



Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

**VISÃO MULTIVARIADA DO AMBIENTE CLIMÁTICO E  
DESEMPENHO DE BOVINOS NELORE CONFINADOS NO  
SEMIÁRIDO**

**EVILEIDE MARQUES DE OLIVEIRA**

2022

**EVILEIDE MARQUES DE OLIVEIRA**

**VISÃO MULTIVARIADA DO AMBIENTE CLIMÁTICO E DESEMPENHO DE BOVINOS NELORE  
CONFINADOS NO SEMIÁRIDO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Zootecnia no Semiárido, para obtenção do título de Mestre.

**Orientadora**  
**Profa. Dra. Cinara da Cunha Siqueira Carvalho**

**Janaúba - MG**  
**2022**

*Ficha Catalográfica*

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

O48v	<p>Oliveira, Evileide Marques de</p> <p>Visão multivariada do ambiente climático e desempenho de bovinos nelore confinados no semiárido [manuscrito] / Evileide Marques de Oliveira. – 2022. 41 p.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2022. Orientadora: Prof<sup>a</sup>. D. Sc. Cinara da Cunha Siqueira de Carvalho.</p> <p>1. Bovino Criação. 2. Bovinos de corte. 3. Confinamento. (Animais). 4. Produção animal. I. Carvalho, Cinara da Cunha Siqueira de. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.</p> <p>CDD. 636.2083</p>
------	---

Catálogo: Joyce Aparecida Rodrigues de Castro Bibliotecária CRB6/2445



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Universidade Estadual de Montes Claros

Mestrado em Zootecnia

Declaração - UNIMONTES/PRPG/PPGZ - 2022

Montes Claros, 23 de fevereiro de 2022.

**EVILEIDE MARQUES DE OLIVEIRA**

**VISÃO MULTIVARIADA DO AMBIENTE CLIMÁTICO E DESEMPENHO DE BOVINOS  
NELORE CONFINADOS NO SEMIÁRIDO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Zootecnia no Semiárido, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

**APROVADA em 22 de FEVEREIRO de 2022.**

Dra. Cinara da Cunha Siqueira Carvalho/ Presidente/ UNIMONTES

Dr. Flávio Pinto Monção/ Membro Interno/ UNIMONTES

Dra. Maria Dulcinéia da Costa/Membro Interno/UNIMONTES

Dr. Renan Lucas Miorin/ Membro Externo/ IFMT

JANAÚBA, MINAS GERAIS –

BRASIL/2022



Documento assinado eletronicamente por **Cinara da Cunha Siqueira Carvalho, Professor(a)**, em 23/02/2022, às 16:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Flávio Pinto Monção, Usuário Externo**, em 23/02/2022, às 16:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Renan Lucas Miorin, Usuário Externo**, em 23/02/2022, às 16:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).

Documento assinado eletronicamente por **Maria Dulcineia da Costa, Professor(a)**, em 23/02/2022, às 17:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.mg.gov.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.mg.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **42729145** e o código CRC **934570C7**.

A Deus.

Aos meus pais, Geraldo Borges (*in memoriam*) e Carmita Marques.

Ao meu esposo, Jeovane Fernandes, e à minha filha, Ester Marques.

À minha família.

**Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, nosso criador, por me proporcionar saúde e força em todos os desafios e dificuldades enfrentados.

Aos meus pais, Geraldo Borges (*in memoriam*) e Carmita Marques, pessoas a quem sou eternamente grata.

Aos meus irmãos, Ivanda, Cleidiany e Geraldo Henrique Marques, meus melhores amigos.

Ao meu esposo e companheiro, Jeovane Fernandes, pela sua compreensão e paciência. Meu maior incentivador.

À minha amada filha, Ester Marques, que me incentiva a ser cada vez melhor, como pessoa e profissional.

Aos meus sobrinhos, Sara, João Icaro, Noemi, Renata e Isis Marques, pelos abraços e sorrisos.

À minha querida sogra e segunda mãe, D. Rosa Fernandes, pelo carinho e ajuda. Deus a abençoe por tudo.

À minha querida orientadora, Dra. Cinara Siqueira, pela paciência na orientação e incentivo. Gratidão por tudo.

Ao Dr. Flávio Monção, pela ajuda durante todo este trabalho. Gratidão por tudo.

A todos os professores e funcionários da UNIMONTES do campus Janaúba, pela paciência que tiveram comigo durante minha graduação e pós-graduação. Tenho orgulho de fazer parte dessa família.

Ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001, e à FAPEMIG pela concessão de bolsa de estudo.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho, deixo aqui meus sinceros agradecimentos.

## SUMÁRIO

<b>NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA</b> .....	<b>09</b>
<b>RESUMO GERAL</b> .....	<b>10</b>
<b>GENERAL ABSTRACT</b> .....	<b>11</b>
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>14</b>
2.1 Sistema intensivo de criação de bovinos de corte no Brasil .....	14
2.2 Ambiente climático, sistemas de sombreamento e desempenho produtivo de bovinos de corte confinados.....	15
2.3 Análise de componentes principais na produção animal .....	19
<b>3 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>21</b>
<b>4 CAPÍTULO 1 – Visão multivariada do ambiente climático e desempenho de bovinos Nelore confinados no semiárido</b> .....	<b>26</b>
RESUMO .....	26
4.1 INTRODUÇÃO .....	26
4.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	28
4.3 RESULTADOS.....	31
4.4 DISCUSSÃO .....	32
4.5 CONCLUSÃO .....	34
4.6 REFERÊNCIAS .....	35
4.7 TABELAS E FIGURAS .....	37
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>41</b>

## **NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA**

Esta dissertação segue as premissas básicas da Revista Brasileira de Zootecnia. Link:  
<https://www.rbz.org.br/instructions-authors/>

## RESUMO GERAL

Oliveira, Evileide Marques. **Visão multivariada do ambiente climático e desempenho de bovinos Nelore confinados no semiárido**. 2022. 41p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brasil.<sup>1</sup>

Objetivou-se avaliar, por meio de análises de componentes principais, o efeito de diferentes estruturas de confinamento sobre as condições climáticas, consumo de nutrientes e desempenho de machos Nelore na fase de terminação em região semiárida. Foram utilizados dados de 225 bovinos Nelore, não castrados, com peso médio corporal inicial (PC) de  $294 \pm 19$  kg e idade de 24 meses. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, sendo três estruturas de confinamento (sem sombreamento, sombreamento natural e sombreamento artificial com sombrite 50% de interceptação luminosa), com total de 75 repetições (cada animal foi a unidade experimental). O tempo de terminação dos animais em confinamento foi de 107 dias. Verificou-se que os 2 primeiros componentes explicaram 99,65 (sem sombreamento), 97,32 (sombreamento artificial) e 99,89 (sombreamento natural) da variação total presente no conjunto de dados. As variáveis: Índice de temperatura de globo negro (0,88); carga térmica radiante (0,96; 0,99; 0,76); temperatura do globo negro (0,96) e peso de carcaça quente (0,64) tiveram maior influência nas estruturas do confinamento. Concluiu-se que as variáveis climáticas e de consumo classificaram com maior impacto sobre as estruturas do confinamento. O sombreamento artificial com sombrite 50% de interceptação luminosa contribuiu de forma positiva no peso de carcaça quente de bovinos Nelore confinados.

**Palavras-chave:** ambiência, *Bos indicus*, desempenho produtivo, sistema intensivo, semiárido

<sup>1</sup>**Comitê de Orientação:** Profa. Cinara da Cunha Siqueira Carvalho – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMOTES (Orientador); Prof. Flávio Pinto Monção – Departamento de Ciências Agrárias /UNIMOTES (Co-Orientador).

## GENERAL ABSTRACT

Oliveira, Evileide Marques. **Multivariate view of the climatic environment and performance of Nellore cattle confined in the semiarid region**. 2022. 41p. Dissertation (Master in Animal Science) – State University of Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brazil.<sup>1</sup>

The objective was to evaluate, through principal component analysis, the effect of different confinement structures on climatic conditions, nutrient consumption and performance of Nellore males in the finishing phase in a semi-arid region. Data from 225 Nellore bulls, non-castrated, with initial mean body weight (BW) of  $294 \pm 19$  kg and age of 24 months were used. A completely randomized design was used, with three confinement structures (no shading, natural shading and artificial shading with shade 50% light interception), with a total of 75 repetitions (each animal was the experimental unit). The finishing time of the animals in confinement was 107 days. It was found that the first 2 components explained 99.65 (no shading), 97.32 (artificial shading) and 99.89 (natural shading) of the total variation present in the data set. The variables: Black globe temperature index (0.88); radiant heat load (0.96; 0.99; 0.76); black globe temperature (0.96) and hot carcass weight (0.64) had the greatest influence on the confinement structures. It was concluded that the climatic and consumption variables ranked with the greatest impact on the confinement structures. Artificial shading with shade 50% light interception contributed positively to the hot carcass weight of confined Nellore cattle.

