

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

INFERÊNCIA EXPLORATÓRIA DE DADOS NA CLIMATIZAÇÃO DE BOVINOS
DE LEITE COMO FERRAMENTA NA TOMADA DE DECISÃO

RECIFE

2019

MARCOS VINÍCIUS DA SILVA

**INFERÊNCIA EXPLORATÓRIA DE DADOS NA CLIMATIZAÇÃO DE BOVINOS
DE LEITE COMO FERRAMENTA NA TOMADA DE DECISÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, sob orientação do Prof. Dr. Gledson Luiz Pontes de Almeida, para obtenção do título de Mestre.

RECIFE

2019

Ficha Catalográfica

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

S586i Silva, Marcos Vinícius da.
Inferência exploratória de dados na climatização de bovinos de leite
como ferramenta na tomada de decisão / Marcos Vinícius da Silva. -
Recife, 2019.
86 f.: il.

Orientador (a): Gledson Luiz Pontes de Almeida.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Recife, BR-PE,
2019.
Inclui referências.

1. Componentes principais 2. Conforto animal 3. Produção de leite
4. Qualidade do leite I. Almeida, Gledson Luiz Pontes de, orient. II. Título

CDD 631

MARCOS VINÍCIUS DA SILVA

**INFERÊNCIA EXPLORATÓRIA DE DADOS NA CLIMATIZAÇÃO DE BOVINOS
DE LEITE COMO FERRAMENTA NA TOMADA DE DECISÃO**

Dissertação defendida e aprovada em 18 de julho de 2019 pela banca examinadora:

Orientador:

Gledson Luiz Pontes de Almeida, Prof. Dr.

Examinadores:

Héliton Pandorfi, Prof. Dr.

Alex Souza Moraes, Prof. Dr.

Gleidiana Amélia Pontes de Almeida Macedo, Dra.

“O homem erudito é um descobridor de fatos que já existem, mas, o homem sábio é um criador de valores que não existem e que ele faz existir”

Albert Einstein

Á Deus;

Aos meus pais Maria Aparecida Diniz da Silva e
Francisco da Silva;

A minha irmã Eulla Gabriela da Silva;

A minha parceira Paula Zanette Moreira;

Ao meu irmão Saul Marcelino de Melo Júnior;

Aos meus amigos que me apoiaram nesta jornada;

E a tantos outros que me apoiaram direta e
indiretamente nesta jornada.

DEDICO

VI

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por que todo impossível é possível quando se tem Deus ao seu lado, fazer um mestrado e ainda mais a 2500 km de casa, era impossível para mim, mais com fé e a benção de Deus esta jornada está chegando ao fim. Só tenho a agradecer ao senhor, por todos os desafios e superações que o senhor traçou nesta minha jornada de 2 anos, pois neste tempo evolui e muito como ser humano e tudo é graça ao senhor meu Deus.

Agradeço a minha mãe Maria Aparecida Dinis da Silva e ao meu pai Francisco da Silva, pois cada passo, cada degrau escalado e cada vitória conquistada, é com o meu pensamento em vocês, pois sempre me apoiaram em minhas escolhas. Mesmo em tamanhas dificuldades, sempre abriram mão de me ajudar e é a vocês, quem eu mais devo nesta vida e que um dia possa retribuir por tudo que fizeram e tem feito por mim.

Agradeço a minha irmã Eulla Gabriela da Silva, por sempre me apoiar em minhas escolhas e torcer pelo meu sucesso, mesmo diante de tantas brigas, sempre apoiamos e torcemos para o sucesso do outro.

Agradeço aos meus amigos Jorge Filho, Luiz Augusto, Guaraci Machado, Gabriel Machado e ao meu irmão de outra mãe Saul Júnior, que quando eu soube que havia passado aqui, foram vocês que me deram um apoio moral e me encorajaram a vir para Recife. Como já dizia Platão *"A amizade é uma predisposição recíproca que torna dois seres igualmente ciosos da felicidade um do outro"*, assim foram vocês comigo, sempre quiseram meu bem e sempre estão torcendo por mim, nisso eu acredito, por que deste crianças apoiamos uns aos outros, nos bons e maus momentos e sempre nos ajudando.

Agradeço a minha parceira e namorada Paula Zanette Moreira, por sempre me apoiar em minhas escolhas, me incentivar a crescer mais e mais e por me dar conselhos em momentos difíceis, você foi o maior presente que recebi em Recife. Obrigado por me apoiar nos bons e maus momentos que passei nesta jornada do mestrado e por estar sempre presente quando eu mais precisei.

Agradeço ao meu Orientador Gledson Luiz Pontes de Almeida, pela paciência e dedicação em me orientar, mesmo diante das correrias diárias, de suas atividades como professor e coordenador da graduação, nunca deixou de estender a mão para me ajudar, você possui a qualidade de um profissional completo pela paciência, atenção e dedicação com seus orientados. Você foi um dos maiores profissionais que já tive o prazer de conhecer e a honra de poder trabalhar ao seu lado. Que Deus interceda sempre em sua vida e lhe abençoe.

Agradeço ao professor Héilton Pandorfi, assim como o professor Gledson, o senhor foi um dos maiores profissionais que já tive o prazer de conhecer e a honra de poder trabalhar ao seu lado. O senhor tem o dom de fazer coisas difíceis, se tornarem fáceis e além de passar confiança aos seus alunos.

Agradeço ao meu coorientador professor Alex Souza Moraes, por estar presente nos momentos que eu não sabia sair do lugar com a Multivariada, o senhor me mostrou que estatística é fácil fazer, o que se precisa é somente dedicação.

Agradeço ao Grupo de Pesquisa em Ambiência UFRPE – GPESA por todo apoio que me deram nestes dois últimos anos, além de um grupo vocês se tornaram uma família para mim, onde guardarei cada um em meu coração, pelos simples gestos que sempre fizeram nos momentos de alegria e tristeza.

A Pedro Henrique por ser o primeiro integrante desta família que eu conheci e nestes dois anos se tornou um grande amigo, por sempre trazer alegria ao laboratório e em momentos de aflição do pessoal, sempre sugerir uma distração, seja num boliche, num cinema, entre outros.

A Nicolý Farias por ser uma das pessoas que a maior autoestima que eu já conheci, por transmitir a felicidade no laboratório.

A Sávio Cavalcanti que mesmo durante as ausências de dias até semanas, é uma pessoa que transmite uma alegria ao laboratório e sempre que presente, está à disposição dos amigos.

A Rodes Ângelo que se tornou uma irmã para mim, uma amiga que tive o prazer de dividir disciplinas e ao mesmo tempo alegrias e tristezas com Geoestatística e Métodos Numéricos, além de ter o prazer de compartilhar produções científicas.

A Taize que sempre traz a conversa ao laboratório, por conseguir quebrar o gelo do silêncio e trazer alegria ao pessoal.

A Dona Fernanda e ao seu Plínio pela alegria que sempre trazem ao prédio Ronaldo Freire. A secretária Tatiana que quase sempre me salvou com uma ou outra xerox.

Agradeço também ao coordenador da Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, professor Ênio Farias de França e Silva, pela atenção dada no momento de minha ingresso no mestrado.

Agradeço também a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo consentimento da bolsa, pois sem ela a probabilidade de fazer o mestrado era mínima.

Agradeço a Universidade Federal Rural de Pernambuco, pelo apoio e por me proporcionar mais uma formação acadêmica.

Finalizo meus agradecimentos, agradecendo novamente a Deus por ter colocado essas pessoas incríveis em minha vida!!

SUMÁRIO

Lista de Figuras	XII
Lista de Tabelas	XIII
CAPÍTULO I	16
TÍTULO.....	17
1.1. INTRODUÇÃO	17
1.2. OBJETIVOS.....	19
1.2.1. Objetivo geral.....	19
1.2.2. Objetivos específicos	19
1.3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
1.3.1. Conforto térmico e bem-estar de vacas leiteiras no Brasil.....	19
1.3.2. Respostas fisiológicas.....	21
1.3.2.1. Temperatura retal	22
1.3.2.2. Frequência respiratória	22
1.3.2.3. Temperatura do pelame.....	23
1.3.3. Respostas produtivas, de composição e qualitativas do leite	23
1.3.4. Respostas comportamentais.....	23
1.3.4.1. Ingestão de água e alimento.....	24
1.3.4.2. Ruminação	24
1.3.4.3. Ócio	25
1.3.5. Aplicação da análise multivariada na agropecuária	25
1.3.6. Aplicação e abordagens da Análise de Componentes Principais (ACP) na ambiência e produção animal.....	26
1.3.7. Vantagens e desvantagens do uso da estatística multivariada.....	27
1.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
1.4.1. Base de dados	27
1.4.2. Período experimental.....	28
1.4.3. Tratamentos	29
1.4.4. Escolha dos animais.....	29
1.4.5. Manejo dos animais	29
1.4.6. Levantamentos dos dados	30
1.4.6.1. Variáveis meteorológicas	30
1.4.6.2. Índices de conforto	31

1.4.6.3. Variáveis fisiológicas	33
1.4.6.4. Variáveis comportamentais	33
1.4.6.5. Produção e composição química do leite	33
1.4.7. Delineamento experimental	34
1.4.8. Análise Multivariada	34
1.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
CAPÍTULO II	45
2.1. INTRODUÇÃO	48
2.2. MATERIAL E MÉTODOS	50
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
2.3.1. Turno da manhã	52
2.3.2. Turno da tarde	55
2.4. CONCLUSÕES	58
2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
CAPÍTULO III	64
3.1. INTRODUÇÃO	67
3.2. MATERIAL E MÉTODOS	68
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
3.3.1. Turno da Manhã	72
3.3.2. Turno da Tarde	78
3.4. CONCLUSÕES	81
3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
4.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS	86

Lista de Figuras

Figura 1. Localização da propriedade no município de Capoeiras, Estado de Pernambuco, Brasil.....	28
Figura 2. Animais selecionados para o estudo.	29
Figura 3. Esquema da área de pós-ordenha, área de descanso e comedouro.	30
Figura 4. Sensores no interior do curral de espera (A); abrigo meteorológico no ambiente externo com sensores instalados (B).	31
Figura 5. Representação do delineamento experimental empregado.	34
Figura 6. Representação da aplicação da Análise de Componentes Principais (ACP).	35
Figura 7. Localização da propriedade no município de Capoeiras, Estado de Pernambuco, Brasil.....	50
Figura 8. Componentes principais das variáveis fisiológicas, índices de conforto animal, produção e composição do leite de vacas no turno da manhã no verão e inverno (A); Componentes principais do tempo de funcionamento do sistema de resfriamento adiabático evaporativo na manhã (B).....	54
Figura 9. Componentes principais das variáveis fisiológicas, índices de conforto animal, produção e composição do leite de vacas no turno da tarde no verão e inverno (A); Componentes principais do tempo de funcionamento do sistema de resfriamento adiabático evaporativo na tarde (B).	57
Figura 10. Localização da propriedade no município de Capoeiras, Estado de Pernambuco, Brasil.....	69
Figura 11. Vacas Girolando selecionadas para o estudo.	70
Figura 12. Sensores no interior do curral de espera (A); abrigo meteorológico no ambiente externo com sensores instalados (B).	70
Figura 13. Representação do delineamento experimental empregado.	72
Figura 14. Gráficos bidimensionais das componentes principais para as variáveis ambientais, temperatura retal, parâmetros comportamentais e contagem de células somáticas do leite no turno da manhã na estação de verão e inverno (A); Componentes principais do tempo de funcionamento do sistema de resfriamento adiabático evaporativo na manhã (B).	75
Figura 15. Componentes principais das variáveis ambientais, temperatura retal, parâmetros comportamentais e contagem de células somáticas do leite de vacas leiteiras no turno da tarde no verão e inverno (A); Componentes principais do tempo de funcionamento do sistema de resfriamento adiabático evaporativo na tarde (B).....	80

Lista de Tabelas

Tabela 1. Valores de temperatura crítica inferior (TCI), temperatura crítica superior (TCS) e conforto térmico (TC), para algumas espécies de animais.....	21
Tabela 2. Componentes principais dos índices de conforto, variáveis fisiológicas, parâmetros comportamentais, produção e composição do leite e de vacas leiteiras no turno da manhã no verão e inverno.	52
Tabela 3. Componentes principais dos índices de conforto, variáveis fisiológicas, parâmetros comportamentais, produção e composição do leite de vacas leiteiras no turno da tarde nas estações de verão e inverno.	56
Tabela 4. Componentes principais das variáveis ambientais, temperatura retal, parâmetros comportamentais e contagem de células somáticas do leite de vacas leiteiras no turno da manhã na estação de verão e inverno.	73
Tabela 5. Componentes principais das variáveis ambientais, temperatura retal, parâmetros comportamentais e contagem de células somáticas do leite de vacas leiteiras no turno da tarde no verão e inverno.	78

SILVA, M. V. **Inferência exploratória de dados na climatização de bovinos de leite como ferramenta na tomada de decisão.** 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.

RESUMO: O emprego de tecnologias aprimoradas na produção de leite, tem apresentado inúmeras alternativas com ênfase na eficiência produtiva, qualidade do leite e no bem-estar do animal. Esse estudo foi conduzido com o objetivo de realizar análise exploratória de variáveis ambientais, índices de conforto, respostas fisiológicas e comportamentais, produção, composição e qualidade do leite de vacas, submetidas ao Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo (SRAE), nas estações de verão e inverno do semiárido pernambucano, como ferramenta na tomada de decisão. Foram utilizadas 16 vacas Girolando, divididas em quatro grupos e submetidas a três tempos de exposição ao SRAE no curral de espera (10, 20 e 30 min) e controle (sem climatização). O período de ordenha foi realizado em dois turnos, manhã e tarde, com alimentação fornecida duas vezes ao dia. Adotou-se a estatística multivariada para a análise de dados, por meio da técnica de componentes principais (ACP). O emprego da análise de componentes principais, apresentou respostas positivas na obtenção de um conjunto de mais de duas variáveis estudadas. Na estação de verão observou-se a ação do efeito retardatário da atuação dos tempos de resfriamento adiabático sobre a produção e composição do leite de vacas leiteiras, com o tempo de 30 minutos do turno da manhã atuando em resposta à tarde e o tempo de 10 minutos da tarde atuando em resposta no turno da manhã do dia seguinte. Houve uma forte relação da CCS com a atividade do animal na sombra para o verão e deitado para o inverno, sendo um dos fatores que tiveram influência para o aumento da CCS. O uso de sistema de resfriamento adiabático evaporativo no inverno, foi benéfico para a qualidade do leite, reduzindo a CCS. A aplicação da análise multivariada pelo método de Componentes Principais (CP) em variáveis ambientais, parâmetros comportamentais e na qualidade do leite de vacas leiteiras, mostrou-se uma ferramenta eficiente para identificação de um conjunto de variáveis, comparando todas variáveis entre si.

Palavras-chave: componente principais, conforto animal, produção de leite, qualidade do leite.

SILVA, M. V. **Exploratory inference of data in the climate of milk cattle as a tool for decision-making**. 2019. Dissertation (Master's Degree in Agricultural Engineering) - Federal Rural University of Pernambuco - UFRPE.

ABSTRACT: The use of improved technologies in milk production has presented numerous alternatives with emphasis on productive efficiency, milk quality and animal welfare. This study was conducted with the objective of conducting exploratory analysis of environmental variables, comfort indices, physiological and behavioral responses, milk yield, composition and quality of cows submitted to the Evaporative Adiabatic Cooling System (SRAE) in the summer and summer seasons. Pernambuco semiarid winter as a tool for decision making. Sixteen Girolando cows were divided into four groups and submitted to three times of exposure to SARS in the waiting corral (10, 20 and 30 min) and control (without acclimatization). The milking period was performed in two shifts, morning and afternoon, with feed provided twice a day. Multivariate statistics were adopted for data analysis using the principal component technique (PCA). The use of principal component analysis showed positive responses in obtaining a set of more than two variables studied. In the summer season, the effect of the delaying effect of the adiabatic cooling times on the milk yield and composition of dairy cows was observed, with 30 minutes of the morning shift acting in response to the afternoon and the time of 10 minutes. minutes in the afternoon acting in response to the next morning's morning shift. There was a strong relationship between CCS and animal activity in shade for summer and lying down for winter, being one of the factors that influenced the increase in CCS. The use of evaporative adiabatic cooling system in winter was beneficial for milk quality, reducing the CCS. The application of multivariate analysis by the Principal Components (CP) method on environmental variables, behavioral parameters and milk quality of dairy cows proved to be an efficient tool to identify a set of variables, comparing all variables with each other.

Keywords: main components, animal comfort, milk production, milk quality.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL / REVISÃO DE LITERATURA / MATERIAL E MÉTODOS GERAL

TÍTULO

INFERÊNCIA EXPLORATÓRIA DE DADOS NA CLIMATIZAÇÃO DE BOVINOS DE LEITE COMO FERRAMENTA NA TOMADA DE DECISÃO

1.1. INTRODUÇÃO

A bovinocultura de leite é uma das atividades mais importantes do setor agroindustrial brasileiro. As mudanças e exigências do mercado globalizado, o setor leiteiro passou por profundas mudanças para atender a demanda do mercado, com foco na área tecnológica, buscando ofertar produtos com melhor qualidade, maior valor agregado, garantindo assim, credibilidade diante do consumidor final (SANTOS & LOPES, 2014).

O leite e seus derivados, está entre os quatros produtos mais importantes do agronegócio brasileiro, ficando atrás da produção de cana-de-açúcar, soja e milho, respectivamente. A relevância do setor de lácteos está associado a disponibilidade de alimentos, geração de emprego e renda à população (MAPA, 2017).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB e a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* – FAO, os maiores produtores de leite no mundo de 2012 a 2017, foram a União Europeia, Estados Unidos, Índia, China e Brasil, que ocupa a 5º colocação no ranking (CONAB, 2017; FAO, 2017). Entre os anos de 2012 a 2015 o Brasil apresentou aumento de 2,7% na produção, já no ano de 2016 este saldo ficou negativo (-1%) devido à redução do rebanho leiteiro em 5,5% em 2015, onde foi compensado no ano 2017, que apresentou aumento de 1% (CONAB, 2017).

O Brasil, apesar de seu destaque na produção mundial de leite e seus derivados, contribui também com a importação de uma pequena parcela deste produto, fato que se reflete na falta de vacas leiteiras para suprir a total demanda brasileira ou o nível tecnológico empregado, pois o emprego de tecnologias no meio de produção leiteiro, proporciona melhorias na produção (FAO, 2017).

Segundo o IBGE (2017), para o 1º trimestre de 2017, os maiores produtores de leite no país são os estados de Minas Gerais, seguido do Rio Grande do Sul e Paraná. Na região nordeste, os estados que têm influência significativa na produção nacional são os estados da Bahia e Pernambuco que ocupam a 10º e 13º colocação no ranking, respectivamente.

O Brasil possui uma grande diversidade climática, tendo influência direta na produção de leite, devido à dificuldade de adaptação das vacas leiteiras ao clima e ao ambiente de produção em questão. Entretanto, o uso de tecnologia (sistema de resfriamento,

monitoramento das variáveis meteorológicas do ambiente em questão, uso de material que proporcione conforto aos animais, entre outros) torna-se uma alternativa para solucionar esse problema, criando um ambiente de conforto para os animais.

O emprego de tecnologias (sistemas de climatização) aprimoradas no meio de produção leiteira, tem-se apresentado uma alternativa eficiente para o aumento da produção e melhorias na qualidade do leite, condicionando conforto ao animal (COSTA et al., 2013; SANTOS et al., 2017). Condições desfavoráveis do ambiente, implica em menor produtividade e qualidade do leite, resultando em prejuízos ao produtor (SCHÜLLER, BURFEIND & HEUWIESER, 2014; POLSKY & VON KEYSERLINGK, 2017; ALHUSSIEN & DANG, 2018). A adequação do ambiente as condições ideais de conforto para vacas leiteiras, é um dos métodos eficientes visando conforto animal, aumento da produção e melhoria da qualidade do leite (ALMEIDA et al., 2011).

O curral de espera é a área mais estressante para vacas em lactação. Todavia, a adoção de práticas que visem amenizar as condições de estresse nos currais, através do emprego do Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo (SRAE), garante maiores níveis de produção, evitando problemas econômicos futuros (ALMEIDA et al., 2010; SOARES et al., 2018).

Contudo, diversos fatores influenciam a produção, composição e a qualidade do leite, tais como, ambientais (ALMEIDA et al., 2010; ALMEIDA et al., 2011; SCHÜLLER, BURFEIND & HEUWIESER, 2014), índices de conforto (DE RENSIS, GARCIA-ISPIERTO & LÓPEZ-GATIUS, 2015), alimentação (WALES & KOLVER, 2017; GRANT & FERRARETTO, 2018; HAVLIN, ROBINSON & GARRETT, 2018). Todavia a aplicação de técnicas multivariadas é uma alternativa viável, visto que essa técnica permite examinar várias variáveis conjuntas, uma vez que as análises convencionais podem capturar o efeito de apenas uma ou duas variáveis (MACCIOTTA et al., 2012).

Alessio et al. (2016), avaliaram o teor de lactose do leite de vacas Holandês e Jersey, por meio da análise multivariada, e observaram respostas diferentes, onde a concentração de lactose no leite cru é influenciada por múltiplos fatores. O uso da multivariada também pode ser observada na caracterização de ácidos graxos em vacas leiteiras (CONTE et al., 2016; CONTE et al., 2018) e em leite de búfalas (CORREDDU et al., 2017), os autores extraíram mais de dois fatores que tiveram influências no leite.

