçada e do resfriamento evaporativo no acondicionamento térmico das instalações e nas respostas fisiológicas dos suínos nas fases de crescimento e terminação;

– analisar a inter-relação animal e ambiente, sob o ponto de vista bioclimático e a influência dos elementos meteorológicos no conforto animal, na fase de crescimento e terminação de suínos;

– avaliar o comportamento dos animais submetidos aos sistemas de climatização e programas de iluminação artificial e seus reflexos nos parâmetros fisiológicos e índices zootécnicos.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Bem-estar para suínos

O bem-estar animal é um tema de grande relevância na criação de suínos, pois envolve todas as etapas de produção desde o nascimento até o abate (ANDRADE et al., 2015). Segundo Warris (2000) as pessoas desejam comer carne com “qualidade ética”, isto é, carne oriunda de animais que foram criados, tratados e abatidos em sistemas que promovam o seu bem-estar, que sejam sustentáveis e ambientalmente corretos.

Segundo Maia et al. (2013) a definição de bem-estar é complexa e envolve vários fatores, sendo possível obter bem-estar positivo ao oferecer aos animais um ambiente de criação adequado, no qual ele possa expressar seus comportamentos naturais, ter longevidade e saúde.

Em 1965 foi criado o Comitê Brambell na Inglaterra, reconhecendo as dificuldades encontradas pelos animais na agricultura moderna, o comitê apresentou um relatório que propunha as cinco liberdades mínimas: virar-se; cuidar-se corporalmente; levantar-se; deitar-se e estirar seus membros (HÖTZEL; MACHADO FILHO, 2004). O conceito das cinco liberdades foi aprimorado pelo Farm Animal Welfare Council – Fawc (Conselho de Bem-estar na Produção Animal) do Reino Unido e têm sido adotado mundialmente, caracterizado como: livres de sede, fome e má-nutrição; livres de desconforto; livres de dor, injúria e doença; livres para expressar seu comportamento normal; livres de medo e estresse (CARVALHO et al., 2013).

O Brasil não dispõe de uma legislação específica que contemple o bem-estar animal na suinocultura, dessa forma, os produtores brasileiros estão se adequando aos padrões de bem-estar animal que foram estabelecidos pelo mercado da União Europeia e que já estão em vigor, como por exemplo, a extinção das gaiolas de matrizes na gestação.

A União Europeia (UE) entende que existe necessidade evidente de debater a questão do bem-estar dos animais no contexto da Organização Mundial de Comércio (OMC). As questões são reais, para produtores e consumidores e, a OMC, na qualidade de principal organização comercial internacional, deve estar preparada para abordar essas questões.

Atender a inter-relação entre as medidas de bem-estar dos animais e o comércio internacional de produtos agrícolas e alimentares de origem animal, é

uma questão que deve ser abordada nas negociações agropecuárias, estabelecendo um conjunto de normas que caracterize as exigências sobre o bem-estar na exploração de animais domésticos, determinando as barreiras técnicas a comercialização.

Na UE, uma questão polêmica que se coloca com frequência na suinocultura são as novas regulamentações sobre o bem-estar, podendo apresentar impacto sobre a suinocultura brasileira à medida que podem afetar às importações europeias de carne suína.

Em 2008 foi elaborada pela UE, a DIRETIVA 2008/120, relativa às normas mínimas de proteção aos suínos. Os animais deverão dispor de um ambiente que corresponda às suas necessidades de exercício e de comportamento exploratório. O bem-estar dos suínos é comprometido por importantes restrições de espaço:

- quando os suínos se encontram agrupados, deverão ser adotadas medidas adequadas de manejo para a sua proteção, a fim de melhorar o bem-estar;

- quando forem utilizados pisos ripados para suínos mantidos em grupo, a largura máxima das aberturas deve ser de 18 mm. Na parte do galpão em que os suínos são mantidos, devem ser evitados níveis de ruído contínuo maior ou igual a 85 dBA. Devem igualmente ser evitados ruídos constantes ou súbitos;

- os suínos devem ser expostos a iluminância de até 40 lx, durante um período mínimo de 8 horas por dia. O alojamento dos suínos deve ser construído de forma que os animais possam ter acesso a uma área de repouso e termicamente confortável, drenada e limpa, que permita que todos os animais se deitem simultaneamente, repousar e levantar-se normalmente e ter contato social com outros suínos;

- os animais devem ter acesso permanente a uma quantidade suficiente de materiais para atividades de investigação e manipulação, como palha, feno, madeira, maravalha, ou uma mistura destes materiais, que não comprometam a saúde dos animais.

- o pavimento deve ser liso, mas antiderrapante, para evitar lesões dos suínos, e devem ser concebidos e mantidos de forma que não causem lesões nem sofrimento aos animais. Devem ser adequados para a dimensão e massa corporal dos suínos e, se não forem fornecidas camas, constituir superfícies rígidas, planas e estáveis.

- todos os suínos devem ser alimentados pelo menos uma vez por dia. Se forem alimentados em grupo e não *ad libitum* ou por meio de um sistema automático de alimentação individual, todos os suínos do grupo devem ter acesso simultâneo aos alimentos.

- para os animais na categoria de crescimento e terminação mantidos em grupo, devem ser tomadas medidas para evitar interações agressivas que constituam um desvio em relação ao comportamento normal.

- os suínos devem ser mantidos em grupos com o mínimo possível de miscigenação. Se os animais não forem familiarizados uns com os outros e tiverem de ser agrupados, a miscigenação deve ocorrer na idade mais precoce possível, preferivelmente antes do desmame ou até uma semana após o mesmo. Se proceder à miscigenação, os suínos devem dispor de oportunidades adequadas para poderem fugir e esconder-se dos dominantes.

- se existirem sinais de lutas intensas, devem-se apurar imediatamente as causas e adotar medidas adequadas, como o fornecimento abundante de palha aos animais e, se possível, outros materiais para investigação. Os animais em risco ou os agressores específicos devem ser separados do grupo (Jornal Oficial da União Europeia, 2008).

Na prática da etologia, o bem-estar é avaliado por meio de indicadores fisiológicos e comportamentais. As medidas fisiológicas associadas ao estresse têm sido usadas com base em que, se o estresse aumenta, o bem-estar diminui. Já os indicadores comportamentais são baseados especialmente na ocorrência de comportamentos anômalos e estereotípias, ou ainda, daqueles que se afastam do comportamento no ambiente natural (MACHADO FILHO; HÖTZEL, 2000).

O estresse é um termo geral que implica uma ameaça a qual o corpo precisa se ajustar (VON BORELL, 1995). Segundo Fraser et al. (1975) diz-se que um animal está em estado de estresse, se é necessário que se façam ajustes anormais ou extremos em sua fisiologia ou comportamento, para ajustar-se a aspectos adversos do seu ambiente e manejo. Esta adaptação envolve uma série de respostas neuroendócrinas, fisiológicas e comportamentais, que funcionam para tentar manter a homeostase, o equilíbrio de suas funções e na integração destes sistemas (VON BORELL, 1995).

Os suínos apresentam um repertório comportamental complexo, principalmente em relação às atividades sociais, além de uma grande

capacidade de aprendizado. Assim, podem surgir problemas de bem-estar, se não conseguirem controlar seu ambiente, ter seu comportamento natural frustrado ou forem sujeitos a situações imprevisíveis. Stolba e Wood-Gush (1989) observaram suínos em ambiente seminatural e verificaram 103 elementos comportamentais diferentes. Além disso, embora que, com a domesticação, se forneçam alimento e outros cuidados aos animais, os suínos domésticos ainda mantêm comportamentos observados em ambientes naturais (GUSTAFSSON et al., 1999).

Dessa forma, a avaliação do bem-estar animal na exploração agropecuária pode envolver aspectos ligados às instalações, ao manejo e ao ambiente, tais como a distribuição de água e de alimento, existência de camas, possibilidade de movimento, descanso, contato social, temperatura, ventilação, luz, espaço disponível ou tipo de pavimento (ANIL et al., 2002; O'CONNELL et al., 2004).

4.2 Conforto térmico animal

O animal homeotermo mantém a temperatura de núcleo corporal dentro de limites relativamente estreitos, mesmo que a temperatura ambiental flutue e a sua atividade varie intensamente, por meio de processos de aumento ou diminuição do calor metabólico e da conservação ou dissipação do calor corporal para o ambiente externo (BAËTA; SOUZA, 2010). Portanto, o ambiente é considerado confortável quando o animal se encontra em equilíbrio térmico, ou seja, o calor produzido pelo metabolismo é perdido para o ambiente sem prejuízo à homeostase (SILVA et al., 2010).

Animais expostos, frequentemente, a fatores ambientais como a radiação solar e a mudanças drásticas de temperatura, apresentam mudanças em vários parâmetros fisiológicos, alterando o comportamento e o seu desempenho (ROBERTO et al., 2010; ALMEIDA et al., 2016).

De acordo com Nääs et al. (2010), os fatores climáticos mais significativos são: a radiação solar, a influência da altitude e da época do ano, sendo os elementos climáticos mais expressivos: temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação, ventos e a pluviosidade.

Em condições tropicais, a magnitude do estresse térmico é causada pela alta temperatura e umidade relativa do ar, combinada com intensa radiação solar e ventos de baixa magnitude, o que reduz a eficiência na transferência de energia sensível e latente do animal para o ambiente (DIKMEN; HANSEN, 2009).

Para produzir com seu máximo potencial, é necessário que os animais se encontrem dentro da zona de termoneutralidade ou de conforto térmico (ROBERTO; SOUZA, 2011).

A faixa de temperatura da zona de conforto térmico está relacionada com o ambiente térmico ideal, em que a amplitude deve ser restringida, o animal atinge o seu potencial máximo e a temperatura corporal é mantida com uso mínimo dos mecanismos de termorregulação (BAËTA; SOUZA, 2010). Estes mesmos autores, consideraram que para suínos acima de 50 dias (+18 kg), a faixa de conforto térmico está compreendida entre 18 e 21 °C e entre 15 e 18 °C na fase de terminação, sendo o limite crítico superior de 27 °C para ambas categorias (LEAL; NÃÃS, 1992).

Ferreira (2011) considera que para umidade relativa do ar os níveis críticos são abaixo de 40% e acima de 90%.

De acordo com Barros et al. (2010) quando o centro termorregulador detecta variações do ambiente térmico, o animal aciona mecanismos fisiológicos e comportamentais de produção e perda de calor para que a temperatura corporal permaneça estável. Porém, os suínos encontram bastante dificuldade ao se adaptar ao ambiente, pois, possuem um metabolismo elevado, não apresentam sistema termorregulador eficiente, o que impossibilita a sudorese. Dessa forma, sem um ambiente adequado, o animal é incapaz de demonstrar seu máximo potencial genético, de manter a salubridade e de nutrir-se de forma adequada, tanto em função do consumo, como também em função do aproveitamento de nutrientes, devido ao desvio de energia para a manutenção da temperatura corporal (SOARES et al., 2017).

4.2.1 Trocas térmicas

A disponibilidade de água, sombreamento, temperatura corporal do animal e comportamentos em condições de temperatura do ar distante da faixa de conforto térmico, afetam diretamente as trocas térmicas de calor sensível (condução, convecção cutânea e radiação) e de calor latente (evaporação) para o ambiente (NAVARINI et al., 2009).

O estresse térmico ocorre quando o equilíbrio entre o animal e o ambiente não for alcançado, o que pode ocasionar graves problemas, tanto na produção, como na reprodução animal. As trocas térmicas por meios não-evaporativos dependem de um diferencial de temperatura entre o animal e o ambiente, o que

nem sempre acontece em condições de clima quente. Por condução a troca de calor dar-se por contato e passa sempre do corpo mais quente para o mais frio (ALMEIDA, 2010).

A troca de calor por convecção trata-se de um processo de fluxo de massa e energia, caracterizado pelo movimento de um fluido devido à sua diferença de densidade, em que a dissipação de energia do corpo do animal ocorre pela ação turbulenta do ar mais frio sobre o animal (FERREIRA, 2011).

A perda de calor por radiação consiste na emissão de ondas eletromagnéticas (radiação infravermelha, calorífica) do corpo do animal a outros objetos (paredes, etc.) ou vice-versa, sendo sempre do corpo com temperatura maior para o de menor temperatura, sem aquecer o ar por onde passa e, portanto, não dependendo da movimentação do ar do local (BACCARI JÚNIOR, 2001).

Os mecanismos sensíveis de transferência térmica são ineficientes em ambientes quentes, podendo até passar a serem mecanismos de ganho de calor. Com isso, a perda de calor latente é o principal mecanismo de dissipação térmica por não depender desse gradiente de temperatura (FERREIRA, 2006; SOUZA JÚNIOR, 2008).

O mecanismo de perda de calor latente em suínos ocorre principalmente pela evaporação respiratória (com o aumento da frequência respiratória), por apresentar sistema de sudorese pouco eficiente. As trocas de calor latente dependem da umidade relativa do ar (SOUZA JÚNIOR, 2008).

4.3 Índices de conforto térmico

Um ambiente é caracterizado por um número elevado de variáveis, que deve ser reduzido a um único indicador que represente a combinação de todos os elementos meteorológicos, que possam atuar como possíveis agentes estressores. Neste sentido, índices de conforto térmico, agregando dois ou mais elementos meteorológicos, têm sido utilizados para avaliar o impacto dos fatores ambientais sobre a produção animal (NEVES et al., 2009).

A utilização de um índice de avaliação do conforto para determinada espécie animal deve considerar, além das características inerentes ao animal, o tipo de ambiente (aberto ou fechado) e a importância relativa de cada elemento meteorológico envolvido (MARTELLO et al., 2004a).

Segundo Roberto e Souza (2011) os estudos dos índices de conforto térmico para quantificar e avaliar o impacto dos fatores ambientais na produção animal são fundamentais, pois, possibilitam determinar a adequação dos alojamentos onde as atividades zootécnicas serão desenvolvidas.

De acordo com Conceição et al. (2008) os índices mais frequentemente utilizados são: índice de temperatura e umidade (ITU), proposto por Thom (1959), índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), proposto por Buffington et al., (1981), carga térmica radiante (CTR), proposto por Esmay (1982). O ITGU é um índice amplamente utilizado por ser considerado por vários autores como o índice que melhor caracteriza o ambiente térmico do animal, em instalações abertas como as que são utilizadas no Brasil. De acordo com Thom (1959) os valores de ITU na faixa de 64 e 74 são considerados como condição de conforto e acima de 78 como perigo.

A CTR expressa a radiação total recebida de todos os espaços ou partes da vizinhança, podendo ser aplicada em instalações abertas (CECCHIN, 2016).

Além dos índices de conforto usuais, a entalpia específica, tem sido utilizada para caracterização da condição de conforto térmico experimentada por animais de produção, por se mostrar sensível às alterações produtivas, frente ao desafio imposto pelo ambiente físico de produção. A entalpia (h) é uma grandeza psicrométrica que indica a quantidade de energia contida numa mistura de vapor de água e ar seco (kJ kg^{-1} de ar seco) (FERRAZ et al., 2016). Portanto, em casos de alteração de umidade relativa durante uma mesma temperatura do ar, a energia envolvida nas mudanças de processos e, conseqüentemente, as trocas térmicas no ambiente são alteradas (RODRIGUES et al., 2010; NAZARENO et al. 2012). Moura (1999) indica que a Faixa de conforto desde índice está compreendida entre 60,4 a 68,6 (kJ kg^{-1} de ar seco).

A entalpia tem sido aplicada em pesquisas como um índice físico para mensurar o conforto de animais alojados (PANDORFI et al., 2008; ALMEIDA et al., 2011; MIRANDA et al., 2012; BARNABÉ et al., 2015).

4.4 Respostas fisiológicas de adaptação

O conhecimento da interação entre os animais e o ambiente é imprescindível, assim como o entendimento das variações diárias e sazonais das respostas fisiológicas dos animais, pois, permite a adoção de ajustes que

promovam maior conforto aos animais e permita uma produção pecuária de forma sustentável (NÓBREGA et al., 2011).

Parâmetros fisiológicos como a temperatura retal e frequência respiratória, podem ser influenciados por fatores intrínsecos (idade, raça, estado fisiológico), e por fatores extrínsecos (hora do dia, ingestão de alimentos e de água, temperatura ambiente, velocidade do vento, estação do ano) (PERISSINOTTO et al., 2009). Bianca e Kunz (1978) afirmam que a temperatura retal e a frequência respiratória são consideradas as melhores variáveis fisiológicas para estimar a tolerância dos animais ao clima quente. A temperatura de superfície da pele também é uma variável fisiológica que pode ser alterada em condições de estresse por calor (NAZARENO et al., 2012).

4.4.1 Temperatura Retal

Quando os mecanismos de termólise não são eficientes, a soma da produção de calor endógeno com a fração exógena de energia absorvida do ambiente passa a ser maior que a quantidade de energia dissipada pelas vias latente e sensível, sendo assim, o animal amplia o incremento térmico, com aumento da temperatura retal (MORAIS et al., 2008). Dessa forma, o registro da temperatura retal pode ser usado como índice de adaptação fisiológica dos animais aos ambientes quentes, pois, o seu aumento indica que os mecanismos de liberação de energia tornaram-se insuficientes (MOTA, 1997).

Kiefer et al. (2009) avaliaram o comportamento, respostas fisiológicas e o desempenho de suínos em crescimento e verificaram que os animais expostos ao ambiente quente apresentaram temperatura média retal acima da faixa de temperaturas da zona de conforto, influenciando o seu comportamento.

4.4.2 Frequência Respiratória

Em condições de estresse térmico o primeiro sinal visível nos animais é o aumento da frequência respiratória (FR), devido à estimulação direta do centro de termorregulação no hipotálamo, o que desencadeia resposta cardiorrespiratória. O aumento ou diminuição da frequência respiratória está na dependência da intensidade e da duração do estresse que os animais foram submetidos. Esse mecanismo fisiológico promove a perda de calor por meio convectivo e evaporativo (MARTELLO et al., 2004b).

Hahn et al. (1997) afirmam que o aumento da FR é um mecanismo eficiente de perda de calor, desde que seja por curto período. Manno et al. (2006)

realizaram estudo para avaliar o efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho, a composição de carcaça e os parâmetros fisiológicos de suínos de 30 a 60 kg e verificaram que a frequência respiratória foi influenciada negativamente pela alta temperatura do ar, mas a temperatura retal não foi alterada pelos tratamentos, indicando que estes animais foram eficientes para a manutenção da homeotermia, no ambiente em que foram submetidos.

4.4.3 Temperatura da superfície

A temperatura de superfície corporal depende, principalmente, das condições termohigrométricas, do vento e das condições fisiológicas do animal, como vasodilatação periférica e sudação. Assim, contribui para a manutenção da temperatura corporal mediante trocas de calor com o ambiente (FERREIRA et al., 2006).

A temperatura interna de um animal é mais elevada e vai diminuindo até sua periferia (pele e pelos), formando gradiente térmico do interior para a parte mais externa do corpo (BACCARI JÚNIOR, 2001). Portanto, segundo Carvalho et al. (2004) a temperatura da pele sofre alterações mais rápidas, em razão da dissipação de calor, por convecção do fluxo sanguíneo. Esses mesmos autores avaliaram os efeitos da nebulização e ventilação forçada sobre o desempenho e a temperatura da pele de suínos na fase de terminação, sem observar diferenças significativas entre os tratamentos no desempenho dos animais, entretanto, verificaram que a nebulização de água associada à ventilação forçada apresentou menores valores de temperatura da pele, indicando melhor conforto aos animais.

4.5 Indicadores comportamentais de suínos

Os suínos têm características comportamentais específicas e são capazes de alterar seu comportamento para se adaptar ao ambiente em que vivem (KIEFER et al., 2009). Segundo Sabino et al. (2011) o comportamento é uma expressão do conforto ou do desconforto em relação ao ambiente em que os animais estão inseridos, dessa forma, problemas comportamentais surgem quando há incompatibilidade entre o instinto suíno e o meio em que habita (FOPPA et al., 2014).

O estresse por calor é indicado como um dos fatores responsáveis por provocar distúrbios comportamentais nos suínos, visto que altera a sua fisiologia, afeta negativamente o desempenho e as características quantitativas e

qualitativas de carcaça dos animais em fase de terminação (KIEFER et al., 2010).

A avaliação da resposta dos animais aos diferentes níveis de estresse e bem-estar ainda é pouco difundida entre os pesquisadores da área, sendo de extrema importância sua caracterização, pois pode ser um indicativo, caso o ambiente e as condições de manejo não estejam propícios aos animais (MIRANDA et al., 2012).

Entre as respostas fisiológicas e comportamentais dos suínos submetidos ao estresse por calor destaca-se a procura por lâminas de água ou terrenos úmidos, a diminuição na ingestão de alimentos e aumento na ingestão de água.

Massari et al. (2015) em pesquisa avaliando o comportamento de suínos em crescimento e terminação, verificaram que o comportamento “deitado” nos animais sob desconforto térmico foi o mais evidenciado, sendo justificado pela tentativa do animal trocar calor com o piso, pois, em altas temperaturas os animais procuram aumentar sua área de superfície de contato com o piso a fim de favorecer a troca de calor por condução e convecção.

Carvalho et al. (2004) observaram um melhor comportamento social para suínos em fase de terminação quando submetidos a ventilação e nebulização, que apresentaram maior tranquilidade e quase nenhuma competição nos bebedouros e comedouros coletivos, nos horários mais quentes do dia.

A queda no consumo de alimento foi observada por Kiefer et al. (2009) avaliando o desempenho de suínos em crescimento alojados em temperaturas de 21,5 °C (conforto térmico) e 31,3 °C (estresse por calor), em que o consumo de ração e ganho de peso foram 14,3 e 25,5% menores, respectivamente, para os suínos na temperatura de estresse e redução de 13,6% na conversão alimentar em relação aos animais mantidos em conforto térmico.

Kiefer et al. (2010) estudaram o comportamento de suínos em terminação mantidos em ambientes de conforto térmico (21 °C) e de estresse por calor (32 °C), e concluíram que temperaturas ambientais de estresse por calor alteram a fisiologia dos suínos, provocam distúrbios comportamentais e afetam negativamente o desempenho e as características quantitativas de carcaça dos suínos em fase de terminação.

Comportamentos naturais como os ingestivos, locomoção, reprodução, construção de ninho, descanso, cuidados corporais e brincando, em curto prazo, promovem emoções positivas; em longo prazo, garantiram bom funcionamento

biológico (HÖTZEL et al., 2010). A privação desses comportamentos leva à frustração e comportamentos estereotipados e anômalos (MASON et al., 2007).

Técnicas de análise de imagens, estudo de vocalização e níveis de ruído, são métodos não invasivos para avaliar a resposta do animal em situações adversas, pois, os dados podem ser registrados sem o estresse, perturbação ou manipulação do animal (MIRANDA et al., 2012).

A avaliação e os controles interativos do conforto térmico dos suínos pela análise de imagem superam os problemas inerentes ao método convencional, pois, utilizam-se os próprios animais como bio-sensor em resposta aos reflexos do ambiente, por meio da análise comportamental (XIN; SHAO, 2002).

Pesquisas em suinocultura, utilizando imagens para a análise comportamental de animais, foram realizadas por Pandorfi; Silva (2005); Sabino et al. (2011); Ferreira et al. (2016). Porém, ainda há poucas informações sobre as respostas comportamentais de suínos pesados em função da condição térmica ambiental (KIEFER et al., 2010).

4.6 Sistemas de climatização

Na suinocultura o ambiente do sistema de criação intensivo exerce influência direta na condição de conforto e bem-estar animal, promovendo dificuldade na manutenção do balanço térmico no interior das instalações e na qualidade química do ar, afetando o desempenho produtivo e reprodutivo dos suínos (PANDORFI et al., 2008). Neste sentido, o manejo micrometeorológico no interior das instalações zootécnicas tem sido amplamente difundido na busca pela adequação das condições de conforto térmico dos animais alojados, devido à influência dos elementos meteorológicos que favorecem ou prejudicam seu desempenho. Este manejo engloba as estratégias usadas para reduzir os efeitos negativos dos agentes estressores da relação animal-ambiente (NÓBREGA et al., 2011).

Em condições de clima tropical, como é o caso do Brasil, Nääs (2000) enfatiza a necessidade de climatização do ambiente de criação de suínos durante a fase de crescimento e terminação, visto que nessas fases os animais são pouco tolerantes ao estresse por calor.

De acordo com Silva (1999) a climatização por meios artificiais é, sem dúvida nenhuma, mais eficiente, porém, a tomada de decisão em adotar um

sistema vai depender do nível tecnológico da exploração, do potencial genético dos animais, e principalmente do nível de mão de obra.

Dentre os recursos de climatização de ambientes por meios artificiais, Martello et al. (2004a) citam a ventilação forçada, nebulização ou aspersão de água nos animais, associados ou não uns aos outros.

A influência da ventilação natural (sem presença de equipamento de ventilação), ventilação refrigerada (condicionador adiabático) e ventilação forçada (ventilador) foi estudada por Tolon e Nääs (2005) na maternidade de suínos, e verificaram que a ventilação refrigerada e a ventilação forçada proporcionaram melhoria nas condições térmicas ambientais dentro das instalações, o que incrementou as respostas produtivas dos animais.

4.6.1 Ventilação forçada

A ventilação forçada é adotada sempre que os meios naturais não proporcionam o nível de renovação ao ar ou a redução da temperatura necessária, apresentando a vantagem de ser independente das condições atmosféricas (SILVA, 1999).

Os sistemas consistem em se aumentar a taxa de ventilação, por meio do acréscimo da taxa de renovação do ar favorecendo a perda de calor por via convectiva, conseqüentemente, eliminando o calor produzido pelos animais para evitar o incremento térmico no interior da instalação (NÄÄS; ARCARO JÚNIOR, 2001). Do contrário, a ventilação natural depende da velocidade do vento e de suas flutuações. Nos sistemas de ventilação forçada, as trocas de ar dentro das instalações são estabelecidas por ventiladores, sendo possível controlar a taxa de ventilação (NÄÄS; JUSTINO, 2014).

A ventilação forçada pode ser denominada de exaustão ou pressão negativa, no qual os ventiladores succionam o ar para fora, criando um vácuo parcial no interior da instalação, e a ventilação por insuflação ou pressão positiva, onde os ventiladores forçam a entrada do ar externo para dentro das instalações, movimentando o ar dentro destas (RODRIGUES, 1998).

Os sistemas de pressão positiva são os mais utilizados para animais, nele o fluxo de ar deve ser na forma de ar fresco e seco vindo do exterior da edificação, não do ar reciclado que logo se tornará saturado (NÄÄS; JUSTINO, 2014).

Nos processos citados se estabelecem gradientes de pressão entre o interior e o exterior da instalação, que move o ar, através das aberturas, para o exterior ou para o interior, respectivamente. Os ventiladores utilizados para criar o gradiente de pressão podem ser do tipo centrífugo ou axiais. Os centrífugos são capazes de propiciar maiores vazões, porém os axiais são de funcionamento mais silencioso (RODRIGUES, 1998).

A utilização da ventilação mecânica nas instalações apresenta importância fundamental, por proporcionar um ambiente confortável para o rebanho, tanto para reduzir a transferência de calor proveniente da cobertura, como para melhorar a eficiência da troca de calor do animal por convecção e evaporação. No entanto, nem sempre a utilização de ventiladores é suficiente para se alcançar as condições ideais mínimas de conforto, havendo a necessidade também do uso de nebulização (NÄÄS, 2000).

4.6.2 Sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE)

Dentre as estratégias de controle do microclima dos ambientes de produção, está o sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE), o qual, geralmente é utilizado quando o uso da ventilação forçada pode não ser suficiente para proporcionar conforto térmico aos animais (SANGALI, et al. 2014; NÄÄS; JUSTINO, 2014).

O SRAE consiste em um processo de saturação adiabática, em que não há perda nem ganho de calor. Nesse processo, ocorre a mudança do ponto de estado psicrométrico do ar, verificando-se elevação da umidade relativa e decréscimo na temperatura, mediante o contato do ar com uma superfície umedecida ou líquida. A pressão de vapor do ar insaturado ao ser resfriado é menor que a da água de contato, fazendo com que ocorra a vaporização da água (SILVA, 1998). A energia necessária para que o processo de evaporação ocorra é fornecida pelo ar, que cede calor sensível às gotículas de água, as quais passam do estado líquido para o gasoso (MASIERO; SOUZA, 2013).

Ao passar do estado líquido para o gasoso, a água retira do ambiente cerca de 580 Kcal para cada kg de água evaporada, dependendo da temperatura do ambiente (SILVA, 1998).

Os SRAEs são agrupados em misting (nebulização a baixa e média pressão), fogging (nebulização a alta pressão) e sprinkling (aspersão). A diferença entre os sistemas misting e fogging consiste basicamente no diâmetro

das gotas d'água, atribuída à maior ou menor pressão imposta ao sistema de nebulização (ALMEIDA, 2010).

Segundo Arcaro Júnior et al. (2005) a eficiência de aplicação do SRAE depende da diferença entre as temperaturas de bulbo seco e úmido (depressão psicrométrica), a qual é característica para cada região. Quando a umidade relativa está em torno de 60 - 70%, a troca de calor por evaporação é mais eficiente (NÄÄS; JUSTINO, 2014). Quando superior a 70% o potencial de redução no índice de temperatura e umidade (ITU) é inferior a 10%, podendo ocorrer limitação na aplicação desse sistema, uma vez que o ar saturado irá inibir a evaporação, proporcionando um ambiente ainda mais estressante para o animal. Portanto, a eficiência do SRAE torna-se maior em climas quentes e secos, devendo ser tomados os devidos cuidados com diferentes manejos, principalmente em regiões úmidas (SILVA, 1998).