**Keywords:** ambience, *Bos indicus*, productive performance, intensive system, semiarid

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente, o Brasil possui o segundo maior rebanho efetivo de bovinos de corte além de ser o maior exportador de carne bovina do mundo. Esse rebanho é composto por 80% de animais zebuínos com predominância da raça Nelore ou animais mestiços zebuínos, advindos da adaptabilidade às condições climáticas do país (ABIEC, 2018; ABIEC, 2020).

Em torno de 88% dos bovinos de corte no Brasil são criados quase que exclusivamente a pasto para serem abatidos com idades superiores a três anos. No entanto, devido à demanda mundial crescente pelo consumo de carne, a adoção do sistema intensivo de bovinos tornou-se imprescindível, pois, assim, os animais ganham peso rapidamente e são abatidos com até dois anos (Oliveira et al., 2017). No Brasil, essa técnica geralmente é utilizada na fase de terminação, quando os animais são abatidos com média de 90 dias de confinamento.

Para atender à demanda crescente dos preceitos de bem-estar animal, mesmo nos sistemas de confinamento, o rebanho precisa ter condições de expressar o comportamento com base no fornecimento básico de conforto térmico, físico e social (Macitelli et al., 2020). O manejo e as edificações onde esses estão inseridos devem ser projetados para atenuar as condições climáticas de regiões que possuem dentre os fatores climáticos, principalmente elevada radiação solar. A exposição a condições climáticas adversas pode comprometer o desempenho produtivo dos bovinos de corte (Medeiros e Viana, 1997; Marques, 2006; Aggarwale Upadhyay, 2013).

Sendo assim, o fornecimento de sombra no ambiente de criação é uma estratégia viável para minimizar o estresse térmico aos animais confinados (Gradim, 2016). Para a região semiárida de Minas Gerais, o uso de sombreamento no sistema de confinamento pode ser de extrema valia devido à condição climática local: insolação média de 2800 h.ano<sup>-1</sup>, temperaturas médias anuais de 23° a 27°C, evaporação de 2.000 mm.ano<sup>-1</sup>, umidade relativa do ar média em torno de 50% e precipitações médias anuais inferiores a 800 mm (Moura et al., 2007).

Nas análises experimentais, quando se avalia o efeito do ambiente climático sobre as respostas comportamentais e produtivas de bovinos de corte, verifica-se um grande número de variáveis estudadas que por vezes impedem uma compreensão mais aprofundada dos resultados. Assim, o emprego da análise de componentes principais (técnicas da análise multivariada) é recomendada devido à identificação dos atributos de maior autovalor que

expressam a variação total sem perder os dados principais do experimento (Barbosa et al., 2014; Muniz et al., 2014; Milanês et al., 2020).

Nesse contexto, objetivou-se utilizar a análise de componentes principais para avaliar o ambiente climático e o desempenho produtivo de bovinos de corte Nelore na fase de terminação, manejados em sistemas de confinamento com sombreamento natural, artificial e a pleno sol na região do semiárido mineiro.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Sistema intensivo de criação de bovinos de corte no Brasil

O Brasil possui um rebanho efetivo de 214,69 milhões de bovinos, o 2º maior rebanho do mundo. Destes, 80% são oriundos de raças zebuínas com predominância da raça Nelore e animais mestiços zebuínos (anelorados) que, devido sua rusticidade e adaptabilidade às condições climáticas brasileiras, são criados em uma área de aproximadamente 162,53 milhões de hectares de pasto (ABIEC, 2018; ABIEC, 2020).

Em 2020, foram abatidos por volta de 44,23 milhões de cabeças, dos quais 6,09 milhões advindos de sistemas de confinamentos. De acordo com os dados do Sistema da Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais, no acumulado de 2020, o valor médio da arroba do boi gordo pago ao produtor mineiro foi de R\$ 241,53, aumento de 22,2% frente ao praticado em igual período do ano anterior (Valverde, 2020).

O sistema mais utilizado para produção de bovinos de corte no Brasil, é o de pastagens, com 88% dos animais mantidos exclusivamente nesse sistema (ABIEC, 2018), devido à oferta de grandes áreas, baixo custo de produção e praticidade (Almeida et al., 2009). A pastagem tem benefícios para o bem-estar animal uma vez que são criados de forma livre (Haskell et al., 2006; Hernandez et al., 2007). No entanto, demoram para ganhar peso, ficam expostos à sazonalidade climática que desencadeia o efeito sanfona quando ocorre a queda na produção de forrageiras, e adquirem peso para o abate com idade acima de 3 anos (Euclides et al., 2009; Millen et al., 2011).

Para diminuir esses entraves, uma das medidas adotadas é a adoção do sistema intensivo de produção, o confinamento. Nesse sistema os animais são criados em área delimitada podendo ser piquetes ou currais em grupos homogêneos quanto a idade, sexo e grau de sangue, água a vontade, alimentação balanceada e fornecida diretamente no cocho, visando maior ganho de peso em curto espaço de tempo e, assim, podendo ser abatidos com até 2 anos de idade (Oliveira et al., 2017). O principal objetivo do sistema de confinamento é intensificar a produção, diminuir as perdas e aumentar a lucratividade da produção (Santos et al., 2017).

No Brasil, essa atividade tornou-se uma ferramenta de manejo significativa a partir de 1980, auxiliando em sistemas de produção e manejo do pasto no período da seca. Nos

períodos de estacionalidade da produção forrageira quando estão com os índices de nutrientes abaixo da exigência do animal, este é retirado do pasto e confinado por um período médio de 90 dias (fase de terminação), com isso a forrageira irá se reestruturar para as outras categorias (Lanna e Almeida, 2005).

Silva et al. (2018) abordam algumas vantagens do confinamento como: programação da época de abate, possibilidade de obtenção de carne de melhor qualidade, animais abatidos com menor idade, melhor rendimento de carcaça no abate e venda dos animais aos frigoríficos na entressafra, quando o preço da arroba é maior. Sendo que, para obter essas vantagens é necessário oferecer aos animais condições básicas de conforto físico e social (Macitelli et al., 2020).

Lopes et al. (2012), avaliando características de carcaça e o peso de cortes comerciais da carcaça de tourinhos Red Norte e Nelore na fase de terminação em confinamento, verificaram que animais Nelore apresentaram maior rendimento de carcaça em relação aos Red Norte, o que favorece o peso de carcaça quente, principal forma de remuneração paga aos produtores. Todavia, animais Red Norte apresentaram maior rendimento de traseiro e maior peso dos cortes de maior valor comercial.

## **2.2 Ambiente climático, sistemas de sombreamento e desempenho produtivo de bovinos de corte confinados**

No Brasil, os currais destinados ao confinamento de bovinos de corte foram projetados para a realização da atividade durante o inverno (período seco), quando a incidência de radiação solar não proporciona desconforto aos animais. No entanto, devido ao aumento na demanda mundial de carne bovina é crescente a necessidade do uso do sistema de confinamento também durante o verão, quando há a elevação dos valores médios de temperatura do ar e intensa radiação solar direta que podem comprometer o desempenho dos animais no confinamento, mesmo estes sendo considerados adaptados ao clima tropical (Curtis et al., 2017; Calaway et al., 2021).

Os agentes do clima atuam diretamente sobre os animais e, dependendo da intensidade desses componentes, a produção econômica pode ser alterada (Ruste e Rust, 2013). Tanto o manejo como as instalações, devem ser projetadas de acordo com o clima da região, buscando sempre o bem-estar animal (Titto et al., 2011).

O Brasil apresenta aproximadamente dois terços do território sobre a faixa tropical do planeta, por isso o país possui alta incidência de raios solares e elevadas temperaturas, que, quando associadas à umidade relativa do ar elevada, formam o microclima responsável pelo baixo desempenho animal (Mendes et al., 2014).

A temperatura do ar é a quantidade de energia sob forma de calor sensível. É o elemento climático de maior importância, dentre as demais variáveis do clima, sobre as duas classes de maior número de espécies domésticas, os mamíferos e as aves.

Os animais de produção, dentro de certos limites (homeotermia), tentam se ajustar às características do ambiente procurando manter a temperatura corporal relativamente constante com variação em torno de 1°C, para a manutenção da homeostase (Bertiplotgia et al., 2007). Isso ocorre porque os animais são dotados de aparelho fisiológico, morfológico e de comportamento termorregulador que são comandados por centros específicos do hipotálamo. Em algumas condições há perda líquida de calor sensível da superfície por condução, convecção, e radiação, e sob todas as condições há perda contínua de calor latente (perda evaporativa) a partir do trato respiratório e superfície epidérmica. Nesse processo, os animais deixam de suprir suas necessidades menos vitais como produção e reprodução. Isso ocorre constantemente durante o dia, quando a temperatura do ambiente excede a temperatura crítica superior dos animais (Medeiros e Viana, 1997; Marques, 2006; Aggarwal e Upadhyay, 2013).

Brandl et al. (2006), sugerem entre 10 e 30°C como zona termoneutral para a maioria de raças adultas de bovinos. A partir do momento que não conseguem manter a homeostase corporal, eles entram no processo de estresse calórico levando à redução da ingestão de alimentos para evitar a elevação do calor interno, impactando na produção e em casos extremos, chegam ao óbito.

