GLEDSON LUIZ PONTES DE ALMEIDA

COMPORTAMENTO E DESEMPENHO DE BEZERRAS GIROLANDO EM ABRIGOS INDIVIDUAIS, SUBMETIDAS A PROGRAMAS DE ILUMINAÇÃO SUPLEMENTAR

RECIFE

2013

GLEDSON LUIZ PONTES DE ALMEIDA

COMPORTAMENTO E DESEMPENHO DE BEZERRAS GIROLANDO EM ABRIGOS INDIVIDUAIS, SUBMETIDAS A PROGRAMAS DE ILUMINAÇÃO SUPLEMENTAR

Tese apresentada à Universidade Federal de Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. **HÉLITON PANDORFI**

Coorientadora: Profa. Dra. **FÁTIMA DE JESUS FOLGÔA BAPTISTA**

RECIFE

2013

Ficha catalográfica

A447c Almeida, Gledson Luiz Pontes de
Comportamento e desempenho de bezerras girolando em abrigos individuais, submetidas a programas de iluminação suplementar / Gledson Luiz Pontes de Almeida. – Recife, 2013.
125 f. : il.

Orientador: Héliton Pandorfi..
Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Engenharia Agrícola, Recife, 2013.
Referências.

1. Ambiência animal 2. Bovino de leite 3. Comportamento animal 4. Desenvolvimento 5. Materiais de cobertura 6. Termografia I. Pandorfi, Héliton , orientador II. Título

CDD 631

GLEDSON LUIZ PONTES DE ALMEIDA

COMPORTAMENTO E DESEMPENHO DE BEZERRAS GIROLANDO EM ABRIGOS INDIVIDUAIS, SUBMETIDAS A PROGRAMAS DE ILUMINAÇÃO SUPLEMENTAR

Tese defendida e aprovada pela banca examinadora em 24 de setembro de 2013

Orientador:

Prof. Dr. Héliton Pandorfi
Departamento de Tecnologia Rural – UFRPE

Examinadores:

Profa. Dra. Fátima de Jesus Folgôa Baptista
Departamento de Engenharia Rural - UÉvora

Profa. Dra. Cristiane Guiselini
Departamento de Tecnologia Rural - UFRPE

Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira
Departamento de Zootecnia - UFRPE

Prof. Dr. Marcílio de Azevedo
Departamento de Zootecnia - UFRPE

"Lute com determinação, abrace a vida com paixão, perca com classe e vença com ousadia, porque o mundo pertence a quem se atreve e a vida é muito para ser insignificante".

(Charles Chaplin)

À minha esposa Mercília, por todo amor, paciência, companheirismo, dedicação e nobreza com que enfrentou a minha ausência durante o período de estágio no exterior e por sempre acreditar na realização dos meus sonhos.

À minha filha Lorena, pelo amor incondicional, por ser tão especial, meiga, querida e, principalmente, por ser a razão de tudo isso.

Aos meus pais, Luiz Artur e Genúria, pelo exemplo de força e perseverança, ofereço este trabalho, fruto do amor e dedicação que desde cedo me foi ensinado. Sem os seus esforços, eu não teria conseguido alcançar os meus sonhos.

Aos meus irmãos, José Artur e Amélia, e ao meu sobrinho Artur Henrique, pelo amor, incentivo constante, apesar da distância que nos separa.

Aos meus avôs, Alzira, Averaldo (in memoriam), Maria Petronila (in memoriam) e Otaciano (in memoriam), por serem a base desta família. Em especial, ao meu inesquecível avô Averaldo (Louro), que com certeza estaria na primeira fila para me congratular.

Ofereço e dedico

Agradecimentos

Agradeço a Deus, que me iluminou e me deu forças nos momentos em que mais precisei para vencer os obstáculos e conquistar meus objetivos.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pelo acolhimento em toda minha trajetória, fundamental para o meu crescimento pessoal e profissional.

Ao Programa do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFRPE, pela oportunidade de realização do Curso de Doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa para realização de estágio de doutorado no exterior.

À Universidade de Évora (UÉvora), pelo acolhimento durante a realização do estágio de doutorado no exterior.

Ao Professor Dr. Héliton Pandorfi, pela orientação atenciosa, amizade, oportunidade, presteza, incentivo e confiança que sempre depositou em mim, durante todo tempo (graduação, mestrado e doutorado) em que trabalhamos juntos.

À Professora Dra. Fátima de Jesus Folgôa Baptista, pela coorientação, disposição, paciência e ensinamentos, estando sempre à disposição.

À Professora Dra. Cristiane Guiselini, pela amizade, paciência, ensinamentos, críticas e sugestões.

Ao Professor Dr. Vasco Manuel Fitas da Cruz, pela disposição e valiosas sugestões.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola que, direta ou indiretamente, contribuíram para a minha formação.

Ao colega Professor Dr. Rodrigo de Oliveira Simões, pela sua amizade e valiosas sugestões.

Aos colegas do Curso de Doutorado em Engenharia Agrícola: Adriana de Carvalho Figueirêdo, Alexandre Nascimento dos Santos, Eduardo Silva dos Santos, Igor Pinheiro da Rocha e Matheus Pires Quintela, pelo convívio, apoio, amizade sincera e pelos momentos de descontração durante a realização do curso.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa em Ambiência (Gpesa): Janice Maria Coelho Barnabé e Artur Lopes Jacob, pela valiosa contribuição na execução da coleta de dados em campo.

Ao Sr. Otávio Bezerra do Rêgo Barros, proprietário da Fazenda Várzea Alegre, pela amizade, apoio, cessão dos animais, insumos e instalações necessários para a realização deste trabalho.

À industria Alluse, pela concessão de materiais para instalações do experimento.

Aos amigos Otávio Bezerra do Rêgo Barros Filho, Iran Alves Torquato e Clarissa Lemos Delfino, pela amizade, disposição, assistência e paciência durante a execução do experimento.

Aos colegas Rui Carlos, Mariline Caseiro e Emília, pelo convívio, apoio, amizade e pelos momentos de descontração durante a realização do estágio de doutorado na Universidade de Évora.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização desse trabalho.

Os meus sinceros agradecimentos

Sumário

Resumo.....x

Abstract.....xi

Lista de Tabelas xii

Lista de Figuras.....xiv

Introdução..... 17

CAPÍTULO 1: Revisão da Literatura 19

Bovinocultura leiteira em clima tropical 19

Homeotermia em bovinos.....20

Trocas térmicas 21

Respostas fisiológicas dos animais.....22

Conforto térmico dos animais.....23

Instalações para bezerras leiteiras 24

Propriedades térmicas de materiais de cobertura 26

Uso da termografia na ambiência animal.....28

Iluminação suplementar na produção de bovinos leiteiros.....29

Comportamento animal 30

Desempenho de bezerras em aleitamento 31

Referências 35

CAPÍTULO 2: Manejo da suplementação de luz e seus efeitos no custo de criação de bezerras leiteiras na fase de aleitamento.....47

Resumo.....47

Abstract.....48

1. Introdução 49

2. Material e métodos.....52

3. Resultados e discussão 58

4. Conclusões 66

5. Referências 67

CAPÍTULO 3: Comportamento alimentar e desempenho de bezerros leiteiros submetidos a programas de iluminação suplementar 72
Resumo 72
Abstract 73
1. Introdução 74
2. Material e métodos 75
3. Resultados e discussão 79
4. Conclusões 93
5. Referências 94
CAPÍTULO 4: Eficiência térmica de abrigos individuais para bezerras da raça Girolando no semiárido brasileiro 98
Resumo 98
Abstract 99
1. Introdução 100
2. Material e métodos 102
3. Resultados e discussão 108
4. Conclusões 118
5. Referências 119
Considerações gerais 124

Resumo

ALMEIDA, Gledson Luiz Pontes de, Dr., Universidade Federal Rural de Pernambuco, setembro de 2013. **Comportamento e desempenho de bezerras girolando em abrigos individuais, submetidas a programas de iluminação suplementar.** Orientador: Héliton Pandorfi. Coorientadora: Fátima de Jesus Folgôa Baptista.

A criação de bezerras durante a fase de aleitamento é uma das etapas mais importantes da pecuária leiteira, pois dela depende a sustentabilidade do sistema de produção. Para que tenham um bom desenvolvimento, as bezerras precisam ser estimuladas o mais cedo possível a ingerir alimentos concentrados. Assim, a adesão a tecnologias e manejos diferenciados na atividade leiteira são estratégias que se revertem em ganhos de produtividade, eficiência e sustentabilidade para os produtores. Neste contexto, objetivou-se, com esta pesquisa, avaliar as respostas fisiológicas, comportamentais e de desempenho de bezerras Girolando criadas em abrigos individuais com diferentes materiais de cobertura e programas de iluminação suplementar, durante a fase de aleitamento. A pesquisa foi conduzida em uma fazenda comercial, localizada na Região Agreste do Estado de Pernambuco, Brasil. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial 3 × 3, com 27 bezerras, distribuídas aleatoriamente em abrigos individuais, com três materiais de cobertura (telha de fibrocimento, telha reciclada e cobertura com palha) associados a três tempos de iluminação (12, 16 e 20 h), com três repetições. Não se verificou interação entre os tipos de cobertura × iluminação suplementar. O tempo de iluminação por 20 h possibilitou o desaleitamento das bezerras aos 55 dias de idade e redução de 20% no custo de criação dos animais, na fase de aleitamento. A iluminação suplementar promoveu efeito significativo no tempo de ingestão de concentrado e ruminação, maior consumo médio diário de concentrado no período noturno e maior peso vivo aos 70 dias de idade para os animais submetidos a 20 h de luz, em comparação com as bezerras sem iluminação suplementar (12 h de luz). Os abrigos cobertos com telha reciclada e palha proporcionaram redução de 18,7 e 14,6%, respectivamente, na carga térmica radiante e, portanto, as bezerras criadas nesses abrigos permaneceram menos tempo expostas ao sol; no entanto, independente do tipo de cobertura, todos os animais elevaram a frequência respiratória para manter a homeotermia.

Abstract

ALMEIDA, Gledson Luiz Pontes de, Dr., Universidade Federal Rural de Pernambuco, setembro de 2013. **Behavior and performance of Girolando calves in individual shelters submitted the programs of supplemental lighting.** Adviser: Héliton Pandorfi. Co-Adviser: Fátima de Jesus Folgôa Baptista.

The creation of calves during the milk feeding stage is of the most important stages of the dairy production systems, because it determines the sustainability of the production system. To obtain satisfactory development, the calves need to be stimulated as early to ingest feeding concentrates. Thus, adherence to technologies and managements are strategies that increasing in the productivity, efficiency and sustainability in the dairy production systems. In this context, the objective of this research was to evaluate physiological responses, behavioral and performance of Girolando calves in individual shelters with different roofing materials and programs of supplemental lighting during milk feeding stage period. The research was conducted in a commercial farm located in the Agreste of Pernambuco State, Brazil. The experimental design was completely randomized at 3 × 3 factorial arrangement with 27 calves distributed in individual shelters with three different roofing materials (fibre cement tile, recycled tile and thatched roofs), associated with three different lighting time (12, 16 and 20 h) and three repetitions. There was no interaction between the types of roofs × supplemental light. The 20 h photoperiod allowed weaning of calves at 55 days of age and 20% reduction in the cost of rearing animals during milk feeding stage. The supplementary lighting promoted significant effect on time to concentrate intake and rumination, higher average daily intake of concentrate during the night and increased weight at 70 days of age the animals subjected to 20 h of light, compared with calves without lighting supplementary (12 h light). In the shelters covered with recycled tile and thatched roofs provided reduction of 18.7 and 14.6%, respectively, in the radiant thermal load and hence the calves reared in these shelters were less exposed to the sun; however, independently of the roofing type, all animals increased respiratory rate to maintain the homeothermy.

Lista de Tabelas

CAPÍTULO 2: Manejo da suplementação de luz e seus efeitos no custo de criação de bezerras leiteiras na fase de aleitamento

Tabela 1. Valores médios diários e desvio padrão do consumo de concentrado por animal em função dos materiais de cobertura 60

Tabela 2. Frequência de ocorrência e necessidade de intervenção medicamentosa para tratamento da diarréia nas bezerras, em função dos materiais de cobertura 60

Tabela 3. Valores médios diários e desvio padrão do consumo de concentrado por animal em função do tempo de iluminação 62

Tabela 4. Frequência de ocorrência e necessidade de intervenção medicamentosa para tratamento de diarréia nas bezerras 63

Tabela 5. Valores, consumo e custos variáveis de energia elétrica, leite integral, concentrado, medicamento e custo total para criação de uma bezerra durante a fase de aleitamento 64

CAPÍTULO 3: Comportamento alimentar e desempenho de bezerros leiteiros submetidos a programas de iluminação suplementar

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão do consumo de concentrado por animal nos diferentes turnos (diurno e noturno), da 3ª à 10ª semana de idade, em função dos tipos de coberturas.....82

Tabela 2. Valores médios e desvio padrão do consumo de concentrado e matéria seca, peso vivo, ganho de peso e eficiência alimentar de bezerras em abrigos individuais com diferentes materiais de cobertura 82

Tabela 3. Valores médios e desvio padrão das variáveis de crescimento estrutural de bezerras submetidas a diferentes tipos de cobertura (15 à 70 dias de idade) 83

Tabela 4. Valores médios e desvio padrão do consumo de concentrado por animal nos diferentes turnos (diurno e noturno), da 3ª à 10ª semana de idade em função do tempo de iluminação.....88

Tabela 5. Valores médios e desvio padrão do consumo de concentrado e matéria seca, peso vivo, ganho de peso e eficiência alimentar de bezerras submetidas a diferentes tempos de iluminação durante o período experimental 89
Tabela 6. Valores médios e desvio padrão das variáveis de crescimento estrutural de bezerras submetidas a diferentes tempos de iluminação (15 à 70 dias de idade) 92

CAPÍTULO 4: Eficiência térmica de abrigos individuais para bezerras da raça Girolando no semiárido brasileiro

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão da carga térmica radiante registrada no interior dos abrigos individuais e no ambiente externo durante o período experimental 109
Tabela 2. Valores médios e desvio padrão das temperaturas nas superfícies superiores e inferiores das coberturas dos abrigos individuais durante o período experimental 113
Tabela 3. Valores médios e desvio padrão temperatura retal, frequência respiratória e temperatura da superfície do pelame durante o período experimental 115

Lista de Figuras

CAPÍTULO 2: Manejo da suplementação de luz e seus efeitos no custo de criação de bezerras leiteiras na fase de aleitamento

Figura 1. Localização da Fazenda Várzea Alegre no município de Pesqueira, Estado de Pernambuco, Brasil 52
Figura 2. Planta baixa (A) e corte longitudinal do abrigo individual (B).....53
Figura 3. Abrigo equipado com baldes individuais para fornecimento de leite, ração e água para as bezerras 54
Figura 4. Observação diária dos animais para identificação da ocorrência de diarréia (A) e registro do animal (B).....55
Figura 5. Disposição dos abrigos individuais utilizados no experimento dentro da área destinada à criação das bezerras durante a fase de aleitamento.....57
Figura 6. Variação da entalpia específica no interior dos abrigos individuais com diferentes materiais de cobertura: (A) valores médios horários de entalpia registrada no período experimental; (B) valores horários para o dia de maior entalpia durante o período experimental.....58

CAPÍTULO 3: Comportamento alimentar e desempenho de bezerros leiteiros submetidos a programas de iluminação suplementar

Figura 1. Detalhe dos abrigos individuais com iluminação artificial (A); temporizador (B).....76
Figura 2. Pesagem da sobra da ração para quantificar o consumo do animal 76
Figura 3. Registro do peso dos animais 77
Figura 4. Registro do comportamento dos animais no período diurno (A) e noturno (B).....78
Figura 5. Variação média horária da temperatura e umidade relativa do ar no interior dos abrigos individuais e no ambiente externo (A); médias horárias de temperatura e umidade relativa do ar para o dia de maior valor da temperatura máxima do ar (B).....80
Figura 6. Influência dos tipos de coberturas utilizadas no tempo despendido nas atividades comportamentais durante o período diurno (6 às 18 h; □) e noturno (18 às 6 h; ■): (A) tempo despendido com ingestão de

concentrado; (B) tempo despendido com ingestão de água; (C) tempo despendido com ruminação e (D) tempo despendido em ócio 81
Figura 7. Influência da suplementação de luz sobre o tempo despendido nas atividades comportamentais durante o período diurno (6 às 18 h; □) e noturno (18 às 6 h; ■): (A) tempo despendido com ingestão de concentrado; (B) tempo despendido com ingestão de água; (C) tempo despendido com ruminação e (D) tempo despendido em ócio 85
Figura 8. Efeito do tempo de iluminação sobre o ganho de peso de bezerras com idade de 15 a 70 dias (2ª a 10ª semana) 91

CAPÍTULO 4: Eficiência térmica de abrigos individuais para bezerras da raça Girolando no semiárido brasileiro

Figura 1. Abrigos individuais cobertos com telha de fibrocimento (A), telha reciclada (B) e palha (C) 102
Figura 2. *Datalogger* utilizado para registro das variáveis ambientais (A); registradores instalados no interior do abrigo individual (B) 103
Figura 3. Abrigo meteorológico equipado com sensores e registradores (A); anemômetro utilizado para medição da velocidade do vento (B).....103
Figura 4. Termovisor utilizado para o registro das imagens termográficas.....104
Figura 5. Registro de imagem termográfica da superfície superior (A) e inferior (B) da cobertura do abrigo individual.....105
Figura 6. Registro de imagem termográfica da bezerra (A); imagem termográfica do animal com perímetro delineado (B).....106
Figura 7. Registro da temperatura retal dos animais 106
Figura 8. Relação funcional entre a temperatura do ambiente externo e a temperatura no interior dos abrigos cobertos com telha de fibrocimento (A), telha reciclada (B) e palha (C).....108
Figura 9. Imagens termográficas das superfícies superiores e inferiores dos materiais de cobertura: telha de fibrocimento – superfície superior (A) e inferior (B); telha reciclada – superfície superior (C) e inferior (D); cobertura de palha – superfície superior (E) e inferior (F) em 24 de fevereiro de 2012, às 11 h 111
Figura 10. Percentual do tempo de permanência das bezerras ao sol e à sombra, no período das 6 às 18 h; teste do qui-quadrado ($P < 0,01$).....114

Figura 11. Imagens termográficas selecionadas para determinar a temperatura média da superfície do pelame de bezerra exposta ao sol e criada no abrigo coberto com palha (A) e bezerra exposta à sombra e criada em abrigo coberto com telha reciclada (B) no dia 24 de fevereiro de 2012, às 11 h 117

Introdução

O agronegócio do leite desempenha um papel relevante no suprimento de alimentos e na geração de emprego e renda para a população brasileira. O país tem, atualmente, mais de 1,3 milhões de produtores que exploram a atividade leiteira, originando 4 milhões de postos de trabalho e produzindo cerca de 32 bilhões de litros de leite por ano (EMBRAPA, 2012).

O aumento da livre concorrência mundial obrigou os produtores brasileiros, elo mais frágil da cadeia produtiva, a se modernizarem rapidamente, reduzindo custos, aumentando o volume de produção e melhorando a qualidade do produto. As mudanças estruturais, juntamente com o aumento do custo de produção, se destacam como grandes desafios enfrentados pela exploração leiteira. Assim, tornam as margens de lucro muito pequenas para cada setor da atividade. Dessa forma, a saída para o produtor de leite é manter seus custos de produção suficientemente baixos, para permitir sustentabilidade de sua atividade.

Os rebanhos leiteiros, no Brasil, têm sido obtidos com a introdução de animais geneticamente desenvolvidos em climas temperados. Esses animais, especializados em produção, possuem metabolismo elevado, com produção de maior quantidade de calor endógeno. Isso justifica a crescente preocupação com o conforto animal, já que o Brasil é um país predominantemente de clima tropical, com temperaturas médias elevadas durante o ano na maior parte do seu território. Entretanto, este fator não está relacionado somente às altas temperaturas, mas à associação destas com a elevada umidade relativa e baixa movimentação do ar.

A criação de bezerras durante a fase de aleitamento é uma das etapas mais importantes da pecuária leiteira, pois dela depende a sustentabilidade do sistema de produção. Normalmente, estas bezerras são separadas das vacas durante a primeira semana de vida e, nesta fase, merecem especial atenção, pois, terão que se adaptar rapidamente a um meio adverso e sujeito às intempéries, diferentes condições alimentares e de manejo.

No sistema produtivo, os bezerreiros geralmente fazem parte das instalações. Estes ambientes podem ser individuais ou coletivos, dependendo do manejo adotado. Porém, o uso de abrigos individuais é recomendado, pela facilidade de manejo, limpeza, desinfecção e baixo custo. Além de favorecerem a utilização de ampla variedade de materiais de cobertura, o que permite ao produtor escolher o material que promova

redução da carga térmica radiante para o interior da instalação, minimizando desta forma o estresse térmico dos animais, e consequentemente, favorecendo o bem-estar aos animais.

Os padrões comportamentais constituem-se em um dos meios mais efetivos de adaptação à influência dos agentes estressores, que auxiliam na determinação dos potenciais métodos de melhoria da produtividade animal, com a utilização de manejos alternativos voltados ao bem-estar dos animais de produção. Portanto, o estudo do comportamento ingestivo é de grande importância na avaliação de dietas, pois, permite o ajuste do manejo alimentar de ruminantes, possibilitando a obtenção de melhor desempenho animal.

Para que tenham um bom desenvolvimento, os bezerros precisam ser estimulados o mais cedo possível a ingerir alimentos concentrados, uma vez que o consumo é o fator mais importante para o desenvolvimento do rúmen e da flora microbiana, para a transição da fase de pré-ruminante a ruminante (ANDERSON et al., 1987), fazendo com que os animais expressem seu comportamento alimentar precocemente e apresentem maior crescimento com melhor saúde, possibilitando a diminuição da idade de desmame (KHAN et al., 2011). Do ponto de vista econômico, esse fator é de grande interesse do produtor, visto que um dos aspectos relacionados à rentabilidade dos sistemas de produção é o alto custo de criação de bezerras de reposição, principalmente durante a fase de aleitamento.

A adesão a tecnologias e manejos diferenciados na atividade leiteira é estratégia que se reverte em ganhos de produtividade, qualidade, eficiência e sustentabilidade aos produtores. Na tentava de reduzir estes custos com a criação dos animais na fase de aleitamento, sistemas produtivos procuram desmamar os animais o mais cedo possível. Neste sentido, uma estratégia possível de ser utilizada para estimular a ingestão de concentrado, aumentar o desempenho e reduzir o tempo de aleitamento dos bezerros é a utilização de iluminação suplementar.

Nesse contexto, objetivou-se, com esta pesquisa, avaliar as respostas fisiológicas, comportamentais e de desempenho de bezerras Girolando criadas em abrigos individuais com diferentes materiais de cobertura e programas de iluminação suplementar durante a fase de aleitamento e analisar a viabilidade financeira desse manejo.

CAPÍTULO 1: Revisão da Literatura

Bovinocultura leiteira em clima tropical

O Brasil possui cerca de dois terços de seu território situado na faixa tropical do planeta, onde predominam altas temperaturas do ar, em virtude da elevada radiação solar incidente. A temperatura média do ar situa-se acima dos 20 ºC, sendo que a temperatura máxima se encontra acima dos 30 ºC em grande parte do ano, atingindo, muitas vezes, valores entre 35 e 38 ºC (TITTO, 1998).

A produção animal nos trópicos é limitada, principalmente pelo estresse térmico, além do agravante de que as raças selecionadas para maior produção, no geral, são provenientes de países de clima temperado, o que não permite aos indivíduos expressarem sua máxima capacidade produtiva. Dessa forma, torna-se imprescindível o conhecimento da capacidade de adaptação das raças exploradas em região de clima tropical, bem como a determinação dos sistemas de criação e práticas de manejo que permitam o desenvolvimento da pecuária de forma sustentável, sem prejudicar o bem-estar dos animais (SOUZA, 2009).

Os animais vivem em equilíbrio dinâmico com o ambiente e a ele reagem de forma individual. Sua produção está condicionada às influências dos agentes estressores, os quais não se mantêm constantes ao longo do tempo. A vulnerabilidade dos animais às condições meteorológicas, quando submetidos a ambientes diferentes do original ou frente a mudanças dentro do mesmo ambiente, faz com que recorram a mecanismos de adaptação fisiológica, a fim de manter a homeostase (BACCARI JÚNIOR, 2001).

O ambiente é composto de variáveis ambientais que interagem e incluem todas as combinações nas quais o organismo vive. Segundo Head (1995), o ambiente compreende todos os fatores físicos, químicos e biológicos que circundam o corpo do animal, o que inclui fatores relativos à temperatura, umidade e luz, que ocasionam mudanças de comportamento e causam doenças, entre outros, variando com o tempo e a localidade. As condições de calor excessivo promovem redução no consumo alimentar e no desempenho produtivo e reprodutivo dos animais em escala sazonal, causando prejuízos para os produtores e indústrias do setor leiteiro de vários países (AVENDANO et al., 2006).

Homeotermia em bovinos

Com a evolução da bovinocultura, surgiu uma série de problemas metabólicos e de manejo, destacando-se, entre eles, o estresse térmico. A susceptibilidade dos bovinos ao estresse térmico aumenta à medida que o binômio "umidade relativa/temperatura ambiente" ultrapassa a zona de conforto térmico, o que dificulta a dissipação de calor que, por sua vez, aumenta a temperatura corporal, com efeito negativo sobre o desempenho (FERREIRA et al., 2006).

O estresse térmico é o resultado da inabilidade do animal em dissipar calor suficientemente para manter a sua homeotermia (WEST, 1999). Tal processo é mediado pela zona de termoneutralidade (ZTN), que é limitada, em ambos os extremos, pela temperatura crítica inferior (TCI) e temperatura crítica superior (TCS). Dentro desta faixa de temperatura, o animal mantém a homeotermia com a mínima mobilização dos mecanismos termorreguladores (BLINGH e JOHNSON, 1973).

Os animais homeotermos respondem às mudanças da sua temperatura corporal interna, modificando adequadamente tanto a produção de calor metabólico quanto a perda de calor pela superfície corporal. A temperatura interna da maioria dos mamíferos situa-se na faixa de 36 a 40 ºC, sendo, consequentemente mais alta que a temperatura do ar encontrada em grande parte dos ambientes terrestres (MÜLLER, 1989).

O efeito estressante começa com o reconhecimento de uma ameaça ao bem-estar, que, quando percebida, o organismo reage com suas defesas, exprimindo diferentes respostas. A primeira delas é ocasionada pela alteração comportamental, como a diminuição da ingestão de alimento, seguida de reações do sistema nervoso central, que coordena a liberação de hormônios que reagem, na tentativa de restabelecer a homeostase, provocando alterações nos batimentos cardíacos, pressão sanguínea, sudorese, entre outros (FERREIRA et al., 2006).

A manutenção da temperatura corporal constante se dá pelo equilíbrio entre o calor gerado no organismo animal e ganho do ambiente, com o calor dissipado para o mesmo ambiente. Assim, os bovinos, como animais homeotérmicos, são capazes, dentro de certos limites, de manter relativamente constante sua temperatura interna frente às flutuações da temperatura ambiente. A hipertermia ocorre quando o animal acumula calor excessivo, seja ganho de seu próprio metabolismo e/ou do ambiente em que se encontra e não consegue dissipar esse calor adequadamente (YOUSEF, 1985). Os processos que o organismo utiliza para manter a homeotermia são responsáveis por

afetar de forma negativa o desempenho dos bovinos, quando criados em ambientes com temperatura adversa (ISPIERTO et al., 2006).

Trocas térmicas

Nos trópicos, o maior problema para a criação de bovinos, especialmente os de produção de leite, está na eliminação do calor corporal para o ambiente. As condições climáticas nessas regiões constituem os maiores desafios para os produtores, por alterarem os três processos vitais dos animais: manutenção, reprodução e produção. Quando a temperatura ambiente está dentro da zona de termoneutralidade, quase todo o calor corporal dissipado ocorre na forma de calor sensível (radiação, convecção ou condução). Esse tipo de liberação de calor altera a temperatura ambiente. À medida que a temperatura ambiente aumenta além do limite superior da zona de conforto, gradualmente aumenta a importância da dissipação de calor por evaporação (TINÔCO, 2004).

A habilidade de regular a temperatura interna é uma adaptação evolutiva que permite aos animais homeotermos minimizar problemas provenientes da variação da temperatura externa (SILANIKOVE, 2000). Segundo Arcaro Júnior (2005), os mecanismos básicos de trocas térmicas entre o animal e o ambiente ocorrem por meios não evaporativos (condução, convecção, radiação) e evaporativos (respiração e transpiração). Quando expostos a altas temperaturas prolongadas os bovinos utilizam a via evaporativa como o principal meio de perda de calor (SILVA et al., 2005).

A transferência térmica por evaporação depende da temperatura e umidade relativa do ar; segue-se que a evaporação é o mais eficiente mecanismo de eliminação de calor corporal de animais terrestres nas condições tropicais. Quando a temperatura ambiente é elevada e mais próxima da temperatura corporal a eliminação de calor sensível é mais difícil e às vezes impossível, evidenciando-se as perdas latentes (SOUZA e BATISTA, 2012).

Os meios não evaporativos requerem um diferencial de temperatura entre o animal e o ambiente, o que nem sempre acontece em condições de clima quente. A perda de calor por condução se efetua por contato e passa sempre do corpo mais quente para o mais frio. Assim, quando a temperatura da pele (ou da superfície do corpo) é mais elevada que a do ambiente, o organismo cederá calor às moléculas do ar e/ou da superfície de contato. No processo de convecção o ar entra em contato com a pele e se

aquece, tornando-se menos denso, deslocando-se em direção ascendente, dando lugar a outras moléculas de ar, ainda frias, que entram em contato com a superfície do corpo, onde serão aquecidas, dando continuidade ao processo de troca térmica. A troca de calor por radiação consiste na emissão de ondas eletromagnéticas do corpo do animal a outros objetos ou reciprocamente, sendo sempre do corpo com maior temperatura 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).

A via latente de perda de calor compreende os meios evaporativos. Este tipo de perda é importante em temperaturas superiores a 29 ºC; a partir de valores acima dessa temperatura, 85% da perda de calor ocorre por meio evaporativo (transpiração e respiração). A perda de calor por esses meios depende da temperatura do ar e umidade do ambiente. Se a umidade relativa do ar estiver elevada, há necessidade de movimentação do ar para que haja maior eficiência na perda de calor por esta via (MACHADO, 1998).

Respostas fisiológicas dos animais

A capacidade do animal de resistir às condições de estresse térmico tem sido avaliada fisiologicamente por alterações na temperatura retal e frequência respiratória. O equilíbrio entre o ganho e a perda de calor do corpo pode ser inferido pela temperatura retal. A medida da temperatura retal é usada frequentemente como índice de adaptabilidade fisiológica dos animais aos ambientes quentes, pois, seu aumento acima do valor fisiológico normal, indica que os mecanismos de liberação de calor tornaram-se insuficientes (MARTELLO et al., 2004b).

Na defesa contra o estresse pelo calor, os bovinos recorrem a mecanismos adaptativos fisiológicos de perda de calor corporal para tentar evitar a hipertermia. Assim, aumenta a frequência respiratória, apresentando taquipneia, como complemento ao aumento da taxa de produção de suor (taxa de sudorese), constituindo, ambos, importantes meios de perda de calor do corpo, por evaporação (termólise evaporativa respiratória e cutânea). A taquipneia é o primeiro sinal visível como resposta ao estresse pelo calor, embora se situe em terceiro lugar na sequência dos mecanismos de adaptação fisiológica, pois a vasodilatação periférica e o aumento da sudorese ocorrem previamente (BACCARI JÚNIOR, 2001).