De acordo com Tinôco (2000) o SRAE possibilita redução da temperatura do ar em até 11 °C, em algumas regiões, sendo que, no Brasil, a média desta redução é de 6 °C.

Segundo Arcaro Júnior et al. (2003) esse sistema tem apresentado grande aceitação pelos produtores em locais de clima quente, devido à sua relativa simplicidade técnica e praticidade em termos de uma relação benefício/custo favorável.

Os efeitos do SRAE sobre matrizes suínas em lactação durante o verão foram observados por Justino et al. (2015), onde relataram que o sistema contribuiu para reduzir os efeitos do calor sobre as variáveis relacionadas à termorregulação, além de proporcionar aumento no peso dos leitões ao desmame.

Suínos em terminação submetidos à ventilação negativa tipo túnel, associados à nebulização, produziu, embora discretamente, as melhores condições de conforto térmico e desempenho produtivo dos animais, quando comparado aos sistemas ventilação natural e ventilação de pressão positiva lateral. No entanto, os autores afirmam que a definição do melhor sistema de ventilação para a suinocultura brasileira ainda carece de investigação (SANTOS et al., 2012).

Por outro lado, os resultados obtidos por Carvalho et al. (2004) sobre o desempenho e a temperatura da pele de suínos na fase terminação, não demonstraram diferença significativa no desempenho dos animais, embora a

nebulização associada à ventilação forçada tenha promovido menores valores de temperatura da pele, indicando melhor conforto aos animais.

4.7 A visão dos suínos

De acordo com Ludtke et al. (2016) os suínos são animais sensíveis à iluminação e tendem a se deslocar de áreas escuras para claras, desde que a luz não ofusque sua visão ou incida diretamente em seus olhos. Essa afirmação já havia sido confirmada na pesquisa realizada por Baldwin; Meese (1977) em que, avaliando a preferência de iluminação dos suínos concluíram que os mesmos preferem locais iluminados.

Os suínos possuem olhos grandes com cones fotorreceptores que são capazes de identificar comprimentos de onda de 575 a 590 nm e de 620 a 680 nm, enquadrando as cores amarelo, laranja e vermelho (NEITZ; JACOBS, 1989). Outras pesquisas mostram que são capazes de discriminar a cor azul (440 a 490 nm) das demais cores, mas não percebem o vermelho e verde (TANIDA et al., 1991). Segundo Prince (1997) a sua anatomia permite que tenham visão panorâmica de 310°.

A orientação visual por meio da iluminação dentro das instalações pode ser um requisito importante para o bem-estar animal, pois, segundo Zornderland et al. (2008), a acuidade visual dos suínos apresenta valores mais baixos em comparação com os bovinos e muito menor em comparação com os seres humanos. Sendo o limiar de intensidade de luz que os suínos podem reconhecer como a escuridão é menor que 40 lx (TAST et al., 2001).

A melatonina é um hormônio que traduz o fotoperíodo ambiental numa forma endocrinológica auxiliando na regulação de funções vitais dos animais (ROCHA et al., 2011; GOMES, 2015), assim como atividades sexuais e reprodução. Esse hormônio é secretado pela glândula pineal localizada próxima do centro do cérebro, isso ocorre a partir da recepção dos estímulos gerados pela captação dos feixes de luz no decorrer do trato retino-hipotalâmico que se inicia na retina pela melanopsina presente nos fotorreceptores, passando pelo nervo óptico, chegando até o hipotálamo no núcleo supraquiasmático (GUYTON; HALL, 2006).

Também é função da melatonina a regulação do sono, elemento imprescindível para a qualidade de vida e o bem-estar dos animais, sendo assim, fatores ambientais que influenciam na secreção desse hormônio devem ser

considerados (SARUBBI, 2014). No entanto, conforme Amaral et al. (2014) a melatonina somente é sintetizada e secretada em períodos de escuridão, sendo então indispensáveis os períodos de ausência de luz.

De acordo com Anderson (2001) a produção de melatonina nos suínos se diferencia em função da idade, raça e sexo, podendo ocorrer uma maior produção no período noturno.

4.7.1 Programas de iluminação

No setor da produção de carne suína a busca pelo aprimoramento do manejo capaz de melhorar a produtividade é fator preponderante para a competitividade no mercado suinícola, além disso, o consumidor moderno exige informações concisas sobre as tecnologias aplicadas na produção, principalmente sob a ótica do bem-estar animal (AMARAL et al., 2014).

Quanto maior a produtividade do animal, maior será sua exigência ambiental e, a influência dos elementos ou fatores meteorológicos que não eram considerados como rotina de manejo podem comprometer ou melhorar o seu grau de conforto e desempenho produtivo. Dessa forma, percebe-se a necessidade do uso de tecnologias para minimizar o desconforto causado pelo confinamento inerente dos sistemas modernos, destacando-se o uso de luz suplementar para suínos (FERREIRA et al., 2015).

A luminosidade está relacionada às necessidades básicas como alimentação, água e temperatura. Os ritmos diários de atividade dos animais são fortemente influenciados e determinados pelas condições de luz ao longo do dia (FERREIRA et al., 2016). A iluminação também apresenta importância no bem-estar animal, uma vez que possibilita a visão do alimento e o convívio social nos alojamentos coletivos (BALDWIN, 1979).

O fotoperíodo é um fator ambiental cujos efeitos já foram elucidados para as aves (FERREIRA et al., 2016). De acordo com Sousa Júnior et al. (2011) em alguns países, entre eles o Brasil, já são utilizados programas de iluminação artificial para influenciar positivamente a reprodução e o desempenho em diversas criações, tais como ovinos, aves, bovinos de leite e suínos.

Nas regiões de clima quente, o uso de suplementação de luz pode ser apresentado como estratégia de manejo para amenizar o efeito prejudicial do estresse térmico, partindo do princípio de estimular a ingestão de alimento, principalmente nos horários mais frescos do dia, onde as condições climáticas

são melhores e a dissipação do calor provocado pela ingestão de alimento ser mais eficiente (ROMA JÚNIOR et al., 2011).

Diversas pesquisas foram realizadas com o objetivo de avaliar o prolongamento do fotoperíodo por meio de programas de iluminação suplementar para espécies de interesse zootécnico (ROMA JÚNIOR et al., 2011; ALMEIDA, 2013; AMARAL et al., 2014; LIMA et al., 2014; FERREIRA et al., 2016).

Na suinocultura, pesquisas com o uso de programas de luz ainda são escassas (Sousa Júnior et al., 2011), sendo muitos dos resultados relacionados ao comportamento, desempenho e bem-estar pouco expressivos e contraditórios (FERREIRA et al., 2016).

O uso de programas de iluminação para leitões em fase de creche foi avaliado por Sousa Júnior et al. (2011) e os autores não encontraram melhorias significativas no desempenho dos animais, que justifique a sua utilização. Porém, salientam que como existem resultados contraditórios em outros estudos, é necessário que se realizem mais pesquisas acerca do uso da iluminação artificial para suínos nesta fase.

Caprario e Zimmermann (2011) constataram melhoras no ganho de peso diário e na conversão alimentar de leitões que receberam iluminação noturna quando comparados a leitões que receberam apenas luz natural.

De outro modo, em pesquisa realizada por Ferreira et al. (2015) utilizando programas de iluminação suplementar para suínos durante a fase de crescimento, aplicando períodos de luz de 15, 19 e 23 horas de luz por dia, observaram que não houve influência do programa de iluminação sobre o desempenho dos animais. Ferreira et al. (2016) avaliaram o mesmo programa de luz, porém, utilizando animais na fase de terminação e constataram que o mesmo também não permitiu expressivas alterações no desempenho ou no comportamento dos animais nessa fase.

Amaral et al. (2014) avaliaram o desempenho e comportamento dos suínos durante a fase de terminação submetidos a programas de iluminação suplementar de 16 horas de luz e oito horas de escuro; 23 horas de luz e uma de escuro; e constaram que os animais submetidos à luz adicional foram mais ativos durante a noite, todavia, não se verificou benefício ou malefício no uso desse manejo sob o ponto de vista zootécnico. No entanto, recomendam outros estudos acerca do tema, principalmente em regiões cujas temperaturas do ar,

ao longo do ano, sejam superiores às temperaturas críticas para suínos em terminação.

A preferência de iluminação dos suínos em crescimento foi pesquisada por Taylor et al. (2006), em que, os animais foram expostos a iluminações de (2,4), 4, 40 e 400 lx, dispostas em compartimentos. Foi observado que os animais optaram por ter acesso à luz por várias horas por dia e descansaram sob todas as iluminâncias fornecidas, embora fossem preferidas as mais fracas, visto que, os comportamentos mais comuns nos compartimentos mais escuros foram descansando e dormindo. Diante disso, os autores apontam à necessidade de uma área no interior da instalação, com iluminação de (2,4 lx ou menos) por pelo menos 6 h por dia, a fim de atender às preferências sinalizadas pelos suínos neste estudo.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização da pesquisa

A pesquisa foi realizada no Biotério de Experimentação com Suínos da Unidade Acadêmica de Serra Talhada (BES - UAST) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no município de Serra Talhada, localizado na Mesorregião Sertão e Microrregião do Pajeú, estado de Pernambuco, Brasil (longitude 07,98° S; latitude 38,28° W e altitude de 444 m) (Figura 1).

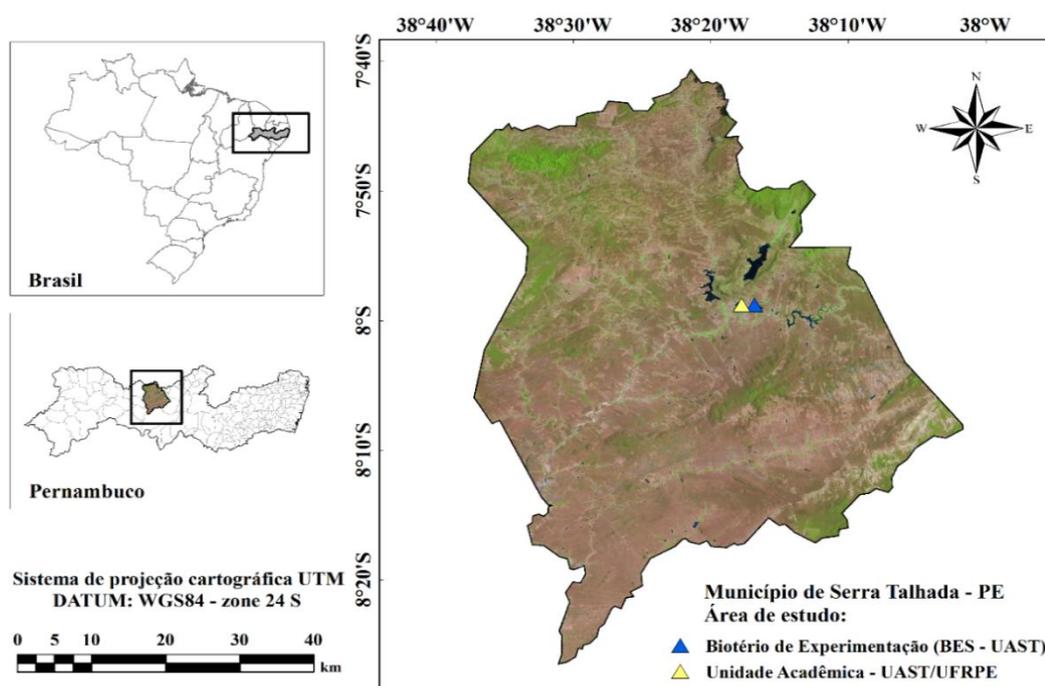


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo no município de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil.

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é caracterizado como BShw' semiárido quente e seco, com as chuvas ocorrendo entre os meses de dezembro a maio. As médias anuais de precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar da região são 642,1 mm; 24,8 °C e 62,5%, respectivamente (SILVA et al., 2015).

O período experimental foi de setembro a novembro de 2017, totalizando 61 dias de registro de dados, compreendendo as fases de crescimento e terminação dos animais. A pesquisa foi aprovada pela CEUA/UFRPE (Comissão de Ética no Uso de Animais) sob o protocolo 23082.021090/2016-81.

5.2 Instalações

Foi utilizado um galpão experimental em alvenaria composto por 30 baias e um corredor central coberto com telhas de fibrocimento. As baias eram cobertas por telhas cerâmicas em uma água com 15° de inclinação, paredes pintadas na cor branca e piso concretado (Figura 2).

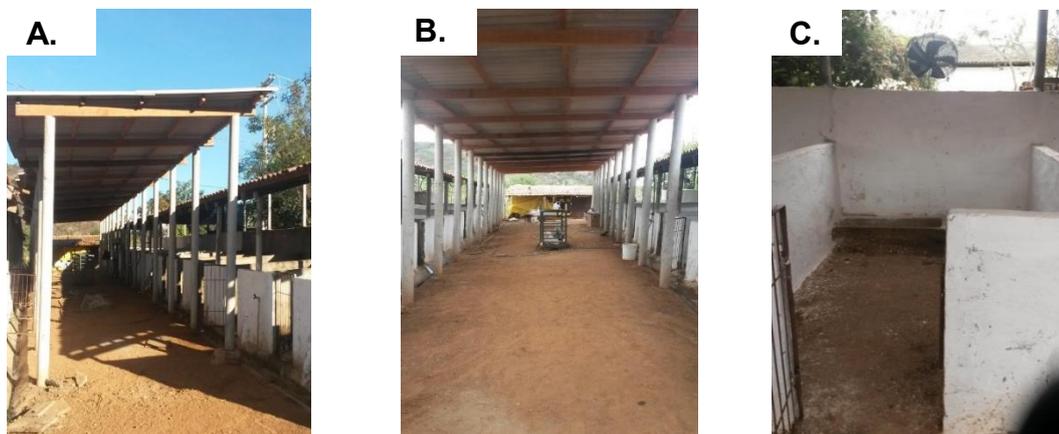


Figura 2. Vista externa da instalação (A); vista interna geral (B); vista interna da baia (C).

Cada baia apresentava 6,0 m², 2,2 m de altura de pé direito e muretas de contenção de 1,10 m e um fechamento transversal de 1,5 m. Todas equipadas com um comedouro semiautomático e um bebedouro tipo chupeta instalado a 30 cm do piso (Figura 3).

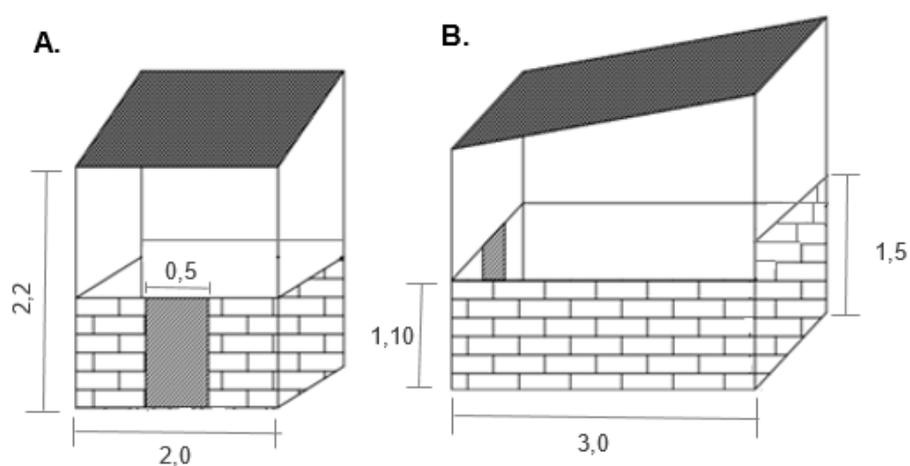


Figura 3. Dimensões das baias, vista frontal (A); vista lateral (B).

5.3 Seleção e distribuição dos animais

Foram utilizados 27 suínos (machos castrados e fêmeas) aos 70 dias de idade, provenientes de matrizes de linhagem comercial para alta deposição de massa muscular (3/4 Duroc, 1/4 Pietrain) nascidas no BES - UAST, em terceira ordem de parto, cobertas por um macho da raça Duroc (Puro de Origem).

Os animais foram distribuídos aleatoriamente em nove baias, sendo três animais (machos e fêmeas) por baia e área disponível de 2 m² animal⁻¹ (Figura 4).

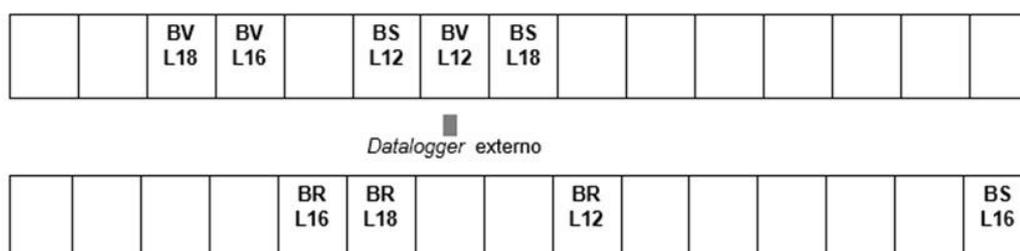


Figura 4. Representação da distribuição dos tratamentos nas baias.

5.4 Fatores de variação

Os fatores de variação foram: baias sem climatização (BS), baias com ventilação forçada (BV) e baias com sistema de resfriamento adiabático evaporativo (BR), associado a 12 h de luz natural (L12), 12 h de luz natural + 4 h de luz artificial (L16) e 12 h de luz natural + 6 h de luz artificial (L18) (Figura 5).

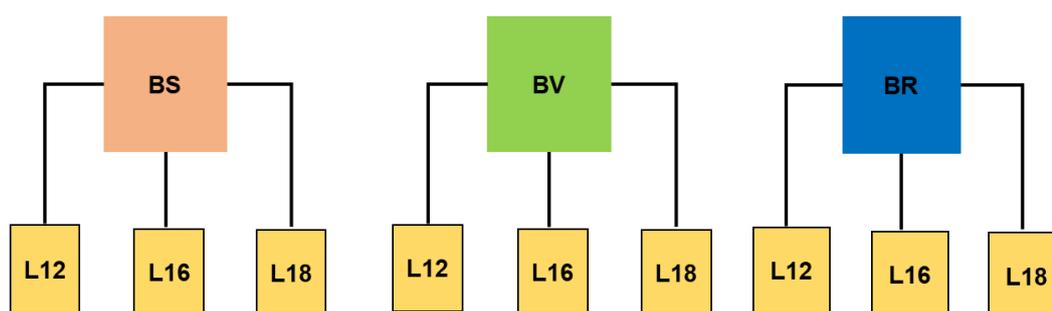


Figura 5. Representação esquemática dos fatores de variação.

5.4.1 Sistemas de climatização

A climatização por ventilação forçada foi realizada por meio de ventiladores axiais com vazão de 1200 m³ h⁻¹ a 1.780 RPM e diâmetro da hélice de 11", que

fornecia um fluxo de ar a uma velocidade média de $3,4 \text{ m s}^{-1}$, sendo utilizado um ventilador por baia (Figura 6A).

Para o sistema de resfriamento adiabático evaporativo foram utilizados climatizadores evaporativos, em que a formação da névoa ocorria pelo efeito centrífugo de um disco central com vazão média de $7,0 \text{ L h}^{-1}$, conforme a regulação da névoa. Motores independentes com rotação da hélice a 1.750 RPM e do disco central de 3.450 RPM e velocidade média do fluxo da névoa de $2,5 \text{ m s}^{-1}$. Foi instalado um climatizador para cada baia (Figura 6B).

As climatizações foram acionadas diariamente das 8h00 às 18h00, por meio de *timer*, devidamente programado.

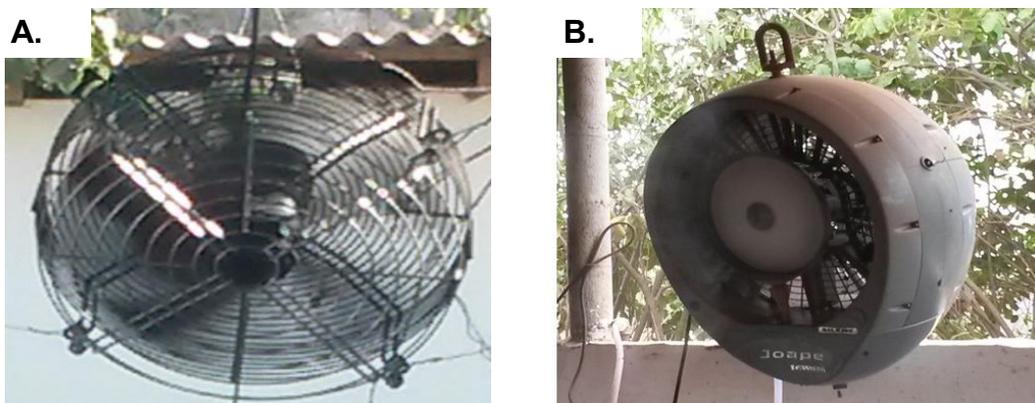


Figura 6. Detalhe do ventilador axial (A); climatizador evaporativo (B).

5.4.2 Programas de iluminação

O sistema de iluminação suplementar foi composto por lâmpadas fluorescentes compactas, suave cálida de 15 W, instaladas no centro geométrico das baias a 1,83 m do piso (Figura 7).



Figura 7. Disposição do sistema de iluminação no interior da baia.

A iluminância disponibilizada aos animais submetidos a suplementação de luz foi de 40 lx (Figura 8B), sendo medida por meio de um luxímetro digital modelo MLM -1011 (Figura 8A).



Figura 8. Luxímetro digital (A); verificação da iluminância na baia (B).

Na implantação do sistema de iluminação foi verificada a interferência da iluminação suplementar entre os tratamentos, dessa forma, foram instaladas lonas plásticas pretas na lateral das baias que dispunham de suplementação de luz, para que a iluminação artificial de uma não interferisse na outra baia de alojamento dos animais. O manejo das lonas foi realizado diariamente, sendo

suspensas (Figura 9 A) no início da manhã e abaixadas no final da tarde (Figura 9B).



Figura 9. Manejo diário das cortinas laterais pela manhã (A); e tarde (B).

O acionamento e a interrupção dos sistemas de iluminação foram realizados por timer, programado de acordo com cada período de suplementação, em que o programa de 16 horas de luz era acionado às 18h00 e desligado às 22h00 e, o programa de 18 horas era acionado às 23h00 e desligado às 05h00 (Figura 10).



Figura 10. Visualização do interior da baia no período noturno, com o sistema de iluminação artificial acionado.

5.5 Manejo nutricional dos animais

O manejo nutricional dos animais seguiu de acordo com o conceito de proteína ideal, por fase de desenvolvimento, atendendo as exigências nutricionais descritas por Rostagno (2017) para a produção de animais de alto potencial genético, conforme se preconiza na suinocultura tecnificada.

As rações oferecidas a cada categoria foram balanceadas: proteína bruta, energia metabolizável, cálcio e fósforo, sendo as vitaminas e minerais fornecidos por meio de premix específicos para cada fase de criação, crescimento (I e II) que compreendeu o período dos 30 aos 40 kg e terminação dos 51 aos 100 Kg (Tabelas 1, 2 e 3).

Tabela 1. Composição centesimal da dieta fornecida na fase de crescimento I

| Ingredientes | Quantidade (%) |
|-----------------------------|----------------|
| Milho em grão | 73,350 |
| Farelo de soja (45%) | 19,610 |
| Óleo de soja | 1,067 |
| Glúten de milho (60%) | 2,143 |
| Fosfato bicálcico | 0,965 |
| Calcário calcítico | 0,619 |
| Inerte | 1,340 |
| Sal | 0,339 |
| Premix mineral e vitamínico | 0,400 |
| L - Lisina HCl 99% | 0,103 |
| DL - Metionina 99% | - |
| L - Treonina 98% | 0,028 |
| L - Triptofano | - |
| L - Valina 96,5% | - |
| Total | 100 |

Tabela 2. Composição centesimal da dieta fornecida na fase de crescimento II

| Ingredientes | Quantidade (%) |
|-----------------------------|----------------|
| Milho em grão | 73,670 |
| Farelo de soja | 19,460 |
| Óleo vegetal | 2,000 |
| Fosfato bicálcico | 0,984 |
| Calcário calcítico | 1,758 |
| Inerte | 1,050 |
| Sal | 0,203 |
| Premix mineral e vitamínico | 0,500 |
| L – HCl Lisina | 0,234 |
| DL – Metionina | 0,047 |
| L – Treonina | 0,068 |
| L – Triptofano | 0,007 |
| L – Valina | - |
| Total | 100 |

Tabela 3. Composição centesimal da dieta fornecida na fase de terminação

| Ingredientes | Quantidade (%) |
|----------------------|----------------|
| Milho em grão | 69,376 |
| Farelo de soja (45%) | 14,685 |
| Farelo de trigo | 13,949 |
| Fosfato bicálcico | 0,746 |
| Calcário calcítico | 0,606 |
| Sal | 0,353 |
| MIN-SUÍNO | 0,100 |
| VITCRE-SUI | 0,100 |
| L – Lisina HCl | 0,071 |
| DL – Metionina | 0,009 |
| L – Treonina | - |
| Total | 100 |

A alimentação foi fornecida à vontade em comedouros semiautomáticos, sendo distribuída duas vezes ao dia (manhã e tarde) (Figura 11). A água nos bebedouros, tipo chupeta, estava disponível para os animais com vazão de 3,0 L min⁻¹.



Figura 11. Vista do comedouro semiautomático utilizado no fornecimento de ração aos animais nas fases de crescimento e terminação.

5.6 Levantamentos dos dados

Durante todo o período experimental, foram registrados os dados das variáveis meteorológicas no interior das baias e no ambiente externo, as respostas fisiológicas, comportamentais e o desempenho zootécnico dos animais.

5.6.1 Determinação das variáveis meteorológicas

As variáveis meteorológicas, temperatura do bulbo seco (T_{bs} ; °C), umidade relativa do ar (UR; %) e temperatura de globo negro (T_{gn} ; °C) foram registradas a cada hora, no interior das baias e no ambiente externo, por meio de *dataloggers* modelo HOBO U12-12 (*Onset Computer Corporation Bourne, MA, USA*). A temperatura de globo negro foi medida com auxílio de uma esfera oca de polietileno pintado de preto fosco com 15 cm de diâmetro, na qual foi inserido um sensor térmico (*termistor*) para o registro da temperatura, sendo imediatamente armazenada no *datalogger*.

Foram instalados um *datalogger* no centro geométrico de cada baia e um no ambiente externo, sendo todos fixados a 1,5 m do piso (Figura 12).



Figura 12. *Datalogger* HOBO U12-12 instalado no interior da baía.

As medidas da velocidade do vento (V_v ; $m\ s^{-1}$) foram tomadas com auxílio de um termo-anemômetro digital modelo AZ 8908, a 1,0 m do piso, no interior das baias e no ambiente externo a 2,0 m do solo (Figura 13).



Figura 13. Medida da velocidade do vento no ambiente externo utilizando o termo-anemômetro digital modelo AZ 8908.

5.6.2 Determinação dos índices de conforto térmico

Para caracterização do conforto térmico nos ambientes estudados, foram utilizados os dados referentes às variáveis meteorológicas registradas no interior dos ambientes, a fim de determinar os índices de conforto, por meio da carga térmica radiante CTR ($W\ m^{-2}$), proposta por Esmay (1982), (Equação 1), o índice de temperatura e umidade ITU, proposto por Thom (1959), (Equação 2) o índice de temperatura de globo e umidade ITGU, proposto por Buffington et al. (1981),

(Equação 3) e a entalpia específica h (kJ kg^{-1} de ar seco), proposta por Rodrigues et al. (2010), (Equação 4).

$$\text{CTR} = \sigma(\text{TRM})^4 \quad (1)$$

$$\text{TRM} = 100 \left\{ \left[2,51(\text{Vv})^{0,5}(\text{Tgn} - \text{Tbs}) + \left(\frac{\text{Tgn}}{100} \right)^4 \right]^{0,25} \right\} \quad (1.1)$$

em que:

TRM = temperatura média radiante (K);

Vv = velocidade do vento (m s^{-1});

Tgn = temperatura de globo negro (K);

Tbs = temperatura de bulbo seco (K);

$\sigma = 5,67 * 10^{-8} \text{ K}^{-4} \text{ W m}^{-2}$ (Constante de Stefan-Boltzmann).

$$\text{ITU} = \text{Tbs} + (0,36. \text{Tpo}) + 41,5 \quad (2)$$

em que:

Tbs = temperatura do bulbo seco ($^{\circ}\text{C}$);

Tpo = temperatura de ponto de orvalho ($^{\circ}\text{C}$).

$$\text{ITGU} = \text{Tgn} + (0,36. \text{Tpo}) - 330,08 \quad (3)$$

em que:

Tgn = temperatura de globo negro (K);

Tpo = temperatura de ponto de orvalho (K).

$$h = 1,006. \text{Tbs} + \frac{\text{UR}}{\text{Patm}} \cdot 10^{\left(\frac{7,5\text{Tbs}}{237,3+\text{Tbs}} \right)} \cdot (71,28 + 0,052. \text{Tbs}) \quad (4)$$

em que:

Tbs = temperatura de bulbo seco ($^{\circ}\text{C}$);

UR = umidade relativa do ar (%);

Patm = pressão atmosférica (mm Hg).