Embora a temperatura do ar seja considerada o agente climático isolado de maior importância dentre os demais, para muitas espécies de animais seus efeitos dependem do nível de umidade atmosférica. Este índice refere-se à quantidade de água presente em uma massa de ar quando comparada com a quantidade presente na atmosfera saturada (Pinheiro et al., 2015).

De acordo com Starling et al. (2002), se o ambiente apresentar temperatura alta e umidade relativa muito baixa a evaporação será rápida e pode causar irritação e desidratação das mucosas e vias respiratórias, já em um ambiente quente com umidade alta

a evaporação é lenta ou nula, aumentando assim a carga de calor nos animais. Para a maioria dos animais domésticos a umidade relativa deve estar entre 40 a 70% (Ferreira et al., 2010).

A radiação solar é a energia eletromagnética de ondas curtas. Essa atinge a terra após ser parcialmente absorvida pela atmosfera e causa influência na distribuição anual de temperaturas sobre o globo terrestre (Baêta e Souza, 2010). A radiação solar direta em associação com a elevada temperatura do ar potencializa o estresse térmico (Ferreira et al., 2010).

Para Gradim (2016), a falta do sombreamento é um dos fatores básicos que podem contribuir para o estresse térmico em um confinamento, enquanto que a oferta de sombra oferece vantagens para a produção e bem-estar. Schutz et al. (2009) citam que no sistema de criação intensivo, os animais procuram por sombra principalmente durante o verão, tornando então um recurso valioso.

Titto et al. (2011), trabalhando com o comportamento de touros da raça Simental em Pirassununga-SP durante o verão, constataram que os animais se alimentaram até as 10h e após as 16h 30 min, depois do descanso (ócio) sob a sombra.

Sullivan et al. (2011), avaliando o efeito do sombreamento no desempenho e bem-estar de cento e vinte e seis novilhas Black Angus com idade de 1 ano, confinadas no estado de Queensland-Australia, entre os meses de janeiro a abril, verificaram menor ofegação e maior eficiência alimentar no gado sob a sombra. A sombra reduziu a intensidade da carga de calor.

Um dos fatores mais importantes para determinação do desempenho animal é o consumo de matéria seca, por ser responsável pelo ingresso dos nutrientes na dieta, principalmente os componentes energéticos e proteicos, que são indispensáveis para o atendimento das exigências de manutenção e produção (Costa et al., 2005).

Lees et al. (2019) citam que a temperatura ambiente na qual o consumo de matéria seca começa a diminuir é influenciada pelo tipo e composição da dieta, especificamente dietas com uma proporção maior de volumoso.

Fracon et al. (2011), trabalhando com ganho de peso e rendimento de carcaça de bovinos de corte confinados com acesso a sombra entre os meses de agosto a dezembro em Uberlândia (MG), concluíram que o acesso a sombra, de animais da raça nelore e anelorados, favoreceu maior ganho de peso médio (131,84 kg) aos 77 dias de confinamento

e rendimento de carcaça (53,46%) aos 118 dias de confinamento quando comparados com animais sem sombreamento que permaneceram com ganho de peso médio de 91,29Kg aos 77 dias e rendimento de carcaça de 53,13% aos 118 dias no sistema intensivo. Os requisitos como, qualidade de carne, rendimento e composição de carcaça passam a ser componentes importantes e necessários para tornar o país mais competitivo no mercado, com isso o confinamento de bovinos de corte é uma prática importante por possibilitar o abate de animais mais jovens, bem acabados, com melhor ganho em peso, peso final, peso de carcaça quente e rendimento do ganho (Costa et al., 2005).

Moraes et al. (2020) relataram que bovinos de corte que têm acesso a sombra durante o dia produz cerca de 10% (9,74%) mais carne do que os animais sob estresse térmico, expostos ao sol.

Taveira et al. (2012), avaliando o desempenho de 16.000 mil bovinos machos mestiços com 24 meses de idade no período de julho a setembro, os quais foram aleatoriamente distribuídos em 80 piquetes, sendo 40 com sombrite e 40 sem sombrite em Aruanã-GO, observaram que os animais confinados com acesso a sombra apresentaram maior ganho de peso (517,53 Kg) quando comparados com os que não tiveram esse acesso (504,52 Kg). O peso de saída dos animais confinados com acesso a sombra apresentou superioridade de 13,01Kg.

Mitlöhner et al. (2002), ao determinar os efeitos da sombra no desempenho de 168 novilhas no Texas de junho a outubro, concluíram que os animais sombreados foram superiores em ingestão de matéria seca, ganho médio diário e peso corporal final quando comparadas com aqueles que não tiveram acesso a sombra.

Chiquitelli Neto et al. (2015) avaliaram o desempenho produtivo e reprodutivo de 30 novilhos Brangus semi confinados (16 animais com acesso ao sombreamento artificial com 80% de retenção solar e 14 sem acesso a sombra), no município de Pedregulho (SP) de fevereiro a abril. Os autores observaram que os resultados encontrados não indicaram benefícios pronunciados sobre o desempenho dos animais sombreados, portanto, este recurso foi uma alternativa importante, pois proporcionou uma melhoria nos parâmetros reprodutivos e garantiu um melhor conforto térmico aos animais.

A origem do sombreamento fornecido aos animais pode ser natural, produzido por árvores, ou artificial, projetados por sombrites, telhas industrializadas ou ecológicas. Baêta e Souza (2010) confirmam que a melhor sombra para os animais é a fornecida pelas árvores.

Anderson et al. (2014) citam que a área de sombreamento quando possível deve ser ofertada para atender a todos os animais a qualquer hora do dia. Caso não haja sombra para todos, os bovinos irão disputar deixando de fora os mais velhos e mais fracos (Morais et al., 2020). De acordo com a Humane Farm Animal Care (2014), a área de sombreamento para bovinos adultos deve ser de 2,5m<sup>2</sup> por animal.

### **2.3 Análise de componentes principais na produção animal**

De acordo com Hongyu et al. (2016), a análise de componentes principais (ACP), foi descrita inicialmente por Pearson em (1901) e, posteriormente, aplicada por Hotelling (1933, 1936) por meio de métodos computacionais práticos.

Esse é um dentre vários métodos estatísticos de análise multivariada existente, que tem como principal objetivo transformar linearmente um conjunto de  $p$  variáveis originais inicialmente correlacionadas entre si em um conjunto  $q$  variáveis menores não correlacionadas, mantendo a maior parte da informação dos dados originais. As combinações lineares não correlacionadas entre si são chamadas de componentes principais (Hongyu et al., 2016), sendo que, as variâncias são denominadas de autovalores e os coeficientes das equações lineares de cada componente que transforma os dados originais são os autovetores (Muniz et al., 2014).

Essa técnica pode ser utilizada para geração de índices e agrupamento de indivíduos segundo a variação (comportamento) de suas características dentro da população (Hongyu et al., 2016). A importância relativa de um componente é avaliada pela porcentagem da variância total que ele explica dentro do conjunto de dados, sendo possível descartar as variáveis de menor importância (autovalor), o que resulta em menor tempo dispensado para execução e menor custo com experimentos (Barbosa et al., 2005).

A redução da dimensionalidade de dados tem sido utilizada em várias áreas de conhecimento, dentre elas a Zootecnia. Alguns trabalhos relacionados a características de produção animal geralmente apresentam grande número de mensurações e, devido a isso, é recomendada a utilização desta técnica, com o objetivo de reduzir a quantidade de dados e conseqüentemente, encontrar as variáveis de maior autovalor para expressar a variação total (Mariano et al., 2012).

Muniz et al. (2014), ao analisarem características de crescimento de bovinos de corte em diferentes idades, utilizando dados de 320 animais da raça Nelore e 1663 animais

cruzados F1, filhos de vacas Nelore, verificaram que, para as características de peso (ao nascimento, à desmama, ao ano ajustado para 365 dias, e ao sobreano ajustado para 550 dias) e ganhos de peso (do nascimento a desmama, da desmama aos 365 dias e dos 365 dias aos 550 dias de idade) dos animais cruzados a maior parte da variância total (92,5 e 80,1%) foi explicada pelos dois primeiros componentes, sendo ambos bons índices para os programas de melhoramento genético em bovinos de corte.

Barbosa et al. (2014), analisando os parâmetros de frequência cardíaca, frequência respiratória, temperatura retal, temperatura superficial da costela, temperatura superficial do pescoço e temperatura superficial da garupa, taxa de sudção, comprimento e densidade de pelos, e calculando o índice de tolerância ao calor em bovinos da raça Nelore e Pantaneiro no ecossistema do Pantanal Matogrossense na estação quente (Fevereiro), observaram que a análise multivariada mostrou a importância de variáveis como taxa de sudção e comprimento de pêlos para explicar a adaptação de bovinos de corte na região.