A frequência respiratória pode ser considerada um critério adicional, de fácil aferição, na avaliação da tolerância ao calor, cuja elevação, em ambientes quentes, em geral, precede o aumento da temperatura retal (BIANCA, 1963). Para Dukes (1996), a frequência respiratória entre 21 e 25 movimentos por minuto seria a faixa de movimentos respiratórios considerados fisiologicamente normais para bezerros posicionados em decúbito esternal. Quando a temperatura ambiente se encontra acima da temperatura crítica superior, os bovinos tendem a acelerar a frequência respiratória, pois, a evaporação e a convecção, por meio do trato respiratório, são fenômenos que auxiliam a dissipação do calor corporal e a manutenção do equilíbrio térmico; no entanto, quando a temperatura do ar se encontra abaixo da zona de conforto térmico, em geral, os animais diminuem a frequência dos movimentos respiratórios (LEGATES et al., 1991).

A perda de calor pelo trato respiratório, assim como pela pele, implica em um processo de mudança de estado físico, de líquido para vapor, o que ocorre com a umidade presente nas vias respiratórias, assim como com o suor. Tal processo se torna possível devido ao calor latente de vaporização. O gasto de energia despendido pelos animais para eliminar calor do corpo, principalmente pelo aumento da frequência respiratória e, também, pelo trabalho das glândulas sudoríparas para produzir mais suor, é um dos fatores que explicam o menor desempenho em condições de estresse térmico, pois, parte da energia do organismo é desviada do processo produtivo para a manutenção do equilíbrio fisiológico (BACCARI JÚNIOR, 2001).

Conforto térmico dos animais

Quando o balanço térmico é inadequado, ocorrem efeitos prejudiciais sobre a saúde e o desempenho dos animais. Consequentemente, o ambiente térmico é de fundamental importância para a produção animal. Cada espécie possui uma faixa de ambiente térmico ideal, em que a sua capacidade produtiva é maximizada. Este ambiente térmico ideal é conhecido como zona de conforto térmico, que é uma faixa pequena dentro da zona de termoneutralidade (CUNHA, 2004).

Índices de conforto térmico têm sido utilizados para quantificar ou caracterizar zonas de conforto térmico para diferentes espécies. Os índices de conforto térmico, determinados por meio de dois ou mais elementos meteorológicos, servem para avaliar

o ambiente e procuram caracterizar, em uma única variável, o estresse a que os animais estão submetidos (PERISSINOTTO et al., 2007).

O efeito do ambiente térmico sobre o desempenho e conforto dos animais deve ser estudado com a utilização de índices que levem em consideração o efeito combinado de diferentes elementos climáticos. A entalpia é uma variável física que indica a quantidade de energia contida em uma mistura de vapor d'água e ar seco (kJ kg de ar seco^{-1}). Entretanto, nos casos de mudança de umidade relativa, para uma mesma temperatura, a energia envolvida nesse processo se altera e, consequentemente, a troca térmica que ocorre no ambiente também sofre alteração (MARTELLO et al., 2004a). Quanto maior o valor da entalpia, maior a quantidade de energia presente no ar e maior o desconforto encontrado pelos animais, e assim, as perdas de calor através de processos evaporativos tornam-se mais difíceis (CONCEIÇÃO, 2008).

A carga térmica radiante é uma estimativa da radiação eletromagnética total recebida por um corpo, provinda do espaço circundante (VILLA NOVA et al., 1975). A carga térmica radiante possibilita a estimativa dos efeitos combinados da energia térmica radiante, da temperatura e umidade do ar e da velocidade do vento, dando assim uma medida do conforto térmico, desde que se suponha não haver trocas térmicas por evaporação entre o ambiente e o animal considerado (SILVA, 2000).

Em condições tropicais, os bovinos estão geralmente expostos a carga térmica radiante elevada, favorecendo o desconforto térmico (SILVA et al., 2007). Para determinar a carga térmica radiante de um ambiente, é necessário conhecer a temperatura média radiante, que é a temperatura correspondente ao fluxo radiante emitido pela atmosfera, admitida como um corpo negro ao qual se aplica a lei da radiação de Stefan-Boltzman (CONCEIÇÃO, 2008).

Instalações para bezerras leiteiras

No início do século XX, a criação de bezerros de rebanhos leiteiros em estábulos fechados nos Estados Unidos era comum, em virtude das baixas temperaturas durante o inverno. Entretanto, Buckley (1913) associou a incidência de doenças nos animais à baixa luminosidade, insuficiente renovação de ar e alta umidade no interior dos estábulos fechados. Na década de 50 a utilização de instalações abertas era bastante difundida (MURLEY e CULVAHOUSE, 1958) e alguns pesquisadores vislumbravam o uso de abrigos móveis em substituição aos estábulos, na criação de bezerros. Os

primeiros relatos sobre a utilização de abrigos móveis na criação de bezerros de rebanhos leiteiros datam desta década, quando Davis et al. (1954) observaram que, mesmo em condições de inverno rigoroso, com temperatura ambiente de -12,7 °C, os bezerros criados em abrigos móveis apresentaram maior desempenho, menor ocorrência de problemas respiratórios e menor taxa de mortalidade, em comparação aos mantidos em baias.

A difusão da utilização de abrigos móveis em regiões de clima temperado ocorreu na década de 80, já havendo uma preocupação com aspectos básicos na criação de bezerros, como a busca por um ambiente que proporcionasse ao animal um melhor desenvolvimento, que a disposição das edificações reduzisse ao mínimo a difusão de enfermidades e facilitasse a limpeza e desinfecção, que a ocupação de mão de obra fosse a menor possível e compatível com o bom trato dos animais (VIEIRA, 2008).

No Brasil, é frequente a adoção de sistemas de criação com bezerreiros de baias fixas dentro de um galpão; abrigos individuais móveis; sistema a céu aberto, com abrigos destinados a proteger apenas os alimentos, ficando o animal isolado, porém ao relento e; criação de bezerros totalmente a pasto (PERES e SANTOS, 2001). Vieira (2008) menciona o sistema de criação de bezerras em modelo “tropical”, em que os animais são contidos em estruturas que possibilitam acesso aos cochos de água e concentrado. Este modelo permite maior movimentação da bezerra e maior dispersão dos dejetos, que não se amontoam em um mesmo lugar.

O dimensionamento adequado das instalações para criação de bezerros merece atenção especial, haja vista que correspondem ao espaço onde o animal desempenhará todas as suas funções. Sendo assim, deve haver disponibilidade de espaço físico para o exercício correto do aparelho locomotor, fundamental para o crescimento dos mesmos, proteção das ações diretas do clima (insolação, temperatura, ventos, chuva, umidade do ar), além de proporcionar condições adequadas de trabalho e bem-estar dos manejadores (FAÇANHA, et al., 2011).

Segundo Bustos Mac-Lean (2012), o desempenho de bezerros, quando alojados individualmente é melhorado, devido à menor frequência de diarréia, pelo fato de não sofrerem dominância de outros animais ou mamadas cruzadas; e ainda, com este tipo de instalação, é possível conseguir controlar o consumo de concentrado e diagnosticar rapidamente problemas de saúde que passam despercebidos quando os animais estão em lote.

Propriedades térmicas de materiais de cobertura

As instalações têm por objetivo oferecer conforto ao animal, permitindo que ele expresse seu potencial de produção. Devem ser construídas e planejadas com a finalidade principal de diminuir a ação direta do clima (insolação, temperatura, ventos, chuva e umidade do ar), que pode agir negativamente nos animais (SEVEGNANI et al., 1994). Os bezerreiros utilizados em clima frio devem ser projetados para conservar o calor do corpo do bezerro e, em clima quente, para proteger da radiação solar direta, ajudar a dissipação do excesso de calor e evitar umidade excessiva (WRIGHT et al., 1983).

Dentre os fatores construtivos, o telhado destaca-se como elemento que pode reduzir significativamente o incremento térmico no interior das instalações e promover o conforto térmico aos animais (FAGHIH e BAHADORI, 2009). Essa importância se deve à grande área de interceptação de radiação e ao fato de que, em regiões tropicais, a escolha adequada da telha constitui o fator principal para o conforto térmico (SAMPAIO et al., 2011). De acordo com Baêta e Souza (2010), o uso de abrigos com uma ampla variedade de materiais de cobertura pode promover redução de 30% da carga de calor radiante, em comparação com a carga que o animal receberia fora, melhorando assim o estado de conforto térmico.

A influência do telhado no ambiente térmico é decorrente dos processos de transferência de energia, por meio do material constituinte das telhas, da sua natureza superficial e da existência e eficiência de isolantes térmicos. A quantidade de radiação que é transmitida para o interior do ambiente ocorre em função das propriedades térmicas do material utilizado (CONCEIÇÃO, 2008). Esta transferência de energia entre a instalação, seus ocupantes e o ambiente ocorre por condução, radiação, convecção e evaporação. Os processos térmicos em seu interior dependem das propriedades (absortividade, refletividade e transmissividade térmica) dos materiais (MICHELS et al., 2008).

O amortecimento térmico é a capacidade de diminuir a amplitude térmica entre as superfícies da cobertura e, está ligada à capacidade térmica e à resistência térmica do material. Assim, devido ao amortecimento dentro das instalações, a temperatura interior não atinge nem os máximos nem os mínimos exteriores, fato explicável pela capacidade de amortecimento dos elementos de construção. Já o retardo térmico é o tempo que leva uma diferença térmica num dos meios para manifestar-se na superfície oposta do

fechamento e depende dos parâmetros de condutividade térmica, calor específico, densidade absoluta e espessura do material (RIVERO, 1986).

West (2003) destacou a importância dos materiais utilizados na fabricação de telhados com propriedades que permitam maior refletividade da radiação solar, a fim de reduzir os índices térmicos no abrigo. Conforme Fiorelli et al. (2009), no Brasil há maior preocupação com o calor do que com o frio sobre o estresse nos animais. No entanto, de acordo com Conceição et al. (2008) e Fonseca et al. (2011), a maioria das instalações utiliza cobertura com telhas onduladas, tais como o fibrocimento, por envolverem menores custos na construção, principalmente devido à estrutura de suporte ser mais leve, quando comparadas com telhas de cerâmica. Entretanto, a utilização de materiais refletivos à radiação solar, como as telhas constituídas de polímero reciclado, traz benefícios por reduzir a absorção e transmissão da radiação solar pelos telhados (WRAY e AKBARI, 2008).

A emissividade é outra importante propriedade do material de cobertura e se define como a relação entre a radiação emitida por uma superfície real e a radiação emitida, na mesma temperatura, por um corpo negro. O corpo negro (ou superfície negra) consiste no modelo ideal para a radiação, sendo definido como o corpo ou superfície que absorve toda a radiação incidente, proveniente de todas as direções, bem como emite a maior quantidade possível de energia, em um determinado comprimento de onda, a determinada temperatura (NICOLAU et al., 2008).

A inércia térmica apresenta o efeito da transferência de calor entre o ambiente externo e o ambiente interno, em que as ondas de calor sofrem efeito de armazenamento e atraso através de materiais construtivos. As ondas de calor variam durante um determinado período de tempo, segundo um regime variável periódico. A definição de inércia térmica está ligada à capacidade da edificação de reduzir o pico de calor transferido e de liberá-lo posteriormente (DORNELLES e RORIZ, 2004).

Em regiões com clima quente, uma alta resistência térmica nas horas mais quentes do dia pode reduzir o efeito da radiação solar, porém, aumentando a resistência térmica, poderá ocorrer redução da transferência de calor do telhado para o ambiente, no período noturno, que é mais fresco (LIBERATI e ZAPPAVIGNA, 2007). Segundo Michels (2007), quanto maior o valor da resistência térmica, maior será a resistência à passagem do fluxo de calor para o interior e exterior da instalação.

Uso da termografia na ambiência animal

A termografia é uma técnica não invasiva de sensoriamento remoto que possibilita o diagnóstico da temperatura e é capaz de detectar variações mínimas da temperatura de superfícies com precisão, por meio da radiação infravermelha emitida e refletida pelo objeto-alvo, o que permite a geração de imagens térmicas (KOTRBA et al., 2007). Porém, alguns parâmetros são determinantes para a precisão da mensuração da temperatura por meio da câmera termográfica: a emissividade do objeto-alvo, a refletância da temperatura em forma de ondas infravermelhas, a distância entre o objeto-alvo e a câmera e a umidade do ar (KNÍZKOVÁ et al., 2007).

Esta ferramenta pode ser usada na identificação de pontos de valores distintos de temperatura radiante, para detecção das alterações no fluxo sanguíneo periférico, informação de grande importância para o reconhecimento de eventos fisiológicos, sendo útil na avaliação do estresse térmico animal (BOUZIDA et al., 2009). Segundo Zotti (2010), as imagens termográficas constituem uma ferramenta que pode ser empregada como forma de minimizar erros na medição da temperatura da superfície, por caracterizar melhor o perfil térmico dos animais.

O uso da termografia infravermelho vem sendo aplicada no ambiente de produção animal, permitindo uma avaliação objetiva da instalação e das condições de conforto térmico dos animais, em determinada condição de manejo. Assim, esta técnica pode fornecer informações para a tomada de decisão, visando maximizar a produtividade dos animais e a rentabilidade da unidade de produção. Tais finalidades específicas podem constituir um artifício para avaliar a variação de temperatura dos componentes estruturais das instalações, a influência de sistemas de resfriamento, a temperatura da superfície da pele dos animais, o termomonitoramento da produção de calor pelos animais e, também, a sua atividade metabólica (KASTBERGER e STACHL, 2003).

A eficiência térmica de materiais utilizados na cobertura de abrigos para bezerros foi avaliada por Fiorelli et al. (2012), com o uso da termografia, uma técnica que possibilita melhor entendimento dos processos de transferência de calor da superfície da cobertura para o interior da instalação. Além de auxiliar na compreensão da termoregulação, em razão das mudanças na temperatura superficial e no impacto das condições ambientais sobre o bem-estar animal, relacionada com vários processos fisiológicos associados à eficiência alimentar (MONTANHOLI et al., 2008; KOTRBA et al., 2007).

A utilização da termografia infravermelho permite o diagnóstico instantâneo com elevada precisão e confiabilidade, possibilita a medição da temperatura de objetos móveis distantes e de difícil acesso, não interfere no comportamento do elemento a ser mensurado devido à não necessidade de contato, facilita a medição de vários objetos simultaneamente e permite registrar fenômenos transitórios de temperatura (CORTIZO et al., 2008). Assim, a termografia infravermelho surge como alternativa para precisar o impacto dos elementos meteorológicos na produção animal, com ênfase na saúde e no bem-estar animal (ROBERTO et al., 2010).

Iluminação suplementar na produção de bovinos leiteiros

Existem diferentes técnicas e métodos para modificação do ambiente físico, a fim de minimizar o estresse térmico e potencializar o desempenho; a disponibilização de sombras reduz o incremento calórico e a ventilação e resfriamento evaporativo são métodos de modificação do ambiente utilizados para aumentar as perdas de calor e possibilitar melhorias no desempenho dos animais (ALMEIDA et al., 2011). No entanto, alternativa de modificação do ambiente é aumentar o tempo de luz disponível ao animal, por meio da iluminação artificial, para estimular a ingestão de concentrado, aumentar o desempenho e reduzir o tempo de aleitamento dos bezerros (OSBORNE et al., 2007), principalmente nos horários mais frescos do dia (período noturno), em que a dissipação do incremento calórico da dieta pode ser mais eficiente devido ao menor estresse térmico (MELLACE et al., 2009).

A iluminação suplementar consiste em um manejo utilizado para estimular o consumo de alimento, com o intuito de aumentar o crescimento dos animais e, consequentemente, acelerar o início da puberdade e, portanto, reduzir a idade das novilhas no primeiro parto. Estudos realizados com novilhas expostas a tempo de iluminação longo constataram maior ganho de peso e puberdade precoce, quando comparadas a animais expostos a tempo de iluminação curto (RIUS et al., 2005). Em outro trabalho, Rius et al. (2006) mostraram que a exposição a tempo de iluminação longo durante a fase de crescimento, pré-púbere, resultou na maior secreção de leite durante a primeira lactação.

Estudo realizado por Osborne et al. (2007) mostrou que bezerras expostas a longo período de iluminação (16 a 18 h de luz) tiveram maior ganho de peso e ingestão de matéria seca (78% a mais) do que animais expostos a curtos períodos de iluminação (10

a 12 h de luz), utilizando luzes fluorescente para fornecer iluminação em uma intensidade aproximada de 600 lx no nível dos olhos das bezerras. Entretanto, há poucas informações sobre os efeitos do suplementação de luz no desempenho e crescimento neonatal de bezerras.

Comportamento animal

Os estudos de etologia aplicada vêm sendo cada vez mais utilizados no desenvolvimento de modelos que servem para dar suporte às pesquisas e a melhores formas de manejo dos animais de interesse zootécnico (FAÇANHA et al., 1997). O comportamento é um aspecto do fenótipo, que envolve a presença ou ausência de atividades motoras e vocalizações, sendo caracterizado como um processo dinâmico, particularmente sensível a variações físicas e a estímulos sociais (BANKS, 1982).

Pesquisadores têm observado que, para cada espécie, há uma série de comportamentos comuns, e que estes padrões podem ser catalogados numa lista de comportamentos típicos para auxiliarem no reconhecimento do comportamento natural dos animais, facilitar o planejamento das metodologias de manejo e resultar em considerável redução dos problemas encontrados na produção animal (HARTSOCK, 1982). Pois, com a intensificação dos sistemas de produção e manejo surgem medidas que transformam o ambiente físico e social que levam a modificações do padrão típico de comportamento de cada espécie (BANKS, 1982).

O estudo do comportamento ingestivo é uma ferramenta de grande importância na avaliação de dietas, possibilitando, assim, ajustar o manejo alimentar de ruminantes para obtenção de um melhor desempenho (MENDONÇA et al., 2004; SILVA et al., 2006). Dado e Allen (1994) relataram a importância de se mensurar o comportamento alimentar e a ruminação, a fim de verificar suas implicações sobre o consumo diário de alimentos. Como o regime de confinamento de gado de leite é uma prática muito utilizada pelos produtores, o estudo do comportamento dos animais é de grande relevância (SILVA et al., 2004). Assim, o conhecimento do comportamento ingestivo dos bovinos leiteiros pode ser utilizado pelos produtores de forma que venha a maximizar a produtividade, garantindo melhor saúde e, consequentemente, maior longevidade dos animais (ALBRIGHT, 1993).

Os padrões comportamentais constituem-se em um dos meios mais efetivos de adaptação à influência dos agentes estressores, que auxiliam na determinação dos

potenciais métodos de melhoria da produtividade animal, com a utilização de manejos alternativos voltados ao bem-estar dos animais de produção (CARVALHO et al., 2007). Segundo Ítavo et al. (2008), o método de varredura instantânea se caracteriza pelo registro de dados quantiqualitativos sobre o comportamento ingestivo de bovinos; os parâmetros mais comuns para a descrição do comportamento são os períodos de alimentação, ruminação e ócio.

Estudo realizado por Modesto et al. (2002) avaliou o comportamento de bezerros entre 30 e 60 dias de idade, mantidos em abrigos móveis, em condições tropicais, durante o verão; os autores observaram que, nos horários mais quentes do dia, os animais passavam a maior parte do tempo no exterior dos abrigos. Segundo Chua et al. (2002), estes bezerros criados individualmente procuram o lado de fora das instalações numa tentativa de interagir uns com os outros.

Façanha et al. (2011) verificaram que bezerros de raça Holandês criados em abrigos individuais apresentaram comportamento indicativo de maior bem-estar e menos estresse e mostraram-se mais sadios até o desaleitamento, quando foram comparados com animais criados em bezerreiro convencional, que permaneceram mais tempo ociosos em pé. Segundo os autores, essa conduta pode resultar em perdas no desempenho dos animais.

Desempenho de bezerras em aleitamento

Na pecuária leiteira, uma das atividades mais importantes é a criação das bezerras, o que determina a sustentabilidade dos sistemas de produção, ou seja, a renovação do rebanho (CAMPOS et al., 2005). O alcance de índices apropriados de produção da criação depende de fatores genéticos, alimentares, manejo sanitário e instalações adequadas. Nos rebanhos em que as vacas são ordenhadas sem a presença dos bezerros é comum a separação dessas categorias de animais no momento do parto, ou no dia seguinte, após o fornecimento do colostro. Nessa situação, os bezerros são alojados em abrigos individuais ou coletivos. Essas instalações devem ser capazes de amenizar as sensações de desconforto para o animal, além de oferecer condições adequadas de higiene (KAWABATA, 2003).

Nos sistemas de criação de rebanhos leiteiros busca-se melhor eficiência de produção, levando em conta os custos de produção e otimização de todos os fatores que os envolvem. Um deles é a criação de bezerras, fase em que não há uma produção direta

e, portanto, um retorno rápido de capital, sendo de grande importância estudar formas de diminuir os custos de produção com manejos que melhorem sua eficiência, viabilizando a criação e diluindo os custos fixos da propriedade. Esse período de cria é basicamente curto e não necessita de grande investimento financeiro, pois faz parte da dieta dos animais o fornecimento de leite, concentrado e pequenas quantidades de volumoso. O que torna esse investimento essencial para a criação é o fato do animal apresentar desenvolvimento rápido, com garantia de ganho expressivo nas fases seguintes da criação, formando um animal precoce e produtivo (AZEVEDO et al., 2008).

Um dos entraves ao potencial de crescimento da pecuária leiteira é a negligência dos produtores e o deficiente manejo alimentar dos animais, que muitas vezes está ligado aos elevados custos com a criação das bezerras leiteiras na fase de aleitamento e pós-aleitamento, o que restringe o crescimento e retarda o início da puberdade nas bezerras (BHATTI et al., 2012). A criação de bezerras em regime de aleitamento natural ou artificial eleva o custo da produção do leite, especialmente quando o leite integral é fornecido por longos períodos. Pois, nesta fase os animais ainda não estão em produção, o que eleva as despesas das propriedades até que eles cheguem à idade de produção (HUTJENS, 2004).

Nos sistemas de criação mais modernos, durante a fase de aleitamento procura-se desmamar o animal o mais rápido possível, até mesmo a partir dos 45 dias, com o objetivo de reduzir a dependência de um alimento líquido e caro (leite) e, consequentemente possibilitar o maior uso de alimentos sólidos e mais baratos, diminuindo os custos com a alimentação (VASCONCELOS et al., 2009). Entretanto, o desaleitamento geralmente é realizado com base na idade do animal (mais comum aos 60 dias), ou quando a bezerra de raça de grande porte está ingerindo, por três dias consecutivos, 0,800 kg de concentrado, ou ainda, quando atinge 90 a 100 kg de peso vivo. Na tentativa de reduzir o investimento e também de antecipar o início do consumo de alimentos sólidos nesta fase de criação, é bastante comum, no Brasil, o fornecimento de 4 L de leite por dia ou 8 a 10% do peso do bezerro, até a idade de 60 dias (LOPES et al., 2010; COELHO et al., 2009).

Devido aos altos valores nutricionais e econômicos do leite integral, a sua substituição, na alimentação de bezerros, por um produto de menor custo e níveis nutricionais semelhantes tem constituído um desafio para a melhoria de desempenho dos sistemas de produção de ruminantes (MODESTO et al., 2002). Após quatorze dias

de idade os bezerros já são capazes de ingerir alimentos sólidos, mas, somente após o primeiro mês de vida, é que eles são capazes de ingerir quantidades suficientes de concentrados que irão contribuir com apreciável quantidade de energia metabólica (DIAZ et al., 2001; DRACKLEY, 2008).

Diaz et al. (2001) analisaram os efeitos do acréscimo no fornecimento de leite para bezerros na fase de aleitamento, constatando; maiores ganhos de peso e comportamento natural em bezerros alimentados com maior quantidade de leite. Porém, as desvantagens de fornecer mais leite incluem a redução da ingestão de alimentos sólidos durante o período de aleitamento (WEARY et al., 2008) e mais lento desenvolvimento do rúmen (KHAN et al., 2007).

Os bezerros precisam ser estimulados, o mais cedo possível, a ingerir alimentos concentrados, uma vez que o consumo é o fator mais importante para o desenvolvimento do rúmen e da flora microbiana e para a transição da fase de pré-ruminante a ruminante, de modo a permitir que o animal seja desaleitado precocemente (ANDERSON et al., 1987). Restringir o consumo de leite e incentivar o consumo de alimentos sólidos para bezerros na fase de aleitamento conduz ao desenvolvimento fisiológico e metabólico do rúmen, porém, torna-se importante somente a partir da terceira semana de idade, quando os animais são capazes de digerir partículas sólidas, fazendo com que expressem seu comportamento alimentar mais precocemente, reduzindo os sinais de fome e apresentando maior crescimento com melhor saúde, possibilitando a diminuição da idade de desmame (KHAN et al., 2011).

Outro aspecto importante é que o custo da ração concentrada para bezerros, embora seja composta de ingredientes nobres, com baixos teores de fibra e elevados níveis energéticos, quase sempre é menor que o dos sucedâneos e do leite utilizados no aleitamento. Além disso, a partir do momento em que os animais apresentam satisfatório consumo de concentrados, o alimento líquido (leite ou sucedâneo) passa a ter menos importância na ingestão de matéria seca e no desempenho animal, o que permite seu desaleitamento e a consequente diminuição dos custos na criação (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2008). De acordo com Silper et al. (2012), o objetivo de um adequado manejo de criação de bezerras é a produção de bons animais para reposição do rebanho e a redução da idade ao primeiro parto, melhor saúde e imunidade, com o menor custo possível, e ainda, possível ganho em produção de leite nas lactações futuras. Soberon et al. (2012) verificaram correlação significativa do maior ganho de

peso na fase inicial de criação de bezerras, com o aumento da produtividade na lactação, quando comparadas com animais que apresentaram menor desempenho na fase inicial.

Referências

ALBRIGHT, J. L. Feeding behavior of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.2, p.485-498, 1993.

ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI H.; GUISELINI, C.; HENRIQUE, H. M.; ALMEIDA, G**.** A. P. 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 JÚNIOR, G. A.; COSTA, C.; CARVALHO, S. M. R.; PANICHI, A.; PERSICHETTI JÚNIOR, P. Desempenho de bezerros holandeses alimentados até o desaleitamento com silagem de grãos úmidos ou grãos secos de milho ou sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.1, p.140-147, 2008.

ANDERSON, K. L.; NAGARAJA, T. G.; MORRIL, J. L. Ruminal metabolic development in calves weaned conventionally or early. **Journal of Dairy Science**, v.70, n.5, p.1000-1005, 1987.

ARCARO JÚNIOR, R. P. **Efeitos do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em free-stall sobre a produção, fisiologia, comportamento e ocorrência de mastite em vacas em lactação**. 2005. 123f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2005.

AVENDANO, R. L.; ALVAREZ, V. F. D.; CORREA, C. A.; SAUCEDO, Q. J. S.; ROBINSON, P. H.; FADEL, J. G. Effect of cooiing Holstein cows during the dry period on posíparíum performance under heat stress condiíions. **Livestock Productíon Science**, v.105, p.198-206, 2006.

AZEVEDO, R. A.; FERNANDES, R. C.; PIRES JÚNIOR, O. S.; DUARTE, E. R. **Manejo e instalações para cria de bezerros leiteiros**. IAC/UFMG. Minas Gerais. 2008. Disponível em: <http://www.zootecniabrasil.com.br/sistema/modules/smartsection/print.php?itemid=46>. Acesso em: 22 mai. 2012.

BACCARI JÚNIOR, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: Editora UEL, 2001. 141p.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais**: Conforto animal. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2010. 269p.

BANKS, E. M. Behavioral research to answer questions about animal welfare. **Journal of Animal Science**, v.54, n.2, p.434-446, 1982.

BHATTI, S. A.; ALI, A.; NAWAZ, H.; MCGILL, D.; SARWAR, M.; AFZAL, M.; KHAN, M. S.; EHSANULLAH.; AMER, M. A.; BUSH, R.; WYNN, P. C.; WARRIACH, H. M. Effect of pre-weaning feeding regimens on post-weaning growth performance of Sahiwal calves. **Animal Journal**, v.6, n.8, p.1231–1236, 2012.

BIANCA, W. Rectal temperature and respiratory rate as indicators of heat tolerance in cattle. **Journal of Agriculture Science**, v.60, p.113-120, 1963.

BLINGH, J.; JOHNSON, K. G. Glossary of terms for thermal physiology. **Journal of Applied Physiology**, v.35, n.6, p.941-961, 1973.

BOUZIDA, N.; BENDADA, A.; MALDAGUE, X. P. Visualization of body thermoregulation by infrared imaging. **Journal of Thermal Biology**, v.34, n.3, p.120-126, 2009.

BUCKLEY, S. S. **Open stables versus close stables for dairy animals**. Maryland: The Maryland Agricultural Experiment Station, 1913. p.219-262. (Bulletim, 177).

BUSTOS MAC-LEAN, P. A. **Programa de suplementação de luz e relações entre variáveis fisiológicas e termográficas de bezerros em aleitamento em clima quente.** 2012. 103f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2012.

CAMPOS, A. T.; KLOSOWSKI, E. S.; GASPARINO, E.; CAMPOS, A. T.; SANTOS, W. B. R. Análise térmica de abrigos individuais móveis e sombrite para Bezerros. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.27, n.1, p.153-161, 2005.

CARVALHO, G. G. P.; PIRES, A. J. V.; SILVA, H. G. O.; VELOSO, G. M.; SILVA, R. R. Aspectos metodológicos do comportamento ingestivo de cabras lactantes alimentadas com farelo de cacau e torta de dendê. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.103-110, 2007.

CHUA, B.; COENEN, E.; VAN DELEN, J.; WEARY, D. M. Effects of pair versus individual housing on the behavior and performance of dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.2, p.360–364, 2002.

COELHO, S. G.; GONÇALVES, L. C.; COSTA, T. C.; FERREIRA, C. S. Alimentação de bezerras leiteiras. In: **Alimentação de gado de leite**. Belo Horizonte: Editora FEPMVZ, 2009. p.50-67.

CONCEIÇÃO, M. N. **Avaliação da influência do sombreamento artificial no desenvolvimento de novilhas em pastagens**. 2008. 137f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2008.

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, p.536-539, 2008.

CORTIZO, E. C.; BARBOSA, M. P.; SOUZA, L. A. C. Estado da arte da termografia. **Fórum Patrimônio: Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável**, Belo Horizonte, v.2, n.2, p.158-193, 2008.

CUNHA, D. N. F. V. **Desempenho, variáveis fisiológicas e comportamento de bezerros mestiços Holandês x Zebu mantidos em diferentes instalações ao ar livre.** 2004. 97f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

DADO, R. G.; ALLEN, M. S. Variation in and relationships among feeding, chewing, and drinking variables for lating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.132-144, 1994.

DAVIS, L. R.; AUTREY, K. M.; HERLICH, H.; HAWKINS JÚNIOR, A. D. G. E. Outdoor individual portable pens compared with conventional housing for raising dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v.37, p.562-570, 1954.

DIAZ, M. C.; VAN AMBURGH, M. E.; SMITH, J. M.; KELSEY, J. M.; HUTTEN, E. L. Composition of growth of Holstein calves fed milk replacer from birth to 105 kilogram body weight. **Journal of Dairy Science**, v.84, n.4, p.830–842, 2001.

DORNELLES, K. A.; RORIZ, M. Thermal inertia, comfort and energy consumption in buildings: a case study in São Paulo State - Brazil. **International Journal for Housing Science and its Applications**, v.28, p.153-162, 2004.

DRACKLEY, J. K. Calf nutrition from birth to breeding. **Veterinary Clinics Food Animal**, v.24, n.1, p.55-86, 2008.

DUKES, H. H. **Fisiologia dos animais domésticos**. 11.ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 1996. 856p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2012. **Principais países produtores de leite no mundo.** Disponível em: <http://www.cnpgl.embrapa.br/nova /informacoes/estatisticas/producao/tabela02 12.php>. Acesso em: 18 jun. 2013.