5.6.3 Determinação das variáveis fisiológicas

Os parâmetros fisiológicos frequência respiratória (FR; mov min⁻¹), temperatura retal (TR; °C) e temperatura de superfície (TS; °C) foram registrados em todos os animais, nos horários das 0, 4, 8, 12, 16 e 20h00, uma vez por semana, durante todo o período experimental.

As medidas da FR foram realizadas a partir da contagem do número de movimentos da região do flanco, realizados pelo animal no intervalo de 1 min.

Para a aferição da TR foi utilizado um termômetro digital de uso veterinário, com escala entre 20 e 50 °C e precisão de +/- 0,1 °C.

Os registros da temperatura da superfície da pele dos animais foram obtidos por meio de imagens térmicas coletadas por um termovisor modelo Flir E60, em que todos os animais foram submetidos individualmente ao registro de imagens (Figura 14A). No momento do registro das imagens, adotou-se uma distância padrão de 1,5 m entre a câmera e o animal (Figura 14B).

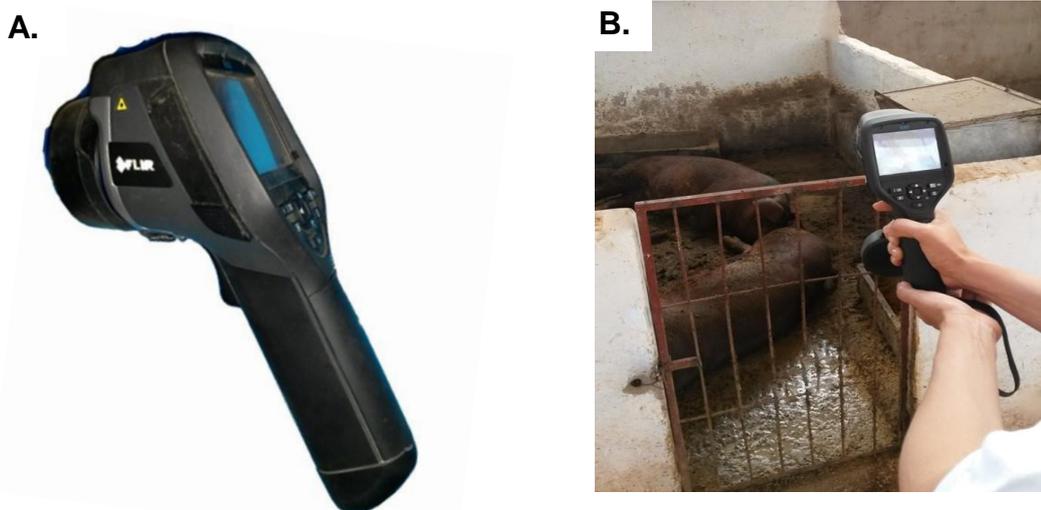


Figura 14. Termovisor Flir E60 (A) utilizado no registro das imagens térmicas dos animais alojados nas baias de produção (B).

A análise das imagens foi realizada utilizando o programa computacional FLIR QuickReport[®], no qual foram inseridos os valores da emissividade, onde adotou-se o valor de 0,98 (Moura et al., 2011), da temperatura e umidade relativa do ar obtidas no instante do registro da imagem e a distância padrão entre o animal e a câmera.

Em cada imagem foi delimitada uma área compreendendo a região do abdômen do animal, a fim de gerar uma superfície representativa da temperatura média superficial do corpo dos animais (Figura 15).

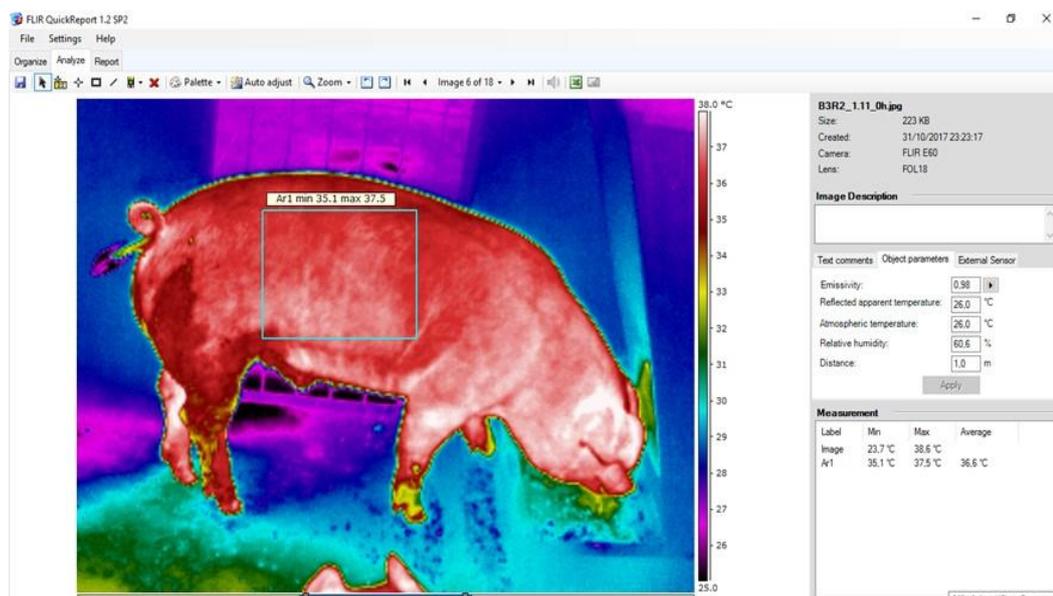


Figura 15. Análise da imagem térmica por meio do programa computacional FLIR QuickReport®.

5.6.4 Desempenho zootécnico dos animais

O desempenho dos animais foi avaliado por meio do consumo de ração (CR; Kg), conversão alimentar (CA; Kg Kg⁻¹) e ganho de peso (GP; Kg).

O consumo de ração foi quantificado a partir da soma dos consumos diurno (CRD; Kg) e noturno (CRN; Kg). Para isso, diariamente os comedouros foram abastecidos pela manhã e tarde, sendo que antes de cada novo abastecimento foi pesado em balança eletrônica o excedente de ração do abastecimento anterior (Figura 16).

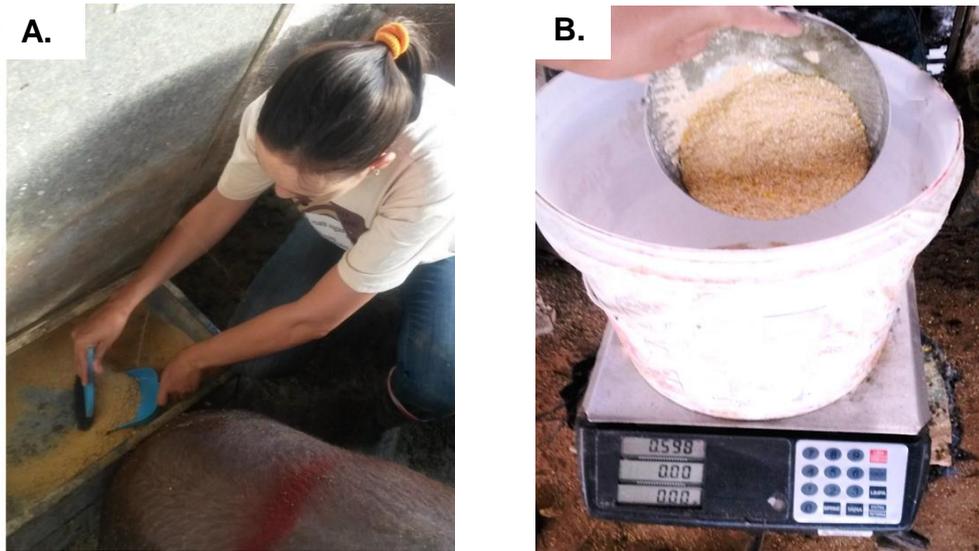


Figura 16. Coleta (A) do excedente de ração referente ao abastecimento anterior e pesagem (B).

Para a determinação e acompanhamento do GP os animais foram pesados semanalmente em uma balança eletrônica modelo LD1050, acoplada a uma estrutura de contenção (Figura 17). O GP foi calculado considerando o peso inicial (primeiro dia de pesagem) e peso ao final de cada semana, até alcançarem o peso vivo de abate.



Figura 17. Balança eletrônica modelo LD1050 acoplada a estrutura de contenção para pesagem dos animais.

5.6.5 Determinação das variáveis comportamentais dos animais

O comportamento dos animais foi avaliado por meio das imagens registradas por microcâmeras coloridas modelo VMD S3020 IR, com infravermelho e lente de 3,6 mm, instaladas no interior das baias (Figura 18).

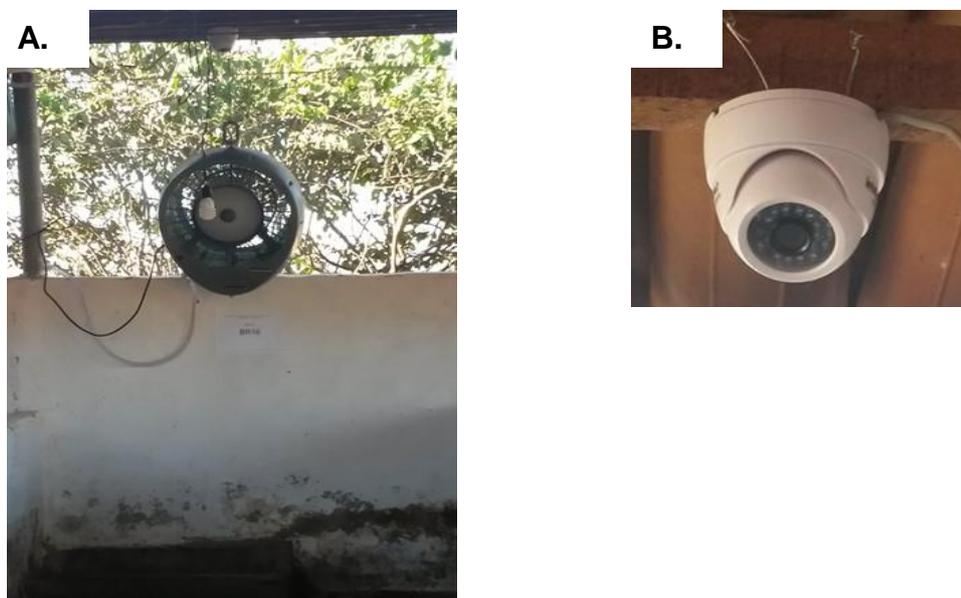


Figura 18. Posicionamento da microcâmera instalada no interior da baia (A) e detalhe da microcâmera modelo VMD S3020 IR (B).

Os registros foram realizados uma vez por semana, por 24 horas ininterruptas, durante todo o experimento, descartando-se apenas a primeira semana de análise, visto que os animais ainda estavam em período de adaptação às novas condições ambientais promovidas pelos sistemas de climatização e de iluminação suplementar, conforme sugerido por Kiefer et al. (2010). Os dias determinados para os registros não coincidiram com os dias de registro das variáveis fisiológicas dos animais, visto que a manipulação nos animais poderia interferir no seu comportamento.

Os animais foram identificados com pincel marcador próprio para uso animal, para facilitar a identificação dos mesmos no momento da análise das imagens (Figura 19).

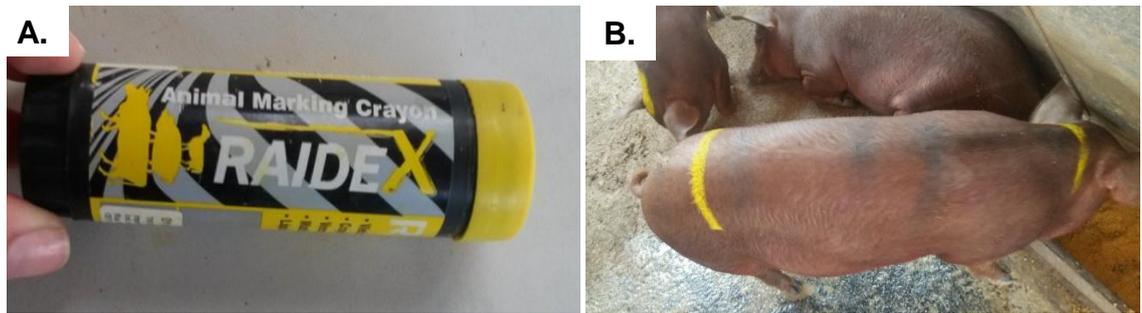


Figura 19. Pincel utilizado para marcação dos animais (A); animais identificados para diferenciação no momento da quantificação comportamental (B).

Para o registro e quantificação dos comportamentos expressos pelos animais foram considerados os comportamentos dos três animais de cada baia, no período de 24 horas, sendo que as observações foram realizadas por 10 min em cada intervalo horário (Figura 20).



Figura 20. Imagens de vídeo armazenada para análise da expressão comportamental dos animais.

Para contabilização e identificação das variáveis comportamentais utilizou-se um etograma baseado em pesquisas realizadas por Massari et al. (2015) e Pandorfi; Silva (2005), conforme descrito na Tabela 4, sendo quantificada a frequência e a porcentagem do tempo de observação em cada comportamento listado em seus respectivos tratamentos.

Tabela 4. Etograma comportamental para suínos durante as fases de crescimento e terminação

| Comportamento | Descrição | |
|----------------------|----------------------------------|--|
| Postura | | |
| Deitado | posição ventral | Barriga apoiada sobre o piso com todas as pernas debaixo do corpo. |
| | posição lateral | De lado com todas as pernas estiradas horizontalmente. |
| Em pé | Corpo apoiado nas quatro pernas. | |
| Atividade | | |
| Acesso ao comedouro | Com a boca no comedouro. | |
| Bebendo | Com a boca no bebedouro. | |
| Conforto | cheirando o piso | Cheirar o piso realizando movimentos circulares. |
| | fuçando lambiscando | Fuçar o piso, explorar o ambiente. Pequenos movimentos de mastigação, enquanto toca outro animal com a boca. |
| | cheirando | Cheirar outro animal, movimentos circulares fuçando ao longo do animal. |
| | lambendo | Lamber outro animal, a língua toca o animal. |

De acordo com o etograma apresentado na Tabela 4, a postura “deitado” foi considerada a partir do somatório das posições (deitado na posição ventral e lateral), assim como o “comportamento de conforto” foi representado pela soma das atividades exploratórias (cheirando o piso e fuçando) e interações sociais (lambiscando, cheirando e lambendo).

5.7 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 3x3, em que os 27 animais utilizados foram distribuídos aleatoriamente nas nove baias, sendo considerados três repetições por tratamento.

Os dados foram analisados por meio do seguinte modelo estatístico (Equação 5):

$$\hat{Y}_{ijk} = \mu + A_i + DL_j + (A \times DL)_{ij} + e_{ijk} \quad (5)$$

em que:

\hat{Y}_{ijk} = i-ésima observação de uma das variáveis;

μ = média geral;

A_i = efeito fixo da climatização;

DL_j = efeito fixo do programa de iluminação;

$(A \times DL)_{ij}$ = efeito da interação entre climatização e programa de luz;

E_{ijk} = erro aleatório.

A análise estatística foi realizada para os índices de conforto, variáveis fisiológicas e desempenho zootécnico dos animais, por meio do software Statistical Analysis System (SAS, 2007) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para as variáveis meteorológicas foi realizada à análise descritiva dos dados e análises de regressão entre os tratamentos e o ambiente externo.

À análise comportamental dos animais foi determinada pela frequência e porcentagem do tempo despendido em cada comportamento e sua probabilidade de ocorrência pelo teste Qui-quadrado (X^2).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Variáveis meteorológicas

A análise descritiva dos dados ambientais temperatura de bulbo seco (Tbs; °C) e umidade relativa do ar (UR; %) no ambiente externo às baias (EXT) e no interior das baias sem climatização (BS), com ventilação forçada (BS) e com resfriamento evaporativo (BR), aferidos durante todo o período experimental, mostram que 75% dos dados registrados, a Tbs no ambiente externo esteve entre 19,3 e 30 °C, e os valores médios para Tbs e UR foram da ordem de 25,9 °C e 64,5%, respectivamente (Figura 21).

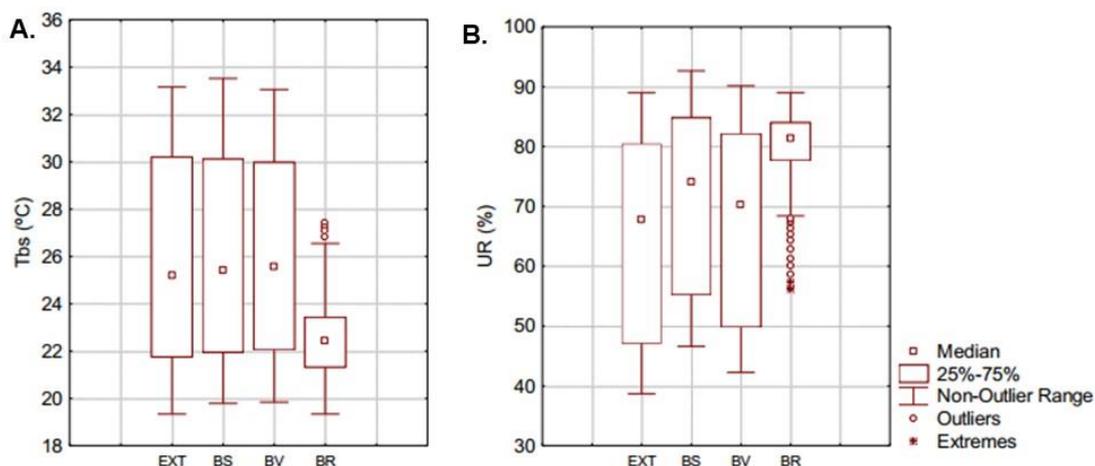


Figura 21. Variação da temperatura de bulbo seco (Tbs; °C) (A) e da umidade relativa do ar (A) no ambiente externo (EXT) e no interior das baias sem climatização (BS), com ventilação forçada (BV) e resfriamento evaporativo (BR).

Nas baias BS e BV, verifica-se Tbs mínima e máxima de 19,8 e 33,5 °C, respectivamente, em que 75% do período estiveram, aproximadamente, entre 19,8 e 30 °C. A média de Tbs para ambos foi de 26 °C (Figura 21A), sendo que as médias de UR foram de 70,8% para BS e 67,1% para BV (Figura 21B).

Nota-se na Figura 21A que a Tbs na BR não ultrapassou os 27,4 e a média do período foi de 22,6 °C. O valor médio da UR foi de 79,5%, em que 75% dos registros ficaram entre 68 e 82%. Portanto, o sistema de resfriamento evaporativo garantiu conforto térmico aos suínos em ambas as fases de criação, não permitindo que a temperatura do ar ultrapassasse o limite crítico superior (27 °C) para suínos em crescimento e terminação (Leal; Nããs, 1992).

A relação funcional entre a temperatura no ambiente externo e no interior das baias sem climatização indicou que a temperatura no ambiente externo foi 0,61% inferior à do interior das baias não climatizadas (Figura 22A), também houve discreta redução (0,3%) na temperatura do ambiente externo quando comparados às baias com ventilação forçada (Figura 22B). No entanto, para as baias com resfriamento adiabático evaporativo esta relação indicou acréscimo de 14,65% quando comparada ao ambiente externo (Figura 22C).

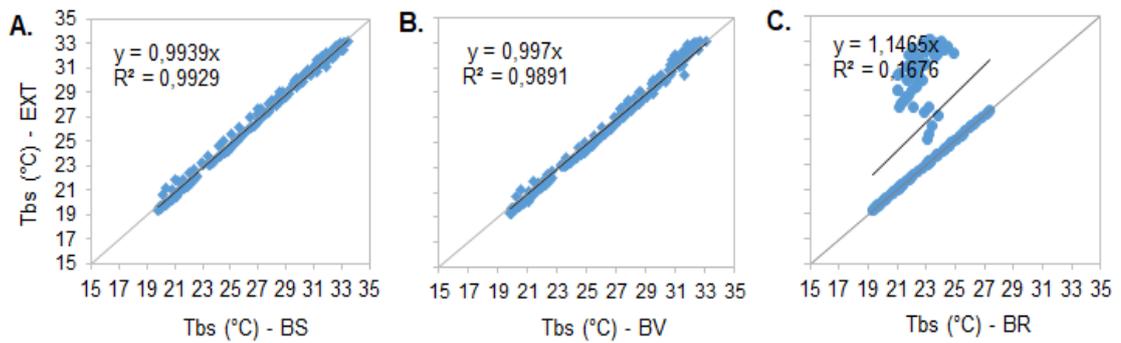


Figura 22. Relação funcional da temperatura de bulbo seco (Tbs; °C) entre ambiente externo e as baias sem climatização (BS; A), com ventilação forçada (BV; B) e resfriamento evaporativo (BR; C).

A variável umidade relativa do ar no ambiente externo apresentou valores inferiores quando comparado a todos os tratamentos, em que a umidade relativa nas BS, BV e BR foram 8,00; 3,38 e 19,48% maiores que no ambiente externo, respectivamente (Figura 23).

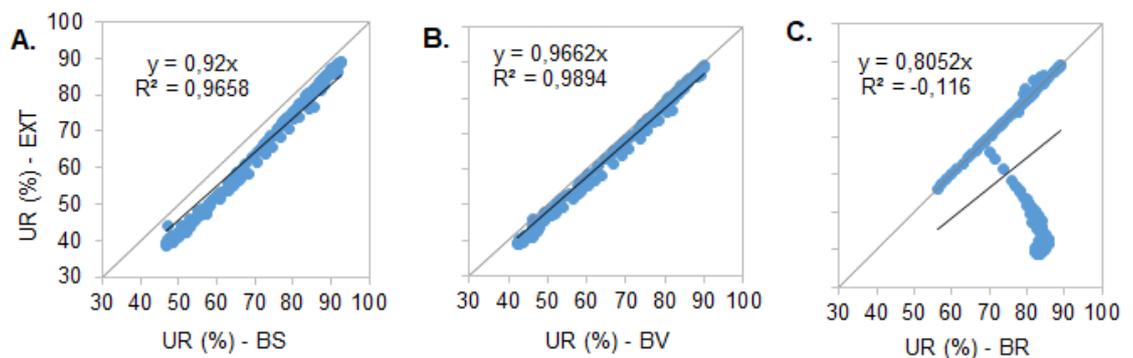


Figura 23. Relação funcional da umidade relativa do ar (UR; %) entre o ambiente externo e as baias sem climatização (BS; A), com ventilação forçada (BV; B) e resfriamento evaporativo (BR; C).

O acréscimo da umidade no interior das baias BS e BV, em relação ao ambiente externo, pode ser justificada pela presença dos animais, seja pela umidade liberada pelo processo de respiração (troca de calor latente) pelo uso dos bebedouros, seja pelos dejetos, visto que de acordo com Kiefer et al. (2009), os suínos submetidos ao estresse por calor utilizam os bebedouros com frequência na tentativa se molharem para perder calor por meio da evaporação e, desta forma, amenizar o estresse ambiental.

A menor UR na BV pode ter sido responsável pelo maior fluxo de massa e energia promovida pelo venteador, que acentuou comparativamente a BS, devido

ao fluxo de massa e energia promovida pelo ventilador, que acentuou o processo de renovação de ar, dissipando a massa de ar úmida do interior da baia (Figuras 23 A e B).

Quanto a BR, o elevado aumento a umidade no ambiente ocorreu, principalmente, pela névoa promovida pelo sistema de climatização, com consequente incremento de vapor d'água na parcela de ar no interior da baia. Essa relação sinaliza a eficiência do resfriamento evaporativo em reduzir a temperatura do ambiente, por meio do incremento da umidade do ar, conforme observado por Almeida (2011) em pesquisa similar para bovinos leiteiros no semiárido de Pernambuco (Figura 23 C).

A Figura 24A mostra elevada amplitude térmica local, onde, no ambiente externo foi da ordem de 13,9 °C, sendo a mínima registrada às 05h30 e a máxima às 14h30. Segundo Ferreira (2011) a amplitude tolerada pelos suínos adultos é de 8,0 °C. Santos et al. (2012) encontraram diferença de 3,5 °C na redução da amplitude térmica de um galpão com suínos, utilizando ventilação forçada associada a nebulização, comparativamente a ventilação natural. A alta amplitude pode ocasionar maior exigência de adaptação dos animais às flutuações térmicas diárias, deslocando energia de produção para manutenção da homeotermia, o que poderá resultar em impactos negativos no desempenho dos animais.

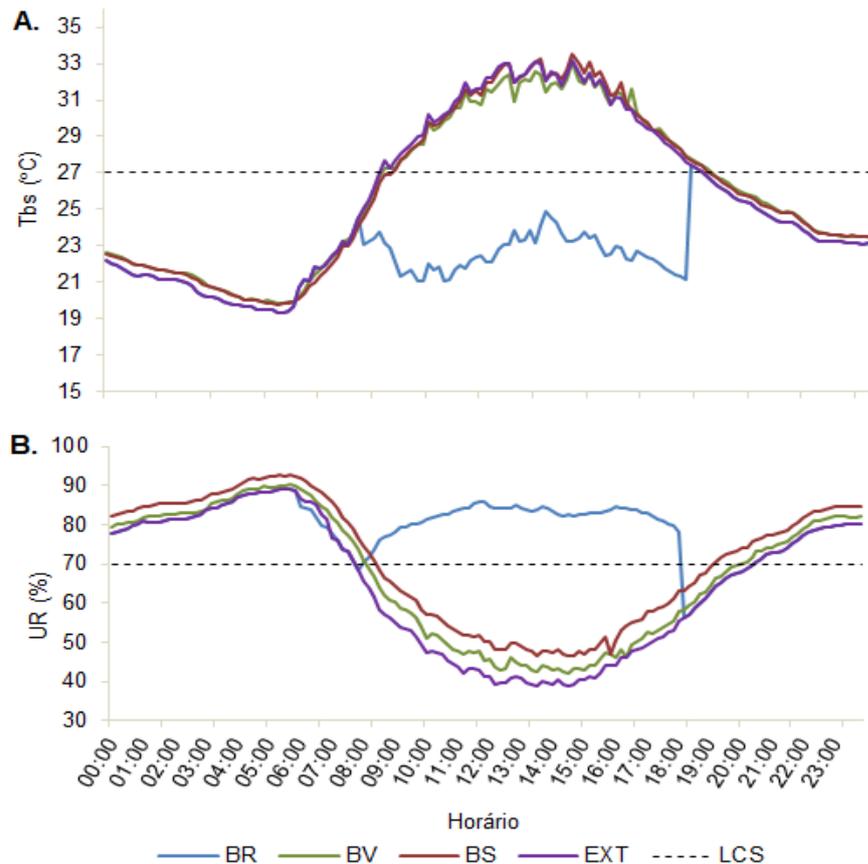


Figura 24. Variação média horária da temperatura de bulbo seco (Tbs; °C - A) e da umidade relativa do ar (UR; % - B) nas baias com resfriamento evaporativo (BR), com ventilação forçada (BV), sem climatização (BS) e no ambiente externo (EXT) no decorrer do período experimental. LCS - Limite crítico superior.

Nota-se que, exceto para os animais submetidos a BR, nas demais condições de alojamento, os animais estiveram submetidos a temperaturas acima do limite crítico superior (LCS) de 27 °C (Leal; Nããs, 1992), entre às 9 e 18h00, atingido valores extremos (33 °C) às 14h00 (Figura 24A). Tolon e Nããs (2005) também observaram menor temperatura para ambientes equipados com resfriamento evaporativo, quando comparados aos sistemas de ventilação natural e forçada, com efeito positivo na produção dos animais.

O sistema de ventilação forçada, em alguns intervalos ao longo do dia, foi capaz de atenuar a temperatura no interior da baia, porém às 16h00 o ambiente ventilado tornou-se mais quente que a baia sem climatização.

Observa-se na Figura 24B que a umidade relativa do ar manteve-se dentro dos limites toleráveis de 40 a 70% (Leal; Nããs, 1992), no ambiente externo, na BS e na BV. Os altos valores da umidade relativa do ar na BR se deu pela elevada capacidade de retenção de vapor d'água na parcela de ar, possibilitado pelas propriedades psicrométricas do ar local, que por consequência, reduziu a

temperatura do ar, de forma que o efeito isolado da umidade acabasse se tornando nulo em condição de conforto térmico para os animais nas fases de crescimento e terminação.

6.2 Índices de conforto térmico

A Figura 25 mostra a variação da carga térmica radiante (CTR; $W m^{-2}$), índice de temperatura e umidade (ITU), índice de temperatura do globo e umidade (ITGU) e entalpia (h ; $kJ kg ar\ seco^{-1}$) durante o período experimental.

