



Universidade Federal Rural de Pernambuco
Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico



Relatório Final das Atividades do Bolsista do Programa de Iniciação Científica

Bolsista: Wesley Amaro da Silva
Orientador: Prof. Dr. Héilton Pandorfi

Período: Agosto de 2017 a Julho de 2018.

Recife – Julho de 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Silva, wesley amaro da
Wesley CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA DE INSTALAÇÕES, RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E DESEMPENHO PRODUTIVO
Amaro dac DE SUÍNOS EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO: / wesley amaro da silva. - 2018.
37 f. : il.

Orientador: Héilton Pandorfi.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em
Engenharia Agrícola e Ambiental, Recife, 2018.

1. ambiência animal. 2. conforto térmico. 3. suinocultura. 4. climatização. I. Pandorfi, Héilton, orient. II. Título

CDD 628

SUMÁRIO

	Págs.
1 – IDENTIFICAÇÃO	3
2 - TÍTULO DO PLANO DE TRABALHO	3
3 – RESUMO	3
4 – INTRODUÇÃO.....	4
5 - HIPÓTESE	5
6 – OBJETIVOS.....	5
7 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
7.1. CONFORTO TÉRMICO ANIMAL X AMBIENTE	5
7.2 EFEITOS DOS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS NA SUINOCULTURA	7
7.3 – ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO	8
7.4. RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E TROCAS TÉRMICA.....	9
7.5 SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO	11
8 - MATERIAL E MÉTODOS.....	13
9 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
10 – CONCLUSÕES.....	34
11 - LITERATURA CITADA	34
12 - PERSPECTIVAS DE CONTINUIDADE	36
13 - ATIVIDADES DESENVOLVIDAS PELO BOLSISTA NO PERÍODO.....	36
14 - DIFICULDADES ENCONTRADAS.....	37
15 - OBSERVAÇÕES DO PROFESSOR ORIENTADOR.....	37
16 - ASSINATURAS DO BOLSISTA E DO ORIENTADOR	37

1 – IDENTIFICAÇÃO

Aluno: Wesley Amaro da Silva

Curso: Engenharia Agrícola e Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Héilton Pandorfi

Departamento: Engenharia Agrícola

2 - TÍTULO DO PLANO DE TRABALHO

CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA DE INSTALAÇÕES, RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E DESEMPENHO PRODUTIVO DE SUÍNOS EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO

3 – RESUMO

Esta pesquisa foi conduzida com o objetivo de avaliar a influência dos sistemas de climatização e sua relação nas respostas fisiológica e no desempenho produtivo de suínos confinados, assim como a caracterização térmica das instalações nas fases de crescimento e terminação. 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). Foram utilizados 27 suínos (machos e fêmeas) em fase de crescimento (com 63 dias de idade), provenientes de matrizes de linhagem comercial para alta deposição de massa muscular ($\frac{3}{4}$ Duroc, $\frac{1}{4}$ Pietrain). O experimento foi realizado de agosto a novembro de 2017, totalizando 92 dias de registro de dados. 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). Durante todo o período experimental, foram registrados os dados das variáveis meteorológicas no interior de cada baia com seus respectivos tratamentos e no ambiente externo às instalações, respostas fisiológicas e desempenho dos animais. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos, no qual serão utilizados 27 animais (machos e fêmeas), distribuídos aleatoriamente em três baias com nove repetições por tratamento. O emprego do sistema de resfriamento adiabático evaporativo proporcionou melhor acondicionamento térmico

aos suínos nas fases de crescimento e terminação. As respostas fisiológicas evidenciam o efeito positivo do resfriamento evaporativo e da ventilação forçada, com ênfase na magnitude e duração do estresse sofrido pelos animais que não dispunham de climatização. Os animais alojados nas baias equipadas com os sistemas de climatização apresentaram maior peso vivo e consumo de ração, o que permitiu atingir o peso de abate em idade inferior àqueles que não receberam climatização.

Palavras-chave: ambiência animal, conforto térmico, suinocultura, climatização

4 – INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma das atividades agropecuária mais difundida e produzida no mundo. Sendo a carne suína a fonte de proteína animal de maior consumo no planeta (SEAB, 2013).

O Brasil ocupa o quarto lugar como produtor e exportador de carne suína, fica atrás apenas de China, União Europeia e Estados Unidos. A produção de carne suína no país foi de 3,643 milhões de toneladas. O país apresenta crescimento de 4% ao ano na produção e as exportações representam 10% das negociações de carne suína no mercado internacional. Projeta-se que no período de 2014/2015 a 2024/2025 a produção de carne suína apresente crescimento de 2,9% ano, atendendo assim os consumidores internos e as exportações (PADILHA et al., 2017). Segundo Sarubbi et al. (2010) a qualidade do produto e o custo de produção, são requisitos para a manutenção da competitividade no mercado suinícola, para isso, as atuais demandas de mercado como bem-estar animal e sustentabilidade deverão ser atendidas.

Em grande parte do território brasileiro a suinocultura enfrenta um imenso desafio imposto pelo clima tropical, pois, o ambiente térmico é muito importante no sistema produtivo. Os animais apresentam uma faixa de temperatura em que suas atividades são otimizadas, zona de conforto térmico ou termoneutralidade, pois não há sensação de calor ou frio (PADILHA et al., 2017). Quando submetidos a temperaturas fora da termoneutralidade os animais usam os mecanismos de termorregulação para manter sua homeotermia, esses mecanismos consomem energia que seria destinada ao crescimento. Em condições de conforto térmico os suínos em crescimento/terminação, atingem o peso de abate mais jovem, quando comparados aos que foram submetidos ao estresse calórico (DIAS et al., 2015).

O conforto térmico e o bem-estar animal sofrem diretamente com a interferência do ambiente na criação intensiva, o que ocasiona dificuldade na manutenção do balanço de energia no interior das instalações, na expressão de comportamentos naturais, afetando o desempenho produtivo e reprodutivo dos suínos.

Desse modo, o emprego de sistemas de climatização em regiões semiáridas do Nordeste brasileiro pode melhorar as condições ambientais, proporcionar bem-estar animal e conseqüentemente um incremento no desempenho produtivo, visto que Carvalho et al. (2004), afirmam que a região possui um rebanho suíno de alto potencial genético, porém, com produtividade inferior, quando comparado às demais regiões do país, em virtude, principalmente, das características climáticas da região.

A partir do exposto, é de suma importância a realização de estudos no contexto da ambiência animal associada à minuciosa análise térmica de ambientes para confinamento de suínos, durante as fases de crescimento e terminação, evidenciando a necessidade de reduzir as respostas negativas provocadas pelos elementos meteorológicos na região semiárida do estado de Pernambuco, ao passo que se possa obter uma melhora significativa e eficiente nos níveis de produção.

5 - HIPÓTESE

O emprego de sistemas de climatização na fase de crescimento e terminação de suínos permitirá alcançar melhor desempenho e conseqüentemente reduzir a idade de abate dos animais.

6 – OBJETIVOS

Avaliar a influência dos sistemas de climatização e sua relação nas respostas fisiológicas e no desempenho produtivo de suínos confinados, assim como a caracterização térmica das instalações nas fases de crescimento e terminação.

7 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

7.1. CONFORTO TÉRMICO ANIMAL X AMBIENTE

Os suínos são considerados animais homeotermos, ou seja, dentro de um intervalo de temperatura ambiente a temperatura corpórea interna é constante. Esse intervalo é denominado zona de termoneutralidade ou zona de conforto térmico, onde

não há sensação de calor ou de frio e o desempenho em qualquer atividade é otimizado (PADILHA et al., 2017).

Para permanecer na zona de termoneutralidade os animais contam com mecanismos de termorregulação, esses mecanismos representam custos energéticos direcionados à perda de calor corporal, reduzindo o bem-estar e o desempenho produtivo. Quando em conforto térmico os suínos em crescimento/terminação apresentam maior consumo voluntário de ração, maior ganho diário de peso, atingindo o peso de abate mais jovem, quando comparados com os que foram submetidos a estresse calórico (DIAS et al., 2015).

O desempenho é influenciado pela variabilidade do clima, dependendo da estação do ano, os limites das condições de conforto são extrapolados. Na bioclimatologia animal, compreender o efeito dos fatores climáticos sobre o conforto térmico animal é uma preocupação. O ambiente térmico envolve a interação de vários fatores que interagem para determinar a importância dos processos de troca de calor entre o animal e o ambiente (MANSO et al., 2015).

Suínos na fase de crescimento e terminação apresentam dificuldade para perder calor, um dos fatores que atrapalha a perda de calor é o crescimento da camada de gordura que serve de isolante térmico e diminuição da superfície relativa de troca, área superficial pela massa corporal. Em ambientes com temperatura acima da temperatura crítica superior, o suíno reduz o consumo de alimento para que a energia liberada no metabolismo na forma de calor seja reduzida, isso acarreta em alterações no metabolismo de energia e proteínas. O estresse por calor aumentará a exigência de manutenção comparando-se a temperatura de termoneutralidade, sendo o gasto energético maior, para eliminar o calor devido ao aumento da frequência respiratória, nessa situação sobra pouca energia para o crescimento do animal. Além do mais, os animais ficam mais susceptíveis a doenças, pois apresentam queda na imunidade (FERREIRA et al., 2014).

A suinocultura brasileira tem espaço para expandir, mas esbarra em alguns desafios, o clima é um dos principais. O Brasil apresenta condições climáticas que dificultam o desenvolvimento da suinocultura. Em especial a região Nordeste devido ao clima semiárido que predomina em grande parte da região. Altas temperaturas e amplitudes térmicas elevadas dificultam o desenvolvimento dos suínos que nas fases de terminação apresentam maior sensibilidade a essas características do clima.

O semiárido limita a agricultura devido a sua irregularidade pluviométrica que provoca perdas na produção agrícola. Coutinho et al. (2013) afirmam que a pecuária por outro lado demonstra maior estabilidade em relação à falta de regularidade pluvial, pois se utiliza de animais nativos ou adaptados e, mesmo em anos com intensas irregularidades as perdas são reduzidas. Isso explica a importância econômica da pecuária no semiárido nordestino.

7.2 EFEITOS DOS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS NA SUINOCULTURA

As principais variáveis que causam mudanças no comportamento dos animais, causando desconforto são a temperatura do ar, a umidade relativa do ar, a ventilação e a radiação solar. Dessa forma, com o intuito de garantir o conforto térmico, deve-se garantir que tais variáveis sejam controladas de acordo com necessidade dos suínos em cada fase do sistema produtivo (SOUZA et al., 2010).

A temperatura do ar é considerada a variável ambiental que mais afeta o bem-estar animal. A temperatura indicada nos manuais de boas práticas de criação reflete a temperatura desejada no microclima no qual os animais estão alojados e não necessariamente a temperatura do pavilhão (DIAS et al., 2015). Por meio do código de conduta de boas práticas e manejo de suínos, o Canadá, estabeleceu como temperatura ideal para a fase de crescimento (20-55 kg de peso vivo), 21°C, com os limites desejados entre 16-27°C, e na fase de terminação (55-110 kg de peso vivo), 18°C, com limites entre 10-24°C (NATIONAL FARM ANIMAL CARE COUNCIL, 2014).

Portanto, a temperatura mais importante é a efetiva, que é o parâmetro que mede a sensação de frio ou calor dos animais, sendo os suínos dependentes principalmente da temperatura ambiente, da ventilação e do tipo de solo. Em locais onde os suínos estão alojados, a temperatura efetiva é o resultado da interação entre a temperatura ambiente, umidade relativa e o movimento do ar, que é regulado através da ventilação e pelo tipo de piso que condiciona perdas de calor por condução (DIAS et al., 2015).