Conte et al. (2016), ressaltam que há a necessidade de se estudar a relação dos fatores exógenos e endógenos que podem vir a ter influência na composição e qualidade do leite. Diante do abordado no texto, estudar a relação das variáveis ambientais, índices de conforto,

variáveis fisiológicas e parâmetros comportamentais, sob a produção composição e qualidade do leite de vacas, é uma abordagem promissora.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo geral

Realizar análise exploratória de variáveis ambientais, índices de conforto, respostas fisiológicas e comportamentais, produção, composição e qualidade do leite de vacas, submetidas ao Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo (SRAE), nas estações de verão e inverno do semiárido pernambucano, como ferramenta na tomada de decisão.

1.2.2. Objetivos específicos

- Verificar qual a melhor estação para o conforto dos animais, baseando-se nas variáveis comportamentais e produção do leite;
- Identificar quais índices de conforto e variáveis fisiológicas que têm maior influência sobre a produção e composição nos períodos de verão e inverno;
- Analisar as Componentes Principais (CP) das variáveis ambientais e parâmetros comportamentais que têm maior influência sobre a qualidade do leite, nos períodos de verão e inverno;
- Determinar se as variáveis de comportamento animal no verão e inverno, possuem relação com a produção, composição e qualidade do leite, por meio da Análise de Componentes Principais;
- Estabelecer um modelo para cada turno e estação, que possibilite determinar a qualidade do leite, a partir das principais variáveis preditoras observadas na Análise de Componentes Principais.

1.3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.3.1. Conforto térmico e bem-estar de vacas leiteiras no Brasil

O Brasil possui parte de seu território situado na zona tropical do planeta, com predominância de altas temperaturas, causando estresse em vacas por altas temperaturas e afetando tanto a saúde quanto à qualidade do leite produzidos (KADZERE et al., 2002; LIU et al., 2017; ZANETTI et al., 2019). Tratando-se de produção de vacas leiteiras, estratégias devem ser adotadas para adaptar os animais as condições locais (ambiente), visando o conforto térmico dos animais.

A adoção de tecnologias nos sistemas de produção de leite, ocasionou o surgimento de animais mais produtivos, contudo os tornaram mais susceptíveis aos efeitos do meio ambiente, ou seja, menos resistente as variações do tempo, sendo dependentes de uma zona ideal de conforto (HU et al., 2016; POLSKY & VON KEYSERLINGK, 2017; ALHUSSIEN & DANG, 2018). Todavia, na diversidade climática do Brasil, o controle do ambiente através de sistemas de resfriamento, torna-se fundamental para o conforto animal.

Variações que ocorrem no dia, já acarretam em mudanças significativas na produção de leite, Yano, Shimadzu & Endo (2014) e Silva & Passini (2018) estudaram a influência da temperatura ambiente no verão na produção de leite em vacas, observaram redução na produção de leite quando os animais foram submetidos a elevadas temperaturas.

Gabbi et al. (2017) trabalhando no Sul do Brasil, com 5689 vacas em lactação de 35 rebanhos leiteiros diferentes, durante um período de 15 anos, observou que mesmo em um clima temperado, os animais apresentaram respostas negativas na estação de verão. Já no inverno, os animais apresentaram melhores respostas produtivas, visto que as temperaturas se encontravam em uma faixa próxima a ideal do conforto térmico dos animais.

No Brasil, ações antrópicas no ambiente de produção, buscando melhorar o acondicionamento dos animais, têm apresentado respostas positivas no conforto e bem-estar de vacas leiteiras, aumento da produção e melhor qualidade do leite. Trabalhos como de Almeida et al. (2011), Zotti et al. (2017) e Silva & Passini (2018) verificaram que o emprego do Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo (SRAE) proporcionou resultados positivos na produção de leite de vacas, causando melhor acondicionamento a esses animais.

De acordo com a *Farm Animal Welfare Council* – FAWC (2009) e Webster (2016), institui-se cinco liberdades, que descrevem de forma geral o bem-estar animal, sendo: 1º Livres de fome, sede e desnutrição; 2º Livres de desconforto; 3º Livres de dor, ferimentos e doenças; 4º Livres para expressar seu comportamento; 5º Livres de medo e estresse. A partir destas cinco premissas, são avaliados e disponibilizados aos animais o bem-estar ideal.

Para atingir o bem-estar animal ideal e aumentar a produtividade, gastos são gerados, para manter padrões de BEA. Contudo estes gastos devem ser considerados, pois o retorno financeiro será maior, visto que se têm aumentado o interesse dos consumidores quanto por parte dos produtores em saber sobre os aspectos sociais, éticos e de BEA para a obtenção de produtos de qualidade, por exemplo as exigências do mercado europeu por produtos de qualidade (HIETALA et al., 2014).

Todavia existe uma faixa de temperatura ideal, denominada de zona de termoneutralidade, onde os animais se encontram em conforto térmico, no qual não há

estresse pelo frio ou pelo calor. Dentro da zona de termoneutralidade, os animais estão em condições normais e a produção é positiva.

A zona de termoneutralidade apresenta limite de Temperatura Crítica Superior (TCS) e limite de Temperatura Crítica Inferior (TCI) correlacionados diretamente com a hipertermia e hipotermia, respectivamente. Além desses limites, têm-se a zona de Conforto Térmico (CT). Na tabela 1 são apresentados os valores de TCI, TCS e TC, para várias espécies de animais, em destaque para os bovinos.

Tabela 1. Valores de temperatura crítica inferior (TCI), temperatura crítica superior (TCS) e conforto térmico (TC), para algumas espécies de animais.

Animal	TCI	TC	TCS
Recém-nascido			
Bovino	10	18 a 21	26
Ovelha	6	25 a 30	34
Galinha	34	35	39
Humano	23	32 a 34	37
Adulto			
Ovelha	-20	15 a 30	35
Galinha	15	18 a 28	32
Bovino europeu	-10	-1 a 16	27
Bovino indiano	0	10 a 27	35
Coelho	10	15 a 25	30
Caprino	-20	20 a 30	34

Fonte: Hafez (1973) e Curtis (1981).

Em clima de semiárido Da Costa et al. (2015a), observaram que tanto no período seco quanto chuvoso, dois grupos de vacas ($\frac{3}{4}$ Hol $\frac{1}{4}$ Gir e $\frac{1}{2}$ Hol $\frac{1}{2}$ Gir), estavam dentro dos padrões de termoneutralidade, para o período da manhã, onde, por apresentar melhores condições climáticas, melhores padrões de termoneutralidade foram atingidos.

1.3.2. Respostas fisiológicas

O estresse por calor é o principal problema na bovinocultura leiteira. Os principais fatores que têm influência direta no estresse calórico são a umidade e a temperatura do ar, quando seus valores ultrapassam a zona de conforto térmico, dificultando a dissipação de

calor, que por sua vez aumenta a temperatura corporal do animal, acarretando em respostas negativas no desempenho animal (CRUZ et al., 2016; LIU et al., 2017).

Os efeitos do ambiente térmico sobre as respostas fisiológicas de vacas leiteiras como a frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR) e temperatura de pelame (TP) têm sido bastante estudados, principalmente em animais em lactação, como uma forma de caracterizar situações de estresse (BARNABÉ et al., 2015; DA COSTA et al., 2015a; BUN et al., 2018).

1.3.2.1. Temperatura retal

O equilíbrio entre o ganho e a perda de calor do corpo de um animal é expresso através da temperatura retal (TR). A TR é o principal índice para avaliar a adaptação dos animais em ambientes quentes, pois seu aumento indica que os mecanismos de liberação de calor tornaram-se insuficientes para manter a homeotermia (REJEB et al., 2016; KAUFMAN, SAXTON & RÍUS, 2018a; PENG et al., 2019). A capacidade do animal de resistir às condições de estresse calórico tem sido avaliada fisiologicamente por alterações na temperatura retal e frequência respiratória (BARNABÉ et al., 2015; DA COSTA et al., 2015a; BRETTAS et al., 2017).

Estudos como de Amamou et al. (2019) verificaram que quando a TR se encontrava no limiar de 39,2 °C e a frequência respiratória (FR) superior ou igual a 60 mov. min⁻¹, há um indicativo de estado de estresse térmico em vacas holandesas, já para uma condição termo neutra os autores verificaram uma TR ideal de 38,2 com FR na faixa de 26 mov. min⁻¹. Ainda de acordo com os achados dos autores, a temperatura retal sofre influência direta com a hora do dia, apresentando maiores valores durante o período da tarde em relação ao da manhã, variando também com a categoria animal analisada. Da Costa et al. (2015b), estudaram o desempenho produtivo e reprodutivo de vacas Girolando no semiárido, observaram valores de TR superiores a 39 °C, para período seco, caracterizando uma condição de estresse nos animais.

1.3.2.2. Frequência respiratória

A frequência respiratória (FR) é um dos mecanismos de defesa dos bovinos contra o estresse ao calor, com o objetivo de evitar a hipertermia. O aumento do ritmo respiratório é um dos primeiros sinais visíveis em resposta ao estresse por calor, com complemento da taxa de produção de suor, sendo ambos, importantes componentes de perda de calor do corpo (TRESOLDI, SCHÜTZ & TUCKER, 2016; BAR et al., 2019).

A classificação do estresse animal baseando-se na frequência respiratória, se dá seguinte forma: ausência de estresse (média de 23 mov.min⁻¹); estresse mais sob controle (45 a 65 mov.min⁻¹); início do estresse térmico (70 a 75 mov.min⁻¹); estresse acentuado (90 mov.min⁻¹); estresse severo com grandes perdas (100 a 120 mov.min⁻¹); estresse mortal, em que os animais não conseguem se alimentar ou beber água (acima de 120 mov.min⁻¹) (KIBLER & BRODY, 1949; PIRES & CAMPOS, 2004).

1.3.2.3. Temperatura do pelame

A habilidade dos bovinos em resistir aos efeitos negativos do estresse térmico depende da sua adaptação genética e fisiológica ao ambiente. A pele ou pelame de vacas, é um dos principais agentes que atua no controle do conforto térmico desses animais, onde, atuam na proteção contra o excesso de absorção da radiação solar e dissipação do calor da superfície do animal (ATKINS et al., 2018; NEJAD et al., 2018).

De acordo com Nascimento et al. (2019), afirmam que as alterações na temperatura da pele estão relacionadas principalmente ao nível de resistência térmica do tecido (espessura do pelame, cor do pelame, entre outros), que é bastante sensível à temperatura ambiente.

1.3.3. Respostas produtivas, de composição e qualitativas do leite

As condições do ambiente e tecnologias empregadas na pré-ordenha têm influência direta na produção, composição e qualidade do leite. Podendo o ambiente ser climatizado, frisando melhorias no conforto animal e por sua vez aumentar a produção de leite (ORTIZ et al., 2015; TRESOLDI, SCHÜTZ & TUCKER, 2019). O sistema de produção com maior grau de tecnificação, permite produzir leite de melhor qualidade.

Gantner et al. (2015), estudaram o estresse de calor na produção de leite de bovinos holandeses e observaram que variações no índice de temperatura e umidade (ITGU), têm influência diretamente ligada à produção de leite, para valores de ITGU de 76 chegou a reduzir 0,716 kg de leite dia⁻¹, onde concluíram que altas temperaturas implicam em redução da produção.

As diferenças sazonais na produção de leite são causadas por mudanças periódicas de temperatura e umidade durante o ano, tendo efeito direto na produção, composição e qualidade do leite (GANTNER et al., 2015; VACULÍKOVÁ, KOMZÁKOVÁ & CHLÁDEK, 2017).

1.3.4. Respostas comportamentais

Dentre as formas de determinar o estresse em vacas, o comportamento é a menos usada e aplicada para se definir uma condição de estresse nos animais. A etologia mostra que o comportamento dos animais segue padrões determinados, de acordo com a espécie, raça, idade, estado nutricional e sanitário e pelo conforto. O animal busca situações que lhe são benéficas, escolhendo entre as opções, a que demanda menor consumo de energia (ALMEIDA et al., 2013).

1.3.4.1. Ingestão de água e alimento

O efeito das condições ambientais pode causar alterações no comportamento e na fisiologia dos animais, como redução na ingestão de alimentos e, conseqüentemente, redução na produção de leite ocasionando perdas econômicas significativas ao produtor (ALMEIDA et al., 2013).

As vacas que produzem mais leite têm maiores quadros e tratos gastrointestinais, no qual, permitem a digestão de mais alimentos. Todavia, isso resulta em maior produção de calor metabólico, onde reduz a capacidade da vaca em manter a temperatura normal em condições de estresse térmico (GANTNER et al., 2017). Com isso o principal motivo para a redução da produção de leite em climas quentes é a redução no consumo de matéria seca (alimento), pois os animais reduzem o consumo de alimentos, à medida que a temperatura do ar se eleva, na tentativa de diminuir a taxa metabólica.

Contudo com a redução na ingestão de alimentos, os animais passam a ingerir uma maior quantidade de água, buscando a termorregulação de seus corpos, afetando diretamente no menor ganho de massa corporal e, conseqüentemente, desempenho produtivo. Privar os animais de acesso à água, pode comprometer o seu metabolismo.

1.3.4.2. Ruminação

A ruminação é a atividade que permite a regurgitação, mastigação e passagem do alimento previamente ingerido, para o interior do rúmen. O tempo total de ruminação pode variar de 4 a 9 h, dividido em períodos com duração de poucos minutos a uma hora ou mais (PAHL et al., 2015; KAUFMAN et al., 2018b; KING et al., 2018; PAUDYAL et al., 2018).

A influência do estresse térmico na atividade ruminal do animal, atualmente vem sendo estudado, em que, Avendaño-Reyes et al. (2012) e Soriani, Panella & Calamari (2013), observaram que elevadas temperaturas reduzem a ruminação, as contrações ruminais e, assim, inibem o apetite do animal.

Segabinazzi et al. (2014) observaram que a ruminação em vacas, ocorre em maior tempo de atividade no pasto comparado ao regime confinado, chegando à 25,37 e 10,47 min respectivamente, para a posição em pé. Os autores afirmam também que os animais passam mais tempo ruminando na posição deitada, pois esta posição facilita a ruminação, aumentando a pressão abdominal, chegando a valores de 130,80 e 136, 37 min para regime de pastagem e confinamento respectivamente.

Abeni e Galli (2017) avaliaram o tempo de ruminação e a digestibilidade da dieta de vacas leiteiras holandesas expostas à ambiente quente e verificaram que a menor atividade ruminando foi quando o animal passou mais tempo em pé, quando os mesmos foram submetidos a altas temperaturas, indicando uma situação de estresse dos animais.

1.3.4.3. Ócio

É o período no qual os animais não realizam nenhuma de suas atividades cotidianas (comendo, ruminando ou ingerindo água ou alimento). Rego et al. (2014) observaram um tempo médio de 9,53 horas dia⁻¹ de vacas leiteiras. Grinter, Campler & Costa (2019), monitoraram o comportamento de ruminação, alimentação e ócio de forma visual e através de um colar eletrônico, em um período de 4 horas ao dia e observaram tempo de 02:28 h para monitoramento visual e 02:21 h para monitoramento através do colar eletrônico.

O tempo de ócio está associado negativamente com a produção de leite, por outro lado está associado positivamente com a composição do leite. Martins et al. (2015), realizaram correlação entre produção e composição do leite e comportamento ingestivo de vacas lactantes, os autores, observaram correlação positiva do percentual de gordura do leite com o ócio por dia.

1.3.5. Aplicação da análise multivariada na agropecuária

Explicar a influência de um conjunto superior a duas variáveis, não é possível para os métodos estatísticos tradicionais, uma vez que as análises convencionais podem capturar o efeito de apenas um ou duas variáveis. Todavia o uso da estatística multivariada torna-se possível explicar um conjunto de duas ou mais variáveis. A análise multivariada é um método estatístico que permite analisar as variáveis de forma conjunta, permitindo identificar qual ou quais variáveis têm influência sobre um determinado fenômeno que deseja estudar (MACCIOTTA et al., 2012). Dentre os métodos da Análise Multivariada, destaca-se a Análise de Componentes Principais (ACP).

A Análise de Componentes Principais (ACP) descreve os dados contidos num quadro variáveis, onde: p variáveis serão mediadas com n indivíduos. Este é considerado um método fatorial, pois a redução do número de variáveis se dá pela construção de novas variáveis, obtidas pela combinação linear das variáveis iniciais, por meio dos fatores (KAISER, 1958).

A ACP utilizada no campo da agropecuária, ambiência e produção animal, vem sendo comumente utilizada. De forma que, o uso desta estatística apresenta resultados que não são encontrados na estatística clássica (teste de média, contrastes, entre outros), visto que, a ACP aborda com um conjunto de dois ou mais variáveis.

Estudos como de Batista et al. (2019) que através da análise de componentes principais, explicaram o efeito térmico na mudança comportamental e fisiológica de novilhas girolando. Os autores conseguiram determinar um grau de pertinência entre os sinais fisiológicos e padrões comportamentais associado ao ambiente térmico.

Baena et al. (2019), aplicaram análise de componentes principais para as características morfológicas e fisiológicas de animais da raça Angus e Simental criados em condições meteorológicas no Brasil e observaram dois grupos distintos para os animais em função das características morfológicas e fisiológicas dos animais, através da análise multivariada.

A meta da análise de componentes principais é abordar aspectos como a geração, a seleção e a interpretação das componentes investigadas, no qual, pretende-se determinar as variáveis de maior influência na formação de cada componente.

1.3.6. Aplicação e abordagens da Análise de Componentes Principais (ACP) na ambiência e produção animal

Quando estudos são direcionados para avaliar a qualidade do leite de vacas, n são os fatores que podem atuar na redução ou aumento da contagem de células somáticas (CCS), como influência das estações do ano (VARGAS et al., 2015), níveis de higiene entre propriedades produtoras de leite (WERNCKE et al., 2016), diferentes níveis de alimento fornecido (GABBI et al., 2018), entre outros. Os autores observaram que a aplicação a análise de componentes principais, apresentou respostas positivas na identificação de grupos de variáveis que tem defluência sobre a contagem de células somáticas.

Alessio et al. (2016), avaliaram o teor de lactose do leite de vacas raça Holandês e Jersey, por meio da análise multivariada, e observaram respostas significativas, em que a concentração de lactose no leite cru é influenciada por múltiplos fatores. O uso da multivariada também pode ser observada na caracterização de ácidos graxos em vacas

leiteiras (CONTE et al., 2016; CONTE et al., 2018) e em leite de búfalas (CORREDDU et al., 2017), em ambos estudos os autores extraíram mais de dois fatores que tiveram influências no leite.

1.3.7. Vantagens e desvantagens do uso da estatística multivariada

A aplicação da técnica multivariada tem como vantagem, trabalhar com um conjunto de dois ou mais variáveis. Todavia como principal desvantagem é a resposta da variância total apresentar resultados insatisfatórios. De acordo com Kaiser (1958), valores da variância total superior a 70% indica um nível de adequação da análise multivariada, classificados como bem aceito.

Existem estudos que explicaram a variância total com nível inferior a 70%, conforme Zhang et al. (2017), em que compararam os metabólitos ruminais inteiros em vacas leiteiras alimentadas com dieta baixa em concentrado e rica em concentrado e obtiveram uma variância total de 46,40% e 64,30%. Alessio et al. (2016), que estudaram os fatores que influenciam na variação de lactose do leite bovino, obtiveram uma variância total de 68,9% das variáveis. Paz et al. (2016), aplicaram a análise de coordenadas principais (PCA) para visualizar as relações entre as amostras de composição da comunidade bacteriana ruminal em vacas de raça Holandês e Jersey, e observaram resultados superiores a 50% de similaridade.

Contudo, estudo como de Tian et al. (2016), usaram a análise multivariada para separar dois grupos compostos por 22 vacas leiteiras cada, sendo um com vacas sob estresse por calor e o outro sem estresse por calor, e observaram separação distinta entre os grupos, com uma variância total de 86,1% e 63,9%, respectivamente. Os autores obtiveram resultados satisfatórios e insatisfatórios, respectivamente, conforme Kaiser (1958).

1.4. MATERIAL E MÉTODOS

1.4.1. Base de dados

Os dados utilizados nesse estudo foram provenientes de um experimento conduzido na Fazenda Roçadinho, propriedade com ênfase na produção leiteira. Localizada no município de Capoeiras na Mesorregião Agreste, Microrregião do Vale do Ipojuca do Estado de Pernambuco (8°36'34.82"S e 36°37'33.09"W; 755 m), no ano de 2009, nas estações de verão (fevereiro a março) e inverno (julho a agosto) (Figura 1).