FAÇANHA, D. A. E.; VASCONCELOS, A. M.; SILVA, W. S. T.; CHAVES, D. F.; MORAIS, J. H. G.; OLIVIO, C. J. Respostas comportamentais e fisiológicas de bezerros leiteiros criados em diferentes tipos de instalações e dietas líquidas. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.5, n.3, p.250-257, 2011.

FAÇANHA, D. A. E.; VASCONCELOS, A. M.; OLIVIO, C. J.; CARVALHO, N. M. Comportamento de bezerros da raça Holandesa submetidos a diferentes tipos de instalações. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 23., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.115-116.

FAGHIH, A. K.; BAHADORI, M. N. Solar radiation on domed roofs. **Energy and Buildings**, v.41, p.1238-1245, 2009.

FERREIRA, F.; PIRES, M. F. A.; MARTINEZ, M. L. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.5, p.732-738, 2006.

FIORELLI, J.; MORCELI, J. A. B.; VAZ, R. I.; DIAS, A. A. Avaliação da eficiência térmica de telha reciclada à base de embalagens longa vida. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.2, p.204-209, 2009.

FIORELLI, J.; SCHMIDT, R.; KAWABATA, C. Y.; OLIVEIRA, C. E. L.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; ROSSIGNOLO, J. A. Eficiência térmica de telhas onduladas de fibrocimento aplicadas em abrigos individuais para bezerros expostos ao sol e à sombra. **Revista Ciência Rural,** v.42, n.1, p.64-67, 2012.

FONSECA, P. C. F.; ALMEIDA, E. A.; PASSINI, R. Thermal comfort indices in individual shelters for dairy calves with different types of roofs. **Revista Engenharia Agrícola**, v.31, n.6, p.1044-1051, 2011.

HARTSOCK, T. G. Ethological approach to farm animal behavior research. **Journal of Animal Science**. v.54, n.2, p.447-449, 1982.

HEAD, H. H. Management of dairy cattle um tropical and subtropical envirouments. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOCLIMATOLOGIA, 2., 1995, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBB, 1995. p.26-68.

HUTJENS, M. F. Accelerated replacement heifer feeding programs. **Advances in Dairy Technology**, v.16, p.145-152, 2004.

ISPIERTO, I. G. F.; GATIUS, F. L.; SANTOLARIA, P.; YÁNIZ, J. L.; NOGAREDA, C.; BÉJAR, M. L.; RENSIS, F. Relationship between heat stress during the peri-implatation period and early fetal loss in dairy cattle. **Theriogenology**, v.65, n.4, p.799-807, 2006.

ÍTAVO, L. C. V.; SOUZA, S. R. M. B. O.; RÍMOLI, J.; ÍTAVO, C. C. B. F.; DIAS, A. M. Comportamento ingestivo diurno de bovinos em pastejo contínuo e rotacionado. **Archivos de Zootecnia,** v.57, n.217, p.43-52, 2008.

KASTBERGER, G.; STACHL, R. Infrared imaging technology and biological applications. **Behavior Research Methods, Instruments & Computers**, v.35, n.3, p.429-439, 2003.

KAWABATA, C. Y. **Desempenho térmico de diferentes tipos de telhado em bezerreiros individuais**. 2003. 108f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2003.

KHAN, M. A.; LEE, H.J.; LEE, W.S.; KIM, H.S.; KIM, S.B.; KI, K.S.; HA, J.K.; LEE, H.G.; CHOI, Y.J. Pre- and postweaning performance of Holstein female calves fed milk through step-down and conventional methods. **Journal of Dairy Science**, v.90, n.2, p.876–885, 2007.

KHAN, M. A.; WEARY, D. M.; VON KEYSERLINGK, M. A. G. Invited review: effects of milk ration on solid feed intake, weaning, and performance in dairy heifers. **Journal of Dairy Science**, v.94, p.1071–1081, 2011.

KNÍZKOVÁ, I.; KUNC, P.; GÜRDÍL, G. A. K.; PINAR, Y.; SELVÍ, K. Ç. Applications of infrared thermography in animal production. **Journal of the Faculty of Agriculture**, v.22, n.3, p.329-336, 2007.

KOTRBA, R.; KNÍZKOVÁ, I.; KUNC, P.; BARTOS, L. Comparison between the coat temperature of the eland and dairy cattle by infrared thermography. **Journal of Thermal Biology**, v.32, p.355-359, 2007.

LEGATES, J. E.; FARTHING, B. R.; CASADY, R. B.; BARRADA, M. S. Body temperature and respiratory rate of lactating dairy cattle under field and chamber conditions. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.8, p.2491-2500, 1991.

LIBERATI, P.; ZAPPAVIGNA, P. A dynamic computer model for optimization of the internal climate in swine housing design. **Transactions of the American Society Agricultural Engineers**, v.50, p.2179-2188, 2007.

LOPES, F. C. F.; CARNEIRO, J. C.; GAMA, M. A. S. Alimentação. In: **Manual de bovinocultura de leite**. Brasília: Editora LK; Belo Horizonte: Senar; Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2010. p.351-394.

MACHADO, P. F. Efeitos da alta temperatura sobre a produção, reprodução e sanidade de bovinos leiteiros. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊMCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fealq, 1998. p.179–201.

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. **Revista Engenharia Agrícola**, v.24, n.2, p.263-273, 2004a.

MARTELLO, L. S; SAVASTANO JÚNIOR, 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.

MELLACE, E. M.; SILVA, I. J. O.; MOURÃO, G. B.; MIRANDA, K. O. S. Avaliação comportamental de novilhas leiteiras criadas a pasto expostas a diferentes áreas de sombreamento artificial. **Thesis**, v.5, n.11, p.17-23, 2009.

MENDONÇA, S. S.; CAMPOS, J. M. S.; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R. F. D.; SOARES, C. A.; LANA, R. P.; QUEIROZ, A. C.; ASSIS, A. J.; PEREIRA, M. L. A. Comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar ou silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.723-728, 2004.

MICHELS, C. **Análise da transferência de calor em coberturas com barreiras radiantes.** 2007. 119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MICHELS, C.; LAMBERTS, R.; GÜTHS, S. Evaluation of heat flux reduction provided by the use of radiant barriers in clay tile roofs. **Energy and Buildings**, v.40, p.445-451, 2008.

MODESTO, E. C.; MANCIO, A. B.; MENIN, E.; CECON, P. R.; DETMANN, E. Desempenho produtivo de bezerros desmamados precocemente alimentados com diferentes dietas líquidas com utilização de promotor de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.429-435, 2002.

MONTANHOLI, Y. R.; ODONGO, N. E.; SWANSON, K. C.; SCHENKEL, F. S.; MCBRIDE, B. W.; MILLER, S. P. Application of infrared thermography as an indicator of heat and methane production and its use in the study of skin temperature in response to physiological events in dairy cattle (*Bos taurus*). **Journal of Thermal Biology**, v.33, p.468-475. 2008.

MÜLLER, P. B. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. Porto Alegre: Editora Sulina, 1989. p.82-116.

MURLEY, W. R.; CULVAHOUSE, E .W. Open shed and portable pens versus conventional housing for young dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v.41, p.977-981, 1958.

NICOLAU, V. P.; NUNES, A. T.; SCOPEL, D. A. B.; REINALDO, E. B. Determinação experimental de emissividades de materiais cerâmicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 52., 2008, Florianópolis. **Anais...** 2008, Florianópolis: UFSC, 2008. art.05-019.

OSBORNE, V. R.; ODONGO, N. E.; EDWARDS, A. M.; MCBRIDE, B. W. Effects of photoperiod and glucose-supplemented drinking water on the performance of dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v.90, n.11, p.5199-5207, 2007.

PERES, J. R.; SANTOS, J. P. V. A. **Qual o melhor sistema de criação de bezerros? Análise comparativa de diferentes sistemas**. 2001. Disponível em: <http://www.milkpoint.com.br /radar -tecnico/sistemas-de-producao/qual-o-melhor-sistema-de-criacao-de-bezerros-analise-comparativa-de-diferentes-sistemas-16767n.aspx>. Acesso em: 22 ago. 2012.

PERISSINOTO, M.; MOURA, D. J.; CRUZ, V. F. Avaliação da produção de leite em bovinos utilizando diferentes sistemas de climatização. **Revista de Ciências Agrárias**, v.30, n.1, p.135-142, 2007.

RIUS, A. G.; DAHL, G. D. Exposure to long-day photoperiod prepubertally may increase milk yield in first-lactation cows. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.2080-2083, 2006.

RIUS, A. G.; CONNOR, E. E.; CAPUCO, A. V.; KENDALL, P. E.; AUCHTUNG-MONTGOMERY, T. L.; DAHL, G. E. Long-day photoperiod that enhances puberty does not limit body growth in Holstein heifers. **Journal of Dairy Science**, v.88, n.12, p.4356–4365, 2005.

RIVERO, R. O. **Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural**. 2. ed. Porto Alegre: D.C. Luzzato, 1986. 240p.

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, p.127-132, 2010.

SAMPAIO, C. A. P.; CARDOSO, C. O.; SOUZA, G. P. Temperaturas superficiais de telhas e sua relação com o ambiente térmico. **Revista Engenharia Agrícola**, v.31, n.2, p.230-236, 2011.

SEVEGNANI, K. B.; GHELFI FILHO, H.; SILVA I. J. O. Comparação de vários materiais de cobertura através de índices de conforto térmico. **Scientia Agricola**, v.5, n.1, p.1-7, 1994.

SILANIKOVE, E. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v.67, p1-18, 2000.

SILPER, B. F.; COELHO, S. G.; CARVALHO, A. U. Impacto das estratégias de aleitamento no sucesso da criação de bezerras. **Revista Técnica da Bovinocultura de Leite**, v.6, n.37, p.14-19, 2012.

SILVA, R. B. **Introdução à Bioclimatologia Animal**. São Paulo: Editora Nobel, 2000. 286p.

SILVA, R. G.; MORAIS, D. A. E. F.; GUILHERMINO, M. M. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1192-1198, 2007.

SILVA, R. R.; MAGALHÃES, A. F.; CARVALHO, G. G. P.; SILVA, F. F.; FRANCO, I. L.; NASCIMENTO, P. V.; BONOMO. P. Comportamento ingestivo de novilhas mestiças de holandês suplementadas em pastejo de *Brachiaria decumbens*. Aspectos metodológicos. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.5, p.1-6, 2004.

SILVA, R. R.; SILVA, F. F.; CARVALHO, G. G. P.; FRANCO, I. L.; VELOSO, C. M.; CHAVES, M. A.; BONOMO, P.; PRADO, I. N.; ALMEIDA, V. S. Comportamento ingestivo de novilhas mestiças de holandês x zebu confinadas. **Archivos de Zootecnia**, v.54, n.205, p.75-85, 2005.

SILVA, R. R.; SILVA, F. F.; PRADO, I. N.; CARVALHO, G. G. P.; FRANCO, I. L.; ALMEIDA, V. S. Comportamento ingestivo de bovinos. aspectos metodológicos. **Archivos de Zootecnia,** v.55, n.211, p.293-296, 2006.

SOBERON, F.; RAFFRENATO, E.; EVERETT, R. W.; VAN AMBURGH M. E. Preweaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v.95, n.2, p.783-793, 2012.

SOUZA, B. B. **Importância da ambiência na produção de bovinos de corte frente às mudanças climáticas**. 2009. Disponível em: <http://www.beefpoint. com.br/radares-tecnicos/sistemas-de-producao/importancia-da-ambiencia-na-produca o-de-bovinos-de-corte-frente-as-mudancas-climaticas-54543/>. Acesso em: 25 jun. 2013.

SOUZA, B. B.; BATISTA, N. L. Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.8, n.3, p.06-10, 2012.

TINÔCO, I. F. F. Ambiência na produção animal em climas tropicais. In: SIMPÓSIO DE CONSTRUÇÕES RURAIS E AMBIÊNCIA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: UFCG/DEAG, 2004. p.1-13.

TITTO, E. A. L. Clima: Influência na produção de leite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fealq, 1998. p.10-23.

VASCONCELOS, A. M.; MORAES, D. A. E. F.; OLIVO, C. J.; FARIAS, D. A.; SAENZ, E. A. C.; LANDIM, A. V.; GOMES, T. C. L.; ROGÉRIO, M. C. P.; GOÉS, K. L. S.; NASCIMENTO, J. R.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. A. Desempenho de bezerros leiteiros submetidos a diferentes dietas líquidas e instalações durante o período hibernal. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.3, n.4, p.163-171, 2009.

VIEIRA, R. N. F. **Instalações para criação de bezerros em aleitamento**. ReHAgr. 2008. Disponível em: <http://rehagro.com.br/plus/modulos/noticias/ler.php?cdnoticia =1632>. Acesso em: 22 ago. 2012.

VILLA NOVA, N. A.; FERRAZ, E. S. B.; SANTOS, J. M.; OMETTO, J. C.; BARBIN, D. Uso do termômetro de globo na medida da carga térmica ambiente. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE ENERGIA SOLAR, 1., 1975, San Miguel. **Anais...** San Miguel: Asades, 1975. p.176-180.

WEARY, D. M.; JASPER, J.; HÖTZEL, M. J. Understanding weaning distress. **Applied Animal Behaviour Science**, v.110, p.24–41, 2008.

WEST, J. W. Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cow. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.2, p.21-35, 1999.

WEST, J. W. Effects of heat stress on production in dairy cattle. **Journal of Dairy Science,** v.86, n.6, p.2131-2144, 2003.

WRAY, C.; AKBARI, H. The effects of roof reflectance on air temperatures surrounding a rooftop condensing unit. **Energy and Buildings**, v.40, p.11-28, 2008.

WRIGHT, R. E.; VINES, D. T.; JENNY, B. F.; LINVILL, D. E.; PARR, B. H. Calf housing in a warm climate. In: NATIONAL DAIRY HOUSING CONFERENCE, 2., 1983, Wisconsin. **Proceedings…** Wisconsin: Asae, 1983. p.235.

YOUSEF, M. K.; JOHNSON, H. D. Endocrine system and thermal environment. In: YOUSEF, M. K. **Stress physiology in livestock**. Boca Raton: CRC Press, 1985. v.1, p.133-142.

ZOTTI, C. A. **Desempenho, respostas fisiológicas e comportamentais de novilhas leiteiras mantidas em diferentes regimes de ventilação forçada**. 2010. 63f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Instituto de Zootecnia - Apta/SAA, Nova Odessa, 2010.

CAPÍTULO 2: Manejo da suplementação de luz e seus efeitos no custo de criação de bezerras leiteiras na fase de aleitamento

Resumo

Objetivou-se, com este trabalho, avaliar programas de iluminação suplementar para bezerras em abrigos individuais, com diferentes materiais de cobertura, como estratégia ao estímulo de consumo de concentrado, redução do período de aleitamento e viabilidade técnico-econômica desse manejo. Foram utilizadas 27 bezerras Girolando, distribuídas aleatoriamente em abrigos individuais com três materiais de cobertura (telha de fibrocimento, telha reciclada e cobertura de palha), associados a três tempos de iluminação (12, 16 e 20 h), com três repetições. O delineamento adotado foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial 3 × 3. Não se verificou interação entre os tipos de coberturas × iluminação suplementar, também não se evidenciou efeito significativo dos tipos de cobertura sobre o consumo médio de concentrado e ocorrência de diarréia nas bezerras. Por outro lado, o tempo de iluminação de 20 h estimulou o consumo de concentrado e possibilitou desaleitamento das bezerras aos 55 dias de idade e redução de 20% no custo de criação dos animais na fase de aleitamento.

Palavras-chave: ambiência animal, bovinocultura de leite, iluminação suplementar, viabilidade econômica

Supplemental light management and its effects on the cost of rearing dairy calves during milk feeding stage

Abstract

The objective of this work was to evaluate programs of supplementary lighting for calves in individual shelters with different roof materials, as a strategy to stimulate concentrate consumption and the reduction of the milk feeding period and increase financial viability. 27 dairy calves crossed Holstein × Gir were randomly distributed in individual shelters with three different roofing materials (fibre cement tile, recycled tile and thatched roofs), associated with three different lighting time (12, 16 and 20 h) and with three repetition. The experimental design was completely randomized in 3 × 3 factorial arrangement. There was no interaction between the types of roofs × supplemental light; also there was no significant effect of the covering types on the average consumption of concentrate and diarrhea in calves. On the other hand 20 h of lighting stimulated the consumption of concentrated and allowed weaning of calves at 55 days of age and 20% reduction in the cost of rearing animals during milk feeding stage.

Key words: animal environment, dairy cattle, economic viability, supplemental lighting

1. Introdução

A bovinocultura de leite é um dos segmentos mais importantes da agropecuária brasileira, que atualmente passa por inúmeras transformações como resultado da economia e adoção de modernas tecnologias, o que permitirá produzir de forma mais eficiente e se manter competitivo em um mercado globalizado.

Um dos entraves ao potencial de crescimento da pecuária leiteira é atribuído à negligência dos produtores e ao deficiente manejo alimentar dos animais, muitas vezes ligado aos elevados custos com a criação das bezerras leiteiras na fase de aleitamento e pós-aleitamento, que restringe o crescimento e retarda o início da puberdade dos animais (BHATTI et al., 2012).

A criação de bezerras para reposição em rebanhos leiteiros demanda custos elevados e nenhum ganho comercial é obtido até se atingir a idade da primeira lactação (GRETER et al., 2010). No Brasil, é comum a prática de fornecer quatro litros de leite por dia, ou 8 a 10% do peso da bezerra, até a idade de 60 dias (COELHO et al., 2009; LOPES et al., 2010). Entretanto, bezerras com maior ganho de peso na fase inicial foram mais precoces à puberdade, reduzindo a idade ao primeiro parto e aumentando a produtividade por dia de vida do animal, quando comparadas com animais que apresentaram menor desempenho na fase inicial (SOBERON et al., 2012). Geralmente, o desaleitamento é realizado com base na idade do animal (mais comum aos 60 dias), ou quando a bezerra de raça de grande porte ingeri, por três dias consecutivos, 0,800 kg de concentrado, ou ainda, quando atinge 90 a 100 kg de peso vivo (LOPES et al., 2010).

De acordo com Miller-Cushon et al. (2013), para se alcançar bons resultados no desempenho de bezerras leiteiras após o desaleitamento, se faz necessário que os animais consumam quantidades satisfatórias de alimentos sólidos, ainda na fase de aleitamento, antes da total retirada do leite. Este consumo de alimentos sólidos durante essa fase pode ser estimulado por manejos que adotem métodos graduais de desaleitamento (KHAN et al., 2007) ou pela facilitação social de bezerras alojadas em grupos (CHUA et al., 2002; DE PAULA VIEIRA et al., 2010).

Na tentativa de reduzir o investimento e também de antecipar o início do consumo de alimentos sólidos nesta fase de criação, deve-se atentar para o estresse provocado pelo calor, como um dos principais fatores limitantes ao desempenho animal em regiões tropicais. Os animais em estresse térmico apresentam alterações fisiológicas, diminuição da ingestão de alimentos e do ganho de peso. Nos períodos mais críticos do

ano, com relação à temperatura ambiente, os animais também podem sofrer a influência do fotoperíodo (dias mais longos e dias mais curtos) e da intensidade de radiação solar. Neste caso, uma opção para diminuir os efeitos do estresse calórico consiste na redução do número de horas de ingestão diurna e aumento da ingestão noturna de alimentos, proporcionando horas de luz para os animais, no período noturno (BUSTOS MAC-LEAN, 2012).

A restrição do fornecimento de leite para incentivar o consumo de alimentos sólidos em bezerros na fase de aleitamento conduz ao desenvolvimento fisiológico e metabólico do rúmen; no entanto, torna-se importante somente após a 3ª semana de idade, quando os bezerros são capazes de digerir partículas sólidas. Isto faz com que os animais expressem seu comportamento alimentar precocemente, o que reduz os sinais de fome e apresentem maior crescimento com melhor saúde, possibilitando a diminuição da idade de desmame (KHAN et al., 2011).

O consumo precoce de concentrado tem os efeitos benéficos de acelerar a motilidade e o desenvolvimento muscular do rúmen e melhora a resistência do animal a possíveis problemas sanitários. Assim, os custos com medicamentos são reduzidos, além de permitir o desaleitamento dos bezerros mais precocemente, com redução no consumo de leite pelos animais (OTTERBY e LINN, 1981; WILLIAMS et al., 1985; MACHADO NETO et al., 2004).

A suplementação de luz durante a lactação tem sido utilizada para aumentar a produção de leite (EVANS e HACKER, 1989; DAHL et al., 1997; DAHL et al., 2000) e estimular o ganho de peso em novilhas (TUCKER et al., 1984) e bezerros na fase de aleitamento (OSBORNE et al., 2007). Segundo Hossner (2005), os bovinos quando submetidos a maior tempo de exposição à luz, podem aumentar o consumo de concentrado e as taxas de crescimento em até 10%. Novilhas expostas a fotoperíodo longo apresentaram maior crescimento e início precoce da puberdade, em comparação com novilhas expostas a fotoperíodo curto (RIUS et al., 2005). Sendo assim, a suplementação de luz, consiste em um manejo que pode aumentar o crescimento e acelerar o início da puberdade em bovinos (HANSEN et al., 1983; PETITCLERC et al., 1983; SCHILLO et al., 1992) e, nesse caso, reduzir a idade das bezerras, ao desmame (BUSTOS MAC-LEAN, 2012).

Nesse sentido, objetivou-se com esta pesquisa avaliar programas de iluminação suplementar para bezerras em abrigos individuais com diferentes materiais de cobertura,

como estratégia ao estímulo de consumo de concentrado, redução do período de aleitamento e viabilidade técnico-econômica desse manejo.

2. Material e métodos

O estudo foi realizado no período de janeiro a março de 2012, durante a estação de verão, na Fazenda Várzea Alegre, localizada na Região Agreste do Estado de Pernambuco, no Nordeste do Brasil (8º 17’ S, 36º 53’ W e 800 m de altitude) (Figura 1). A precipitação pluviométrica média da região é de 730 mm por ano, com temperatura média anual de 24,8 °C. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é caracterizado como extremamente quente, semiárido (BSsh) (MONTENEGRO e MONTENEGRO, 2006).

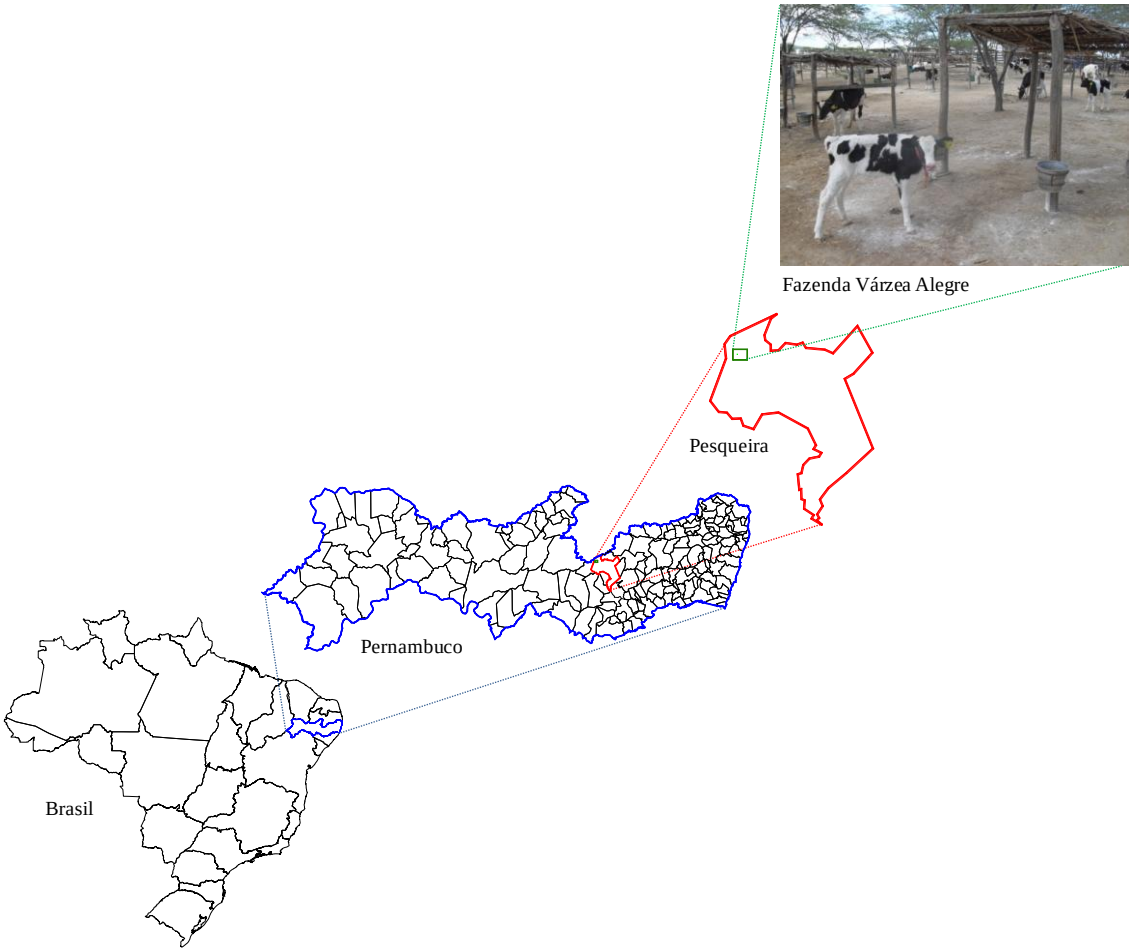

Figura 1. Localização da Fazenda Várzea Alegre no município de Pesqueira, Estado de Pernambuco, Brasil

Foram utilizadas 27 bezerras mestiças de composição genética 7/8 Holandês e 1/8 Gir, com idade média de 15 dias, alojadas em abrigos individuais com dimensões de 1,80 m de comprimento; 1,50 m de largura; 1,45 m de altura e sem fechamentos laterais

(Figura 2). As bezerras foram criadas na mesma área e eram capazes de ouvir e ver os outros animais, no entanto, nenhum outro tipo de contato social era possível.

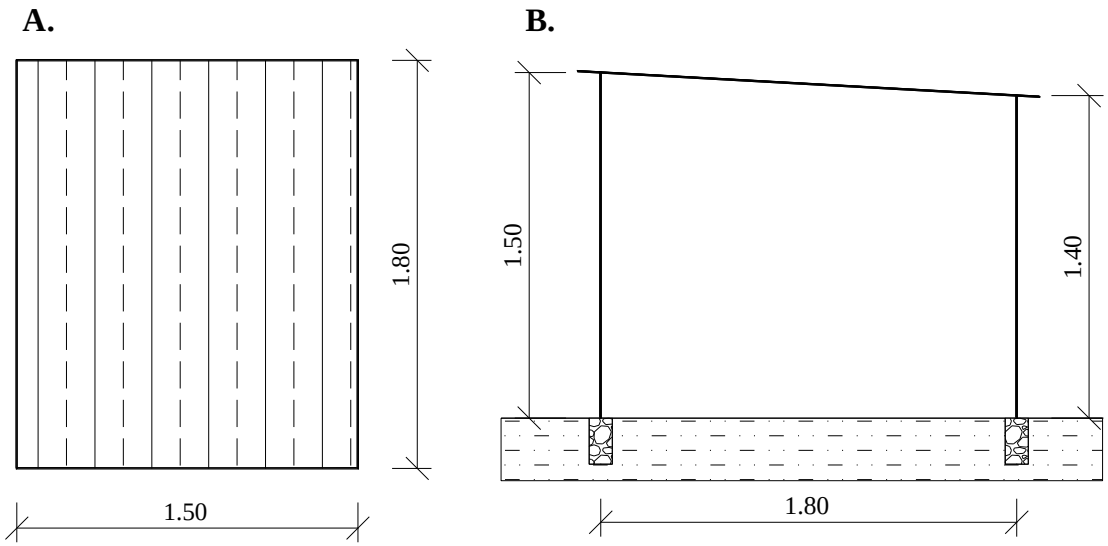

Figura 2. Planta baixa (A) e corte longitudinal do abrigo individual (B)

Foram avaliados três materiais de cobertura: telha de fibrocimento; telha reciclada (75% polímero, 25% alumínio) e cobertura de palha (palha de palmeira, *Syagrus coronata*), utilizados nos abrigos individuais. Considerou-se também, no arranjo experimental, a associação dos tipos de cobertura a diferentes tempos de luz, proporcionados por programas de iluminação suplementar: luz natural + 4 h de iluminação suplementar (16 h de luz); luz natural + 8 h de iluminação suplementar (20 h de luz) e comparados com luz natural (12 h de luz).

As iluminações suplementares nos abrigos individuais foram proporcionadas por lâmpadas incandescentes de 40 W, com comprimento de onda variando de 450 a 850 nm e fluxo luminoso de 415 lm. Cada abrigo foi equipado com uma lâmpada fixada a 1,40 m do solo, numa posição que permitisse a iluminação da área destinada ao animal. Estas lâmpadas foram acionadas por um timer programado para ligar diariamente às 18 h (horário local), não havendo interrupção de luz até o final do turno da iluminação suplementar para cada tratamento.

Após o nascimento, as bezerras foram apartadas das mães, levadas ao bezerreiro e alojadas nos abrigos individuais. Nos três primeiros dias de idade foram fornecidos 4 L de colostro em balde individual, dividido em duas refeições diárias, 2 L no turno da manhã (5 h) e 2 L no turno da tarde (17 h), conforme o manejo adotado pela fazenda.

As bezerras tinham acesso ao seu próprio balde de água e de concentrado e receberam o mesmo volume de leite integral, até o desaleitamento, também dividido em dois turnos (manhã e tarde) (Figura 3).



Figura 3. Abrigo equipado com baldes individuais para fornecimento de leite, ração e água para as bezerras

As bezerras tinham livre acesso ao concentrado peletizado, com 18% de proteína bruta e composição básica de milho integral moído, farelo de soja, farelo de trigo, melaço, casca de arroz, sais minerais e vitaminas. As sobras das rações eram pesadas às 6 e 18 h, antes de cada novo fornecimento, por meio de balança digital com capacidade para 15,0 kg e precisão de 0,002 kg. O critério adotado para o desaleitamento das bezerras consistiu na avaliação do consumo médio diário de concentrado, ou seja, quando os animais passaram a ingerir 0,800 kg de concentrado por três dias consecutivos (LOPES et al., 2010).

As variáveis climáticas foram registradas a cada hora, em cada abrigo individual e no ambiente externo, utilizando *dataloggers*, modelo Hobo U12-12 (Onset Computer Corporation Bourne, MA, USA), para o registro da temperatura de bulbo seco (TBS) e

umidade relativa do ar (UR). Os *dataloggers* foram fixados no interior dos abrigos, posicionados no centro geométrico da instalação, a uma altura de 1,40 m. No ambiente externo, os equipamentos foram instalados em abrigo meteorológico a 1,50 m de altura do solo.

Para análise da eficiência térmica dos abrigos individuais, cobertos com diferentes materiais, determinou-se a entalpia específica (H), que foi calculada usando a equação (1) proposta por Rodrigues et al. (2010):

$$H = 1{,}006 \cdot TBS + \frac{UR}{P_{atm}} \cdot 10^{\left(\frac{7{,}5 \cdot TBS}{237{,}3 + TBS}\right)} \cdot (71{,}28 + 0{,}052 \cdot TBS) \quad (1)$$

em que:

H - entalpia específica (kJ/kg de ar seco);

TBS - temperatura de bulbo seco (°C);

UR - umidade relativa (%);

P_{atm} - pressão atmosférica local (mmHg).

A consistência das fezes dos animais foi observada diariamente, para registrar a ocorrência de diarréia. Quando consideradas normais, atribuiu-se o valor “0 (zero)”; às fezes consideradas diarréicas, o valor “1 (um)”. Foram registradas informações relacionadas ao controle da diarréia, após diagnóstico (Figura 4A), número do animal, data da medicação (Figura 4B).