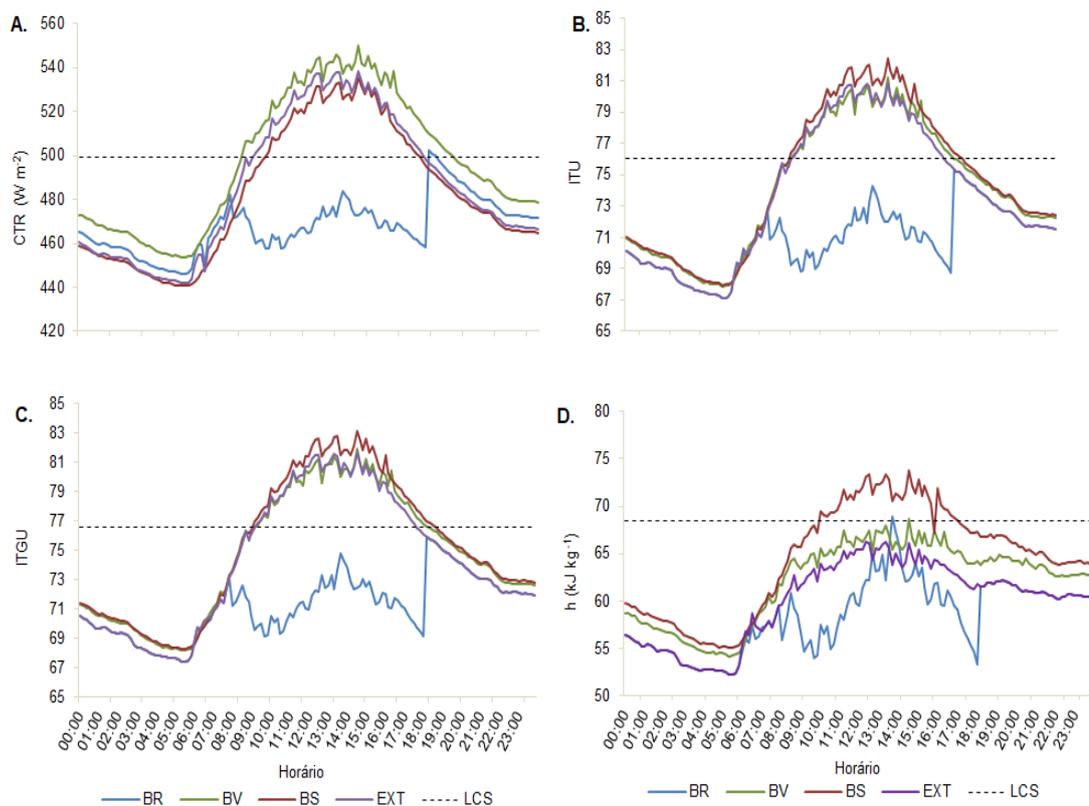


Figura 25. Variação média horária da carga térmica radiante (CTR; $W m^{-2}$ - A), índice de temperatura e umidade (ITU - B), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU - C) e entalpia (h ; $kJ kg ar\ seco^{-1}$ - D) nas baias com resfriamento evaporativo (BR), com ventilação forçada (BV), sem climatização (BS) no ambiente externo decorrer do período experimental. LCS - Limite crítico superior.

A CTR (Figura 25A) foi superior na BV, o que indica que a ventilação não foi suficiente para atenuar a temperatura de globo negro, haja vista que a irradiação captada pelo globo superou o efeito convectivo do ar, o que evidenciou maior CTR nesta condição de alojamento, sendo possível que o uso dos ventiladores tenha ocasionado esse acréscimo, em virtude da influência da velocidade do vento sobre este índice.

Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Tolon e Nããs (2005) em que avaliaram o efeito da ventilação resfriada, forçada e natural e verificaram que a CTR foi inferior no intervalo das 12 às 14h00, somente na condição em que empregaram a ventilação refrigerada.

É possível perceber que às 18h00, quando a climatização foi interrompida, que ocorreu rápido acréscimo da CTR em BR, onde ultrapassou discretamente o limite crítico superior. Este evento reforça visivelmente a eficiência do uso do resfriamento evaporativo no local da pesquisa.

O ITU e ITGU tiveram variação semelhante (Figuras 25B e 25C), onde a climatização por meio da ventilação não foi suficiente para manter o ambiente dentro do limite crítico. De acordo com THOM (1959) os valores de ITU na faixa entre 64 e 74 são considerados como condição de conforto e acima de 78 como perigo. E o ITGU esteve acima do limite crítico de 69,3 determinado por Kiefer et al. (2009).

A h (Figura 25D) foi o índice que se manteve abaixo do limite crítico superior (LCS) por quase todo o período na BV, apenas próximo às 15h00 superou LCS. Na BR, verifica-se oscilações ao longo do período de climatização, e às 13h00 superou ligeiramente a faixa do LCS. É provável que esta variação tenha ocorrido devido a relação deste índice com a umidade do ar, de modo o aumento do conteúdo de vapor d'água presente na parcela de ar resulta no aumento da quantidade de energia contida na massa de ar seco, resultando em valores maiores de entalpia. No entanto, admite-se que o efeito isolado da umidade relativa do ar não caracteriza condição de estresse, quando associada à temperatura do ar abaixo do LCS. A análise estatística dos índices de conforto mostrou que houve efeito significativo ($p < 0,05$) para a CTR em todos tratamentos e horários avaliados, onde a BV teve o pior desempenho em todos os intervalos horários (Figura 26A). Os menores valores apresentados foram às 04h00, com destaque para a BS que foi da ordem de $442,4 \text{ W m}^{-2}$. No intervalo das 08h00 às 16h00 o melhor desempenho foi para a BR que não ultrapassou a média de $472,6 \text{ W m}^{-2}$.

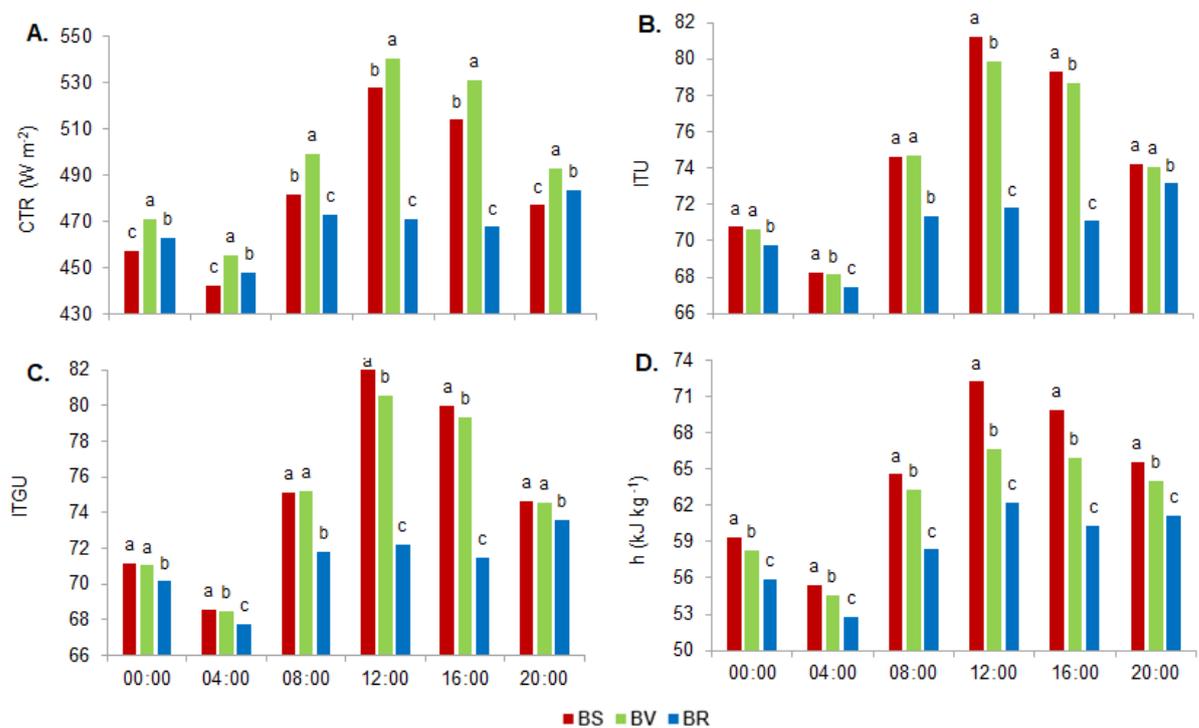


Figura 26. Valores médios da carga térmica radiante (CTR; W m⁻² - A), índice de temperatura e umidade (ITU - B), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU - C) e entalpia (h; KJ kg ar seco⁻¹ - D) nas baias com resfriamento evaporativo (BR), com ventilação forçada (BV) e sem climatização (BS).

O ITU e ITGU apresentaram resultados médios próximos, no qual, às 08h00 na BS e na BV não diferiram entre si, mas diferiram da BR. Nos horários das 12h00 e 16h00, os três tratamentos foram diferentes estatisticamente, onde as menores médias foram proporcionadas pela BR, sendo que no horário de temperatura do ar mais crítica, os valores se mantiveram da ordem de 71,8 e 72,2 para o ITU e ITGU, respectivamente (Figura 26B; C).

O valor médio do ITGU esteve abaixo do registrado por Kiefer et al. (2009) que foi de 81,7, ao avaliar suínos em crescimento em condições de altas temperaturas.

A Figura 26D indica que houve diferença significativa ($p < 0,05$) para a h entre todos os tratamentos nos horários analisados, sendo que os piores valores médios ocorreram às 12h00, em que na BS atingiu a maior média (72,2), enquanto na BV foi de 66,56 e na BR de 62,25 kJ Kg⁻¹. Estes números se encontram dentro da faixa de conforto estabelecida por Moura (1999) que está compreendida entre 60,4 a 68,6 kJ Kg⁻¹. Oliveira (2015) também obteve melhores resultados para sistemas de nebulização com ventilação, quando comparado a ventilação forçada que apresentaram valores de 62,28 e 72,87 kJ Kg⁻¹, respectivamente.

As médias dos índices CTR, ITU e ITGU às 12h00, mesmo nas baias sem climatização estão abaixo dos valores obtidos por Melo (2015) no mesmo horário, em pesquisa realizada em área de piquetes sombreados na mesma região desta pesquisa, alcançando valores da ordem de 701,73 W m⁻²; 81,82 e 89,25, para CTR, ITU e ITGU, respectivamente.

Para todos os índices analisados a BR foi o que apresentou os menores valores durante todos os intervalos analisados e na BS os mais elevados, o que indica que o sistema de resfriamento evaporativo é o meio de climatização mais eficiente na manutenção do conforto térmico dos animais nas condições meteorológicas do local.

6.3 Variáveis fisiológicas

6.3.1 Variáveis fisiológicas na fase de crescimento

As variáveis fisiológicas frequência respiratória (FR; mov min⁻¹), temperatura retal (TR; °C) e temperatura de superfície (TS; °C) apresentaram interação significativa ($p < 0,05$) entre os fatores de variação avaliados (climatização x programas de iluminação), exceto para os horários de registros das 04h00, no qual a TS e a TR foram significativas ($p < 0,05$) apenas para o fator climatização, do mesmo modo que a TS às 12h00 (Tabelas 6 e 8).

Mesmo tendo ocorrido interações significativas em intervalos quem que os programas de iluminação estavam acionados, é pouco provável que os mesmos tenham promovido alterações nos parâmetros fisiológicos. Embora Amaral et al. (2014) tenham constatado aumento na FR de suínos submetidos a um programa de 23h00 horas de luz, mas sem comprometer a eficiência de termorregulação dos animais. Vale comentar que a referida pesquisa foi realizada em galpão não climatizado, e a aferição ocorreu no período da tarde, ou seja, é possível que a elevação da FR não seja atribuída ao programa de iluminação.

Por meio do desdobramento das médias às 00h00 (Tabela 5) é possível verificar ao considerar o fator climatização dentro dos programas de iluminação, que a frequência respiratória dos animais submetidos ao L12 apresentou diferença estatística ($p < 0,05$) entre àqueles submetidos a BS e as demais, no entanto, não houve efeito significativo entre a FR dos animais alojados na BV e na BR.

Tabela 5. Valores médios das variáveis frequência respiratória (FR; mov min⁻¹) temperatura retal (TR; °C) e temperatura de superfície (TS; °C) no horário de registo das 00h00 na fase de crescimento

| Variáveis | Climatização | Iluminação | | |
|-----------------------------|--------------|------------|----------|-----------|
| | | L12 | L16 | L18 |
| FR (mov min ⁻¹) | BS | 55,0 b AB | 62,0 a B | 50,0 b A |
| | BV | 44,0 a A | 57,0 a B | 53,0 b B |
| | BR | 43,0 a A | 62,0 a B | 36,0 a A |
| TR (°C) | BS | 39,0 a A | 39,4 b B | 39,2 b AB |
| | BV | 38,8 a B | 38,2 a A | 38,2 a A |
| | BR | 38,6 a A | 37,9 a A | 38,0 a A |
| TS (°C) | BS | 35,8 c B | 34,4 b A | 34,4 a A |
| | BV | 33,1 a A | 35,3 c C | 34,1 a B |
| | BR | 34,0 b B | 32,6 a A | 33,8 a B |

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. NS – Não significativo.

Nos animais expostos a L16 às médias da FR não se diferenciaram estatisticamente (Tabela 5). Já em L18, a FR dos animais submetidos a BS não diferiu daqueles na BV, mas ambos diferiram ($p < 0,05$) dos animais alojados na BR, que apresentaram a menor média (36 mov min⁻¹). O valor médio da FR dos animais alojados na BR L18 esteve abaixo do encontrado por Kiefer et al. (2009), que foi de 45,9 mov min⁻¹ em suínos sob temperatura ambiente de 21 °C. É possível que no momento da aferição, os animais da BS e BV ainda estivessem sob influência da energia térmica estocada durante o dia, visto que este fator é proporcional à intensidade e duração do estresse que os animais foram submetidos, logo, os valores de FR estavam elevados no momento da aferição (Tabela 5).

A temperatura retal dos animais alojados na BS L16 apresentou maior média (39,4 °C), sendo igual ao limite de homeotermia para suínos considerada por Sousa (2004). A menor média da TR (37,9 °C) foi observada naqueles animais submetidos a BR L16, com efeito significativo ($p < 0,05$) para BS L16 e sem diferença para os animais submetidos a BV L16 (Tabela 5).

Todas as médias da temperatura da superfície da pele dos animais (TS) apresentaram diferença ($p < 0,05$) dentro do fator climatização nos programas de iluminação L12 e L16, enquanto que em L18 nenhuma das médias diferiram entre si. A maior média da TS foi nos animais expostos em BS L12 (35,8 °C) (Tabela 5).

No horário das 04h00, verifica-se que a FR dos animais não apresentou diferença estatística entre as médias ao observar os efeitos da climatização dentro dos fatores de iluminação L12 e L16, mas em L18 houve efeito significativo ($p < 0,05$) entre aqueles submetidos a BS e a BV, mas nenhum diferiu da BR (Tabela 6).

É possível perceber que os valores médios da FR dos animais às 04h00 (Tabela 6) é inferior às médias observadas às 00h00 (Tabela 5), sendo provavelmente resultado da redução da temperatura ambiente (Figura 25A; B) e dissipação da estocagem térmica ao longo do intervalo.

Tabela 6. Valores médios das variáveis frequência respiratória (FR; mov min^{-1}), temperatura retal (TR; $^{\circ}\text{C}$) e temperatura de superfície (TS; $^{\circ}\text{C}$) no horário de registo das 04h00 na fase de crescimento

| Variáveis | Climatização | Iluminação | | |
|------------------------------|--------------|------------|----------|----------|
| | | L12 | L16 | L18 |
| FR (mov min^{-1}) | BS | 40,0 a A | 48,0 a A | 50,0 b A |
| | BV | 40,0 a A | 46,0 a A | 49,0 b A |
| | BR | 38,0 a A | 37,0 a A | 34,0 a A |
| TR ($^{\circ}\text{C}$) | BS | 39,2 b | | |
| | BV | 38,9 a | NS | NS |
| | BR | 38,7 a | | |
| TS ($^{\circ}\text{C}$) | BS | 35,4 b | | |
| | BV | 34,5 a | NS | NS |
| | BR | 35,1 ab | | |

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. NS – Não significativo.

Ao analisar o efeito isolado da climatização para as variáveis TR e TS, nota-se na primeira, que houve diferença estatística ($p < 0,05$) apenas entre as médias dos animais alojados na BS quando comparada aos animais alojados na BV e BR. A TS apresentou efeito significativo ($p < 0,05$) nas médias dos animais da BS e da BV, porém, os animais submetidos a BR não diferiram destas (Tabela 6).

Nas aferições realizadas às 08h00, horário em que a temperatura ambiente já se encontrava no limite do conforto térmico, pode ser observado o aumento na FR (Tabela 7), o que pode ser indicativo de que os animais já estão utilizando os recursos fisiológicos para manutenção da termorregulação, visto que de acordo com Martello et al., (2004a) em situação de estresse por calor, este é o primeiro sinal visível nos animais, no entanto, não houve diferença estatística entre às médias dentro dos sistemas de climatização.

Tabela 7. Valores médios das variáveis frequência respiratória (FR; mov min⁻¹) temperatura retal (TR; °C) e temperatura de superfície (TS; °C) no horário de registo das 08h00 na fase de crescimento

| Variáveis | Climatização | Iluminação | | |
|-----------------------------|--------------|------------|-----------|----------|
| | | L12 | L16 | L18 |
| FR (mov min ⁻¹) | BS | 53,0 a A | 46,0 a A | 47,0 a A |
| | BV | 39,0 a A | 50,0 a AB | 55,0 a B |
| | BR | 46,0 a A | 44,0 a A | 44,0 a A |
| TR (°C) | BS | 39,1 b B | 39,0 ab B | 38,0 a A |
| | BV | 38,1 a A | 39,3 b B | 39,0 b B |
| | BR | 38,4 ab A | 38,4 a A | 38,2 a A |
| TS (°C) | BS | 34,6 b A | 35,8 c B | 34,1 a A |
| | BV | 34,2 ab A | 33,9 a A | 33,4 a A |
| | BR | 33,5 a A | 34,9 b B | 32,8 a A |

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. NS – Não significativo.

O valor mais elevado da TR no fator climatização foi observado em BV L16 que foi de 39,3 °C, sendo estatisticamente diferente ($p < 0,05$) da TR nos animais expostos a BR L16 (Tabela 7). Este resultado foi discretamente superior ao verificado por Berton (2013) ao manter suínos em crescimento em ambientes com refrigeração controlada à 22,0 °C que foi da ordem de 39,08 °C.

A variável TS às 08h00 não apresentou grande variação comparada aos intervalos anteriores, sendo as maiores médias verificadas na BS, ainda assim, inferior ao encontrado por Kiefer et al. (2009), para animais na zona de conforto, que foi 36,09 °C na região do pernil. Considerando apenas o fator climatização, em L12, os animais da BS diferiram ($p < 0,05$) daqueles da BR, no entanto, sem efeito para os animais alojados na BV. A TS dos animais submetidos a L16, para todos os sistemas de climatização, foram estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) e, para aqueles expostos a L18 não apresentaram efeito significativo entre as médias da TS (Tabela 7).

Carvalho et al. (2004) destacam que as alterações da temperatura da pele são mais rápidas, em razão da dissipação de calor por convecção, associado a vasodilatação periférica. No entanto, esses autores avaliaram os efeitos da nebulização e ventilação forçada sobre o desempenho e a temperatura da pele de suínos e não observaram diferenças significativas.

Conforme já discutido, o intervalo de temperaturas mais elevadas, e consequentemente menor umidade, ocorreu às 12h00, ou seja, neste período os animais foram submetidos aos maiores níveis de estresse térmico, que provocou

alta demanda aos mecanismos fisiológicos de termorregulação, conforme pode ser visto na Tabela 8.

Tabela 8. Valores médios das variáveis frequência respiratória (FR; mov min⁻¹), temperatura retal (TR; °C) e temperatura de superfície (TS; °C) no horário de registro das 12h00 na fase de crescimento

| Variáveis | Climatização | Iluminação | | |
|-----------------------------|--------------|------------|-----------|----------|
| | | L12 | L16 | L18 |
| FR (mov min ⁻¹) | BS | 61,0 a A | 103,0 c C | 76,0 b B |
| | BV | 54,0 a A | 62,0 a A | 85,0 b B |
| | BR | 51,0 a A | 74,0 b B | 54,0 a A |
| TR (°C) | BS | 37,5 a A | 38,6 a B | 38,7 a B |
| | BV | 38,7 b A | 39,0 a A | 38,5 a A |
| | BR | 38,4 b A | 38,6 a A | 38,2 a A |
| TS (°C) | BS | 37,3 c | | |
| | BV | 35,3 a | NS | NS |
| | BR | 36,3 b | | |

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. NS – Não significativo.

Ao verificar o fator climatização dentro dos programas de iluminação L12 e L16, se verifica que o ambiente climatizado promoveu as menores médias de FR dos animais expostos, mas que em L12 não houve diferença estatística, enquanto que em L16 todas médias diferiram entre si ($p < 0,05$), sendo a menor nos animais alojados na BV, com uma diferença de 41 mov min⁻¹ comparativamente a BS (Tabela 8). O maior valor médio obtido ainda é inferior aos registrados por Manno et al. (2005), que foi da ordem de 106 mov min⁻¹, nos animais na mesma fase, sob condição de estresse térmico.

Em L18, BS e BV não diferiram entre si, e ambos diferiram de BR, que teve média de 54,0 mov min⁻¹, sendo esta a menor entre eles (Tabela 8).

Esses resultados estão de acordo com Tolon e Nããs (2005) que obtiveram menores valores de FR para matrizes alojadas em ambientes com ventilação refrigerada, comparada com os efeitos da ventilação natural e da forçada.

A TR apresentou diferença estatística apenas para os animais expostos a L12, em que aqueles submetidos a BS diferiram dos alojados na BV e BR, mas ambos não se diferenciaram entre si quando considerado o fator iluminação (Tabela 8). Kiefer et al. (2009) obtiveram valores de 83,53 mov min⁻¹ e 39,72 °C para FR e TR, respectivamente, em suínos mantidos a uma temperatura ambiente de 31 °C, enquanto que Brêtas et al. (2011) registraram FR de 71,24

mov min⁻¹ e TR de 39,61 °C para suínos em crescimento, mantidos em condições naturais de altas temperaturas, na região Nordeste. Esses mesmos autores afirmam que a TR é a variável fisiológica que mais desvia a energia de manutenção com vistas à manutenção da homeotermia, o que poderá resultar em baixo ganho de peso.

A TS mostrou diferença significativa entre os animais alojados na BS, BV e BR, em que a maior média foi de 37,3 °C para os animais da BS (Tabela 8). Kiefer et al. (2009) e Berton (2013) obtiveram valores da ordem de 38,96 e 34,26 °C, respectivamente, em animais expostos ao calor.

No intervalo de registro das 16h00, como já ocorre redução na temperatura do ar, e esse efeito fica evidente na redução das respostas fisiológicas observadas no horário das 12h00 (Tabela 9).

Tabela 9. Valores médios das variáveis frequência respiratória (FR; mov min⁻¹) temperatura retal (TR; °C) e temperatura de superfície (TS; °C) no horário de registro das 16h00 na fase de crescimento

| Variáveis | Climatização | Iluminação | | |
|-----------------------------|--------------|------------|-----------|-----------|
| | | L12 | L16 | L18 |
| FR (mov min ⁻¹) | BS | 76,0 b AB | 90,0 b B | 68,0 a A |
| | BV | 53,0 a A | 65,0 a AB | 70,0 a B |
| | BR | 47,0 a A | 63,0 a A | 57,0 a A |
| TR (°C) | BS | 38,5 a A | 38,8 a A | 39,1 c A |
| | BV | 38,5 a A | 38,4 a A | 38,1 b A |
| | BR | 37,8 a A | 38,6 a B | 37,3 a A |
| TS (°C) | BS | 36,8 a B | 36,2 a B | 34,9 a A |
| | BV | 35,9 a A | 36,3 a A | 36,5 b A |
| | BR | 35,1 a B | 35,9 a AB | 35,8 ab A |

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. NS – Não significativo.

A FR média entre os animais expostos a L12 não apresentou efeito significativo entre os sistemas de climatização BV e BR, mas ambos diferiram de BS ($p < 0,05$), sendo a maior FR presente entre os animais da BS e a menor naqueles alojados na BR (47 mov min⁻¹). O mesmo foi observado nos animais submetidos a L16. Em BS L16 ocorreu redução de 13 mov min⁻¹, comparativamente com o registro realizado às 12h00. Em L18 não houve diferença estatística entre as médias (Tabela 9).

Com exceção de BS L18, que teve média de 39,1 °C, todas as médias da TR se encontram dentro da faixa de conforto. E as médias da TS não diferiram

estatisticamente entre as climatizações em L12 e L16, enquanto que em L18, todas se diferenciaram de BS ($p < 0,05$) (Tabela 9).

Da mesma forma como apresentado na Tabela 9, às 20h00, as médias já estão com valores reduzidos, sendo, um indicativo de que os animais estavam retornando ao equilíbrio térmico, mas ainda sob efeito da exposição diária ao calor (Tabela 10).

Tabela 10. Valores médios das variáveis frequência respiratória (FR; mov min^{-1}) temperatura retal (TR; $^{\circ}\text{C}$) e temperatura de superfície (TS; $^{\circ}\text{C}$) no horário de registo das 20h00 na fase de crescimento

| Variáveis | Climatização | Iluminação | | |
|-----------------------------|--------------|------------|----------|----------|
| | | L12 | L16 | L18 |
| FR (mov min^{-1}) | BS | 63,0 b A | 62,0 a A | 57,0 b A |
| | BV | 45,0 a A | 49,0 a A | 61,0 c B |
| | BR | 51,0 ab AB | 54,0 a B | 39,0 a A |
| TR ($^{\circ}\text{C}$) | BS | 38,1 a A | 38,4 a A | 38,6 b A |
| | BV | 38,2 a A | 37,9 a A | 31,8 abA |
| | BR | 38,1 a A | 38,8 b B | 38,0 a A |
| TS ($^{\circ}\text{C}$) | BS | 36,4 b AB | 36,6 b B | 35,6 b A |
| | BV | 35,1 a B | 34,5 a B | 33,3 a A |
| | BR | 34,7 a A | 35,2 a A | 35,5 b A |

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. NS – Não significativo.

Outro fator que também pode colaborar para que neste horário os padrões fisiológicos normais de manutenção do equilíbrio térmico sejam reestabelecidos, é a característica da própria instalação, que apresenta paredes em blocos cerâmicos vazados. Segundo Henneman et al. (2017) os blocos cerâmicos apresentam baixa condutividade térmica, cerca de $0,25 \text{ W m K}^{-1}$, e quando possuem vazios trocam calor principalmente por radiação. Isto indica que o material troca calor com o meio de forma mais lenta, sendo assim mesmo durante a noite as paredes das baias ainda podem estar transmitindo o calor acumulado durante o dia.

Os valores da FR nos animais expostos a BV L12 e a BR L18 já estão abaixo dos encontrados por acordo Kiefer et al. (2009) conforme mencionado anteriormente. No entanto, a TR ficou dentro da faixa indicativa de conforto. Isso evidencia que os animais estão adaptados às condições ambientais do local, visto que a pesquisa já citada de Melo (2015), utilizando animais com a mesma composição genética, mostrou que os mesmos foram capazes de manter a

temperatura retal dentro dos padrões normais por meio do aumento da frequência respiratória e reações comportamentais.

Os resultados apontam que as menores médias das respostas fisiológicas ocorreram nas baias equipadas com resfriamento evaporativo, independente do programa de iluminação utilizado, o que permite inferir que esse sistema de climatização favoreceu o conforto térmico dos animais na fase de crescimento.

6.3.2 Variáveis fisiológicas na fase de terminação

No intervalo de registro das 00h00, houve interação significativa ($p < 0,05$) apenas para a FR, sendo que a TR e a TS apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) somente para o fator climatização (Tabela 11).

Tabela 11. Valores médios das variáveis frequência respiratória (FR; mov min⁻¹) temperatura retal (TR; °C) e temperatura de superfície (TS; °C) no horário de registro das 00h00 na fase de terminação

| Variáveis | Climatização | Iluminação | | | |
|-----------------------------|--------------|------------|----------|----------|----------|
| | | L12 | L16 | L18 | |
| FR (mov min ⁻¹) | BS | | 49,6 b B | 37,6 a A | 39,3 a A |
| | BV | - | 41,3 a A | 35,3 a A | 51,6 b B |
| | BR | | 40,3 a A | 51,0 b B | 43,0 a A |
| TR (°C) | BS | 38,8 b | | | |
| | BV | 38,6 ab | NS | NS | NS |
| | BR | 38,5 a | | | |
| TS (°C) | BS | 35,1 b | | | |
| | BV | 34,7 ab | NS | NS | NS |
| | BR | 34,3 a | | | |

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. NS – Não significativo.

Ao observar o efeito da climatização dentro dos programas de iluminação é possível notar que a FR dos animais expostos a L12 BV e BR não apresentaram diferença estatística, mas diferiram ($p < 0,05$) daqueles alojados na BS. Os animais em L16 BV apresentaram a menor média entre todos os tratamentos, que foi da ordem de 35,3 mov min⁻¹, e diferiu ($p < 0,05$) daqueles alojados na BR, no entanto, não diferiu dos submetidos a BS. Os indivíduos expostos a L18, a maior média da FR foi observado nos animais da BV, que foi de 51,6 mov min⁻¹, sendo estatisticamente diferente ($p < 0,05$) das demais (Tabela 11). Os resultados obtidos por Kiefer et al. (2010) para suínos na fase de terminação e em conforto térmico foi de 41,07 mov min⁻¹, enquanto que Berton

(2013) avaliando a mesma categoria em condição de conforto foi de 36,9 mov min⁻¹.

O efeito isolado da climatização sob a TR e a TS mostrou que os animais da BS foram estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) daqueles expostos a BR, mas este não diferiu dos animais da BV. As menores médias foram observadas nos suínos da BR. Todos os valores médios de TR estavam dentro do limite de 39 °C (Tabela 11). Às 04h00 apenas a TR não apresentou interação significativa (Tabela 12).