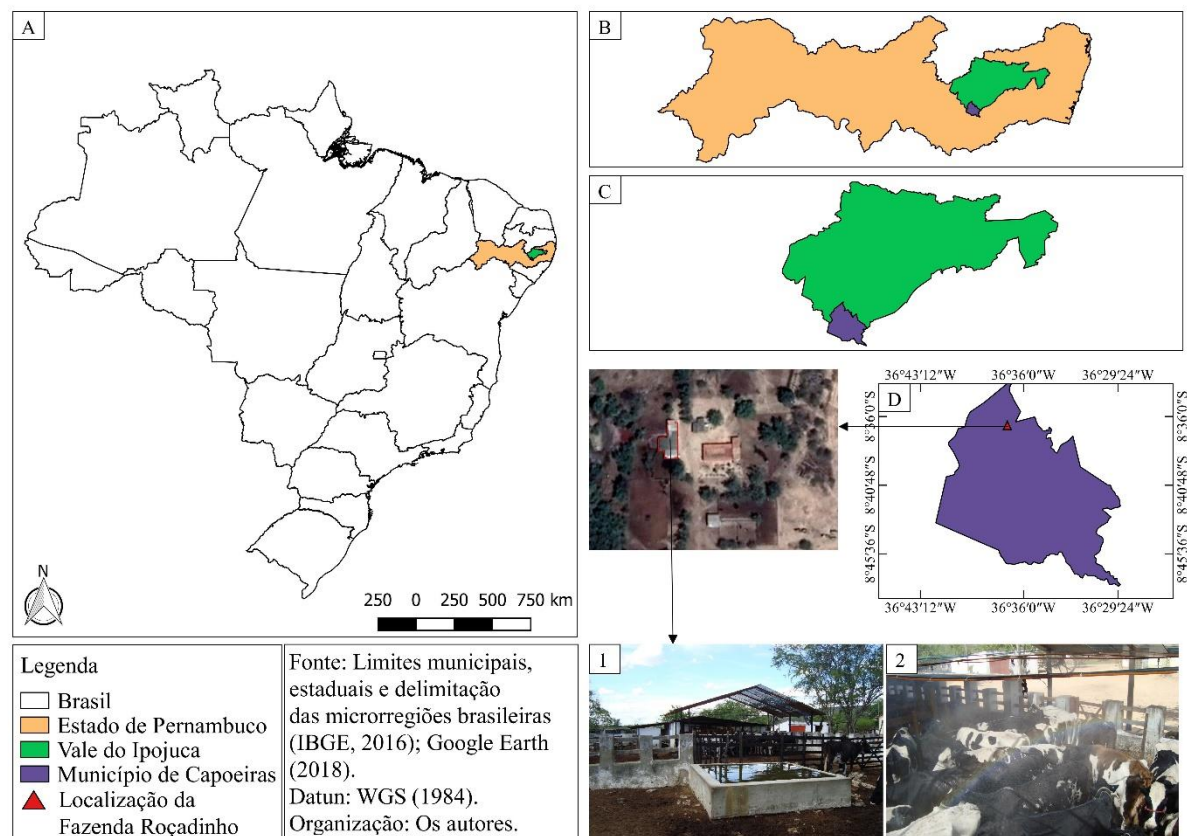


Figura 1. Localização da propriedade no município de Capoeiras, Estado de Pernambuco, Brasil.

A: Brasil; B: Estado de Pernambuco; C: Microrregião do Vale do Ipojuca; D: Município de Capoeiras; 1: Vista externa da sala de pré-ordenha; 2: Vista interior da sala de pré-ordenha.

A precipitação pluviométrica média da região é de 620,3 mm (APAC, 2019), com temperatura média anual de 20,3 °C (INMET, 2019). Conforme a classificação climática de Köppen, o clima é caracterizado como Bsh – semiárido (ALMEIDA et al., 2011). No verão de 2009 a temperatura média baseando-se em uma série histórica de 30 anos foi de 22,8 °C e no inverno de 20,3 °C (INMET, 2019).

1.4.2. Período experimental

A pesquisa foi desenvolvida na estação de verão (fevereiro a março de 2009) e inverno (julho a agosto de 2009), sendo ambas as estações com as mesmas características experimentais. O estudo teve uma duração de 56 dias para cada estação, totalizando 112 dias, divididos em 4 épocas de 14 dias, sendo os sete primeiros dias de cada fase experimental destinados para a adaptação dos animais ao ambiente climatizado, durante a espera no curral antes das ordenhas. Os outros sete dias restantes foram utilizados para o registro das variáveis

meteorológicas do curral de espera, respostas fisiológicas, parâmetros comportamentais e de produção das vacas em lactação, com posterior determinação da composição e qualidade do leite.

1.4.3. Tratamentos

O efeito da climatização foi determinado a partir de três tempos de espera no curral da pré-ordenha, sendo de 0, 10, 20 e 30 min, em que 0 min foi o controle. Os animais em lactação foram criados com alimentação exclusiva no cocho.

1.4.4. Escolha dos animais

Foram selecionadas 16 vacas Girolando multíparas em lactação, com composição genética de 7/8 Holandês-Gir, peso médio de 500 kg e produção média de leite de 18 kg dia⁻¹. Os animais foram divididos em quatro conjuntos (C1, C2, C3 e C4), com quatro animais para cada grupo, distribuídos por ordem de parto e estágio de lactação, assegurando maior homogeneidade entre os grupos (Figura 2).



Figura 2. Animais selecionados para o estudo.

1.4.5. Manejo dos animais

O período de ordenha foi realizado na manhã e tarde. Após as ordenhas, os animais permaneceram em um curral de pós-ordenha (Figura 3) “Setor 1”, aguardando junto, aos demais animais em lactação, até que todos fossem ordenhados, para em seguida serem liberados a uma área sombreada de bosque, onde os animais receberam dietas de volumosos exclusiva em cocho.

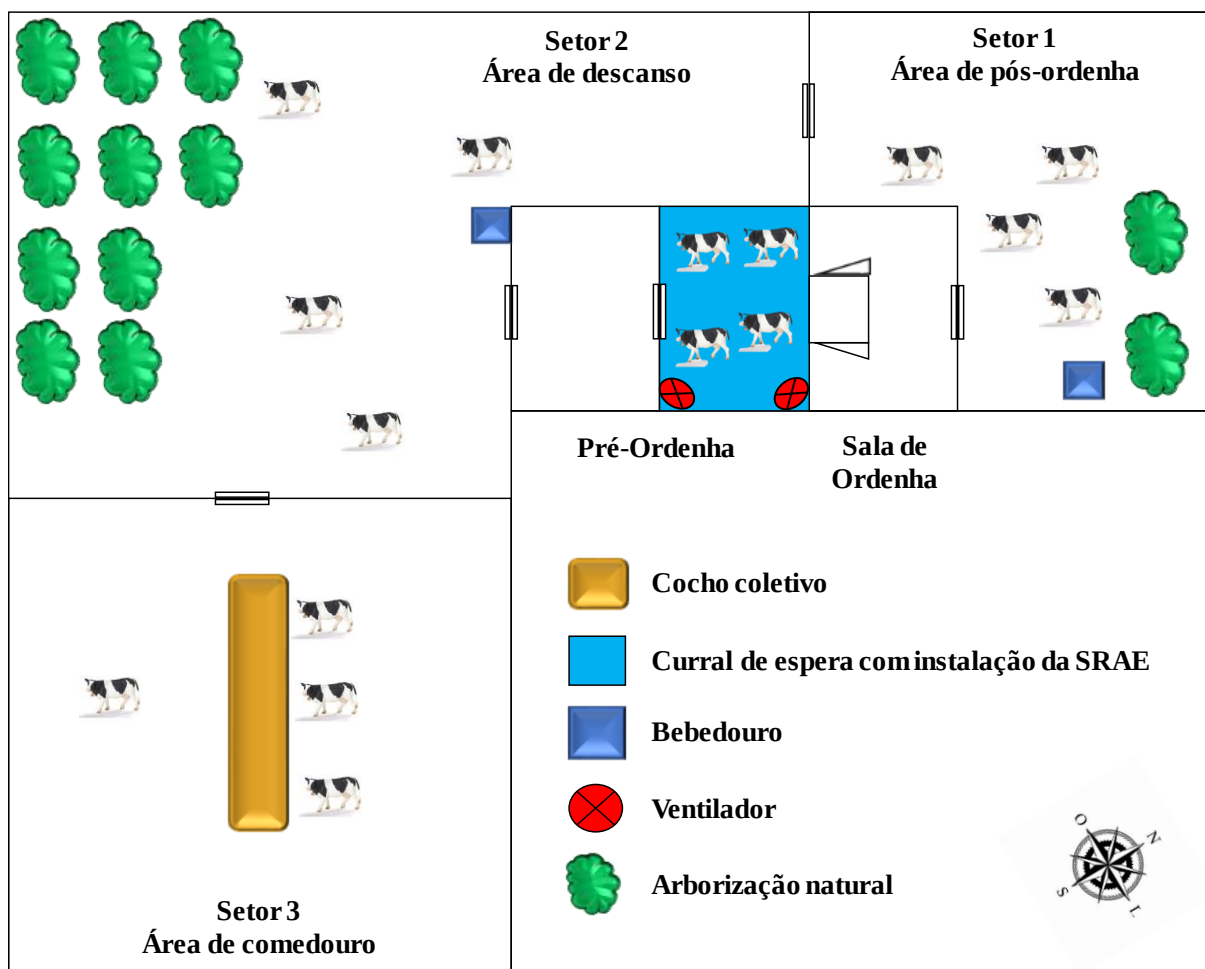


Figura 3. Esquema da área de pós-ordenha, área de descanso e comedouro.

O concentrado dos animais era fornecido duas vezes ao dia, numa parcela de 1 kg de ração para cada 3 litros de leite produzido/vaca, nos cochos individuais, durante as ordenhas. A ração fornecida tinha 22% de proteína bruta e composição básica de farelo de soja, algodão, milho, trigo e minerais.

1.4.6. Levantamentos dos dados

1.4.6.1. Variáveis meteorológicas

A temperatura do bulbo seco – Tbs (°C), umidade relativa do ar – UR (%) e a temperatura do globo negro – Tgn (°C), foram registradas por meio de *dataloggers* modelo HOBO Pro Dataloggers HB8 (Onset Computer Corporation Bourne, MA, USA). Os sensores foram posicionados no centro geométrico da instalação, à 2,5 m do piso (Figura 4A) e a 1,5 m no ambiente externo, sendo este, instalado em um abrigo meteorológico (Figura 4B).

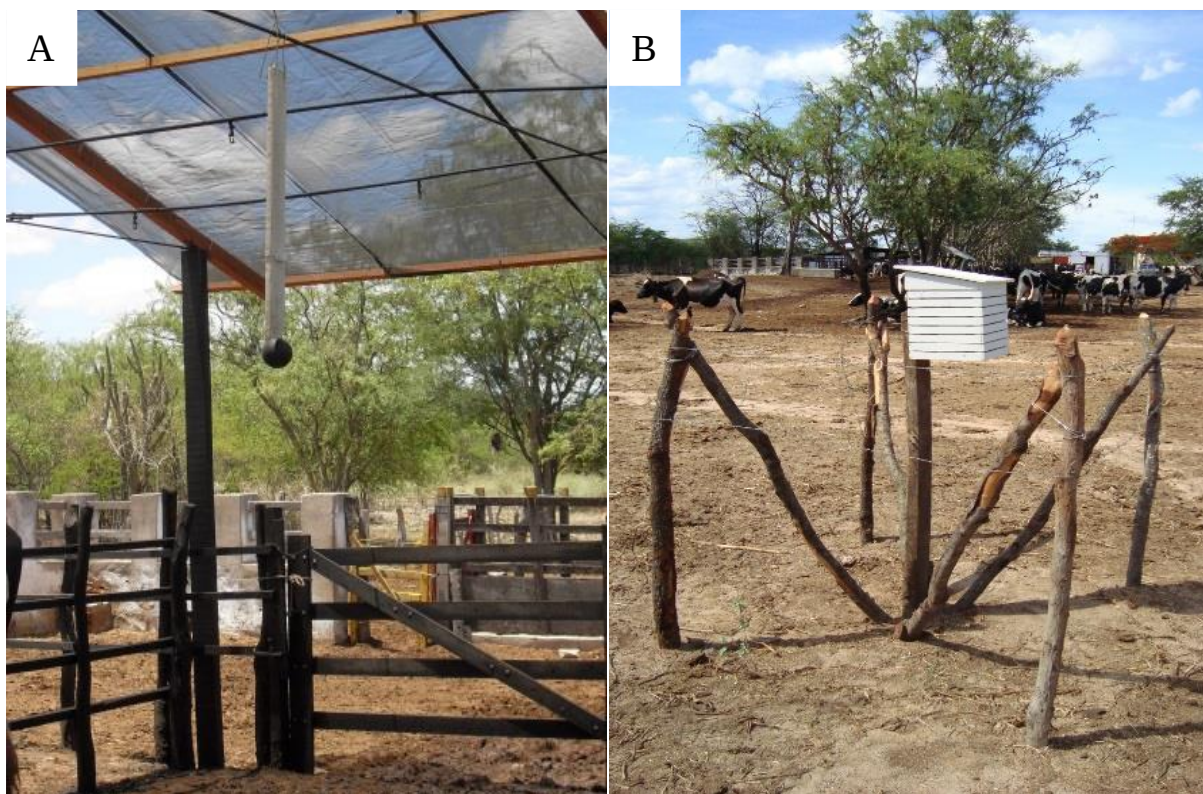


Figura 4. Sensores no interior do curral de espera (A); abrigo meteorológico no ambiente externo com sensores instalados (B).

A velocidade do vento (m s^{-1}), foi registrada através de um anemômetro de hélice (marca AZ Instrument[®]/modelo 8908). Os registros foram realizados no ambiente externo e interno do curral de espera, durante o período de permanência dos animais no curral de espera.

1.4.6.2. Índices de conforto

Para determinar a eficiência térmica da instalação proporcionado pela SRAE, foi calculado o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU; Eq. 1), índice de temperatura e umidade (ITU; Eq. 2), carga térmica radiante (CTR; W m^{-2} ; Eq. 3 e Eq. 4), entalpia (h ; KJ kg^{-1} ; Eq. 5 e Eq. 6) por meio das seguintes equações:

a) ITGU, proposta por Buffington et al. (1981):

$$\text{ITGU} = T_{\text{gn}} + 0,36 \times T_{\text{po}} + 330,08 \quad (\text{Eq. 1})$$

onde:

- T_{gn} = temperatura de globo negro (K);

- Tpo = temperatura de ponto de orvalho (K).

b) ITU, proposta por Thom (1959):

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

onde:

- Tbs = temperatura do bulbo seco (°C);
- Tpo = temperatura de ponto de orvalho (°C).

c) CTR, proposta por Esmay (1982):

$$CTR = \sigma \times (TRM)^4 \quad (\text{Eq. 3})$$

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

onde:

- TRM = temperatura média radiante;
- Vv = velocidade do vento (m s⁻¹);
- Tgn = temperatura de globo negro (K);
- Tbs = temperatura de bulbo seco (K);
- $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ K}^{-4} \text{ W}^{-1} \text{ m}^{-2}$ (Constante de Stefan-Boltzmann).

d) h, proposta por Albright (1990):

$$h = 1,006 \times Tbs + W \times (2501 + 1,805 \times Tbs) \quad (\text{Eq. 5})$$

$$W = \left(\frac{0,622 \times ea}{P_{atm} - ea} \right) \quad (\text{Eq. 6})$$

onde:

- Tbs = temperatura de bulbo seco (°C);

- W = razão de mistura (kg vapor d'água.kg ar seco⁻¹);
- e_a = pressão atual de vapor d'água (KPa);
- P_{atm} = pressão atmosférica (KPa).

1.4.6.3. Variáveis fisiológicas

Os parâmetros fisiológicos avaliados, foram a partir do registro dos dados de temperatura retal (TR; °C), frequência respiratória (FR; mov min⁻¹) e temperatura do pelame (TP; °C), realizados duas vezes na semana, nos horários de 0500 h (manhã) e 1400 h (tarde). Todos os animais receberam os mesmos tratamentos, antes e após a climatização, sendo cada um identificado, de forma que permanecessem fixos durante o período de acompanhamento.

A verificação da FR se deu a partir da contagem do número de movimentos da região do flanco realizados pelo animal, no intervalo de 1 min. Após o registro, foram tomadas as medidas da TR, com auxílio de termômetro digital de uso veterinário (escala entre 20 e 50 °C), introduzido no reto dos animais, durante o tempo de 1 min para estabilização e obtenção do valor da temperatura.

O registro da TP foi realizado mediante o uso de um termômetro de infravermelho, marca ETI Ltd[®], modelo RayTempTM 3.

A partir dos registros de temperatura da cabeça, dorso, canela e úbere de cada animal estudado, determinou-se a temperatura média do pelame conforme a metodologia estabelecida por Pinheiro et al. (2000) (Eq. 7):

$$T_{\text{pelame}} = 0,10 \times T_{\text{cabeça}} + 0,70 \times T_{\text{dorso}} + 0,12 \times T_{\text{canela}} + 0,08 \times T_{\text{úbere}} \quad (\text{Eq. 7})$$

1.4.6.4. Variáveis comportamentais

Os parâmetros comportamentais foram realizados por meio de observações planejadas em intervalos significativos, sendo registradas as atividades comendo, bebendo, ruminando, andando, deitada e em pé. Os registros foram feitos por meio do método focal, em intervalos de 10 minutos, nos horários de 0700 às 1300 h e de 1500 às 1700 h, feito duas vezes em cada semana de registro de dados (ALMEIDA et al., 2010).

1.4.6.5. Produção e composição química do leite

A produção de leite foi determinada em cada tratamento, nos períodos avaliados, para os dois turnos diários de ordenha (manhã e tarde). A composição química (gordura,

proteína, lactose e sólidos totais) e contagem de células somáticas do leite, se deu em duas coletas para cada fase, com amostras individuais do leite de cada animal, em seus respectivos tratamentos, e analisadas no laboratório do Programa de Gerenciamento de Rebanhos Leiteiros do Nordeste (PROGENE), do Departamento de Zootecnia da UFRPE.

1.4.7. Delineamento experimental

Foram utilizados 16 animais, distribuídos aleatoriamente em 4 conjuntos (C1, C2, C3 e C4), com 4 fases experimentais (F1, F2, F3 e F4) e 4 tempos de climatização, sendo: T0 (sem climatização na pré-ordenha), T1 (climatização de 10 min na pré-ordenha), T2 (climatização de 20 min na pré-ordenha) e T3 (climatização de 30 min na pré-ordenha) (Figura 5).

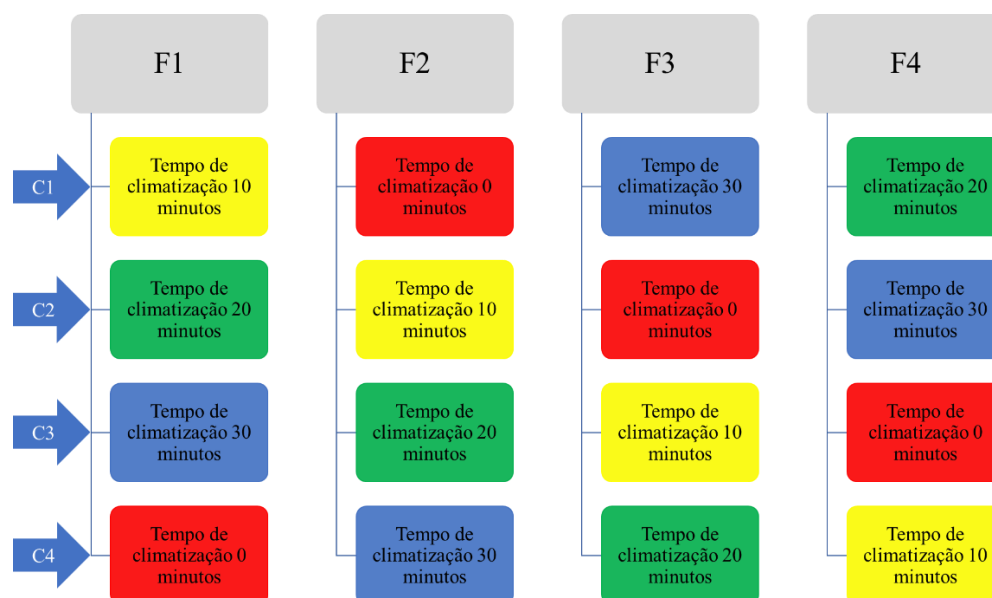


Figura 5. Representação do delineamento experimental empregado.

F: Fases experimentais divididas em 4 períodos de 14 dias; C: Conjunto composto de 4 animais.

1.4.8. Análise Multivariada

A análise estatística empregada foi a Multivariada, através da Análise de Componentes Principais (ACP), buscando condensar a maior quantidade da informação original contida nas variáveis, a gerar duas variáveis latentes ortogonais denominadas componentes principais (CP1 e CP2, respectivamente), estas usadas na construção do gráfico bidimensional.

Na extração das componentes principais, fez-se uma padronização dos dados denominada de matriz de covariância. A partir da matriz de covariância dos dados, foram

extraídos os autovalores que originam os autovetores (KAISER, 1958). O esquema descrito na Figura 6 descreve a aplicação da ACP.

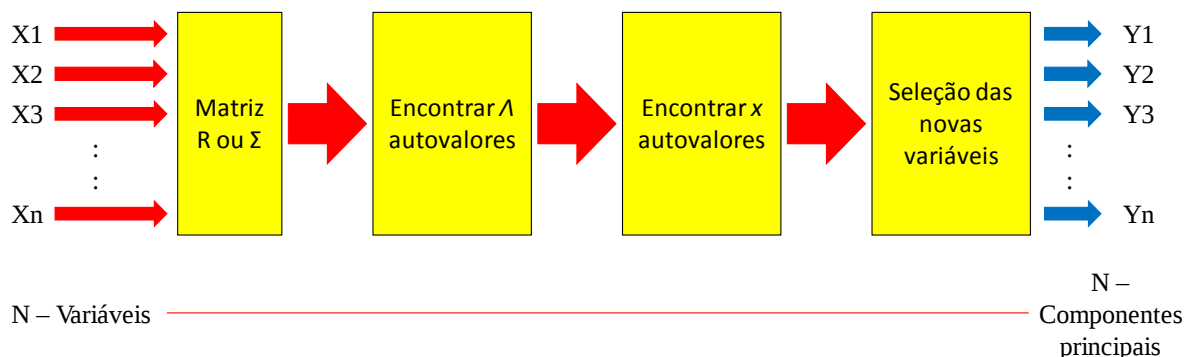


Figura 6. Representação da aplicação da Análise de Componentes Principais (ACP).