Milanês et al. (2020), aplicando a técnica de componentes principais em um conjunto de dados de desempenho de carcaça de ovinos da raça Santa Inês para identificar as relações e selecionar variáveis que melhor explicam a variação total dos dados, além de quantificar a associação entre os recursos de desempenho e carcaça, observaram que os componentes principais gerados foram eficientes em reduzir a variação total acumulada de 25 variáveis originais correlacionadas para quatro combinações lineares, que, juntas, tinham a capacidade de explicar 80% da variação total dos dados. Os dois primeiros componentes principais juntos explicaram aproximadamente 65% da variação total das variáveis analisadas. Nessas duas combinações lineares, as características com maior coeficiente de ponderação foram Peso Carcaça Fria, Peso Carcaça Quente, Peso Corpo Vazio, Peso Médio, Largura de Garupa, Rendimento Carcaça Fria e Rendimento Carcaça Quente.

Portanto, os dados apresentados mostram que a técnica de componentes principais pode ser uma alternativa para experimentos direcionados à produção animal, pois reduz a dimensionalidade dos dados sem que haja perda de informações.

### 3 REFERÊNCIAS

ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. Perfil da pecuária no Brasil, 2018. Disponível em: <<https://www.beefpoint.com.br/abiec-perfil-dapecuaria-no-brasil/>>. Acessado em 09 abr.2021.

ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. Beef Report 2020. São Paulo: 2020. Disponível em: <<http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020/>>. Acesso em: 04 abr. 2021.

ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. Perfil da pecuária no Brasil, 2018. Anual. Disponível em:<<http://abiec.siteoficial.ws/images/upload/sumario-pt-010217.pdf>>. Acesso em: 04 abril. 2021.

Aggarwal A. Upadhyay R. Thermoregulation. In: Thermal stress and animal productivity. Springer. 2013.p. 1-25.

Almeida, P. J. P.; Diniz, M. D. M. S.; Souza, D. R.; Pereira, M. L. A.; Pedreira, M. S.; Silva, F. F, Alves, E. M e Pereira, T. C. J. 2009. Peso e rendimento de carcaça de zebuínos criados na região de semi-árido no período da seca. Pubvet 3: 21

Anderson, K.; Appleby, M.; Bock, B.; Coe, B.; Coetzee, H.; Fanatico, A.; Gilbery, T.; Goldberg, A.; Grandin, T.; Hartsock, T.; Hester, P.; Hullinger, P.; Mench, J.; Millman, S.; Newberry, R.; Pajor, E.; Peralta, J.; Poletto, R.; Potter, M.; Raj, M.; Rault, J. L., Stull, C.; Shearer, J. K.; Simunich, M. M.; Swanson, J.; Dresser, W. V. e Zanella, A. 2014. Humane Farm Animal Care – Padrão de cuidados com os animais. Disponível em: <[http://certifiedhumane.org/wp-content/uploads/2015/04/Std14\\_Bovinos-de-Corte-Cattle\\_-1J.pdf](http://certifiedhumane.org/wp-content/uploads/2015/04/Std14_Bovinos-de-Corte-Cattle_-1J.pdf)>. Acesso em 03 ago.2021

Baêta, F. C., e Souza C.F. 2010. Ambiência em Edificações Rurais: Conforto animal. Editora UFV, Viçosa.

Barbosa, B. R. P.; Santos, S. A.; Abreu, U. G. P.; Egito, A. A.; Comastri Filho, J. A.; Juliano, R. S.; Paiva, S. R e Mc Manus, C. 2014. Tolerância ao calor em bovinos das raças Nelore branco, Nelore vermelho e Pantaneira. Rev. Bras. Saúde Prod. Anim., Salvador 15:854-865.

Barbosa, L.; Lopes, P. S.; Regazzi, J. A.; Guimarães, S. E. F. e Torres, R. D. A. 2005. Avaliação de características de carcaça de suínos utilizando-se a análise dos componentes principais. Revista Brasileira de Zootecnia 34:2209-2217.

Bertipaglia, E. C. A.; Silva, R. G.; Cardoso, V.; Maia, A. S. C. 2007. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de características do pelame e de desempenho reprodutivo de vacas holandesas em clima tropical. Revista Brasileira de Zootecnia 36:350-359.

BrandL, B. T. M.; Eigenberg, R. A e Nienaber, J. A. 2006. Heat stress risk factors of feedlot heifers. Livestock Science, Foulum 105:57-68.

Brown-Brandl, T. M.; Eigenberg, R. A.; Nienaber, J. A. 2013. Benefits of providing shade to feedlot cattle of different breeds. American Society of Agricultural and Biological Engineers. 56:1563-1570. <http://dx.doi.org/10.13031/trans.56.9902>

Callaway, L. N. E.; Cramer, M. C.; Cadaret, Caitlin N.; Bigler, E. J.; Engle, T. E.; Wagner, J. J e Clark, D. L. 2021. Impacts of shade on cattle well-being in the beef supply chain. Journal of Animal Science 99:2

Chiquitelli Neto, M.; Titto, C.; Titto, E.; Costae Silva, E.; Puoli Filho, J.; Leme, T. M.; Henrique, F. L e Pereira A. 2015. Effect of artificial shading on performance and reproductive parameters of Brangus steers on confinement. Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science 52:68-77.

Costa, M. A. L.; Valadares Filho, S. C.; Paulino, M. F.; Valadares, R. F. D.; Cecon, P. R.; Paulino, Pedro, V. R.; Moraes, E. H. B. K. e Magalhães, K. A. 2005. Desempenho, Digestibilidade e Características de Carcaça de Novilhos Zebuínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrados. Revista Brasileira de Zootecnia 34:268-279.

Curtis, A. K.; Scharf, B.; Eichen, P. A. e Spiers, D. E. 2017. Relationships between ambient conditions, thermal status, and feed intake of cattle during summer heat stress with access to shade. Journal of Thermal Biology 63:104–111. doi:10.1016/j.jtherbio.2016.11.015

Euclides, V. P. B.; Raffi, A. S.; Costa, F. P, Euclides Filho, K.; Figueiredo, G. R e Costa, J. A. R.2009. Eficiências biológica e econômica de bovinos em terminação. Pesquisa agropecuária brasileira 44:1537-1544.

Fracon, F. D; Nascimento, M. R. B. M; Shiota, A. M.; Batista, D. F. A; Canabrava, Á. C. M. N.; Ferreira, I. C.; Nascimento, C. C. N. e Guimarães, E. C. 2011. Parâmetros fisiológicos e desempenho ponderal de bezerros nelore e simental mantidos a pasto no período seco. Horizonte Científico 5:2.

Ferreira, L. C. B.; Machado Filho, L. C. P.; Hotzel, M.J e Labarrère, J. G. 2010. O efeito de diferentes disponibilidades de sombreamento na dispersão das fezes dos bovinos nas pastagens. Revista Brasileira de Agroecologia 6:137-146.

Gradim, T. 2016.Evaluation of the welfare of bovine animals housed in external confinements. Elsevier1–2:23-28.

Haskell, M. J.; Rennie, L. J.; Howell, V. A.; Bell, M. J. e Lawrence, A. B. 2006. Housing System, Milk Production, and Zero-Grazing Effects on Lameness and Leg Injury in Dairy Cows. J. Dairy Sci, 89: 4259 – 4266.

Hernandez, M. O.; Keyserlingk M.; Veira D.M e Weary, D.M.2007.Effects of Pasture on Lameness in Dairy Cows. J. Dairy Sci. 90:1209 – 1214.

Hongyu, K.; Sandanielo, V. L. M e Junior, G. J. O. 2016. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. E&S Engineering and Science. 5:1.

Lanna, D. P. D e Almeida, R. 2005. A terminação de bovinos em confinamento: Visão Agrícola 3:55-58.

Lees, A. M.; Sejian, V.; Wallage, A. L.; Steel, C. C.; Mader, T. L.; Lees, J. C. e Gaughan, J. B. 2019. The Impact of Heat Load on Cattle. *Animals* 9:322. <https://doi.org/10.3390/ani9060322>

Lopes, L. S.; Ladeira, M. M.; Machado Neto, O. R.; Rodrigues, P. V.; Chizzotti, P. M. L.; Ramos, E. M. e Oliveira, D. M. 2012. Características de carcaça e cortes comerciais de tourinhos Red Norte e Nelore terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia* 41:4. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000400020>.

Macitelli, F.; Braga, J. S.; Gellatly, D e Paranhos da Costa, M. J. R. 2020. Reduced space in outdoor feedlot impacts beef cattle welfare. *Animal* 14:2588-2597.

Mariano F.C.M.Q.; Lima R.R.; Rodrigues P.B.; Alvarenga R.R e Nascimento, G.A.J. 2012. Equações de predição de valores energéticos de alimentos obtidas utilizando meta-análise e componentes principais. *Ciência Rural* 42:1634-1640.

Marques, J. A.; Neto, S. F. C.; Groff, A. M. ; Simonelli, S. M.; Corasa, J.; Romero, L.; Zawadski, F e Araújo, P. F. 2006. Comportamento de bovinos mestiços em confinamento com e sem acesso a sombra durante o período de verão. *Campo Digital* 1:54-59.