Tabela 12. Valores médios das variáveis frequência respiratória (FR; mov min⁻¹) temperatura retal (TR; °C) e temperatura de superfície (TS; °C) no horário de registo das 04h00 na fase de terminação

| Variáveis | Climatização | | Iluminação | | |
|-----------------------------|--------------|--------|------------|----------|----------|
| | | | L12 | L16 | L18 |
| FR (mov min ⁻¹) | BS | - | 41,3 a B | 33,7 a A | 30,6 a A |
| | BV | - | 35,3 a A | 35,0 a A | 50,0 c B |
| | BR | - | 36,6 a A | 46,0 b B | 38,0 b A |
| TR (°C) | BS | 38,6 b | NS | NS | NS |
| | BV | 38,4 a | | | |
| | BR | 38,1 a | | | |
| TS (°C) | BS | - | 34,2 b A | 33,3 a A | 34,0 b A |
| | BV | - | 33,0 abA | 33,8 a A | 34,0 b A |
| | BR | - | 32,6 a A | 34,5 a B | 32,5 a A |

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. NS – Não significativo.

Ao considerar a climatização dentro dos programas de iluminação, nota-se que a FR nos animais expostos a L12 não apresentou diferença estatística entre os sistemas de climatização, no entanto, aqueles submetidos a BS apresentaram numericamente a maior média entre todos tratamentos. Os animais submetidos a L16, apenas na BR diferiu ($p < 0,05$) dos demais e, para aqueles expostos a L18, as três médias diferiram entre si ($p < 0,05$), em que a menor ocorreu nos animais da BS (Tabela 12).

A TR mostrou efeito significativo ($p < 0,05$) apenas entre os animais da BS, com a maior média, comparativamente aqueles da BV e BR (Tabela 12).

A maior média da TS foi evidenciada nos animais da BR L16 (34,5 °C), porém, não se diferenciou estatisticamente ($p < 0,05$) daqueles expostos a BS e BV. Este valor estava acima do encontrado por Berton (2013) para animais em conforto térmico, que foi 33,2 °C. Os animais expostos a L12, na BS diferiu da

BR, mas não daqueles da BV. A menor média da TS foi observada nos animais da BR L18, que foi da ordem de 32,5 °C, sendo que este se diferenciou ($p < 0,05$) daqueles da BS e BV, que não apresentaram efeito significativo entre si (Tabela 12).

Assim como no registro das 04h00, às 08h00 não houve interação entre os fatores para a variável TR, mas o fator climatização foi significativo ($p < 0,05$) (Tabela 13).

Tabela 13. Valores médios das variáveis frequência respiratória (FR; mov min⁻¹) temperatura retal (TR; °C) e temperatura de superfície (TS; °C) no horário de registro das 08h00 na fase de terminação

| Variáveis | Climatização | Iluminação | | |
|-----------------------------|--------------|------------|----------|----------|
| | | L12 | L16 | L18 |
| FR (mov min ⁻¹) | BS | 55,0 b B | 47,6 b A | 59,0 b B |
| | BV | 41,6 a A | 41,6 a A | 61,0 b B |
| | BR | 44,7 a A | 57,3 c B | 45,0 a A |
| TR (°C) | BS | 38,7 c | | |
| | BV | 38,5 b | NS | NS |
| | BR | 38,3 a | | NS |
| TS (°C) | BS | 34,8 a A | 35,3 b A | 35,1 b A |
| | BV | 34,9 a B | 33,6 a A | 33,3 a A |
| | BR | 35,9 b B | 34,8 b A | 34,2 a A |

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. NS – Não significativo.

Devido à elevação da temperatura do ar (Figura 26A), já se evidencia acréscimo nos valores médios de todas as variáveis fisiológicas, exceto TS nos animais expostos ao tratamento BV L16, que reduziu 0,2 °C em relação à aferição anterior.

O fator climatização influenciou a FR em todos tratamentos, sendo que os animais expostos a BV L18 verifica-se a maior média (61 mov min⁻¹) com efeito significativo ($p < 0,05$) para os animais da BR e, sem diferença estatística daqueles na BS (Tabela 13). Os animais expostos a L16 apresentou diferença ($p < 0,05$) entre todas as médias da FR, sendo a menor nos animais na BV. Já para L12 só os animais alojados na BS se diferenciaram ($p < 0,05$).

A menor média da TR foi observada nos animais alojados na BR e a maior naqueles expostos a BS, com diferença significativa ($p < 0,05$) entre todos (Tabela 13).

Quanto a TS o maior valor observado foi nos animais da BR L12, que diferiu ($p < 0,05$) daqueles da BS e BV, sendo que estes não diferiram entre si (Tabela 13). No horário das 12h00 apenas a variável TS não apresentou interação, no entanto, foram significativas ($p < 0,05$) quando avaliado o fator climatização isolado (Tabela 14).

Tabela 14. Valores médios das variáveis frequência respiratória (FR; mov min^{-1}) temperatura retal (TR; °C) e temperatura de superfície (TS; °C) no horário de registo das 12h00 na fase de terminação

| Variáveis | Climatização | Iluminação | | |
|-----------------------------|--------------|------------|-----------|----------|
| | | L12 | L16 | L18 |
| FR (mov min^{-1}) | BS | 63,6 b A | 67,3 a A | 73,0 c A |
| | BV | 50,3 a A | 61,0 a A | 57,3 b A |
| | BR | 47,3 a A | 67,3 a B | 43,6 a A |
| TR (°C) | BS | 39,2 b B | 38,9 ab A | 39,1 b B |
| | BV | 38,9 a B | 38,7 a AB | 38,6 a A |
| | BR | 39,0 b B | 38,9 b B | 38,5 a A |
| TS (°C) | BS | 37,4 b | | |
| | BV | 36,4 a | NS | NS |
| | BR | 37,5 b | | |

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. NS – Não significativo.

A FR dentro do fator climatização, mostra que os animais submetidos a L12 apresentaram diferença ($p < 0,05$) entre as médias daqueles expostos na BS e as demais, e estas não diferiram entre si, sendo os valores médios da ordem de 63,6; 50,3 e 47,3 mov min^{-1} para BS, BV e BR, respectivamente (Tabela 14).

Para os animais submetidos ao L16 não ocorreu diferença estatística. Os animais na L18 apresentaram diferença para todas as médias ($p < 0,05$), sendo a maior FR naqueles alojados na BS e a menor na BR (Tabela 14).

Mesmo sendo o horário de temperatura mais elevada, os animais conseguiram manter a TR dentro do limite de 39,3 °C e foram inferiores aos resultados de Berton (2013) que verificaram valores da ordem de 39,44 °C, para suínos expostos a estresse térmico.

Para os animais expostos a L12, apenas aquele alojado na BV foi estatisticamente diferente ($p < 0,05$), enquanto que os indivíduos submetidos a L16, somente os contidos na BV e BR diferiram entre si e, os expostos a L18 BS diferiu dos demais (Tabela 14).

Para TS apenas as médias dos animais alojados na BV diferiram ($p < 0,05$), sendo esta a menor entre os tratamentos (Tabela 14).

Do mesmo modo que no intervalo anterior, apenas a TS não teve interação significativa ($p < 0,05$), mas foi para o efeito da climatização.

Apesar do ambiente já estar com redução da temperatura do ar, alguns tratamentos ainda tiveram acréscimo em alguns valores médios das respostas fisiológicas, sendo provável que a instalação contribuía com a transferência de energia por irradiação e que os animais estavam em elevado grau de estresse térmico (Tabela 15).

Tabela 15. Valores médios das variáveis frequência respiratória (FR; mov min⁻¹) temperatura retal (TR; °C) e temperatura de superfície (TS; °C) no horário de registo das 16h00 na fase de terminação

| Variáveis | Climatização | Iluminação | | | |
|-----------------------------|--------------|------------|-----------|----------|-----------|
| | | L12 | L16 | L18 | |
| FR (mov min ⁻¹) | BS | - | 83,0 b B | 68,3 a A | 75,0 b AB |
| | BV | - | 58,6 a A | 69,3 a A | 78,0 b B |
| | BR | - | 50,0 a A | 66,0 a B | 57,0 a AB |
| TR (°C) | BS | - | 39,3 b A | 39,2 b A | 39,0 b A |
| | BV | - | 39,0 ab A | 38,8 a A | 38,9 b A |
| | BR | - | 38,8 a B | 38,7 a B | 38,4 a A |
| TS (°C) | BS | 36,9 b | | | |
| | BV | 36,7 b | NS | NS | NS |
| | BR | 35,5 a | | | |

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. NS – Não significativo.

As médias das três variáveis foram menores nos animais alojados na BR. Corroborando os resultados obtidos por Justino et al. (2015) que também observaram redução nestas mesmas variáveis em matrizes alojadas em ambientes com o emprego de resfriamento evaporativo.

A FR nos animais expostos a L12 apresentou diferença estatística ($p < 0,05$) entre aqueles da BS e as demais média no mesmo programa, sendo que a BS foi a que repercutiu na maior média entre todos os animais submetidos aos seus respectivos tratamentos. Os suínos submetidos a BR L18 diferiram ($p < 0,05$) daqueles na BV e na BS, porém, estes não diferiram entre si (Tabela 15). Todas as médias de FR foram inferiores as encontradas por Kiefer (2010) que foi de 93,46 mov min⁻¹ e superiores as obtidas por Berton (2013) quando expuseram os animais ao calor.

A maior média da TR foi observada entre os animais na BS L12 (39,3 °C), que diferiu apenas daqueles na BR. Os suínos expostos a L16 BS apresentaram diferença ($p < 0,05$) daqueles na BV e na BR.

A TS dos animais na BS e BV não diferiram, no entanto, verificou-se efeito significativo para as médias dos alojados na BR ($p < 0,05$) (Tabela 15).

Todos os valores médios de FR e TR neste horário foram superiores aos obtidos por Amaral et al. (2014) no período da tarde na já citada pesquisa, que foram de 49,55 mov min⁻¹ e 34,79 °C, respectivamente.

As respostas fisiológicas às 20h00 apresentaram interação significativa ($p < 0,05$) entre os fatores de variação, de acordo com os desdobramentos das médias na Tabela 16.

Tabela 16. Valores médios das variáveis frequência respiratória (FR; mov min⁻¹) temperatura retal (TR; °C) e temperatura de superfície (TS; °C) no horário de registo das 20h00 na fase de terminação

| Variáveis | Climatização | Iluminação | | |
|-----------------------------|--------------|------------|----------|----------|
| | | L12 | L16 | L18 |
| FR (mov min ⁻¹) | BS | 71,0 b B | 51,6 a A | 65,0 b B |
| | BV | 45,0 a A | 51,0 a A | 69,0 b B |
| | BR | 45,3 a A | 51,7 a A | 42,6 a A |
| TR (°C) | BS | 39,1 a A | 38,7 a A | 39,0 b A |
| | BV | 38,8 a A | 38,8 a A | 39,1 b A |
| | BR | 39,1 a C | 38,6 a B | 38,2 a A |
| TS (°C) | BS | 36,1 a A | 35,9 b A | 35,6 b A |
| | BV | 36,2 a B | 34,7 a A | 36,0 b B |
| | BR | 35,6 a A | 35,1 a A | 35,1 a A |

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. NS – Não significativo.

Neste horário a FR já mostra redução, no entanto ainda estão elevadas devido ao calor estocado durante o dia. A maior média foi registrada nos animais alojados na BS L12, 71 mov min⁻¹, e este diferiu ($p < 0,05$) daqueles da BV e da BR, mas ambos não se diferenciaram estatisticamente. Para os animais expostos a L16 não houve diferença estatística. Já para aqueles submetidos a L18 BR apresentaram a menor média de todos tratamentos, 42,6 mov min⁻¹, e diferiu ($p < 0,05$) daqueles na BS e BR (Tabela 16).

Com estes dados sinalizados é possível perceber a diferença de mais de 28 mov min⁻¹ entre as médias dos tratamentos citados, isto pode ser um indicativo de que os animais do tratamento BS L12 desviaram mais energia para

fins de manutenção do equilíbrio térmico, sendo possível repercutir esse efeito no ganho de peso dos animais.

Neste horário a TR no fator climatização, diferiu apenas para os animais na BR L18, que também teve a menor média, e foi estatisticamente diferente ($p < 0,05$) daqueles na BS e BV (Tabela 16). Os valores estão próximos aos encontrados por Kiefer et al. (2010) para os animais em conforto térmico, que foi de 38,54 °C.

Vale apontar que dentro do fator iluminação os três programas diferiram entre si ($p < 0,05$) para os animais alojados na BR, onde menor média coincidiu com a menor já comentada no fator climatização. Porém, não há respaldo na literatura que justifique que este evento influencie as variáveis analisadas, especialmente por esta pesquisa ter utilizado sistemas de iluminação com luz fria.

As médias da TS em relação a climatização foram estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) em L16 e L18, sendo que no primeiro a diferença foi entre os animais alojados na BS e as demais, mas estas não se diferenciaram, enquanto que em L18 apenas os animais da BR diferiram das outras médias (Tabela 16).

Assim como na fase de crescimento, o uso da climatização por meio do resfriamento evaporativo manteve os animais sob melhores condições de conforto térmico, tendo em vista que apresentaram efeito positivo nas respostas fisiológicas, menores médias, comparativamente aos demais sistemas de climatização.

6.4 Desempenho zootécnico

6.4.1 Desempenho zootécnico na fase de crescimento

As variáveis de desempenho, ganho de peso (GP, Kg) e consumo de ração (CR, Kg) apresentaram interações significativas ($p < 0,05$), no entanto a conversão alimentar (CA, Kg kg⁻¹) foi significativa apenas no fator climatização (Tabela 17).

Tabela 17. Valores médios das variáveis ganho de peso (GP; Kg), consumo de ração (CR; Kg) e conversão alimentar (CA; Kg Kg⁻¹) na fase de crescimento

| Variáveis | Climatização | | Iluminação | | |
|---------------------------|--------------|-------|------------|-----------|----------|
| | | | L12 | L16 | L18 |
| GP (Kg) | BS | | 20,8 a AB | 18,9 a A | 23,1 a B |
| | BV | - | 23,8 a A | 22,6 ab A | 25,6 a A |
| | BR | | 27,6 b B | 24,2 b AB | 23,3 a A |
| CR (Kg) | BS | | 44,1 a A | 42,2 a A | 51,2 b B |
| | BV | - | 53,7 b AB | 51,2 b A | 56,4 c B |
| | BR | | 54,0 b C | 48,8 b B | 42,4 a A |
| CA (Kg kg ⁻¹) | BS | 2,1 b | | | |
| | BV | 2,2 b | NS | NS | NS |
| | BR | 1,9 a | | | |

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. NS – Não significativo.

No GP o efeito da climatização associado ao nível de iluminação L12, mostrou que os animais na BR diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) de BV e BS, porém estes não diferiram entre si.

No programa L16, para os animais alojados na BS e BV não apresentaram diferença estatística para GP, mas os animais na BS diferiram ($p < 0,05$) daqueles na BR. Quanto a L18 a maior média foi verificada para os animais da BV, mas não ocorreu diferença significativa entre as médias dos mesmos (Tabela 17).

A maior média de GP observada correspondeu aos animais submetidos ao tratamento BR L12, que foi 27,6 Kg, sendo que o fator programa de iluminação só foi estatisticamente diferente das L18. A menor média foi atribuída ao tratamento BS L16, porém, o programa de iluminação associado diferiu apenas para L18. Dessa forma, se entende que o uso do resfriamento evaporativo, sem adição de iluminação suplementar, favoreceu o ganho de peso de suínos durante a fase de crescimento, comparativamente ao prolongamento do período de luz de 18 horas no mesmo sistema de climatização.

O menor GP dos animais na BS corrobora os dados obtidos por Manno, et al. (2005) que ao manter suínos em câmaras climatizadas com temperatura de 35 °C verificou redução de 22% no ganho de peso em relação aos mantidos em ambiente termoneutro. Do mesmo modo Kiefer et al. (2010) registrou redução de 43%.

No que diz respeito ao prolongamento da iluminação, os resultados de Ferreira et al. (2015) ao aplicarem período de iluminação de 12, 15, 19 e 23 horas de luz para suínos em crescimento, não constataram incremento ou redução no

ganho de peso dos animais, e afirmou que o fotoperíodo natural do Brasil atende às necessidades fisiológicas dos animais.

Antagonicamente, as pesquisas realizadas por Caprario; Zimmermann (2011) e Simitzis et al. (2013) apontaram que os animais expostos ao maior período de iluminação apresentaram maior ganho de peso, porém, destaca-se que os autores obtiveram esses resultados para leitões.

As médias do CR (Tabela 17) mostram que a climatização considerada no fator L12 e L16 teve diferença estatística entre os animais da BS e os demais ($p < 0,05$), entretanto estes não se diferenciaram estatisticamente. Já com L18 houve diferença significativa entre todos tratamentos ($p < 0,05$), onde a maior média foi atribuída aos animais na BV. Este resultado está de acordo com os obtidos por Madeira et al. (2006) que observaram maior consumo de ração nas matrizes em ambiente com ventilação forçada, comparada à natural, e à associada com nebulização.

Em relação aos programas de iluminação, os animais na BS apenas aqueles expostos a L18 diferiu entre as médias ($p < 0,05$). Para os animais na BV houve diferença ($p < 0,05$) no CR entre L16 e L18, enquanto que naqueles submetidos a BR apresentaram diferença estatística entre todos tratamentos ($p < 0,05$) sendo a maior média conferida aos animais expostos a L12 (Tabela 17).

Dessa forma, pode-se sugerir que os animais submetidos a ventilação forçada consumiram mais ração, confirmando os resultados de Oliveira (2015) ao avaliar sistemas de climatização para suínos em crescimento.

O menor consumo de ração foi evidenciado nos animais sem climatização, Brustolini; Fontes (2014) afirmam que sob condições de temperaturas acima da crítica superior (TCS) os efeitos no ganho de peso dos suínos é um fator de grande relevância, pois a cada grau centígrado de acréscimo há redução de 55 g no consumo de ração.

O efeito isolado da climatização na CA apontou que os animais expostos a BR foi estatisticamente diferente ($p < 0,05$) daqueles na BV e na BS, e proporcionou a melhor resposta. Kiefer et al. (2009) também observaram redução da conversão alimentar dos suínos em crescimento sob estresse por calor, sendo da ordem de 13,6% em relação aos animais mantidos sob conforto térmico. O mesmo não foi evidenciado por Berton (2013), que embora tenha obtido melhor GP e CR nos animais em conforto térmico, a CA foi pior em relação aos mantidos em temperaturas elevadas.

Os dados analisados sugerem que o resfriamento evaporativo promoveu melhor GP e CA e que a suplementação de luz é dispensável sob o ponto de vista das variáveis consideradas. Também é possível que, embora os animais alojados nas baias equipadas com ventilação forçada tenham consumido mais ração, o conteúdo nutricional da dieta provavelmente foi utilizado pelo organismo para dissipar calor, visando a manutenção da homeotermia, o que resultou no ganho de peso inferior ao dos animais submetidos ao resfriamento evaporativo e, conseqüentemente, influenciou nos índices de conversão alimentar observados.

O menor desempenho dos animais que não tiveram climatização, corresponde aos índices de conforto apresentados anteriormente, os quais tiveram médias maiores em relação aos ambientes climatizados (Figura 26).

6.4.2 Desempenho zootécnico na fase de terminação

Na fase de terminação o GP não apresentou interação significativa, mas foi significativo ($p < 0,05$) para o fator climatização, enquanto que o CR e a CA apresentaram interações entre os dois fatores testados ($p < 0,05$) (Tabela 18).

Tabela 18. Valores médios das variáveis ganho de peso (GP; Kg), consumo de ração (CR; Kg) e conversão alimentar (CA; Kg Kg⁻¹) na fase de terminação

| Variáveis | Climatização | Iluminação | | |
|---------------------------|--------------|------------|-----------|-----------|
| | | L12 | L16 | L18 |
| GP (Kg) | BS | 39,5 a | | |
| | BV | 44,0 b | NS | NS |
| | BR | 50,5 c | | |
| CR (Kg) | BS | | 114,3 a C | 95,3 a A |
| | BV | - | 139,5 b C | 120,3 b A |
| | BR | | 140,7 b C | 125,9 c B |
| CA (Kg kg ⁻¹) | BS | | 2,7 a B | 2,5 a A |
| | BV | - | 3,0 b B | 2,7 b A |
| | BR | | 2,5 a B | 2,5 a B |

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. NS – Não significativo.

Na variável GP o fator climatização diferiram entre si ($p < 0,05$) e a maior média foi verificada nos animais na BR (50,5 Kg) e a menor na BS (39,5 Kg). Estes resultados corroboram com Santos et al. (2012) que apesar de não ter havido diferença estatística, verificaram numericamente maior ganho de peso nos suínos submetidos a nebulização com ventilação tipo túnel,

comparativamente a ventilação natural. Kiefer et al. (2009) também registraram redução equivalente a 25% no ganho de peso dos animais expostos ao calor.

O maior valor médio no CR foi observado nos animais submetidos ao tratamento BR L12, no entanto, sem efeito significativo na BV. A comparação dos programas de iluminação nestes sistemas de climatização (BR e BV), todas as médias diferiram entre si ($p < 0,05$), logo, é possível que o maior consumo de ração não tenha sido estimulado pelo acréscimo no tempo de iluminação (Tabela 18). No entanto, entre os programas de 16 e 18 horas de luz, o primeiro mostrou maior consumo.

A menor média de CR foi verificada nos animais submetidos a BS L16, que diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) daqueles alojados na BV e BR. Quanto ao efeito da iluminação todas as médias diferiram entre si ($p < 0,05$), mas o resultado da comparação entre L16 e L18 foram contrários ao sinalizado em BR (Tabela 18).

Estes resultados conferem com os de Amaral et al. (2014) que utilizaram programas de iluminação para suínos em terminação em ambientes não climatizados, não observaram efeito significativo no consumo de ração dos animais. A mesma resposta foi verificada nas pesquisas realizadas Glatz (2001); Reiners et al. (2010) e Souza Júnior et al. (2011) para suínos em outras fases de criação.

As médias da CA ao serem relacionadas aos fatores de climatização dentro de cada programa de iluminação mostrou que os animais expostos a L12 e L16, o pior valor médio foi para os animais na BV, que diferiu ($p < 0,05$) dos demais, entretanto para aqueles expostos a L18 apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$) naqueles na BR e os demais, sendo também a pior média atribuída aos animais na BV e BS (Tabela 18).

Ao verificar o efeito da iluminação, se observa que a melhor média de CA ocorreu nos animais expostos ao tratamento BRL18, que diferiu ($p < 0,05$) entre os animais expostos a L12 e L16. Portanto, é possível que o prolongamento da iluminação quando associado ao resfriamento evaporativo tenha favorecido a CA dos animais.

No entanto, Martelli et al. (2005) constataram que o período de iluminação de 14 horas foi menos favorável à conversão alimentar quando comparado ao regime de 8 horas sob a mesma intensidade. Por outro lado, Amaral et al. (2014) e Ferreira et al. (2016) não constataram melhor CA ao prolongar o período de iluminação dos suínos na fase de terminação.

Contudo, a análise de desempenho na fase de terminação indicou que o sistema de climatização por resfriamento evaporativa proporcionou os melhores índices zootécnicos. Quanto ao uso da iluminação suplementar não houve efeito no GP, e no CR as melhores médias foram atendidas sem suplementação, em contrapartida, a melhor CA foi atribuída ao programa de iluminação com 18 horas de iluminação.

6.4.3 Consumo de ração nos períodos diurno e noturno

6.4.3.1 Fase de crescimento

Os consumos de ração diurno (CRD; Kg) e noturno (CRN; Kg) na fase de crescimento tiveram interações significativas para os fatores de variação analisados, conforme apresentados na Tabela 19.

Tabela 19. Valores médios dos consumos de ração diurno (CRD; Kg) e noturno (CRN; Kg) na fase de crescimento

| Variáveis | Climatização | Iluminação | | |
|-----------|--------------|------------|----------|----------|
| | | L12 | L16 | L18 |
| CRD (Kg) | BS | 19,4 a A | 20,1 a A | 23,5 a B |
| | BV | 26,2 b B | 24,0 b A | 28,4 b C |
| | BR | 26,0 b C | 23,8 b B | 21,6 a A |
| CRN (Kg) | BS | 22,9 a AB | 21,3 a A | 25,3 b B |
| | BV | 28,6 b B | 26,0 b A | 30,9 c B |
| | BR | 27,8 b C | 24,8 b B | 21,6 a A |

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. NS – Não significativo.

O maior valor médio do CRD foi observado nos animais submetidos a BV L18, que foi estatisticamente diferente ($p < 0,05$) dos demais, considerando o fator climatização em L18, assim como também se diferenciou dos outros tratamentos ao ser considerado o fator iluminação. Os animais expostos a L12 e L16 na BS diferiu ($p < 0,05$) de daqueles na BV e BR, sendo que os da BS teve o menor consumo em ambos os programas de iluminação (Tabela 19).

O CRN de maior média também foi atribuído aos animais expostos a BV L18, que diferiu ($p < 0,05$) de BS e BR. Porém, no fator iluminação BV L18 só diferiu de BV L16 (Tabela 19).

6.4.3.2 Fase de terminação

Os consumos de ração diurno (CRD; Kg) e noturno (CRN; Kg) na fase de terminação (Tabela 20) tiveram interações significativas nos fatores de variação analisados, conforme apresentados na Tabela 20.

Tabela 20. Valores médios dos consumos de ração diurno (CRD; Kg) e noturno (CRN; Kg) na fase de terminação

| Variáveis | Climatização | Iluminação | | |
|-----------|--------------|------------|----------|----------|
| | | L12 | L16 | L18 |
| CRD (Kg) | BS | 47,4 a B | 40,6 a A | 51,8 a C |
| | BV | 67,6 b C | 57,7 b A | 62,5 b B |
| | BR | 69,7 b C | 60,4 b B | 51,4 a A |
| CRN (Kg) | BS | 64,2 a C | 48,4 a A | 55,6 a B |
| | BV | 76,0 b B | 65,0 b A | 74,4 b B |
| | BR | 76,1 b C | 67,0 b B | 52,9 b A |

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. NS – Não significativo.

Ao analisar a Tabela 20 se percebe que tanto no CRD quanto no CRN, os animais que apresentaram maior consumo de ração foram aqueles submetidos a BR L12 o qual se diferenciou estatisticamente ($p < 0,05$) daqueles da BS considerando o fator climatização; ao verificar o fator iluminação se observa que houve diferença estatística entre todos os tratamentos (Tabela 20).

O menor valor médio ocorreu no BS L16 e este diferiu dos demais tanto no fator climatização, quanto iluminação.

6.5 Análise do comportamento

6.5.1 Análise do comportamento na fase de crescimento

A análise comportamental identificou que durante o dia os animais que permaneceram o maior tempo “deitados” foram os alojados nas baias sem climatização e com ventilação forçada (Figura 27A; C).

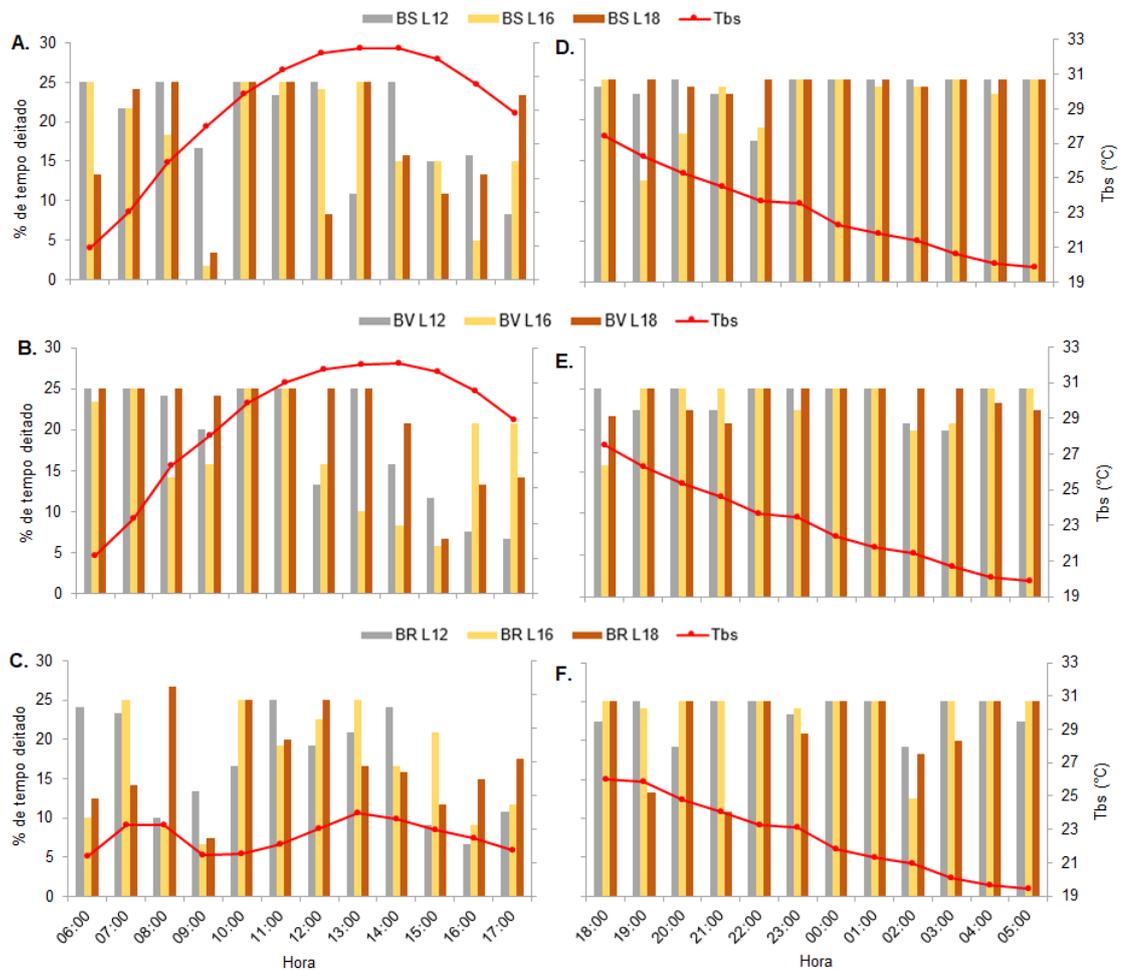


Figura 27. Percentual de tempo “deitado” no período diurno e noturno nas baias sem climatização (BS), com ventilação forçada (BV) e resfriamento evaporativo (BR), associadas aos programas de iluminação (L12: natural; L16: natural + 4 horas de luz artificial; L18: natural + 6 horas de luz artificial) na fase de crescimento. ($p < 0,0001$).