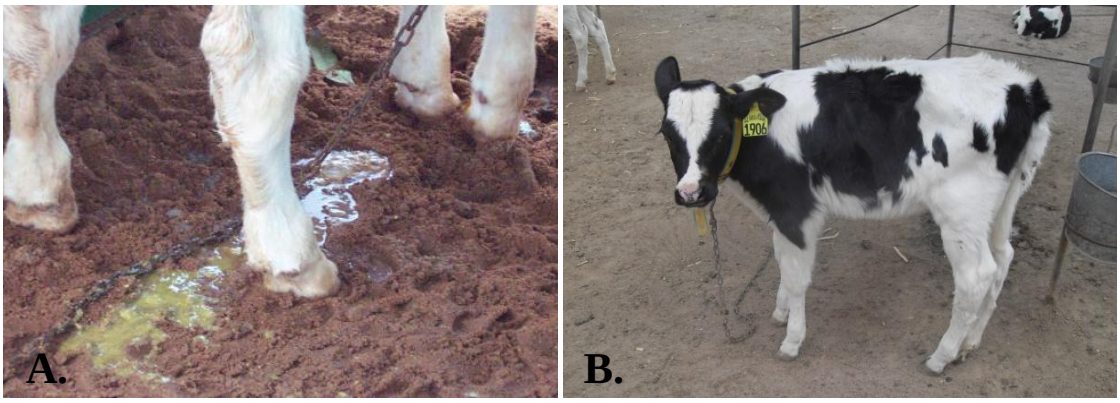

Figura 4. Observação diária dos animais para identificação da ocorrência de diarréia (A) e registro do animal (B)

Para análise técnico-econômica, foi considerado o preço médio do leite pago aos produtores da região, o preço médio do concentrado, o preço do medicamento utilizado no tratamento de diarréia e o custo com o consumo de energia elétrica pelo sistema de iluminação suplementar, a partir do momento em que as lâmpadas permaneceram ligadas, no decorrer do período experimental.

Com base nos materiais de cobertura (telha de fibrocimento, telha reciclada e palha) e nos tempos iluminação (12, 16 e 20 h) foram utilizadas 27 bezerras, distribuídas aleatoriamente nos abrigos individuais, em delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 3 × 3, com três repetições (Figura 5), de acordo com o modelo matemático apresentado na equação (2):

$$Y_{ij} = \mu + C_i + T_j + (C \times TI)_{ij} + E_{ij} \quad (2)$$

em que:

Y_{ij} - valor de cada observação;

μ - média geral;

C_i - efeito da cobertura i (i = 1,2,3);

TI_j - efeito do tempo de iluminação j (j = 1,2,3);

$(C \times TI)_{ij}$ - efeito da interação da cobertura i com o tempo de iluminação j;

E_{ij} - efeito do erro associado a cada observação.

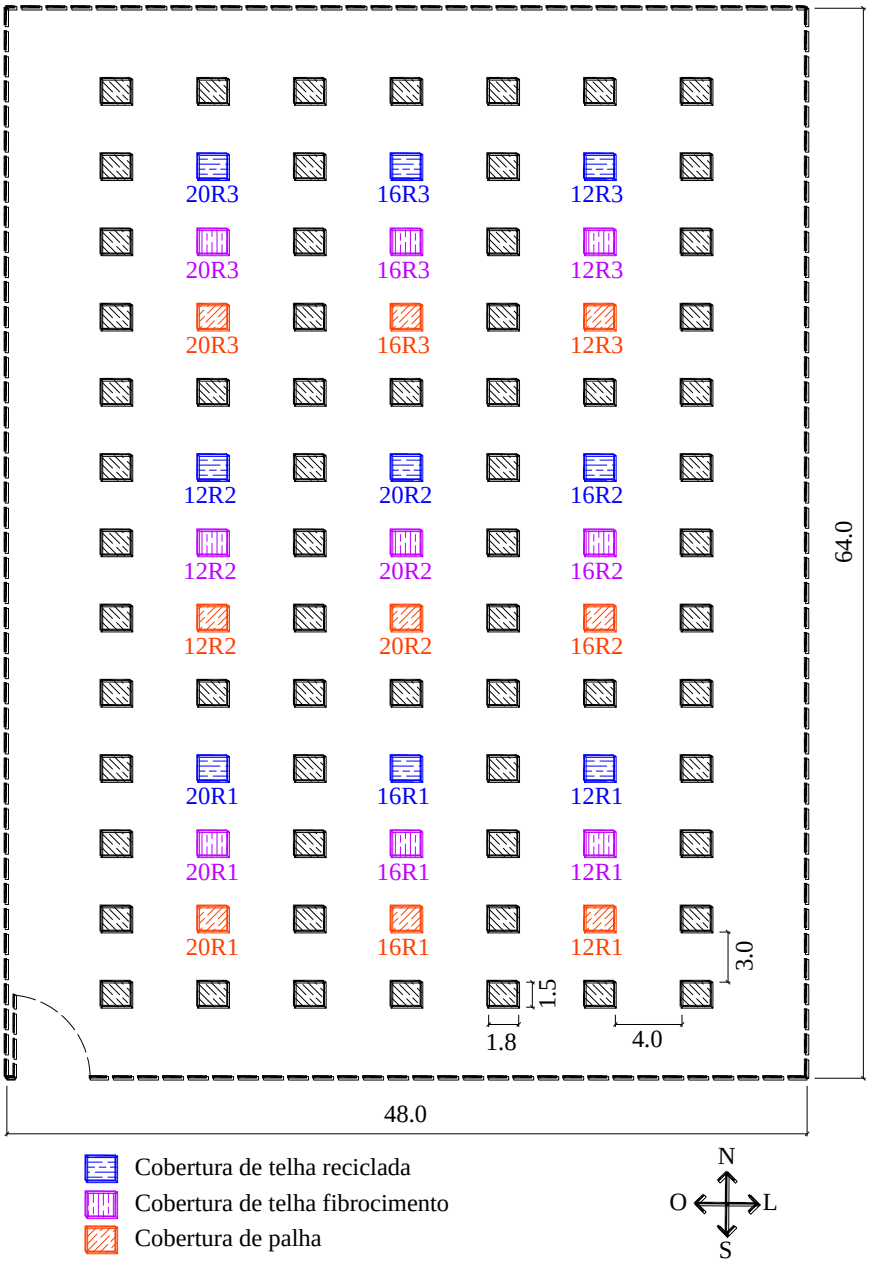

Figura 5. Disposição dos abrigos individuais utilizados no experimento dentro da área destinada à criação das bezerras durante a fase de aleitamento

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa computacional SAS - Statistical Analysis System, Versão 8 (2007). As inferências obtidas foram avaliadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância. A variável não paramétrica diarréia foi analisada pelo teste do Qui-quadrado (X^2).

3. Resultados e discussão

Os abrigos cobertos com telhas de fibrocimento, telhas recicladas e cobertura com palhas mostraram pequenas variações na entalpia. Isso ocorreu pelo fato dos abrigos não possuírem fechamentos laterais, o que favoreceu a maior circulação de ar no seu interior. No entanto, houve intersecção entre as curvas estabelecidas a partir das médias obtidas para os três materiais de cobertura, nos horários de maior insolação, entre 8 e 15 h, o que sugere maior inércia térmica para coberturas de palha e telhas recicladas, quando comparadas com as coberturas de telhas de fibrocimento (Figura 6A). Estes resultados corroboram Fiorelli et al. (2009), que não verificaram diferenças ($P > 0,05$) para o índice de temperatura e umidade em instalações zootécnicas abertas lateralmente e cobertas com telhas de fibrocimento e telhas recicladas.

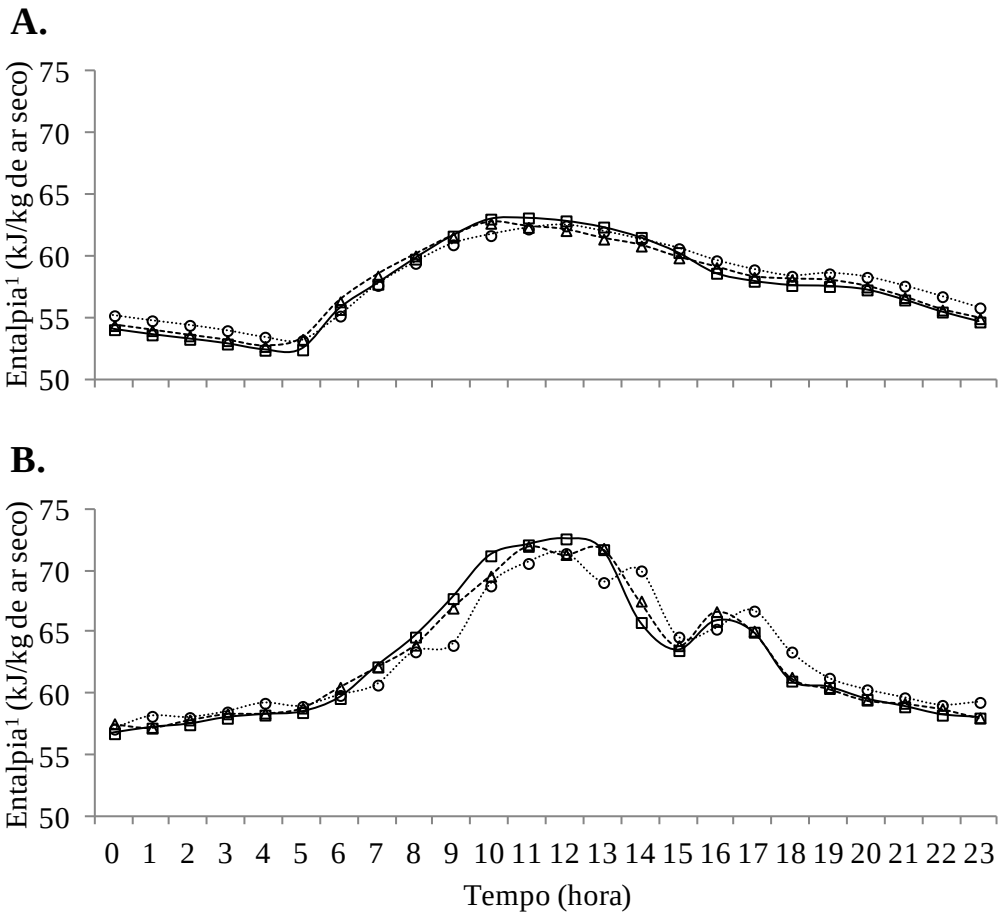

Figura 6. Variação da entalpia específica no interior dos abrigos individuais com diferentes materiais de cobertura: (A) valores médios horários de entalpia registrada no período experimental; (B) valores horários para o dia de maior entalpia durante o período experimental

[1]Entalpia = entalpia específica (kJ/kg de ar seco): abrigos cobertos com telhas de fibrocimento (□); abrigos cobertos com telhas recicladas (Δ) e abrigos cobertos com palhas (○)

A Figura 6B mostra os valores de entalpia para um único dia, ou seja, o dia que apresentou a entalpia mais elevada e, portanto, o dia de condições mais desconfortáveis. Este dia teve valores superiores à entalpia crítica superior de 66 kJ kg^{-1} de ar seco, no período entre 9 e 17 h, determinado a partir da temperatura de 25 ºC e da umidade relativa do ar de 75%, considerado como valor crítico para bezerros (KAWABATA et al., 2005).

Os abrigos cobertos com palha e telha reciclada apresentaram melhor desempenho térmico em relação aos abrigos cobertos com telha de fibrocimento. As coberturas de palha, devido à sua capacidade de absorção de água, em que nos horários de menores temperaturas, o vapor d'água se condensou e pôde ser absorvido pelo material. Durante o dia, com a temperatura mais elevada, parte da radiação incidente foi utilizada no processo de evaporação da água (MICHELS et al., 2008). Assim, a cobertura de palha começou a aquecer somente após ter terminado esse processo. Além disso, este tipo de cobertura proporcionou circulação de ar pelos espaços existentes entre as camadas de palha, o que promove maior troca de energia por convecção. A eficiência dos abrigos cobertos com telha reciclada se atribui aos materiais constituintes das telhas; os fragmentos de alumínio presentes em sua composição (25%) contribuíram para reflexão de parte da radiação incidente sobre a cobertura e, os polímeros reciclados (75%), por apresentarem baixa condutividade térmica retardaram a transmissão de energia para o interior dos abrigos.

O consumo de concentrado (Tabela 1) e ocorrência de diarréia (Tabela 2) não apresentaram diferença estatística ($P > 0,05$) entre os animais submetidos aos abrigos cobertos com seus respectivos materiais de cobertura. Além disso, não houve interação entre os tipos de cobertura e a iluminação suplementar. Estes resultados estão de acordo com os verificados por Cunha et al. (2007), que também não verificaram efeitos significativos sobre o consumo médio diário de concentrado entre os bezerros, durante a fase de aleitamento, alojados em abrigos cobertos com diferentes materiais, em comparação com o consumo de concentrado de bezerros criados a céu aberto.

Tabela 1. Valores médios diários e desvio padrão do consumo de concentrado por animal em função dos materiais de cobertura

Consumo médio diário de concentrado nas semanas (kg)	Tipos de cobertura[1]		
	Fibrocimento	Reciclada	Palha
3ª semana de idade	0,197 ± 0,117	0,188 ± 0,119	0,133 ± 0,085
4ª semana de idade	0,290 ± 0,158	0,249 ± 0,187	0,171 ± 0,079
5ª semana de idade	0,374 ± 0,191	0,328 ± 0,224	0,228 ± 0,088
6ª semana de idade	0,422 ± 0,229	0,358 ± 0,210	0,243 ± 0,137
7ª semana de idade	0,399 ± 0,241	0,317 ± 0,195	0,364 ± 0,142
8ª semana de idade	0,603 ± 0,265	0,668 ± 0,299	0,627 ± 0,297
9ª semana de idade	1,007 ± 0,351	1,029 ± 0,399	0,853 ± 0,359
10ª semana de idade	1,183 ± 0,401	1,200 ± 0,456	1,083 ± 0,251

[1]Tipos de cobertura: Fibrocimento = abrigo coberto com telha de fibrocimento; Palha = abrigo coberto com palha; Reciclada = abrigo coberto com telha reciclada.

Tabela 2. Frequência de ocorrência e necessidade de intervenção medicamentosa para tratamento da diarréia nas bezerras, em função dos materiais de cobertura

Tipos de cobertura[1]	Observações			Número de animais	Intervenção medicamentosa/animal
	Fezes normais	Diarréia	Total		
Fibrocimento	491	13	504	9	1,44
Reciclada	489	15	504	9	1,66
Palha	591	13	504	9	1,44
$X^2 = 0,2006$					$P > 0,05$

[1]Tipos de cobertura: Fibrocimento = abrigo coberto com telha de fibrocimento; Palha = abrigo coberto com palha; Reciclada = abrigo coberto com telha reciclada

Em relação à suplementação de luz, não houve diferenças significativas no consumo médio de concentrado para bezerras expostas a 12, 16 e 20 h de iluminação, da 3ª à 7ª semana de idade. No entanto, da 8ª à 10ª semana de idade, foram encontradas diferenças significativas ($P < 0,05$) para bezerras submetidas a 20 h de iluminação, em comparação com as bezerras que não tiveram acesso à iluminação artificial (Tabela 3).

As bezerras com 20 h de iluminação consumiram mais concentrado, portanto, a iluminação suplementar estimulou a ingestão de alimentos. Como todos os animais receberam leite no final da tarde (17 h), estes ficaram saciados e não buscaram ingerir mais concentrado no início da noite. Com o avançar do tempo, os animais procuraram novamente por alimentos e, no caso de 12 e 16 h de iluminação as luzes já estavam desligadas e, consequentemente, a ingestão de concentrado foi reduzida. Este resultado discorda de Bustos Mac-Lean (2012), que não encontrou diferença no consumo de

concentrado entre bezerras expostas a 12 e 18 h de luz, em que a iluminação suplementar foi acionada a partir de 0 h até o início da luz natural; possivelmente, porque este intervalo de iluminação coincidiu com o período em que os animais passaram a maior parte do tempo dormindo.

Os estudos realizados por Osborne et al. (2007) revelaram que bezerros expostos a fotoperíodo longo (16 a 18 h de luz) tiveram maior ingestão de concentrado do que animais expostos a fotoperíodo curto (10 a 12 h de luz); no entanto, os autores afirmam que não houve diferença no consumo de concentrado de 0 a 28 dias de idade. Normalmente, os bezerros não apresentam ganho de peso significativo nesta idade (2ª à 3ª semana), devido a uma série de desafios impostos ao rúmen, que incluem o desenvolvimento, saúde, mudanças ambientais e absorção de nutrientes (DAVIS e DRACKLEY, 1998; DIAZ et al., 2001).

O consumo médio diário de concentrado superior a 0,800 kg por três dias consecutivos foi observado na 8ª semana, aos 55 dias de idade, nas bezerras submetidas a 20 h de luz; nesta semana as bezerras já consumiam, em média, 0,952 kg de concentrado por dia, seguidas dos animais com 16 h de luz diária, que atenderam ao critério de desaleitamento na 9ª semana, aos 61 dias de idade, que consumiram, em média, 0,845 kg de concentrado por dia. As bezerras sem iluminação suplementar (12 h de luz) começaram a ingerir 0,800 kg de concentrado por três dias consecutivos, apenas na 10ª semana, aos 66 dias de idade, consumindo 0,881 kg de concentrado por dia (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios diários e desvio padrão do consumo de concentrado por animal em função do tempo de iluminação

Consumo médio diário de concentrado nas semanas (kg)	Tempo de luz[1]		
	12 h	16 h	20 h
3ª semana de idade	0,183 ± 0,097 [a]	0,127 ± 0,074 [a]	0,208 ± 0,127 [a]
4ª semana de idade	0,248 ± 0,210 [a]	0,164 ± 0,083 [a]	0,300 ± 0,230 [a]
5ª semana de idade	0,291 ± 0,219 [a]	0,232 ± 0,125 [a]	0,407 ± 0,249 [a]
6ª semana de idade	0,273 ± 0,239 [a]	0,329 ± 0,232 [a]	0,422 ± 0,289 [a]
7ª semana de idade	0,296 ± 0,224 [a]	0,308 ± 0,203 [a]	0,523 ± 0,321 [a]
8ª semana de idade	0,431 ± 0,293 [a]	0,516 ± 0,265 [ab]	0,952 ± 0,399 [b]
9ª semana de idade	0,740 ± 0,386 [a]	0,845 ± 0,346 [ab]	1,305 ± 0,439 [b]
10ª semana de idade	0,881 ± 0,382 [a]	1,156 ± 0,368 [ab]	1,431 ± 0,423 [b]

[a-b]Médias seguidas de sobrescritos diferentes na mesma linha diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. [1]Tempo de luz: 12 h = 12 horas de luz natural; 16 h = 12 horas de luz natural + 4 horas de iluminação suplementar; 20 h = 12 horas de luz natural + 8 horas de iluminação suplementar

O teste do qui-quadrado evidenciou que a ocorrência de diarréias depende da iluminação suplementar (Tabela 4) e, está relacionada com o consumo de concentrado dos animais. Verificou-se que as bezerras que não tinham acesso à iluminação suplementar (12 h de luz) apresentaram maior ocorrência de diarréia durante a fase de aleitamento, com 19 (3,8%) observações de fezes diarréicas, seguidas das bezerras submetidas a 16 e 20 h de luz, que apresentaram 17 (3,3%) e 4 (0,8%) observações, durante o período experimental. Estes resultados apontam para a necessidade de 2,11; 1,88 e 0,44 intervenções medicamentosas por animal, para o tratamento da diarréia, respectivamente, para as bezerras sem acesso à iluminação suplementar (12 h de luz), com 4 h de iluminação suplementar (16 h de luz) e 8 h de iluminação suplementar (20 h de luz), conforme apresentado na Tabela 4.

Estes resultados corroboram os achados de Mcknight (1978), que analisou o desempenho de bezerros de raça Holandês em região de clima temperado e Cunha et al. (2007), que estudaram o desempenho de bezerros mestiços de Holandês × Zebu, em regiões de clima tropical. Ambos os autores verificaram reduções na ocorrência de diarréia em animais que consumiram maior quantidade de concentrado e, portanto, menor necessidade de intervenção medicamentosa, em comparação com animais que consumiram menor quantidade de concentrado durante a fase de aleitamento. Assim, quando os animais são acometidos por enfermidades, existe a necessidade de tratamento, aumentando o custo com medicamentos e até consultoria técnica (GUERRA et al., 2010).

A menor ocorrência de diarréia em bezerros pode estar relacionada ao bom estado de saúde dos animais, devido às condições ambientais e sanitárias serem adequadas e também pelo fato da maior absorção de nutrientes, o que contribui para maior resistência a doenças (GONÇALVES et al., 2000). Sendo assim, a menor ocorrência de diarréia verificada nas bezerras com 20 h de iluminação (Tabela 4) em comparação com aquelas sem iluminação suplementar, pode estar associada à maior ingestão de concentrado (Tabela 3), com maior capacidade para absorver nutrientes, resistência à incidência de diarréia e redução de custo com medicamento (Tabela 5).

Tabela 4. Frequência de ocorrência e necessidade de intervenção medicamentosa para tratamento de diarréia nas bezerras

Tempo de luz[1]	Observações			Número de animais	Intervenção medicamentosa/animal
	Fezes normais	Diarréia	Total		
12 h	485	19	504	9	2,11
16 h	487	17	504	9	1,88
20 h	500	4	504	9	0,44
$X^2 = 10,579$					$P < 0,05$

[1]Tempo de luz: 12 h = 12 horas de luz natural; 16 h = 12 horas de luz natural + 4 horas de iluminação suplementar; 20 h = 12 horas de luz natural + 8 horas de iluminação suplementar

A redução da necessidade de intervenção medicamentosa (0,44 unidade/animal) para tratamento de diarréia nas bezerras com 20 h de luz contribuiu para a redução de R$ 18,28 no custo total de criação de bezerra durante a fase de aleitamento, quando comparada a bezerra criada sem iluminação suplementar (Tabela 5).

O total de concentrado calculado para cada animal, a partir de 15 dias de idade, até atingir a idade em que o consumo foi superior a 0,800 kg, por três dias consecutivos, apresentou valores de 18,920; 14,973 e 17,512 kg, respectivamente, para as bezerras submetidas a 12, 16 e 20 h de iluminação diária (Tabela 5). A maior quantidade de concentrado consumida pelas bezerras com 12 h de luz é explicada pelo maior período de aleitamento (66 dias). Por outro lado, a maior quantidade de concentrado consumido pelas bezerras submetidas a 20 h de luz, quando comparadas com as bezerras expostas a 16 h de luz, é explicada pelo fato de que estes animais começaram a ingestão de concentrado mais cedo. Assim, influenciaram nos custos de criação, com valores de R$ 17,03; R$ 13,48 e R$ 15,76 por animal, respectivamente, para 12, 16 e 20 h de iluminação, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Valores, consumo e custos variáveis de energia elétrica, leite integral, concentrado, medicamento e custo total para criação de uma bezerra durante a fase de aleitamento

Variáveis contabilizadas	Tempo de luz[1]		
	12 h	16 h	20 h
Valor da energia elétrica (R$/kWh)	0,000	0,233	0,233
Valor do leite integral (R$/L)	0,95	0,95	0,95
Valor do concentrado (R$/kg)	0,90	0,90	0,90
Valor do medicamento (R$/dosagem)	10,95	10,95	10,95
Consumo de energia/animal (kWh)	0,00	9,76	17,60
Consumo de leite/animal (L)	264	244	220
Consumo de concentrado/animal (kg)	18,920	14,973	17,512
Consumo de medicamento/animal (Aplicações)	2,11	1,88	0,44
Custo de energia/animal (R$)	0,00	2,27	4,10
Custo de leite/animal (R$)	250,80	231,80	209,00
Custo de concentrado/animal (R$)	17,03	13,48	15,76
Custo de medicamentos/animal (R$)	23,10	20,58	4,82
Custo total/animal (R$)	290,93	268,13	233,68

[1]Tempo de luz: 12 h = 12 horas de luz natural; 16 h = 12 horas de luz natural + 4 horas de iluminação suplementar; 20 h = 12 horas de luz natural + 8 horas de iluminação suplementar. Cotação do dólar durante o período experimental: US$ 1 = R$ 1,79.

Um dos aspectos mais importantes na criação de bezerras é o custo do concentrado, que quase sempre é menor que o preço do leite ou do sucedâneo utilizado no aleitamento dos animais. Além disso, a partir do momento em que os animais apresentam satisfatório consumo de concentrado, segundo recomendações de Lopes et al. (2010), o alimento líquido (leite ou sucedâneo) passa a ter menos importância na ingestão de matéria seca e no desempenho animal, o que permite seu desaleitamento e a consequente redução do custo na criação (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2008). Isso também foi demonstrado neste estudo, em que as bezerras com 20 h de luz poderiam ser desaleitadas com idade de 55 dias, contribuindo para diminuir o consumo de leite e, consequentemente, os custos da criação durante a fase de aleitamento (Tabela 5).

O período de desaleitamento das bezerras submetidas a 20, 16 e 12 h de iluminação ocorreu aos 55, 61 e 66 dias de idade, respectivamente, quando os animais começaram a ingerir 0,800 kg de concentrado por três dias consecutivos. Isto possibilitou a redução no fornecimento de 44 L de leite para os animais expostos a 20 h

de luz e de 20 L de leite para as bezerras submetidas a 16 h de luz, quando comparadas às bezerras com 12 h de luz, que consumiram 264 L de leite até o desaleitamento.

Durante o tempo em que as lâmpadas permaneceram ligadas para iluminação dos abrigos individuais para animais expostos a 16 h de luz (4 h; 61 dias) e 20 h de luz (8 h; 55 dias), foram gastos 9,76 e 17,6 kWh de energia elétrica para cada bezerra, respectivamente. Isso resultou em custos com energia elétrica no valor de R$ 4,10 e R$ 2,27, para os animais com 8 h de iluminação suplementar (20 h de luz) e 4 h de iluminação suplementar (16 h de luz), respectivamente (Tabela 5). No entanto, verificou-se que os animais sem acesso à iluminação suplementar (12 h de luz) apresentaram maior ocorrência de diarréias e, consequentemente, houve maior despesa com medicamentos. Comparando-se os custos com medicamentos para tratamento das diarréias, houve redução de R$ 2,52 e R$ 18,28 no tratamento das diarréias ocorridas nas bezerras submetidas a 16 e 20 h de iluminação, respectivamente (Tabela 5).

Durante a fase de aleitamento, os custos diários são maiores que durante qualquer outra fase da recria de bovinos leiteiros, e isso se deve, em parte, ao alto custo do leite, além das despesas relacionadas ao manejo dos animais (DAVIS e DRACKLEY, 1998). A criação de bezerras em regime de aleitamento natural ou artificial eleva o custo da produção do leite, especialmente quando o leite integral é fornecido por longos períodos (ROCHA et al., 1999).

Neste estudo, verificou-se que os custos para criação de uma bezerra com luz natural + 8 h de iluminação suplementar (20 h de luz) e luz natural + 4 h de iluminação suplementar (16 h de luz) foram de R$ 57,25 e R$ 22,80, inferiores ao custo da criação de bezerra sem iluminação suplementar (12 h de luz), respectivamente. Assim, a utilização de iluminação suplementar por 8 h pode ser adotada como um manejo, com vista a estimular o consumo de concentrado em bezerras na fase de aleitamento, para que tenham desenvolvimento satisfatório, além de possibilitar a redução de custos ao produtor com a criação de bezerras para reposição no rebanho. A redução de custos de 20% utilizando-se 20 h de luz, em comparação com animais que não receberam iluminação suplementar, está de acordo com os valores obtidos em estudo realizado por Vasconcelos et al. (2009).

4. Conclusões

As bezerras expostas a 8 h de iluminação suplementar (20 h de luz) foram estimuladas a consumir maior quantidade de concentrado, o que possibilitou o desaleitamento aos 55 dias de idade.

O maior consumo de concentrado pelas bezerras expostas a 20 h de luz diminuiu a ocorrência de diarréia e, consequentemente, promoveu redução de 86% nos custos com medicamento para tratamento.

As bezerras expostas a 20 h de luz consumiram 44 L de leite a menos que as bezerras sem iluminação suplementar, resultando numa economia de R$ 41,80 por animal, com a diminuição do tempo de fornecimento de leite.

A utilização do programa de iluminação de 20 h, 12 h de fotoperíodo mais 8 h de luz artificial, possibilitou redução de 20% no custo de criação dos animais, durante a fase de aleitamento.

5. Referências

ALMEIDA JÚNIOR, G. A.; COSTA, C.; CARVALHO, S. M. R.; PANICHI, A.; PERSICHETTI JÚNIOR, P. Desempenho de bezerros holandeses alimentados até o desaleitamento com silagem de grãos úmidos ou grãos secos de milho ou sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.1, p.140-147, 2008.

BHATTI, S. A.; ALI, A.; NAWAZ, H.; MCGILL, D.; SARWAR, M.; AFZAL, M.; KHAN, M. S.; EHSANULLAH; AMER, M. A.; BUSH, R.; WYNN, P. C.; WARRIACH, H. M. Effect of pre-weaning feeding regimens on post-weaning growth performance of Sahiwal calves. **Animal Journal**, v.6, n.8, p.1231–1236, 2012.

BUSTOS MAC-LEAN, P. A. **Programa de suplementação de luz e relações entre variáveis fisiológicas e termográficas de bezerros em aleitamento em clima quente**. 2012. 103f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2012.

CHUA, B.; COENEN, E.; VAN DELEN, J.; WEARY, D. M. Effects of pair versus individual housing on the behavior and performance of dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.2, p.360–364, 2002.

COELHO, S. G.; GONÇALVES, L. C.; COSTA, T. C.; FERREIRA, C. S. Alimentação de bezerras leiteiras. In: **Alimentação de gado de leite**. Belo Horizonte: Editora FEPMVZ, 2009. p.50-67.

CUNHA, D. N. F. V.; CAMPOS, O. F.; PEREIRA, J. C.; PIRES, M. F. A.; OLIVEIRA, R. F. M.; MARTUSCELLO, J. A. Desempenho, variáveis fisiológicas e comportamento de bezerros mantidos em diferentes instalações: época seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.847-854, 2007.

DAHL, G. E.; BUCHANAN, B. A.; TUCKER, H. A. Photoperiod effects on dairy cattle: a review. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.4, p.885–893, 2000.

DAHL, G. E.; ELSASSER, T. H.; CAPUCO, A. V.; ERDMAN, R. A.; PETERS, R. R. Effects of a long daily photoperiod on milk yield and circulating concentrations of insulin-like growth factor-I. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.11, p.2784–2789, 1997.

DAVIS, C. L.; DRACKLEY, J. K. **The development, nutrition and management of the young calf**. Ames: Iowa State University Press,1998. 339p.

DE PAULA VIEIRA, A.; VON KEYSERLINGK, M. A. G.; WEARY, D. M. Effects of pair versus single housing on performance and behavior of dairy calves before and after weaning from milk. **Journal of Dairy Science**, v.93, n.7, p.3079–3085, 2010.

DIAZ, M. C.; VAN AMBURGH, M. E.; SMITH, J. M.; KELSEY, J. M.; HUTTEN, E. L. Composition of growth of Holstein calves fed milk replacer from birth to 105 kilogram body weight. **Journal of Dairy Science**, v.84, n.4, p.830–842, 2001.

EVANS, N. M.; HACKER, R. R. Effect of chronobiological manipulation of lactation in the dairy cow. **Journal of Dairy Science**, v.72, n.11, p.2921–2927, 1989.

FIORELLI, J.; MORCELI, J. A. B.; VAZ, R. I.; DIAS, A. A. Avaliação da eficiência térmica da telha reciclada à base de embalagens longa vida. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.13, n.2, p.204-209, 2009.

GONÇALVES, G. D.; SANTOS, G. T.; RIGOLON, L. P.; DAMASCENO, J. C.; RIBAS, N. P.; VEIGA, D. R.; MARTINS, E. N. Influência da adição de probióticos na dieta sobre o estado sanitário e desempenho de bezerros da raça Holandês. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.37, n.1, 2000.