Assim como a temperatura ambiente, outros parâmetros como a umidade relativa, a circulação do ar, a concentração de gases e partículas em suspensão no ar devem ser mantidos dentro dos limites aceitáveis. Quando essas variáveis são controladas por sistemas automatizados torna-se necessário a presença de um mecanismo de emergência para casos de falhas (CHILE, 2013). Em situações extremas, temperaturas maiores que 35°C, são necessárias medidas que aliviem o estresse térmico

e a morte dos suínos. Em casos de amplitude térmica maiores que 10°C, os efeitos adversos dessas variações devem ser monitorados e ações tomadas a fim de minimizar os danos que se apresentam. Medidas como abrir janelas, nebulizar, aumentar a ventilação, sombrear os pavilhões e ampliar o espaço onde os suínos estão alojados, são indicadas em períodos do ano onde a temperatura é superior a 25°C (DIAS et al., 2015).

7.3 – ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO

As condições de conforto térmico variam de acordo com as atividades realizadas pelo indivíduo e por diversas variáveis, que condicionam as trocas de calor entre o corpo e o ambiente. Os índices de conforto térmico reúnem, num só parâmetro, o conjunto dessas variáveis. Os índices podem ser classificados em índices biofísicos que tem como base as trocas de calor entre o indivíduo e o ambiente, correlacionando os elementos do conforto térmico com as trocas de calor; índices fisiológicos, baseado em relações fisiológicas ocasionadas pela variação dos elementos meteorológicos, como temperatura do ar, temperatura radiante média, umidade relativa e velocidade do ar; índices subjetivos que se baseiam em sensações subjetivas de conforto, em condição regionalizada, experimentadas em condições em que os elementos de conforto térmico variam (FROTA, 2007).

O conforto térmico é uma situação onde o balanço térmico é nulo, ou seja, o calor que o organismo do animal produz, mais o que ele ganha do ambiente, é igual ao calor perdido. Quando o animal se encontra fora da faixa de conforto térmico ele se utiliza dos mecanismos de termorregulação, para ganhar ou perder energia para o ambiente onde está inserido (MANSO et al., 2015).

A zona de conforto ou zona de termoneutralidade é determinada pela faixa de temperatura ambiental em que o animal não apresenta alteração em sua temperatura corporal, nessa faixa o animal apresenta o mínimo de esforço dos mecanismos termorregulatórios. Os limites da zona de termoneutralidade é determinada pelo intervalo que vai da temperatura crítica superior (TCS) até a temperatura crítica inferior (TCI) (MANSO et al., 2015).

O índice de temperatura e umidade (ITU) inicialmente foi desenvolvido como um índice de conforto para humanos e posteriormente foi utilizado para descrever o conforto térmico dos animais. O índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) foi desenvolvido através da substituição da temperatura do bulbo seco pela

temperatura do globo negro, em uma das fórmulas do ITU. O índice de globo negro (ITGN) relaciona a combinação dos efeitos da radiação, convecção e a sua influência sobre os organismos vivos, sendo o ITGN muito utilizado para avaliar as condições internas das instalações. Através da utilização de índices de conforto, muitos trabalhos têm sido feitos relacionando as diferentes variáveis climáticas.

7.4. RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E TROCAS TÉRMICA

Quando submetido a estresse, os suínos apresentam um desequilíbrio hormonal decorrente do excesso de atividade no eixo hipotálamo-hipófise-adrenal. Esses hormônios têm como função adaptar o organismo à ação de estressores. O desequilíbrio hormonal altera várias funções fisiológicas e metabólicas, como crescimento, reprodução e produção (FERREIRA et al., 2014).

Suínos expostos a altas temperaturas apresentam aumento na temperatura retal e na frequência respiratória. Ambientes causadores de estresse por calor afetam negativamente as respostas fisiológicas de suínos em terminação (KIEFER et al., 2010). Esses animais apresentam um aparelho termorregulador pouco desenvolvido, são animais sensíveis ao frio quando jovens e sensíveis ao calor quando adultos, o que dificulta sua adaptação aos trópicos (CAVALCANTI, 1973).

Os hormônios atuam como agentes químicos no processo de regulação da temperatura. A partir desses agentes, podem ser iniciadas as respostas fisiológicas e também as alterações nas taxas de ocorrência de determinadas reações. Os hormônios são distribuídos por todo o corpo através do sangue, o que facilita a termorregulação. (BAÊTA e SOUZA, 2010).

Os animais apresentam mecanismos básicos para obter ou perder calor para o meio. Esses mecanismos podem ser divididos em duas categorias como sensíveis, não evaporativo, ou latente, evaporativo. Os meios sensíveis incluem condução, convecção, e radiação, nesses meios é preciso que exista um gradiente de temperatura entre o animal e o ambiente. Os meios latentes incluem a perda de calor associada a evaporação de água que pode ocorrer pela respiração, pela sudorese ou por ambos (MANSO et al., 2015).

A condução é a transferência de calor por meio do contato entre o corpo de maior temperatura com o de menor temperatura, nesse processo a energia é transferido

da maior para a menor temperatura. Esse mecanismo ocorre através de sólidos ou líquidos sem o movimento das moléculas. A quantidade de calor transferida é proporcional ao tamanho do gradiente de temperatura, se a temperatura do ar ou da água se igualar a da pele, não ocorrerá troca de calor por condução. Nesse caso, o calor metabólico irá se igualar ao dissipado por evaporação. (DUKES, 2006).

O que diferencia a convecção da condução é que na primeira existe translocação de moléculas e a troca de calor depende da temperatura superficial, de sua característica e tamanho do animal (Manso et al., 2015).

A perda de calor por convecção é decorrente do movimento de líquido ou gás em contato com a pele, ou seja, ar ou água. A associação entre a transferência de calor e a alteração na densidade do fluido faz com que o mesmo se mova sob a influência da gravidade, o que é conhecido como convecção livre, ao contrário da convecção forçada, a perda de calor por convecção causada pelo vento ou movimento da água (DUKES, 2006).

A troca de energia por radiação é outra forma sensível de transferência térmica, por meio de ondas eletromagnéticas, através de meio transparente entre dois pontos ou mais que se encontra em temperaturas diferentes (BAÊTA e SOUZA, 2010). O calor perdido por meio da radiação consiste em transferência de calor das partes visível e infravermelha do espectro. Dentro do espectro visível a quantidade de calor transferida depende da cor da superfície de absorção, contudo um corpo preto tem uma capacidade de absorção de um, e uma superfície perfeitamente refletora apresenta uma capacidade nula. No espectro infravermelho todas as trocas de calor ocorrem como se fossem um corpo preto no espectro visível (DUKES, 2006).

Segundo Baêta e Souza, (2010) as formas conhecidas de troca de calor latente são a evaporação e a condensação, nas quais os fluxos são causados por gradientes de pressão e vapor, que indica a quantidade de vapor d'água contido em um dado volume de ar.

Em ambiente térmico estressante, as formas de calor latentes são acionadas. Essas formas são de fundamental importância, já que as formas sensíveis perdem a eficácia no balanço homeotérmico, conforme a temperatura corporal se aproxima da temperatura do ambiente (BAÊTA e SOUZA, 2010). Segundo Manso et al (2015) geralmente, em um ambiente tropical, o mecanismo físico de termólise considerado

mais eficaz é o evaporativo, por não depender do diferencial de temperatura entre o organismo e a atmosfera.

Nos processos de troca de calor latente, inicialmente há movimentação da água no interior do corpo do animal até alcançar a epiderme, em taxa que depende também do gradiente de pressão de vapor; depois ocorre a difusão do vapor d'água para o ambiente a partir da pele e dos pulmões. Isso significa que a perda de calor ocorre na conversão para vapor, tanto do suor secretado pelas glândulas da pele quanto da umidade proveniente do trato respiratório (CURTIS 1983; INGRAN; MOUNT, 1975).

Os suínos empregam estratégias para aumentar a perda de calor evaporativa. Respiração arquejante, aumento na frequência respiratória com a queda do volume de ar corrente. O ar inspirado fica saturado de água o organismo cede calor para a vaporização da água, por isso ocorre o resfriamento. A sudorese em suínos é muito pouca, pois o mesmo só apresenta glândulas sudoríparas no focinho. O hábito de chafurdar na lama ocorre em suínos e em espécies semelhantes, devido ao mecanismo termorregulador relativamente fraco esses animais dependem do hábito de chafurdar na lama, para que ocorra perda de calor evaporativa. A disseminação da saliva é o mecanismo utilizado pelas espécies que espalham saliva pelo corpo quando estressadas pelo calor, sendo comum em roedores e marsupiais (DUKES, 2006).

Em trabalho realizado por Kiefer et al. (2010) encontrou-se aumento de 227% da frequência respiratória para animais submetidos a estresse por calor (32°C), em relação aos animais alojados em ambiente de conforto térmico (21°C). Os animais expostos ao estresse por calor apresentaram temperatura retal superior em relação aos submetidos ao ambiente de conforto térmico, 39, 44 e 38,54°C, respectivamente. Porém os resultados obtidos encontraram-se de acordo com a faixa de variação determinada por Muirhead & Alexander (1997). Segundo esses pesquisadores, as mudanças na temperatura retal são observadas nos animais submetidos a estresse por calor quando os mecanismos fisiológicos termorreguladores são insuficientes para manter o animal na zona de termoneutralidade.

7.5 SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

A espécie suína apresenta dificuldade em dissipar calor, sendo a respiração sua principal alternativa para dissipar calor quando exposto a altas temperaturas. Alternativas estruturais como ventilação forçada, sistemas de resfriamento adiabático

evaporativos e pisos resfriados são utilizados com medidas para amenizar o estresse animal.

Dentre os sistemas utilizados para manter suínos em sua zona de conforto térmico (ZCT) os dois principais são a ventilação forçada e o resfriamento adiabático (NÄÄS, 1989). A ventilação forçada se dá com o auxílio de ventiladores ou exaustores. Já o sistema adiabático consiste na passagem de ar por placas com alvéolos úmidos. O ar perde calor para a água presente nos alvéolos, consequentemente o ar resfria e a água evapora em um processo adiabático, o ar é utilizado para climatização das salas ou sobre os animais. Ambos os manejos podem ser eficientes, porém o funcionamento e a eficiência dependem da manipulação correta e da adequada manutenção (PERIN, 2013).

A renovação do ar nos ambientes pode gerar perda ou ganho de calor, devido às leis da termodinâmica, dependendo do gradiente de temperatura do ambiente externo com o interior das instalações (NÄÄS, 1989). A faixa de temperatura ideal para suínos em terminação é de 18 a 24°C e umidade relativa de 50 a 70%. A amplitude desses parâmetros precisa ser mínima para que os animais apresentem bom desempenho produtivo (ABCS, 2016). Segundo Ferreira et al. (2014) o condicionamento térmico é função basicamente do isolamento térmico e da ventilação.

A ventilação é um processo que controla vários fatores do ambiente pela diluição do ar interno através do ar externo. Os sistemas de ventilação interferem na temperatura, no nível de umidade do ar e na amplitude dessas variáveis, a depender da velocidade com que o ar se desloca sobre a superfície animal, que também auxilia no controle dos gases e odores no interior das instalações (FERREIRA et al., 2014).