O intervalo de maior temperatura coincide com a menor frequência de execução de atividades, sendo possível que esse comportamento seja uma tentativa do animal trocar calor com o piso da instalação, principalmente por meio da condução.

Essa resposta está de acordo com Massari et al. (2015) que ao avaliarem o comportamento de suínos afirmaram que a temperatura do ar estabelece uma correlação positiva, de moderada intensidade, com o comportamento “deitado”. Paiano et al. (2007) registraram que suínos em fase de crescimento e terminação passaram 63,2% do dia dormindo, do mesmo modo Ferreira et al. (2015) constataram em média 87,64%, o que correspondeu a 21,03 horas por dia, convergindo com as respostas de Kiefer et al. (2009) que também verificaram maior percentual de tempo “deitado” nos animais sob desconforto térmico.

Por outro lado, Broom; Fraser (2010) justificam que os animais confinados passam mais tempo dormindo principalmente durante o dia podendo ser um indicativo de que o ambiente não é estimulante para o comportamento exploratório e que dentre todos os animais de produção, os suínos são os que gastam maior parte do tempo descansando e dormindo, podendo chegar a 19 horas dia⁻¹ em animais confinados.

No período da noite é verificado que os animais que estiveram mais tempo “deitados” foram aqueles submetidos a BS L18 (Figura 27B) e os que passaram menos tempo foram alojados nas baias com resfriamento, em especial no programa de iluminação L18 (Figura 27F).

Dessa forma, entende-se que este efeito inverso dentro do mesmo programa de iluminação não foi relevante neste comportamento, sendo possível que os animais da BR (Figura 28F) tenham permanecido menos tempo “deitados” em função de terem passado o dia sem desperdiçarem energia com a manutenção da homeotermia. Já os animais alojados na BS e BV (Figura 27B; D) precisaram recorrer aos mecanismos fisiológicos de termorregulação, o que demanda energia. Essa possível justificativa está fundamentada nas afirmações de Guyton; Hall (2006) que relatam que o ócio é importante também para a reparação dos níveis normais das atividades neuronais, sendo que Broom; Fraser (2010) destacam a função de conservação de energia.

Taylor et al. (2006) ao pesquisarem a preferência por níveis de iluminância por suínos em crescimento, verificaram que os mesmos descansaram sob todas iluminâncias fornecidas, embora fossem preferidas as de menor intensidade.

O comportamento “em pé” (Figura 28) está diretamente relacionado ao desempenho de uma outra atividade (Massari, et al. 2015), embora tenha sido observado que os suínos podem ficar em ócio mesmo ao estarem em pé.

É possível observar que houve menos eventos de atividades em pé durante o dia para os animais alojados na BS e na BV (Figura 28A; B) principalmente no intervalo da 10h00 às 11h00. Para os animais dispostos na BR (Figura 28C) embora com oscilações na frequência, em todos os horários houve registros.

Considerando que o sistema de resfriamento evaporativo tenha sido o que apresentou menor temperatura ao longo do dia, a sua relação com o comportamento mostra que os animais se sentiram dispostos a realizar atividades nesta postura.

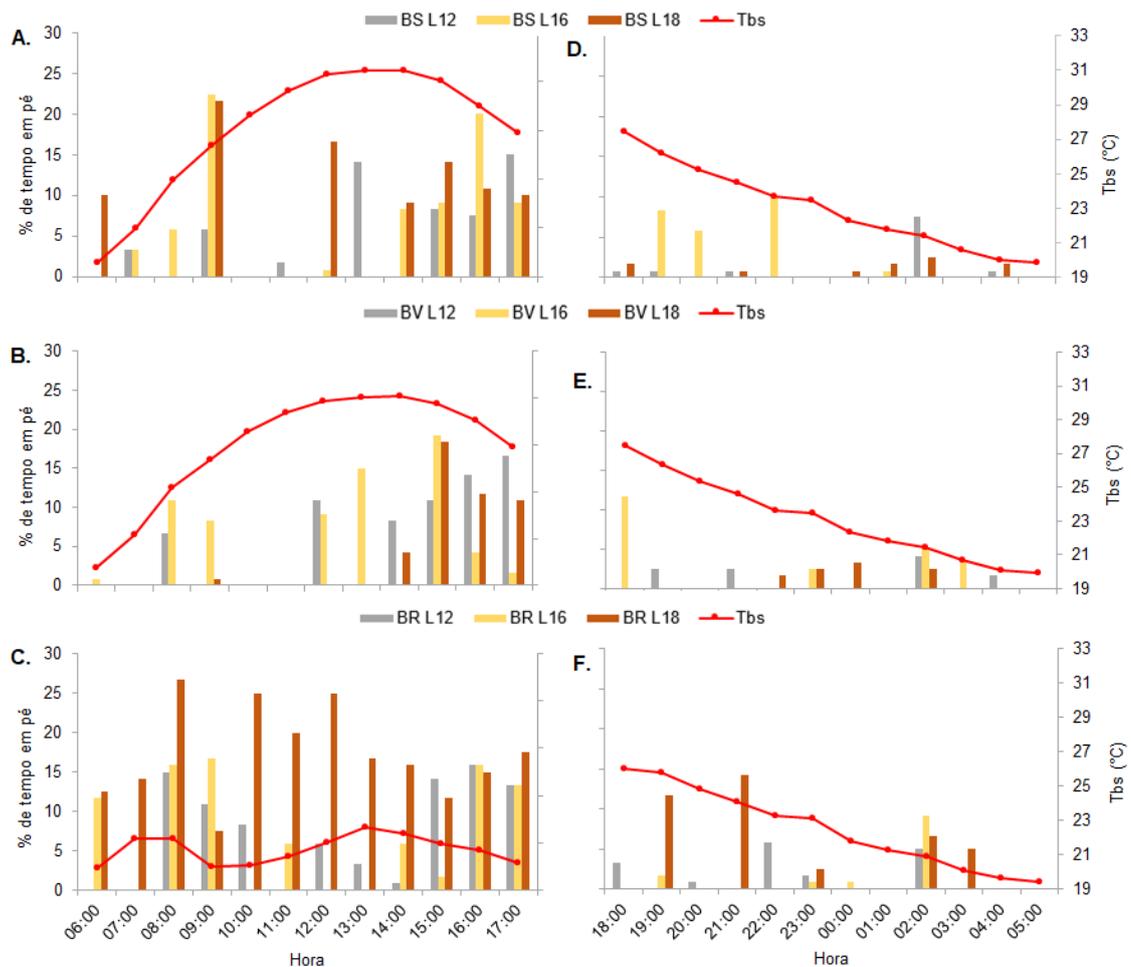


Figura 28. Percentual de tempo “em pé” no período diurno e noturno nas baias sem climatização (BS), com ventilação forçada (BV) e resfriamento evaporativo (BR), associadas aos programas de iluminação (L12: natural; L16: natural + 4 horas de luz artificial; L18: natural + 6 horas de luz artificial) na fase de crescimento. ($p < 0,0001$).

Durante o período noturno, a frequência de atividades dos suínos geralmente é reduzida em relação ao dia, conforme pode ser observada na Figura 28D; E; F.

Nota-se que os animais alojados na BS (Figura 28D), quando expostos a L16, estiveram mais tempo “em pé”, especialmente às 19 e 22h00. Vale ressaltar que às 19h00 o programa de iluminação L16 está ativado.

Nas baias com ventilação forçada (Figura 28E) também houve maior ocorrência dessa postura nos animais submetidos ao programa L16, com maior frequência observada às 18h00. Por outro lado, para os animais expostos a BR (Figura 28F) o maior destaque foi para o programa L18, em que os animais estiveram mais tempo “em pé”, no entanto, o maior registro foi às 21h00, horário em que a iluminação estava desligada.

A análise do comportamento ingestivo mostrou que houve redução no tempo despendido em visitas aos comedouros nos horários mais quentes do dia, principalmente entre os animais alojados na BS e na BV, enquanto que aqueles mantidos na BR o acesso ao comedouro foi maior e distribuído ao longo do dia (Figura 29A; B; C).

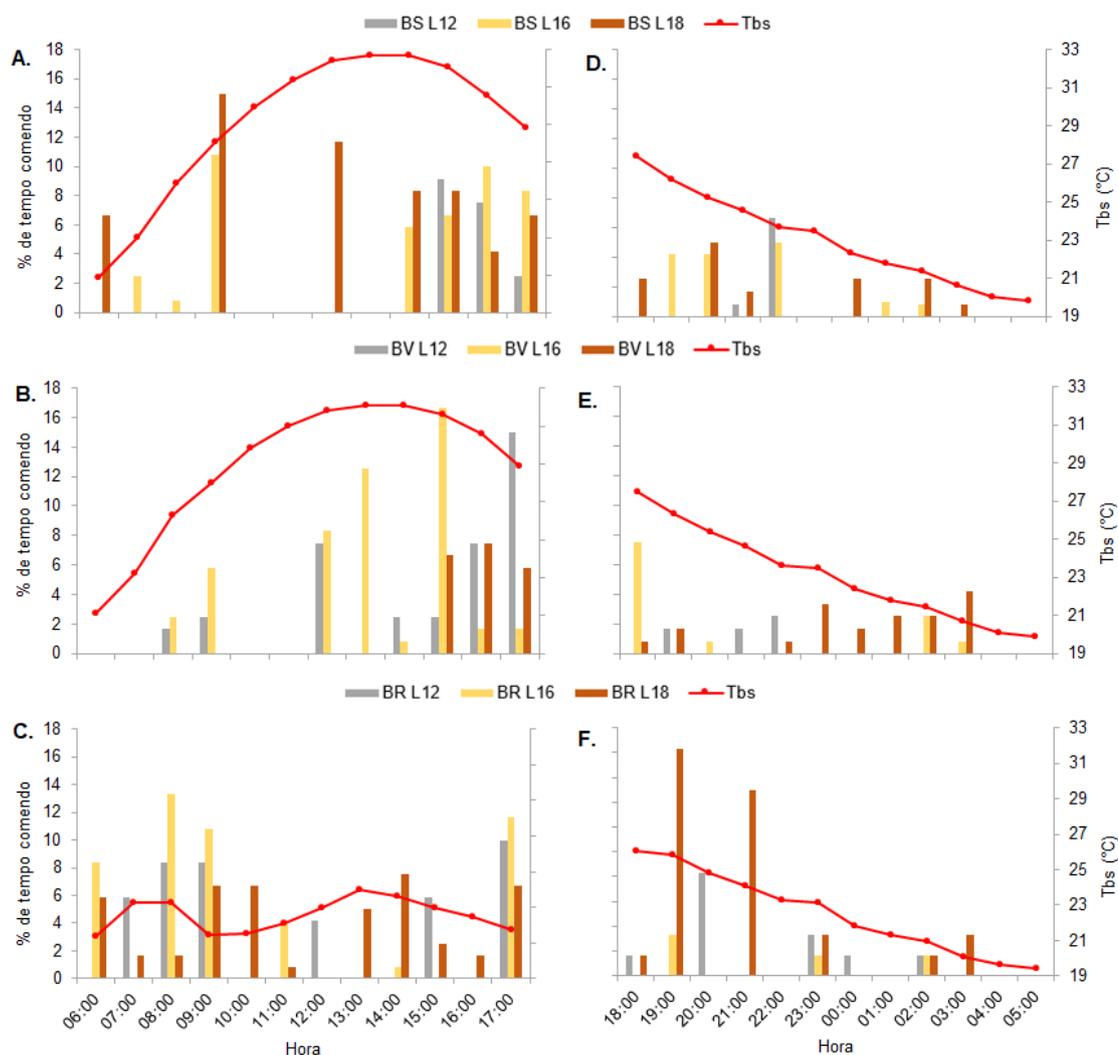


Figura 29. Percentual de tempo “comendo” no período diurno e noturno nas baias sem climatização (BS), com ventilação forçada (BV) e resfriamento evaporativo (BR), associadas aos programas de iluminação (L12: natural; L16: natural + 4 horas de luz artificial; L18: natural + 6 horas de luz artificial) na fase de crescimento. ($p < 0,0001$).

Este comportamento não converge com os dados apresentados na Tabela 19, em que o maior consumo foi evidenciado nos animais submetidos a ventilação forçada, porém, vale ressaltar que em valores absolutos, a diferença entre as médias do consumo dos animais na BV e na BR foi de apenas 9,6%

superior para BV. Além disso, estatisticamente no fator climatização, BV e BR só diferiram ($p < 0,05$) entre si em L18.

Amaral et al. (2014) comentam que a frequência de visitas ao comedouro não tem relação com a quantidade de ração ingerida, uma vez que os resultados obtidos para o desempenho zootécnico não apontaram diferença no consumo de ração diário.

Quanto a redução na frequência de acesso ao comedouro, entre os animais submetidos a BS (Figura 29), é possível que tenha ocorrido em função do aumento da temperatura do ar, como evidenciado por Massari et al. (2015); Kiefer et al. (2009); Paiano et al. (2007) e Oliveira (2016).

Nota-se que no final da tarde, quando a temperatura declina, os animais da BS e BV (Figura 29A; B) voltaram a frequentar os comedouros. Esse comportamento converge com a pesquisa realizada por Feddes et al. (1989) em que apontaram que os animais visitaram mais vezes os comedouros no início da manhã e final da tarde, período onde a temperatura encontrava-se mais amena.

No período noturno os animais da BS e BV (Figura 29D; E) os programas de iluminação L16 e L18 tiveram maior registro na atividade “comendo”, e considerando que no horário das 18 às 22h00, o programa de iluminação L16 está acionado, e que houve maior registro de acesso ao comedouro neste intervalo para os animais da BS e BV (Figura 29D, E), pode-se sugerir que este comportamento seja um indicativo de que o período de 16 horas de iluminação na condição estudada, estimule o consumo no horário noturno. Seja pela resposta fisiológica do organismo do animal promovida pela ação da luz, seja pela melhor orientação visual que possibilita a visão do alimento, devido à baixa acuidade visual dos suínos, conforme ressaltado por Zonderland et al. (2008). Os autores Sarubbi, (2014) e Ludtke et al. (2016) também afirmam que os suínos tendem a se deslocar de áreas escuras para claras, desde que a luz não ofusque sua visão ou incida diretamente em seus olhos.

Porém, ao observar a Tabela 19, verifica-se que os animais expostos ao programa de iluminação L16 não obtiveram a maior média no consumo noturno, sendo esta atribuída ao L18, que os animais na BV frequentaram o comedouro por mais tempo, no horário em que a iluminação artificial esteve acionada (Figura 29E).

Estes resultados contradizem os encontrados por Gomes (2015) que mostraram que os programas de luz não influenciaram o comportamento alimentar dos suínos.

Para os animais submetidos a BR e períodos de iluminação L12 e L18 foram os que passaram mais tempo “comendo” (Figura 30F) no período noturno, sendo que o L18 apresentou valor superior. No horário das 21h00 houve maior frequência de acesso ao comedouros pelos animais expostos a L18, no entanto, nesse horário o sistema de iluminação não estava ativado, embora tenha passado mais tempo no comedouros, seu consumo médio (Tabela 19) foi 22,3% inferior ao L12, que foi o que teve a maior média. O mesmo foi observado por Amaral et al. (2014); Ferreira et al. (2015) também observaram maior número de visitas ao comedouros pelos animais sob iluminação prolongada, sem resultar em maior consumo de ração em comparação ao tratamento sem iluminação.

A observação da frequência dos animais no bebedouro durante o dia apontou que no período da tarde houve mais acessos ao mesmo, embora os animais dos tratamentos BS e BV tenham passado por maior desconforto térmico ao longo do dia, a maior frequência foi no tratamento BR (Figura 30A; B; C).

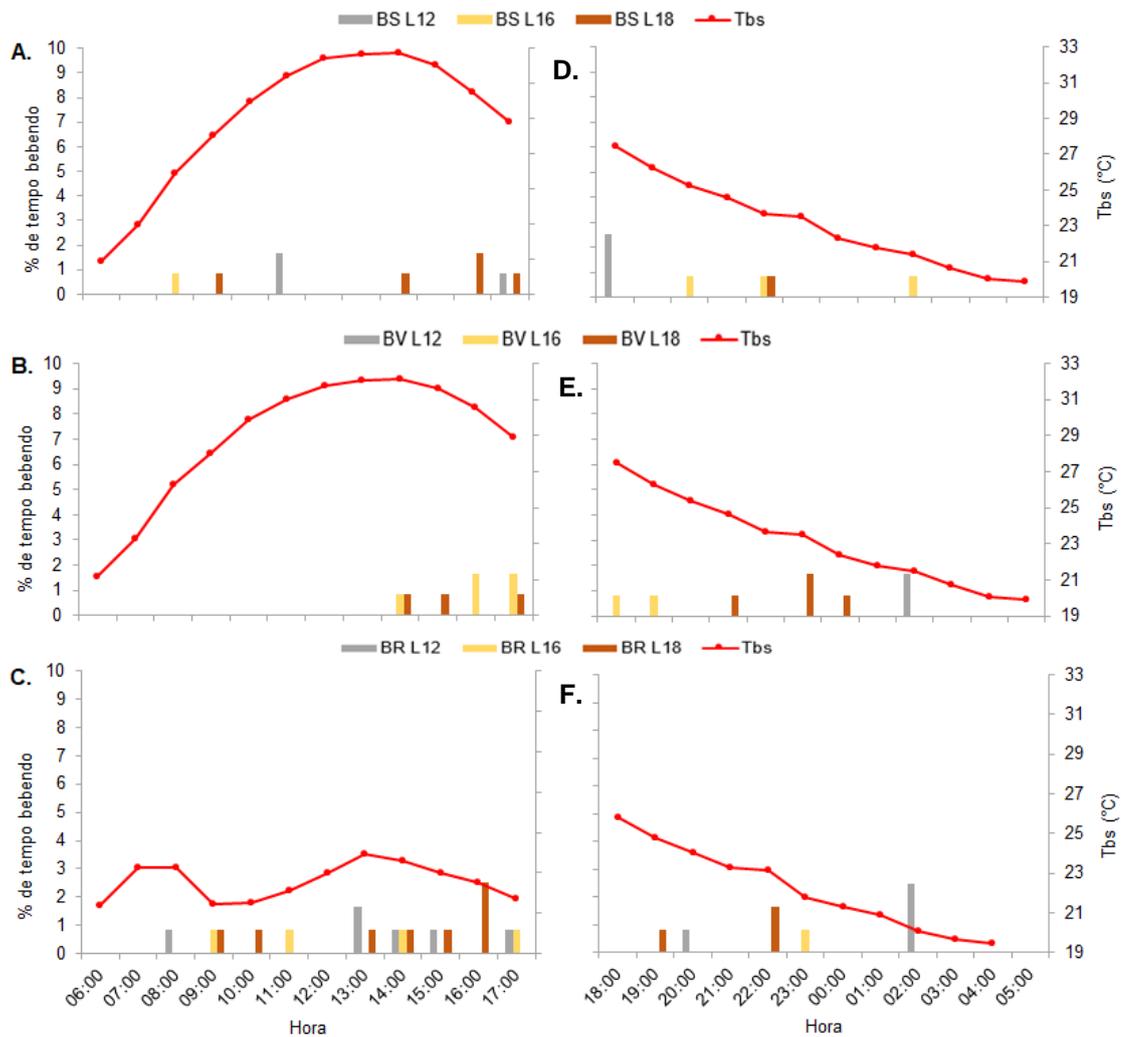


Figura 30. Percentual de tempo “bebendo” no período diurno e noturno nas baias sem climatização (BS), com ventilação forçada (BV) e resfriamento evaporativo (BR), associadas aos programas de iluminação (L12: natural; L16: natural + 4 horas de luz artificial; L18: natural + 6 horas de luz artificial) na fase de crescimento. ($p < 0,0001$).

Entretanto, este comportamento pode ser em virtude do maior tempo em atividade, sendo possível que os animais tenham sentido mais sede. O menor consumo de água em função da menor atividade foi observado por Perini (2017) ao comparar o comportamento de matrizes em gaiolas e criadas em baias coletivas.

No período noturno, o tempo ao bebedouro foi maior entre os animais na BV e na BR (Figura 30D; E), sendo que na BS o maior tempo “bebendo” foi igual para L12 e L16, no entanto para os animais expostos a L16 o acesso ao bebedouro foi mais frequente durante o período de iluminação. Os animais da BV (Figura 30E) apresentaram maior frequência de acesso ao bebedouro, quando expostos a L18, que utilizou o bebedouro às 21, 23 e 00h00. Na BR

(Figura 30F) a maior frequência foi dos animais que não receberam iluminação suplementar.

A Figura 31 representa a frequência de atividades consideradas de “conforto”. Conforme pode ser observado, esses comportamentos foram mais frequentes ao final da tarde, sendo também possível verificar que no período de temperatura mais elevada, houve redução.

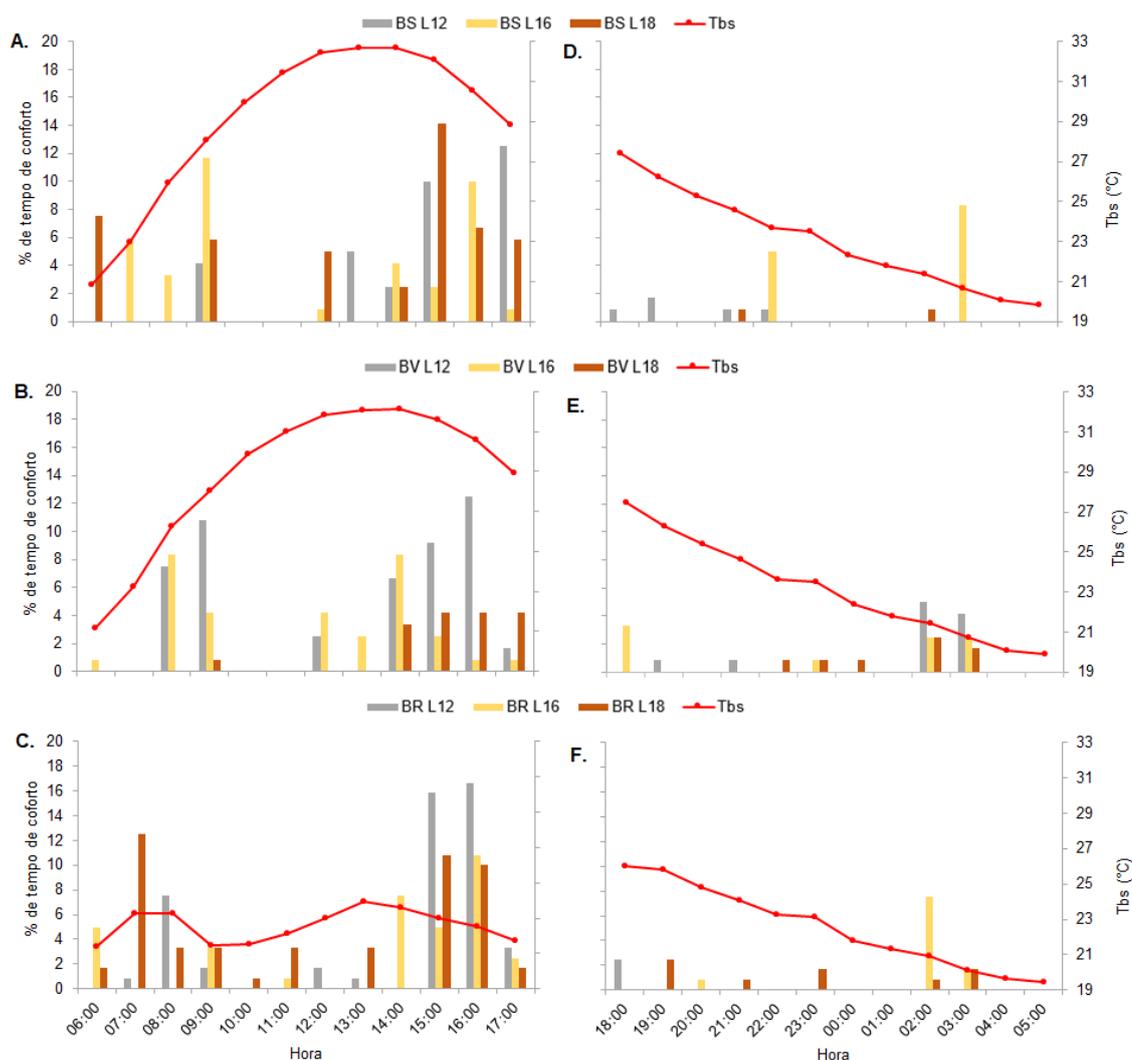


Figura 31. Percentual de tempo na expressão de comportamento de “conforto” no período diurno e noturno nas baias sem climatização (BS), com ventilação forçada (BV) e resfriamento evaporativo (BR), associadas aos programas de iluminação (L12: natural; L16: natural + 4 horas de luz artificial; L18: natural + 6 horas de luz artificial) na fase de crescimento. ($p < 0,0001$).

Durante o dia, de um modo geral, os animais que mais desenvolveram este comportamento foram os alojados na BR (Figura 31C), corroborando os resultados obtidos por Carvalho et al. (2004) que relataram que os animais alojados em ambientes com ventilação e nebulização apresentaram melhor

comportamento social, exibindo maior tranquilidade e menos competições nos comedouros.

A expressão de comportamentos inerentes à espécie, pode ser um indicativo de que o ambiente em que ela está inserida, permite que o animal sinalize o grau de bem-estar. Dessa forma, nota-se que os animais submetidos a BR apresentaram maior expressão de comportamentos de conforto. Segundo Nunes (2011) os suínos utilizam 75% de seu tempo ativo desenvolvendo atividades de forrageamento e parecem motivados a explorar o seu ambiente com o focinho.

Maia et al. (2013) e Foppa et al. (2014) afirmam que o bem-estar animal reflete em um melhor desenvolvimento físico e psicológico do animal, logo, é possível que melhor conforto favorecido por meio do uso do resfriamento adiabático evaporativo, tenha incrementado os índices produtivos analisados.

No período noturno (Figura 31D; E; F) observa-se que os animais submetidos aos programas de luz L16, estiveram por mais tempo executando atividades de conforto.

Porém, ao fazer uma análise horária verifica-se que exceto em BV (Figura 31E) às 18h00 e em BR às 20h00 (Figura 31F), os mesmos estiveram praticando mais atividades de “conforto” nos intervalos que não correspondiam ao uso da suplementação. No entanto, salienta-se que este comportamento não é um indicativo de que a iluminação tenha promovido efeito negativo sobre o bem-estar animal, visto que de acordo com a análise do comportamento ingestivo, no horário de suplementação de luz, os animais frequentaram os comedouros e bebedouros, sendo estes comportamentos tidos como naturais.

Os animais expostos a L18 (Figura 31F) a maior frequência de comportamentos de conforto ocorreu nos intervalos em que o sistema de iluminação estava acionado, o que reforça a evidência de que os animais se sentiram à vontade para expressar seus comportamentos naturalmente.

De um modo geral, a análise comportamental na fase de crescimento permitiu observar que nos intervalos de maior temperatura os animais reduziram as suas atividades, principalmente das baias sem climatização e com ventilação forçada. A maior frequência de visitas ao comedouro foi mais evidente nos animais que tiveram suas baias equipadas com resfriamento evaporativo.

Quanto aos programas de iluminação nos intervalos em que estavam acionados, observou-se que os animais alojados na BS e na BV, os animais

expostos ao programa L16 visitaram mais os comedouros, no entanto, os resultados de CRN não confirmam esse efeito. Os animais na BV L18 apresentaram frequência que confirma os dados apresentados pela análise do CRN.

O maior conforto proporcionado pelo resfriamento evaporativo, permitiu maior frequência de atividades que expressam comportamentos naturais dos animais confinados.

6.5.2 Análise do comportamento na fase de terminação

As Figuras 32A, B e C mostram que os animais estiveram mais tempo na postura “deitado” no intervalo das 9 e 15h00, que de acordo com a Figura 25, confere com os horários cujos índices de conforto estiveram mais elevados.

Nesta fase de criação, os animais alojados na BS e na BR foram os que apresentaram maior frequência nesta postura. Já para os da BS este comportamento pode ser justificado pelo desconforto térmico, causado devido à ausência de climatização, portanto, os animais assumiram postura que facilitasse trocas térmicas por contato, ao permanecerem com uma área maior do corpo sobre o piso.