GRETER, A. M.; LESLIE, K. E.; MASON, G. J.; MCBRIDE, B. W.; DEVRIES, T. J. Effect of feed delivery method on the behavior and growth of dairy heifers. **Journal of Dairy Science**, v.93, n.4, p.1668–1676, 2010.

GUERRA, M. G.; GUILHERMINO, M. M.; RANGEL, A. H. N; MEDEIROS, H. R.; LIMA JÚNIOR, D. M. Custo operacional total na cria e recria de bovinos leiteiros. **Revista Verde**, v.5, n.3, p.172-178, 2010.

HANSEN, P. J.; KAMWANJA, L. A.; HAUSER, E. R. Photoperiod influences age at puberty of heifers. **Journal of Animal Science**, v.57, n.4, p.985–992, 1983.

HOSSNER, K. L. **Hormonal regulation of farm animal growth**. Cambridge: Cabi Publishing, 2005. 231p.

KAWABATA, C. Y. ; CASTRO, R. C.; SAVASTANO JÚNIOR, H. Índices de conforto térmico e respostas fisiológicas de bezerros da raça holandesa em bezerreiros individuais com diferentes coberturas. **Revista Engenharia Agrícola**, v.25, n.3, p. 598-607, 2005.

KHAN, M. A.; WEARY, D. M.; KEYSERLINGK, M. A. G. V. Invited review: effects of milk ration on solid feed intake, weaning, and performance in dairy heifers. **Journal of Dairy Science**, v.94, n.3, p.1071-1081, 2011.

KHAN, M. A.; LEE, H. J.; LEE, W. S.; KIM, H. S.; KIM, S. B.; KI, K. S.; HA, J. K.; LEE, H. G.; CHOI, Y. J. Pre- and postweaning performance of Holstein female calves fed milk through step-down and conventional methods. **Journal of Dairy Science**, v.90, n.2, p.876–885, 2007.

LOPES, F. C. F.; CARNEIRO, J. C.; GAMA, M. A. S. Alimentação. In: **Manual de bovinocultura de leite**. Brasília: LK Editora; Belo Horizonte: Senar; Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2010. p.351-394.

MACHADO NETO, R.; FARONI, C. E.; PAULETTI, P.; BESSI, R. Levantamento do manejo de bovinos leiteiros recém-nascidos: desempenho e aquisição de proteção passiva. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, (s.3), p.2323-2329, 2004.

MCKNIGHT, D. R. Performance of newborn dairy calves in hutch housing. **Canadian Journal of Animal Science**, v.58, n.5, p.517-520, 1978.

MICHELS, C.; LAMBERTS, R.; GÜTHS, S. Evaluation of heat flux reduction provided by the use of radiant barriers in clay tile roofs. **Energy and Buildings**, v.40, p.445-451, 2008.

MILLER-CUSHON, E. K.; BERGERON, R.; LESLIE, K.E.; DEVRIES, T.J. Effect of milk feeding level on development of feeding behavior in dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v.96, n.1, p.551-564, 2013.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Variabilidade espacial de classes de textura, salinidade e condutividade hidráulica de solos em planície aluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.30-37, 2006.

OSBORNE, V. R.; ODONGO, N. E.; EDWARDS, A. M.; MCBRIDE, B. W. Effects of photoperiod and glucose-supplemented drinking water on the performance of dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v.90, n.11, p.5199-5207, 2007.

OTTERBY, D. E.; LINN, J. C. Advances in nutrition and management of calves and heifers. **Journal of Dairy Science**, v.64, n.6, p.1365-1377, 1981.

PETITCLERC, D.; CHAPIN, L. T.; EMERY, R. S.; TUCKER, H. A. Body growth, growth hormone, prolactin and puberty response to photoperiod and plane of nutrition in Holstein heifers. **Journal of Animal Science**, v.57, n.4, p.892–898, 1983.

RIUS, A. G.; CONNOR, E. E.; CAPUCO, A. V.; KENDALL, P. E.; AUCHTUNG-MONTGOMERY, T. L.; DAHL, G. E. Long-day photoperiod that enhances puberty does not limit body growth in Holstein heifers. **Journal of Dairy Science**, v.88, n.12, p.4356–4365, 2005.

ROCHA, E. O.; FONTES, C. A. A.; PAULINO, M. F.; PEREIRA, J. C; LADEIRA, M. M. Influência da idade de desmama e de início do fornecimento de volumoso a bezerros sobre a digestibilidade de nutrientes e o balanço de nitrogênio, pós-desmama. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.1, p.143-147, 1999.

RODRIGUES, V. V.; SILVA, I. J. O.; VIEIRA, F. M. C.; NASCIMENTO, S. T. A correct enthalpy relationship as thermal comfort índex for livestock. **International Journal of Biometeorology**, v.1, n.55, p.455-459, 2010.

SAS - **Statistical Analysis System**. SAS Companion for the Microsoft Windows Environment. Version 8, Cary: 2007.

SCHILLO, K. K.; HALL, J. B.; HILEMAN, S. M. Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3994–4005, 1992.

SOBERON, F.; RAFFRENATO, E.; EVERETT, R. W.; VAN AMBURGH, M. E. Preweaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v.95, n.2, p.783–793, 2012.

TUCKER, H. A.; PETITCLERC, D.; ZINN, S. A. The influence of photoperiod on body weight gain, body composition, nutrient intake and hormone secretion. **Journal of Animal Science**, v.59, n.6, p.1610–1620, 1984.

VASCONCELOS, A. M.; MORAES, D. A. E. F.; OLIVO, C. J.; FARIAS, D. A.; SAENZ, E. A. C.; LANDIM, A. V.; GOMES, T. C. L.; ROGÉRIO, M. C. P.; GOÉS, K. L. S.; NASCIMENTO, J. R.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. A. Desempenho de bezerros leiteiros submetidos a diferentes dietas líquidas e instalações durante o período hibernal. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.3, n.4, p.163-171, 2009.

WILLIAMS, P.E.V.; INNES, G.M.; BREWER, A.; MAGADI, J.P. The effects on growth, food intake and rumen volume of including untreated or ammonia-treated barley straw in a complete diet for weaning calves. **Animal Science**, v.41, n.1, p.63-74, 1985.

CAPÍTULO 3: Comportamento alimentar e desempenho de bezerros leiteiros submetidos a programas de iluminação suplementar

Resumo

Objetivou-se com este estudo avaliar o comportamento ingestivo e o desempenho de bezerras da raça Girolando, em abrigos individuais com diferentes materiais de cobertura e programas de iluminação suplementar, durante a fase de aleitamento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial 3 × 3, com 27 bezerras mestiças Holandês × Gir, distribuídas aleatoriamente em abrigos individuais, com três materiais de cobertura (telha de fibrocimento, telha reciclada e cobertura com palha), associados com três tempos de iluminação (12, 16 e 20 h) e três repetições. Não se verificou interação entre os tipos de coberturas × iluminação suplementar e não houve efeito significativo ($P > 0,05$) entre os tipos de cobertura no comportamento ingestivo, consumo de concentrado, ganho de peso e crescimento estrutural das bezerras. A iluminação suplementar apresentou efeito significativo ($P < 0,05$) para os animais submetidos a 20 h de iluminação. Estes passaram mais tempo na ingestão de concentrado (4,25%) e ruminação (9,6%), maior consumo médio diário de concentrado no período noturno, a partir da oitava semana de alojamento e apresentaram maior peso vivo aos 70 dias de idade (81,233 kg), em comparação com as bezerras sem iluminação suplementar.

Palavras-chave: ambiência, biofotônica, bovinocultura de leite, desenvolvimento

Feeding behavior and performance of dairy calves subjected to programs of supplementary lighting

Abstract

The main aim of this study was to evaluate the feeding behavior and performance of Girolando calves housed in individual shelters with different roofing materials and programs for supplementary lighting during milk feeding stage. The experimental design was completely randomized at 3 × 3 factorial arrangement. 27 calves crossed Holstein × Gir were randomly distributed in individual shelters with three roofing materials (fibre cement tile, recycled tile and thatched roofs), associated with three lighting time (12, 16 and 20 h) and three repetition. There was no interaction between the types of roofs × supplemental light and there was no significant effect ($P > 0.05$) between roof types in feeding behavior, concentrate intake, weight gain and structural growth of calves. The supplementary lighting showed significant effect ($P < 0.05$) on animals subjected to 20 h of light. These spent more time during concentrate intake (4.25%) and rumination (9.6%), higher average daily intake of concentrate in the evening, after the eighth week of housing and higher body weight at 70 days of age (81.233 kg) compared with calves without supplementary light.

Key words: ambience, biophotonics, dairy cattle, live performance

1. Introdução

Na pecuária leiteira, uma das atividades mais importantes consiste na criação das bezerras, o que determina a sustentabilidade dos sistemas de produção, ou seja, a renovação do rebanho. Para que tenham bom desenvolvimento, as bezerras precisam ser estimuladas o mais cedo possível a ingerir alimentos concentrados, uma vez que o consumo é o fator mais importante para o desenvolvimento precoce do rúmen e da flora microbiana, de modo a permitir que o animal seja desaleitado precocemente (ANDERSON et al., 1987).

O estudo do comportamento ingestivo é de grande importância na avaliação de dietas que permitem o ajuste do manejo alimentar de ruminantes, para obtenção de melhor desempenho animal (SILVA et al., 2006). Para obtenção de bons resultados no desenvolvimento de bezerras leiteiras após o desaleitamento, se faz necessário que os animais consumam quantidades satisfatórias de alimentos sólidos antes da total retirada do leite (MILLER-CUSHON et al., 2013). O consumo de alimentos sólidos durante a fase de aleitamento pode ser estimulado por manejos que adotem métodos graduais de desaleitamento (KHAN et al., 2007) ou com a facilitação social de bezerras alojadas em grupos (CHUA et al., 2002; DE PAULA VIEIRA et al., 2010).

A iluminação suplementar foi utilizada para aumentar a produção de leite das vacas em lactação (EVANS e HACKER, 1989; DAHL et al., 1997; DAHL et al., 2000), além de estimular o ganho de peso em novilhas (TUCKER et al., 1984). Novilhas expostas a fotoperíodo longo apresentaram maior crescimento e puberdade precoce em comparação com novilhas expostas a fotoperíodo curto (RIUS et al., 2006).

O programa de iluminação suplementar é uma estratégia que pode melhorar o desenvolvimento dos animais e acelerar o início da puberdade (HANSEN et al., 1983; PETITCLERC et al., 1983; SCHILLO et al., 1992) e, diminuir a idade de bezerros ao desmame e início da fase reprodutiva.

Esta pesquisa foi realizada para avaliar o comportamento ingestivo e o desempenho de bezerras da raça Girolando em abrigos individuais com diferentes materiais de cobertura e programas de iluminação suplementar, durante a fase de aleitamento, como estratégia ao estímulo do consumo de concentrado.

2. Material e métodos

O trabalho experimental foi realizado em uma propriedade comercial de produção de leite, Fazenda Várzea Alegre, localizada no município de Pesqueira, Mesorregião Agreste, Microrregião do Vale do Ipojuca, Estado de Pernambuco, Brasil, 8º 17’ 10” S, 36º 53’ 03” W e 800 m de altitude. A precipitação pluviométrica média da região é de 730 mm por ano, com 24,8 °C de temperatura média anual (MONTENEGRO e MONTENEGRO, 2006). De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é caracterizado como extremamente quente, semiárido (BSsh) (PEREIRA et al., 2002).

O experimento foi realizado no período de janeiro a março de 2012, com duração de 55 dias. Foram utilizadas no estudo 27 bezerras mestiças de composição genética 7/8 Holandês e 1/8 Gir, com 15 dias de idade e peso médio de 40,244 kg. Os animais foram alojados em abrigos individuais com dimensões de 1,80 m de comprimento, 1,50 m de largura e 1,45 m de altura média, sem fechamentos laterais.

Foram estudados três tipos de materiais de cobertura: telha de fibrocimento; telha reciclada (75% polímero, 25% alumínio) e cobertura de palha (palha de palmeira, *Syagrus coronata*). Considerou-se também, a associação dos tipos de cobertura aos programas de iluminação suplementar: luz natural + 4 h de iluminação suplementar (16 h de luz); luz natural + 8 h de iluminação suplementar (20 h de luz) e luz natural (12 h de luz) com três repetições.

Os abrigos foram equipados com iluminação suplementar com lâmpada incandescente de 40 W, fluxo luminoso de 415 lm, 450 a 850 nm de comprimento de onda, fixadas a 1,40 m do solo, numa posição que permitia a iluminação da área utilizada pelo animal (Figura 1A). As lâmpadas foram acionadas, diariamente, às 18 h (hora local), sem interrupção de luz, até o final do tempo de iluminação, com o auxílio de um temporizador programado para cada tempo de iluminação (Figura 1B).

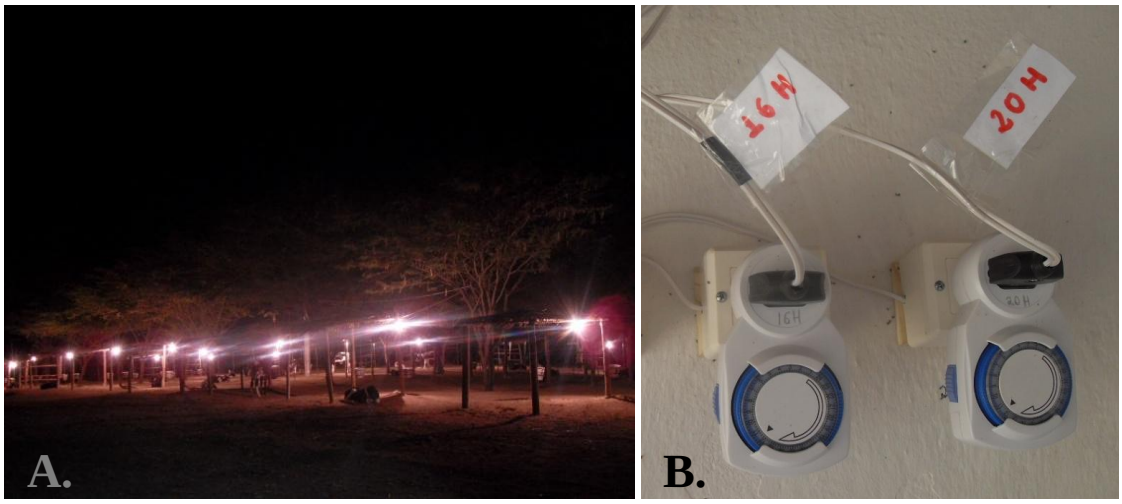

Figura 1. Detalhe dos abrigos individuais com iluminação artificial (A); temporizador (B)

Os animais foram separados das matrizes após o nascimento e levados para os abrigos individuais. Nos três primeiros dias de vida, receberam 4 L de colostro em balde individual, de acordo com o manejo da fazenda, dividido em duas refeições diárias, sendo 2 L no turno da manhã (5 h) e 2 L no turno da tarde (17 h). Após a fase do colostro, foi fornecido aos animais a mesma quantidade de leite integral até o desaleitamento, também dividido em duas refeições diárias (manhã e tarde).

As bezerras tiveram livre acesso ao concentrado peletizado, com 18% de proteína bruta e composição básica de milho integral moído, farelo de soja, farelo de trigo, melaço, casca de arroz, sais minerais e vitaminas. Para quantificar o consumo diurno e noturno, as sobras das rações foram pesadas às 6 e 18 h, antes de cada novo fornecimento, em balança digital com capacidade para 15,0 kg e precisão de 0,002 kg (Figura 2).



Figura 2. Pesagem da sobra da ração para quantificar o consumo do animal

As pesagens das bezerras foram realizadas pela manhã, antes do fornecimento de leite, com os animais com 15 dias de idade e, semanalmente, até o final do período experimental (70 dias de idade), a fim de determinar os ganhos de peso diários dos animais. Foi utilizada uma balança eletrônica com capacidade de 300,0 kg e 0,100 kg de precisão, com estrutura de contenção, fixada sobre a balança (Figura 3).



Figura 3. Registro do peso dos animais

Todos os animais do experimento foram considerados para análise do comportamento ingestivo. As observações foram realizadas semanalmente, pelo método de observação por amostragem de varredura, em intervalos de 10 min, durante um ciclo de 24 h (MARTIN e BATESON, 2007). Os padrões de atividades registradas foram o tempo gasto com a ingestão de concentrado, a ingestão de água, a ruminação e o ócio no período diurno (Figura 4A) e noturno (Figura 4B).

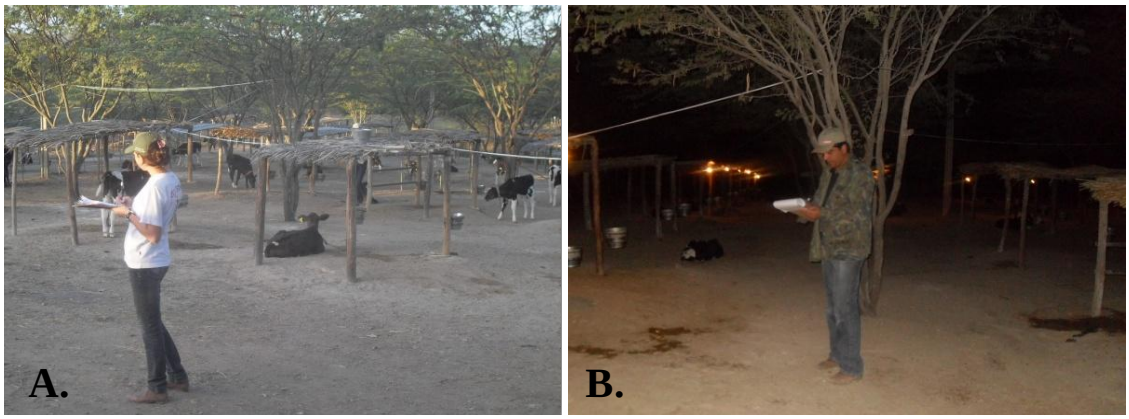

Figura 4. Registro do comportamento dos animais no período diurno (A) e noturno (B)

A temperatura de bulbo seco (TBS) e umidade relativa do ar (UR) foram registradas a cada hora, nos abrigos individuais e no ambiente externo, por meio de *dataloggers* modelo Hobo U12-12 (Onset Computer Corporation Bourne, MA, USA). Os registradores foram fixados no interior dos abrigos, posicionados no centro geométrico da instalação, a 1,40 m do solo. No ambiente externo, os equipamentos foram instalados em abrigo meteorológico a 1,50 m de altura do solo.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial 3 × 3, considerando-se 27 bezerras, distribuídas aleatoriamente em abrigos individuais com três tipos de materiais de cobertura e três tempos de iluminação artificial e três repetições. Os resultados foram submetidos a análise de variância, regressão e correlação, por meio do programa computacional *Statistical Analysis System* (SAS, 2007). As inferências obtidas foram avaliadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). O comportamento dos animais foi determinado pela frequência dos eventos e sua probabilidade de ocorrência pelo teste qui-quadrado (X^2).

3. Resultados e discussão

O ambiente térmico no interior dos abrigos individuais cobertos com telhas de fibrocimento, telhas recicladas e palhas, apresentaram pequena variação quanto à temperatura e umidade relativa do ar. Isso ocorreu pelo fato dos abrigos não possuírem fechamentos laterais, o que favoreceu a maior circulação de ar no seu interior. Os valores médios máximos de temperatura do ar durante o período experimental apresentaram pequena oscilação entre os materiais de cobertura, com valores da ordem de 30,5; 31,0; 31,8 e 30,6 °C, para os abrigos com cobertura de telha reciclada, palha, telha de fibrocimento e o ambiente externo, respectivamente, observados às 13 h. A umidade relativa mínima situou-se próximo aos 40% para todos os abrigos e no ambiente externo (Figura 5A).

A Figura 5B mostra os valores de temperatura e umidade relativa do ar para o dia e horário mais estressante, com valores de temperatura do ar da ordem de 34,8; 34,2; 32,6 e 34,5 °C às 14 h, respectivamente, para os abrigos cobertos com telha de fibrocimento, palha, telha reciclada e o ambiente externo. No período estudado, a temperatura do ar apresentou valores superiores a 26 °C entre 9 e 17 h, considerado como crítico para bovinos jovens (BAÊTA e SOUZA, 2010). Estes resultados estão de acordo com Conceição et al. (2008), que não constataram diferenças significativas na temperatura média do ar de abrigos em escala reduzida, sem paredes laterais e cobertos com diferentes materiais.

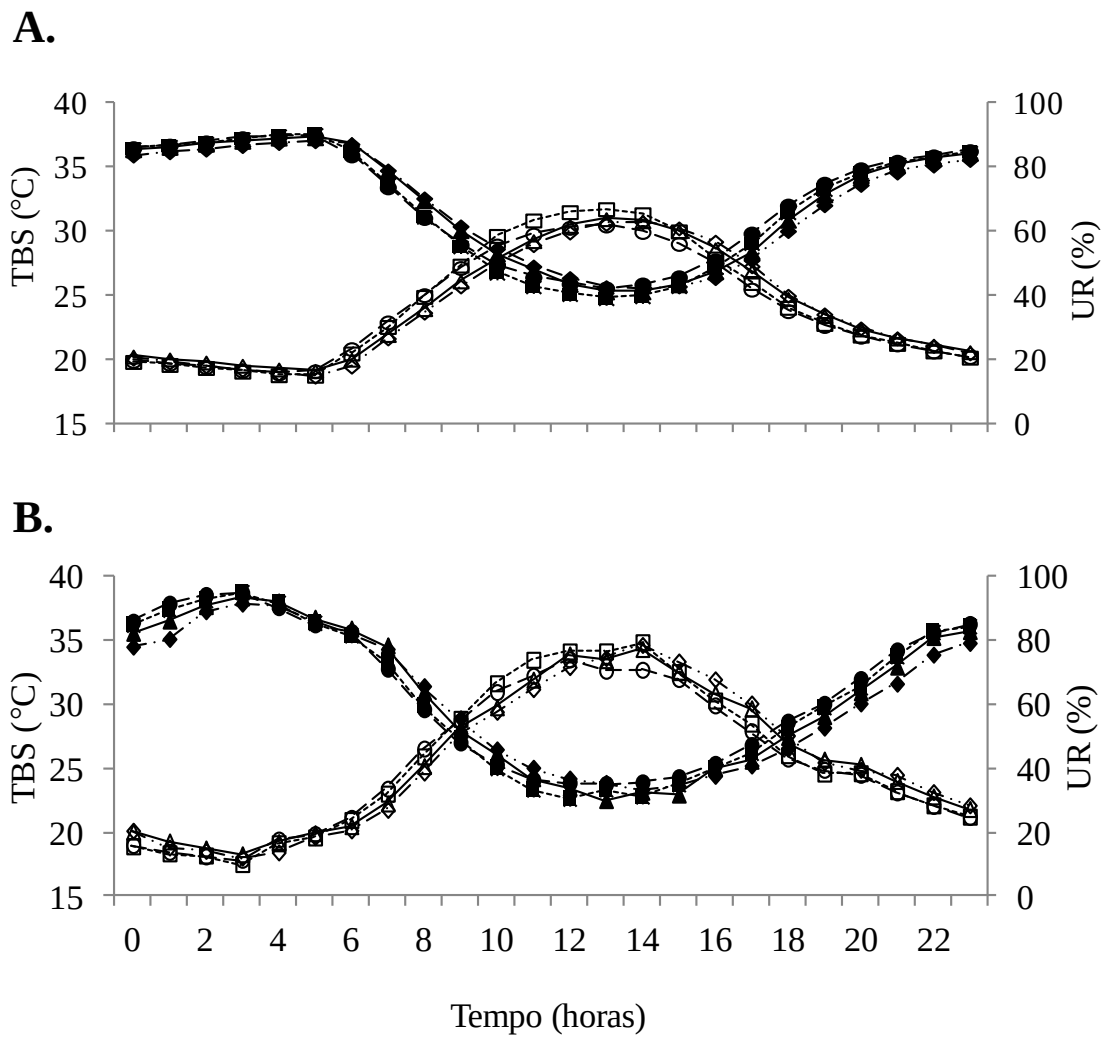

Figura 5. Variação média horária da temperatura e umidade relativa do ar no interior dos abrigos individuais e no ambiente externo (A); médias horárias de temperatura e umidade relativa do ar para o dia de maior valor da temperatura máxima do ar (B)

TBS = temperatura de bulbo seco: telha de fibrocimento (□), telha reciclada (○), cobertura de palha (Δ) e ambiente externo (◊); UR = umidade relativa: telha de fibrocimento (■), telha reciclada (●), cobertura de palha (▲) e ambiente externo (♦)

Não houve interação entre os tipos de cobertura e iluminação suplementar e, não se evidenciou efeito significativo (P > 0,05) entre os tipos de cobertura para variáveis comportamentais (Figura 6), consumo de concentrado (Tabela 1), consumo de matéria seca, eficiência alimentar, desempenho (Tabela 2) e crescimento estrutural (Tabela 3) das bezerras. Estes resultados podem ser explicados pela pequena variação da temperatura do ar, como mostrado anteriormente (Figura 5) e corroboram os achados de Cunha et al. (2007b) e Vasconcelos et al. (2009), que não observaram efeitos significativos de diferentes instalações para criação de bezerros durante a fase de aleitamento, sobre a fisiologia, comportamento e desempenho animal.

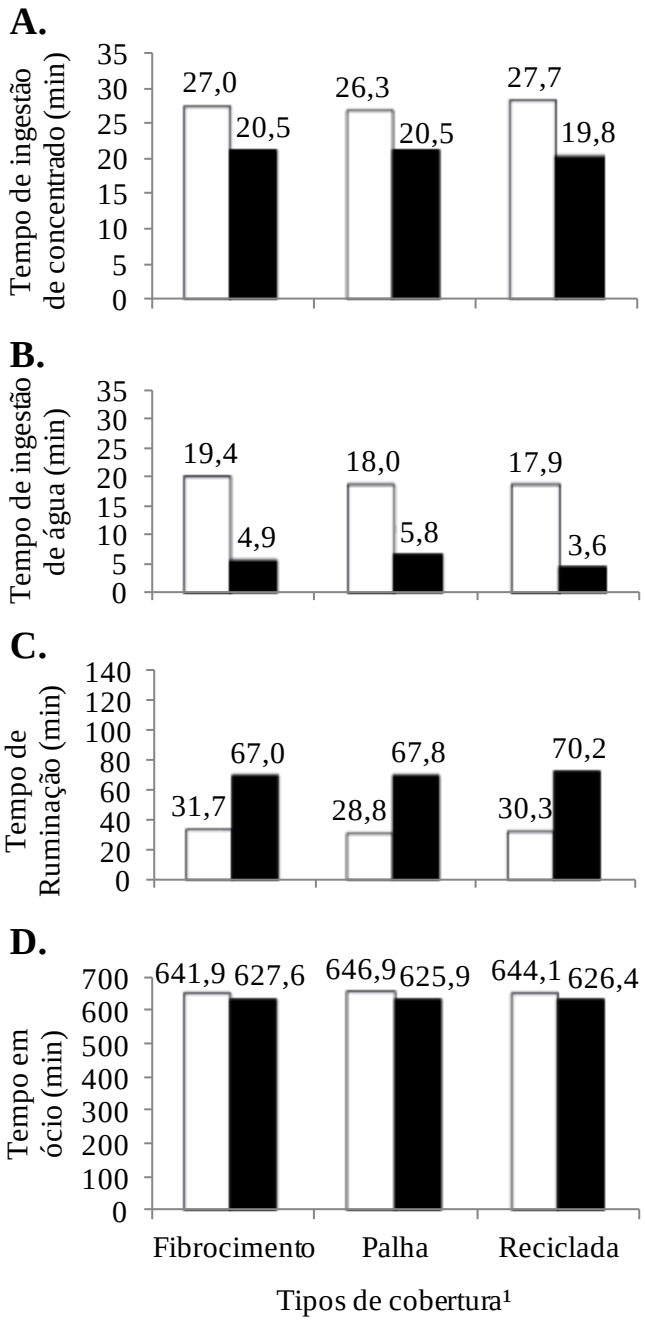

Figura 6. Influência dos tipos de coberturas utilizadas no tempo despendido nas atividades comportamentais durante o período diurno (6 às 18 h; □) e noturno (18 às 6 h; ■): (A) tempo despendido com ingestão de concentrado; (B) tempo despendido com ingestão de água; (C) tempo despendido com ruminação e (D) tempo despendido em ócio

[1]Tipos de cobertura: Fibrocimento = abrigo coberto com telha de fibrocimento; Palha = abrigo coberto com palha; Reciclada = abrigo coberto com telha reciclada. Teste do Qui-quadrado (P > 0.05)

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão do consumo de concentrado por animal nos diferentes turnos (diurno e noturno), da 3ª à 10ª semana de idade, em função dos tipos de coberturas

Consumo médio de concentrado (kg)	Tipos de cobertura[1]					
	Fibrocimento		Reciclada		Palha	
	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno
3ª semana	0,112 ± 0,067	0,085 ± 0,056	0,120 ± 0,076	0,068 ± 0,046	0,083 ± 0,046	0,050 ± 0,042
4ª semana	0,148 ± 0,090	0,142 ± 0,099	0,147 ± 0,095	0,102 ± 0,072	0,091 ± 0,047	0,080 ± 0,036
5ª semana	0,184 ± 0,150	0,190 ± 0,111	0,186 ± 0,108	0,142 ± 0,117	0,116 ± 0,048	0,112 ± 0,052
6ª semana	0,220 ± 0,170	0,202 ± 0,131	0,204 ± 0,109	0,154 ± 0,083	0,120 ± 0,057	0,123 ± 0,081
7ª semana	0,254 ± 0,185	0,145 ± 0,177	0,205 ± 0,085	0,112 ± 0,127	0,232 ± 0,060	0,132 ± 0,088
8ª semana	0,354 ± 0,214	0,249 ± 0,210	0,339 ± 0,185	0,329 ± 0,192	0,373 ± 0,153	0,254 ± 0,147
9ª semana	0,525 ± 0,251	0,482 ± 0,269	0,549 ± 0,253	0,480 ± 0,305	0,444 ± 0,142	0,409 ± 0,226
10ª semana	0,608 ± 0,278	0,575 ± 0,308	0,637 ± 0,215	0,563 ± 0,337	0,578 ± 0,200	0,505 ± 0,286

[1]Tipos de cobertura: Fibrocimento = cobertura do abrigo com telha de fibrocimento; Palha = cobertura do abrigo com palha; Reciclada = cobertura do abrigo com telha reciclada

Tabela 2. Valores médios e desvio padrão do consumo de concentrado e matéria seca, peso vivo, ganho de peso e eficiência alimentar de bezerras em abrigos individuais com diferentes materiais de cobertura

Desempenho das bezerras	Tipos de cobertura[1]		
	Fibrocimento	Reciclada	Palha
CMC da 3ª à 6ª semana de idade (kg/dia)	0,321 ± 0,193	0,281 ± 0,161	0,194 ± 0,075
CMC da 7ª à 10ª semana de idade (kg/dia)	0,798 ± 0,422	0,815 ± 0,378	0,732 ± 0,214
CMS da 3ª à 6ª semana de idade (kg/dia)	0,781 ± 0,258	0,746 ± 0,142	0,670 ± 0,067
CMS da 7ª à 10ª semana de idade (kg/dia)	1,198 ± 0,405	1,213 ± 0,338	1,140 ± 0,189
PVI (kg/animal)	39,744 ± 3,762	39,300 ± 2,098	41,688 ± 2,111
PVF (kg/animal)	72,944 ± 6,137	73,622 ± 6,032	73,033 ± 5,123
GPMD (kg/animal/dia)	0,604 ± 0,233	0,624 ± 0,142	0,570 ± 0,112
GPT (kg/animal)	33,200 ± 7,140	34,322 ± 7,814	31,345 ± 6,161
EA (kg de GPMD/kg de CMS)	0,610 ± 0,084	0,637 ± 0,039	0,629 ± 0,057

[1]Tipos de cobertura: Fibrocimento = cobertura do abrigo com telha de fibrocimento; Palha = cobertura do abrigo com palha; Reciclada = cobertura do abrigo com telha reciclada. CMC = cosumo médio de concentrado; CMS = consumo de matéria seca; PVI = peso vivo inicial; PVF = peso vivo final; GPMD = ganho de peso médio diário; GPT = ganho de peso total; EA = eficiência alimentar. [1]Tipos de cobertura: Fibrocimento = abrigo coberto com telha de fibrocimento; Palha = abrigo coberto com palha; Reciclada = abrigo coberto com telha reciclada

Tabela 3. Valores médios e desvio padrão das variáveis de crescimento estrutural de bezerras submetidas a diferentes tipos de cobertura (15 à 70 dias de idade)

Variáveis de crescimento estrutural (m)	Tipos de coberturas[1]		
	Fibrocimento	Palha	Reciclada
Altura de cernelha inicial	0,78 ± 0,03	0,77 ± 0,03	0,77 ± 0,02
Altura de cernelha final	0,88 ± 0,04	0,88 ± 0,03	0,88 ± 0,04
Incremento de cernelha	0,10 ± 0,03	0,11 ± 0,02	0,11 ± 0,04
Altura de garupa inicial	0,81 ± 0,03	0,80 ± 0,03	0,78 ± 0,02
Altura de garupa final	0,91 ± 0,04	0,92 ± 0,03	0,91 ± 0,04
Incremento de garupa	0,10 ± 0,03	0,12 ± 0,04	0,13 ± 0,03
Comprimento inicial	0,71 ± 0,03	0,71 ± 0,04	0,70 ± 0,02
Comprimento final	0,85 ± 0,04	0,86 ± 0,02	0,86 ± 0,04
Incremento de comprimento	0,14 ± 0,02	0,15 ± 0,03	0,16 ± 0,04
Perímetro torácico inicial	0,80 ± 0,04	0,79 ± 0,04	0,78 ± 0,04
Perímetro torácico final	0,95 ± 0,07	0,94 ± 0,03	0,93 ± 0,06
Incremento torácico	0,15 ± 0,05	0,15 ± 0,05	0,15 ± 0,04

[1]Tipos de cobertura: Fibrocimento = abrigo coberto com telha de fibrocimento; Palha = abrigo coberto com palha; Reciclada = abrigo coberto com telha reciclada

Por outro lado, houve efeito significativo ($P < 0,05$) entre os tempos de iluminação para as variáveis comportamentais no período diurno (6 às 18 h) e noturno (18 às 6 h). O tempo despendido com a ingestão de concentrado no período diurno foi de 23,5 (3,3%); 25,2 (3,5%) e 32,3 (4,5%) min, para os animais submetidos à iluminação por 12, 16 e 20 h, respectivamente (Figura 7A). Os animais submetidos a 20 h de iluminação despenderam 8,8 (1,2%) e 7,1 (1,0%) min a mais para ingestão de concentrado, quando comparados aos animais que dispunham de 12 e 16 h de iluminação, respectivamente. No período noturno, o tempo despendido com a ingestão de concentrado foi de 13,5 (1,9%); 18,7 (2,6%) e 28,6 (4,0%) min, para as bezerras com 12, 16 e 20 h de luz, respectivamente (Figura 7A). Portanto, as diferenças entre os tempos de ingestão de concentrado no período noturno foram 15,1 (2,1%) e 9,9 (1,4%) min inferiores, para os animais com 12 e 16 h de luz, respectivamente, quando comparados às bezerras expostas a 20 h de iluminação.