Medeiros L.F. D e Viana D. H. 1997. *Bioclimatologia Animal*. Ministério da educação e cultura, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Instituto de Zootecnia Departamento de Reprodução e Avaliação Animal.

Mendes, A. M. P.; Azevedo, M.; Lopes, P. M. O e Moura, G. B. A. 2014. Zoneamento bioclimático para a raça ovina Dorper no Estado do Pernambuco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 49:986-93.

Milanês, T. O.; Soares, L. F. P.; Ribeiro, M. N. e Carvalho, F. F. R. 2020. Performance analysis and carcass characteristics of Santa Inês sheep using multivariate technics. *Revista Caatinga* 33:1150–1157.

Millen, D. D.; Pacheco, R. D. L.; Meyer, P. M.; Rodrigues, P. H. M. e Mario A. B. 2011. Current Perspectives and Future Prospects of Beef Production in Brazil. *Animal Frontiers* 1:46–52.

Mitlöhner, F. M.; Galyean, M. L. e Mcglone, J. J. 2002. Effects of shadow on performance, carcass characteristics, physiology and behavior of heifers confined under thermal stress. *Journal of Animal Science* 80:2043–2050.

Moraes, E. R.; Ishihara, J. H.; Souza, D. E. S. 2020. Efeito do bem-estar e conforto térmico na produção pecuária: uma revisão bibliográfica. *Research, Society and Development* 9:921997913. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7913>.

Moura, M. S. B.; Galvincto, J. D.; Brito, L. T. L.; Souza, L. S. B.; Sá, I. I. S. e Silva, T. G. F. 2007. Clima e água de chuva no Semi-Árido. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/159649/1/OPB1515.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2021.

Muniz, C. A. S. D.; Queiroz, S. A.; Mascioli, A. S e Zadra, L. E. F. 2014. Análise de componentes principais para características de crescimento em bovinos de corte. Semina: Ciências Agrárias, Londrina 35:1569-1576.

Noller, C. H.; Nascimento Jr., D. e Queiroz, D. S. 1997. Exigências nutricionais de animais em pastejo. In: Peixoto, A.M.; Moura, J.C.; Faria, V.P. (Eds.) Simpósio sobre manejo da pastagem, 13., 1996, Piracicaba. Produção de bovinos a pasto. Anais... Piracicaba: Fundação de Estudos Agropecuários "Luiz de Queiroz". p. 319-352.

Oliveira, F.; Freires, L.; Neto, J. T. N.; Braga, Í. A e Ramos, D. G. S. 2017. Cadeia produtiva da carne bovina no Brasil. Revista Interação Interdisciplinar 01:229-244.

Pinheiro, A. C.; Saraiva, E. P.; Saraiva, C. A. S.; Fonseca, V. F. C.; Almeida, M. E. V.; Santos, S. G. G. C.; Amorim, M. L. C. M. e Neto, P. J. R. 2015. Características anatomofisiológicas de adaptação de bovinos leiteiros ao ambiente tropical. Revista Agropecuária Técnica 36:280-293.

Rust, J. M. e Rust, T. 2013. Climate change and livestock production: A review with emphasis on Africa. South African Journal of Animal Science 43:255-267.

Santos, P. B.; Santana Junior, H. A.; Araújo, M. J.; Oliveira, A. P.; Freitas, T. B e Viana, P. T. 2017. Production and economic viability of feedlot beef cattle categories. Acta Scientiarum. Animal Sciences 39:195-199. doi:10.4025/actascianimsci.v39i2.33452.

Schutz, K. E.; Rogers, A. R.; Cox, N. R. e Tucker, C. B. 2009. Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: Shade use, behaviour, and body temperature. Appl. Anim. Behav. Sci 116:28 – 34.

Silva, G. P.; Contin, T. L. M. e Santos, A. C. R. 2018. Custos de confinamento de bovinos de corte no município de Colômbia, SP. Revista iPecege 4:7-15.

Starling, J. M. C.; Silva, R. G.; Negrão, J. A.; Maia, A.S.C e Bueno, A. R. 2005. Variação estacional dos hormônios tireoideanos e do cortisol em ovinos em ambiente tropical. Revista Brasileira de Zootecnia 34:2064-2073.

Sullivan, M. L.; Smith A. J. C.; Mader, T. L. e Gaughan, J. B. 2011. Effect of the shadow area on the performance and welfare of confined cattle, Journal of Animal Science 89:2911-2925.

Taveira, R. Z.; Fonseca, L. R.; Silveira Neto, O. J.; Amaral, A. G. e Almeida, J. S. 2012. Avaliação do desempenho de bovinos de corte mestiços confinados em piquetes com sombrite e sem sombrite. PUBVET 6:2-6.

Titto, C. G.; Titto, E. A. L.; Titto, R. M. e Mourão, G. B. 2011. Heat tolerance and the effects of shade on the behaviour of Simmental bulls on pasture. *Animal Science Journal* 01:01-11.

USDA- United States Department of Agriculture. 2019. Disponível em:<[usdabrazil.org.br](http://usdabrazil.org.br)>. Acesso em: 04 abril. 2021.

Valverde, M. Exportações impulsionam pecuária em Minas Gerais. 2020. Disponível em <<https://diariodocomercio.com.br/especial/exportacoes-impulsionam-pecuaria-em-minas-gerais/>>. Acesso em: 13 jul. 2021.

## **4 CAPÍTULO 1– Visão multivariada do ambiente climático e desempenho de bovinos Nelore confinados no semiárido**

**RESUMO** - Objetivou-se avaliar, por meio de análises de componentes principais, o efeito de diferentes estruturas de confinamento sobre as condições climáticas, consumo de nutrientes e desempenho de machos Nelore na fase de terminação em região semiárida. Foram utilizados dados de 225 bovinos Nelore, não castrados, com peso médio corporal inicial (PC) de  $294 \pm 19$  kg e idade de 24 meses. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, sendo três estruturas de confinamento (sem sombreamento, sombreamento natural e sombreamento artificial com sombrite 50% de interceptação luminosa), com total de 75 repetições (cada animal foi a unidade experimental). O tempo de terminação dos animais em confinamento foi de 107 dias. Verificou-se que os 2 primeiros componentes explicaram 99,65 (sem sombreamento), 97,32 (sombreamento artificial) e 99,89 (sombreamento natural) da variação total presente no conjunto de dados. As variáveis: Índice de temperatura de globo negro (0,88); carga térmica radiante (0,96; 0,99; 0,76); temperatura do globo negro (0,96) e peso de carcaça quente (0,64) tiveram maior influência nas estruturas do confinamento. Concluiu-se que as variáveis climáticas e de consumo classificaram com maior impacto sobre as estruturas do confinamento. O sombreamento artificial com sombrite 50% de interceptação luminosa contribuiu de forma positiva no peso de carcaça quente de bovinos Nelore confinados.

### **4.1 INTRODUÇÃO**

O Brasil é o maior produtor e exportador de carne bovina do mundo. Cerca de 213,68 milhões de bovinos são criados em 162,53 milhões de hectares de pastagens (ABIEC, 2020). Estima-se que 43,3 milhões de bovinos são abatidos anualmente no país visando atender o mercado interno e externo. Desse total, 13,85% dos animais são terminados em sistemas intensivos de produção (ABIEC, 2020).

Devido ao menor tempo de terminação associado à rusticidade da raça Nelore, que compõe até 80% do rebanho nacional, as instalações do confinamento são, na maioria, sem cobertura. Contudo, a elevada demanda por produtos cárneos tem exigido dos pecuaristas a intensificação e a melhoria dos processos produtivos, principalmente no que se refere ao atendimento dos preceitos de bem-estar animal. Brown-Brandl (2018) destacou que

prejuízos no desempenho dos animais podem ocorrer em decorrência da ausência de conforto térmico no confinamento.

Nesse sentido, a adequação das instalações do confinamento como o uso de sombreamento natural ou artificial faz-se necessário para melhorar o bem-estar e o desempenho produtivo dos animais (Grandin, 2016; Hagenmaier et al., 2016; Brown-Brandl, 2018), principalmente em regiões de elevada incidência de radiação solar, como as registradas no semiárido.

No Brasil, diversos trabalhos têm sido publicados sobre o efeito positivo do sombreamento no desempenho produtivo dos bovinos de corte (Sullivan et al., 2011; Taveira et al., 2012; Dian et al., 2020). Entretanto, ainda são escassos e os resultados de pesquisas são controversos quanto aos tipos de sombreamento da baia de confinamento para bovinos de corte na fase de terminação sobre o conforto térmico e desempenho dos animais. Baêta e Souza (2010) afirmaram que o melhor sistema de sombreamento é o natural, devido ao microclima proporcionado pela sombra das árvores. Rovira e Velazco (2010) e Ferro et al. (2016) destacaram o sombrite de polietileno como material eficiente em melhorar as condições climáticas da baia com menores custo e tempo, em comparação com estruturas mais sofisticadas como telhas e outros materiais. Considera-se que o sombreamento natural ou artificial das baias de confinamento irá melhorar o conforto térmico e o desempenho dos animais em comparação aos animais mantidos em currais sem sombreamento.