Quanto aos animais expostos a BR, o fato de terem passado mais tempo deitados, comparativamente àqueles alojados na BV e na BS, destaca-se que os animais expostos a esse sistema de climatização, apresentavam maior peso corporal (Tabela 18) que, de acordo com as observações de Medeiros (2013) animais na fase de terminação com maior massa corporal permanecem mais tempo deitados, devido à dificuldade de locomoção.

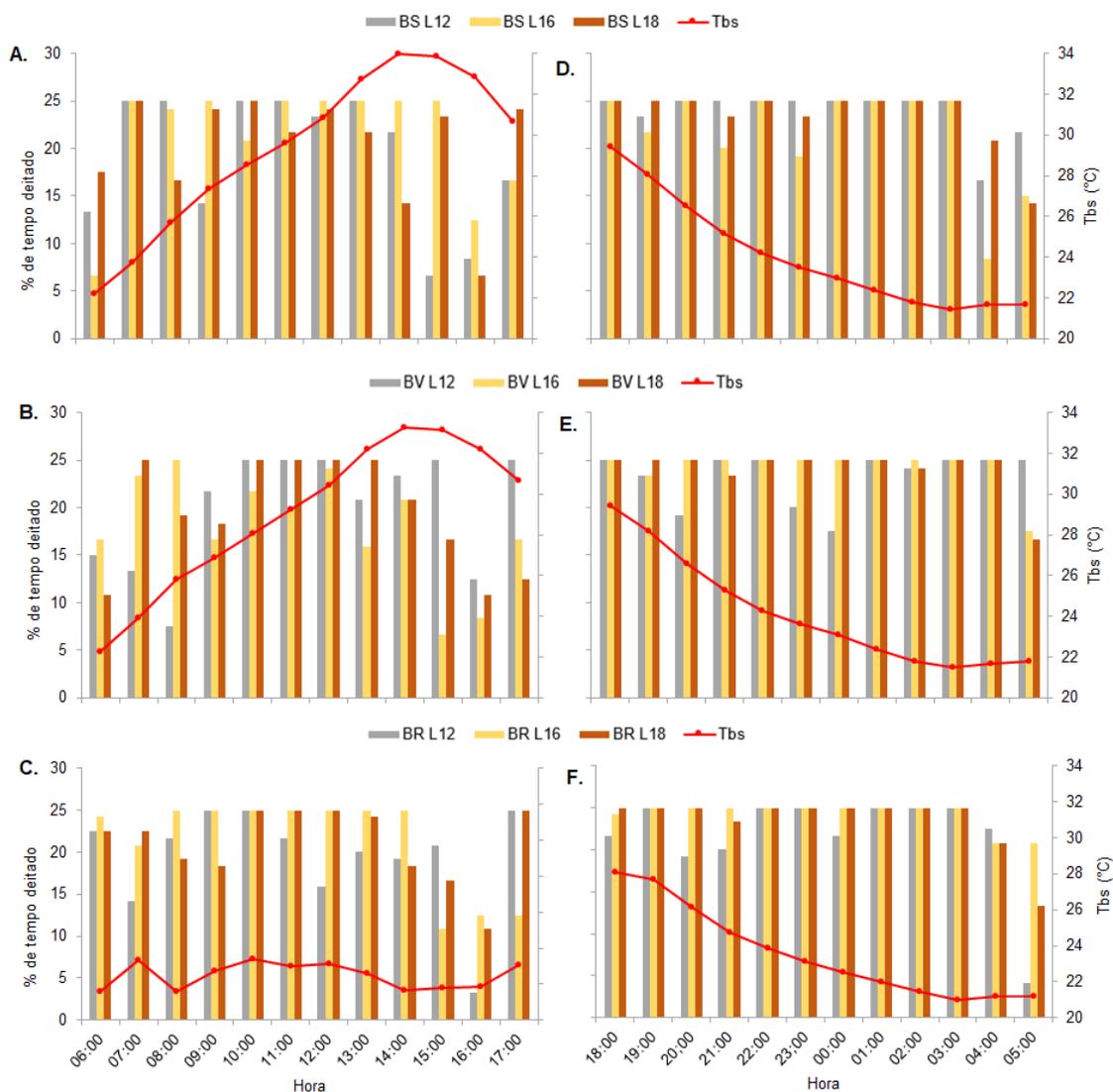


Figura 32. Percentual de tempo “deitado” no período diurno e noturno nas baias sem climatização (BS), com ventilação forçada (BV) e resfriamento evaporativo (BR), associadas aos programas de iluminação (L12: natural; L16: natural + 4 horas de luz artificial; L18: natural + 6 horas de luz artificial) na fase de terminação. ($p < 0,0001$).

No período noturno, os animais na BS L12 (Figura 32D) apresentaram maior frequência na postura “deitado”, sendo que os que menos permaneceram deitados foram aqueles expostos a L16. Amaral et al. (2014) avaliando o comportamento de suínos na fase de terminação, também constataram que a iluminação suplementar fez com que os suínos permanecessem mais ativos no período noturno.

Os suínos expostos a BS, BV e BR que não receberam iluminação suplementar, apresentaram menor frequência de postura “deitados” (Figura 32E; F). É necessário ponderar que na análise das imagens foi verificado que os animais mesmo na postura “deitado” podem permanecer ativos, principalmente

durante a fase de terminação, por compreender o período em que os animais estão mais pesados, logo, é comum que os mesmos executem atividades como comer, beber, fuçar, entre outras, mesmo sem estarem em pé ou sentados.

A atividade “em pé” durante o dia (Figura 32A; B; C) foi verificada com maior frequência no início da manhã e final da tarde, o que reforça as evidências de que em temperaturas mais amenas os animais tendem a ficarem mais ativos.

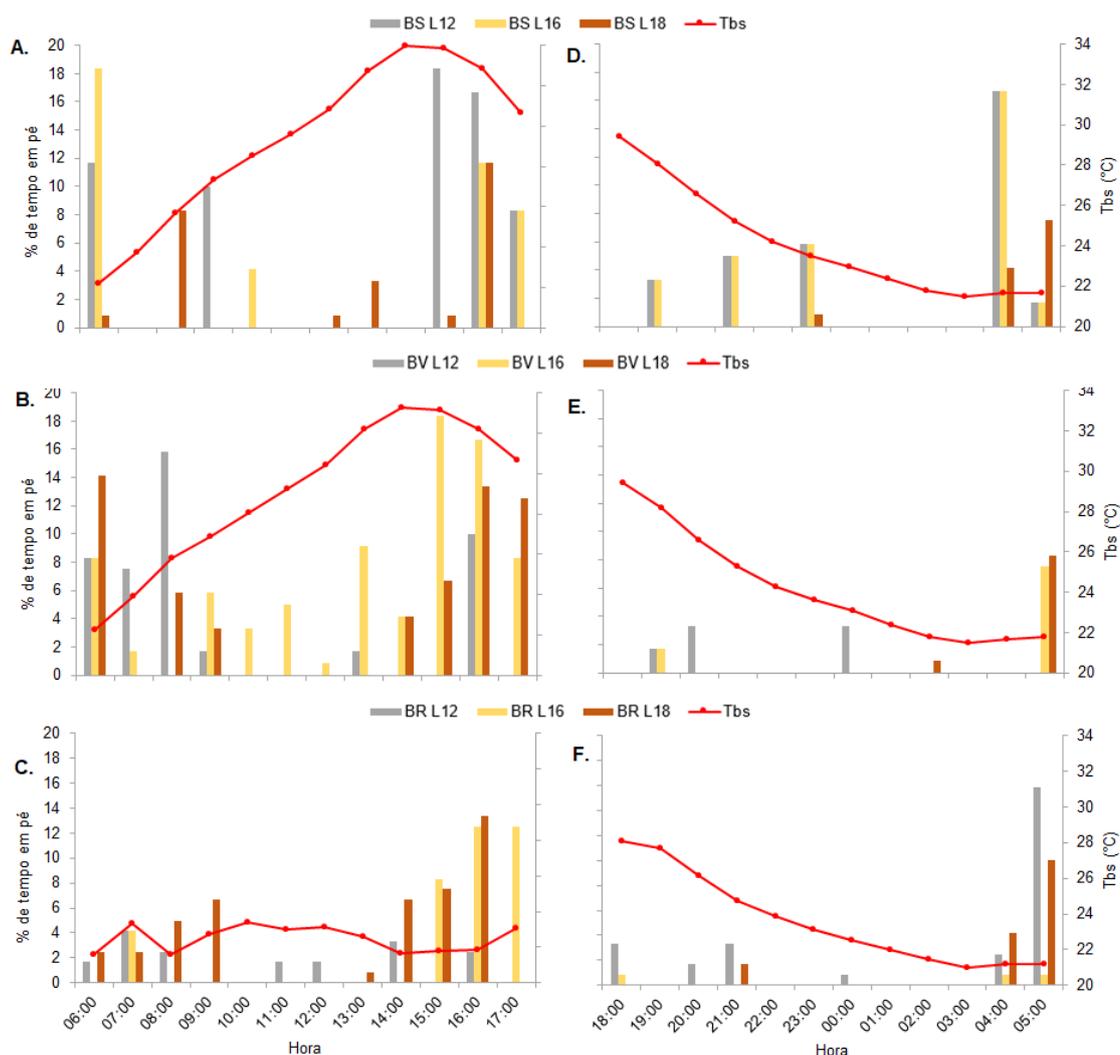


Figura 33. Percentual de tempo “em pé” no período diurno e noturno nas baias sem climatização (BS), com ventilação forçada (BV) e resfriamento evaporativo (BR), associadas aos programas de iluminação (L12: natural; L16: natural + 4 horas de luz artificial; L18: natural + 6 horas de luz artificial) na fase de terminação. ($p < 0,0001$).

Os animais submetidos a BV foram os que passaram mais tempo “em pé”, seguido por aqueles da BS e por último os da BR (Figura 33A; B; C).

Durante a noite, o tempo de permanência dos animais em pé na BR foi igual para aqueles expostos a L12 e L16 (Figura 33D), sendo estes os que tiveram o maior percentual, além disso, o horário em que os animais que dispunham de L16 tiveram mais tempo nessa postura foi a partir das 23h00, horário em que já não contavam com a iluminação artificial.

Para os animais alojados na BV a maior frequência na postura em pé foi entre aqueles expostos a L16 e L18, já para os submetidos a BR foi maior para L12 (Figura 33E; F).

A frequência da atividade “comendo” durante o dia, conforme pode ser visto na Figura 34A, B e C mostra que os animais tiveram mais acessos ao comedouro no final da tarde. Os animais alojados nas baias sem climatização (Figura 34A) permaneceram sem visitar os comedouros no intervalo das 11 às 14h00, fato que deve estar relacionado à elevada temperatura na instalação. Esta resposta está de acordo com os dados apresentados na Tabela 20, em que as menores médias de CR foram entre os animais expostos a BS L12 e BS L16.

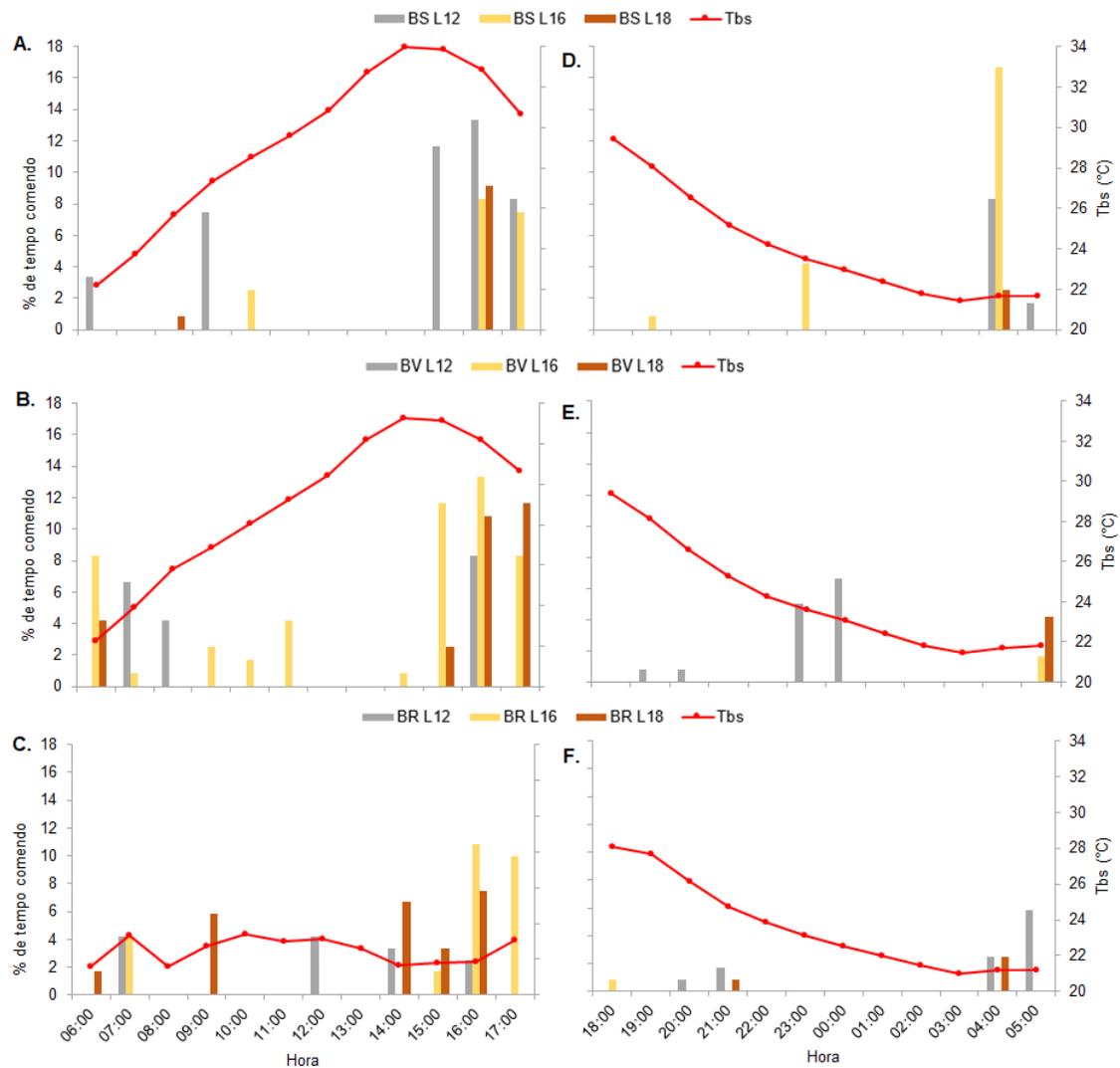


Figura 34. Percentual de tempo “comendo” no período diurno e noturno nas baias sem climatização (BS), com ventilação forçada (BV) e resfriamento evaporativo (BR), associadas aos programas de iluminação (L12: natural; L16: natural + 4 horas de luz artificial; L18: natural + 6 horas de luz artificial) na fase de terminação. ($p < 0,0001$).

Os animais alojados na BV (Figura 34B) apresentaram maior frequência comendo, concomitante ao consumo de ração evidenciado na Tabela 18.

Para os animais submetidos a BR a frequência de acesso ao comedouro se deu ao longo do dia (Figura 34C), no entanto, o total do tempo gasto em visitas aos comedouros foi inferior aos outros tratamentos. A Tabela 20 mostra que o consumo total de ração dos animais na BR foi inferior ao BV, 3,35% a menos, mas que os dois só não diferiram ($p < 0,05$) dentro do fator climatização, em L18.

No período noturno houve poucos registros da atividade “comendo” (Figura 34D, E; F) e isto aponta que o uso dos programas de iluminação nesta fase de criação não estimulou este comportamento. Porém, embora não tenha sido

reportado diferença significativa entre os consumos diurno e noturno, numericamente o maior consumo foi para o período noturno.

A Tabela 20 indica que as maiores médias de todos tratamentos quando avaliado fator iluminação, foram para os animais que não receberam iluminação suplementar, este resultado confere com a frequência apresentada na Figura 34E e F.

Esses resultados contradizem os obtidos por Amaral et al. (2014) em que verificaram que os animais que receberam iluminação suplementar, foram mais frequentes na atividade “comendo”, assim como Ferreira et al. (2016) que observaram que os animais expostos ao programa de 19 horas de iluminação tiveram maior frequência na atividade, no entanto, afirmam que não foi evidenciado maior consumo de ração.

A análise da frequência dos animais no bebedouro mostrou que os animais do tratamento BV, tanto no período diurno quanto noturno, foram os que mais acessaram o bebedouro (Figura 35B; E), enquanto que nos outros tratamentos, os animais da BS e BR frequentaram mais a noite.

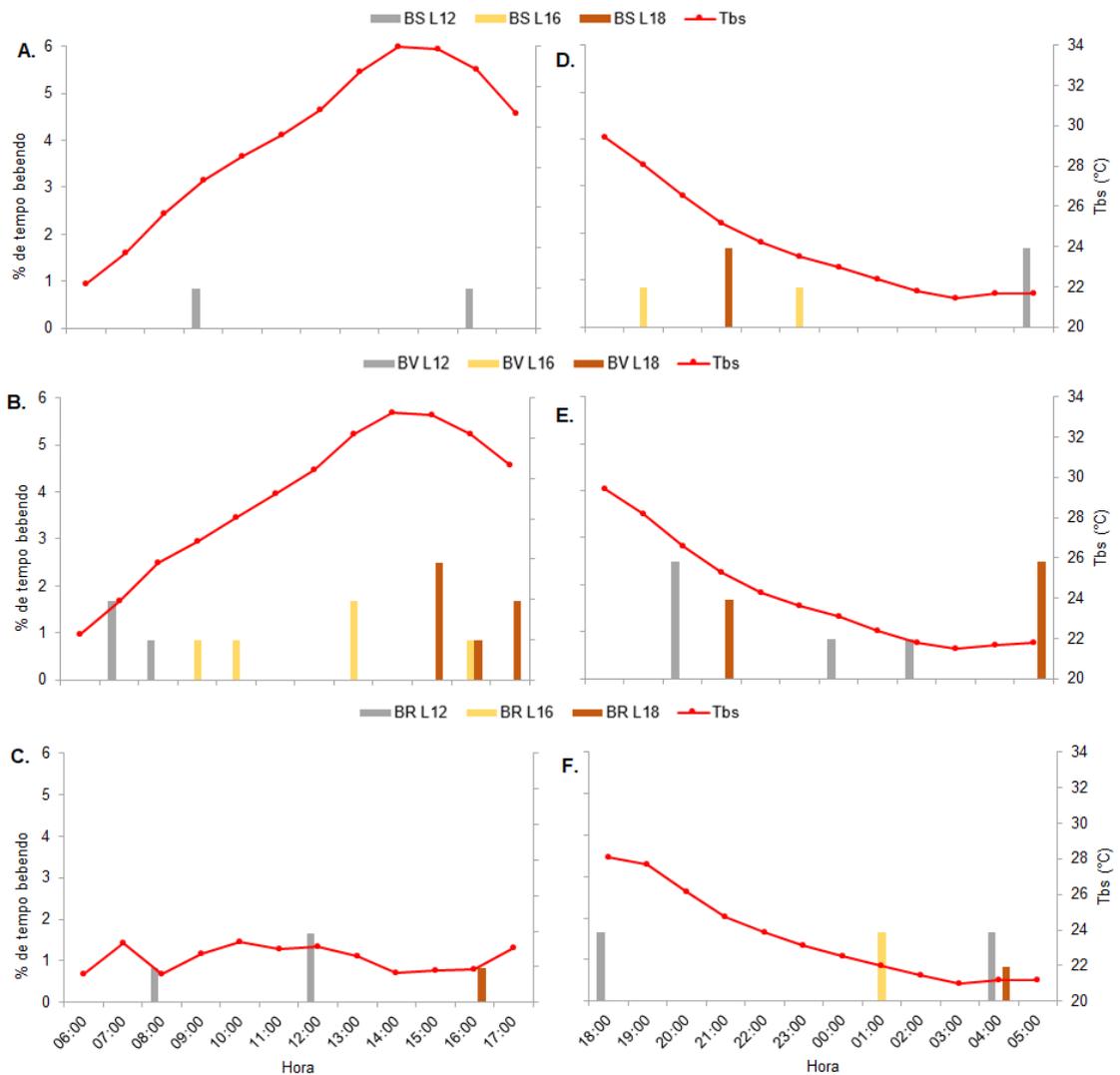


Figura 35. Percentual de tempo “bebendo” no período diurno e noturno nas baias sem climatização (BS), com ventilação forçada (BV) e resfriamento evaporativo (BR), associadas aos programas de iluminação (L12: natural; L16: natural + 4 horas de luz artificial; L18: natural + 6 horas de luz artificial) na fase de terminação. ($p < 0,0001$).

No período noturno o tempo ao bebedouro foi maior para os animais na BV L12 (Figura 35E), discordando de Amaral et al. (2014) que observaram maior tempo executando a atividade “bebendo” em animais sob períodos de iluminação prolongada.

É possível que este comportamento possa estar relacionado a maior atividade realizada pelos animais e maior consumo de ração, visto que a relação entre o consumo de água e ração é de 1 L:2,8 Kg de ração (EMBRAPA, 2003).

A Figura 36A, B e C mostra que ao longo do dia os animais que executaram atividades relacionadas ao “conforto” por mais tempo foram os alojados nas baias com ventilação forçada, também é possível observar que nas baias sem

climatização não houve registro de atividade nos horários das 11 e 12h00, o que provavelmente é reflexo do efeito do estresse térmico.

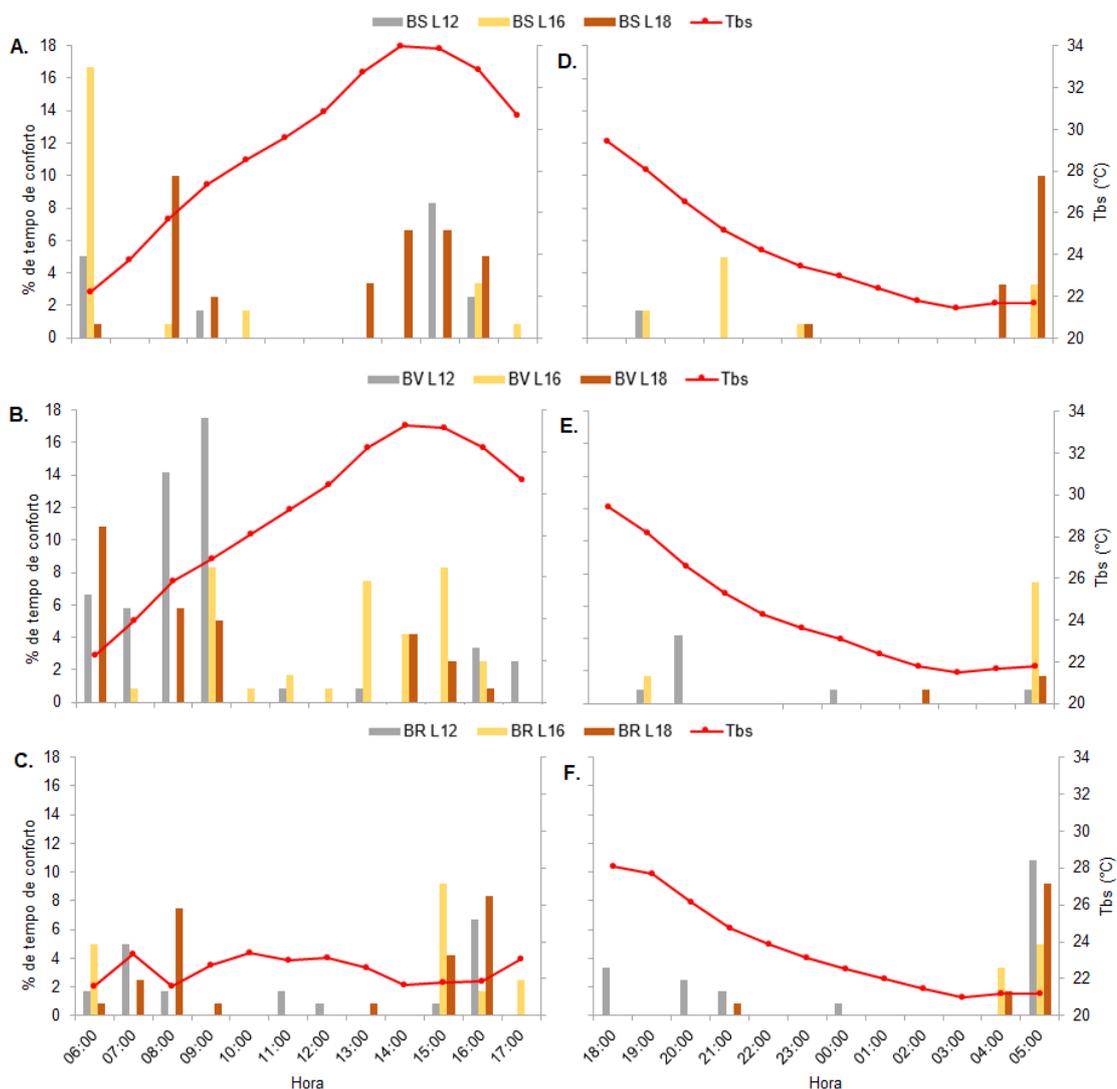


Figura 36. Percentual de tempo na expressão de comportamento de “conforto” no período diurno e noturno nas baias sem climatização (BS), com ventilação forçada (BV) e resfriamento evaporativo (BR), associadas aos programas de iluminação (L12: natural; L16: natural + 4 horas de luz artificial; L18: natural + 6 horas de luz artificial) na fase de terminação. ($p < 0,0001$).

Este fato também é de relevância sob o ponto de vista do bem-estar animal, uma vez que o ambiente de criação deve buscar atender o conceito das “cinco liberdades” e este inclui a condição de que os animais devem ter “liberdade para expressar seu comportamento normal”. Contudo, se entende que o estresse térmico pode também ser prejudicial por limitar os comportamentos que exprimem bem-estar.

Durante a noite os animais desenvolveram mais atividades de “conforto” nos horários das 4 e 5h00 (Figura 36D; E; F).

O programa de iluminação que mais se destacou ao ser relacionado a estas atividades foi o L18, porém não se pode afirmar que a iluminação favoreceu a atividade dos animais, visto que a maior frequência ocorreu às 05h00, horário em que a iluminação suplementar estava desativada e se iniciava a iluminação natural.

A análise do comportamento na fase de terminação mostrou que os animais alojados nas baias sem climatização passaram mais tempo deitados, o que sugere que seja em resposta ao estresse térmico, a que foram submetidos e que este fato também pode ter sido um agravante para o menor consumo alimentar.

Os animais submetidos ao resfriamento evaporativo podem ter sido menos ativos em função do maior peso, que leva à dificuldade de locomoção. E os animais que tiveram ventilação forçada consumiram mais e foram mais ativos, o que pode indicar que o sistema tenha favorecido estes comportamentos.

Quanto aos programas de suplementação de iluminação, não mostraram incremento no consumo e nem na frequência das atividades desenvolvidas.

7. CONCLUSÕES

As respostas fisiológicas frequência respiratória e temperatura retal indicaram que os animais submetidos ao resfriamento evaporativo, independente do programa de iluminação, foram alojados em condição de conforto térmico, o que facilitou a manutenção da homeotermia, nas fases de crescimento e terminação.

O ganho de peso e a conversão alimentar foram influenciados positivamente para os animais expostos ao resfriamento evaporativo, no entanto sem efeito para os programas de iluminação na fase de crescimento.

O desempenho na fase de terminação foi superior para os animais submetidos ao resfriamento evaporativo, com redução de 16 dias na idade de abate dos animais, contudo o programa de iluminação suplementar por 6 horas, promoveu melhor conversão alimentar.

Os animais na fase de crescimento, alojados nas baias com ventilação forçada, expostos a iluminação suplementar por 6 horas apresentaram maior frequência de acesso ao comedouro

Os suínos submetidos ao resfriamento evaporativo apresentaram maior frequência de atividade ingestiva e ampla expressão letárgica, típica das fases de criação estudadas. Além disso, os animais apresentaram maior frequência de comportamentos de conforto, estimulados pelo melhor acondicionamento térmico no alojamento.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, G. L. P. Climatização na pré-ordenha de vacas da raça Girolando e seus efeitos na produção e qualidade do leite e no comportamento animal. Recife: UFRPE, 2010. 135f. Dissertação Mestrado.

ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C. HENRIQUE, H. M. Uso do sistema de resfriamento adiabático evaporativo no conforto térmico de vacas da raça Girolando. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.7, p.754-760, 2011.

ALMEIDA, G. L. P. Comportamento e desempenho de bezerras Girolando em abrigos individuais, submetidas a programas de iluminação suplementar. Recife: UFRPE, 2013. 125f. Tese Doutorado.

ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; BAPTISTA, F.; GUISELINI, C.; BARNABÉ, J. M. C. Thermal efficiency of individual shelters for Girolando calves in brazilian semi-arid regions. *Engenharia Agrícola*, v.36, n.1, p.13-23, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n1p13-23/2016>

AMARAL, P. I. S.; FERREIRA, R. A., PIRES, A. V.; FONSECA, L. S.; GONÇALVES, S. A.; SOUZA, G. H. C. Desempenho, comportamento e respostas fisiológicas de suínos em terminação submetidos a diferentes programas de luz. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, v.2, n.2, p.54-59, 2014. <http://dx.doi.org/10.14269/2318-1265.v02n02a05>

ANDERSON, H. Plasma melatonina levels in relation to the light-dark cycle and parental background in domestic pigs. *Acta Veterinária Scandinavica*, v.42, p.287-294, 2001.