Assim, verificou-se que as diferenças no consumo de concentrado foram maiores no período noturno, evidenciando que a iluminação suplementar por 8 h, estimulou os animais a despender mais tempo nesta atividade e, consequentemente, apresentaram consumo mais equilibrado entre os turnos (diurno e noturno), que mostra diferenças de

10 (1,4%), 6,5 (0,9%) e 3,7 (0,5%) min, respectivamente, para os animais submetidos aos tempos de 12, 16 e 20 h de iluminação. Estes resultados reforçam Roma Júnior et al. (2011), que verificaram consumo de concentrado mais equilibrado entre os turnos (diurno e noturno) para animais com acesso a iluminação suplementar no período noturno, em comparação com animais sem iluminação artificial.

O tempo diário (24 h) despendido com a ingestão de concentrado foi de 37,0 (2,6%); 43,9 (3,11%) e 60,9 (4,3%) min, respectivamente, para os animais com 12, 16 e 20 h de iluminação (Figura 7A), valores próximos aos observados em estudo realizado por Cunha et al. (2007b). Assim, em função da suplementação de luz, os animais com 20 h de luz foram estimulados a maior ingestão diária de concentrado, com valores da ordem de 23,4 (63%) e 17,0 (39%) min a mais, respectivamente, quando comparados com os animais com 12 e 16 h de iluminação.

Estudos realizados por Osborne et al. (2007) mostraram que bezerras expostas a fotoperíodo longo (16 a 18 h de luz) tiveram maior ingestão de alimento (78% a mais) do que animais expostos a fotoperíodo curto (10 a 12 h de luz).

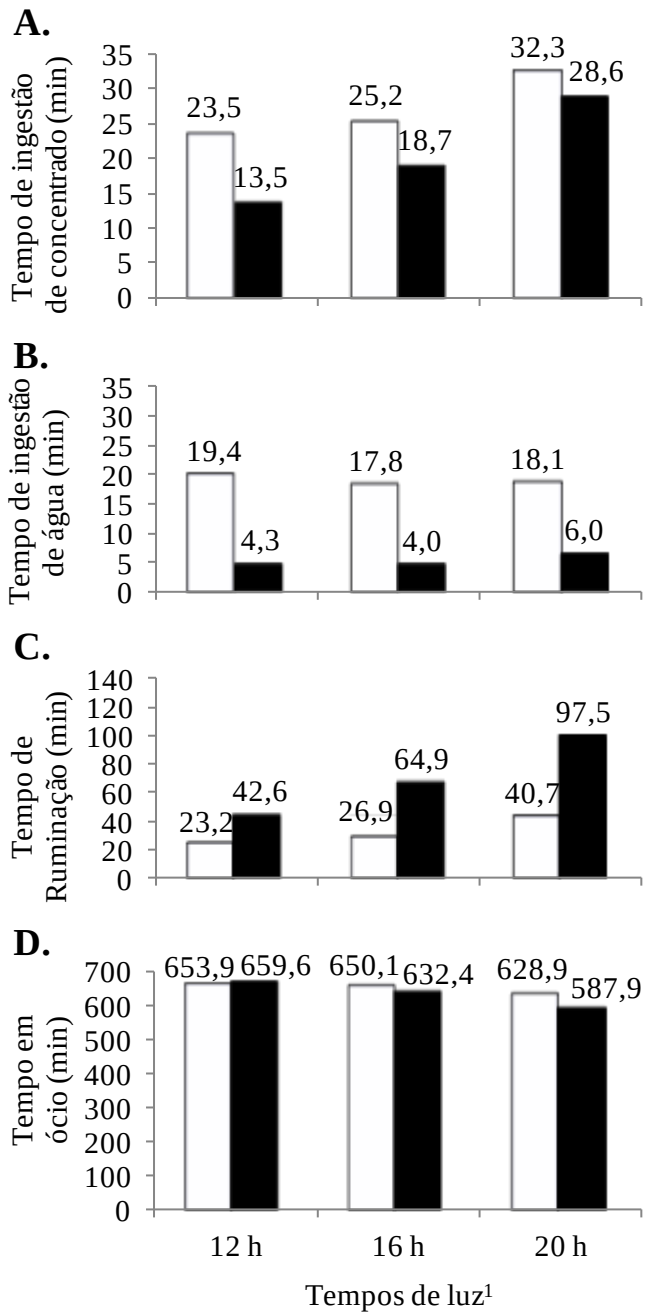

Figura 7. Influência da suplementação de luz sobre o tempo despendido nas atividades comportamentais durante o período diurno (6 às 18 h; □) e noturno (18 às 6 h; ■): (A) tempo despendido com ingestão de concentrado; (B) tempo despendido com ingestão de água; (C) tempo despendido com ruminação e (D) tempo despendido em ócio

[1]Tempo de luz: 12 h = 12 horas de luz natural; 16 h = 12 horas de luz natural + 4 horas de iluminação suplementar; 20 h = 12 horas de luz natural + 8 horas de iluminação suplementar. Teste do qui-quadrado ($P < 0.05$)

O tempo gasto pelas bezerras com a ingestão de água no período diurno foi de 19,4 (2,7%); 17,8 (2,4%) e 18,1 (2,5%) min, para os tempos de 12, 16 e 20 h de iluminação, respectivamente. No período noturno o tempo com a ingestão de água foi

inferior ao período diurno, com valores de 4,3 (0,6%); 4,0 (0,5%) e 6,0 (0,8%) min, para os animais expostos aos tempos de 12, 16 e 20 h de iluminação, respectivamente (Figura 7B). Esta diferença observada no tempo de ingestão de água entre os turnos, com valores de 15,1 (2,1%); 13,8 (1,9%) e 12,1 (1,7%) min, para os animais com 12, 16 e 20 h de luz, pode ser explicada pelo fato de que as condições ambientais (Figura 5) se encontravam acima do valor crítico superior (26 °C) para bezerros, na maior parte do tempo (9 às 17 h) durante o dia (BAÊTA e SOUZA, 2010). Neste caso, durante a fase de aleitamento, em que grande parte da demanda de água poderia ser satisfeita por dieta líquida, os animais procuram ingerir mais água, como agente moderador de sua temperatura corporal (CUNHA et al., 2007a).

O tempo despendido com a ruminação no período diurno foi de 23,2 (3,2%); 26,9 (3,7%) e 40,7 (5,7%) min, para as bezerras submetidas a 12, 16 e 20 h de iluminação, respectivamente (Figura 7C). As bezerras com 20 h de luz apresentaram 17,5 (1,2%) e 13,8 (1,0%) min a mais na atividade de ruminação, no período diurno, quando comparadas às bezerras submetidas a 12 e 16 h de luz, respectivamente. No período noturno (18 às 6 h) as bezerras com 12, 16 e 20 h de luz, ruminaram, respectivamente, 42,6 (5,9%); 64,9 (9,0%) e 97,5 (13,5%) min (Figura 7C). Assim, as diferenças entre os tempos despendidos na ruminação foram de 54,9 e 32,6 min, inferiores, para os animais com 12 e 16 h de luz, comparados aos animais com 20 h de iluminação, devido ao maior consumo de concentrado.

O tempo médio diário despendido na atividade de ruminação foi de 65,8 (4,6%); 91,8 (6,2%) e 138,2 (9,6%) min, respectivamente, pelos animais submetidos a 12, 16 e 20 h de iluminação (Figura 7C). O maior consumo de concentrado verificado para bezerras submetidas a 20 h de luz (Tabela 4), fez com que esses animais despendessem mais tempo na atividade de ruminação, proporcionando-lhes melhor utilização da energia disponível no concentrado fornecido, sendo convertido em maior ganho de peso (Tabela 5). Estes resultados estão em concordância com as observações relatadas por Swanson e Harris Júnior (1958), que verificaram correlação significativa entre o consumo de concentrado e o tempo de ruminação, em bezerros de raça Holandês alimentados com 4 L de leite por dia e concentrado peletizado com 18% de proteína. O tempo diário despendido na atividade de ruminação, observado no presente estudo (9,6%) para as bezerras com iluminação por 20 h, foi semelhante ao observado nos estudos realizados por Cunha et al. (2007b), que encontraram média de 9,3% do tempo total na atividade de ruminação em bezerros mestiços Holandês × Zebu. No entanto, no

presente estudo, o maior tempo despendido na atividade de ruminação foi observado no período noturno, provavelmente, pelas condições ambientais mais amenas, quando não havia necessidade dos animais utilizarem o mecanismo de perdas de calor latente por meio da frequência respiratória.

O tempo despendido em ócio, no período diurno, foi de 653,9 (90,8%); 650,1 (90,3%) e 628,9 (87,4%) min, respectivamente, pelas bezerras expostas a 12, 16 e 20 h de iluminação, (Figura 7D). No período noturno, o tempo gasto em ócio foi de 659,6 (91,6%); 632,4 (87,8%) e 557,9 (81,7%) min, respectivamente, para os animais submetidos a 12, 16 e 20 h de iluminação (Figura 7D). Estes valores estão de acordo com os achados de Façanha et al. (2011). Os autores verificaram que bezerros da raça Holandês na fase de aleitamento, mantidos em abrigos individuais, permaneceram, em média, 76,2% do tempo em ócio. Em geral, o percentual médio diário de tempo despendido em ócio foi de 91,20; 89,05 e 84,55% para os animais com 12, 16 e 20 h de iluminação, respectivamente. O menor tempo despendido em ócio, observado nas bezerras com iluminação por 20 h, pode ser explicado pelo fato dos animais terem utilizado mais tempo nas atividades de ingestão de concentrado e ruminação.

Não houve diferenças significativas ($P > 0,05$) no consumo de concentrado, pelas bezerras, no período diurno e no período noturno, da 3ª à 7ª semana de idade. No entanto, houve diferença significativa ($P < 0,05$) no consumo de concentrado, pelas bezerras com 20 h de luz, na 8ª, 9ª e 10ª semanas de idade, durante o período noturno, em comparação àquelas que não tiveram iluminação suplementar (12 h de luz), com diferenças de 0,281; 0,348 e 0,406 kg para a 8ª, 9ª e 10ª semanas de idade, no período noturno, respectivamente (Tabela 4).

Os animais foram alimentados com leite no final da tarde e ficaram saciados, não procurando ingerir concentrado no início da noite. No entanto, mais tarde, eles voltaram a procurar o concentrado e não houve mais iluminação suplementar para os animais com 12 e 16 h de iluminação e, consequentemente, o consumo de concentrado pelas bezerras foi reduzido. Ao contrário das bezerras com 20 h de luz, que tiveram mais tempo de luz disponível e, assim, foram estimuladas a ingerir mais concentrado.

Tabela 4. Valores médios e desvio padrão do consumo de concentrado por animal nos diferentes turnos (diurno e noturno), da 3ª à 10ª semana de idade em função do tempo de iluminação

Consumo médio de concentrado (kg)	Tempo de luz[1]					
	12 h		16 h		20 h	
	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno
3ª semana	0,125 ± 0,057 [a]	0,058 ± 0,043 [a]	0,069 ± 0,042 [a]	0,058 ± 0,038 [a]	0,121 ± 0,057 [a]	0,088 ± 0,045 [a]
4ª semana	0,143 ± 0,121 [a]	0,112 ± 0,090 [a]	0,092 ± 0,050 [a]	0,072 ± 0,039 [a]	0,152 ± 0,113 [a]	0,148 ± 0,089 [a]
5ª semana	0,166 ± 0,163 [a]	0,154 ± 0,100 [a]	0,125 ± 0,072 [a]	0,108 ± 0,067 [a]	0,196 ± 0,135 [a]	0,211 ± 0,125 [a]
6ª semana	0,153 ± 0,124 [a]	0,121 ± 0,116 [a]	0,179 ± 0,123 [a]	0,150 ± 0,128 [a]	0,213 ± 0,125 [a]	0,209 ± 0,135 [a]
7ª semana	0,171 ± 0,115 [a]	0,125 ± 0,110 [a]	0,164 ± 0,096 [a]	0,144 ± 0,116 [a]	0,257 ± 0,150 [a]	0,267 ± 0,150 [a]
8ª semana	0,232 ± 0,164 [a]	0,199 ± 0,146 [a]	0,263 ± 0,133 [a]	0,254 ± 0,145 [ab]	0,472 ± 0,180 [a]	0,480 ± 0,212 [b]
9ª semana	0,428 ± 0,260 [a]	0,313 ± 0,182 [a]	0,448 ± 0,186 [a]	0,397 ± 0,198 [ab]	0,643 ± 0,224 [a]	0,661 ± 0,251 [b]
10ª semana	0,530 ± 0,212 [a]	0,351 ± 0,202 [a]	0,621 ± 0,211 [a]	0,535 ± 0,223 [ab]	0,674 ± 0,203 [a]	0,757 ± 0,276 [b]

[a-b]Médias na mesma linha para o mesmo turno nos tempos de luz com diferentes sobrescritos diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade. [1]Tempo de luz: 12 h = 12 horas de luz natural; 16 h = 12 horas de luz natural + 4 horas de iluminação suplementar; 20 h = 12 horas de luz natural + 8 horas de iluminação suplementar

Da 3ª à 10ª semana de idade, o consumo médio diário das bezerras sem iluminação (0,418 kg) e das bezerras com 16 h de luz (0,460 kg), situou-se próximo aos observado da 2ª à 8ª semana por Cunha et al. (2007a); no entanto, os animais do presente estudo, com iluminação suplementar por 8 h (20 h de luz), consumiram, da 3ª à 10ª semana de idade, média diária de 0,694 kg de concentrado. É importante ressaltar que, na 8ª semana de idade, as bezerras com 20 h de luz consumiram 0,952 kg de concentrado (Tabela 1), quantidade superior a 0,800 kg/dia recomendada por Lopes et al. (2010), como critério de desaleitamento. Neste caso, com a utilização da iluminação suplementar por 8 h, as bezerras consumiram mais concentrado, com a possibilidade de desaleitamento mais precoce e redução dos custos de criação das bezerras de reposição, sem perdas de desempenho.

Na Tabela 5, estão apresentados os valores médios do consumo de concentrado e de matéria seca da 3ª à 6ª semana e da 7ª à 10ª semana de idade dos animais, peso vivo inicial e final, respectivamente, aos 15 e 70 dias de idade, ganho de peso diário e total em 55 dias, correspondentes ao período experimental, e a eficiência alimentar das bezerras submetidas a 12, 16 e 20 h de iluminação.

Tabela 5. Valores médios e desvio padrão do consumo de concentrado e matéria seca, peso vivo, ganho de peso e eficiência alimentar de bezerras submetidas a diferentes tempos de iluminação durante o período experimental

Desempenho das bezerras	Tempos de luz[1]		
	12 h	16 h	20 h
CMC da 3ª à 6ª semana de idade (kg/dia)	0,249 ± 0,210 [a]	0,213 ± 0,112 [a]	0,334 ± 0,249 [a]
CMC da 7ª à 10ª semana de idade (kg/dia)	0,587 ± 0,319 [a]	0,706 ± 0,278 [ab]	1,052 ± 0,480 [b]
CMS da 3ª à 6ª semana de idade (kg/dia)	0,719 ± 0,251 [a]	0,688 ± 0,281 [a]	0,794 ± 0,331 [a]
CMS da 7ª à 10ª semana de idade (kg/dia)	1,017 ± 0,185 [a]	1,122 ± 0,099 [ab]	1,427 ± 0,219 [b]
PVI (kg/animal)	39,311 ± 2,762 [a]	40,122 ± 2,981 [a]	41,300 ± 3,111 [a]
PVF (kg/animal)	66,800 ± 6,737 [a]	71,567 ± 7,832 [ab]	81,233 ± 8,123 [b]
GPMD (kg/animal/dia)	0,499 ± 0,106 [a]	0,571 ± 0,119 [ab]	0,726 ± 0,183 [b]
GPT (kg/animal)	27,489 ± 5,840 [a]	31,444 ± 6,522 [ab]	39,933 ± 7,898 [b]
EA (kg de GPMD/kg de CMS)	0,575 ± 0,097 [a]	0,631 ± 0,081 [a]	0,654 ± 0,061 [a]

[a-b]Médias seguidas de sobrescritos diferentes na mesma linha diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. CMC = cosumo médio de concentrado; CMS = consumo de matéria seca; PVI = peso vivo inicial; PVF = peso vivo final; GPMD = ganho de peso médio diário; GPT = ganho de peso total; EA = eficiência alimentar. [1]Tempos de luz: 12 h = 12 horas de luz natural; 16 h = 12 horas de luz natural + 4 horas de iluminação suplementar; 20 h = 12 horas de luz natural + 8 horas de iluminação suplementar

Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) sobre o consumo de concentrado da 3ª à 6ª semana de idade dos animais, entre os tratamentos com iluminação artificial e sem suplementação de luz (Tabela 5). No entanto, o consumo de concentrado foi superior ($P < 0,05$) para os animais com 20 h de luz, da 7ª à 10ª semana de idade, com diferenças de 0,465 e 0,346 kg, em comparação com o consumo das bezerras com 12 e 16 h de iluminação, respectivamente (Tabela 5). Estes resultados indicam que os animais já eram capazes de consumir quantidades consideráveis de concentrado. De acordo com Bhatti et al. (2012), a maior ingestão de concentrado é devido à maior capacidade digestiva dos bezerros. Para Morisse et al. (1997), a adição de alimentos sólidos à dieta líquida dos bezerros é importante, a partir da segunda semana de idade, quando os animais ampliam sua capacidade de digerir quantidades significativas de alimentos sólidos; no entanto, esta quantidade é regulada pelo volume, atividade metabólica e motilidade do rúmen e pela qualidade do alimento fornecido (KHAN et al., 2011).

O ganho de peso médio diário foi influenciado linearmente ($r^2 = 0,81$) pelo tempo de iluminação ($P = 0,009$) e consumo de matéria seca ($P < 0,0001$), da 3ª à 10ª semana de idade, conforme o modelo apresentado na equação (1).

$$GPMD = 0{,}014 \cdot TI + 0{,}485 \cdot CMS - 0{,}084 \quad (1)$$

em que:

GPMD - ganho de peso médio diário (kg);

TI - tempo de iluminação (h);

CMS - consumo de matéria seca (kg);

Os valores do ganho de peso médio diário e ganho de peso total foram de 0,499; 0,571 e 0,726 kg animal^{-1} e 27,489; 31,444 e 39,933 kg animal^{-1}, para as bezerras submetidas a 12, 16 e 20 h de iluminação, respectivamente (Tabela 5). Estes resultados corroboram os achados de Osborne et al. (2007), constatando que 84% da variação no ganho de peso de bezerros até os 56 dias de idade pode ser explicada pela quantidade do consumo de concentrado. A diferença entre o ganho de peso diário (0,226 kg) e o ganho de peso total (12,444 kg) das bezerras expostas a 20 e 12 h de luz é justificada pelo consumo de concentrado dos animais (Tabela 4), conforme relatado por Bhatti et al. (2012), em que o maior ganho de peso dos animais é devido ao maior consumo de concentrado.

O peso vivo final (70 dias de idade) das bezerras submetidas a 12, 16 e 20 h de iluminação foi 66,800; 71,567 e 81,233 kg, respectivamente (Tabela 5). O maior peso vivo (81,233 kg) aos 70 dias de idade, observado nos animais com 20 h de luz (Tabela 5), comprovou a eficiência da suplementação artificial de luz no estímulo ao consumo de concentrado das bezerras durante a fase de aleitamento, o que pode implicar em um desaleitamento precoce, caracterizado pelo consumo diário de concentrado (0,800 kg/dia), recomendado por Lopes et al. (2010). De fato, o ganho de peso (39,933 kg) observado neste trabalho, para as bezerras que tiveram acesso a 20 h de luz, foi superior ao ganho de peso (27,489 kg) das bezerras sem iluminação suplementar (Tabela 5), o que foi evidenciado pelo maior consumo de concentrado (Tabela 1). Assim, o uso da iluminação suplementar pode ser adotado como um manejo para estimular o consumo de concentrado de bezerras em fase de aleitamento, de modo que, no pós-aleitamento, tenham desenvolvimento satisfatório.

O tempo de iluminação foi correlacionado ($r = 0{,}60$; $P = 0{,}001$) com o ganho de peso das bezerras, que por sua vez, apresentou correlação positiva ($r = 0{,}86$; $P < 0{,}001$) relacionada com o consumo de matéria seca, o que indica que a suplementação de luz durante 8 h estimulou os animais a consumir mais concentrado, resultando em maior

ganho de peso na fase de aleitamento (Tabela 5). Os efeitos do tempo de iluminação da 3ª à 10ª semana de idade, sobre o ganho de peso dos animais, estão apresentados na Figura 8.

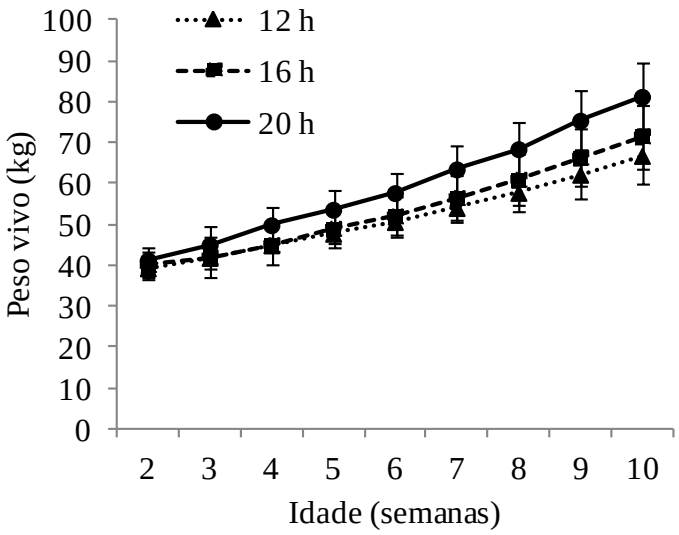

Figura 8. Efeito do tempo de iluminação sobre o ganho de peso de bezerras com idade de 15 a 70 dias (2ª a 10ª semana)
Tempos de iluminação: 12 h = 12 horas de luz natural (▲); 16 h = 12 horas de luz natural + 4 horas de iluminação suplementar (■) e 20 h = 12 horas de luz natural + 8 horas de iluminação suplementar (●)

Os valores de ganho de peso diário, ganho de peso total e peso vivo final estão de acordo com os encontrados por Osborne et al. (2007): maiores médias para os animais submetidos a iluminação suplementar, com valores de ganho de peso médio diário de 0,560 e 0,746 kg, ganho de peso total de 30,2 e 39,2 kg e peso vivo final de 73,4 e 80,5 kg para bezerros sem iluminação suplementar e com suplementação de luz na fase de aleitamento, respectivamente, até os 56 dias de idade.

Não se observou diferença significativa ($P > 0,05$) na eficiência alimentar das bezerras submetidas aos tempos de suplementação de luz estudados, da 3ª à 10ª semana de idade, devido ao ganho de peso médio ter sido proporcional ao consumo de matéria seca em todos os tempos de iluminação, em que se verificou valor médio da eficiência alimentar de 0,620 kg de ganho de peso para cada kg de matéria seca consumida (Tabela 5). A média da eficiência alimentar, no presente estudo (0,620 kg/kg), foi superior à média observada (0,554 kg/kg) por Cunha et al. (2007b), que não encontraram diferença significativa na eficiência alimentar de bezerros da raça Girolando, durante a fase de aleitamento, também devido ao ganho de peso médio ter sido proporcional ao consumo de concentrado.

Observou-se efeito significativo (P < 0,05) na altura de cernelha, altura de garupa, comprimento e perímetro torácico das bezerras submetidas a 8 h de iluminação suplementar, em comparação aos animais que tiveram somente acesso a luz natural. A iluminação suplementar por 8 h diárias estimulou o consumo de concentrado (Tabela 4), que por sua vez, proporcionou maior ganho de peso aos animais (Tabela 5) e, consequentemente, apresentaram maior desenvolvimento estrutural (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios e desvio padrão das variáveis de crescimento estrutural de bezerras submetidas a diferentes tempos de iluminação (15 à 70 dias de idade)

Variáveis de crescimento	Tempos de luz[1]		
estrutural (m)	12 h	16 h	20 h
Altura de cernelha inicial	0,77 ± 0,02 [a]	0,77 ± 0,02 [a]	0,78 ± 0,04 [a]
Altura de cernelha final	0,85 ± 0,03 [a]	0,88 ± 0,02 [ab]	0,91 ± 0,03 [b]
Incremento de cernelha	0,08 ± 0,02 [a]	0,11 ± 0,02 [ab]	0,13 ± 0,03 [b]
Altura de garupa inicial	0,80 ± 0,02 [a]	0,79 ± 0,03 [a]	0,81 ± 0,03 [a]
Altura de garupa final	0,89 ± 0,02 [a]	0,91 ± 0,03 [ab]	0,94 ± 0,03 [b]
Incremento de garupa	0,09 ± 0,02 [a]	0,12 ± 0,04 [ab]	0,13 ± 0,03 [b]
Comprimento inicial	0,71 ± 0,02 [a]	0,70 ± 0,03 [a]	0,71 ± 0,04 [a]
Comprimento final	0,84 ± 0,02 [a]	0,85 ± 0,03 [ab]	0,88 ± 0,03 [b]
Incremento de comprimento	0,13 ± 0,02 [a]	0,15 ± 0,03 [ab]	0,17 ± 0,03 [b]
Perímetro torácico inicial	0,79 ± 0,03 [a]	0,78 ± 0,05 [a]	0,80 ± 0,04 [a]
Perímetro torácico final	0,90 ± 0,03 [a]	0,94 ± 0,04 [ab]	0,99 ± 0,06 [b]
Incremento torácico	0,11 ± 0,03 [a]	0,16 ± 0,05 [ab]	0,19 ± 0,03 [b]

[a-b]Médias seguidas de sobrescritos diferentes na mesma linha diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. [1]Tempos de luz: 12 h = 12 horas de luz natural; 16 h = 12 horas de luz natural + 4 horas de iluminação suplementar; 20 h = 12 horas de luz natural + 8 horas de iluminação suplementar

Os incrementos de cernelha, garupa, comprimento e perímetro torácico das bezerras submetidas a 8 h de iluminação suplementar foram de 0,05; 0,04; 0,04 e 0,08 m, respectivamente, quando comparados com as bezerras sem suplementação de luz (Tabela 6). O perímetro torácico foi altamente (r = 0,79, P < 0,001) correlacionado com o ganho de peso médio diário, que por sua vez estava relacionado com o consumo de matéria seca, estando estes resultados de acordo com os encontrados por (Osborne et al., 2007). Os valores verificados no presente estudo para medidas de crescimento estrutural das bezerras, se encontram próximos aos valores médios verificados por Lima et al., (2012).

4. Conclusões

Os materiais de cobertura não influenciaram o comportamento ingestivo, consumo de concentrado e desempenho de bezerras leiteiras na fase de aleitamento.

O comportamento ingestivo de bezerras em aleitamento foi alterado pelo programa de suplementação de luz artificial.

As atividades de ingestão e ruminação foram alteradas pela presença de luz, os animais com 20 h de iluminação apresentaram maior consumo de concentrado no período noturno.

O tempo de iluminação por 20 h influenciou positivamente o ganho de peso diário, peso vivo e crescimento estrutural de bezerras em aleitamento; no entanto, a eficiência alimentar não foi alterada em função da iluminação suplementar.

5. Referências

ANDERSON, K. L.; NAGARAJA, T. G.; MORRIL, J. L. Ruminal metabolic development in calves weaned conventionally or early. **Journal of Dairy Science**, v.70, n.5, p.1000-1005, 1987.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais**: conforto animal. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2010. 269p.

BHATTI, S. A.; ALI, A.; NAWAZ, H.; MCGILL, D.; SARWAR, M.; AFZAL, M.; KHAN, M. S.; EHSANULLA, H.; AMER, M. A.; BUSH, R.; WYNN, P. C.; WARRIACH, H. M. Effect of pre-weaning feeding regimens on post-weaning growth performance of Sahiwal calves. **Animal Journal**, v.6, n.8, p.1231–1236, 2012.

CHUA, B.; COENEN, E.; VAN DELEN, J.; WEARY, D. M. Effects of pair versus individual housing on the behavior and performance of dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.2, p.360–364, 2002.

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 Brasileria de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.5, p.536-539, 2008.