Foi analisado dentre as variáveis ambientais, temperatura do ar (T), umidade relativa do ar (UR), temperatura de globo negro (Tgn), temperatura de ponto de orvalho (Tpo) e velocidade dos ventos (Vv). Os índices de conforto animal, entalpia (h), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), índice de temperatura e umidade (ITU) e carga térmica radiante (CTR). As variáveis fisiológicas, temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR) e temperatura do pelame (TP). Os parâmetros comportamentais (comendo, bebendo, ruminando deitado, ruminando em pé, andando, deitada e em pé). Todos os registros (com exceção dos parâmetros comportamentais, que foram registrados ao longo do dia) e cálculos dos índices de conforto foram feitos na área interna ao curral de espera, nos períodos da manhã e tarde e verificou a influência diretamente ligada com a produção, composição e qualidade do leite, em ambas as estações.

Essa análise foi realizada de forma a identificar novas variáveis que expliquem a maior parte da influência das variáveis. Utilizou-se o critério de Kaiser, considerando os autovalores acima de 1, pois geram componentes com quantidade relevante de informação contida nos dados originais, fazendo o descarte das componentes que apresentarem autovalor inferior a 1 (KAISER, 1958).

Após a definição das componentes principais, foi efetuada uma análise da contribuição de cada variável nas componentes principais (JOLLIFFE, 1972; JOLLIFFE, 1973). A geração da matriz de componentes principais (MCP), foi feita por meio do software Minitab 18 (2017) e a produção dos gráficos bidimensionais no software OriginPro 8.6.0 (2012).

A partir da Análise de Componentes Principais, foi determinada as principais variáveis preditoras que têm influência na qualidade do leite e aplicado uma análise de regressão múltipla, a determinar um modelo para cada turno e estação estudada.

1.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA – APAC. **Monitoramento pluviométrico.** 2019. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>>. Acesso em: 07 mar. 2019.
- ALBRIGHT, L. D. **Environment control for animals and plants.** St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers Michigan, 453p. (ASAE Textbook,4), 1990.
- ALESSIO, D. R. M.; NETO, A. T.; VELHO, J. P.; PERREIRA, I. B.; MIQUELLUTI, D. J.; KNOB, D. A.; SILVA, C. G. Multivariate analysis of lactose content in milk of Holstein and Jersey cows1. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, p. 2641-2652, 2016.
- ALHUSSIEN, M. N.; DANG, A. K. Impact of different seasons on the milk somatic and differential cell counts, milk cortisol and neutrophils functionality of three Indian native breeds of cattle. **Journal of Thermal Biology**, v. 78, p. 27-35, 2018.
- ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; BARBOSA, S. B.; PEREIRA, D. F.; GUISELINI, C.; ALMEIDA, G. A. Comportamento, produção e qualidade do leite de vacas Holandês-Gir com climatização no curral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 892-899, 2013.
- ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; ALMEIDA, G. A. P. de.; MORRIL W. B. B. Investimento em climatização na pré-ordenha de vacas girolando e seus efeitos na produção de leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 12, p.1337-1344, 2010.
- ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; HENRIQUE, H. M.; ALMEIDA, G. A. P. de. 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.
- AMAMOU, H.; BECKERS, Y.; MAHOUACHI, M.; HAMMAMI, H. Thermotolerance indicators related to production and physiological responses to heat stress of holstein cows. **Journal of Thermal Biology**, v. 82, p. 90-98, 2019.
- ATKINS, I. K.; COOK, N. B.; MONDACA, M. R.; CHOI, C. Y. Continuous respiration rate measurement of heat-stressed dairy cows and relation to environment, body temperature,

- and lying time. **American Society of Agricultural and Biological Engineers. Transactions**, v. 61, n. 5, p. 1475-1485, 2018.
- AVENDAÑO-REYES, L.; HERNÁNDEZ-RIVERA, J. A.; ÁLVAREZ-VALENZUELA, F. D.; MACÍAS-CRUZ, U.; DÍAZ-MOLINA, R.; CORREA-CALDERÓN, A.; ROBINSON, P. H.; FADEL, J. G. Physiological and productive responses of multiparous lactating Holstein cows exposed to short-term cooling during severe summer conditions in an arid region of Mexico. **International Journal of Biometeorology**, v. 56, n. 6, p. 993-999, 2012.
- BAENA, M. M.; COSTA, A. C.; VIEIRA, G. R.; ROCHA, R. D. F. B.; RIBEIRO, A. R. B.; IBELLI, A. M. G.; MEIRELLES, S. L. C. Heat tolerance responses in a *Bos taurus* cattle herd raised in a Brazilian climate. **Journal of Thermal Biology**, v. 81, p. 162-169, 2019.
- BAR, D.; KAIM, M.; FLAMENBAUM, I.; HANOCHI, B.; TOAFF-ROSENSTEIN, R. L. Accelerometer-based recording of heavy breathing in lactating and dry cows as an automated measure of heat load. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 4, p. 3480-3486, 2019.
- BARNABÉ, J. M. C.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; GUISELINI, C.; JACOB, A. L. Conforto térmico e desempenho de bezerras Girolando alojadas em abrigos individuais com diferentes coberturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 5, p.481-488, 2015.
- BATISTA, P. H. D.; ALMEIDA, G. L.; PANDORFI, H.; MELO, A. A.; MORAES, A. S.; GUISELINI, C. Multivariate analysis of the behavior and physiology of Girolando heifers in pasture. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 4, p. 303-308, 2019.
- BRETTAS, P. K. de M.; NASCIMENTO, M. R. B. de M.; GUIMARÃES, E. C.; SOUZA, G. P. Melhor índice de estresse térmico para novilhas leiteiras mestiças. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 45, p. 1-8, 2017.
- BUFFINGTON, D. E.; COLLASSO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PIT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.24, n.3, p. 711-714, 1981.
- BUN, C.; WATANABE, Y.; UENOYAMA, Y.; INOUE, N.; IEDA, N.; MATSUDA, F.; TSUKAMURA, H.; KUWAHARA, M.; MAEDA, K.; OHKURA, S.; PHENG, V. Evaluation of heat stress response in crossbred dairy cows under tropical climate by analysis of heart rate variability. **Journal of Veterinary Medical Science**, v. 80, n. 1, p. 181-185, 2018.

- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Leite e derivados**. 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/olalacms/uploads/arquivos/17_05_15_14_13_38_leite_abril_2017.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2018.
- CONTE, G.; DIMAURO, C.; SERRA, A.; MACCIOTTA, N. P. P.; MELE, M. A canonical discriminant analysis to study the association between milk fatty acids of ruminal origin and milk fat depression in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 6497-6510, 2018.
- CONTE, G.; SERRA, A.; CREMONESI, P.; CHESSA, S.; CASTIGLIONI, B.; CAPPUCCI, A.; BULLERI, E.; MELE, M. Investigating mutual relationship among milk fatty acids by multivariate factor analysis in dairy cows. **Livestock Science**, v. 188, p. 124-132, 2016.
- CORREDDU, F.; SERDINO, J.; MANCA, M. G.; COSENZA, G.; PAUCIULLO, A.; RAMUNNO, L.; MACCIOTTA, N. P. P. Use of multivariate factor analysis to characterize the fatty acid profile of buffalo milk. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 60, p. 25-31, 2017.
- COSTA, J. H. C.; HÖTZEL, M. J.; LONGO, C.; BALCÃO, L. F. A. survey of management practices that influence production and welfare of dairy cattle on family farms in southern Brazil. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 1, p. 307-317, 2013.
- CRUZ, P. F. F.; MONTEIRO, C. P.; GUIMARÃES, E. C.; ANTUNES, R. C.; MATTOS NASCIMENTO, M. R. B. Physiological parameters, hair coat morphological characteristics and temperature gradients in Holstein-Gyr crossbred cows. **Bioscience Journal**, v. 32, n. 2, 2016.
- CURTIS, S. E. **Environment management in animal agriculture**. Illinois: Animal Environment Services, 430 p., 1981.
- DA COSTA, A. N. L.; FEITOSA, J. V.; MONTEZUMA JÚNIOR, P. A.; SOUZA, P. T. de.; ARAÚJO, A. A. de. Rectal temperatures, respiratory rates, production, and reproduction performances of crossbred Girolando cows under heat stress in northeastern Brazil. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, n. 11, p. 1647-1653, 2015a.
- DA COSTA, A. N. L.; FEITOSA, J. V.; MONTEZUMA JÚNIOR, P. A.; SOUZA, P. T.; ARAÚJO, A. A. Hormonal profiles, physiological parameters, and productive and reproductive performances of Girolando cows in the state of Ceará-Brazil. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, n. 2, p. 231-236, 2015b.

- DE RENSIS, F.; GARCIA-ISPIERTO, I.; LÓPEZ-GATIUS, F. Seasonal heat stress: Clinical implications and hormone treatments for the fertility of dairy cows. **Theriogenology**, v. 84, n. 5, p. 659-666, 2015.
- ESMAY, M. L. **Principles of animal environment**. Westport: Ave, p. 325, 1982.
- FARM ANIMAL WELFARE COMMITTEE – FAWC. **Farm animal welfare in Great Britain: Past, present and future**. Farm Animal Welfare Council, England, 2009.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. **Milk and milk products: price and trade update**. 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i8326e.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2018.
- GABBI, A. M.; MCMANUS, C. M.; MARQUES, L. T.; ABREU, A. S.; MACHADO, S. C.; ZANELA, M. B.; BARBOSA, R. S.; FISCHER, V. Different levels of supplied energy for lactating cows affect physicochemical attributes of milk. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 27, n. 1, p. 11-17, 2018.
- GABBI, A. M.; PERIPOLLI, V.; COBUCI, J. A.; FISCHER, V.; COSTA JÚNIOR, J. B. G.; MCMANUS, C. Can meteorological variables affect milk production in different lactation orders of dairy cows in the Cfb climatic zone? A case study in Southern Brazil. **Archivos de Zootecnia**, v. 66, n. 254, p. 271-278, 2017.
- GANTNER, V.; BOBIC, T.; GANTNER, R.; GREGIC, M.; KUTEROVAC, K.; NOVAKOVIC, J.; POTOČNIK, K. Differences in response to heat stress due to production level and breed of dairy cows. **International Journal of Biometeorology**, v. 61, n. 9, p. 1675-1685, 2017.
- GANTNER, V.; MIJIĆ, P.; KUTEROVAC, K.; BARAC, Z.; POTOČNIK, K. Heat stress and milk production in the first parity holsteins—threshold determination in eastern Croatia. **PoljoPrivreda**, v. 21, n. 1, p. 97-100, 2015.
- GRANT, R. J.; FERRARETTO, L. F. Silage review: Silage feeding management: Silage characteristics and dairy cow feeding behavior. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 4111-4121, 2018.
- GRINTER, L. N.; CAMPLER, M. R.; COSTA, J. H. C. Validation of a behavior-monitoring collar's precision and accuracy to measure rumination, feeding, and resting time of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 4, p. 3487-3494, 2019.
- HAFEZ, E. S. E. **Adaptacion de los animales domésticos**. Barcelona: Labor, p. 563, 1973.
- HAVLIN, J. M.; ROBINSON, P. H.; GARRETT, E. Effects on post-fresh period milk production and fertility as a result of prior niacin supplementation of dairy cows during their fresh period. **Livestock Science**, v. 214, p. 73-78, 2018.

- HIETALA, P.; WOLFOVÁ, M.; WOLF, J.; KANTANEN, J.; JUGA J. Economic values of production and functional traits, including residual feed intake, in Finnish milk production. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 2, p. 1092-1106, 2014.
- HU, H.; ZHANG, Y.; ZHENG, N.; CHENG, J.; WANG, J. The effect of heat stress on gene expression and synthesis of heat-shock and milk proteins in bovine mammary epithelial cells. **Animal Science Journal**, v. 87, n. 1, p. 84-91, 2016.
- INMET. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. 2019. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 23 fev. 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Estatística da produção pecuária junho de 2017**. 2017. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/producao_pecuaria/fasciculo_indicadores_ibge/abate-leite-couro-ovos_201701caderno.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2018.
- JOLLIFFE, I. T. Discarding variables in a principal component analysis. II: Real data. **Applied Statistics**, p. 21-31, 1973.
- JOLLIFFE, I. T. Discarding variables in a principal component analysis. I: Artificial data. **Applied Statistics**, p. 160-173, 1972.
- KADZERE, C. T.; MURPHY, M. R.; SILANIKOVE, N.; MALTZ, E. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, v. 77, n. 1, p. 59-91, 2002.
- KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, v. 23, n. 3, p. 187-200, 1958.
- KAUFMAN, E. I.; ASSELSTINE, V. H.; LEBLANC, S. J.; DUFFIELD, T. F.; DEVRIES, T. J. Association of rumination time and health status with milk yield and composition in early-lactation dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 1, p. 462-471, 2018b.
- KAUFMAN, J. D.; SAXTON, A. M.; RÍUS, A. G. Relationships among temperature-humidity index with rectal, udder surface, and vaginal temperatures in lactating dairy cows experiencing heat stress. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 7, p. 6424-6429, 2018a.
- KIBLER, H. H.; BRODY, S. **Environmental physiology with special reference to domestic animals. VII, Influence of temperature, 50 degrees to 5 degrees F and 50 degrees to 95 degrees F, on heat production and cardiorespiratory activities of dairy cattle**. University of Missouri, College of Agriculture, Agricultural Experiment Station, 1949.
- KING, M. T. M.; SPARKMAN, K. J.; LEBLANC, S. J.; DEVRIES, T. J. Milk yield relative to supplement intake and rumination time differs by health status for fresh cows milked with automated systems. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 11, p. 10168-10176, 2018.

- LIU, Z.; EZERNIEKS, V.; WANG, J.; ARACHCHILLAGE, N. W.; GARNER, J. B.; WALES, W. J.; COCKS, B. G.; ROCHFORD, S. Heat stress in dairy cattle alters lipid composition of milk. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 961, 2017.
- MACCIOTTA, N. P. P.; CECCHINATO, A.; MELE, M.; BITTANTE, G. Use of multivariate factor analysis to define new indicator variables for milk composition and coagulation properties in Brown Swiss cows. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 12, p. 7346-7354, 2012.
- MARTINS, S. C. dos S. G.; CARVALHO, G. G. P. de.; PIRES, A. J. V.; SILVA, R. R.; LEITE, L. C.; NICORY, I. M. C. Correlação entre produção e composição do leite e comportamento ingestivo de vacas lactantes alimentadas com dietas contendo silagens de cana-de-açúcar. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 2155-2164, 2015.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **PROJEÇÕES DO AGRONEGÓCIO: Brasil 2016/17 a 2026/27, Projeções de Longo Prazo**. 8. ed. Brasília: Spa/mapa, 2017. 125 p. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2017-a-2027-versao-preliminar-25-07-17.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2018.
- NASCIMENTO, S. T.; MAIA, A. S. C.; FONSÊCA, V. D. F. C.; NASCIMENTO, C. C. N.; CARVALHO, M. D.; GRAÇA PINHEIRO, M. Physiological responses and thermal equilibrium of Jersey dairy cows in tropical environment. **International Journal of Biometeorology**, p. 1-10, 2019.
- NEJAD, J. G.; SUNG, K. I.; LEE, B. H.; PENG, J. L.; KIM, J. Y.; CHEMERE, B.; OH, S. M.; KIM, M. J.; KIM, S. C.; KIM, B. W. Comparison of hair cortisol levels and body temperature response prior to and post heat stress and water deprivation in Holstein dairy cows. **Journal of Animal Science**, v. 96, p. 2-2, 2018.
- ORTIZ, X. A.; SMITH, J. F.; VILLAR, F.; HALL, L.; ALLEN, J.; ODDY, A.; AL-HADDAD, A.; LYLE, P.; COLLIER, R. J. A comparison of 2 evaporative cooling systems on a commercial dairy farm in Saudi Arabia. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 12, p. 8710-8722, 2015.
- PAHL, C.; HARTUNG, E.; MAHLKOW-NERGE, K.; HAEUSSERMANN, A. Feeding characteristics and rumination time of dairy cows around estrus. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 1, p. 148-154, 2015.

- PAUDYAL, S.; MAUNSELL, F. P.; RICHESON, J. T.; RISCO, C. A.; DONOVAN, D. A.; PINEDO, P. J. Rumination time and monitoring of health disorders during early lactation. **Animal**, v. 12, n. 7, p. 1484-1492, 2018.
- PAZ, H.; ANDERSON, C. L.; MULLER, M. J.; KONONOFF, P. J.; FERNANDO, S. C. Rumen bacterial community composition in Holstein and Jersey cows is different under same dietary condition and is not affected by sampling method. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, p. 1206, 2016.
- PENG, D.; CHEN, S.; LI, G.; CHEN, J.; WANG, J.; GU, X. Infrared thermography measured body surface temperature and its relationship with rectal temperature in dairy cows under different temperature-humidity indexes. **International Journal of Biometeorology**, v. 63, n. 3, p. 327-336, 2019.
- PINHEIRO, M. G.; ROMA JR., L. C.; LIMA, M. L. P.; NOGUEIRA, J. R.; MACARI, M.; SANTOS, A. L.; LEME, P. R.; NÄÄS, I. A.; LIMA, N. C.; LALONI, L. A.; SIMILI, F. F. Efeito do ambiente da sala de espera sobre a temperatura da pele de vacas da raça Jersey. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, p. 9, 2000.
- PIRES, M. F. A.; CAMPOS, A. T. **Modificações ambientais para reduzir o estresse calórico em gado de leite**. Juiz de Fora, Embrapa Gado de Leite, Comunicado Técnico nº 42, 6p. 2004.
- POLSKY, L.; VON KEYSERLINGK, M. A. G. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 11, p. 8645-8657, 2017.
- REGO, A. C.; OLIVEIRA, M. D. S. de.; SIGNORETTI, R. D.; DIB, V.; ALMEIDA, G. B. de S. Comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com silagem de milho ou milho. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 4, p. 1149-1157, 2014.
- REJEB, M.; SADRAOUI, R.; NAJAR, T.; M'RAD, M. B. A complex interrelationship between rectal temperature and dairy cows' performance under heat stress conditions. **Open Journal of Animal Sciences**, v. 6, n. 01, p. 24-30, 2016.
- SANTOS, G.; LOPES, M. A. Indicadores econômicos de sistemas de produção de leite em confinamento total volume de produção diária. **Ciência Animal Brasileira**, v. 15, n. 3, p. 239-248, 2014.
- SANTOS, M. A. S.; LOURENÇO JÚNIOR, J. B.; SANTANA, A. C.; HOMMA, A. K. O.; ANDRADE, S. J. T.; SILVA, A. G. M. Caracterização do nível tecnológico da pecuária bovina na Amazônia Brasileira. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 60, n. 1, p. 103-111, 2017.

- SCHÜLLER, L. K.; BURFEIND, O.; HEUWIESER, W. Impact of heat stress on conception rate of dairy cows in the moderate climate considering different temperature–humidity index thresholds, periods relative to breeding, and heat load indices. **Theriogenology**, v. 81, n. 8, p. 1050-1057, 2014.
- SEGABINAZZI, L. R.; MENEZES, L. F. G. de.; SILVA, C. E. K. da.; MARTINELLO, C.; BOITO, B.; MOLINETE, M. L. Diurnal ingestive behavior of Holstein calves reared in different systems: feedlot or pasture. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 36, n. 2, p. 225-231, 2014.
- SILVA, D. C.; PASSINI, R. Assessing different holding pen cooling systems through environmental variables and productivity of lactating cows. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 40, 2018.
- SOARES, B. C.; LOURENÇO JÚNIOR, J. B.; SANTOS, M. A. S.; RODRIGUES FILHO, J. A.; SANTOS SENA, A. L.; SANTANA, A. C.; HOMMA, A. K. O.; SILVA, A. G. M. Profile of bovine-milk-producing farms in Rondon do Pará, state of Pará, Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 5, p. 2113-2124, 2018.
- SORIANI, N.; PANELLA, G.; CALAMARI, L. Rumination time during the summer season and its relationships with metabolic conditions and milk production. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 8, p. 5082-5094, 2013.
- THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v.12, n.1, p.57-59, 1959.
- TIAN, H.; ZHENG, N.; WANG, W.; CHENG, J.; LI, S.; ZHANG, Y.; WANG, J. Integrated metabolomics study of the milk of heat-stressed lactating dairy cows. **Scientific Reports**, v. 6, p. 24208, 2016.
- TRESOLDI, G.; SCHÜTZ, K. E.; TUCKER, C. B. Assessing heat load in drylot dairy cattle: Refining on-farm sampling methodology. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 11, p. 8970-8980, 2016.
- TRESOLDI, G.; SCHÜTZ, K. E.; TUCKER, C. B. Cooling cows with sprinklers: Effects of soaker flow rate and timing on behavioral and physiological responses to heat load and production. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 1, p. 528-538, 2019.
- VACULÍKOVÁ, M.; KOMZÁKOVÁ, I.; CHLÁDEK, G. The effect of low air temperature on behaviour and milk production in holstein dairy cows. **Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis**, v. 65, n. 5, p. 1623-1627, 2017.
- VARGAS, D. P.; NÖRNBERG, J. L.; SCHEIBLER, R. B.; SCHAFHAUSER JUNIOR, J.; RIZZO, F. A.; WAGNER, R. Qualidade e potencial nutracêutico do leite bovino em

- diferentes sistemas de produção e estações do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 12, p. 1208-1219, 2015.
- WALES, W. J.; KOLVER, E. S. Challenges of feeding dairy cows in Australia and New Zealand. **Animal Production Science**, v. 57, n. 7, p. 1366-1383, 2017.
- WEBSTER, J. Animal welfare: Freedoms, dominions and “a life worth living”. **Animals**, v. 6, n. 6, p. 35, 2016.
- WERNCKE, D.; GABBI, A. M.; ABREU, A. S.; FELIPUS, N. C.; MACHADO, N. L.; CARDOSO, L. L.; SCHMID, F. A.; ALESSIO, D. R. M.; FISCHER, V.; THALER NETO, A. Qualidade do leite e perfil das propriedades leiteiras no sul de Santa Catarina; abordagem multivariada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68, n. 2, p. 506-516, 2016.
- YANO, M.; SHIMADZU, H.; ENDO, T. Modelling temperature effects on milk production: a study on Holstein cows at a Japanese farm. **SpringerPlus**, v. 3, n. 1, p. 129, 2014.
- ZANETTI, D.; PRADOS, L. F.; MENEZES, A. C. B.; SILVA, B. C.; PACHECO, M. V.; SILVA, F. A. S.; SILVA, L. F. C.; DETMANN, E.; ENGLE, T. E.; VALADARES FILHO, S. C. Prediction of water intake to Bos indicus beef cattle raised under tropical conditions. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 3, p. 1364-1374, 2019.
- ZHANG, R.; ZHU, W.; JIANG, L.; MAO, S. Comparative metabolome analysis of ruminal changes in Holstein dairy cows fed low-or high-concentrate diets. **Metabolomics**, v. 13, n. 6, p. 74, 2017.
- ZOTTI, C. A.; ZOTTI, M. L. N.; PETROLI, T. G.; BASSO, A. C. Climatização da sala de espera para vacas criadas a pasto sem sombreamento. **Archivos de Zootecnia**, v. 66, n. 254, p. 167-171, 2017.