Os sistemas de ventilação podem ser naturais, artificiais ou uma combinação de ambos. As características das instalações e do manejo frequentemente são mais críticas no sistema de ventilação natural do que no sistema de ventilação forçada, sendo que o segundo requer uma demanda energética. No inverno o sistema de ventilação natural é manejado para que a temperatura das instalações atinja somente 3°C acima da temperatura ambiente. Quando a ventilação é manejada de forma correta, é possível ventilar o ambiente, permanecendo com um acréscimo mínimo de calor (FERREIRA et al., 2014).

Sempre que a ventilação natural não for suficiente para manter a temperatura confortável dentro das instalações, torna-se necessário a utilização do sistema de ventilação artificial ou ventilação forçada. A ventilação forçada pode ser realizada por

ventiladores (pressão positiva) ou por exaustores (pressão negativa). A ventilação tipo túnel garante maior uniformidade da temperatura no interior dos galpões e consiste em deixar as laterais das instalações fechadas com uma das extremidades abertas para a entrada de ar e, na outra colocar ventiladores ou exaustores (FERREIRA et al., 2014).

A ventilação artificial permite o tratamento do ar através da filtragem, secagem ou umidificação, além de melhor distribuição do ar no ambiente. A principal vantagem desse sistema é a possibilidade de controle da taxa de ventilação, por meio do ventilado com adequada capacidade, das entradas de ar bem localizadas e com dimensões corretas (BAÊTA e SOUZA, 2010).

A climatização artificial de ambientes é feita basicamente por aspersão de água na cobertura ou nos animais, ventilação forçada ou nebulização, associados ou não uns aos outros. A ventilação ajuda a dissipar calor por meio da convecção, onde o ar quente sobe e o frio desce, mantendo o animal cercado por ar mais frio. Quando associados aos nebulizadores ocorre à produção de uma névoa de água que evapora com o fluxo de ar criado pelo ventilador.

A ventilação forçada pode não ser suficiente, em regiões de clima quente e seco, para proporcionar conforto térmico aos animais, sendo o sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE) mais interessante nessa ocasião, onde o ar do exterior é forçado a entrar no galpão por meio de uma ventilação associada a uma placa porosa com gotejamento constante, sendo por esse o local onde o ar será resfriado e umedecido antes de entrar no galpão. Esse sistema proporciona maior redução da temperatura e aumento da umidade, bem como da qualidade do ar, acarretando no melhor desempenho animal (FERREIRA et al., 2014).

8 - MATERIAL E MÉTODOS

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).

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 experimento foi realizado de agosto a novembro de 2017, totalizando 92 dias de registro de dados. 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).

Foram utilizados 27 suínos (machos e fêmeas) em fase de crescimento (com 63 dias de idade), provenientes de matrizes de linhagem comercial para alta deposição de massa muscular ($\frac{3}{4}$ Duroc, $\frac{1}{4}$ Pietrain) nascidas no BES-UAST, em terceira ordem de parto, cobertas por um macho da raça Duroc (Puro de Origem).

O sistema de climatização foi composto por ventilação forçada, em que foram utilizados ventiladores axiais com vazão de $1200 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ a 1.780 RPM e diâmetro da hélice de 11''. O sistema de resfriamento evaporativo contou com climatizador evaporativo, em que a formação da névoa ocorreu pelo efeito centrífugo de um disco central, com vazão média de 3 L h^{-1} , motores independentes com rotação da hélice a 1.750 RPM e do disco central de 3.450 RPM.

A climatização por meio da ventilação forçada com climatizador evaporativo foram acionadas nos horários mais quentes do dia, das 8h00 às 17h00.

Os animais estiveram alojados em um galpão experimental de alvenaria com orientação leste-oeste, cobertura com telha cerâmica, em uma água e piso de concreto. A instalação apresenta 330 m^2 de área total, em que será utilizada 3 baias de 6 x 3 m, totalizado 18 m^2 /baia, sem fechamento lateral. Cada baia estará munida com comedouro tipo calha (3 m lineares) e 3 bebedouros tipo chupeta instalado a 40 cm de altura do piso (Figura 1).

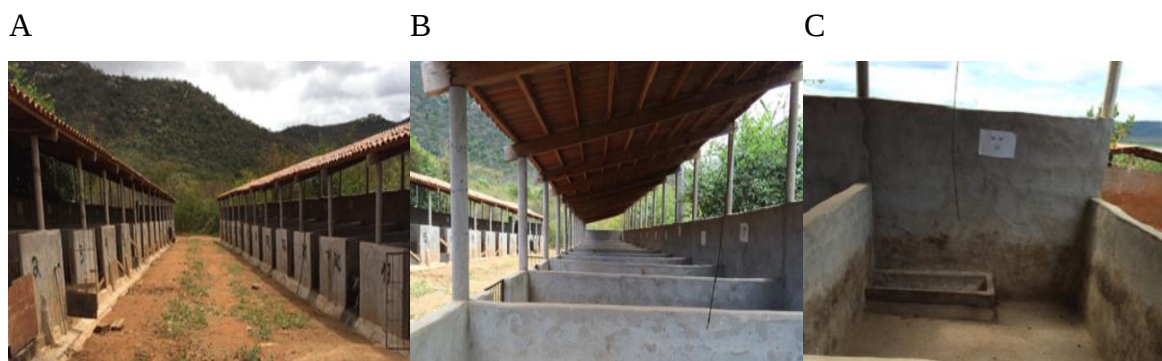


Figura 1. Instalação: Vista externa da instalação (A); Vista interna (B); vista interna da baia (C). Fonte: HOLANDA e BEZERRA, (2016).

Os animais utilizados foram desmamados aos 28 dias de idade, porém, ainda nessa fase começaram a receber a primeira ração (pré-inicial) que tem por objetivo adaptar o sistema digestório para o momento do desmame.

Após o desmame os animais passaram para a fase de creche, permaneceram até os 63 dias de idade. A partir desse momento entraram na fase experimental, onde foram transferidos para o galpão experimental e distribuídos em três baias, sendo nove animais (machos e fêmeas) por baia, resultando em uma densidade de $2,0 \text{ m}^2 \text{ animal}^{-1}$.

O manejo nutricional dos animais foi realizado com base no conceito de proteína ideal, por fase de desenvolvimento, seguindo as exigências nutricionais descritas por Rostagno et al. (2011) 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.

A ração foi oferecida à vontade, sendo distribuídas duas vezes ao dia (manhã e tarde). Também foi relevante o fornecimento de água para os animais durante todas as fases de criação, mantendo-o constante e com vazão adequada (acima de $3,0 \text{ L min}^{-1}$).

Durante todo o período experimental, foram registrados os dados de variáveis meteorológicas no interior de cada um dos tratamentos e externa às instalações, as respostas fisiológicas e o desempenho dos animais.

As variáveis meteorológicas, temperatura do bulbo seco (Tbs; $^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (UR; %) e temperatura de globo negro (Tg; $^{\circ}\text{C}$), foram registradas no interior do galpão 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) que registrou a temperatura, sendo imediatamente armazenada no datalogger. A temperatura de globo negro indica além da temperatura do ar, os efeitos da energia radiante e o efeito da movimentação do ar ao redor da esfera.

No interior do galpão foi instalado um datalogger por baia, no centro geométrico da mesma, a uma altura de 0,6 m, e no ambiente externo foi instalado em um abrigo meteorológico a 1,50 m de altura (Figura 2).

A determinação da velocidade do vento (V_v ; m s^{-1}) foi realizada no ambiente externo, com auxílio de um termo-anemômetro digital, modelo TAFR-180, escala de 0,1 a $20,0 \text{ m s}^{-1}$ e resolução de $0,1 \text{ m s}^{-1}$. Todos os dados foram registrados a cada hora durante todo o período experimental.



Figura 2. Abrigo meteorológico utilizado para o registro das variáveis meteorológicas externas.

Para caracterização do conforto térmico dos ambientes estudados, foram utilizados os dados referentes às variáveis meteorológicas registradas no interior dos ambientes, assim, foi possível determinar os índices de conforto, por meio da carga térmica radiante CTR (W m^{-2}), proposta por Esmay (1982), o índice de temperatura e umidade ITU, proposto por Thom (1959), o índice de temperatura de globo e umidade ITGU, proposto por Buffington et al. (1981) e a entalpia específica h (kJ kg^{-1} de ar seco) sugerida por Rodrigues et al. (2010), por meio das equações 1, 1.1, 2, 3 e 4:

$$\text{CTR} = \tau(\text{TMR})^4$$

(1)

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

(1.1)

em que:

TRM - temperatura média radiante (K);

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

Tgn - temperatura de globo negro (K);

Tbs - temperatura de bulbo seco (K);

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

$$ITU = Tbs + 0,36 \cdot Tpo + 41,5$$

(2)

em que:

Tbs - temperatura do bulbo seco (°C);

Tpo - temperatura de ponto de orvalho (°C).

$$ITGU = Tgn + 0,36 \cdot Tpo + 330,08$$

(3)

em que:

Tgn - temperatura de globo negro (K);

Tpo - temperatura de ponto de orvalho (K).

$$h = 1,006 \cdot Tbs + \frac{UR}{P_{atm}} \cdot 10^{\left(\frac{7,5 \cdot Tbs}{237,3 + Tbs}\right)} \cdot (71,28 + 0,52 \cdot Tbs)$$

(4)

em que:

Tbs - temperatura de bulbo seco (°C);

UR - umidade relativa do ar (%);

Patm - pressão atmosférica (mm Hg).

Para avaliação dos parâmetros fisiológicos, foram registradas em todos os animais de todos os tratamentos, a frequência respiratória (FR; mov min⁻¹), a temperatura retal (TR; °C), e a temperatura de superfície (TS; °C). Os registros foram realizados nos horários das 08, 12, 16, 20, 00, 4h00, uma vez por semana, durante todo o período experimental.

A verificação da FR se deu a partir da contagem do número de movimentos da região do flanco realizados pelo animal, no intervalo de 1 minuto. Após o registro da FR, foram tomadas as medidas da TR, com auxílio de termômetro digital de uso veterinário, escala entre 20 e 50 °C e precisão de +/- 0,1 °C.

Os registros das temperaturas de superfície dos animais foram obtidos, por meio de imagens termográficas coletadas por um termovisor modelo Flir i60, onde todos os animais foram submetidos individualmente ao registro de imagens. No momento do registro das imagens será adotada uma distância padrão de 2,5 m entre a câmera e o animal.

A análise das imagens foi realizada utilizando o programa computacional FLIR QuickReport, em que foi ajustado o valor da emissividade para 0,95 conforme utilizado por Moura et al. (2011), assim como, também foram inseridos os dados das variáveis meteorológicas, temperatura e umidade relativa do ar, que foram obtidas no instante do registro da imagem. Em cada imagem foi delimitada uma área que compreenda a região do tórax e abdômen do animal, que gerou uma superfície representativa do seu corpo, e obter a sua temperatura média superficial.

O desempenho dos animais foi avaliado por meio do ganho de peso semanal (GPS; kg), ganho de peso total (GPT; kg), consumo diário de ração (CDR; kg dia⁻¹) e conversão alimentar (CA; kg kg⁻¹).

Para a determinação do GPS e o GPT, os animais foram pesados semanalmente em uma balança eletrônica, modelo ID-M 300/4, acoplada a uma estrutura de contenção. O GPT foi calculado considerando o peso inicial (primeiro dia de pesagem) e peso final (último dia pesagem).