CUNHA, D. N. F. V.; CAMPOS, O. F.; PEREIRA, J. C.; PIRES, M. F. A.; LIZIEIRE, R. S.; MARTUSCELLO, J. A. Desempenho, variáveis fisiológicas e comportamento de bezerros mantidos em diferentes instalações: época chuvosa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1140-1146, 2007a.

CUNHA, D. N. F. V.; CAMPOS, O. F.; PEREIRA, J. C.; PIRES, M. F. A.; OLIVEIRA, R. F. M.; MARTUSCELLO, J. A. Desempenho, variáveis fisiológicas e comportamento de bezerros mantidos em diferentes instalações: época seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.847-854, 2007b.

DAHL, G. E.; ELSASSER, T. H.; CAPUCO, A. V.; ERDMAN, R. A.; PETERS, R. R. Effects of a long daily photoperiod on milk yield and circulating concentrations of insulin-like growth factor-I. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.11, p.2784–2789, 1997.

DAHL, G. E.; BUCHANAN, B. A.; TUCKER, H. A. Photoperiod effects on dairy cattle: a review. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.4, p.885–893, 2000.

DE PAULA VIEIRA, A.; VON KEYSERLINGK, M. A. G.; WEARY, D. M. Effects of pair versus single housing on performance and behavior of dairy calves before and after weaning from milk. **Journal of Dairy Science**, v.93, n.7, p.3079–3085, 2010.

EVANS, N. M.; HACKER, R. R. Effect of chronobiological manipulation of lactation in the dairy cow. **Journal of Dairy Science**, v.72, n.11, p.2921–2927, 1989.

FAÇANHA, D. A. E.; VASCONCELOS, A. M.; SILVA, W. S. T.; CHAVES, D. F.; MORAIS, J. H. G.; OLIVO, C. J. Respostas comportamentais e fisiológicas de bezerros leiteiros criados em diferentes tipos de instalações e dietas líquidas. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.5, n.3, p.250-257, 2011.

HANSEN, P. J.; KAMWANJA, L. A.; HAUSER, E. R. Photoperiod influences age at puberty of heifers. **Journal of Animal Science**, v.57, n.4, p.985–992, 1983.

KHAN, M. A.; LEE, H. J.; LEE, W. S.; KIM, H. S.; KIM, S. B.; KI, K. S.; HA, J. K.; LEE, H. G.; CHOI, Y. J. Pre- and postweaning performance of Holstein female calves fed milk through step-down and conventional methods. **Journal of Dairy Science**, v.90, n.2, p.876–885, 2007.

KHAN, M. A.; WEARY, D. M.; VON KEYSERLINGK, M. A. G. Invited review: effects of milk ration on solid feed intake, weaning, and performance in dairy heifers. **Journal of Dairy Science**, v.94, p.1071–1081, 2011.

LIMA, R. N.; LIMA, P. O.; AROEIRA, L. J. M.; MIRANDA, M. V. F. G.; LOPES, K. T. L.; DIÓGENES, G. V.; PEREIRA, M. I. B.; SOUZA, I. T. N.; ROSSATO, C. H. Desempenho de bezerros aleitados com soro de queijo em associação ao colostro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.8, p.1174-1180, 2012.

LOPES, F. C. F.; CARNEIRO, J. C.; GAMA, M. A. S. Alimentação. In: **Manual de bovinocultura de leite**. Brasília: Editora LK; Belo Horizonte: Senar; Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2010. p.351-394.

MARTIN, P.; BATESON, P. **Measuring behaviour: an introductory guide**. 3. ed. Cambridge, Cambridge University Press. 2007.

MILLER-CUSHON, E. K.; BERGERON, R.; LESLIE, K. E.; DEVRIES, T. J. Effect of milk feeding level on development of feeding behavior in dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v.96, n.1, p.5551-5642, 2013.

MORISSE J. P.; HUONNIC D.; COTTE J. P.; MARTRENCHAR A. Relation between introducing solid feed and welfare of veal calves. Study on the three groups of 21 black pied calves. **Point Veterinaire**, v.24, n.184, p.1385-1387, 1997.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Variabilidade espacial de classes de textura, salinidade e condutividade hidráulica de solos em planície aluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.30-37, 2006.

OSBORNE, V. R.; ODONGO, N. E.; EDWARDS, A. M.; MCBRIDE, B. W. Effects of photoperiod and glucose-supplemented drinking water on the performance of dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v.90, n.11, p.5199-5207, 2007.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia**: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.

PETITCLERC, D.; CHAPIN, L. T.; EMERY, R. S.; TUCKER, H. A. Body growth, growth hormone, prolactin and puberty response to photoperiod and plane of nutrition in Holstein heifers. **Journal of Animal Science**, v.57, n.4, p.892–898, 1983.

RIUS, A. G.; DAHL, G. E. Exposure to long-day photoperiod prepubertally may increase milk yield in first-lactation cows. **Journal of Dairy Science**, v.89, n.6, p.2080–2083, 2006.

ROMA JÚNIOR, L. C.; BUSTOS MAC-LEAN, P. A.; SALLES, M. S. V.; SALLES, F. A.; SAVASTANO JÚNIOR, H. S. Programa de suplementação de luz artificial para bezerros em aleitamento. **Pesquisa & Tecnologia**, v.8, n.50, p.1-6, 2011.

SAS - **Statistical Analysis System**. 2007. SAS Companion for the Microsoft Windows Environment. Version 8, Cary: 2007.

SCHILLO, K. K.; HALL, J. B.; HILEMAN, S. M. Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3994–4005, 1992.

SILVA, R. R.; SILVA, F. F.; PRADO, I. N.; CARVALHO, G. G. P.; FRANCO, I. L.; ALMEIDA, V. S. Comportamento ingestivo de bovinos. aspectos metodológicos. **Archivos de Zootecnia,** v.55, n.211, p.293-296, 2006.

SWANSON, E.W.; HARRIS JUNIOR, J.D. Development of rumination in the young calf. **Journal of Dairy Science**, v.41, n.12, p.1768-1776, 1958.

TUCKER, H. A.; PETITCLERC, D.; ZINN, S. A. The influence of photoperiod on body weight gain, body composition, nutrient intake and hormone secretion. **Journal of Animal Science**, v.59, n.6, p.1610–1620, 1984.

VASCONCELOS, A. M.; MORAES, D. A. E. F.; OLIVO, C. J.; FARIAS, D. A.; SAENZ, E. A. C.; LANDIM, A. V.; GOMES, T. C. L.; ROGÉRIO, M. C. P.; GOÉS, K. L. S.; NASCIMENTO, J. R.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. A. Desempenho de bezerros leiteiros submetidos a diferentes dietas líquidas e instalações durante o período hibernal. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.3, n.4, p.163-171, 2009.

CAPÍTULO 4: Eficiência térmica de abrigos individuais para bezerras da raça Girolando no semiárido brasileiro

Resumo

Objetivou-se, com essa pesquisa, avaliar a eficiência térmica de materiais de cobertura em abrigos individuais, durante a fase de aleitamento de bezerras da raça Girolando, por meio de imagens termográficas, permanência dos animais ao sol e à sombra e respostas fisiológicas dos animais. A pesquisa foi conduzida em uma fazenda comercial, localizada na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil. O delineamento foi inteiramente casualizado, com 27 bezerras mestiças Holandês × Gir, distribuídas aleatoriamente em abrigos com três tipos de materiais de cobertura (telha de fibrocimento, telha reciclada e cobertura de palha) e nove repetições. Os abrigos cobertos com telha reciclada e palha proporcionaram redução de 18,7 e 14,6%, respectivamente, na carga térmica radiante e menores valores de temperatura da superfície inferior da cobertura dos abrigos. As bezerras criadas nesses abrigos permaneceram menos tempo ($P < 0,01$) expostas ao sol; no entanto, independente do tipo de cobertura, todos os animais elevaram a frequência respiratória para manter a homeotermia.

Palavras-chave: ambiência, bovinocultura de leite, comportamento animal, materiais de cobertura, termografia

Thermal efficiency of individual shelters for Girolando breed calves in the Brazilian semiarid

Abstract

The objective of this research was to evaluate the thermal efficiency of roofing materials in individual shelters during milk feeding stage of Girolando breed calves through thermography images, exposure to the sun/shade and physiological responses of animals. The research was conducted in a commercial farm located in the Agreste of Pernambuco state, Brazil. The experimental design was completely randomized, with 27 dairy calves crossed Holstein × Gir divided into shelters with three roofing materials (fibre cement tile, recycled tile and thatched roofs) and nine repetitions. In the shelter covered with recycled tile and thatched roofs provided reduction of 18.7 and 14.6%, respectively, in the radiant thermal load and lower temperature values on the lower surface coverage of shelters. The calves reared in these shelters were less exposed to the sun ($P < 0.01$); however, independently of the roofing type, all animals increased respiratory rate to maintain the homeothermy.

Key words: ambience, dairy cattle, animal behaviour, roofing materials, thermography

1. Introdução

O estresse térmico provocado pelos elementos meteorológicos é um dos principais fatores limitantes do desempenho animal em regiões de clima tropical, associadas às instalações inadequadas. As adversidades climáticas influenciam diretamente a manutenção do conforto térmico dos animais e pode ocasionar queda na produção, com consequente perda econômica (GRANT e ALBRIGHT, 1995).

A magnitude do estresse térmico em ambientes tropicais é causada pelo efeito combinado de alta temperatura e umidade relativa do ar, elevada incidência de radiação solar e baixa velocidade do vento, o que reduz a eficiência da perda de calor (DIKMEN e HANSEN, 2009), limitando o desenvolvimento, produção e reprodução dos animais (AVENDANO et al., 2006). Portanto, é de extrema necessidade a disponibilidade de sombra para os animais, para auxiliar na redução do estresse térmico, devendo, contudo, fornecer o tipo de sombra que represente boa eficiência na redução dos efeitos da radiação solar (RODRIGUES et al., 2010).

Nos sistemas comerciais de produção leiteira a criação de bezerras tem como principal objetivo a reposição dos animais do plantel. Para isso, torna-se necessário que estes tenham desenvolvimento satisfatório, livres dos agentes estressores que possam interferir na criação. Assim, instalações adequadas para as bezerras durante a fase de aleitamento são fundamentais, pois facilitam o manejo e protegem os animais de condições climáticas adversas (CUNHA et al., 2007).

O material de cobertura pode contribuir significativamente para a redução do incremento térmico no interior das instalações (FAGHIH e BAHADORI, 2009). Isto é devido à grande superfície exposta à radiação solar. Assim, a seleção apropriada da telha se torna fator principal para a manutenção do conforto térmico (SAMPAIO, et al. 2011).

Para quantificar as temperaturas superficiais e avaliar a eficiência térmica dos materiais utilizados nas coberturas de instalações zootécnicas e a distribuição da temperatura da superfície corporal dos animais, a utilização da termografia torna-se indispensável, pois, se trata de uma técnica de precisão, que permite maior eficiência na compreensão dos processos de transferência de energia da cobertura para o interior das instalações (FIORELLI et al., 2012). Além disso, é uma técnica de diagnóstico não invasiva, que mensura a emissão de energia por uma superfície (BROWN-BRANDL et al., 2013) e auxilia no reconhecimento de eventos fisiológicos como a termorregulação,

em razão das mudanças da temperatura do pelame e na avaliação do estresse térmico animal (KNÍZKOVÁ et al., 2007).

Nesse contexto, objetivou-se, com essa pesquisa, avaliar a eficiência térmica de materiais de cobertura em abrigos individuais para bezerras da raça Girolando, durante a fase de aleitamento, por meio de imagens termográficas, tempo de permanência ao sol e à sombra e respostas fisiológicas dos animais.

2. Material e métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Várzea Alegre, propriedade comercial de produção de leite, localizada no município de Pesqueira, Mesorregião Agreste, Microrregião do Vale do Ipojuca, Estado de Pernambuco, Brasil, 8º 17’ 10” S, 36º 53’ 03” W e 800 m de altitude. A precipitação pluviométrica média da região é de 730 mm por ano, com 24,8 °C de temperatura média anual. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é caracterizado como extremamente quente, semiárido (BSsh) (PEREIRA et al., 2002).

O trabalho experimental foi realizado de janeiro a março de 2012, com duração de 55 dias. Foram utilizadas 27 bezerras mestiças Holandês × Gir, com 15 dias de idade. Os animais foram alojados em abrigos individuais com dimensões de 1,80 m de comprimento, 1,50 m de largura e 1,45 m de altura média, sem fechamento lateral. As coberturas foram fixadas nas estruturas dos abrigos com inclinação de três graus e orientação longitudinal no sentido Leste-Oeste.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com as 27 bezerras distribuídas aleatoriamente em abrigos individuais com três tipos de materiais de cobertura e nove repetições: telha de fibrocimento, com 4 mm de espessura (Figura 1A), telha reciclada (75% polímero, 25% alumínio), com 6 mm de espessura (Figura 1B) e cobertura com palha (palha de palmeira, *Syagrus coronata*), com camada de aproximadamente 50 mm de espessura (Figura 3C).



Figura 1. Abrigos individuais cobertos com telha de fibrocimento (A), telha reciclada (B) e palha (C)

Os animais foram separados das matrizes após o nascimento. Durante os três primeiros dias de vida, eles receberam 4 L de colostro em baldes individuais, divididos em duas refeições diárias, uma pela manhã (5 h) e outra no turno da tarde (17 h). Depois, os animais receberam a mesma quantidade (4 L) de leite integral até o

desaleitamento, também dividido em duas refeições diárias (manhã e tarde). A água e o concentrado peletizado, com 18% de proteína bruta, foram fornecidos à vontade.

As variáveis meteorológicas, temperatura de bulbo seco (TBS, ^{o}C), umidade relativa do ar (UR, %) e temperatura de globo negro (TGN, °C) foram registradas a cada hora, no interior dos abrigos individuais e no ambiente externo, utilizando *dataloggers* modelo Hobo U12-12 (Onset Computer Corporation Bourne, MA, USA) (Figura 2A). Os registradores foram posicionados no centro geométrico dos abrigos, a uma altura de 1,40 m (Figura 2B).



Figura 2. *Datalogger* utilizado para registro das variáveis ambientais (A); registradores instalados no interior do abrigo individual (B)

No ambiente externo, os equipamentos foram instalados em um abrigo meteorológico a 1,50 m de altura do solo (Figura 3A) na mesma área do experimento. A velocidade do vento (Vv, m s^{-1}) foi medida a cada hora com um termoanemômetro digital, modelo TAFR-180, com escala de 0,10 a 20,0 m s^{-1} e uma resolução de 0,10 m s^{-1} (Figura 3B).



Figura 3. Abrigo meteorológico equipado com sensores e registradores (A); anemômetro utilizado para medição da velocidade do vento (B)

Para determinar a eficiência térmica dos abrigos individuais com diferentes materiais de cobertura, a carga térmica radiante (CTR, W m^{-2}) foi calculada utilizando a metodologia proposta por Esmay (1982) às 5, 8, 11, 14 e 17 h, Eq. (1).

$$CTR = \sigma(TMR)^4 \quad (1)$$

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

em que:

TRM - temperatura média radiante (K);

σ - constante de Stefan-Boltzmann ($5{,}67x10^{-8}$ W K^{-4} m^{-2});

Vv – velocidade do vento (m s^{-1});

TGN – temperatura de globo negro (K).

TBS – temperatura de bulbo seco (K).

As imagens termográficas foram utilizadas para analisar as características térmicas das superfícies superiores e inferiores dos materiais utilizados na cobertura dos abrigos individuais. Foram obtidas por meio de termovisor modelo Flir i60 (Figura 4), que permitiu registrar as imagens duas vezes por semana às 5, 8, 11, 14 e 17 h.



Figura 4. Termovisor utilizado para o registro das imagens termográficas

O acesso às superfícies superiores das coberturas no momento do registro das imagens foi por meio de uma estrutura especial móvel. Adotou-se distância padrão de

0,50 m entre a câmera e a superfície superior (Figura 5A) e inferior (Figura 5B) da cobertura dos abrigos individuais para obtenção das imagens térmicas, sempre pelo mesmo operador. A partir das imagens, os perímetros correspondentes à parte central da cobertura foram selecionados para determinação das médias das temperaturas das superfícies superiores e inferiores das coberturas dos abrigos.

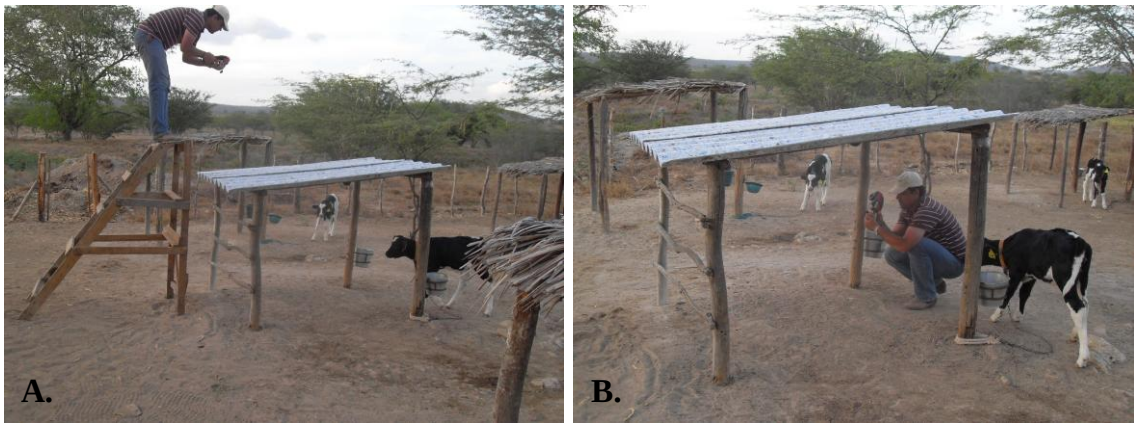

Figura 5. Registro de imagem termográfica da superfície superior (A) e inferior (B) da cobertura do abrigo individual

As imagens foram corrigidas e analisadas pelo programa computacional Flir QuickReport, em que os valores da emissividade foram definidos em função do tipo de material avaliado: 0,96 para telha de fibrocimento (SOUZA et al., 2011); 0,75 para a palha (SANTOS, 2005); 0,65 para telha reciclada (MICHELS, 2007), assim como a caracterização termohigrométrica no momento de obtenção da imagem, o que permitiu os devidos ajustes na variação térmica das superfícies analisadas.

Para estudo da preferência do animal, em posicionar-se ao sol ou à sombra, as observações foram realizadas semanalmente, totalizando 8 semanas de registro de dados, por amostragem de varredura, em intervalos de 10 min (MARTIN e BATESON, 2007), das 6 às 18 h.

O registro dos parâmetros fisiológicos, frequência respiratória (FR, mov min^{-1}), temperatura da superfície do pelame (TSP, °C) e temperatura retal (TR, °C), foram realizados nos mesmos horários e dias de registro das imagens termográficas das superfícies das coberturas dos abrigos individuais. O registro da FR deu-se a partir da contagem do número de movimentos na região do flanco realizados pelo animal no intervalo de 1 (um) min. Após a verificação da FR, foram realizados os registros das imagens termográficas para determinação da TSP, por meio da câmera termográfica. As

imagens foram registradas do lado esquerdo das bezerras, a uma distância padrão de 2,50 m entre a câmera e o animal (Figura 6A); posteriormente foram corrigidas e analisadas pelo programa computacional Flir QuickReport. A emissividade foi ajustada para 0,98 (Montanholi et al., 2009) e as variáveis termohigrométricas foram corrigidas de acordo com os valores obtidos no momento de registro das imagens. Para obtenção da TSP, foram selecionados os perímetros correspondentes a uma área retangular no corpo do animal, no sentido longitudinal, entre a região do pescoço e a região femoral e no sentido transversal, da região do dorso até a região ventral do abdômen, em que se determinaram os valores médios de temperatura da superfície do pelame (Figura 6B).

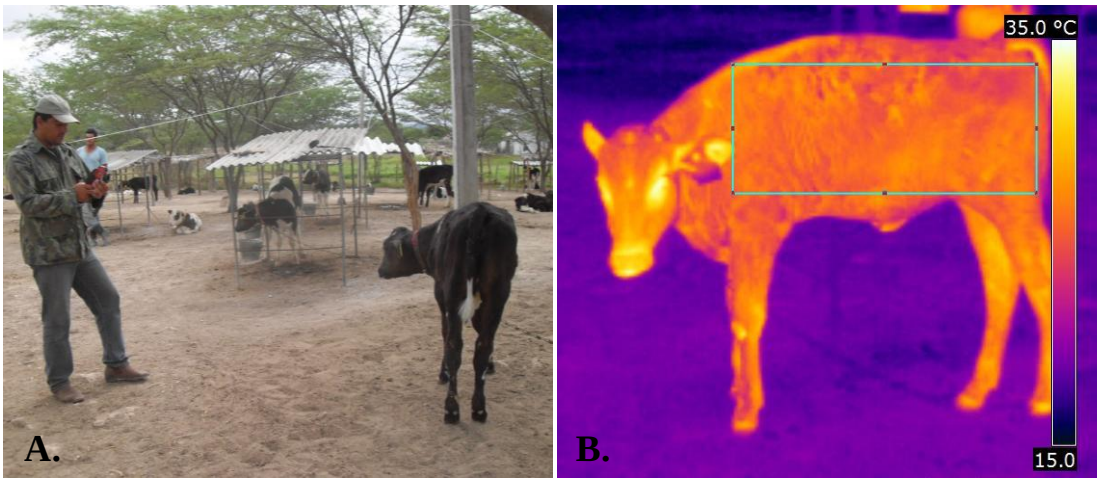

Figura 6. Registro de imagem termográfica da bezerra (A); imagem termográfica do animal com perímetro delineado (B)

Após o registro das imagens termográficas das bezerras foram tomadas as medidas da TR (Figura 7), com o auxílio de um termômetro clínico digital, com escala de 20 a 50°C e precisão de 0,10°C, até a estabilização da temperatura.



Figura 7. Registro da temperatura retal dos animais

Para analisar o perfil termográfico das superfícies foi selecionado o dia 24 de fevereiro de 2012, às 11 h, dia de maior desconforto térmico, que coincidiu com o registro de maior valor de carga térmica radiante, às imagens termográficas de ambas as superfícies das coberturas e TSP dos animais. Um par de imagens térmicas (superfície superior e inferior) foi selecionado para cada tipo de material e um par de imagens térmicas das superfícies dos pelames de uma bezerra exposta ao sol e outra exposta à sombra. As escalas de temperatura de todas as imagens foram uniformizadas com valores de 30 a 60 °C, para facilitar a compreensão da variabilidade térmica das superfícies analisadas.

As análises estatísticas da eficiência térmica dos abrigos e parâmetros fisiológicos dos animais foram realizadas utilizando-se o Statistical Analysis System (SAS, 2007) e as inferências obtidas foram avaliadas pelo teste de Tukey, para um nível de significância de 5%. A variável não paramétrica "permanência dos animais ao sol ou sombra" foi determinada pelo teste do qui-quadrado (X^2).

3. Resultados e discussão

A relação funcional entre a temperatura do ambiente externo e a temperatura no interior do abrigo coberto com telha de fibrocimento indicou acréscimo de 2,02% no abrigo, quando comparado ao ambiente externo (Figura 8A). Para os abrigos cobertos com telha reciclada, a relação entre as temperaturas, aponta variação de 1,15% superior àquela que se verificou no ambiente externo (Figura 8B). Já para o abrigo coberto com palha, esta relação foi inferior à telha de fibrocimento e telha reciclada, apresentando valor de 0,38% entre a temperatura no interior do abrigo e a temperatura do ambiente externo (Figura 8C).

Estas diferenças nas temperaturas no interior dos abrigos podem ser explicas pela absortância e condutividade térmica dos materiais utilizados na cobertura. A absortância da telha de fibrocimento, telha reciclada e palha apresentam valores de 68, 56 e 46%, respectivamente (LIMA et al., 2007; PERALTA, 2006); a condutividade térmica da telha de fibrocimento, polímeros reciclados presentes na composição da telha reciclada e palha, apresentam valores da ordem de 0,76; 0,30 e 0,12 W m^{-1} $°C^{-1}$, respectivamente (INCROPERA et al., 2008). Segundo Peralta (2006) as temperaturas internas revelam a influência da absortância do material de cobertura no desempenho térmico das instalações. Assim, as coberturas com palha e telha reciclada, por possuírem menores valores de condutividade térmica e absortância foram mais eficientes no condicionamento térmico dos abrigos individuais, quando comparadas com as telhas de fibrocimento (Figura 8).

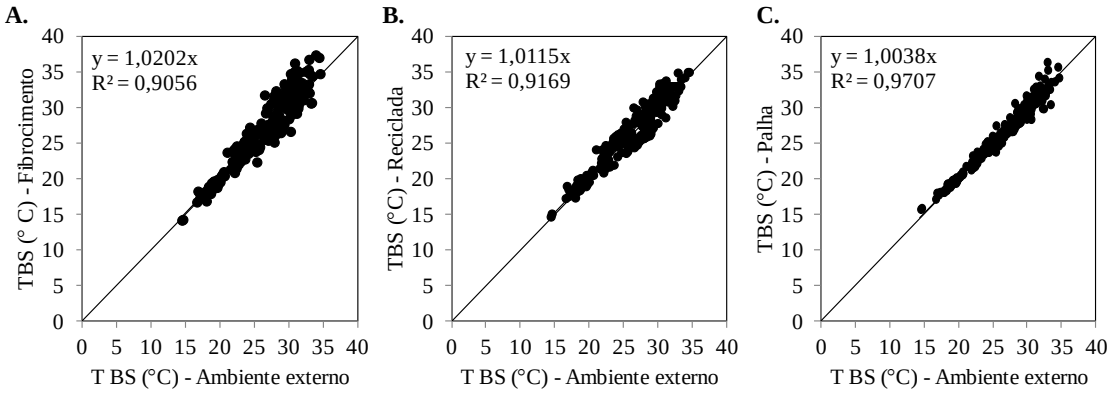

Figura 8. Relação funcional entre a temperatura do ambiente externo e a temperatura no interior dos abrigos cobertos com telha de fibrocimento (A), telha reciclada (B) e palha (C)

Os resultados mostraram efeito significativo ($P < 0,05$) para as médias da carga térmica radiante entre as coberturas de telhas de fibrocimento e telha reciclada, às 8 e 11 h. Os abrigos cobertos com telhas recicladas apresentaram maior eficiência na redução da CTR e os cobertos com telhas de fibrocimento mostraram os piores resultados. No entanto, não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) entre as coberturas, nos horários das 5, 14 e 17 h. As telhas promoveram redução da CTR, quando comparada com o ambiente externo (abrigo meteorológico) ($P < 0,05$), nos horários das 8, 11 e 14 h, uma vez que o globo negro se encontrava totalmente exposto à radiação solar direta (Tabela 1). A CTR apresentou redução de 8,9; 13,1 e 14,8% às 8 h, de 10,1; 14,6 e 18,7% às 11 h e de 11,0; 14,0 e 16,8% às 14 h, respectivamente, no interior dos abrigos cobertos com telha de fibrocimento, cobertura de palha e telha reciclada, em comparação ao ambiente externo (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão da carga térmica radiante registrada no interior dos abrigos individuais e no ambiente externo durante o período experimental

Horários avaliados	CTR (W m^{-2}) nos ambientes analisados			
	Ambiente externo	Telha de fibrocimento	Cobertura de palha	Telha reciclada
5 h	406,8 ± 7,0 ^{b}	414,1 ± 5,5 ^{a}	413,5 ± 4,9 ^{a}	418,7 ± 8,9 ^{a}
8 h	525,0 ± 27,6 ^{a}	478,0 ± 10,7 ^{b}	462,7 ± 7,9 ^{bc}	456,4 ± 22,8 ^{c}
11 h	592,1 ± 33,9 ^{a}	532,1 ± 19,4 ^{b}	514,2 ± 23,4 ^{bc}	496,2 ± 20,8 ^{c}
14 h	584,6 ± 55,5 ^{a}	520,2 ± 23,5 ^{b}	511,8 ± 22,6 ^{b}	498,6 ± 19,7 ^{b}
17 h	467,9 ± 18,0 ^{a}	464,1 ± 10,7 ^{a}	459,6 ± 12,4 ^{a}	458,9 ± 20,8 ^{a}

$^{a-b-c}$Médias seguidas de sobrescritos diferentes na mesma linha diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. CTR = carga térmica radiante

As diferenças ($P < 0,05$) observadas na CTR às 8 e 11 h, entre os abrigos cobertos com telhas recicladas e telhas de fibrocimento, podem ser explicadas pelas propriedades térmicas dos materiais constituintes da telha reciclada; os fragmentos de alumínio contidos em sua composição (25%) contribuíram para reflexão da radiação incidente sobre a superfície da cobertura. Em relação aos polímeros reciclados (75%), o fato de apresentarem baixa condutividade térmica retardou a transmissão de energia para o interior dos abrigos. No entanto, com a incidência da radiação solar durante o dia, a absorção de energia pela superfície superior foi gradativamente conduzida para a

superfície inferior, sendo que, a partir das 14 h, as coberturas não apresentaram diferenças (P > 0,05) para CTR no interior dos abrigos (Tabela 1).

Os valores obtidos para CTR nos abrigos com telhas de fibrocimento variaram entre 414,1 e 532,1 W m^{-2} e estão em conformidade com os resultados apresentados por Sampaio et al. (2011). As telhas recicladas apresentaram valores de CTR que variaram de 418,7 a 498,6 W m^{-2}, entre 5 e 17 h, no interior dos abrigos. Os abrigos cobertos com palha tinham espaços vazios entre as fibras que constituíam as coberturas, o que permitiu a passagem da radiação solar direta, elevando a carga térmica radiante no interior do abrigo, variando de 413,5 a 514,2 W m^{-2}; isso prejudicou o desempenho esperado na redução da CTR. Kawabata et al. (2005) encontraram valores similares de CTR para telhas compostas por fibras de celulose em abrigos individuais com fechamentos laterais.

As pequenas variações de CTR verificadas no presente estudo podem estar relacionadas com o modelo do abrigo utilizado, que não evidenciou maior diferenciação entre os materiais testados, devido à inexistência de fechamento lateral, o que favoreceu a dissipação da energia transmitida pelos materiais de cobertura.

Os resultados das temperaturas registradas pela câmera termográfica (Figura 9) indicaram variações na temperatura das superfícies superiores e inferiores das coberturas, em que se verificou que a temperatura média da superfície superior foi de 50,2; 46,5 e 42,8 °C, respectivamente, para telha de fibrocimento (Figura 9A), telha reciclada (Figura 9C) e cobertura de palha (Figura 9E). Esta variação também foi observada para a temperatura da superfície inferior, com valores da ordem de 46,8; 42,0 e 38,7 °C, respectivamente, para a cobertura com telha de fibrocimento (Figura 9B), telha reciclada (Figura 9D) e cobertura de palha (Figura 9F).