CAPÍTULO II

CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA E RESPOSTAS PRODUTIVAS DE VACAS GIROLANDO SUBMETIDAS A CLIMATIZAÇÃO POR MEIO DA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA E RESPOSTAS PRODUTIVAS DE VACAS GIROLANDO SUBMETIDAS A CLIMATIZAÇÃO POR MEIO DA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

RESUMO: Condições climáticas termicamente inadequadas a bovinos de leite estão associadas a redução no consumo de ração, na produção e na composição do produto final. Objetivou-se com o estudo realizar análise multivariada dos índices de conforto e variáveis fisiológicas em vacas leiteiras e identificar quais dentre os índices e as variáveis apresentam influência sobre a produção e composição do leite, nas estações de verão e inverno. Os dados para o desenvolvimento deste estudo foram provenientes de um experimento conduzido no ano de 2009, em que foram utilizados 16 vacas em lactação, distribuídas aleatoriamente em 4 conjuntos (C1, C2, C3 e C4), com 4 fases experimentais (F1, F2, F3 e F4) e 4 tratamentos (0, 10, 20 e 30 min sob a SRAE). A análise estatística empregada foi a multivariada, por meio da técnica Componentes Principais sobre os índices de conforto, variáveis fisiológicas, produção e composição do leite. O acumulativo para CP2 para ambas estações na manhã e tarde apresentaram resultados satisfatórios com 93,00 e 89,30%, respectivamente. A maior produção de leite observada na estação de verão foram os animais expostos ao sistema de resfriamento de 30 minutos (SRAE 30). Na estação de inverno no turno da manhã observou-se que a partir do uso de 10 no resfriamento de vacas leiteiras, foi suficiente para melhorias na produção de leite. O uso dos tempos de resfriamento adiabático evaporativo, proporcionou alterações na composição do leite tanto no verão quanto no inverno. Houve a ocorrência de estresse, com ITU alto para todos os tratamentos. O emprego da análise de componentes principais, apresentou respostas positivas na obtenção de um conjunto de mais de duas variáveis estudadas.

Palavras-chave: análise multivariada, sistema de resfriamento, vacas em lactação.

THERMAL CHARACTERIZATION AND PRODUCTIVE RESPONSES OF GIROLAND COWS SUBMITTED TO CLIMATE BY ANALYSIS OF MAIN COMPONENTS

ABSTRACT: Thermally unsuitable weather conditions for dairy cattle are associated with reduced feed intake, production and final product composition. The objective of this study was to perform multivariate analysis of comfort indices and physiological variables in dairy cows and to identify which among the indices and variables have an influence on milk production and composition in the summer and winter seasons. The data for the development of this study came from an experiment conducted in 2009, in which 16 lactating cows were randomly distributed in 4 sets (S1, S2, S3 and S4), with 4 experimental phases (P1, P2, P3 and P4) and 4 treatments (0, 10, 20 and 30 min under SRAE). Multivariate statistical analysis was performed using the Principal Components technique on comfort indices, physiological variables, milk yield and composition. The cumulative CP2 for both seasons in the morning and afternoon showed satisfactory results with 93.00 and 89.30%, respectively. The highest milk yield observed in the summer season was the animals exposed to the 30-minute cooling system (SRAE 30). In the winter season in the morning shift it was observed that from the use of 10 in the cooling of dairy cows, it was sufficient for improvements in milk production. The use of evaporative adiabatic cooling times led to changes in milk composition in both summer and winter. Stress occurred with high UTI for all treatments. The use of principal component analysis showed positive responses in obtaining a set of more than two variables studied.

Keywords: multivariate analysis, cooling system, lactating cows.

2.1. INTRODUÇÃO

Condições climáticas termicamente inadequadas a bovinos de leite estão associadas a redução no consumo de ração, na produção e na composição do produto final. (GARNER et al., 2017). A alta temperatura é um dos principais condicionantes do estresse térmico em vacas de leite. Esses animais possuem zonas termoneutras específicas, em que a produção de calor corporal tem que estar em equilíbrio com a dissipação de energia para o ambiente, quando não havendo a necessidade de mecanismos de aquecimento ou de arrefecimento, podendo estes também auxiliar no controle do microclima de forma que proporcione melhores condições a esses animais (ATKINS et al., 2018; FODOR et al., 2018; TRESOLDI, SCHÜTZ & TUCKER, 2019).

O índice de temperatura e umidade (ITU) (ARMSTRONG, 1994) é uma combinação da temperatura ambiente e a umidade relativa do ar e é comumente usado para estimar os efeitos das condições climáticas sobre a carga de calor das vacas (ANZURES-OLVERA et al., 2015; AL-HASSAN, 2018; HEINICKE et al., 2018; HERBUT & ANGRECKA, 2018). Wildridge et al. (2018) observaram resultados de que existe um efeito de atraso de 1 a 2 dias entre altos valores de ITU, para redução da produção de leite em área de pastagem.

Vacas leiteiras de regiões tropicais e subtropicais, quando não se encontram submetidas a nenhum sistema de conforto térmico, ficam expostas a longos períodos de alta temperatura e umidade relativa e conseqüentemente maior ITU, onde ocorre o estresse térmico (BICKERT & MATTIELLO, 2016). Quando a temperatura retal excede o limiar (39,5 °C), as vacas desidratam apresentando comportamento ofegante, começam a babar e ocorre o aumento do fluxo sanguíneo (GARNER et al., 2017).

Vacas leiteiras de alta produção de leite sucumbem ao estresse por calor mais cedo do que as vacas leiteiras de baixa produção, pois a sua imunidade é reduzida pelo estresse da produção de leite (HU et al., 2016). Estratégias que visem minimizar esse problema inclui manejo do animal na sombra, uso de sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE) e sistema de resfriamento automatizados (CHEN, SCHÜTZ & TUCKER, 2015; PORTO, D'EMILIO & CASCONI, 2017; SILVA & PASSINI, 2018; TRESOLDI, SCHÜTZ & TUCKER, 2018; TRESOLDI, SCHÜTZ & TUCKER, 2019).

O efeito de altas temperaturas na imunidade de vacas leiteiras em região semiárida deve ser avaliado, pois esta região tem predominância de temperaturas muito alta. Em estudo realizado por Anderson et al. (2013) avaliaram a eficiência de ventiladores estacionários com sistema *mister* (CTRL) e o *FlipFan Dairy Cooling System* (FLFN) que emprega ventiladores e *misters* que seguem a sombra, os autores observaram que o uso do FLFN foi o mais

eficiente para proporcionar o conforto de vacas leiteiras em região semiárida. Todavia os autores não descartam o uso do CTRL, visto que a região semiárida apresenta altas temperaturas, tendo-se a necessidade do uso de sistemas de resfriamentos.

A temperatura retal é uma das principais variáveis fisiológicas utilizadas para identificação do estresse térmico em vacas leiteiras, em condições normais, essas animais normalmente apresentam uma temperatura retal de cerca de 38,5°C e os limiares para febre variam entre 39,1 e 39,7°C (SEERAPU et al., 2015; SOUSA et al., 2018). Quando aos índices de conforto animal, o índice de temperatura e umidade (ITU) é o mais comumente usado. Vitali et al. (2016) avaliaram as relações entre estação, mês, ITU em novilhas leiteiras e observaram que ITU inferior a 70 indicou condição de conforto, entre 70 e 79 indícios de estresse térmico e superior a 79 condição de estresse térmico.

Devido a diversidade climática do Brasil, os índices de conforto e as variáveis fisiológicas, têm grande influência no estresse térmico de vacas leiteiras, devido à dificuldade de adaptação das vacas leiteiras ao clima e ao ambiente de produção. Contudo, o uso de tecnologias, como sistemas de resfriamento, uso de material que proporcione conforto aos animais, entre outros, tornam-se alternativas viáveis para solucionar esse problema, promovendo um ambiente que proporcione conforto aos animais.

Explicar a influência de um conjunto de mais de duas variáveis, não é possível para os métodos estatísticos tradicionais. Todavia, com a aplicação da estatística multivariada torna-se possível explicar um conjunto de mais de duas variáveis, visto que essa técnica pode examinar mais de um fator envolvido, uma vez que as análises convencionais podem capturar o efeito de apenas um ou dois fatores (MACCIOTTA et al., 2012).

A aplicação da análise multivariada, vem apresentando resultados satisfatórios, evidenciado na literatura atual, como Paz et al. (2016) que aplicaram a análise de coordenadas principais (PCA) para visualizar as relações entre as amostras de composição da comunidade bacteriana ruminal em vacas de raça Holandês e Jersey, e observaram resultados superiores a 50% de similaridade.

Alessio et al. (2016), avaliaram o teor de lactose do leite de vacas raça Holandês e Jersey, por meio da análise multivariada, e observaram respostas significativas, em que a concentração de lactose no leite cru é influenciada por múltiplos fatores. O uso da multivariada também pode ser observada na caracterização de ácidos graxos em vacas leiteiras (CONTE et al., 2016; CONTE et al., 2018) e em leite de búfalas (CORREDDU et al., 2017), em ambos estudos os autores extraíram mais de dois fatores que tiveram influências no leite.

Neste contexto, objetivou-se com este estudo realizar análise multivariada dos índices de conforto, fisiologia, produção e composição do leite de vacas lactantes, nas estações de verão e inverno e determinar qual o melhor tempo de climatização para o conforto dos animais em ambas estações.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi resultante de dados coletados em um experimento dirigido em uma propriedade de destaque na produção leiteira (Figura 7). Localizada na Mesorregião Agreste, Microrregião do Vale do Ipojuca do Estado de Pernambuco ($8^{\circ}36'34.82''\text{S}$ e $36^{\circ}37'33.09''\text{W}$; 755 m), no ano de 2009, nas épocas de verão (fevereiro a março) e inverno (julho a agosto).

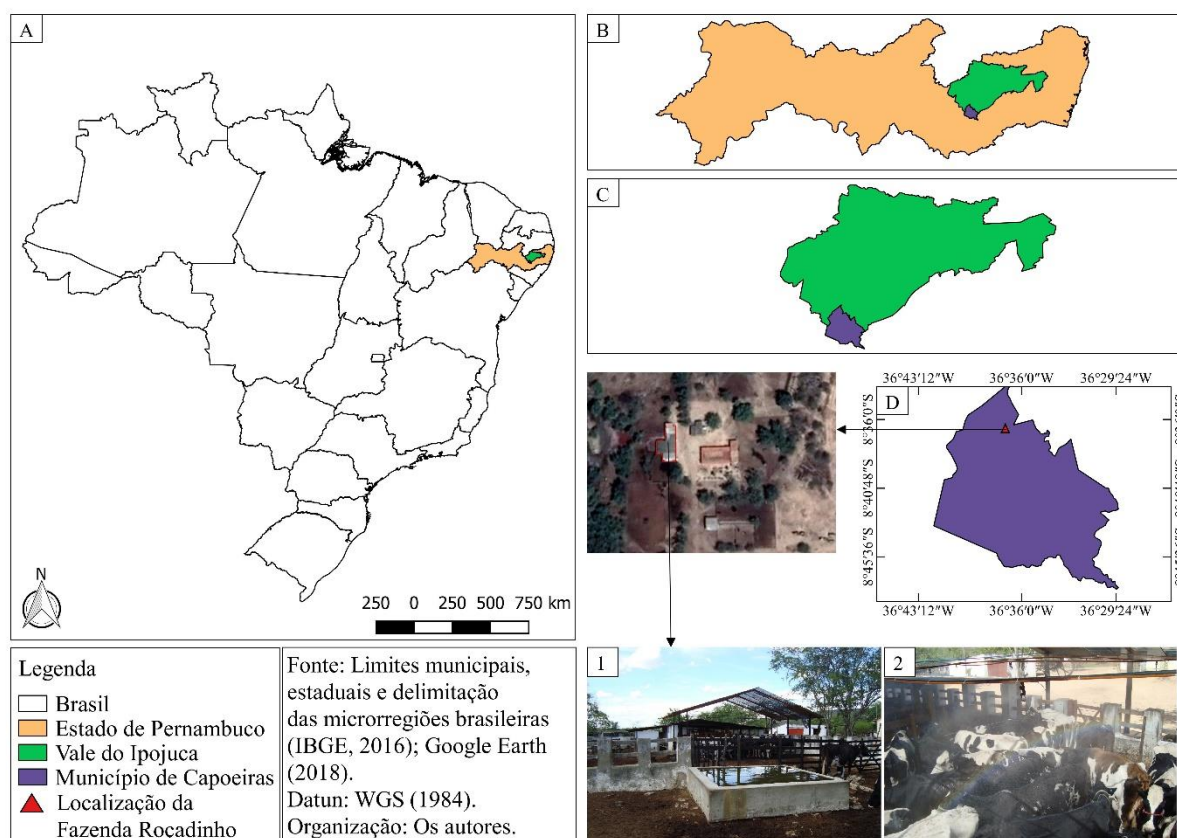


Figura 7. Localização da propriedade no município de Capoeiras, Estado de Pernambuco, Brasil.

A: Brasil; B: Estado de Pernambuco; C: Microrregião do Vale do Ipojuca; D: Município de Capoeiras; 1: Vista externa da sala de pré-ordenha; 2: Vista interior da sala de pré-ordenha.

A precipitação pluviométrica média da região é de 620,3 mm (APAC, 2019), com temperatura média anual de 20,3 °C (INMET, 2019). Segundo a classificação climática de

Köppen, o clima é definido como Bsh – semiárido (ALMEIDA et al., 2011). No verão de 2009 a temperatura média fundamentando-se em uma série histórica de 30 anos foi de 22,8 °C e no inverno de 20,3 °C (INMET, 2019).

Utilizou-se 16 vacas Girolando multíparas em lactação, com peso médio de 500 kg e produção média de leite de 18 kg dia⁻¹ (Figura 2). Os animais foram selecionados em quatro conjuntos (C1, C2, C3 e C4), com quatro vacas para cada conjunto, de modo a assegurar maior homogeneidade entre os conjuntos.

A período do experimento foi de 56 dias para cada estação, totalizando 112 dias, com 4 fases de 14 dias, sendo os sete primeiros dias de cada fase, destinados a adaptação dos animais aos tempos de climatização na pré-ordenha de 10, 20 e 30 minutos sob o Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo (SRAE), mais a testemunha como controle. Os outros sete dias seguintes foram utilizados para o registro das variáveis meteorológicas do curral de espera, respostas fisiológicas, parâmetros comportamentais e de produção das vacas em lactação, com posterior determinação da composição do leite.

A eficiência térmica da instalação proporcionado pela SRAE, foi determinada a partir do cálculo do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) pela equação proposta por Buffington et al. (1981), o índice de temperatura e umidade (ITU) pela equação proposta por Thom (1959), a carga térmica radiante (CTR; W m⁻²) pela equação proposta por Esmay (1982) e a entalpia (h; KJ kg⁻¹) proposta por Albright (1990).

Os parâmetros fisiológicos avaliados, foram a temperatura retal (TR; °C), frequência respiratória (FR; mov min⁻¹) e temperatura do pelame (TP; °C), realizados duas vezes na semana na pré-ordenha, nos horários de 0500 h (manhã) e 1400 h (tarde), após a climatização.

A verificação da FR se deu a partir da contagem do número de movimentos da região do flanco realizados pelo animal, no intervalo de 1 min. Após o registro, foi realizada as medidas da TR, com auxílio de um termômetro digital de uso veterinário (escala entre 20 e 50 °C), introduzido no reto dos animais, durante o tempo de 1 min para estabilização e obtenção do valor da temperatura. O registro da TP foi realizado mediante o uso de um termômetro de infravermelho, a partir dos registros de temperatura da cabeça, dorso, canela e úbere de cada animal estudado, determinou-se a temperatura média do pelame conforme a metodologia estabelecida por Pinheiro et al. (2000).

A produção de leite foi determinada em cada tratamento, nos períodos avaliados, para os dois turnos diários de ordenha (manhã às 0500 h e tarde às 1400 h). A composição química (gordura, proteína, lactose e sólidos totais), se deu em duas coletas para cada fase, com amostras individuais do leite de cada animal, em seus respectivos tratamentos, e

analisadas no laboratório do Programa de Gerenciamento de Rebanhos Leiteiros do Nordeste (PROGENE), do Departamento de Zootecnia da UFRPE.

Foram utilizados 16 animais, distribuídos aleatoriamente em 4 conjuntos (C1, C2, C3 e C4), com 4 fases experimentais (F1, F2, F3 e F4) e 4 tempos de submissão dos animais ao resfriamento adiabático evaporativo (0, 10, 20 e 30 min).

Adotou o emprego da análise de componentes principais, em que se admitiu 12 variáveis para o verão e 12 para o inverno, totalizando um conjunto de 24 variáveis. A partir das componentes principais extraídas das variáveis para o verão e inverno, obteve-se os gráficos bidimensionais. Na extração das componentes principais, fez-se uma padronização dos dados denominada de matriz de covariância. A partir da matriz de covariância dos dados, foram extraídos os autovalores que originam os autovetores (KAISER, 1958).

Essa análise foi realizada de forma a identificar novas variáveis que expliquem a maior parte da influência das variáveis. Utilizou-se o critério de Kaiser, considerando os autovalores acima de 1, pois geram componentes com quantidade relevante de informação contida nos dados originais, fazendo o descarte das componentes que apresentarem autovalor inferior a 1 (KAISER, 1958).

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1. Turno da manhã

As principais componentes geradas por meio da análise multivariada, para os índices de conforto, variáveis fisiológicas, produção e composição do leite de vacas no turno da manhã para o verão e inverno estão representados na Tabela 2. As CP1 e CP2, apresentaram autovalor superior a 1, conforme o critério estabelecido por Kaiser (1958), sendo os autovalores da ordem de 16,732 e 5,590, respectivamente. As componentes 1 e 2 apresentam a maior proporção explicativa do conjunto de variáveis, com um acumulativo da ordem de 93,00% para CP2.

Em estudos realizados por Yilmaz et al. (2011), os autores estimaram a herdabilidade de características de produção de leite de Bovino Suíços Marrom, por meio da análise fatorial obtiveram resultados de 82,8% da explicação da variância total das variáveis estudadas, resultados que se mostram semelhantes ao do presente estudo.

Tabela 2. Componentes principais dos índices de conforto, variáveis fisiológicas, parâmetros comportamentais, produção e composição do leite e de vacas leiteiras no turno da manhã no verão e inverno.

Variável	Componente Principal Verão		Componente Principal Inverno	
	*CP1	CP2	CP1	CP2
¹ h	0,244	-0,017	0,165	-0,298
² ITGU	0,239	-0,077	0,242	-0,032
³ ITU	0,239	0,026	0,225	-0,112
⁴ CTR	0,184	-0,259	0,234	-0,043
⁵ TR	0,121	0,338	0,033	0,417
⁶ FR	0,242	-0,041	0,240	0,013
⁷ TP	0,239	-0,027	0,196	0,220
⁸ Prod	-0,227	-0,111	-0,196	0,251
⁹ Gor	0,192	-0,125	-0,118	-0,355
¹⁰ Pro	0,191	0,208	-0,134	-0,342
¹¹ Lac	-0,242	0,053	-0,234	0,094
¹² Sól	0,182	-0,125	-0,178	-0,281
Autovalor	16,732	5,590	16,732	5,590
Proporção	0,697	0,233	0,697	0,233
Acumulado	0,697	0,930	0,697	0,930

*CP: componente principal; ¹h: entalpia (h; KJ kg⁻¹); ²ITGU: índice de temperatura de globo e umidade; ³ITU: índice de temperatura e umidade; ⁴CTR: carga térmica radiante (W m⁻²); ⁵TR: temperatura retal (°C); ⁶FR: frequência respiratória (mov min⁻¹); ⁷TP: temperatura do pelame (°C); ⁸Prod: produção de leite (L); ⁹Gor: gordura (%); ¹⁰Pro: proteína (%); ¹¹Lac: lactose (%); ¹²Sól: sólidos solúveis (%).

Os índices de conforto animal e as variáveis fisiológicas apresentaram correlação positiva para o turno da manhã no verão. O mesmo pode ser observado para o turno da manhã no inverno, com exceção da temperatura retal (TR) que se apresentou neutra, não sendo influência pelos índices de conforto (Tabela 2). Isso ocorreu devido as menores temperaturas no inverno, ocasionando condições de conforto adequadas, mesmo os índices atingindo seus máximos valores na estação de inverno.