Diariamente foi registrado em planilha eletrônica o consumo de ração, para isso, antes de cada novo abastecimento do comedouro, o excedente do consumo do abastecimento anterior foi pesado em balança eletrônica, dessa forma foi possível quantificar o CDR e a CA.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos, no qual foram utilizados 27 animais (machos e fêmeas), distribuídos aleatoriamente em três baias com nove repetições por tratamento.

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

$$\hat{Y}_{ijk} = \mu + A_i + e_{ijk} \quad (5)$$

em que:

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

μ : é a média geral;

A_i : é o efeito fixo da climatização;

eijk: é o erro aleatório.

A análise estatística foi realizada por meio do software Statistical Analysis System (SAS, 2007) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Para avaliações das variáveis meteorológicas e índices de conforto, foram realizadas análises de regressão entre os tratamentos e o ambiente externo (abrigo meteorológico).

9 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as Figuras 1 e 2, o sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE) promoveu melhores resultados para suínos nas fases de crescimento e terminação, para temperatura e umidade relativa do ar, entre os horários em que o sistema de climatização foi acionado, das 8 às 18 horas, pois a temperatura média registrada na baia equipada com o SRAE ficou abaixo da temperatura crítica superior para animais nesse estágio de desenvolvimento.

De acordo com Baêta e Souza (2010) a temperatura crítica superior para suínos com mais de 50 dias de idade, fases de crescimento e terminação, é de 27 °C e, a zona de conforto térmico (ZCT) para esses estágios de desenvolvimento dos animais situa-se entre 15 e 18 °C. Oliveira (2016) encontrou temperatura de 22,4 °C para animais na zona de conforto térmico e 34,4 °C para animais submetidos a estresse por calor. Bretas et al. (2009), encontraram temperatura de 29, 34 °C e caracterizaram como moderado estresse por calor. De acordo com Ferreira (2011), a umidade crítica inferior é de 40% e a superior 90%. Os resultados estão de acordo com o trabalho realizado por Ferreira et al. (2015), que encontraram umidade relativa de 71% para animais em conforto térmico.

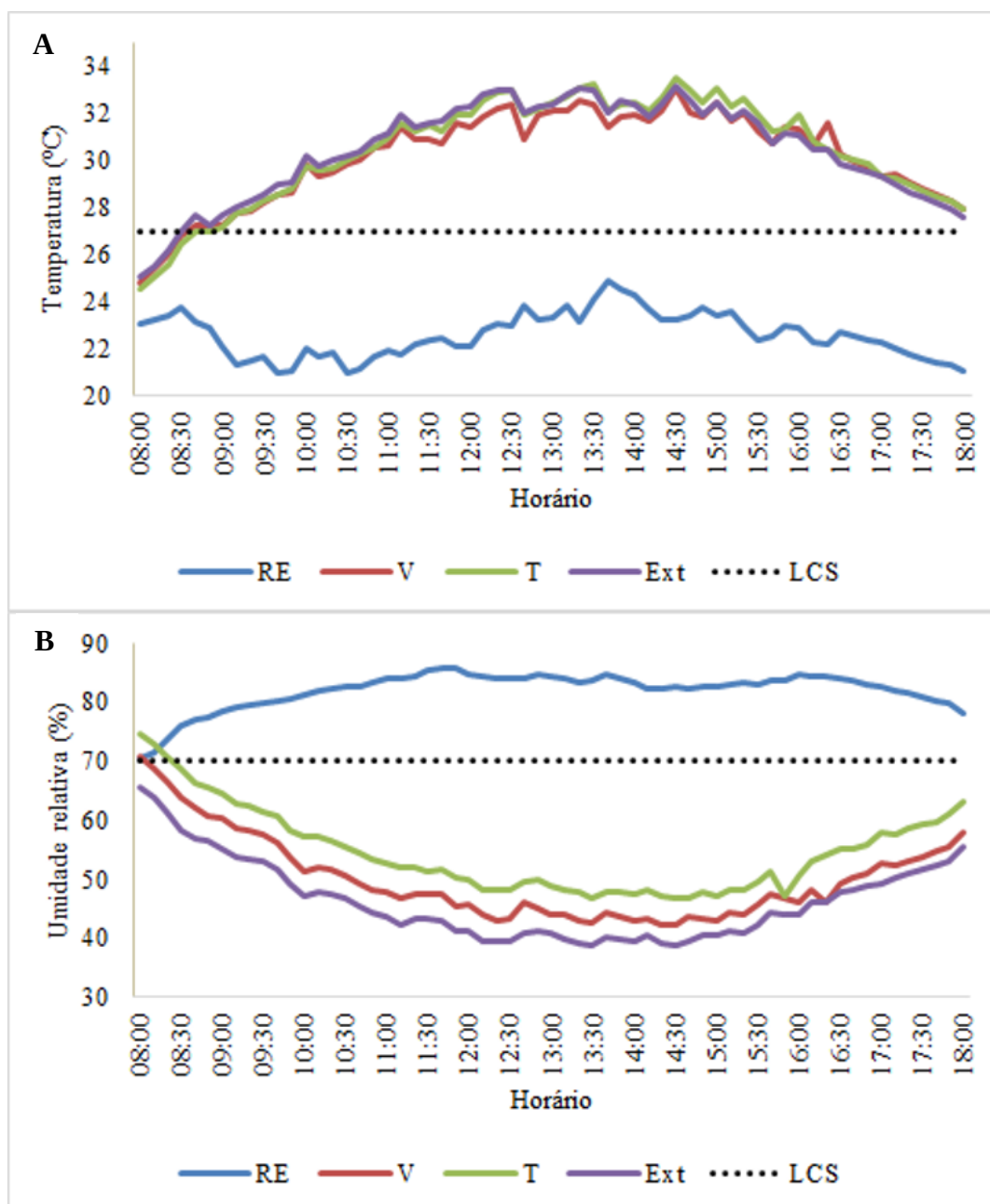


Figura 1. Variação média horária da temperatura (A) e umidade relativa do ar (B) na fase de crescimento em seus respectivos tratamentos. RE – resfriamento evaporativo; V – ventilação forçada; T – testemunha; Ext – ambiente externo; LCS – limite crítico superior.

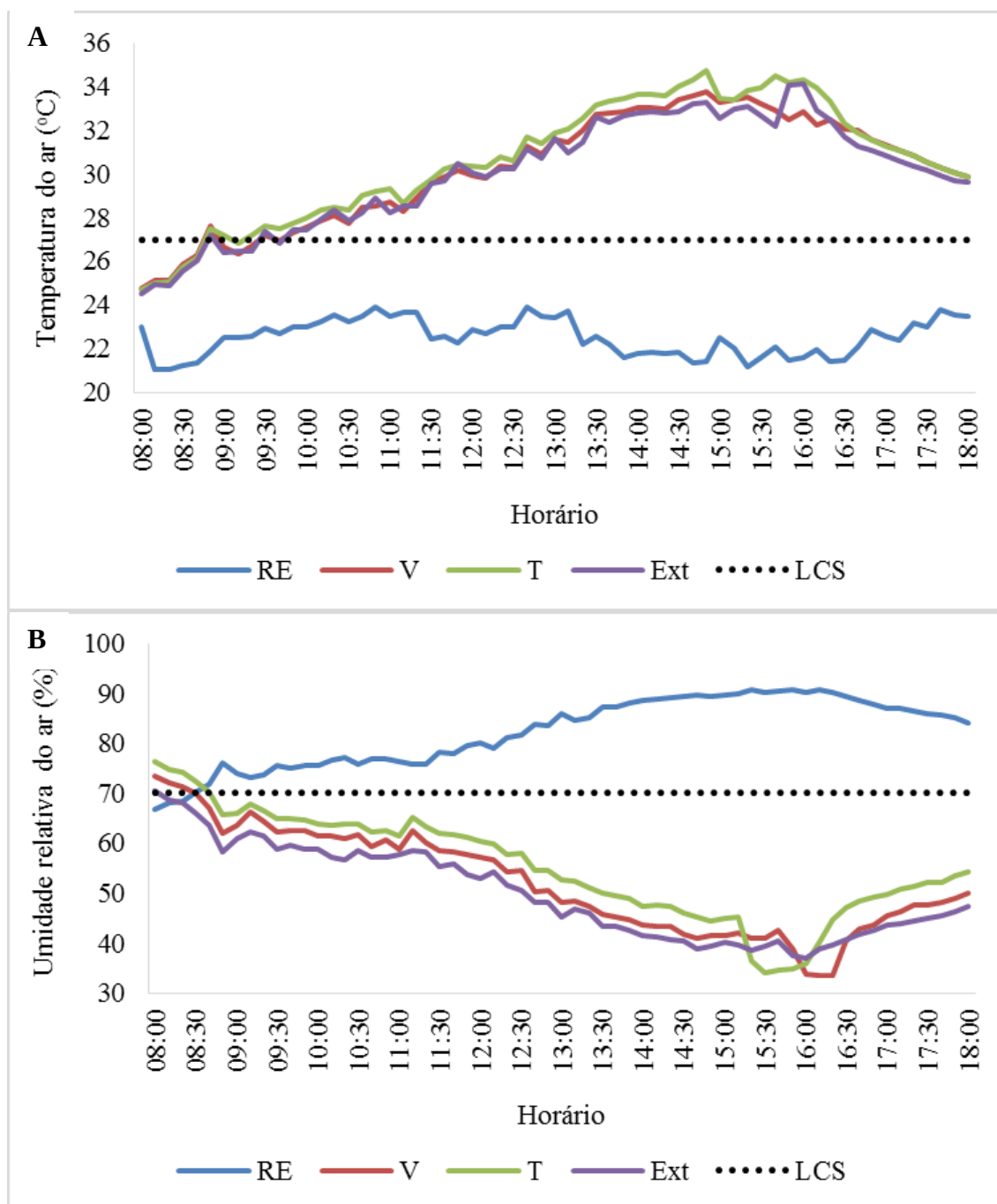


Figura 2. Variação média horária da temperatura (A) e umidade relativa do ar (B) na fase de terminação em seus respectivos tratamentos. RE – resfriamento evaporativo; V – ventilação forçada; T – testemunha; Ext – ambiente externo; LCS – limite crítico superior.

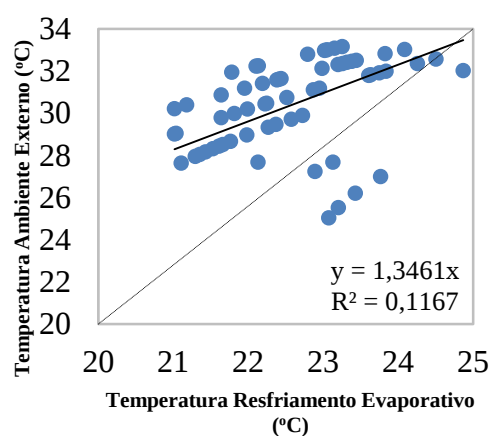
Foram realizadas regressões lineares para modelar uma função que estabelecesse relação com a temperatura e umidade apresentadas no interior de cada tratamento com o ambiente externo nas fases de crescimento e terminação (Figuras 3 e 4).