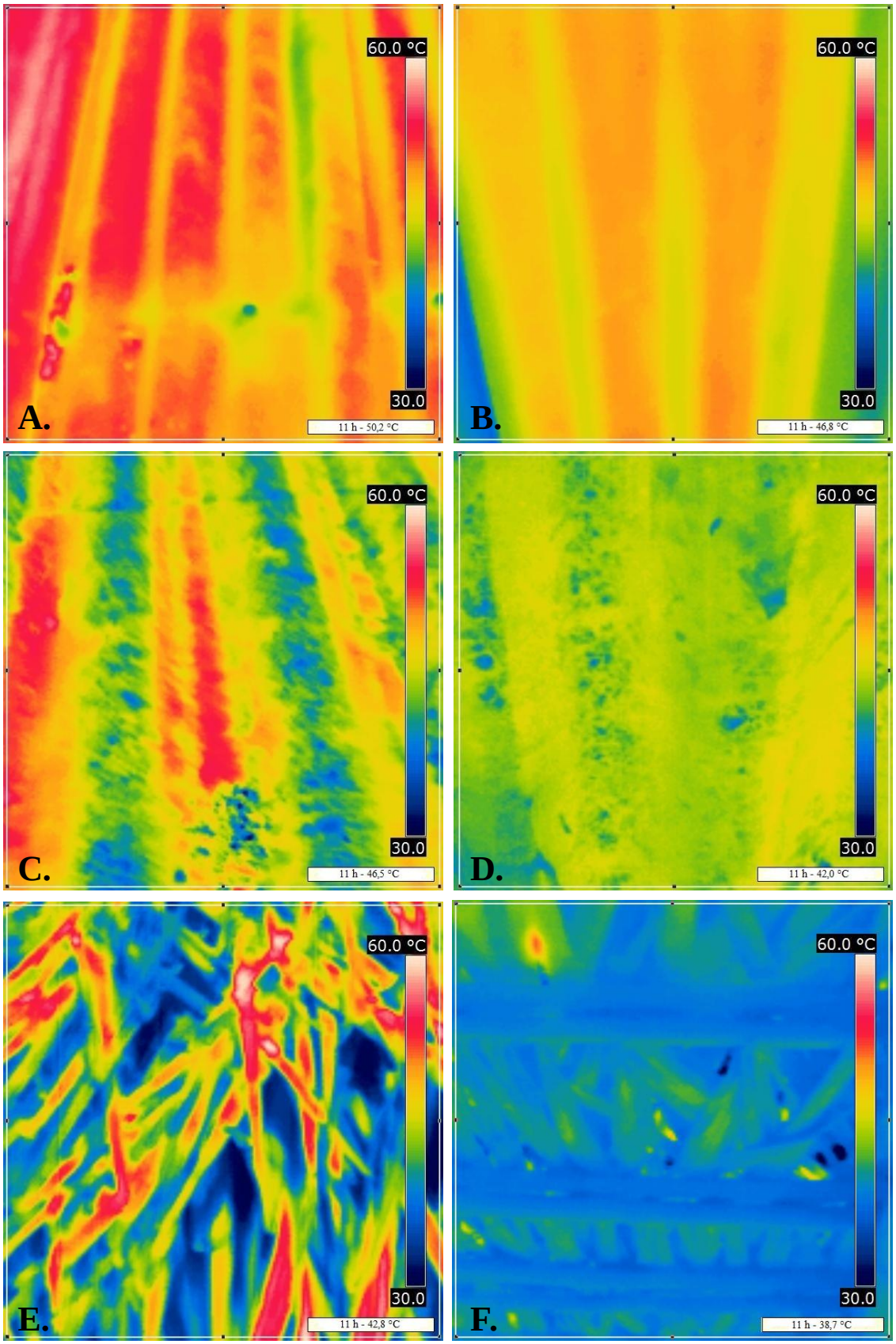

Figura 9. Imagens termográficas das superfícies superiores e inferiores dos materiais de cobertura: telha de fibrocimento – superfície superior (A) e inferior (B); telha reciclada – superfície superior (C) e inferior (D); cobertura de palha – superfície superior (E) e inferior (F) em 24 de fevereiro de 2012, às 11 h

A diferença de temperatura entre a superfície superior e inferior no dia de maior desconforto térmico, que coincidiu com o registro de maior carga térmica radiante, indica o sentido do fluxo de calor. Assim, verificou-se que o sentido do fluxo de calor foi descendente, ou seja, da superfície superior para a inferior da telha, para todos os materiais de cobertura, com diferenças de temperaturas, entre as superfícies, de 3,4; 4,5 e 4,1 °C, respectivamente, para telhas de fibrocimento, telha reciclada e coberturas com palha (Figura 9). No entanto, essa ordem e magnitude podem se inverter, devido à carga térmica radiante e às propriedades térmicas (absortividade, refletividade e transmissividade) dos materiais (MICHELS et al., 2008). Abreu et al. (2011) verificaram fluxo de calor em sentido ascendente, durante o dia, nos vários tipos e modelos de telhas avaliadas, sendo atribuído este sentido de fluxo à condensação de água na superfície superior da cobertura.

As diferenças de temperatura (Figura 9) entre as superfícies superior e inferior das coberturas de palha (4,1 °C) e telha reciclada (4,5 °C) foram superiores ao da telha de fibrocimento (3,4 °C), o que é justificado pelas propriedades dos materiais; a cobertura de palha possui considerável capacidade de absorção de água e maior circulação de ar nos espaços entre as camadas de fibras vegetais. Neste caso, durante a noite a temperatura da superfície foi menor que a temperatura do ar, com diferenças de até 5,6 °C, o que promoveu condensação e posterior absorção de água pela palha; durante o dia, pois, parte da energia provinda da radiação incidente foi utilizada para evaporação da água absorvida pelo material, portanto, a cobertura começou a aquecer somente após ter terminado esse processo (MICHELS et al., 2008), o que reduziu a transferência de calor da superfície superior para a inferior da cobertura, que resultou em menor temperatura da superfície inferior. Este fato também foi observado para a cobertura com telhas recicladas, porém, esta diferença de temperatura pode ser explicada pelas características dos materiais constituintes da telha (polímero e alumínio).

Foram encontradas diferenças significativas ($P < 0,05$) entre as temperaturas da superfície superior das telhas de fibrocimento e telhas recicladas, às 5, 8, 14 e 17 h, com reduções de 2,4; 3,5; 7,2 e 4,4 °C, respectivamente (Tabela 2). O mesmo foi encontrado para as superfícies internas, com diferenças significativas para coberturas de palha e telha reciclada, em comparação com a telha de fibrocimento, com reduções de 3,9 e 1,5 °C às 8 h; 13,4 e 11,6 °C, às 11 h, e de 8,4 e 8,8 °C, às 14 h, respectivamente (Tabela 2). Os resultados sugerem que as coberturas com palha e telha reciclada foram mais eficientes na redução da temperatura. Assim, podem ser utilizados de modo a

proporcionar adequação ao microclima no interior dos abrigos individuais para bezerras em aleitamento (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios e desvio padrão das temperaturas nas superfícies superiores e inferiores das coberturas dos abrigos individuais durante o período experimental

Períodos avaliados	Superfícies das coberturas	Temperaturas dos materiais de cobertura dos abrigos (°C)		
		Fibrocimento	Palha	Reciclada
5 h	Superior	16,8 ± 1,5 [a]	16,0 ± 1,4 [ab]	14,4 ± 1,6 [b]
	Inferior	17,6 ± 1,6 [b]	18,8 ± 1,1 [b]	20,6 ± 0,9 [a]
8 h	Superior	28,8 ± 1,7 [a]	27,0 ± 2,1 [ab]	25,3 ± 1,3 [b]
	Inferior	28,1 ± 1,5 [a]	24,2 ± 1,4 [b]	26,6 ± 0,7 [b]
11 h	Superior	44,1 ± 6,2 [a]	36,9 ± 5,9 [a]	37,2 ± 7,1 [a]
	Inferior	41,9 ± 4,9 [a]	30,7 ± 1,9 [b]	33,3 ± 4,1 [b]
14 h	Superior	41,4 ± 4,1 [a]	38,0 ± 5,9 [ab]	34,2 ± 4,9 [b]
	Inferior	40,5 ± 3,6 [a]	32,1 ± 2,2 [b]	31,7 ± 2,8 [b]
17 h	Superior	26,3 ± 1,3 [a]	25,2 ± 1,4 [a]	21,9 ± 1,5 [b]
	Inferior	27,2 ± 1,7 [a]	26,0 ± 2,9 [a]	24,7 ± 0,9 [a]

[a-b]Médias seguidas de sobrescritos diferentes na mesma linha diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

A temperatura média da superfície superior manteve-se abaixo daquela da superfície inferior às 5 e 17 h (Tabela 2). O que pode ser explicado pelo fato das coberturas absorverem energia proveniente da radiação solar das 8 às 14 h, intervalo de elevada radiação solar, de modo a promover aumento da temperatura da superfície superior; a partir das 14 h a superfície superior da cobertura começou a perder calor para o ambiente, com redução da temperatura no horário seguinte de avaliação (17 h). Esta energia absorvida pela face superior das coberturas é transmitida por condução entre as moléculas ou partículas do material até aquecer a face inferior da cobertura (ABREU et al., 2011). Portanto, os valores médios da temperatura da superfície inferior foram numericamente mais elevados que a temperatura da superfície superior às 17 h. Entretanto, a superfície inferior da cobertura com palha e telha reciclada apresentaram menores valores de temperatura (Tabela 2), quando comparadas com a telha de fibrocimento, segundo Incropera et al. (2008), estes resultados podem se explicados pela condutividade térmica das fibras que compõem a cobertura de palha (0,12 W m^{-1} $°C^{-1}$); dos polímeros reciclados presentes na composição da telha reciclada (0,30 W m^{-1}

$°C^{-1}$) e das telhas de fibrocimento que apresentam maior valor de condutividade térmica (0,76 W m^{-1} $°C^{-1}$).

Neste contexto, o fluxo de calor, juntamente com as elevadas temperaturas na face inferior dos materiais de cobertura são prejudiciais para os sistemas de produção animal, uma vez que a energia térmica da superfície superior é transferida para a superfície inferior, o que pode elevar a temperatura do ar dentro da instalação e causar desconforto térmico aos animais. No entanto, os menores valores de temperatura das superfícies das coberturas não significam, necessariamente, situação de conforto térmico para os animais. Esta condição deve ser confirmada pela carga térmica radiante a que os animais são submetidos (ABREU et al., 2011).

Os animais permaneceram a maior parte do tempo sob o sol entre 6 e 10 h, intervalo de menor radiação solar e, às 11 h, com a radiação solar mais intensa, as bezerras buscaram a sombra (Figura 10).

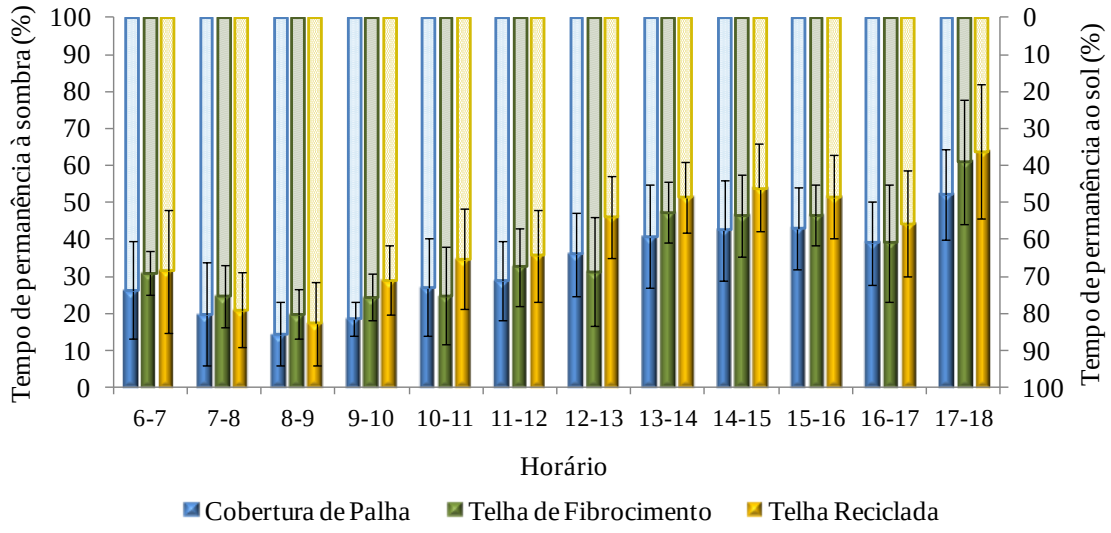

Figura 10. Percentual do tempo de permanência das bezerras ao sol e à sombra, no período das 6 às 18 h; teste do qui-quadrado (P < 0,01)

As bezerras mantidas nos abrigos cobertos com palha, telha de fibrocimento e telha reciclada permaneceram 67,6; 64,2 e 59,9% do tempo ao sol e, portanto, fora dos abrigos, respectivamente (Figura 10). A menor permanência ao sol (P < 0,01), observada para as bezerras criadas nos abrigos cobertos com telhas recicladas, está relacionada com a menor carga térmica radiante (Tabela 1). De acordo com Collier et al. (2006) e Tucker et al. (2008) os materiais de cobertura que fornecem sombras mais fechadas e mais efetivas na redução radiação solar, são preferidas pelos animais.

De modo geral os valores observados no presente estudo para o tempo de permanecia ao sol estão de acordo com os obtidos por Cunha et al. (2007), demonstrando que bezerros na fase de aleitamento, mantidos em abrigos individuais cobertos com telhas de zinco, permaneceram 68% do tempo fora da instalação. É possível que a necessidade de contato visual entre os animais, pela característica de hábitos gregários dessa espécie, tenha motivado as bezerras a passar a maior parte do tempo expostas ao sol. Portanto, bezerros buscam o lado de fora das instalações quando criados individualmente, na tentativa de satisfazer a necessidade de interação social (CHUA et al., 2002).

As variáveis fisiológicas não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$) entre as bezerras criadas nos abrigos com diferentes tipos de cobertura (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios e desvio padrão temperatura retal, frequência respiratória e temperatura da superfície do pelame durante o período experimental

Horários	Variáveis Fisiológicas	Materiais utilizados nas coberturas dos abrigos individuais		
		Fibrocimento	Palha	Reciclada
5 h	TR (°C)	38,6 ± 0,3	38,4 ± 0,3	38,5 ± 0,1
	FR (mov min^{-1})	39,7 ± 4,0	36,5 ± 2,4	38,1 ± 3,4
	TSP (°C)	26,4 ± 0,4	26,3 ± 0,4	26,1 ± 0,6
8 h	TR (°C)	38,8 ± 0,3	38,7 ± 0,3	38,7 ± 0,3
	FR (mov min^{-1})	55,8 ± 6,2	50,1 ± 4,2	51,9 ± 6,5
	TSP (°C)	32,6 ± 2,9	33,2 ± 3,1	33,8 ± 2,1
11 h	TR (°C)	39,0 ± 0,3	38,9 ± 0,3	38,9 ± 0,2
	FR (mov min^{-1})	67,8 ± 9,2	60,3 ± 4,6	66,4 ± 7,3
	TSP (°C)	36,9 ± 3,4	37,9 ± 3,1	37,7 ± 2,0
14 h	TR (°C)	39,1 ± 0,3	39,1 ± 0,2	39,0 ± 0,2
	FR (mov min^{-1})	71,5 ± 9,9	66,0 ± 5,2	67,5 ± 8,3
	TSP (°C)	35,1 ± 1,7	35,8 ± 1,4	35,9 ± 1,8
17 h	TR (°C)	39,2 ± 0,3	39,1 ± 0,3	39,1 ± 0,3
	FR (mov min^{-1})	51,6 ± 4,9	48,8 ± 4,7	48,0 ± 6,1
	TSP (°C)	30,4 ± 0,5	30,2 ± 0,5	30,5 ± 0,7

TR = temperatura retal; FR = frequência respiratória; TSP temperatura da superfície do pelame.

Os valores médios de temperatura retal (TR) estavam dentro dos limites de variação normal (38,0 a 39,3ºC) propostos por Dukes (1996). Segundo Ehrlemark e

Sällvik (1996), bovinos expostos a estresses térmicos diários apresentam reduções na temperatura retal medida pela manhã, ocasionadas por mecanismos adaptativos que diminuem a produção de calor. No entanto, no presente trabalho os animais mantiveram a temperatura retal dentro de limites normais, em todos os horários de avaliação, com valores de 38,4 a 39,2 °C, respectivamente, das 5 às 17 h (Tabela 3), o que corrobora Cunha et al. (2007).

Os valores de frequência respiratória (FR) variaram de 36,5 a 71,5 mov min^{-1} (Tabela 3). As frequências respiratórias estiveram acima do normal indicado por Dukes (1996) (21 a 25 mov min^{-1}) para bovinos jovens. No entanto, Hahn, et al. (1997) afirmam que a frequência respiratória de até 60 mov min^{-1} indica ausência de estresse térmico em bovinos. Animais homeotérmicos, quando submetidos a altas temperaturas, aumentam a frequência respiratória, antecedendo a elevação da temperatura retal (BIANCA, 1963), para auxiliar no processo de dissipação de calor (QUATERMAIN e BROANBENT, 1974).

Os resultados evidenciaram que, independentemente dos tipos de materiais utilizados nas coberturas dos abrigos, os animais intensificaram os processos de perda de calor latente para manter a temperatura corporal, não excedendo o limite superior (39,3 °C) da TR, conforme verificado na Tabela 3. Oliveira et al. (2008) explicam que a FR é o mecanismo termorregulatório mais facilmente usado quando o animal está submetido ao estresse térmico, portanto, sujeito a maior variação. As médias da temperatura de superfície do pelame (TSP) variaram de 26,1 a 37,9 °C (Tabela 3). Isso demonstra que, com o aumento da carga térmica radiante (Tabela 1), os animais utilizam a vasodilatação periférica, ou seja, o aumento do fluxo sanguíneo para a superfície corporal, como um processo para a manutenção da homeotermia, ocasionando aumento na temperatura da superfície animal (RIBEIRO et al., 2008).

Os valores médios de TSP são semelhantes aos observados por Kotrba et al. (2007), ao analisarem a distribuição de temperatura superficial em bovinos leiteiros da raça Holandês, por meio de imagens termográficas registradas em ambiente com temperatura de 29,2 °C, com pequenas variações entre a temperatura de diferentes partes do corpo dos animais (pescoço, parte anterior do corpo, região do abdômen, parte traseira do corpo, membro anterior e membro posterior).

A temperatura média da superfície do pelame (Figura 11) medida no dia (24 de fevereiro de 2012) e horário (11 h) de maior carga térmica radiante, coincidente com dia de registro das variáveis fisiológicas, foi de 42,1 e 36,5 °C, respectivamente, para a

bezerra exposta ao sol (Figura 11A) e à sombra (Figura 11B). Sob estas condições, a temperatura média da superfície do pelame da bezerra exposta à sombra foi de 5,6 °C, inferior à TSP da bezerra em exposição ao sol.

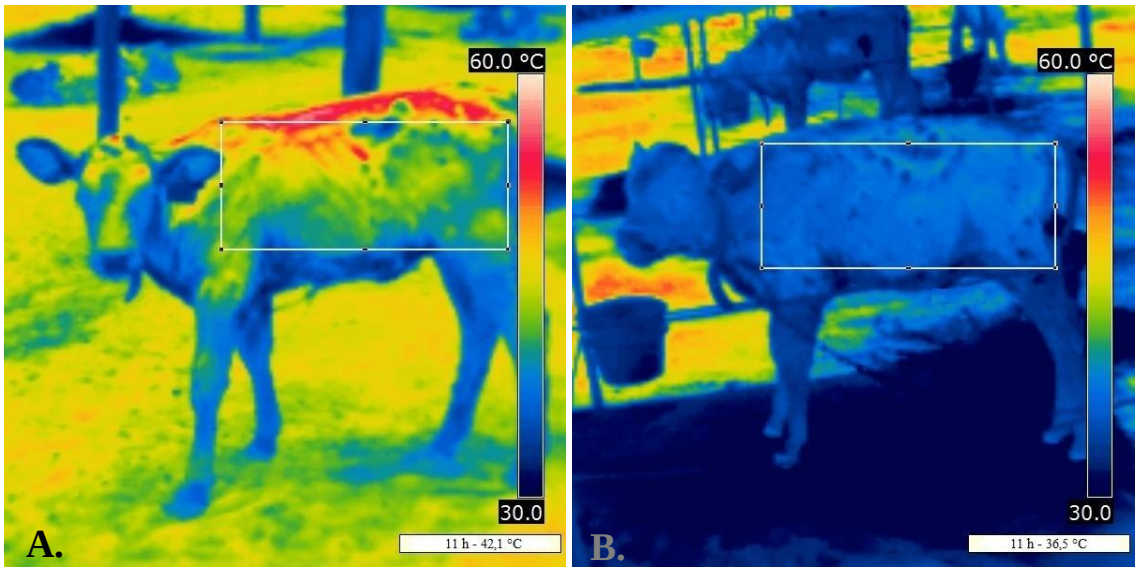

Figura 11. Imagens termográficas selecionadas para determinar a temperatura média da superfície do pelame de bezerra exposta ao sol e criada no abrigo coberto com palha (A) e bezerra exposta à sombra e criada em abrigo coberto com telha reciclada (B) no dia 24 de fevereiro de 2012, às 11 h

A diferença observada na TSP das bezerras ocorreu pela exposição do animal à radiação solar direta, que resultou em maior absorção de energia pelo animal, diferentemente do observado para a bezerra sob a sombra, que se encontrava protegida contra a radiação solar direta. Pode-se afirmar que a termografia é uma ferramenta válida para obsevar a TSP de animais em condições diversas, como um método não invasivo, com vantagens sobre os métodos convencionais de medição desta variável.

4. Conclusões

Os abrigos individuais cobertos com telha reciclada e palha apresentaram melhor eficiência térmica, com menores valores de temperatura no interior do abrigo, menores valores de carga térmica radiante e menores valores de temperaturas da superfície inferior da cobertura dos abrigos.

As bezerras criadas nos abrigos cobertos com telhas recicladas permaneceram menos tempo expostas ao sol; no entanto, independente do tipo de cobertura, todos os animais aumentaram a frequência respiratória para manter a homeotermia.

O uso da termografia permitiu o mapeamento térmico, quantificar a temperatura da superfície e avaliar a eficiência térmica dos materiais utilizados na cobertura de abrigos individuais, auxiliando na compreensão dos processos de transferência de calor entre a superfície superior e inferior das coberturas e distribuição da temperatura da superfície do pelame dos animais expostos ao sol e à sombra.

5. Referências

ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N.; COLDEBELLA, A.; LOPES, L. S.; CONCEIÇÃO, V.; TOMAZELLI, I. L. Análise termográfica da temperatura superficial de telhas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.11, p.1193-1198, 2011.

AVENDANO, R. L.; ALVAREZ, V. F. D.; CORREA, C. A.; SAUCEDO, Q. J. S.; ROBINSON, P. H.; FADEL, J. G. Effect of cooling Holstein cows during the dry period on posíparíum performance under heat stress conditions. **Livestock Production Science**, v.105, p.198-206, 2006.

BIANCA, W. Rectal temperature and respiratory rate as indicators of heat tolerance in cattle. **Journal of Agriculture Science**, v.60, p.113-120, 1963.

BROWN-BRANDL, T. M.; EIGENBERG, R. A.; PURSWELL, J. L. Using thermal imaging as a method of investigating thermal thresholds in finishing pigs. **Biosystems Engineering**, v.114, p.327-333, 2013.

CHUA, B.; COENEN, E.; VAN DELEN, J.; WEARY, D. M. Effects of pair versus individual housing on the behavior and performance of dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.2, p.360-364, 2002.

COLLIER, R. J.; DAHL, G. E.; VANBAALE, M. J. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.1244-1253, 2006.

CUNHA, D. N. F. V.; CAMPOS, O. F.; PEREIRA, J. C.; PIRES, M. F. A.; LIZIEIRE, R. S.; MARTUSCELLO, J. A. Desempenho, variáveis fisiológicas e comportamento de bezerros mantidos em diferentes instalações: época chuvosa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1140-1146, 2007.

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**, v.92, p.109-116, 2009.

DUKES, H. H. **Fisiologia dos animais domésticos**. 11.ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 1996. 856p.

EHRLEMARK, A. G.; SÄLLVIK, K. G. A model of heat and moisture dissipation from cattle based on thermal properties. **Transactions of the American Society Agricultural Engineers**, v.39, n.10, p.187-194, 1996.

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

FAGHIH, A. K.; BAHADORI, M. N. Solar radiation on domed roofs. **Energy and Buildings**, v.41, p.1238-1245, 2009.

FIORELLI, J.; SCHMIDTI, R.; KAWABATA, C. Y.; OLIVEIRA, C. E. L.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; ROSSIGNOLO, J. A. Eficiência térmica de telhas onduladas de fibrocimento aplicadas em abrigos individuais para bezerros expostos ao sol e à sombra. **Revista de Ciência Rural**, v.42, n.1, p.64-67, 2012.

GRANT, R. J.; ALBRIGHT, J. L. Feeding behavior and management factors during the transition period in dairy cattle. **Journal of Animal Science**, v.73, n.9, p.2791-2803, 1995.

HAHN, G. L.; PARKHURRST, A. M.; GAUGHAN, J. B. Cattle respiration rate as a function of ambient temperature. **Transactions of American Society of Agricultural Engineering**, v.40, p.97-121, 1997.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P.; BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 6.ed. 2008. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2008. 643p.

KAWABATA, C. Y.; CASTRO, R. C.; SAVASTANO JÚNIOR, H. Índices de conforto térmico e respostas fisiológicas de bezerros da raça holandesa em bezerreiros individuais com diferentes coberturas. **Revista Engenharia Agrícola**, v.25, n.3, p.598-607, 2005.

KNÍZKOVÁ, I.; KUNC, P.; GÜRDÍL, G. A. K.; PINAR, Y.; SELVÍ, K. Ç. Applications of infrared thermography in animal production. **Journal of the Faculty of Agriculture**, v.22, n.3, p.329-336, 2007.

KOTRBA, R.; KNÍZKOVÁ, I.; KUNC, P.; BARTOS, L. Comparison between the coat temperature of the eland and dairy cattle by infrared thermography. **Journal of Thermal Biology**, v.32, p.355-359, 2007.

LIMA, A. K. V. O.; ALMEIDA, F. A. C.; SANTOS, J. W.; GOUVEIA, J. P. G. **Comportamento da refletância e grau de amarelamento da fibra do algodão BRS 200 marrom armazenada em duas microrregiões paraibanas**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 6., 2007, Uberlândia. **Anais...** 2007, Uberlândia: Embrapa Algodão, 2007. Disponível em: <http:/ /www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/cba6/trabalhos/Tecnologia_de_Fibra_e_Textil/Trabalho%20TF08.pdf> . Acesso em: 22 out. 2013.

MARTIN, P.; BATESON, P. **Measuring behaviour an introductory guide**. 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press. 2007.

MICHELS, C. **Análise da transferência de calor em coberturas com barreiras radiantes.** 2007. 119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MICHELS, C.; LAMBERTS, R.; GÜTHS, S. Evaluation of heat flux reduction provided by the use of radiant barriers in clay tile roofs. **Energy and Buildings**, v.40, p.445-451, 2008.

MONTANHOLI, Y. R.; SWANSON, K. C.; SCHENKEL, F. S.; MCBRIDE, B. W.; CALDWELL, T. R.; MILLER, S. P. On the determination of residual feed intake and associations of infrared thermography with efficiency and ultrasound traits in beef bulls. **Livestock Science**, v.125, p.22-30, 2009.

OLIVEIRA, L. A.; CAMPEL, J. E. G.; AZEVEDO, D. M. M. R.; COSTA, A. P. R.; TURCO, S. H. N.; MOURA, J. W. S. Estudo de respostas fisiológicas de equinos sem raça definida e da raça quarto de milha às condições climáticas de Teresina, Piauí. **Ciência Animal Brasileira**, v.9, n.4, p.827-838, 2008.

PERALTA, G. **Desempenho térmico de telhas: análise de monitoramento e normalização específica**. 2006. 131f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.

QUATERMAIN, A. R.; BROANBENT, M. P. Some patterns of response to climate by the Zambian goat. **East African Agricultural and Forestry Journal**, v. 40, p.115-124, 1974.

RIBEIRO, N. L.; FURTADO, D. A.; MEDEIROS, A. N.; RIBEIRO, M. N.; SILVA, R. C. B.; SOUZA, C. M. S. Avaliação dos índices de conforto térmico, parâmetros fisiológicos e gradiente térmico de ovinos nativos. **Revista Engenharia Agrícola**, v.28, n.4, p.614-623, 2008.

RODRIGUES, A. L.; SOUZA, B. B.; PEREIRA FILHO, J. M. Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.6, n.2, p.14-22, 2010.

SAMPAIO, C. A. P.; CARDOSO, C. O.; SOUZA, G. P. Temperaturas superficiais de telhas e sua relação com o ambiente térmico. **Revista Engenharia Agrícola**, v.31, n.2, p.230-236, 2011.

SANTOS, F. A. **Modelo matemático para a combustão de partícula isolada de biomassa**. 2005. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

SAS - **Statistical Analysis System**. 2007. SAS Companion for the Microsoft Windows Environment. Version 8, Cary: 2007.

SOUZA, B. B.; SILVA, G. A.; ZOTTI, C. A.; SILVA, E. M. N. **Termografia: avaliação a adaptação de caprinos leiteiros e conforto térmico das instalações**. 2011. Disponível em: <http://www.farmpoint.com.br/radares-tecnicos/bemestar-e-comportamento-animal/termografia-avaliacao-a-adaptacao-de-caprinos-leiteiros-e-conforto-termico-das-instala coes-70890n.aspx>. Acesso em: 03 fev. 2013.

TUCKER, C. B.; ROGERS, A. R.; SCHÜTZ, K. E. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. **Applied Animal Behaviour Science**, v.109, p.141–154, 2008.

Considerações gerais

A criação de bezerras leiteiras é uma das atividades de maior importância na condução dos rebanhos leiteiros e tem como principal objetivo a substituição das vacas produtoras de leite.

A fase de criação de bezerras é considerada improdutiva e bastante onerosa ao sistema de produção, uma vez que retira da comercialização parte do leite produzido na propriedade, para a alimentação dos animais. Neste contexto, com vistas à redução dos custos ao produtor e ampliação da sua margem de lucro na criação das bezerras durante a fase de aleitamento, a utilização da iluminação suplementar por 8 h, acionada ao ocaso, sem interrupção até a totalização de 20 h de iluminação (2:00 h, horário local), pode ser adotada como um manejo voltado a estimular o consumo de concentrado, com menor ocorrência de diarréia e consequente redução do período de fornecimento de leite, sem comprometer o desenvolvimento dos animais.

O manejo da suplementação de luz estimula o consumo de concentrado e aumenta o ganho de peso e crescimento estrutural das bezerras em aleitamento, e isto, pode resultar em redução da idade da puberdade, idade à primeira cria e aumento da produção de leite no decorrer da vida útil do animal, revertendo-se em economia ao produtor. Portanto, pesquisas adicionais são necessárias, para avaliar os efeitos da iluminação suplementar em categorias subsequentes, início da puberdade, reprodução e lactação, ou seja, após o desaleitamento das bezerras expostas à iluminação suplementar.

As análises dos diferentes materiais utilizados nas coberturas dos abrigos individuais para bezerras em aleitamento apontaram a telha reciclada e a palha como os mais indicados para essa finalidade, por apresentaram melhor desempenho térmico, promovendo melhores condições de conforto para os animais alojados.

Os abrigos cobertos com telhas à base de polímeros reciclados contribuíram para refletir parte da radiação solar incidente sobre a superfície da cobertura e, ao mesmo tempo, por possuírem baixa condutividade térmica, retardaram a transferência de calor da superfície superior para a superfície inferior da telha.

Os abrigos cobertos com palha apresentaram bom desempenho térmico devido à sua capacidade de absorção de água; nos horários de menores temperaturas, o vapor d'água se condensou e pôde ser absorvida pela palha e, durante o dia, com a temperatura mais elevada, parte da radiação incidente foi gasta no processo de evaporação da água. Assim, a cobertura de palha começou a aquecer somente após ter

terminado esse processo. Além deste tipo de cobertura proporcionar circulação de ar pelos espaços existentes entre as camadas de palha, promove maior troca de calor por convecção.

Portanto, estes materiais podem ser utilizados em instalações zootécnicas, de forma a proporcionar aos animais um ambiente que seja condizente com suas necessidades térmicas. No entanto, deve ser levada em consideração a vida útil da cobertura de palha, pois, este tipo de cobertura, por se tratar de um material biológico e por estar em contato direto com as intempéries, pode acelerar o processo de decomposição das fibras vegetais que compõem a cobertura dos abrigos, o que poderá demandar manutenções constantes nas coberturas.