Houve uma associação negativa entre os teores de proteína, gordura e sólidos totais com a produção de leite (Tabela 2), isso ocorre devido ao fato de que quanto maior é a produção de leite, maior será a diluição da proteína, gordura e sólidos totais no leite e vice-versa (proporcional à capacidade máxima de produção do animal naquele período). Gabbi et al. (2018), também encontraram a mesma relação negativa da proteína, gordura e sólidos totais. A relação entre gordura e proteína, já era esperada por essas variáveis terem uma relação positiva entre si (MACCIOTTA et al., 2012; MELE et al., 2016).

Na Figura 8 são apresentadas as componentes principais das variáveis fisiológicas, índices de conforto animal, produção e composição do leite de vacas em sistema de resfriamento adiabático evaporativo no turno da manhã no verão e inverno.

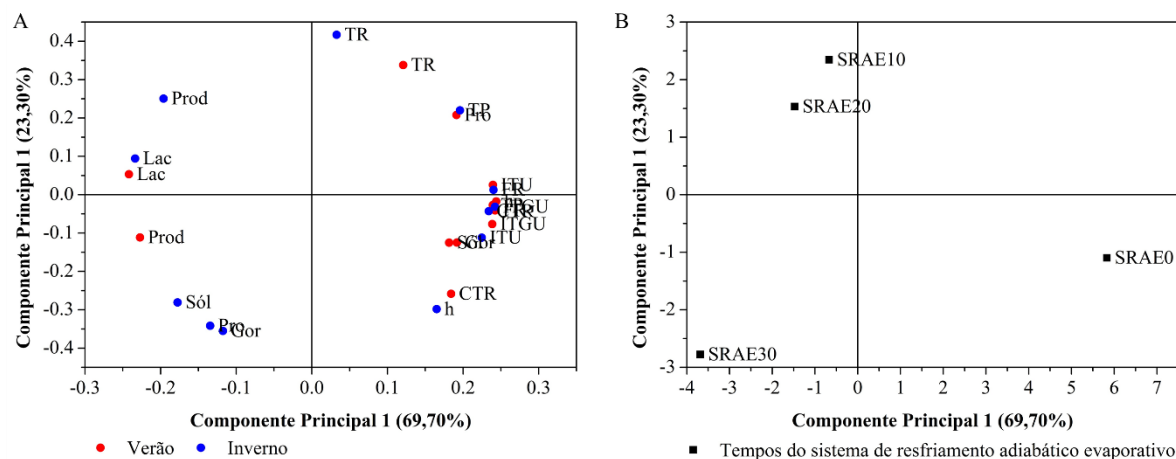


Figura 8. Componentes principais das variáveis fisiológicas, índices de conforto animal, produção e composição do leite de vacas no turno da manhã no verão e inverno (A); Componentes principais do tempo de funcionamento do sistema de resfriamento adiabático evaporativo na manhã (B).

h: entalpia (h; KJ kg⁻¹); ITGU: índice de temperatura de globo e umidade; ITU: índice de temperatura e umidade; CTR: carga térmica radiante (W m⁻²); TR: temperatura retal (°C); FR: frequência respiratória (mov min⁻¹); TP: temperatura do pelame (°C); Prod: produção de leite (L); Gor: gordura (%); Pro: proteína (%); Lac: lactose (%); Sól: sólidos solúveis (%); SRAE: sistema de resfriamento adiabático evaporativo 0, 10, 20 e 30 minutos.

A maior produção de leite (Prod) observada na estação de verão foi quando os animais foram expostos ao sistema de resfriamento durante o tempo de 30 minutos (SRAE 30). O maior o tempo de exposição a SRAE proporcionou o melhor conforto em consequência da redução dos índices de conforto, que por sua vez favoreceu positivamente as variáveis fisiológicas (TR, FR e TP), como observado no gráfico da Figura 8A, onde a SRAE 30 está oposta aos índices de conforto e as variáveis fisiológicas. Silva & Passini (2018) avaliaram diferentes sistemas de climatização em sala de espera para vacas $\frac{7}{8}$ Holandês + $\frac{1}{8}$ Girolando leiteiro composição genética, por meio das variáveis ambientais, produção de leite e índices econômicos no verão em região de clima tropical e observaram resultados semelhantes com o presente estudo, em que o tempo de resfriamento adiabático evaporativo por 30 minutos, proporcionou as melhores condições de conforto aos animais.

Na estação de inverno no turno da manhã observou-se que a partir do tempo de 10 minutos para resfriamento de vacas leiteiras no curral de espera, foi suficiente no acondicionamento dos animais e melhorias na produção, sendo o uso dos tempos de 20 e 30 minutos dispensáveis para o acondicionamento dos animais, pois estariam gerando mais gastos com água e energia (Figura 8A e Figura 8B).

A componente principal 1 (CP1) foi a que melhor explicou a produção de leite em função das demais variáveis (Figura 8A). Крамаренко et al. (2017) avaliaram o rendimento total da produção de vacas em lactação por meio da Análise de Componentes Principais (ACP) e observaram que a CP1 foi suficiente para determinar o nível potencial de produtividade do das vacas leiteiras.

O uso dos tempos de resfriamento adiabático evaporativo, proporcionou alterações na composição do leite. Em contraposição Almeida et al. (2013) avaliaram através do teste de Tukey o uso de diferentes tempos de resfriamentos no curral de espera na estação de verão e não observaram alterações na composição química do leite no turno da manhã.

O mesmo pode ser observado para a estação do inverno (Figura 8A e Figura 8B) o uso de sistema de resfriamento adiabático evaporativo, teve influência sobre a composição do leite. Entretanto, Almeida Neto et al. (2014) por meio do teste de Tukey avaliaram diferentes tempos de resfriamento adiabático evaporativo no inverno em região semiárida, e não observaram alterações na composição do leite com o emprego do sistema de resfriamento.

Garner et al. (2017) observaram que o emprego de altos valores de ITU (>72) implicou em menor produção de leite em vacas holandesas. Os resultados encontrados pelos autores, corroboram com o do presente estudo, na Figura 8A e Figura 8B, portanto, observa-se que na estação de verão quanto na estação de inverno, a produção de leite foi inversamente proporcional ao ITU. Todavia, ressalta-se que para a estação de inverno os valores de ITU mesmo para a SRAE 0 min foram inferiores a 68, já para a estação de verão o menor valor de ITU foi de 68,27 tendo influência na redução da produção de leite.

Na estação de verão no turno da manhã, houve a possibilidade de ocorrência de estresse térmico, com ITU superior a 68 para todos os tratamentos. Na manhã da estação de inverno o ITU apresentou-se inferior a 68 para todos os tratamentos e em resposta houve maior produção. Corroborando com Herbut & Angrecka (2018) que determinaram a relação entre o valor do ITU durante os meses de verão e o comportamento diário de 40 vacas leiteiras da raça Holandês. Os autores observaram que os animais apresentaram para um ITU superior a 68, sinais de estresse térmico, com comportamento de maior locomoção e ingestão de água.

2.3.2. Turno da tarde

A Tabela 3 representa as componentes principais para os índices de conforto, variáveis fisiológicas, produção e composição do leite de vacas no turno da tarde para as estações de verão e inverno. Conforme o critério estabelecido por Kaiser (1958), as

componentes CP1 e CP2, apresentaram autovalores superior a 1, sendo estes na ordem de 16,616 e 4,806, respectivamente. As componentes 1 e 2 utilizadas na discussão das variáveis, apresentam proporção explicativa na ordem de 89,30% para CP2.

Gabbi et al. (2018) relacionaram níveis de nutrientes digestíveis totais e período experimental na produção, composição e qualidade do leite, com vacas leiteiras da raça Jersey, Jersey x Holandês e Holandês, por meio da análise de componentes principais obtiveram resultado acumulativo para CP2 de 87,24%, resultados que se mostram semelhantes ao do presente estudo.

Tabela 3. Componentes principais dos índices de conforto, variáveis fisiológicas, parâmetros comportamentais, produção e composição do leite de vacas leiteiras no turno da tarde nas estações de verão e inverno.

Variável	Componente Principal Verão		Componente Principal Inverno	
	*CP1	CP2	CP1	CP2
¹ h	0,229	0,113	0,203	0,191
² ITGU	0,242	-0,060	0,243	-0,034
³ ITU	0,241	0,070	0,241	0,083
⁴ CTR	0,233	-0,103	0,239	-0,075
⁵ TR	0,204	0,078	0,240	-0,061
⁶ FR	0,241	-0,089	0,244	0,036
⁷ TP	0,240	0,004	0,236	0,025
⁸ Prod	-0,181	0,282	0,027	-0,132
⁹ Gor	-0,086	0,423	-0,150	-0,360
¹⁰ Pro	0,059	-0,413	-0,160	-0,125
¹¹ Lac	-0,218	-0,181	-0,197	0,201
¹² Sól	-0,101	0,413	-0,204	-0,251
Autovalor	16,616	4,806	16,616	4,806
Proporção	0,692	0,200	0,692	0,200
Acumulado	0,692	0,893	0,692	0,893

*CP: componente principal; ¹h: entalpia (h; KJ kg⁻¹); ²ITGU: índice de temperatura de globo e umidade; ³ITU: índice de temperatura e umidade; ⁴CTR: carga térmica radiante (W m⁻²); ⁵TR: temperatura retal (°C); ⁶FR: frequência respiratória (mov min⁻¹); ⁷TP: temperatura do pelame (°C); ⁸Prod: produção de leite (L); ⁹Gor: gordura (%); ¹⁰Pro: proteína (%); ¹¹Lac: lactose (%); ¹²Sól: sólidos solúveis (%).

A relação da proteína com a produção e composição do leite, e a mesma comparada com os índices de conforto e variáveis fisiológicas não se observou relação e influência das mesmas sobre a porcentagem de proteína no turno da tarde para a estação de verão, quando observado na CP1 (Tabela 3). Estudos realizados por Lambertz, Sanker e Gauly (2014)

mostraram porcentagem de proteína do leite diminuída sob condições de estresse térmico. Esses dados contradizem aos achados do presente estudo para a estação de verão no turno da tarde, em que os maiores valores de proteína foram observados quando a produção foi menor, em ocorrência de maiores temperaturas.

Wildridge et al. (2018), relatam a existência um atraso da resposta do animal de um a dois dias em função aos intemperes externos, principalmente pelo índice de temperatura e umidade. Sendo assim, a não influência na proteína do leite pelos índices de conforto e pelas variáveis fisiológicas, é em resposta as melhores condições de conforto que os animais receberam no turno da manhã na pré-ordenha.

Na figura 9 são apresentadas as componentes principais das variáveis fisiológicas, índices de conforto animal, produção e composição do leite dos animais submetidos ao resfriamento adiabático evaporativo no turno da tarde nas estações de verão e inverno.

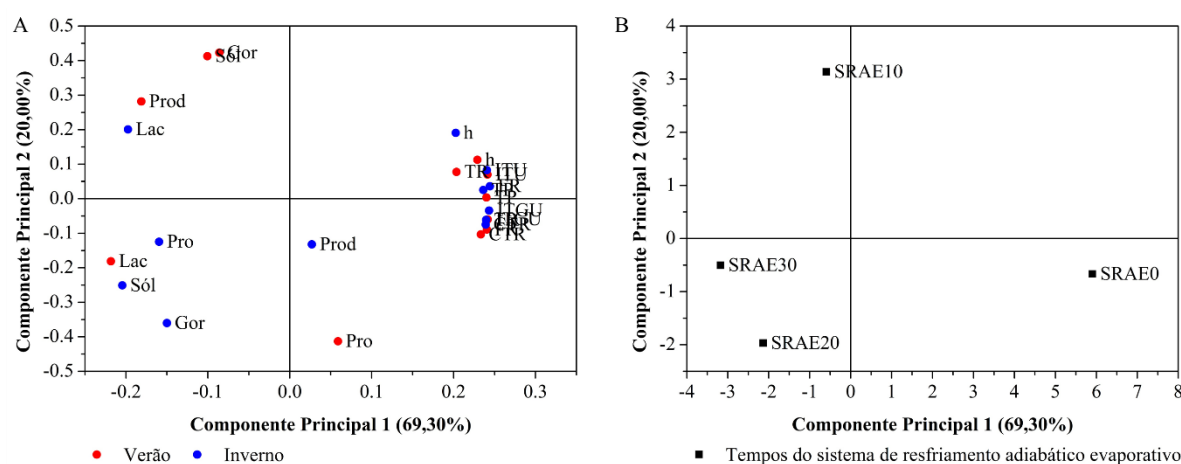


Figura 9. Componentes principais das variáveis fisiológicas, índices de conforto animal, produção e composição do leite de vacas no turno da tarde no verão e inverno (A); Componentes principais do tempo de funcionamento do sistema de resfriamento adiabático evaporativo na tarde (B).

h: entalpia (h; KJ kg^{-1}); ITGU: índice de temperatura de globo e umidade; ITU: índice de temperatura e umidade; CTR: carga térmica radiante (W m^{-2}); TR: temperatura retal ($^{\circ}\text{C}$); FR: frequência respiratória (mov min^{-1}); TP: temperatura do pelame ($^{\circ}\text{C}$); Prod: produção de leite (L); Gor: gordura (%); Pro: proteína (%); Lac: lactose (%); Sól: sólidos solúveis (%); SRAE: sistema de resfriamento adiabático evaporativo 0, 10, 20 e 30 minutos.

Diferente do turno da manhã, em que a maior produção de leite no verão foi na SRAE 30, no turno da tarde foi na SRAE 10 (Figura 8A e Figura 8B e Figura 9A e Figura 9B). Na estação de inverno no turno da tarde, o uso do sistema de resfriamento adiabático evaporativo, não teve influência sobre a produção de leite. Todavia a eficiência do sistema de

resfriamento adiabático evaporativo, não apresenta resultados de imediato, em que a atuação da SRAE 30 min não é para o turno da manhã, e sim para o turno da tarde, assim que o SRAE 10 min da tarde apresentará resultados somente para o turno da manhã do dia seguinte na estação de verão, conforme observado por Wildridge et al. (2018), no qual existe um atraso de 1 a 2 dias da resposta produtiva e de composição do leite de vacas em função das condições ambientais.

Em observação ao índice de temperatura e umidade em ambas as estações (verão e inverno), foi evidente que os seus valores foram maiores no turno da tarde, ultrapassando o limiar de 72, estabelecido como o limite mínimo crítico (ARMSTRONG, 1994). Conforme observado por Wildridge et al. (2018) existe um efeito de atraso de 1 a 2 dias entre altos valores de ITU, para redução da produção de leite em bovinos.

Diante dos achados dos autores, é seguro afirmar que a resposta do efeito da climatização pela manhã em ambas as estações, é para melhorias de produção e composição do leite no turno da tarde. Assim que, o efeito da climatização realizada no turno da tarde contribui para melhorias de produção e composição do leite manhã do dia seguinte. Quanto aos efeitos dos índices de conforto animal e as variáveis fisiológicas, o efeito da SRAE é de imediato. Contudo as respostas da produção e composição do leite é posterior ao efeito dos índices de conforto e as variáveis fisiológicas.

Quanto a composição do leite, observou que os tempos de resfriamento proporcionaram melhores resultados, proporcionando um ambiente de melhor acondicionamento térmico as vacas leiteiras, com reduções nos índices de conforto e nas variáveis fisiológicas. Broucek et al., (2018) avaliaram o efeito de altas temperaturas na produção de leite de vacas leiteiras de raça Holandês no sul da Eslováquia e observaram que o emprego do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em vacas leiteiras aumentou a quantidade de gordura e proteína produzida do leite.

2.4. CONCLUSÕES

O emprego da análise de componentes principais, apresentou respostas positivas na obtenção de um conjunto de mais de duas variáveis estudadas.

Na estação de verão observou-se a ação do efeito retardatário da atuação dos tempos de resfriamento adiabático sobre a produção e composição do leite de vacas leiteiras, com o tempo de 30 minutos do turno da manhã atuando em resposta à tarde e o tempo de 10 minutos da tarde atuando em resposta no turno da manhã do dia seguinte.

De acordo com a análise de componentes principais o índice de temperatura e umidade mostrou-se o principal índice para identificação do estresse térmico nos animais.

2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA – APAC. **Monitoramento pluviométrico**. 2019. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>>. Acesso em: 07 mar. 2019.
- ALBRIGHT, L. D. **Environment control for animals and plants**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers Michigan, 453p. (ASAE Textbook,4), 1990.
- ALESSIO, D. R. M.; NETO, A. T.; VELHO, J. P.; PERREIRA, I. B.; MIQUELLUTI, D. J.; KNOB, D. A.; SILVA, C. G. Multivariate analysis of lactose content in milk of Holstein and Jersey cows1. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, p. 2641-2652, 2016.
- AL-HASSAN, M. J. The Effects of Evaporative Cooling on Heat Stressed Dairy Holstein Cows Under a Semi-Arid Environment in Riyadh Area, Saudi Arabia. **Animal and Veterinary Sciences**, v. 6, n. 5, p. 67-73, 2018.
- ALMEIDA NETO, L. A.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; GUISELINI, C. Climatização na pré-ordenha de vacas Girolando no inverno do semiárido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 10, p. 1072-1078, 2014.
- ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; BARBOSA, S. B.; PEREIRA, D. F.; GUISELINI, C.; ALMEIDA, G. A. Comportamento, produção e qualidade do leite de vacas Holandês-Gir com climatização no curral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 892-899, 2013.
- ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; HENRIQUE, H. M.; ALMEIDA, G. A. P. de. 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.
- ANDERSON, S. D.; BRADFORD, B. J.; HARNER, J. P.; TUCKER, C. B.; CHOI, C. Y.; ALLEN, J. D.; HALL, L. W.; RUNGRUANG, S.; COLLIER, R. J.; SMITH, J. F. Effects of adjustable and stationary fans with misters on core body temperature and lying behavior of lactating dairy cows in a semiarid climate. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 7, p. 4738-4750, 2013.
- ANZURES-OLVERA, F.; MACÍAS-CRUZ, U.; ÁLVAREZ-VALENZUELA, F. D.; CORREA-CALDERÓN, A.; DÍAZ-MOLINA, R.; HERNÁNDEZ-RIVERA, J. A.;

- AVENDAÑO-REYES, L. Efecto de época del año (verano vs. invierno) en variables fisiológicas, producción de leche y capacidad antioxidante de vacas Holstein en una zona árida del noroeste de México. **Archivos de Medicina Veterinaria**, v. 47, n. 1, p. 15-20, 2015.
- ARMSTRONG, D. V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, v. 77, n. 7, p. 2044-2050, 1994.
- ATKINS, I. K.; COOK, N. B.; MONDACA, M. R.; CHOI, C. Y. Continuous respiration rate measurement of heat-stressed dairy cows and relation to environment, body temperature, and lying time. **American Society of Agricultural and Biological Engineers. Transactions**, v. 61, n. 5, p. 1475-1485, 2018.
- BICKERT, W. G.; MATTIELLO, S. Stress in dairy Animals: Cold stress: Management considerations. **Reference Module in Food Sciences**, v. 4, p. 2587-2592, 2016.
- BROUCEK, J.; RYBA, S.; DIANOVA, M.; UHRINCAT, M.; SOCH, M.; HANUS, A.; ZABRANSKY, L. Effect of dairy cows cooling on milk production in Slovakian lowlands. In: **10th International Livestock Environment Symposium (ILES X)**. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2018. p. 1.
- BUFFINGTON, D. E.; COLLASSO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PIT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.24, n.3, p. 711-714, 1981.
- CHEN, J. M.; SCHÜTZ, K. E.; TUCKER, C. B. Cooling cows efficiently with sprinklers: Physiological responses to water spray. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 10, p. 6925-6938, 2015.
- CONTE, G.; DIMAURO, C.; SERRA, A.; MACCIOTTA, N. P. P.; MELE, M. A canonical discriminant analysis to study the association between milk fatty acids of ruminal origin and milk fat depression in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 6497-6510, 2018.
- CONTE, G.; SERRA, A.; CREMONESI, P.; CHESSA, S.; CASTIGLIONI, B.; CAPPUCCI, A.; BULLERI, E.; MELE, M. Investigating mutual relationship among milk fatty acids by multivariate factor analysis in dairy cows. **Livestock Science**, v. 188, p. 124-132, 2016.
- CORREDDU, F.; SERDINO, J.; MANCA, M. G.; COSENZA, G.; PAUCIULLO, A.; RAMUNNO, L.; MACCIOTTA, N. P. P. Use of multivariate factor analysis to characterize the fatty acid profile of buffalo milk. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 60, p. 25-31, 2017.
- ESMAY, M. L. **Principles of animal environment**. Westport: Ave, p. 325, 1982.