Nota-se que o coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,1167 e -0,541, para temperatura e umidade relativa do ar, respectivamente, o que evidencia baixa associação

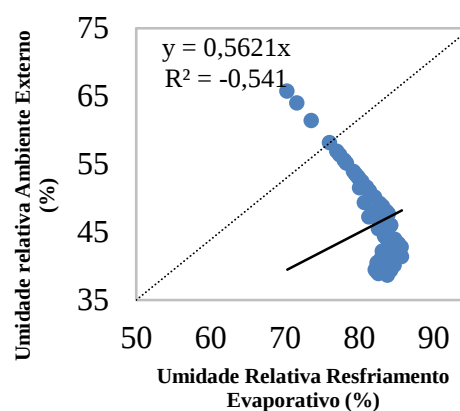
linear entre as variáveis registradas nas baias equipada com o SRAE e o ambiente externo, em decorrência do efeito da capacidade de retenção de vapor d'água pela parcela de ar, visto que a umidade relativa do ar do ambiente externo encontrava-se em média abaixo de 50%, portanto, com condição propícia para que o SRAE atuasse com alta eficiência de resfriamento, o que promoveu irregular dispersão entre os dados de temperatura e umidade relativa do ar, associada a variação da umidade do ar ao longo do intervalo horário de acionamento da climatização (Figuras 3A e 3B). Efeito similar foi verificado também na fase de terminação (Figuras 4A e 4B).

Nas baias equipadas com o sistema de ventilação forçada, a relação funcional entre a temperatura e a umidade relativa do ar com o ambiente externo apresentou coeficiente de determinação (R^2) de 0,9611 e 0,9769, respectivamente, o que indica boa associação linear entre as variáveis estudadas. Observa-se, pelos coeficientes angulares das equações, que em média, os valores da temperatura e umidade relativa do ar no interior das baias equipadas com a ventilação forçada foi 0,8% inferior e 3% superiores em relação ao ambiente externo, para temperatura e umidade relativa do ar, respectivamente (Figuras 3C e 3D).

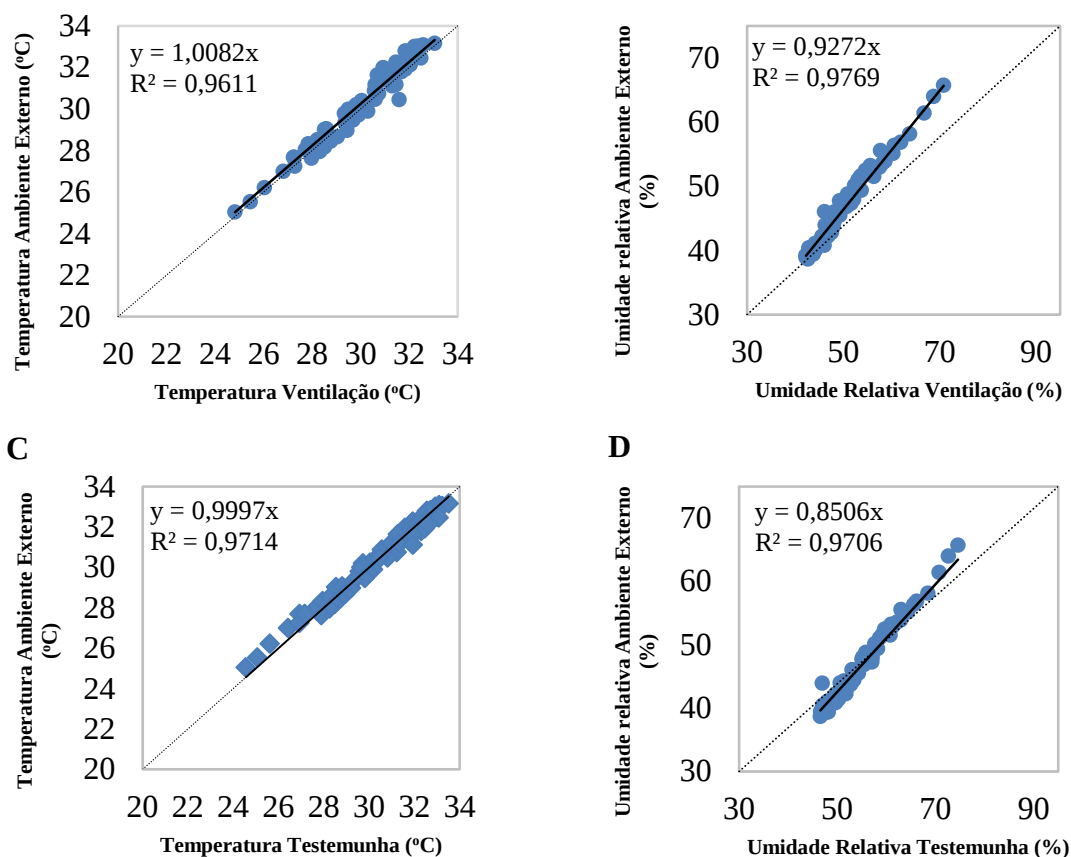
As baias que não dispunham de meios de climatização artificial, apresentou coeficiente de determinação (R^2) de 0,9714 e 0,9706, para temperatura e umidade relativa do ar em relação ao ambiente externo, respectivamente, os coeficientes angulares das equações indicam, que em média, os valores da temperatura e umidade relativa do ar no interior das baias foi 0,03 e 14,94% superiores em relação ao ambiente externo, para temperatura e umidade relativa do ar, respectivamente (Figuras 3E e 3F).



A



B



E **F**
 Figura 3. Relação funcional entre a temperatura do ar registrada no ambiente externo e no interior das baias equipadas com resfriamento evaporativo (A), ventilação forçada (C) e testemunha (E); relação funcional entre a umidade relativa do ar registrada no ambiente externo e no interior das baias equipadas com resfriamento evaporativo (B), ventilação forçada (D) e testemunha (F) na fase de crescimento dos suínos.

Na fase de terminação, as baias equipadas com o sistema de ventilação forçada, a relação funcional entre a temperatura e a umidade relativa do ar com o ambiente externo apresentou coeficiente de determinação (R^2) de 0,9745 e 0,9696, respectivamente, o que indica boa associação linear entre as variáveis estudadas. Observa-se, pelos coeficientes angulares das equações, que em média, os valores da temperatura e umidade relativa do ar no interior das baias equipadas com a ventilação forçada foi 0,54 e 4,54% superiores em relação ao ambiente externo, para temperatura e umidade relativa do ar, respectivamente (Figuras 4C e 4D).

As baias que não dispunham de meios de climatização artificial, apresentou coeficiente de determinação (R^2) de 0,9782 e 0,9307, para temperatura e umidade relativa do ar em relação ao ambiente externo, respectivamente, os coeficientes

angulares das equações indicam, que em média, os valores da temperatura e umidade relativa do ar no interior das baías foi 1,95 e 9,70% superiores em relação ao ambiente externo, para temperatura e umidade relativa do ar, respectivamente (Figuras 4E e 4F).

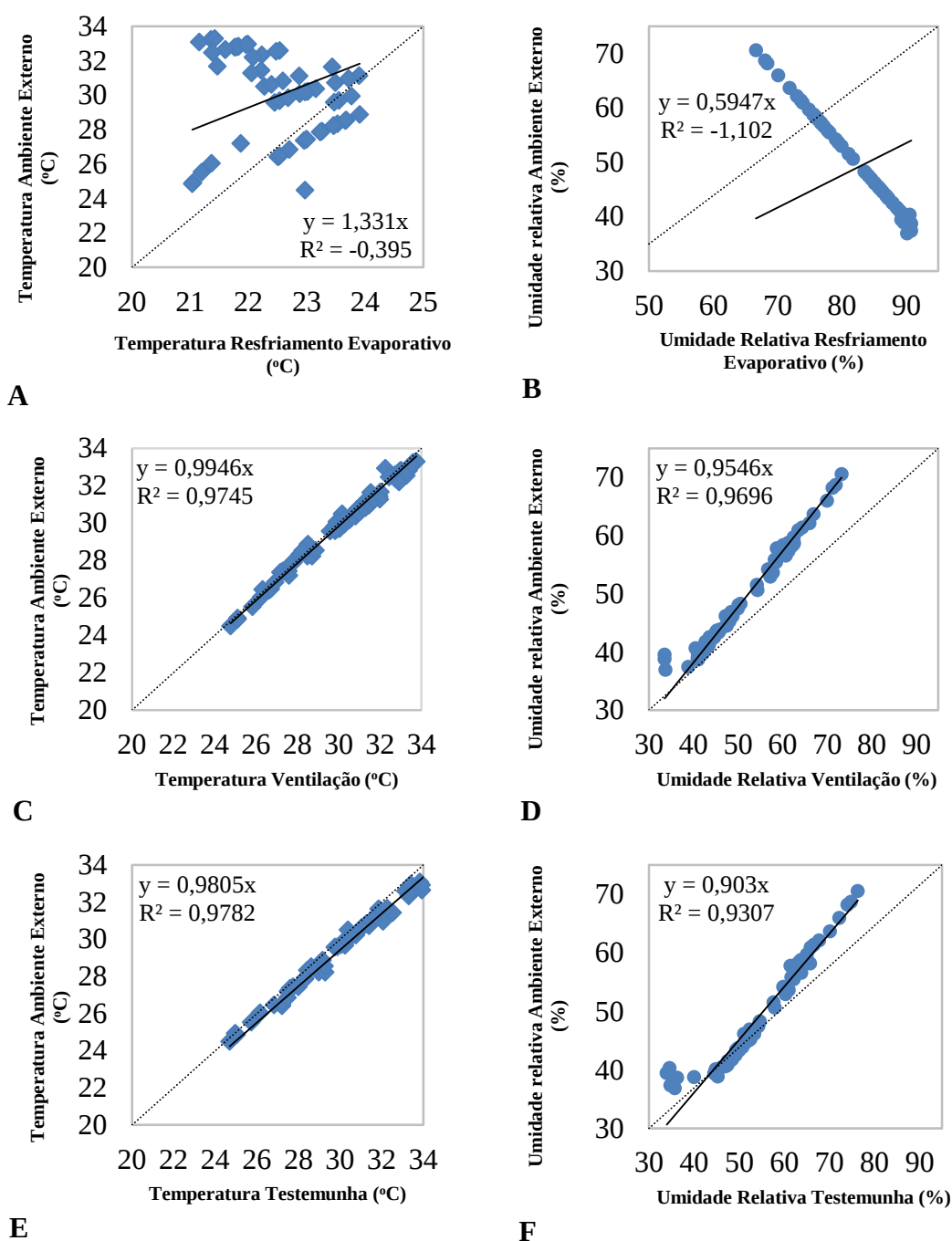


Figura 4. Relação funcional entre a temperatura do ar registrada no ambiente externo e no interior das baías equipadas com resfriamento evaporativo (A), ventilação forçada (C) e testemunha (E); relação funcional entre a umidade relativa do ar registrada no

ambiente externo e no interior das baias equipadas com resfriamento evaporativo (B), ventilação forçada (D) e testemunha (F) na fase de terminação dos suínos.

Conforme as Figuras 5 e 6, o tratamento com resfriamento adiabático evaporativo também apresentou os melhores resultados para os índices de conforto nas fases de crescimento e terminação. O ITGU e o ITU ficaram abaixo do que é caracterizado como estressante para o animal, de acordo com Ferreira (2011), valores de ITGU próximos a 80 podem caracterizar estresse por calor em suínos na fase de terminação. Oliveira (2016), encontrou ITGU de 70 para animais em conforto térmico e 89 para animais submetidos ao estresse térmico. De acordo com o que foi publicado pelo National Weather Service – USA (1976) os valores críticos do índice de temperatura e umidade até 74 representa ambientes seguros; de 74 a 78 exigem cuidado, alerta; de 79 a 84 são perigosos; e de 85 em diante, condição de emergência. Os demais tratamentos chegaram a causar estresse por calor nos animais no período entre 13 e 15 horas.