Para avaliar e selecionar os fatores que interferem no desempenho dos animais, o uso de análises estatísticas multivariadas, em especial a de componentes principais, tem sido uma ferramenta recomendada. Muniz et al. (2014) afirmaram que essa técnica auxilia no desenvolvimento dos programas de melhoramento genético de bovinos de corte, e faz-se necessário conhecer a importância e contribuição de cada uma das variáveis envolvidas. Dessa forma, usam a técnica de componentes principais para investigar a estrutura das covariâncias e as relações de dependências entre as características estudadas.

Desse modo, objetivou-se avaliar por meio da análise de componentes principais o efeito de diferentes estruturas de confinamento sobre as condições climáticas, consumo de nutrientes e desempenho de machos Nelore na fase de terminação.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos envolvendo os animais foram aprovados pelo Comitê Institucional de Ética para o uso de animais (protocolo número 185/2019). Este trabalho foi desenvolvido com base nos dados de desempenho apresentados inicialmente por Ferreira et al. (2021).

O estudo foi realizado no município de Itacarambi, Minas Gerais, Brasil onde as coordenadas geográficas são: 15° 01'2,3" latitude S, 44° 03'48,3" longitude W. Foram utilizados duzentos e cinquenta bovinos Nelore (não castrados, com peso corporal (PC) médio inicial de 294 ± 19 kg e idade de 24 meses. Os lotes foram formados por animais da raça Nelore adquiridos em diversas fazendas da região sendo recriados em confinamento por 90 dias. No início da fase de terminação, os animais foram pesados individualmente em balança digital (Valfran®, III classmodel, Votuporanga, São Paulo, Brasil), identificados por meio de brinco na orelha e everminados com sulfóxido de albendazol 15 % (Agebendazol®, União Química, Embu Guaçu, São Paulo, Brasil).

Três grupos de setenta e cinco animais foram distribuídos em duas estratégias de manejo de baia: sombreamento natural (n=75) com árvores e sombreamento artificial (n=75) usando sombrite e o grupo controle (sem sombreamento; n=75), em baias com 1.200m<sup>2</sup>.

No sombreamento natural, as árvores de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) DC) e leucena (*Leucaena leucocephala*) foram implantadas linearmente, a cada cinco metros, na região unilateral da baia permitindo sombreamento.

No sombreamento artificial da baia, foi utilizado o sombrite confeccionado com fios de polietileno e interceptação luminosa de 50%. As dimensões da tela de sombrite foram de 12 m de largura e 30 m de comprimento instalada a dez metros do cocho de alimentação no sentido Leste-Oeste, posicionado no centro da baia. O sombrite foi implantado em 30% da área total da baia, com 4,8 m<sup>2</sup> por animal (adaptado de Ferro et al., 2016).

A dieta foi ofertada diariamente permitindo 5% de sobras em relação à quantidade de matéria seca fornecida. A dieta foi a mesma em todos os tratamentos e período experimental, mantendo a relação volumoso:concentrado 42:58 na matéria seca total da dieta. A dieta foi fornecida aos animais cinco vezes ao dia, às 07h 30min, 11h, 13h, 15h e 17h em sistema de dieta completa (Total mixedration), por meio de um vagão de mistura total

com capacidade para 6,1m<sup>3</sup> (Rotormixexpress 3120, balança eletrônica de bordo, Kuhn do Brasil, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil).

A base volumosa das dietas foi a silagem de milho (*Zea mays*), que foi pesada diariamente e misturada na silagem de grãos de milho reidratado e núcleo mineral concentrado. Os animais foram mantidos em baias coletivas de 1.200m<sup>2</sup>, dotadas de cochos (30 metros lineares) e bebedouros (capacidade de 600 litros). A duração da fase de terminação dos animais em confinamento foi de 107 dias. Os procedimentos de coleta de dados, manejo e composição química da dieta podem ser verificados na pesquisa de Ferreira et al. (2021).

A análise de componentes principais (ACP) foi realizada com o objetivo de melhor compreender a natureza da relação entre as variáveis estudadas e as variáveis independentes. Para essa análise foram consideradas 10 características estudadas (Índice de temperatura de globo negro e umidade, Carga térmica radiante, Temperatura de globo negro, Consumo de Matéria seca, Consumo de Proteína bruta, Consumo de Fibra em detergente neutro indigestível, Nutrientes digestíveis totais, Peso corporal Inicial e Final, Peso de carcaça quente, Rendimento de carcaça final). Tomando por base a matriz de correlação entre as características, os dados foram submetidos à ACP, na qual as variáveis foram padronizadas para média igual a zero e variância igual a um. Foi utilizada a matriz de correlação ao invés de uma matriz de covariância (Johnson e Wichern, 2007).

Foi utilizado o método de Kaiser (1960) para escolher os componentes principais que melhor explicam a variabilidade presente nos dados para compor as demais análises e interpretações. Nesse método foram considerados os autovalores iguais ou superiores a um (1), uma vez que as variáveis originais também apresentam variância igual a um, após terem sido padronizadas. Para a comparação das variáveis criaram-se novas variáveis padronizadas a partir das originais, da seguinte forma:

$$Vp = \frac{V - x}{\sigma}$$

Em que:

Vp= nova variável ponderada;

V= variável observada;

x= média das observações da variável original;

σ= desvio padrão da variável observada.

Na ACP, cada componente principal ( $Y_i$ ) corresponde a uma combinação linear das 10 variáveis padronizadas ( $X_j$ ) e essas combinações não são correlacionadas entre si:

$$Y_i = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ip}X_p = \sum_{j=1}^p a_{ij}X_j$$

Em que:

$a_{ij}$  são os autovetores, com  $i = 1, 2, p$  e

$$\sum_{j=1}^p a_{ij}^2 = 1$$

O primeiro componente principal,  $Y_1$ , possui variância máxima entre todas as combinações lineares de  $X$ . O segundo componente principal é não correlacionado com o primeiro e possui a segunda maior variância e, assim, sucessivamente. A cada componente principal  $Y_i$  existe  $p$  autovalor ( $\lambda$ ) ordenado de forma que:

$$\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p$$

A importância relativa de um componente principal foi avaliada a partir da porcentagem de variância total por ele explicada, ou seja, a porcentagem de seu autovalor em relação ao total dos autovalores de todos os componentes, dado por:

$$Y_i = \frac{Var(Y_i)}{\sum_{i=1}^p Var(Y_i)} \times 100 = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^p \lambda_i} \times 100$$

A interpretação de cada um dos componentes principais selecionados foi feita de acordo com as variáveis com os maiores coeficientes de ponderação (autovetores), em valor absoluto. Na literatura não há um valor específico que determine quando um coeficiente de ponderação é importante, então esses valores foram interpretados de acordo com a relação entre as características dentro de cada componente.

O experimento foi conduzido seguindo o delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e 75 repetições. Cada animal foi a unidade experimental conforme o modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + PI + e_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$  = A observação referente ao tratamento "i", dentro da repetição "j";

$\mu$  = constante associada a todas as observações;

$T_i$  = Efeito do tratamento "i", com "i" = 1, 2 e 3;

PI = Peso inicial como co-variável;

$e_{ij}$  = erro experimental associado a todas as observações ( $Y_{ij}$ ), independente, que por hipótese tem distribuição normal com média zero e variância  $\delta^2$ .

As médias dos tratamentos quando significativas pelo teste de F foram agrupadas usando o teste de Scott Knott considerando  $P < 0,05$ .

Para avaliação das variáveis climáticas, consumo de nutrientes e desempenho dos animais foi aplicada a técnica exploratória de dados por análise dos componentes principais (PCA).

#### 4.3 RESULTADOS

Verificou-se que as variáveis carga térmica radiante e consumo de matéria seca, expressos em porcentagem do peso corporal (PC) apresentaram maiores coeficientes de ponderação dentro da CP1 com maiores impactos na variância explicada de 63,70%. Enquanto que na CP2 a temperatura de globo negro apresentou maior coeficiente de ponderação (0,92) (Tabela 1).

Entre as variáveis dependentes, a carga térmica radiante, consumo de matéria seca e temperatura de globo negro apresentaram maior participação na variância explicada dos resultados.

As variáveis temperatura do globo negro (Tgn) e peso inicial apresentaram correlação positiva para a CP2, já a variável carga térmica radiante (CTR) mostrou-se correlação positiva para a CP1 e negativa para a CP2. A característica peso corporal final (PF) apresentou correlação negativa para as CP1 e CP2 (figura 1).

Na Figura 2, pode ser verificado o comportamento conjunto das componentes principais. As componentes CP1 e CP2 apresentaram autovalores que explicaram 87,14% da variância dos dados. Nessas componentes os autovetores foram acima de 1.

Nos animais mantidos em baia sem sombreamento, verificou-se que as duas primeiras componentes principais (CP 1 e CP 2) explicaram 99,65% da variância dos dados. Os maiores coeficientes de ponderação (autovetores) foram observados para a carga térmica radiante (0,96; CP1) e temperatura de globo negro (0,96; CP2). Essas variáveis apresentaram maior impacto sobre o desempenho dos animais (Tabela 2).