- FODOR, N.; FOSKOLOS, A.; TOPP, C. F.; MOORBY, J. M.; PÁSZTOR, L.; FOYER, C. H. Spatially explicit estimation of heat stress-related impacts of climate change on the milk production of dairy cows in the United Kingdom. **Plos One**, v. 13, n. 5, p. e0197076, 2018.
- GABBI, A. M.; MCMANUS, C. M.; MARQUES, L. T.; ABREU, A. S.; MACHADO, S. C.; ZANELA, M. B.; BARBOSA, R. S.; FISCHER, V. Different levels of supplied energy for lactating cows affect physicochemical attributes of milk. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 27, n. 1, p. 11-17, 2018.
- GARNER, J. B.; DOUGLAS, M.; WILLIAMS, S. R. O.; WALES, W. J.; MARETT, L. C.; DIGIACOMO, K.; LEURY, B. J.; HAYES, B. J. Responses of dairy cows to short-term heat stress in controlled-climate chambers. **Animal Production Science**, v. 57, n. 7, p. 1233-1241, 2017.
- HEINICKE, J.; HOFFMANN, G.; AMMON, C.; AMON, B.; AMON, T. Effects of the daily heat load duration exceeding determined heat load thresholds on activity traits of lactating dairy cows. **Journal of Thermal Biology**, v. 77, p. 67-74, 2018.
- HERBUT, P.; ANGRECKA, S. Relationship between THI level and dairy cows' behaviour during summer period. **Italian Journal of Animal Science**, v. 17, n. 1, p. 226-233, 2018.
- HU, H.; ZHANG, Y.; ZHENG, N.; CHENG, J.; WANG, J. The effect of heat stress on gene expression and synthesis of heat-shock and milk proteins in bovine mammary epithelial cells. **Animal Science Journal**, v. 87, n. 1, p. 84-91, 2016.
- INMET. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. 2019. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 23 fev. 2019.
- KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, v. 23, n. 3, p. 187-200, 1958.
- LAMBERTZ, C.; SANKER, C.; GAULY, M. Climatic effects on milk production traits and somatic cell score in lactating Holstein-Friesian cows in different housing systems. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 1, p. 319-329, 2014.
- MACCIOTTA, N. P. P.; CECCHINATO, A.; MELE, M.; BITTANTE, G. Use of multivariate factor analysis to define new indicator variables for milk composition and coagulation properties in Brown Swiss cows. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 12, p. 7346-7354, 2012.
- MELE, M.; MACCIOTTA, N. P. P.; CECCHINATO, A.; CONTE, G.; SCHIAVON, S.; BITTANTE, G. Multivariate factor analysis of detailed milk fatty acid profile: Effects of

- dairy system, feeding, herd, parity, and stage of lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 12, p. 9820-9833, 2016.
- PAZ, H.; ANDERSON, C. L.; MULLER, M. J.; KONONOFF, P. J.; FERNANDO, S. C. Rumen bacterial community composition in Holstein and Jersey cows is different under same dietary condition and is not affected by sampling method. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, p. 1206, 2016.
- PINHEIRO, M. G.; ROMA JR., L. C.; LIMA, M. L. P.; NOGUEIRA, J. R.; MACARI, M.; SANTOS, A. L.; LEME, P. R.; NÄÄS, I. A.; LIMA, N. C.; LALONI, L. A.; SIMILI, F. F. Efeito do ambiente da sala de espera sobre a temperatura da pele de vacas da raça Jersey. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, p. 9, 2000.
- PORTO, S. M. C; D'EMILIO, A.; CASCONI, G. On the influence of the alternation of two different cooling systems on dairy cow daily activities. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 48, n. 1, p. 21-27, 2017.
- SEERAPU, S. R.; KANCHARANA, A. R.; CHAPPIDI, V. S.; BANDI, E. R. Effect of microclimate alteration on milk production and composition in Murrah buffaloes. **Veterinary World**, v. 8, n. 12, p. 1444-1452, 2015.
- SILVA, D. C.; PASSINI, R. Assessing different holding pen cooling systems through environmental variables and productivity of lactating cows. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 40, 2018.
- SOUSA, R. V.; SILVA RODRIGUES, A. V.; ABREU, M. G.; TABILE, R. A.; MARTELLO, L. S. Predictive model based on artificial neural network for assessing beef cattle thermal stress using weather and physiological variables. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 144, p. 37-43, 2018.
- THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v.12, n.1, p.57-59, 1959.
- TRESOLDI, G.; SCHÜTZ, K. E.; TUCKER, C. B. Cooling cows with sprinklers: Effects of soaker flow rate and timing on behavioral and physiological responses to heat load and production. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 1, p. 528-538, 2019.
- TRESOLDI, G.; SCHÜTZ, K. E.; TUCKER, C. B. Cooling cows with sprinklers: Spray duration affects physiological responses to heat load. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 4412-4423, 2018.
- VITALI, A.; BERNABUCCI, U.; NARDONE, A.; LACETERA, N. Effect of season, month and temperature humidity index on the occurrence of clinical mastitis in dairy heifers. **Advances in Animal Biosciences**, v. 7, n. 3, p. 250-252, 2016.

- WILDRIDGE, A.; THOMSON, P. C.; GARCIA, S. C.; JOHN, A. J.; JONGMAN, E. C.; CLARK, C. E.; KERRISK, K. L. The effect of temperature-humidity index on milk yield and milking frequency of dairy cows in pasture-based automatic milking systems. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 4479-4482, 2018.
- YILMAZ, İ.; EYDURAN, E.; KAYGISIZ, A.; JAVED, K. Estimates of genetic parameters for lactation shape parameters with multivariate statistical technique in Brown Swiss cattle. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 13, n. 2, p. 174-178, 2011.
- КРАМАРЕНКО, О. С.; КРАМАРЕНКО, А. С.; КРАМАРЕНКО, С. С.; КРАМАРЕНКО, С. С.; КУЗЬМІЧОВА, Н. І.; КУЗЬМИЧЁВА, Н. И. Моделювання лактаційних кривих молочних корів за допомогою аналізу головних компонент (РСА). **Вісник Аграрної Науки Причорномор'я**, v. 4, n. 96, p. 115-125, 2017.

CAPÍTULO III

ANÁLISE MULTIVARIADA DE ELEMENTOS METEOROLÓGICOS E RESPOSTAS COMPORTAMENTAIS DE VACAS GIROLANDO E SEUS EFEITOS NA QUALIDADE DO LEITE

ANÁLISE MULTIVARIADA DE ELEMENTOS METEOROLÓGICOS E RESPOSTAS COMPORTAMENTAIS DE VACAS GIROLANDO E SEUS EFEITOS NA QUALIDADE DO LEITE

RESUMO: O estresse por altas temperaturas, afeta tanto a saúde quanto à qualidade do leite de vacas, este fenômeno ocorre frequentemente em regiões tropicais, subtropicais e temperadas. Objetivou-se com este trabalho analisar as Componentes Principais das variáveis ambientais e parâmetros comportamentais que apresentam maior influência na qualidade do leite, na estação de verão e inverno, determinar qual o melhor tempo de climatização para o conforto dos animais em ambas estações. Os dados utilizados no estudo foram provenientes de um experimento conduzido na Região Agreste de Pernambuco (8°36'34.82"S e 36°37'33.09"W; 755 m) na estação de verão e inverno do ano de 2009. O efeito da climatização foi determinado a partir de quatro tempos de espera no curral da pré-ordenha, sendo de 0, 10, 20 e 30 min, onde 0 min foi a testemunha. Foram selecionadas 16 vacas Girolando multíparas em lactação, com peso médio de 500 kg e produção média de leite de 18 kg dia⁻¹. A análise exploratória dos dados foi realizada por meio de técnica estatística multivariada por componentes principais, em que se admitiu 26 variáveis (13 variáveis para o verão e as mesmas para o inverno). O turno da manhã e o da tarde apresentou resultados da variância total de 87,9% e 84,1%, respectivamente. Houve uma forte relação da CCS com a atividade do animal na sombra para o verão e deitado para o inverno, sendo um dos fatores que tiveram influência para o aumento da CCS. Constatou-se também que o uso de sistema de resfriamento adiabático evaporativo no inverno, foi benéfico para a qualidade do leite, reduzindo a CCS. Segundo a análise de componentes principais o tempo de funcionamento do Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo em ambas estações é de 20 minutos para manhã e 20 minutos para tarde para conforto dos animais.

Palavras-chave: bovinocultura de leite, climatização, componentes principais.

MULTIVARIATE ANALYSIS OF METEOROLOGICAL ELEMENTS AND BEHAVIORAL RESPONSES OF GIROLAND COWS AND THEIR EFFECTS ON MILK QUALITY

ABSTRACT: Stress due to high temperatures affects both health and milk quality of cows. This phenomenon often occurs in tropical, subtropical and temperate regions. The objective of this study was to analyze the Principal Components of environmental variables and behavioral parameters that have the greatest influence on milk quality in the summer and winter season, to determine the best climate for animal comfort in both seasons. The data used in the study came from an experiment conducted in Pernambuco's Wilderness Region (8°36'34.82"S and 36°37'33.09"W; 755 m) in the summer and winter season of 2009. The climatization effect was determined from four waiting times in the pre-milking corral, being 0, 10, 20 and 30 min, where 0 min was the control. Sixteen lactating multiparous Girolando cows with average weight of 500 kg and average milk production of 18 kg day⁻¹ were selected. Exploratory analysis of the data was performed using a multivariate statistical technique using principal components, in which 26 variables were admitted (13 variables for summer and the same for winter). The morning and afternoon shifts presented total variance results of 87.9% and 84.1%, respectively. There was a strong relationship between CCS and animal activity in shade for summer and lying down for winter, being one of the factors that influenced the increase in CCS. It was also found that the use of evaporative adiabatic cooling system in winter was beneficial for milk quality, reducing CCS. According to the principal component analysis the operating time of the Evaporative Adiabatic Cooling System at both stations is 20 minutes in the morning and 20 minutes in the afternoon for animal comfort.

Keywords: dairy cattle, air conditioning, main components.

3.1. INTRODUÇÃO

O estresse animal por altas temperaturas, afeta tanto a saúde quanto à qualidade do leite de vacas, este fenômeno ocorre frequentemente em regiões tropicais, subtropicais e temperadas (KADZERE et al., 2002; WEST, 2003; LIU et al., 2017). Para vacas leiteiras da raça Holandês a temperatura ideal deve situar-se entre 24 a 26 °C, em que temperaturas acima ou abaixo desta faixa, pode ocasionar interferência no comportamento animal e redução da qualidade do leite (MIRANDA & FREITAS, 2009; CRUZ et al., 2016).

Diante disso, melhorias no acondicionamento das vacas, buscando o melhor conforto possível para esses animais vem sendo comumente estudada. Os currais de espera ou as salas de pré-ordenha são pontos críticos de temperatura dentro das propriedades leiteiras, pois, nesses ambientes os animais permanecem um determinado período de tempo, variando o tempo de espera em função da quantidade de animais.

Pesquisas recentes evidenciam que a utilização de sistemas de resfriamento adiabático evaporativo, que consiste na combinação de ventilação e umidificação do ar utilizando através de nebulizadores a baixa pressão, vem proporcionando melhores condições de conforto as vacas (AVENDAÑO-REYES et al., 2012; ALMEIDA et al., 2013; CHEN, SCHÜTZ & TUCKER, 2015; PORTO, D'EMILIO & CASCONE, 2017).

Dentre os fenômenos que atuam no conforto das vacas leiteiras, as condições microclimáticas (temperatura, umidade relativa e velocidade do vento), são as de maior importância (PORTO, D'EMILIO & CASCONE, 2017). Contudo, a localidade é um fator que determina a utilização ou não de ferramentas que proporcionem criar um microclima ideal, a exemplo de Ortiz et al. (2010a), Ortiz et al. (2010b) e Ortiz et al. (2015), estudando o conforto de vacas holandesas em região árida (Temperaturas > 30°C), verificaram que o uso sistemas de resfriamento foram essenciais para o controle térmico desses animais e melhorias na produtividade de leite.

Explicar as variáveis ambientais que envolvem o microclima e os parâmetros comportamentais das vacas dentro desse ambiente, relacionando com a qualidade do leite, é complexo, visto que envolve um conjunto grande de variáveis, uma vez que as análises estatísticas convencionais podem capturar o efeito de apenas uma ou duas variáveis. Contudo, Macciotta et al. (2012) afirmam que o uso da análise multivariada é viável, pois essa técnica pode explicar mais de duas variáveis envolvidas.

Gabbi et al. (2018), analisaram por meio da análise multivariada níveis de nutrientes digestíveis totais, período experimental e produção, composição e qualidade do leite, e observaram a formação de dois conjuntos de variáveis, sendo cada conjunto com relação de

mais de 2 variáveis. Tian et al. (2016), fizeram uso da análise multivariada para separar dois grupos compostos por 22 vacas leiteiras cada, sendo um com vacas sob estresse por calor e o outro sem estresse por calor, e observaram separação distinta entre os grupos. Ambos autores conseguiram variância total de 87,22% (GABBI et al., 2018) e (86,1% A e 63,9% B) (TIAN et al., 2016), para explicar a relação entre as variáveis.

Valores da variância total superior a 70% indica um nível de adequação da análise multivariada, classificados como bem aceito (KAISER, 1958). Contudo, existem estudos que apresentam uma variância total para explicar a relação entre suas variáveis com um nível inferior a 70%, conforme achados de Zhang et al. (2017), em que compararam os metabólitos ruminais inteiros em vacas leiteiras alimentadas com dieta baixa em concentrado e rica em concentrado e obtiveram uma variância total de 46,40% e 64,30%. Alessio et al. (2016), que estudaram os fatores que influenciam na variação de lactose do leite bovino, obtiveram uma variância total de 68,90% das variáveis.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho analisar as Componentes Principais das variáveis ambientais e parâmetros comportamentais que apresentam maior influência na qualidade do leite, na estação de verão e inverno, determinar qual o melhor tempo de climatização para o conforto dos animais em ambas estações.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados no estudo foram provenientes de um experimento conduzido em uma propriedade com ênfase na produção leiteira (Figura 10). Localizada na Mesorregião Agreste, Microrregião do Vale do Ipojuca do Estado de Pernambuco (8°36'34.82"S e 36°37'33.09"W; 755 m), no ano de 2009, nas estações de verão (fevereiro a março) e inverno (julho a agosto).

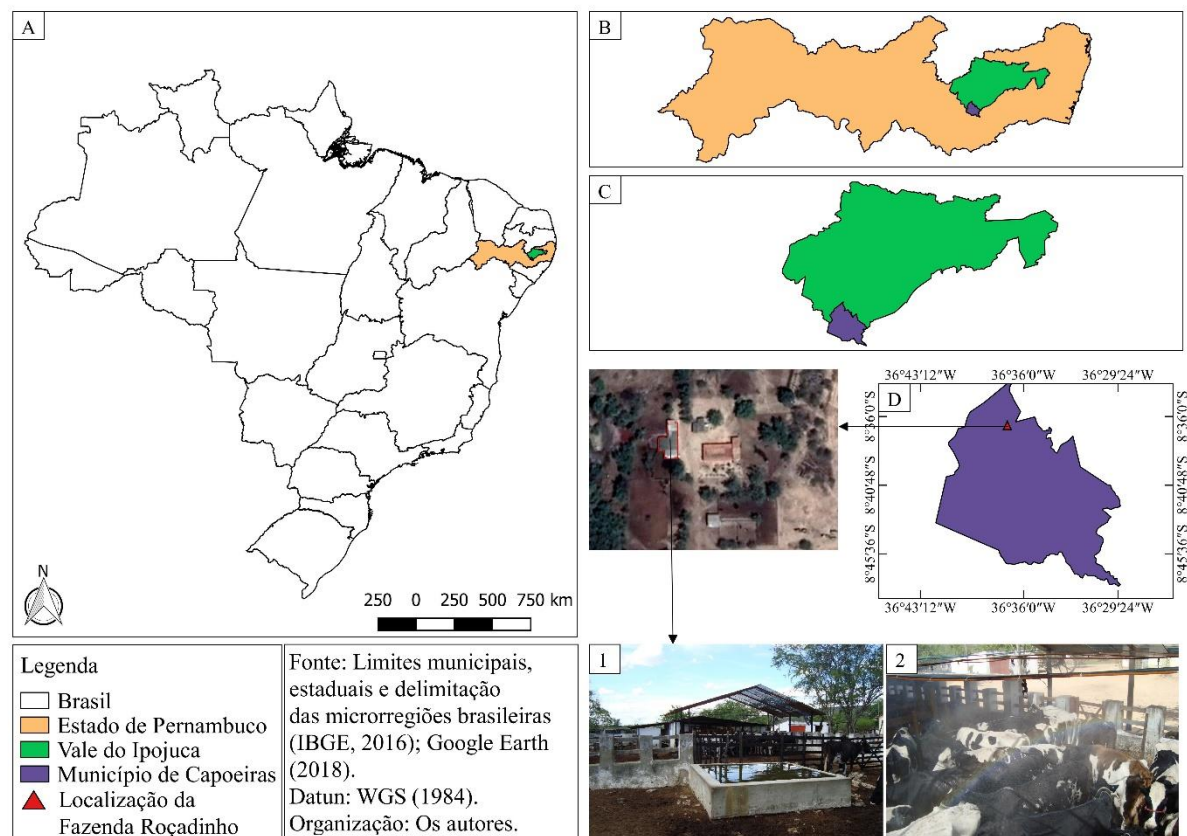


Figura 10. Localização da propriedade no município de Capoeiras, Estado de Pernambuco, Brasil.

A: Brasil; B: Estado de Pernambuco; C: Microrregião do Vale do Ipojuca; D: Município de Capoeiras; 1: Vista externa da sala de pré-ordenha; 2: Vista interior da sala de pré-ordenha.

A precipitação pluviométrica média da região é de 620,3 mm (APAC, 2019), com temperatura média anual de 20,3 °C (INMET, 2019). Conforme a classificação climática de Köppen, o clima é caracterizado como Bsh – semiárido (ALMEIDA et al., 2011). No verão de 2009 a temperatura média baseando-se em uma série histórica de 30 anos foi de 22,8 °C e no inverno de 20,3 °C (INMET, 2019).

O estudo teve uma duração de 56 dias para cada estação, totalizando 112 dias, divididos em 4 épocas de 14 dias, sendo os sete primeiros dias de cada fase experimental destinados para a adaptação dos animais ao ambiente climatizado, durante a espera no curral antes das ordenhas. Os outros sete dias após a adaptação dos animais, foram para registrar as variáveis meteorológicas do curral de espera, parâmetros comportamentais e a determinação da qualidade do leite. O efeito da climatização foi determinado a partir de quatro tempos de espera no curral da pré-ordenha, sendo de 0, 10, 20 e 30 min, em que 0 min foi o controle.

Foram selecionadas 16 vacas Girolando múltiparas em lactação, com peso médio de 500 kg e produção média de leite de 18 kg dia⁻¹ (Figura 11). Os animais foram separados em

quatro conjuntos (C1, C2, C3 e C4), com quatro animais para cada conjunto, de modo a assegurar maior homogeneidade entre os conjuntos.



Figura 11. Vacas Girolando selecionadas para o estudo.

A temperatura do ar – T ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar – UR (%) e a temperatura do globo negro – T_{gn} ($^{\circ}\text{C}$), foram registradas por meio de *dataloggers* modelo HOBO Pro Dataloggers HB8 (Onset Computer Corporation Bourne, MA, USA). Os sensores foram posicionados no centro geométrico do curral de espera, à 2,5 m do piso (Figura 12A) e a 1,5 m no ambiente externo, sendo este, instalado em um abrigo meteorológico (Figura 12B).

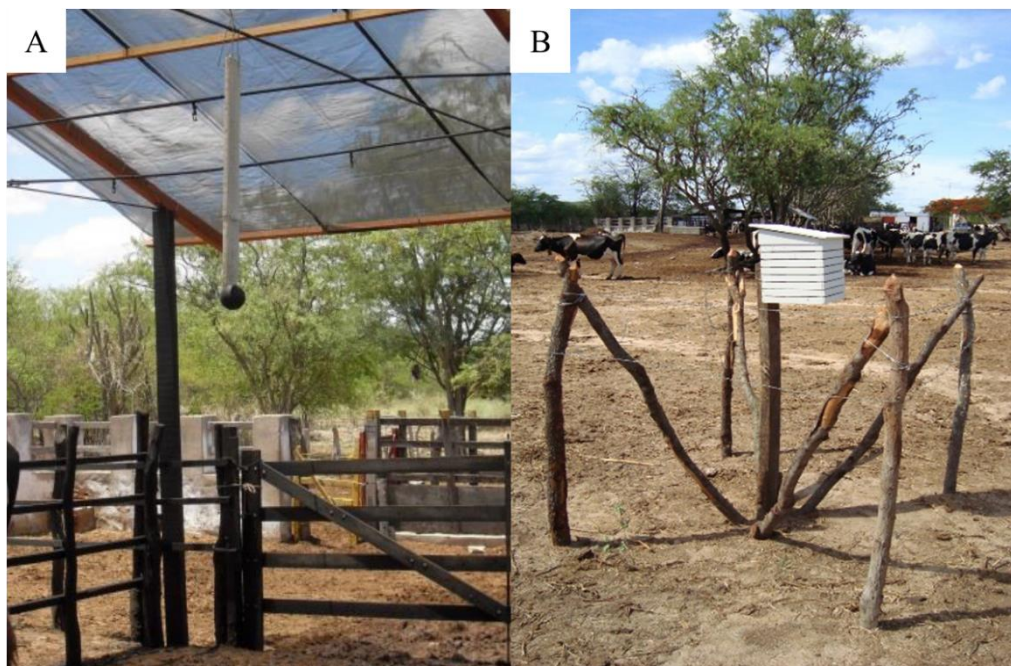


Figura 12. Sensores no interior do curral de espera (A); abrigo meteorológico no ambiente externo com sensores instalados (B).

A velocidade do vento (m s^{-1}), foi registrada através de um anemômetro de hélice (marca AZ Instrument[®]/modelo 8908). Os registros foram realizados no ambiente externo e interno do curral de espera, durante o período de permanência dos animais na pré ordenha.

O manejo dos animais se deu em uma área aberta, composta por uma área de descanso para os animais após a ordenha. O horário da ordenha na manhã foi entre 0500 e 0700 h e no turno da tarde foi das 1300 às 1500 h.

Os parâmetros comportamentais foram realizados por meio de observações planejadas em intervalos significativos, sendo registradas as atividades comendo, bebendo, ruminando, andando, deitada e em pé. Os registros foram feitos por meio do método focal, em intervalos de 10 minutos, nos horários de 0700 às 1300 h e de 1500 às 1700 h, feito duas vezes em cada semana de registro de dados.