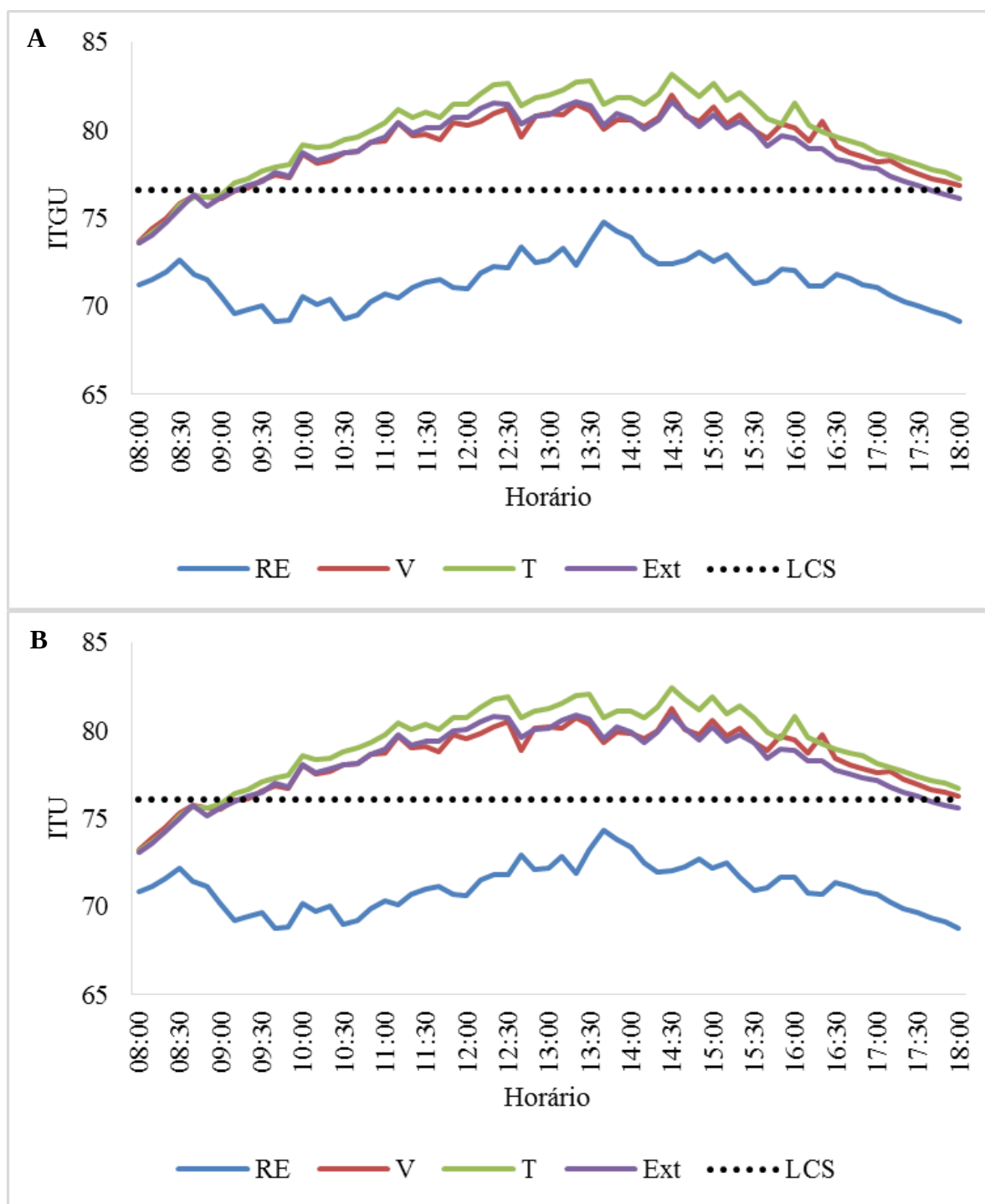


Figura 5. Variação média horária do índice de temperatura de globo negro e umidade, ITGU (A) e índice de temperatura e umidade, ITU (B) na fase de crescimento em seus respectivos tratamentos. RE – resfriamento evaporativo; V – ventilação forçada; T – testemunha; Ext – ambiente externo; LCS – limite crítico superior.

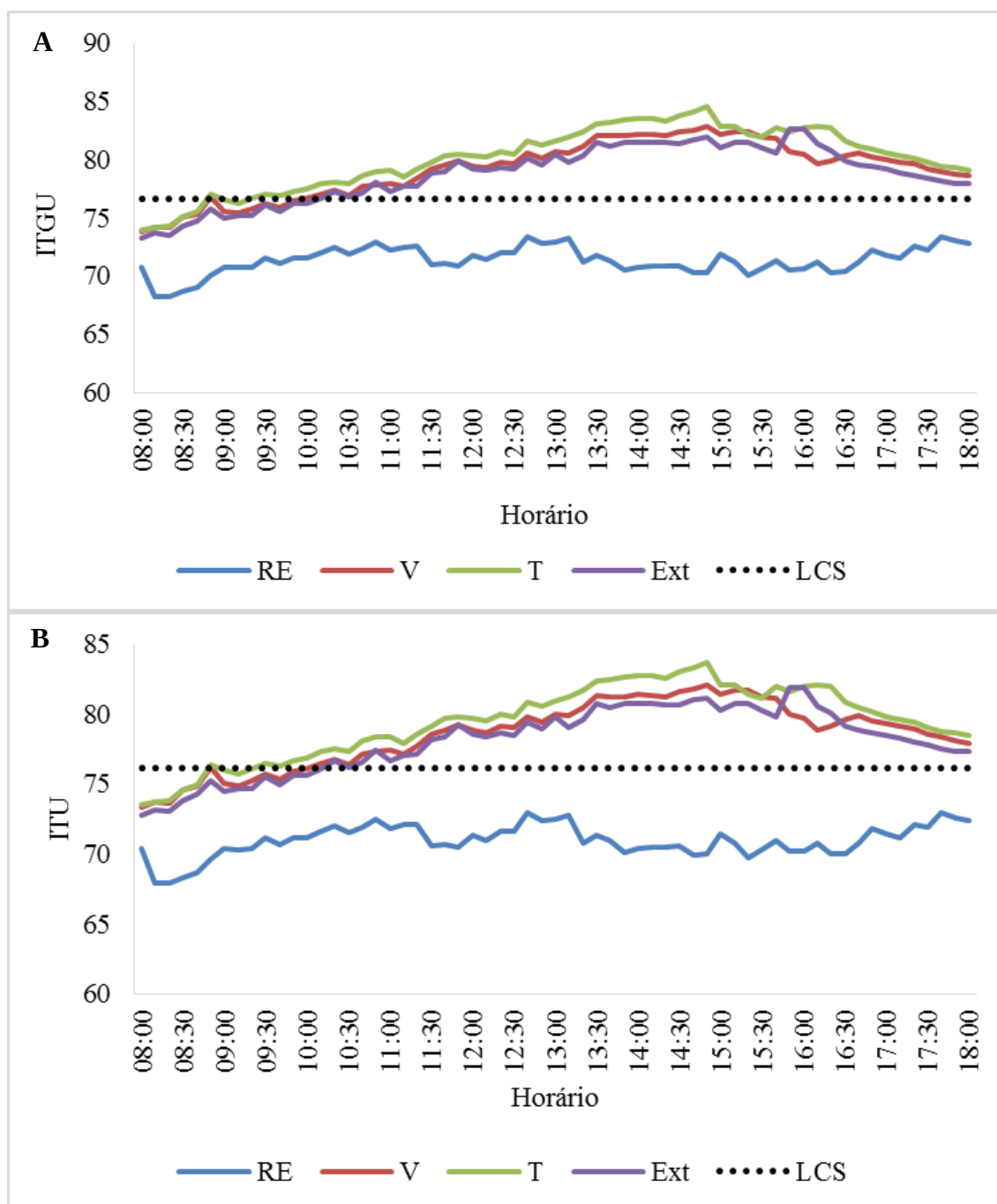


Figura 6. Variação média horária do índice de temperatura de globo negro e umidade, ITGU (A) e índice de temperatura e umidade, ITU (B) na fase de terminação. RE – resfriamento evaporativo; V – ventilação forçada; T – testemunha; Ext – ambiente externo; LCS – limite crítico superior.

O sistema de resfriamento adiabático evaporativo proporcionou maior conforto térmico para os animais, conforme a Figura 7, logo esse foi o tratamento que apresentou a menor carga radiante térmica (CTR) com resultados inferiores a 500 Wm^{-2} para ambas

as fases de desenvolvimento. Em trabalho realizado com suínos ao ar livre, Manso et al. (2016), encontrou CTR média de 525 W m^{-2} .

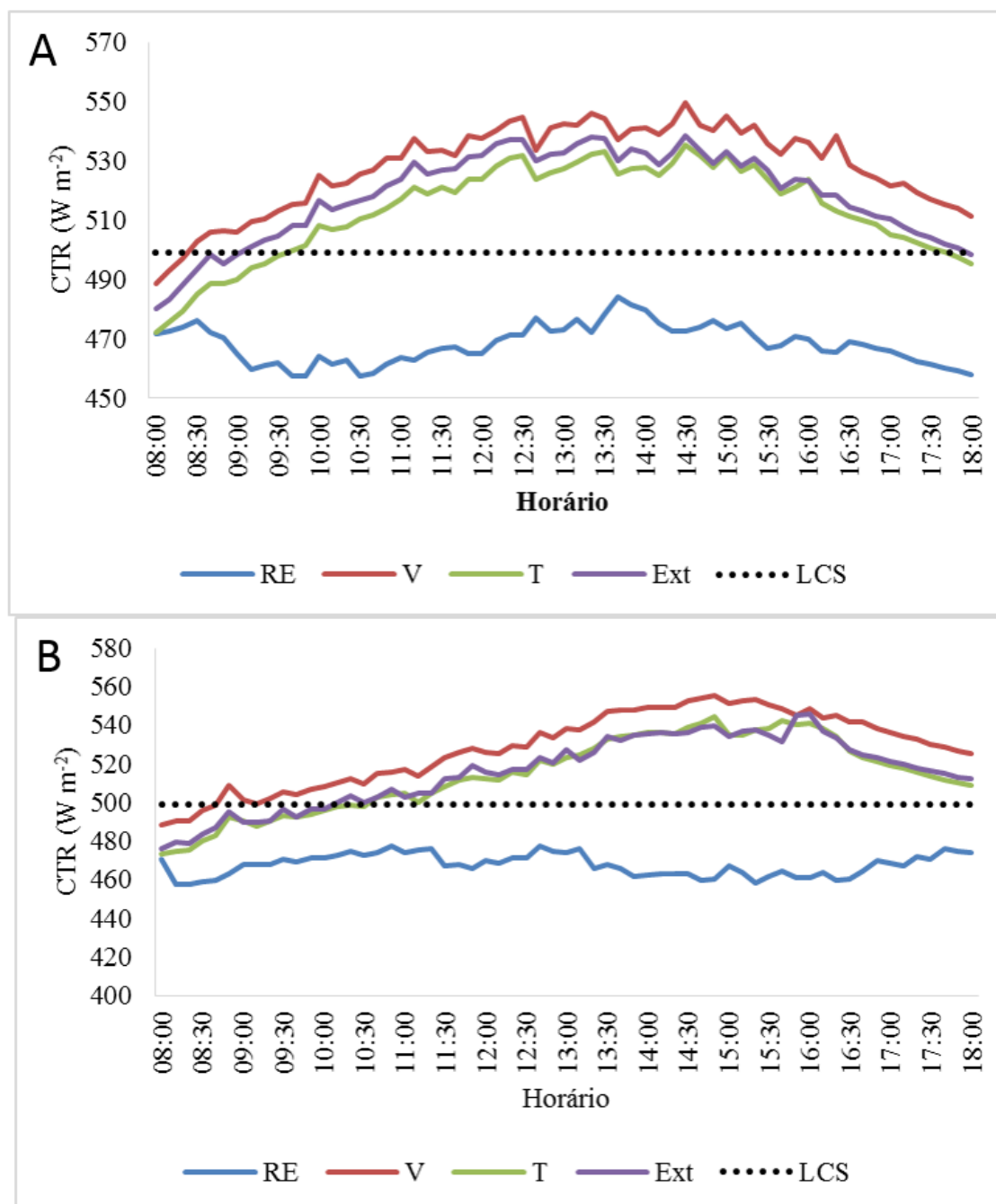


Figura 7. Variação média horária da carga radiante térmica radiante para as fases de crescimento (A) e terminação (B) em seus respectivos tratamentos. RE – resfriamento evaporativo; V – ventilação forçada; T – testemunha; Ext – ambiente externo; LCS – limite crítico superior.