No sombreamento natural da baia, a carga térmica radiante explicou 99,71% (CP1) da variação dos resultados seguida do Índice de temperatura de globo negro e umidade (0,88; CP2) explicando 0,18%.

Na análise de componentes principais da estratégia de sombreamento usando sombrite 50%, verificou-se que a carga térmica radiante (coeficiente de 0,76) e o peso de carcaça quente (coeficiente de 0,64) explicaram 97,32% da variância dos resultados.

#### **4.4 DISCUSSÃO**

A CP1 apresentou maior influência com 63,70% da variabilidade dos dados, enquanto que a CP2 apresentou a menor influência (23%) (Tabela 1). As variáveis da CP1 com maiores coeficientes de ponderação (autovetores) foram carga térmica radiante (0,94%) e consumo de matéria seca (0,70%), já na CP2 a temperatura do globo negro obteve maior coeficiente de ponderação (92%). Portanto, baseado nesses componentes, verifica-se que as características climáticas e de consumo foram as que receberam as maiores influências das estruturas do confinamento.

Em condições de estresse térmico por calor, uma das principais mudanças no mecanismo de adaptação fisiológica de bovinos de corte é o declínio do consumo de matéria seca. Essa redução ocorre pela ação inibitória sobre o centro de apetite, pelo aumento da frequência respiratória e pela diminuição da atividade do trato gastrointestinal. Isso resulta em diminuição da taxa de passagem do alimento e acelera a inibição do consumo pelo enchimento do rúmen. Essa alteração é um dos mecanismos que possibilitam ao animal regular sua temperatura corporal, dentro de um limite térmico compatível com sua atividade metabólica (NRC, 2000).

Analisando as duas componentes selecionadas, verificou-se que as características classificadas em ordem de importância, com os maiores valores dos coeficientes de ponderação, foram: carga térmica radiante, temperatura do globo negro e consumo de matéria seca. As variáveis de consumo (proteína bruta, fibra em detergente neutro indigestível, nutrientes digestíveis totais) (CP1) e desempenho (rendimento de carcaça) (CP2) não impactaram na análise devido ao baixo coeficiente de ponderação. Corroborado por Aranha et al. (2019), que não verificaram diferenças no desempenho de animais mantidos nos sistemas integração lavoura pecuária florestas (ILPFs) quando comparado aos que estavam a pleno sol. Entretanto, observaram melhora no conforto térmico proporcionado aos animais no sistema ILPFs.

Verifica-se na figura 1 que a temperatura do globo negro foi a variável que apresentou a maior correlação, contribuindo de forma substancial na CP2, refletindo a maior variabilidade desta característica, quando comparada às demais variáveis. Para a CP1, a carga térmica radiante (CTR) foi a variável com maior correlação dentro das características estudadas.

Esses resultados indicam que as características climáticas apresentaram maior influência sobre as diferentes estratégias de sombreamento das baias do confinamento.

Cattel (1996) propôs o teste de *Scree Plot*, que identifica os fatores de uma escala (Figura 2). O que determina a importância de cada componente principal neste gráfico é o ponto de inflexão da curva. O componente principal com maior autovalor é o que mais contribui para explicar a variabilidade nos dados. Quanto mais se adiciona componente, menor é a diferença entre os autovalores, principalmente após o ponto de inflexão (Silva et al., 2015b). Neste trabalho, o ponto de inflexão foi registrado até o segundo componente onde há a explicação de 87,14% da variância dos dados.

Conforme Silva et al. (2015a) os autovalores possuem o poder de explicar a variação total das variáveis originais (observadas), e estes são a variância dos componentes principais, neste caso a variância é igual a 10. Silva et al. (2015b) salientaram que essa variação total depende do número, do tipo e da forma como essas variáveis estão incluídas e correlacionadas na análise.

Foram gerados 10 componentes principais. De acordo com Kaiser (1960), em todas as estratégias de sombreamento, os 2 primeiros foram selecionados por apresentarem variância (autovalor) superior a 1,00, e explicarem 99,65% (sem sombreamento), 97,32%

(sombreamento artificial) e 99,89% (sombreamento natural) da variação total presente no conjunto de dados.

As variáveis que tiveram maior influência nas estruturas do confinamento foram: Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) (0,88); carga térmica radiante (CTR) (0,96; 0,99; 0,76) e temperatura do globo negro (Tgn) (0,96) para os dois componentes principais e estratégias de sombreamentos, respectivamente, com exceção do sombrite onde a variável com maior influência (CP1) para o sombreamento natural foi carga térmica radiante (CTR) (-0,65) que apresentou correlação negativa moderada e o peso de carcaça quente (PCQ) (0,64). (Tabela 2).

De acordo com Pinheiro et al. (2015), a radiação solar direta é um dos componentes que mais contribui para a carga de calor em bovinos, provocando mudanças no seu mecanismo fisiológico como aumento da temperatura corporal, frequência respiratória e batimentos cardíacos. Storti et al. (2019), estudando os índices de estresse térmico para jovens Nelores criados em ambiente tropical, mencionam que a CTR elevada contribui para a redução do bem-estar, por isso sugerem sombreamento natural ou artificial tanto para animais criados a pasto quanto em confinamento. A redução do estresse térmico pela implantação de medidas de adaptação reduzirá as perdas econômicas nesses sistemas (Schauberger et al., 2021).

#### **4.5 CONCLUSÃO**

As variáveis climáticas e de consumo classificaram com maior impacto sobre as estruturas do confinamento.

O sombreamento artificial com sombrite 50% de interceptação luminosa contribuiu de forma positiva no peso de carcaça quente de bovinos Nelore confinados.

#### 4.6 REFERÊNCIAS

ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. Beef Report 2020. São Paulo: 2020. Disponível em: <<http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020/>>. Acesso em: 04 abril. 2021.

Aranha, H. S.; Andrighetto, C.; Lupatini, G. C.; Bueno, L. G. F.; Trivelin, G. A.; Mateus, G. P.; Luz, P. A. C.; Santos, J. M. F.; Sekiya, B. M. S e Vaz, R. F. 2019. Produção e conforto térmico de bovinos da raça Nelore terminados em sistemas integrados de produção agropecuária. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia 7:1686-1694. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9913>

Baêta, F. C e Souza C. F. 2010. Ambiência em Edificações Rurais: Conforto animal. 2° ed. UFV, Viçosa.

Brown-Brandl, T. M. 2018. Understanding heat stress in beef cattle. Revista Brasileira de Zootecnia 47. <https://doi.org/10.1590/rbz4720160414>

Cattel, R. B. 1966. The scree test for the number of factors. Multivariate behavior research 1:245-276. [https://doi.org/10.1207/s15327906mbr0102\\_10](https://doi.org/10.1207/s15327906mbr0102_10)

Detmann, E.; Souza, M. A.; Valadares Filho, S. C.; Queiroz, A. C.; Berchielli, T.T.; Saliba, E. O. S.; Cabral, L. S.; Pina, D. S.; Ladeira, M. M e Azevedo, J. A. G. 2012. Métodos para análises de alimentos-INCT–Ciência Animal. UFV, Viçosa.

Dian, P. H. M.; Santos, M. C. B.; Belo, M. A. A.; Brennecke, K.; Melo, G. M. P e Melo, W. J. 2020. Desempenho zootécnico e financeiro de bovinos confinados com acesso a diferentes áreas de sombreamento e a pleno sol. Brazilian Journal of Development 6: 101646-101664. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n12-599>.

Ferreira, H. C.; Carvalho, C. C. S.; Monção, F. P.; Júnior, V. R. R.; Ruas, J. R. M.; Costa, M. D.; Jesus, M. A.; Gonçalves, M. C. M.; Rocha, H. C.M.; Ribas, W. F. G.; Delvaux Júnior, N. A.; Chamone, J. M. A e Rigueira, J. P. S. 2021. Effect of shading strategies on intake, digestibility, respiratory rate, feeding behaviour, and performance of feedlot-finished Nelore bulls in the semi-arid region of Brazil, Italian Journal of Animal Science, 20:1759-1769. [10.1080/1828051X.2021.1912662](https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1912662)

Ferro, D. A. C.; Arnhold, E.; Bueno, C. P.; Miyagi, E. S.; Ferro, R. A. C e Silva, B. P. 2016. Performance of Nelore males under different artificial shading levels in the feedlot. Semina: Ciências Agrárias 37: 2623-2632. [10.5433/1679-0359.2016v37n4Supl1p2623](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n4Supl1p2623)

Gradim, T. 2016. Evaluation of the welfare of bovine animals housed in external confinements. Elsevier. 1: 23-28.

Hagenmaier, J. A.; Reinhardt, C. D.; Bartle, S. J.; Thomson, D. U. 2016. Effect of shade on animal welfare, growth performance, and carcass characteristics in large pens of beef cattle fed a beta agonist in a commercial feedlot. American Society Animal Science 94:5064-5076. <https://doi.org/10.2527/jas.2016-0935>

Kaiser, H. F. 1960. The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*. 20:141-151. <https://doi.org/10.1177/001316446002000116>.