ANDRADE, T. V.; SOUSA, P. H. A. A.; BARROS JÚNIOR, C. P.; BORGES, L. S.; CARVALHINHO, S. T.; SILVA, A. L.; FARIAS, L. A.; DOURADO, L. R. B.; LIMA, S. B. P. Aspectos relacionados ao bem-estar animal na produção de suínos. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, v.3, n.4, p.124-127, 2015. <http://dx.doi.org/10.14269/2318-1265/jabb.v3n4p124-127>

ANIL, L.; ANIL, S.S.; DEEN, J. Relationship between postural behaviour and gestation stall dimensions in relation to sow size. *Applied Animal Behaviour Science*, v.77, n.3, p.173-181, 2002.

ARCARO JÚNIOR, I.; ARCARO, J. R. P.; POZZI, R. P.; FAGUNDES, H.; MATARAZZO, S. V.; OLIVEIRA, C. A. Teores plasmáticos e plasmáticos de hormônios, produção e composição do leite em sala de espera climatizada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.2, p. 350-354, 2003.

- ARCARO JÚNIOR, I.; ARCARO, J. R. P.; POZZI, C. R.; FAVA, C. D.; FAGUNDES, H.; MATARAZZO, S. V.; OLIVEIRA, J. E. Respostas fisiológicas de vacas em lactação à ventilação e aspersão na sala de espera. *Ciência Rural*, v.35, n.3, p. 639-643, 2005.
- BACCARI JÚNIOR, F. Manejo Ambiental da vaca leiteira em climas quentes. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2001. 142p.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. *Ambiência em edificações rurais – Conforto animal*. 2. ed. Viçosa: UFV. 2010. 246p.
- BALDWIN, B. A.; MEESE, G. B. Sensory reinforcement and illumination preference in the domesticated pig. *Animal Behaviour*, v.25, p.497-507, 1977.
- BALDWIN, B. A. Operant studies on the behaviour of pigs and sheep in relation to the physical environment. *Journal Animal Science*, v.49, p 1125-1134, 1979.
- BARNABÉ, J. M. C.; PANDORFI, H. ALMEIDA, G. L. P.; CRISTIANE GUISELINI, C.; JACOB, A. L. Conforto térmico e desempenho de bezerras Girolando alojadas em abrigos individuais com diferentes coberturas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, n.5, p.481-488, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n5p481-488>
- BARROS, P. C.; OLIVEIRA, V.; CHAMBÓ, E. D.; SOUZA, L. C. Aspectos práticos da termorregulação em suínos. *Revista Eletrônica Nutritime*, Artigo 114. v.7, n.3 p.1248-1253, 2010. Disponível em: <http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/114V7N3P1248_1253MAI2010_.pdf>. Acesso em: 03 de ago. 2016.
- BERTON, M. P. Ambiente controlado e não controlado no desempenho, comportamento e características da carcaça de suínos. Jaboticabal: USP, 2013. 53f. Dissertação Mestrado.
- BIANCA, W.; KUNZ, P. Physiological reactions of three breeds of goats to cold, heat and high altitude. *Livestock Production Science*, v.5, n.1, p.57-69, 1978.
- BRÊTAS, A. A.; FERREIRA, R. A.; AMARANTE JÚNIOR, V. S.; PEREIRA, W. E.; FONSECA, J. B.; CALDAS, R. L. Balanço eletrolítico para suínos machos castrados em crescimento mantidos em ambiente de alta temperatura. *Ciência e agrotecnologia*, v.35, n.1, p.186-194, 2011.
- BROOM D. M.; FRASER, A. F. *Comportamento e bem-estar de animais domésticos*. 4.ed. São Paulo: Manole, 2010. 452p.
- BRUSTOLINI, A. P.L.; FONTES, D. Fatores que afetam a exigência nutricional de suínos na terminação. 1ed. Brasília: Coordenação Técnica da Integral Soluções em Produção Animal, 2014. p.680.
- BUFFINGTON, D. E.; COLLASSO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PIT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Transactions of the ASAE*, v.24, p.711-714. 1981. <http://dx.doi.org/10.13031/2013.34325>
- CAPRARIO, G. N.; ZIMMERMANN, L. A. Avaliação econômica e zootécnica de leitões na fase de creche, através do manejo ambiental de luminosidade a noite. *Revista Caminhos*, v.2, p.63-76, 2011.
- CARVALHO, L. E.; OLIVEIRA, S. M. P.; TURCO, S. H. N. Utilização da nebulização e ventilação forçada sobre o desempenho e a temperatura da pele de suínos na fase de terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.6, p.1486-1491, 2004.

CARVALHO, C. M. C.; ANTUNES, R. C.; CARVALHO, A. P.; CAIRES, R. M. Bem-estar na suinocultura, v.11, n.2, p. 2272-2286, 2013.

CECCHIN, D. Ambiente termoacústico, qualidade do ar e bem-estar de suínos em instalações com diferentes tipologias de baias. Lavras: UFLA, 2016. 132p. Tese Doutorado.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Análise mensal, carne suína. Publicado em dezembro de 2017. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/index.php/info-agro/analises-do-mercado_agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-carne-suína>. Acesso em: 29 de jun. de 2018.

CONCEIÇÃO, M. N.; ALVES, S. P.; TELATIN JÚNIOR, A.; SILVA, I. J. O; PIEDADE, S. M. S.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; TONOLI, G. Desempenho de telhas de escória de alto forno e fibras vegetais em protótipos de galpões. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, n.5, p.536–539, 2008.

DIKMEN, S.; HANSEN, P.J. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? Journal of Dairy Science, Champaign, v.92, n.1, p.109-116, 2009. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2008-1370>

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Suínos e Aves. Sistema de Produção. Publicado em julho de 2003. Disponível em <<http://www.cnpsa.embrapa.br/SP/suinos/nutricao.html>>. Acesso em: 10 de julho de 2018.

ESMAY, M. L. Principles of animal environment. Westport: Avi, 1982. 325p.

FEDDES, J. J. R.; YOUNG, B. A.; DESHAZER, J. A. Influence of temperature and light on feeding behaviour in pigs. Applied Animal Behaviour Science, v.23, p.215- 222,1989. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(89\)90112-3](https://doi.org/10.1016/0168-1591(89)90112-3)

FERRAZ, P. F. P.; YANAGI JUNIOR, T.; FERRAZ, G. A. E. S. SCHIASSI, L.; CAMPOS, A. T. Spatial variability of enthalpy in broiler house during the heating phase. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.20, n.6, p.570-575, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n6p570-575>

FERREIRA, F.; PIRES, M. F. A.; MARTINEZ, M. L.; COELHO, S. G.; CARVALHO, A. U.; FERREIRA, P. M.; FACURY FILHO, E. J.; CAMPOS, W. E. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.58, n.5, p.732-738, 2006.

FERREIRA, R. A. Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos. 2. Ed. Viçosa. Aprenda Fácil, 2011, 374p.

FERREIRA, R. A.; FASSANI, E. J.; RIBEIRO, B. P. V. B.; RODRIGO OLIVEIRA, F.; CANTARELLI, V. S.; ABREU, M. L. T. Programas de luz para suínos em crescimento. Archives of Veterinary Science, v.20, n.3, p.65-70, 2015.

FERREIRA, R. A.; FASSANI, E. J.; ROCHA, L. F.; OLIVEIRA, R. F.; RIBEIRO, B. P. V. B.; ABREU, M. L. T.; CANTARELLI, V. S. Desempenho e comportamento de suínos em fase de terminação submetidos a diferentes programas de luz. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v.17, n.2, p.272-279, 2016.

FOPPA, L.; CALDARA, F. R.; MACHADO, S.P.; MOURA, R.; SANTOS, R. K. S. NÄÄS, I. A.; GARCIA, E R. G. Enriquecimento ambiental e comportamento de suínos: *Brazilian Journal of Biosystems Engineering* v.8, n.1, p.01-07, 2014.

FRASER, D., RITCHIE, J.S.D. E FRASER, A.F. The term "stress" in a veterinary context. *British Veterinary Journal*, v.13, n.1, p.653-662, 1975.

GLATZ, P. C. Effect of different lighting sources on behavior and growth of weanling pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, v.14, p.280-287, 2001. <https://doi.org/10.5713/ajas.2001.280> doi glaz 2001.

GOMES, L. M. Efeitos do uso de programas de luz e de triptofano suplementar na dieta sobre o desempenho, comportamento e parâmetros de estresse de leitões recém-desmamados. Botucatu: UNESP, 2015. 95f. Dissertação Mestrado.

GUSTAFSSON, M., JENSEN, P, DE JONGE, F.H.; SCHUURMAN, T. Domestication effects on foraging strategies in pigs (*Sus scrofa*). *Applied Animal Behaviour Science*. v.62, n.1, p.305-317, 1999.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. *Tratado de Fisiologia Médica*. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. 1115p.

HAHN, G. L. et al. Cattle respiration rate as a function of ambient temperature. *Transactions of American Society of Agricultural Engineering*, v.40, p.97-121, 1997.

HENNEMANN, G. G.; GIL, A. M.; FERNANDES, B.; BOLINA, F. L.; TUTIKIAN, B. F. Avaliação teórico-experimental da influência da espessura de alvenaria na resistência ao fogo de sistemas verticais de vedação. *Ambiente Construído*, v.17, n.4, p.183-195, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-6212017000400192>

HÖTZEL, M. J.; MACHADO FILHO, L. C. P. Bem-estar Animal na Agricultura do Século XXI. *Revista de Etologia*, v.6, n.1, 2004.

HÖTZEL, M. J.; NOGUEIRA, S. S. C.; MACHADO FILHO, L. C.P. Bem-estar de animais de produção: das necessidades animais às possibilidades humanas. *Revista de Etologia*, v.9, n.2, p.1-10, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. Indicadores IBGE, Estatística da Produção Pecuária. Publicado em março de 2018. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html>>. Acesso em: 29 de junho de 2018.

JORNAL OFICIAL DA UNIÃO EUROPEIA. DIRECTIVAS DIRECTIVA 2008/120/CE DO CONSELHO de 18 de Dezembro de 2008 relativa às normas mínimas de protecção de suínos (Versão codificada). Disponível em: <http://www.vetbiblios.pt/LEGISLACAO_TECNICA/BEM_ESTAR_PROTECCA_O_ANIMAL/Suinos/Directiva_2008-120-CE_18-12_Codificada.pdf> Acesso em: 06 de out. 2016.

JUSTINO, E.; NÄÄS, I. A.; CARVALHO, T. M. R.; SALGADO, D. A. Efeito do resfriamento evaporativo e do balanço eletrolítico sobre a lactação de porcas em condições de verão tropical. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.67, n.2, p.455-464, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-6478>

KIEFER, C.; MEIGNEN, B. C. G.; SANCHES, J. F.; CARRIJO, A. S. Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. *Archivos de Zootecnia*, v.58, n.22, p. 55-64, 2009.

KIEFER, C.; MOURA, M. S.; SILVA, E. A.; SANTOS, A. P.; SILVA, C. M.; LUZ, M. F.; NANTES, C. L. Respostas de suínos em terminação mantidos em diferentes ambientes térmicos. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.11, n.2, p.496-504, 2010.

LEAL, P.M.; NÃÃS I.A. *Ambiência animal*. In: CORTEZ, L.A.B.; MAGALHÃES, P.S.G. (Org.). *Introdução a engenharia agrícola*. Campinas: Unicamp. 1992. p.121-135.

LIMA, K. A. O.; GARCIA, R. G.; NÃÃS, I. A.; CALDARA, F. R.; SANTANA, M. R.; ROYER, A. F. B.; BARRETO, B.; CASTILHO, V. A. R. Impacto da iluminação artificial no comportamento de frangos de corte. *Revista Agrarian*, v.7, n.24, p.301-309, 2014.

LUDTKE, C.; COSTA, O. A. D.; ROHR, S. A.; COSTA, F. A. D. Bem-estar animal na produção de suínos: Transporte. ABCS: SEBRAE, 2016. Disponível em: http://www.abcs.org.br/attachments/-01_Cartilha2_bloq.pdf. Acesso em: 21 de junho de 2017.

MACHADO FILHO, L.C.P.; HÖTZEL, M.J. Bem estar em suínos. In: *Seminário internacional de suinocultura, 2000, São Paulo. Anais...* São Paulo: Gessuli, 2000. p.88-105.

MADEIRA, J. G. P.; FIGUEIREDO, A. V.; AZEVEDO, D. M. M. R.; COSTA, A. P. Utilização de nebulização e ventilação forçada em maternidades de suínos. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.8, n.1, p.51-58, 2006.

MAIA, A. P. A.; SARUBBI, J.; MEDEIROS, B. B. L.; MOURA, D. J. Enriquecimento ambiental como medida para o bem-estar positivo de suínos. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v.14 n.14, p. 2862-2877, 2013. <http://dx.doi.org/10.5902/2236117010746>

MANNO, M. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, W. P.; LIMA, K. R. S.; VAZ, R. G. M. V. Efeito da Temperatura Ambiente sobre o Desempenho de Suínos dos 15 aos 30 kg. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.6, p.1963-1970, 2005.

MANNO, M. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, W. P.; VAZ, R. G. M. V.; SILVA, B. A. N.; SARAIVA, E. P.; LIMA, K. R. S. Efeitos da temperatura ambiente sobre o desempenho de suínos dos 30 aos 60 kg. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.2, p.471-477, 2006.

MARTELLI, G.; SCALABRIN, M.; SCIPIONI, R.; SARDI, L. The effects of the duration of the artificial photoperiod on the growth parameters and behaviour of heavy pigs. *Veterinary research communications*, v.29, p.367-369, 2005. DOI:10.1007/s11259-005-0367-8

MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; PINHEIRO, M. G.; SILVA, S. L.; ROMA JÚNIOR, L. C. Avaliação do microclima de instalações para gado de leite com Diferentes recursos de climatização. *Engenharia Agrícola*, v.24, n.2, p.263-273, 2004a.

MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JUNIOR, H.; SILVA, S. L.; TITTO, E. A. I. Respostas fisiológicas e reprodutivas de vacas Holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.1, p.181-191, 2004b.

MASIERO, E.; SOUZA, L. C. L. Variação de umidade absoluta e temperatura do ar intraurbano nos arredores de um corpo d'água. *Ambiente Construído*, v.13, n.4, p.25-39, 2013.

MASON, G., CLUBB, R., LATHAM, N.; VICKERY, S. Why and how should we use environmental enrichment to tackle stereotypic behaviour? *Applied Animal Behaviour Science*, n.102, p.163-188, 2007. doi:10.1016/j.applanim.2006.05.041

MASSARI, J.M.; CURI, T. M. R. C.; MOURA, D. J.; MEDEIROS, B. B. L.; SALGADO, D. D. Características comportamentais de suínos em crescimento e terminação em sistema "wean to finish". *Engenharia Agrícola*, v.35, n.4, p.646-656, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agríc.v35n4p646-656/2015>

MEDEIROS, B. B. L. Bem-estar e desempenho de suínos criados em sistema "wean to finish". Campinas: UNICAMP, 2013. 205f. Tese Doutorado.

MELO, R. L. C. Avaliação comportamental e fisiológica em suínos criados ao ar livre em clima quente. Recife: UFRPE, 2015. 48f. Dissertação Mestrado.

MIRANDA, K. S.; BORGES, G.; MENEGALE, V. L. C.; SILVA, I. J. O. Efeito das condições ambientais no nível de ruído emitido por leitões. *Engenharia Agrícola*, v.32, n.3, p.435-445, 2012.

MORAIS, D. A. E. F.; MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; VASCONCELOS, A. M.; LIMA, P. O.; GUILHERMINO, M. M. Variação anual de hormônios tireoidianos e características termorreguladoras de vacas leiteiras em ambiente quente. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.3, p.538-545, 2008.

MOTA, L. S. L. S. Adaptação e interação genótipo-ambiente em vacas leiteiras. Ribeirão Preto: USP, 1997. 69f. Tese Doutorado.

MOURA, D. J. Ventilação na suinocultura. In: Silva, I. J. O. *Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos*. Piracicaba: FEALQ, 1999. p.149-179.

MOURA, D. J.; MAIA, A. P. A.; VERCELLINO, R. A.; MEDEIROS, B. B. L.; SARUBBI, J.; GRISKA, P. R. Uso da termografia infravermelha na análise da termorregulação de cavalo em treinamento. *Engenharia Agrícola*, v.31, n.1, p.23-32, 2011.

NÄÄS, I. A. Influência do ambiente na resposta reprodutiva de fêmeas. In: *Simpósio Internacional de Reprodução e Inseminação Artificial em Suínos*, 7, 2000, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: Embrapa Suínos e Aves, 2000. p.253-262.

NÄÄS, I. A.; ARCARO JÚNIOR, I. Influência de ventilação e aspensão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.5, n.1, p.139-142, 2001.

NÄÄS, I. A.; ROMANINI, C. E. B.; NEVES, D. P.; NASCIMENTO, G. R.; VERCELLINO, R. A. Broiler surface temperature distribution of 42 day old chickens. *Scientia Agricola*, v.67, n.5, p.497-502, 2010.

NÄÄS, I. A.; JUSTINO, E. Associação Brasileira de Criadores de Suínos. 1ed., 2014. 908p. Disponível em: <www.abcs.org.br/attachments/1823_Livro%20Produção.pdf>. Acesso em: 03 de junho de 2017.

NAVARINI, F. C.; KLOSOWSKI, E. S.; CAMPOS, A. T.; TEIXEIRA, R. A.; ALMEIDA, C. P. Conforto térmico de bovinos da raça Nelore a pasto sob

diferentes condições de sombreamento e a pleno sol. *Engenharia Agrícola*, v.29, n.4, p.508-517, 2009.

NAZARENO, A. C.; SILVA, I. J. O.; NUNES, M. L. A.; CASTRO, A. C.; MIRANDA, K. O. S.; TRABACHINI, A. Caracterização bioclimática de sistemas ao ar livre e confinado para a criação de matrizes suínas gestantes. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.3, p.314-319, 2012.

NEITZ, J, JACOBS, H. Spectral sensitivity of cones in an ungulate. *Visual Neuroscience*, 2, 97-100, 1989.

NEVES, M. L. M. W.; AZEVEDO, M.; COSTA, L. A. B.; GUIM, A. LEITE, A. M.; CHAGAS, J. C. Níveis críticos do índice de conforto térmico para ovinos da raça Santa Inês criados a pasto no Agreste do Estado de Pernambuco. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v.31, n.2, p.169-175, 2009. DOI: 10.4025/actascianimsci.v31i2.3766

NÓBREGA, G. H.; SILVA, E. M. N.; SOUZA, B. B.; MANGUEIRA, J. M. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. *Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável*, v.6, n.1, p.67- 73, 2011.

NUNES, M. L. A. Bem-estar de matrizes suínas em gestação: Estimativa da condição de conforto térmico, análise comportamental e produtiva no alojamento coletivo com uso de cama. Piracicaba: ESALQ, 2011. 153F. Tese Doutorado.

O'CONNELL, N.E.; BEATTIE, V.E.; MOSS, B.W. Influence of replacement rate on the welfare of sows introduced to a large dynamic group. *Applied Animal Behaviour Science*, v.85, n.1-2, p.43-56, 2004.

OLIVEIRA, D. C. G. Percepção de suínos em relação ao ambiente térmico promovido por diferentes sistemas de resfriamento promovido por diferentes sistemas de resfriamento. Pirassununga: USP, 2015. 85f. Tese Doutorado.

OLIVEIRA, M. V. G. Influência do enriquecimento ambiental no comportamento e desempenho de leitões na fase de creche. Goiânia: UFG, 2016. 51f. Dissertação Mestrado.

PAIANO, D.; BARBOSA, O. R.; MOREIRA, I.; QUADROS, A. R. B.; SILVA, M. A. A.; OLIVEIRA, C. A. L. Comportamento de suínos alojados em baias de piso parcialmente ripado ou com lâmina d'água. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, v.29, n.3, p.345-351, 2007.

PANDORFI, H.; SILVA, I. J. O. Evaluation of the behavior of piglets in different heating systems using analysis of image and electronic identification. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*, v.7, n.8, p.1-24, 2005.

PANDORFI, H.; SILVA, I. J. O.; PIEDADE, S. M. S. Conforto térmico para matrizes suínas em fase de gestação, alojadas em baias individuais e coletivas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.3, p.326–332, 2008.

PERINI, J. E. G. N. Comportamento, bem-estar e desempenho reprodutivo de matrizes suínas gestantes alojadas em baias coletivas e em gaiolas individuais. Brasília: UNB, 2017. 123f. Tese Doutorado.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J.; CRUZ, V. F.; SOUZA, S. R. L.; LIMA, K. A. O.; MENDES, A. S. Conforto térmico de bovinos leiteiros confinados em clima

subtropical e mediterrâneo pela análise de parâmetros fisiológicos utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy. *Ciência Rural*, v.39, p.1492-1498, 2009.

PRINCE, H. The eye and vision. In: Swenson MJ. *Dukes Physiology of Domestic 14 Animals*. Ithaca, NY: Cornell University Press, p.696-712, 1997.

REINERS, K.; HESSEL, E. F.; SIELING, S.; VAN DEN WEGHE, H. F. Influence of photoperiod on the behavior and performance of newly weaned pigs with a focus on time spent at the feeder, feed disappearance, and growth. *Journal of Swine Health and Production*, v.18, n.5, p.230-238, 2010.

ROBERTO, J. V. B.; SOUZA, B. B.; SILVA, A. L. N.; JUSTINIANO, S. V.; SOARES FREITAS, M. M. Parâmetros hematológicos de caprinos de corte submetidos a diferentes níveis de suplementação no semiárido paraibano. *Revista Caatinga*, v.23, n.1, p. 127-132, 2010.

ROBERTO, J. V. B.; SOUZA, B. B. Fatores ambientais, nutricionais e de manejo e índices de conforto térmico na produção de ruminantes no Semiárido. *Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável*, v.6, n.2, p.08 -13, 2011.

ROCHA, R. M. P.; MATOS, M. H. T.; LIMA, L. F.; SARAIVA, M. V. A.; ALVES, A. M. C. V.; RODRIGUES, A. P. R.; FIGUEIREDO, J. R. Melatonina e reprodução animal: implicações na fisiologia ovariana. *Acta Veterinaria Brasilica*, v.5, n.2, p.147-157, 2011.

RODRIGUES, E. H. V. Desenvolvimento e avaliação de um sistema de resfriamento evaporativo, por aspersão intermitente, na cobertura de aviários usando modelos de escala distorcida. Campinas: UNICAMP, 197f .1998. Tese Doutorado.

RODRIGUES, V. C.; SILVA, I. J. O.; VIEIRA, F. C.; NASCIMENTO, S. T. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. *International Journal of Biometeorology*, v.55, p.455-459, 2010. <http://dx.doi.org/10.1007/s00484-010-0344-y>

ROMA JÚNIOR, L. C.; MAC-LEAN, P. A. B.; SALLES, M. S. V.; SALLES, F. A.; SAVASTANO JÚNIOR, H. Programa de suplementação de luz artificial para bezerros em aleitamento. *Pesquisa & Tecnologia*, v.8, n.2, 2011.

ROSTAGNO, H. S. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais. 4.ed. Viçosa, 2017. 488p.

SABINO, L. A. SOUSA JÚNIOR, V. R.; ABREU, P. G. ABREU, V. M. N.; LOPES, L. S.; COLDEBELLA, A. Comportamento suíno influenciado por dois modelos de maternidade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.12, p.1321–1327, 2011.

SANGALI, C. P.; KLOSOWSKI, E. S.; BRUNO, L. D. G.; TSUTSUMI, C. Y.; FREITAG, D. C.; OLIVEIRA, A. C. Utilização de sistema de resfriamento adiabático evaporativo visando à produção de ovos no estado do paraná. *Scientia Agraria Paranaensis*, v.13, n.4, p.290-295, 2014. DOI: 10.18188/1983-1471/sap.v13n4p290-295

SANTOS, J. H. T.; TINOCO, I. F. F.; COSTA, C. A. Avaliação diferentes sistemas de ventilação em terminação de suínos, para as condições do Centro-oeste brasileiro. *Engenharia na agricultura*, v.20 n.3, 2012.

SARUBBI, J. Técnicas de manejo voltadas para o BEA em suínos. In: Produção de Suínos - Teoria e Prática. Associação Brasileira dos Produtores de Suínos. Brasília: ABCS, 2014. Cap.4, p.146-155.

SAS - Statistical Analysis System. SAS companion for the microsoft windows environment. Version 8, Cary: SAS Institute, 2007. CD-Rom.

SILVA, I. J. O. Sistemas naturais e artificiais do controle do ambiente - Climatização. In: SILVA, I. J. O. Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos. Piracicaba: FEALQ, 1999. 247p.

SILVA, E. V. C. E.; KATAYAMA, K. A.; MACE, G. G.; RUEDA, P. M.; ABREU, U. G. P.; ARI, C. E. S. N. Z. Efeito do manejo e de variáveis bioclimáticas sobre a taxa de gestação em vacas receptoras de embriões. *Ciência Animal*, v.11, p.280-291, 2010.

SILVA, T. G. F.; PRIMO, J. T. A.; MOURA, M. S. B.; SILVA, S. M. S.; MORAIS, J. E. F.; PEREIRA, P. C.; SOUZA, C. A. A. Soil water dynamics and evapotranspiration of forage cactus clones under rainfed conditions. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.50, n.7, p.515-525, 2015. 10.1590/S0100-204X2015000700001

SIMITZIS, P. A. E.; VEIS, D.; DEMIRIS, N.; CHARISMIADOU, M. A.; AYOUTANTI, A.; DELIGEORGIS, E. G. The effects of the light regimen imposed during lactation on the performance and behaviour of sows and their litters. *Applied Animal Behaviour Science*, v.144, p.116-120, 2013.

SOARES, T. E.; CARVALHO, C. C. S.; MARANHÃO, C. M. A.; SILVA, G. C.; DINIZ, T. A.; PEREIRA, K. C. B.; GONÇALVES, M. C. M. Alterações fisiológicas de matrizes suínas criadas nas condições climáticas do semiárido mineiro. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.16, n.3, p.302-307, 2017. DOI: 10.5965/223811711632017302

SOUSA, P. Conforto térmico e bem-estar na suinocultura. I. Lavras: UFLA, 2004. 69p.

SOUSA JÚNIOR, V. R.; ABREU, P. G.; COLDEBELLA, A.; LOPES, L. S.; MONTEIRO DE LIMA, G. J. M. M.; SABINO, L. A. Iluminação artificial no desempenho de leitões na fase de creche. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v.33, n.4, p.403-408, 2011. 10.4025/actascianimsci.v33i4.10828

SOUZA JÚNIOR, J. B. F. Fluxo de calor latente e mecanismos termorregulatórios em bovinos no semi-árido. *Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.2, n.28, 2008.

STOLBA A., WOOD-GUSH D.G.M. The behavior of pigs in a semi-natural environment. *Animal Production*, v.48, p.419-425, 1989.

TANIDA, H. SENDA, K.; SUZUKI, S.; TANAKA, T.; YOSHIMOTO, T. Color discrimination in weanling pigs. *Animal Feed Science and Technology*, v.62, p. 1029-1034, 1991.

TAST, A.; LOVE, R. J.; EVANS, G.; ANDERSSON, H.; PELTONIEMI, O. A. T.; KENNAWAY, D. J. The photophase light intensity does not affect the scotophase melatonina response in the domestic pig. *Animal Reproduction Science*, v.65, p. 283-290, 2001.

TAYLOR, N.; PRESCOTT, N.; PERRY, G.; POTTER, M.; LE SUEUR, C.; WATHES, C. Preference of growing pigs for illuminance. *Applied Animal Behaviour Science*, v.96, n.1, p.19-31, 2006.

THOM, E. C. The discomfort index. *Weatherwise*, v.12, p.57-59, 1959. <http://dx.doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>

TINÔCO, I.F.F. Ambiência e instalações na produtividade de frangos de corte com enfoque em túnel de vento. In: *Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Frangos de Corte em Clima Quente, 2000, Maringá, Anais...Maringá: UEM, 2000. p.35-49.*

TOLON, Y. B.; NÄÄS, I. A. Avaliação de tipos de ventilação em maternidade de suínos. *Engenharia Agrícola*, v.25, n.3, p.565-574, 2005.

VON BORELL, E. Neuroendocrine integration of stress and significance of stress for the performance of farm animals. *Applied Animal Behaviour Science* v.44, p.219-227, 1995. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(95\)00615-Y](https://doi.org/10.1016/0168-1591(95)00615-Y)

WARRIS, P. D. *Meat Science: an introductory text*. Wallingford: CABI Publishing, 2000. Cap. 10, p.210.

ZONDERLAND, J. J.; CORNELISSEN, L.; WOLTHUIS-FILLERUP, M.; SPOOLDER, H. A. Visual acuity of pigs at different light intensities. *Applied Animal Behaviour Science*, v.111, n.1, p.28-37, 2008.

XIN, H.; SHAO, J. Real-time assessment of swine thermal comfort by computer vision. In: *proceedings of the world congress of computers in agriculture and natural resources, 2., 2002, Foz do Iguaçu. Proceedings... Foz do Iguaçu: American Society Agriculture Engineering, 2002. p.362-369.*