De modo geral a entalpia específica apresentou resultados satisfatórios para animais em conforto térmico, porém na fase de crescimento apenas o tratamento

testemunha ultrapassou o limite crítico superior para a entalpia, segundo Moura (1999) o valor de entalpia considerado para a faixa de conforto térmico na fase de crescimento e terminação é de 60,4 a 68,6 kJ kg^{-1} . Já na fase de terminação a testemunha e a ventilação forçada ultrapassaram esse limite (Figura 8).

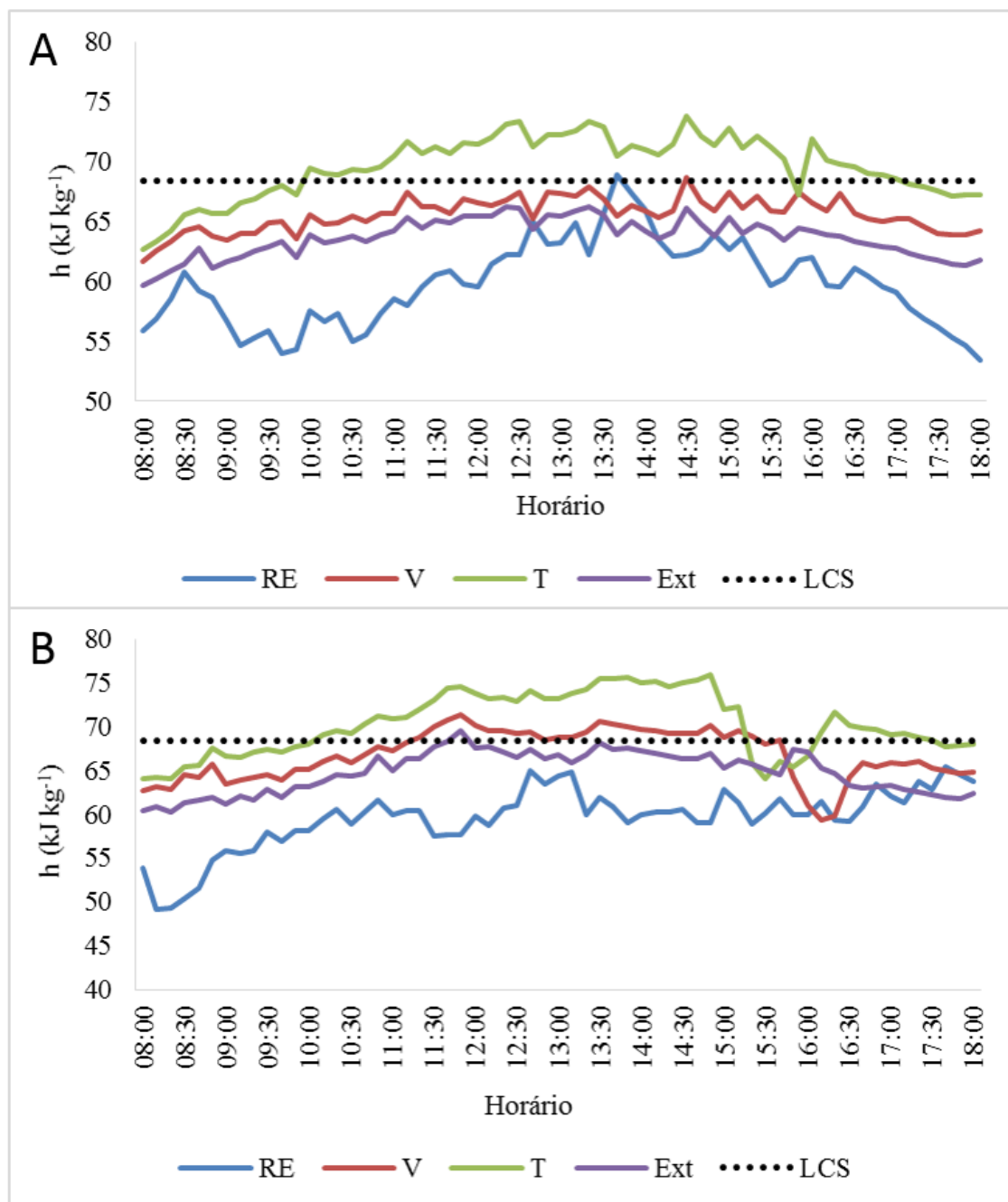


Figura 8. Variação média horária da entalpia específica para as fases de crescimento (A) e terminação (B) em seus respectivos tratamentos. RE – resfriamento evaporativo; V – ventilação forçada; T – testemunha; Ext – ambiente externo; LCS – limite crítico superior.

Na fase de crescimento, a frequência respiratória dos animais às 16h00 apresentaram diferença significativa entre aqueles que foram submetidos ao SRAE e ventilação forçada com os animais que não dispunham de climatização, no entanto não houve efeito entre ventilação forçada e testemunha (Tabela 1).

Às 0h00 a temperatura retal entre os tratamentos com algum tipo de climatização não difere entre si, mas apresentam diferença significativa em relação a testemunha. Já às 08h00 o tratamento com ventilação forçada apresentou diferença significativa em relação ao tratamento com resfriamento adiabático evaporativo, ambos os tratamentos não tiveram diferença significativa com a testemunha. Às 16h00 a testemunha diferiu do tratamento com resfriamento adiabático evaporativo, mas não apresentou diferença significativa com o tratamento com ventilação forçada. Nos demais horários não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$).

A temperatura superficial nos horários das 08h00 e 12h00 o tratamento com ventilação forçada apresentou diferença significativa em relação aos demais tratamentos, mas os tratamentos com resfriamento adiabático evaporativo e a testemunha não diferem entre si ($p < 0,05$). Às 20h00 os tratamentos com resfriamento adiabático evaporativo e com ventilação forçada não apresentaram diferença significativa entre e ambos diferiram da testemunha ($p < 0,05$).

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão das variáveis fisiológicas dos animais submetidos aos seus respectivos tratamentos na fase de crescimento nos horários de registro de dados.

Horário	Variáveis	Tratamentos			
		Ventilação	Resf. Evaporativo	Testemunha	CV (%)
00:00	FR	47,33 a $\pm$ 5,00	45,67 a $\pm$ 8,00	46,00 a $\pm$ 3,00	12,24
	TR	38,53 b $\pm$ 0,20	38,40 b $\pm$ 0,20	38,83 a $\pm$ 0,20	0,63
	TS	35,00 a $\pm$ 0,30	34,91 a $\pm$ 0,50	35,12 a $\pm$ 1,00	1,87
04:00	FR	41,78 a $\pm$ 5,00	42,67 a $\pm$ 10,00	41,78 a $\pm$ 6,00	18,25
	TR	38,60 a $\pm$ 0,20	38,51 a $\pm$ 0,30	38,73 a $\pm$ 0,30	0,67
	TS	34,28 a $\pm$ 0,60	34,69 a $\pm$ 0,80	34,52 a $\pm$ 1,00	2,27
08:00	FR	48,89 a $\pm$ 9,00	48,44 a $\pm$ 8,00	46,22 a $\pm$ 4,00	14,74
	TR	38,69 a $\pm$ 0,30	38,18 b $\pm$ 0,40	38,53 ab $\pm$ 0,30	0,84
	TS	34,12 b $\pm$ 0,70	35,52 a $\pm$ 0,50	35,29 a $\pm$ 0,50	1,68

12:00	FR	58,22 a $\pm$ 7,00	58,22 a $\pm$ 9,00	67,11 a $\pm$ 8,00	13,48
	TR	38,86 a $\pm$ 0,30	38,81 a $\pm$ 0,20	38,78 a $\pm$ 0,20	0,53
	TS	36,08 b $\pm$ 0,60	37,92 a $\pm$ 0,20	37,68 a $\pm$ 0,40	1,13
16:00	FR	64,89 ab $\pm$ 9,00	58,67 b $\pm$ 9,00	68,44 a $\pm$ 5,00	12,40
	TR	38,74 a $\pm$ 0,30	38,39 b $\pm$ 0,30	38,98 a $\pm$ 0,20	0,74
	TS	36,56 a $\pm$ 0,30	36,91 a $\pm$ 0,60	36,79 a $\pm$ 0,80	1,67
20:00	FR	53,33 a $\pm$ 13,00	48,89 a $\pm$ 8,00	57,33 a $\pm$ 11,00	20,11
	TR	38,58 a $\pm$ 0,20	38,40 a $\pm$ 0,20	38,64 a $\pm$ 0,30	0,69
	TS	35,36 b $\pm$ 0,60	35,79 b $\pm$ 0,70	36,71 a $\pm$ 0,20	1,52

FR – frequência respiratória; TR – temperatura retal; TS – temperatura da superfície da pele. Médias seguidas das mesmas letras nas mesmas linhas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

De acordo com a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, a frequência respiratória na fase de terminação das 08h00 às 16h00 a testemunha apresentou diferença significativa em relação aos outros tratamentos e os demais não diferem entre si ($P < 0,05$). As 20h00 todos os tratamentos apresentaram diferença significativa entre si ($p < 0,05$). Dos demais horários não houve diferença significativa ($p < 0,05$).

A temperatura retal, das 04h00 as 08h00, os tratamentos com climatização não apresentaram diferença significativa entre si, mas apresentaram diferença significativa em relação a testemunha. Já as 12h00, o tratamento com resfriamento adiabático evaporativo não apresentou diferença significativa em relação aos demais, porém a testemunha difere do tratamento com ventilação forçada ($p < 0,05$). As 16h00 todos os tratamentos diferem entre si e nos demais horários os tratamentos não apresentaram diferença significativa entre si ($p < 0,05$). De acordo com Baêta e Souza (2010), a temperatura do núcleo corporal dos suínos é 39 °C.

Com relação a temperatura superficial, a 00h00 houve diferença significativa entre o tratamento com resfriamento adiabático evaporativo com os demais e não houve diferença significativa entre a testemunha e o tratamento com ventilação forçada ($p < 0,05$). Das 08h00 as 12h00 a ventilação forçada apresentou diferença em relação aos outros tratamentos e os demais tratamentos não diferem entre si ($p < 0,05$). As 16h00 o resfriamento adiabático evaporativo apresentou diferenças significativas em relação a testemunha e a ventilação forçada não difere dos demais tratamentos ($p < 0,05$). As 20h00 os tratamentos com climatização diferem da testemunha, mas não diferem entre

si e nos demais horários os tratamentos não apresentaram diferenças significativas entre si ($p < 0,05$).