Muniz, C. A. S. D.; Queiroz, S. A.; Mascioli, A. S e Zadra, L. E. F. 2014. Análise de componentes principais para características de crescimento em bovinos de corte. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina* 35:1569-1576.

NRC. 2000. *Nutrient requirements of beef cattle 2000*. 7° ed. Washington, D.C. National Academy Press.

Pinheiro, A. C.; Saraiva, E. P.; Saraiva, C. A. S.; Fonseca, V. F. C.; Almeida, M. E. V.; Santos, S. G. G. C.; Amorim, M. L. C. M e Neto, P. J. R. 2015. Características anatomofisiológicas de adaptação de bovinos leiteiros ao ambiente tropical. *Revista Agropecuária Técnica* 36: 280-293.

Rovira, P. e Velazco, J. 2010. The effect of free or artificial or natural shade on respiration rate, behaviour and performance of grazing steers. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 6:293-298. <https://doi.org/10.1080/00288233.2010.525785>

Schauberger, G.; Schönhart, M.; Zollitsch, W.; Hörtenhuber, S. J.; Kirner, L.; Mikovits, C.; Baumgartner, J.; Piringer, M.; Knauder, W.; Anders, I.; Andre, K. e Hennig-Pauka, I. 2021. Economic risk assessment by weather-related heat stress indices for confined livestock buildings: A case study for fattening pigs in Central Europe Agriculture. *Journal Agriculture* 11:122. <https://doi.org/10.3390/agriculture11020122>

Silva, M. C.; Silva, J. D. G. e Borges, E. F. 2015a. Análises de componentes principais para elaborar índices de desempenho no setor público. *Revista Brasileira de Biometria* 33:291-309.

Silva, M. S.; Shiotsuki, L.; Lôbo, R. N. B e Facó, O. 2015b .Principal component analysis for evaluating a ranking method used in the performance testing in sheep of Morada Nova breed. *Semina: Ciências Agrárias* 36: 3909-392. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n6p3909>

Storti, A. A.; Nascimento, M. R. B. M.; Faria, C. U e Silva, N. A. M. 2019. Índices de estresse térmico para touros jovens nelore criados em ambiente tropical. *Acta Scientia e Veterinariae* 47:1670. <https://doi.org/10.22456/1679-9216.93605>

Sullivan, M. L.; Smith A. J. C.; Mader, T. L e Gaughan, J. B. 2011. Effect of the shadow area on the performance and welfare of confined cattle, *Journal of Animal Science*, 89: 2911-2925.

Taveira, R. Z.; Fonseca, L. R.; Silveira Neto, O. J.; Amaral, A. G.; Almeida, J. S. 2016. Avaliação do desempenho de bovinos de corte mestiços confinados em piquetes com sombrite e sem sombrite. *PUBVET - Revista de publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia* 6:2-6.

## 4.7 TABELAS E FIGURAS

Tabela 1- Análise de componentes principais conjunta das estratégias de sombreamento da baía de bovinos Nelore na fase de terminação em confinamento

Item	Autovetores	
	CP1	CP2
<i>Características climáticas</i>		
Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade	0.09	0.01
Carga Térmica Radiante	<b>0.94</b>	-0.24
Temperatura do globo negro	0.16	<b>0.92</b>
<i>Consumo, % PC</i>		
Matéria seca	<b>0.70</b>	-0.01
Proteína bruta	0.00	0.00
Fibra em detergente neutro indigestível	0.00	0.00
Nutrientes digestíveis totais	0.00	0.00
<i>Desempenho, %</i>		
Peso corporal inicial	-0,05	0,24
Peso corporal final	-0.12	-0.17
Peso de carcaça quente	-0.24	-0.25
Rendimento de carcaça fria	0.00	-0.01
Variância explicada, %	63.70	23.44

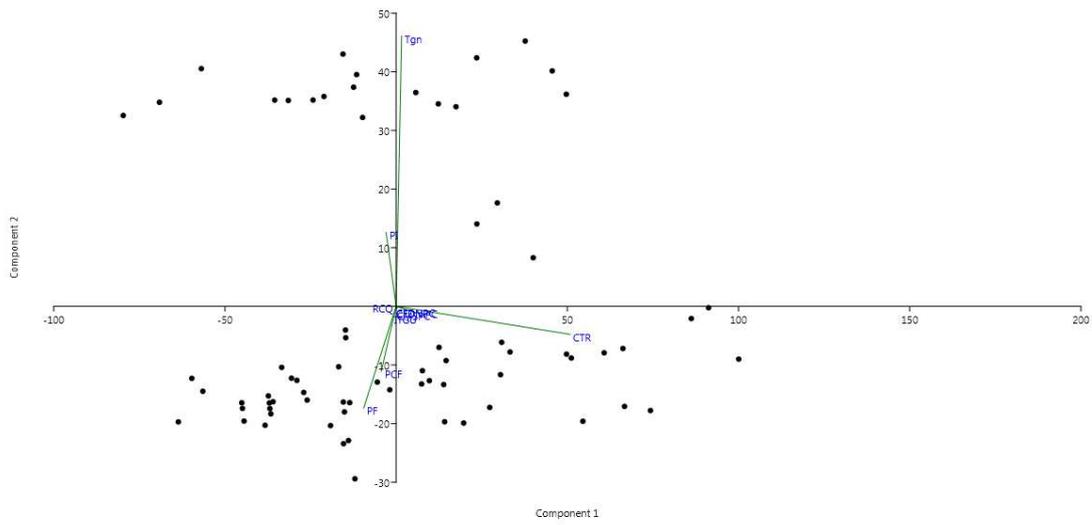


Figura 1 – Representação esquemática de componentes principais das estratégias de sombreamento da baia de bovinos Nelore na fase de terminação em confinamento.

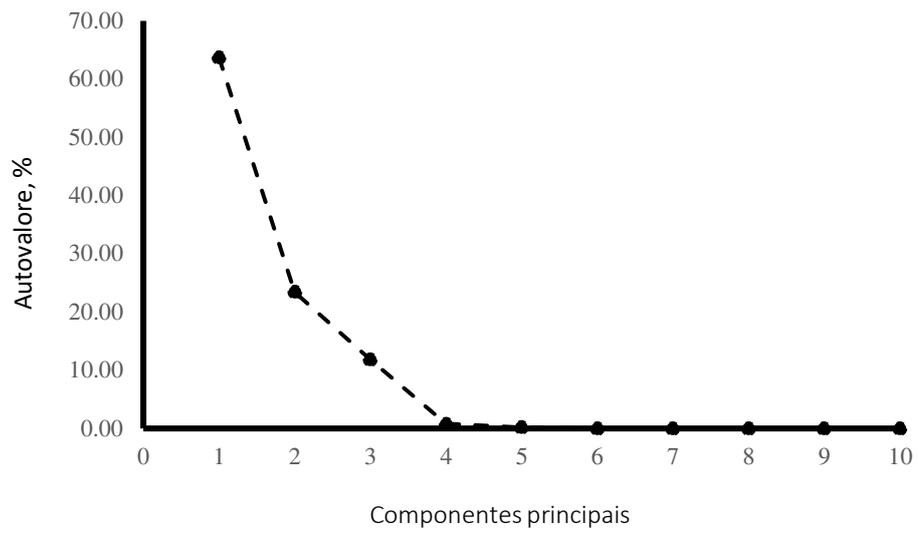


Figura 2 – *Scree Plot* dos autovalores correspondentes a cada um dos 10 componentes principais.

Tabela 2 - Análise de componentes principais individual das estratégias de sombreamento da baía de bovinos Nelore na fase de terminação em confinamento

Item	Sem sombreamento		Natural		Sombrite 50%	
	CP1	CP2	CP1	CP2	CP1	CP2
<i>Características climáticas</i>						
Índice de temperatura de globo negro e umidade	0.08	0.01	0.11	<b>0.88</b>	0.00	0.02
Carga Térmica Radiante	<b>0.96</b>	0.27	<b>0.99</b>	-0.16	-0.65	<b>0.76</b>
Temperatura do globo negro	-0.27	<b>0.96</b>	0.13	0.44	-0.01	0.01
<i>Consumo, % PC</i>						
Matéria seca	0.00	0.00	0.00	-0.07	0.00	0.00
Proteína bruta	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Fibra em detergente neutro indigestível	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Nutrientes digestíveis totais	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00
<i>Desempenho, %</i>						
Peso corporal inicial	-0.05	0.24	-0.05	0.24	-0.05	0.24
Peso corporal final	0.00	0.01	0.00	0.00	0.40	0.37
Peso de carcaça quente	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.64</b>	0.54
Rendimento de carcaça fria	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
Variância explicada, %	81.22	18.43	99.71	0.18	68.68	28.64

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A análise de componentes principais contribuiu para identificar dentre as características estudadas quais tiveram maior impacto sobre as estruturas do confinamento. As características de consumo e climáticas apresentaram maior coeficiente de ponderação para o CP1 e CP2 respectivamente.