Tabela 2. Valores médios e desvio padrão das variáveis fisiológicas dos animais submetidos aos seus respectivos tratamentos na fase de terminação nos horários de registro de dados.

Horário	Variáveis	Tratamentos			
		Ventilação	Resf. Evaporativo	Testemunha	CV (%)
00:00	FR	41,56 a $\pm$ 9,00	44,89 a $\pm$ 8,00	44,67 a $\pm$ 10,00	21,22
	TR	38,71 a $\pm$ 0,30	38,80 a $\pm$ 0,40	39,04 a $\pm$ 0,20	0,77
	TS	35,61 a $\pm$ 0,10	34,81 b $\pm$ 0,60	35,46 a $\pm$ 0,40	1,19
04:00	FR	41,33 a $\pm$ 9,00	41,33 a $\pm$ 3,00	36,44 a $\pm$ 5,00	16,05
	TR	38,47 b $\pm$ 0,40	38,42 b $\pm$ 0,40	38,94 a $\pm$ 0,20	0,84
	TS	34,03 a $\pm$ 0,60	34,03 a $\pm$ 0,90	34,46 a $\pm$ 0,60	2,11
08:00	FR	48,44 b $\pm$ 10,00	51,56 b $\pm$ 11,00	62,67 a $\pm$ 7,00	17,15
	TR	38,40 b $\pm$ 0,30	38,28 b $\pm$ 0,20	38,80 a $\pm$ 0,10	0,60
	TS	34,23 b $\pm$ 0,70	35,74 a $\pm$ 0,30	35,38 a $\pm$ 0,40	1,36
12:00	FR	60,00 b $\pm$ 11,00	52,00 b $\pm$ 14,00	77,33 a $\pm$ 6,00	17,55
	TR	38,57 b $\pm$ 0,20	38,77 ab $\pm$ 0,40	38,99 a $\pm$ 0,10	0,62
	TS	37,19 b $\pm$ 0,60	37,87 a $\pm$ 0,50	38,27 a $\pm$ 0,30	1,27
16:00	FR	64,44 b $\pm$ 9,00	58,22 b $\pm$ 10,00	87,56 a $\pm$ 13,00	15,19
	TR	38,87 b $\pm$ 0,20	38,56 c $\pm$ 0,30	39,27 a $\pm$ 0,30	0,66
	TS	37,13 ab $\pm$ 0,70	37,078 b $\pm$ 0,50	37,81 a $\pm$ 0,50	1,56
20:00	FR	57,78 b $\pm$ 12,00	45,78 c $\pm$ 9,00	70,67 a $\pm$ 5,00	15,56
	TR	38,80 a $\pm$ 0,20	38,76 a $\pm$ 0,50	39,12 a $\pm$ 0,30	0,99
	TS	36,04 b $\pm$ 0,40	35,88 b $\pm$ 0,40	36,90 a $\pm$ 0,60	1,38

FR – frequência respiratória; TR – temperatura retal; TS – temperatura da superfície da pele. Médias seguidas das mesmas letras nas mesmas linhas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

De acordo com a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, na fase de crescimento a conversão alimentar dos animais submetidos a ventilação forçada foi superior à dos animais que não foram submetidos a climatização, já os animais

submetidos a resfriamento adiabático evaporativo não apresentaram diferença dos demais tratamentos ($p < 0,05$).

O peso vivo dos animais na fase de crescimento que foram submetidos aos tratamentos com climatização não apresentaram diferença significativa entre si, porém ambos diferem da testemunha ($p < 0,05$). Nesse estágio de desenvolvimento o consumo médio e o ganho de peso não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$).

Na fase de terminação, o peso vivo e o ganho de peso não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$). Quanto a conversão alimentar os animais dos tratamentos com ventilação forçada e resfriamento adiabático evaporativo não apresentaram diferença significativa entre si, mas apresentaram diferença significativa em relação a testemunha ($p < 0,05$). O consumo médio do tratamento com ventilação forçada apresentou diferença significativa da testemunha e o tratamento com resfriamento adiabático evaporativo não apresentou diferença significativa com os outros tratamentos ($p < 0,05$).

Tabela 3. Valores médios e desvio padrão dos indicadores de desempenho produtivo dos animais submetidos aos seus respectivos tratamentos nas fases de crescimento e terminação.

Fases	Variáveis	Tratamentos			
		Ventilação	Resf. Evaporativo	Testemunha	CV (%)
Crescimento	CA	3,59 a $\pm$ 0,64	3,27 ab $\pm$ 0,35	2,76 b $\pm$ 0,54	16,40
	GP (kg)	33,93 a $\pm$ 5,81	33,61 a $\pm$ 6,77	34,22 a $\pm$ 3,75	16,47
	PV (kg)	82,27 a $\pm$ 5,89	82,12 a $\pm$ 9,15	69,33 b $\pm$ 12,33	12,19
	CR (kg)	2,90 a $\pm$ 0,25	2,64 a $\pm$ 0,47	2,27 a $\pm$ 0,37	14,37
Terminação	CA	2,83 a $\pm$ 0,37	2,62 a $\pm$ 0,32	2,15 b $\pm$ 0,15	11,65
	GP (kg)	22,79 a $\pm$ 3,36	22,88 a $\pm$ 3,41	22,71 a $\pm$ 2,19	13,34
	PV (kg)	105,06 a $\pm$ 8,24	105,00 a $\pm$ 10,91	96,46 b $\pm$ 4,44	8,12
	CR (kg)	3,53 a $\pm$ 0,21	3,29 ab $\pm$ 0,39	2,70 b $\pm$ 0,26	9,23

CA – conversão alimentar; GP – ganho de peso; PV – peso vivo; CR – consumo de ração. Médias seguidas das mesmas letras nas mesmas linhas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey,

Oliveira (2016) observou que animais submetidos a estresse por calor apresentaram uma redução no consumo médio diário de 24,4% em relação aos animais

que estavam em conforto térmico. O ganho médio de peso também foi reduzido nos animais submetidos a estresse térmico. Manno et al. (2005) observaram que o consumo de ração, o ganho de peso e a conversão alimentar foi melhor em animais na zona de conforto.

10 – CONCLUSÕES

O emprego do sistema de resfriamento adiabático evaporativo proporcionou melhor acondicionamento térmico aos suínos nas fases de crescimento e terminação.

As respostas fisiológicas evidenciam o efeito positivo do resfriamento evaporativo e da ventilação forçada, com ênfase na magnitude e duração do estresse sofrido pelos animais que não dispunham de climatização.

Os animais alojados nas baias equipadas com os sistemas de climatização apresentaram maior peso vivo e consumo de ração, o que permitiu atingir o peso de abate em idade inferior àqueles que não receberam climatização.

11 - LITERATURA CITADA

ABCS: Sebrae. Bem-estar na produção de suínos: toda granja. Brasília, DF: 2016. 38p.

AMARAL, Pedro Ivo Sodré et al. 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.

BAÊTA, Fernando da Costa; SOUZA, Cecilia F; UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. *Ambiência em edificações rurais: conforto animal*. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2010. 269p

BORTOLANZA PADILHA, Joselaine et al. Importância do ambiente térmico em produção de suínos na fase de creche. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, v. 18, n. 2, 2017.

BRETAS, Anilce A. et al. Estudo do balanço eletrolítico alimentar para suínos machos castrados em acabamento mantidos em ambiente de alta temperatura *Study of feed electrolyte balance of finishing castrated male pigs under high environmental temperature*. *CIÊNCIAS VETERINÁRIAS*, p. 37.

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. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.13031/2013.34325>> Acessado em: 20 de fevereiro de 2017.

CAVALCANTI, S.S. Estudo da natimortalidade em suínos. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*. v.1, n.3, p.9-19, 1973.

CHILE. Ministério de Agricultura. Decreto 29, 5 de junio de 2012. Aprueda reglamento sobre protección de los animales durante su producción industrial, su comercialización y em otros recintos de mantención de animales. Santiago, 24 mayo 2013.

COUTINHO, Maria Janiele Ferreira et al. A pecuária como atividade estabilizadora no semiárido brasileiro. *Veterinária e Zootecnia*, v. 20, n. 3, p. 434-441, 2013.

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

DIAS, Cleandro Pazinato; SILVA, Caio Abércio da; MANTECA, Xavier. Efeitos do alojamento no bem-estar de suínos em fase de crescimento e terminação. *Ciênc. anim*, p. 76-92, 2015.

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

FERREIRA, A. H., CARRARO, B., DALLANORA, D., MACHADO, G., MACHADO, I. P., PINHEIRO, R., & ROHR, S. Produção de suínos: Teoria e prática. 1.ed. Brasília: DF. 2014. 908p.

FERREIRA, Rony Antonio et al. PROGRAMAS DE LUZ PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO. *Archives of Veterinary Science*, v. 20, n. 3, 2015.

FERREIRA, r. a. Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos. Viçosa, MG. Aprenda Fácil, 374p, 2ª edição 2011.

FOPPA, L. et al. ENRIQUECIMENTO AMBIENTAL E COMPORTAMENTO DE SUÍNOS: REVISÃO/ENVIRONMENTAL ENRICHMENT AND BEHAVIOUR OF PIGS. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, v. 8, n. 1, p. 1-7, 2014.

FROTA, Anesia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. Manual de conforto térmico. 8. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2007. 243 p.

INGRAM, D. L.; MOUNT, L. E. Man and animals in hot environments. New York: Springer-Verlag, 1975. 185p.

KIEFER, Charles et al. Respostas de suínos em terminação mantidos em diferentes ambientes térmicos. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 11, n. 2, 2010.

MANNO, Maria Cristina et al. 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.

MANSO, Helena Emília Cavalcanti da Costa et al. Avaliação comportamental e fisiológica de suínos criados ao ar livre em clima quente. 2015.

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.

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.

NÃÃS, Irenilza de Alencar. Princípios de conforto térmico na produção animal. São Paulo: Ícone (1989): 183.

NATIONAL FARM ANIMAL CARE COUNCIL. Code of practice for the care and handling of pigs. Ottawa, 2014.

Revisão de Literatura	X	X	X	X	X							
Etapla experimental	x	X	X	X	X							
Análise parcial dos dados				X	X	X	X	X				
Relatório parcial							X	X				
Atualização da revisão de literatura						X	X	X	X	X	X	
Análise dos dados								X	X	X	X	
Relatório final											X	X
Divulgação em congressos												X
Divulgação em periódico												X

14 - DIFICULDADES ENCONTRADAS

A etapa de campo não contou com minha participação direta pelo fato de incompatibilidade do calendário acadêmico e pela pesquisa ter sido desenvolvida em outra unidade desta IFES.

15 - OBSERVAÇÕES DO PROFESSOR ORIENTADOR

O bolsista demonstrou muito interesse no assunto da pesquisa e atendeu todas as expectativas, o que viabilizou o desenvolvimento das atividades, sempre com muita responsabilidade, coerência em suas atitudes e seriedade para com o trabalho.

16 - ASSINATURAS DO BOLSISTA E DO ORIENTADOR

Bolsista: _____
Wesley Amaro da Silva

Orientador: _____
Prof. Dr. Héilton Pandorfi