A contagem de células somáticas do leite, se deu em duas coletas para cada fase, no turno da manhã e tarde, com amostras individuais do leite de cada animal, em seus respectivos tratamentos, e foram analisadas no laboratório do Programa de Gerenciamento de Rebanhos Leiteiros do Nordeste (PROGENE), do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

As medidas da TR, foram realizadas com o auxílio de um termômetro digital de uso veterinário (escala entre 20 e 50 °C), introduzido no reto dos animais, durante o tempo de 1 min para estabilização e obtenção do valor da temperatura.

Foram utilizados 16 animais, distribuídos aleatoriamente em 4 conjuntos (C1, C2, C3 e C4), com 4 fases experimentais (F1, F2, F3 e F4) e 4 tempos de climatização, sendo: T0 (sem climatização na pré-ordenha), T1 (climatização de 10 min na pré-ordenha), T2 (climatização de 20 min na pré-ordenha) e T3 (climatização de 30 min na pré-ordenha) (Figura 13).

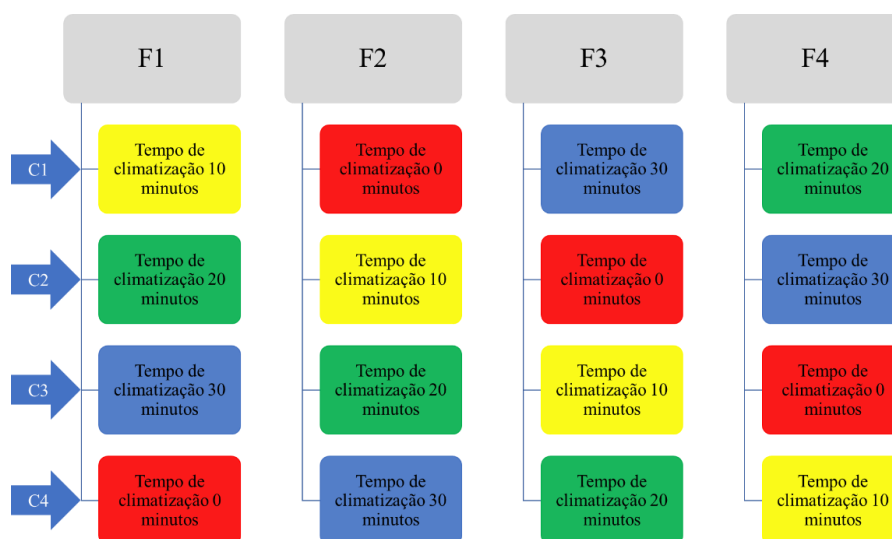


Figura 13. Representação do delineamento experimental empregado.

F: Fases experimentais divididas em 4 períodos de 14 dias; C: Conjunto composto de 4 animais.

Adotou o emprego de uma análise exploratória dos dados através da análise de componentes principais, em que se admitiu 13 variáveis para o verão e inverno, totalizando um conjunto de 26 variáveis, sendo: temperatura do ar (T), umidade relativa (UR), velocidade do vento (Vv), contagem de células somáticas (CCS multiplicado por 1000), temperatura retal (TR), atividade do animal na sombra, sol, ruminando, andando, deitado, pé, comendo e bebendo.

A partir das componentes principais extraídas obteve-se os gráficos bidimensionais. Na extração das componentes principais, fez-se uma padronização dos dados denominada de matriz de covariância. A partir da matriz de covariância dos dados, foram extraídos os autovalores que originam os autovetores (KAISER, 1958).

Essa análise foi realizada de forma a identificar novas variáveis que expliquem a maior parte da influência das variáveis. Utilizou-se o critério de Kaiser, considerando os autovalores acima de 1, pois geram componentes com quantidade relevante de informação contida nos dados originais, fazendo o descarte das componentes que apresentarem autovalor inferior a 1 (KAISER, 1958).

A partir da Análise de Componentes Principais, foi determinada as principais variáveis preditoras que têm influência na qualidade do leite e aplicado uma análise de regressão múltipla, a determinar um modelo para cada turno e estação estudada.

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1. Turno da Manhã

Na Tabela 4 são apresentadas as componentes principais do conjunto de variáveis estudadas e o acumulativo das 26 variáveis, em ambas estações no turno da manhã. As CP1, e CP2, apresentaram autovalor superior a 1, conforme o critério estabelecido por Kaiser (1958), sendo estes de ordem de 14,334 e 8,575, respectivamente, para as estações de verão e inverno.

Tabela 4. Componentes principais das variáveis ambientais, temperatura retal, parâmetros comportamentais e contagem de células somáticas do leite de vacas leiteiras no turno da manhã na estação de verão e inverno.

Variável	Componente Principal Verão		Componente Principal Inverno	
	*CP1	CP2	CP1	CP2
¹ T	-0,251	0,104	-0,207	0,209
² UR	0,251	-0,104	0,222	0,186
³ Vv	0,193	-0,219	0,200	-0,211
⁴ CCS	-0,122	-0,067	-0,212	0,168
⁵ TR	-0,214	-0,192	-0,119	-0,298
Sombra	-0,130	0,281	0,207	0,170
Sol	0,056	-0,331	-0,191	-0,207
Ruminando	0,239	-0,056	-0,262	0,020
Andando	0,196	-0,216	0,099	0,304
Deitado	0,227	-0,172	-0,219	-0,189
Pé	-0,234	0,124	0,223	0,090
Comendo	0,173	0,177	-0,104	-0,311
Bebendo	0,124	0,069	0,227	0,160
Autovalor	14,334	8,575	14,334	8,575
Proporção	0,551	0,330	0,551	0,330
Acumulado	0,551	0,881	0,551	0,881

¹T: temperatura do ar; ²UR: umidade relativa do ar; ³Vv: velocidade do vento; ⁴CCS: contagem de células somáticas; ⁵TR: temperatura retal;

*CP: componente principal.

As componentes 1 e 2 foram as usadas, tendo em vista que as mesmas apresentaram uma variância total acumulativa para a CP2 de 88,10%. Resultados semelhantes foram observados por Gabbi et al. (2018), em que relacionaram níveis de nutrientes digestíveis totais, período experimental, produção, composição e qualidade do leite, em raças leiteiras

Jersey, Holandês e Jersey x Holandês, e obtiveram resultado acumulativo para CP2 de 87,24%.

Analisando a componente principal de cada variável, se observou que na estação de verão a contagem de células somáticas (CCS), foi fortemente influenciada pela temperatura do ar (T), temperatura retal (TR), atividade do animal na sombra e em pé. Já as variáveis umidade relativa (UR), velocidade do vento (Vv), atividade no sol, ruminando, andando, deitado, comendo e bebendo, tiveram relação inversamente proporcional a CCS.

Foi observado uma influência da atividade do animal na sombra com a CCS, na estação de verão. Com isso pode-se afirmar que a maior atividade do animal na sombra, ocasiona aumento na CCS, por mais que seja uma contramedida do animal de evitar estresse térmico buscando a sombra para evitar radiação solar direta, o mesmo fica exposto ao contato a locais úmidos (solo com esterco, solo umedecido com a urina dos animais, dentre outros), que por sua vez possui uma quantidade significativa de bactérias, que pode ocasionar o aumento da CCS (ALHUSSIEN & DANG, 2018).

Na estação de inverno a CCS, foi fortemente influenciada pela temperatura do ar (T), temperatura retal (TR), atividade do animal no sol, ruminando, deitado e comendo. Já as variáveis umidade relativa (UR), velocidade do vento (Vv), atividade na sombra, em pé e bebendo, tiveram relação inversamente proporcional a CCS. Com temperaturas mais amenas na estação de inverno no turno da manhã, verificou que a atividade do animal na sombra não foi um fator significativo para o aumento da CCS, mas sim a atividade do animal deitado, que por sua vez, o úbere do animal fica em contato direto ao solo exposto com maior umidade, promovendo o acúmulo de bactérias.

Em contraposição Alhussien e Dang (2018) que avaliaram o impacto de diferentes estações do ano na contagem de células somáticas, cortisol e funcionalidade de neutrófilos no leite de três raças nativas indianas de bovinos (Tharparkar, Girolando e Sahiwal), afirmaram que a CCS é fortemente influenciada por altas temperaturas, pois, quanto maior for a temperatura, maior tende a ser a CCS. Contudo, nos achados do presente estudo, a temperatura do ar para ambas estações, encontrava-se dentro ou próxima a zona de conforto para o animal, no turno da manhã. Diante disso, a atividade do animal na sombra e deitado, no verão e inverno respectivamente, é a afirmação mais plausível para o aumento da CCS.

Ainda de acordo com Alhussien e Dang (2018) os autores observaram a atividade fagocitária em raças de vacas leiteiras, em três condições climáticas (inverno, quente e seco e quente e úmido) e verificaram a menor atividade fagocitária no clima quente e úmido. Esta atividade fagocitária é a resposta imune do organismo, essencial para a proteção do

organismo, o fracasso desta atividade resulta em infecções bacterianas. Assim, os maiores valores de CCS observada pelos autores, foram na estação quente úmida, onde se teve a menor atividade fagocitária, nisso é seguro afirmar que os maiores valores de umidade é um dos agentes responsáveis para o aumento da CCS.

A Figura 14 representa a análise de componentes principais, para as variáveis ambientais, temperatura retal, contagem de células somáticas e os parâmetros comportamentais para as estações de verão e inverno (Figura 14A) e os sistemas de resfriamento adiabático evaporativo nos tempos (0, 10, 20 e 30 minutos) (Figura 14B), no turno da manhã.

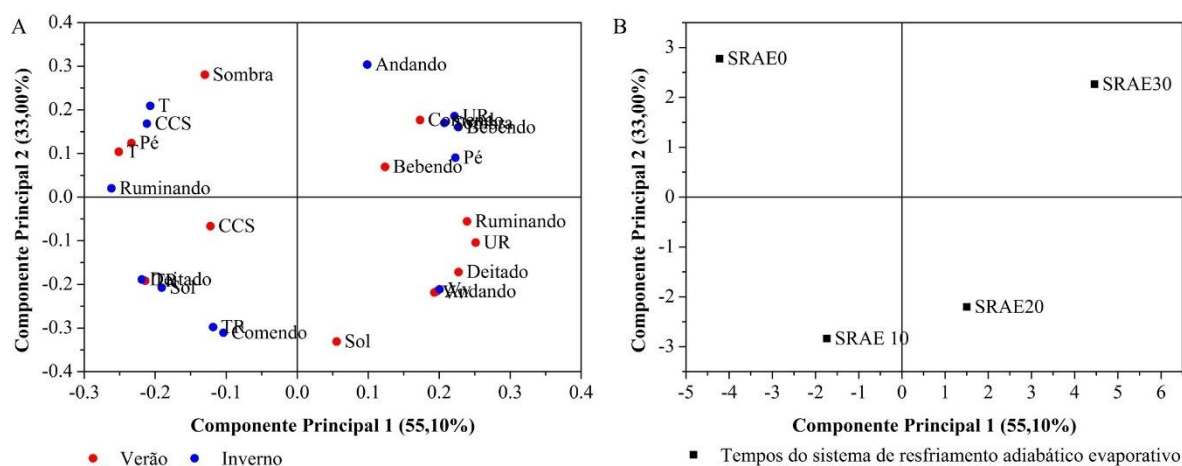


Figura 14. Gráficos bidimensionais das componentes principais para as variáveis ambientais, temperatura retal, parâmetros comportamentais e contagem de células somáticas do leite no turno da manhã na estação de verão e inverno (A); Componentes principais do tempo de funcionamento do sistema de resfriamento adiabático evaporativo na manhã (B).

T: temperatura do ar; UR: umidade relativa do ar; Vv: velocidade do vento; TR: temperatura retal; CCS: contagem de células somáticas.

Mesmo a estação de inverno podendo apresentar locais mais úmidos, principalmente em áreas sombreadas, a atividade do animal na sombra não foi um fator que colaborou para o aumento da CCS. Contudo a atividade do animal deitado, teve uma relação com a CCS, pois no inverno seja em áreas com incidência solar ou sombreadas, há mais locais úmidos na área de confinamento de animais.

Anderson et al. (2013), avaliaram a eficiência de ventiladores estacionários com sistema *mister* (CTRL) com o *FlipFan Dairy Cooling System* (FLFN) que emprega ventiladores e *misters* que seguem a sombra, proporcionando assim maior tempo de resfriamento aos animais, observaram que as vacas resfriadas pelo FLFN passaram mais

tempo deitadas ao longo do dia. No entanto, segundo os autores, o piso sob altas umidades, pode ser um agente promissor para o aumento da CCS. Diante desses achados, no presente estudo, os animais que receberam maior tempo de resfriamento no inverno, ficaram mais tempo deitado (Figura 14A e Figura 14B), implicando em maior contido do úbere das vacas em locais úmidos, com possível concentração de bactérias.

Constatou-se também que o uso de sistema de resfriamento adiabático evaporativo no inverno, foi benéfico para a qualidade do leite, reduzindo a CCS. Almeida Neto et al., (2014) estudaram o efeito de diferentes tempos de resfriamento adiabático evaporativo no inverno em região semiárida, e não observaram alterações na qualidade do leite com o emprego do sistema de resfriamento.

A menor atividade ruminando e, conseqüentemente, comendo, se deu por elevadas temperaturas, visto que a T é inversamente proporcional a atividade ruminando e comendo (Figura 14A). Corroborando a Avendaño-Reyes et al. (2012) e Soriani, Panella e Calamari (2013), que observaram relação semelhante, em que temperaturas ambientais elevadas reduzem a ruminação, as contrações ruminais e, assim, inibem o apetite do animal.

Estudo realizado por De et al. (2017) avaliaram o efeito da alta temperatura ambiente no comportamento de ovinos em ambiente tropical semiárido, observaram que a proporção de tempo gasto na ruminação foi significativamente menor no grupo submetido a altas temperaturas. O mesmo foi observado por Abeni & Galli (2017) que avaliaram o tempo de ruminação e a digestibilidade da dieta de vacas leiteiras holandesas expostas à ambiente quente. Ainda de acordo com os autores, os animais submetidos a altas temperaturas passaram mais tempo em pé. Resultado semelhante pode ser observado no presente estudo para a testemunha (SRAE 0), onde os animais passaram mais tempo em pé no verão e menor ruminação, fato que se constata que os animais se encontravam sob estresse térmico (Figura 14A e Figura 14B).

Na estação de inverno para a CP2, foi observado uma relação forte da atividade do animal andando relacionada com a SRAE 0 e 30, o que se explica em duas premissas, o animal estava em conforto ideal (SRAE 30) e foi em busca de alimento, ou o animal estava em estresse térmico (SRAE 0) e aumentou a atividade andando para dissipação de calor ou busca por água, sendo a primeira premissa mais plausível, pois a atividade comendo e ruminando está oposta à andando para o inverno, que por sua vez a atividade bebendo está relacionada com a andando (Figura 14A e Figura 14B). Ressalta que a temperatura retal está oposta à atividade do animal andando, o que também indica uma condição de estresse. Portanto, o animal encontrava-se em estresse térmico observando através da atividade

andando do animal no inverno, corroborando com De et al. (2017) e Abeni e Galli (2017), que observaram que a maior atividade do animal andando, indica uma condição de estresse térmico.

Avaliando a componente principal 1 (CP1), observa-se que aplicação da SRAE 20 e SRAE 30 não se diferiram na melhoria do conforto animal, no qual a Vv e a UR se localizam no mesmo vetor de ambos tempos da SRAE (20 e 30 minutos) para ambas estações. Com isso o uso do tempo de 20 minutos, seria o mais recomendado visando economias com energia e água (Figura 14A e Figura 14B).

Conforme a análise de componentes principais aplicada para o turno da manhã em ambas estações, foi possível estabelecer dois modelos para determinação da CCS por meio da análise de regressão múltipla, com as principais variáveis que influenciou a CCS em cada estação, apresentadas nas equações 8 e 9, respectivamente:

Verão:

$$\begin{aligned} \text{CCS} = & -278916 + 15682 \cdot T + 170,5 \cdot UR + 6951 \cdot TR + 836 \cdot \text{Som} - 5443 \cdot P - 413 \cdot T \cdot TR \\ & + 37,1 \cdot T \cdot P - 9,46 \cdot UR \cdot \text{Som} + 122,7 \cdot TR \cdot P \quad (\text{Eq. 8}) \\ R^2 = & 87,45\% \end{aligned}$$

onde:

- CCS = Contagem de células somáticas (multiplicado por 1000);
- T = Temperatura do ar (°C);
- UR = Umidade relativa (%);
- TR = Temperatura retal (°C);
- Som = Atividade do animal na sombra (%);
- P = Atividade do animal em pé (%).

Inverno:

$$\begin{aligned} \text{CCS} = & 440,7 - 289 \cdot T - 348,6 \cdot UR + 125,7 \cdot TR + 238,7 \cdot \text{Rum} + 231,2 \cdot \text{Dei} - 76,3 \cdot T \cdot TR - \\ & 460 \cdot T \cdot \text{Rum} - 248 \cdot UR \cdot \text{Dei} + 49,5 \cdot TR \cdot \text{Rum} - 42,6 \cdot \text{Rum} \cdot \text{Dei} - 599 \cdot T \cdot UR \cdot \text{Dei} \\ & + 726 \cdot UR \cdot \text{Rum} \cdot \text{Dei} \quad (\text{Eq. 9}) \\ R^2 = & 97,41\% \end{aligned}$$

onde:

- CCS = Contagem de células somáticas (multiplicado por 1000);

- T = Temperatura do ar (°C);
- UR = Umidade relativa (%);
- TR = Temperatura retal (°C);
- Rum = Atividade do animal ruminando (%);
- Dei = Atividade do animal deitado (%).

3.3.2. Turno da Tarde

Na Tabela 5 são apresentadas as componentes principais do conjunto de variáveis estudadas e o acumulativo das 26 variáveis, em ambas estações no turno da tarde. As CP1, e CP2, apresentaram autovalor superior a 1, conforme o critério estabelecido por Kaiser (1958), sendo 16,112 e 7,287 respectivamente.

Tabela 5. Componentes principais das variáveis ambientais, temperatura retal, parâmetros comportamentais e contagem de células somáticas do leite de vacas leiteiras no turno da tarde no verão e inverno.

Variável	Componente Principal Verão		Componente Principal Inverno	
	*CP1	CP2	CP1	CP2
¹ T	-0,245	0,071	-0,246	0,058
² UR	0,243	-0,083	0,247	-0,004
³ Vv	0,205	-0,204	0,209	-0,184
⁴ CCS	-0,149	-0,253	-0,220	0,148
⁵ TR	-0,237	-0,096	-0,233	0,085
Sombra	-0,145	0,276	0,172	0,224
Sol	0,082	-0,345	-0,154	-0,260
Ruminando	0,223	-0,013	-0,245	-0,028
Andando	0,207	-0,197	0,066	0,343
Deitado	0,228	-0,142	-0,187	-0,243
Pé	-0,226	0,088	0,205	0,135
Comendo	0,137	0,226	-0,066	-0,354
Bebendo	0,120	0,092	0,194	0,216
Autovalor	16,112	7,287	16,112	7,287
Proporção	0,620	0,280	0,620	0,280
Acumulado	0,620	0,900	0,620	0,900

¹T: temperatura do ar; ²UR: umidade relativa do ar; ³Vv: velocidade do vento; ⁴CCS: contagem de células somáticas; ⁵TR: temperatura retal; *CP: componente principal.

As componentes 1 e 2 foram as usadas, tendo em vista que as mesmas apresentaram uma variância total acumulativa para a CP2 de 90,00%. Macciotta et al. (2006) e Yilmaz et al. (2011) aplicando a análise multivariada em estudo com raça de bovino Simental e Suíços respectivamente, obtiveram uma variância total de 80% em bovinos Simental e de 82,8% para bovinos Suíços.

Analisando a influência de cada variável em cada estação estudada, as variáveis que tiveram influência na contagem de células somáticas (CCS) no verão foi a temperatura do ar (T), temperatura de globo negro (Tgn), temperatura retal (TR), atividade do animal na sombra (Som), e em pé (P) e para a estação de inverno foi a temperatura do ar (T), temperatura de globo negro (Tgn), temperatura retal (TR), atividade do animal no sol, ruminando e deitado (Tabela 5). Observou-se que as variáveis T, Tgn e TR, foram as mesmas que tiveram com a CCS tanto na manhã (Tabela 4) quanto a tarde (Tabela 5) para ambas estações.

A mesma relação do aumento da CCS no verão quanto no inverno, pode ser observada no turno da tarde. A sombra foi um dos fatores que teve influência no aumento da CCS na estação de verão, enquanto na de inverno a atividade do animal deitado que influenciou (Tabela 4 e Tabela 5). Entretanto Almeida et al., (2013) não observaram diferença na contagem de células somáticas e nenhum tipo de relação dessa variável com a atividade do animal na sombra ou deitado no turno da tarde.

Wildridge et al. (2018) afirmam que existe um atraso do efeito das variáveis ambientais sob a composição e qualidade do leite de 1 a 2 dias em vacas leiteiras. Diante disso, no turno da tarde, as temperaturas se encontravam acima da faixa de conforto, nisso o estresse que os animais receberam a tarde pode ter contribuído para o aumento da CCS em uma escala de tempo de até dois dias.

A Figura 15 representa os gráficos da análise de componentes principais, para as variáveis ambientais, temperatura retal, contagem de células somáticas e os parâmetros comportamentais para as estações de verão e inverno (Figura 15A) e os sistemas de resfriamento adiabático evaporativo nos tempos (0, 10, 20 e 30 minutos) (Figura 15B), no turno da tarde.

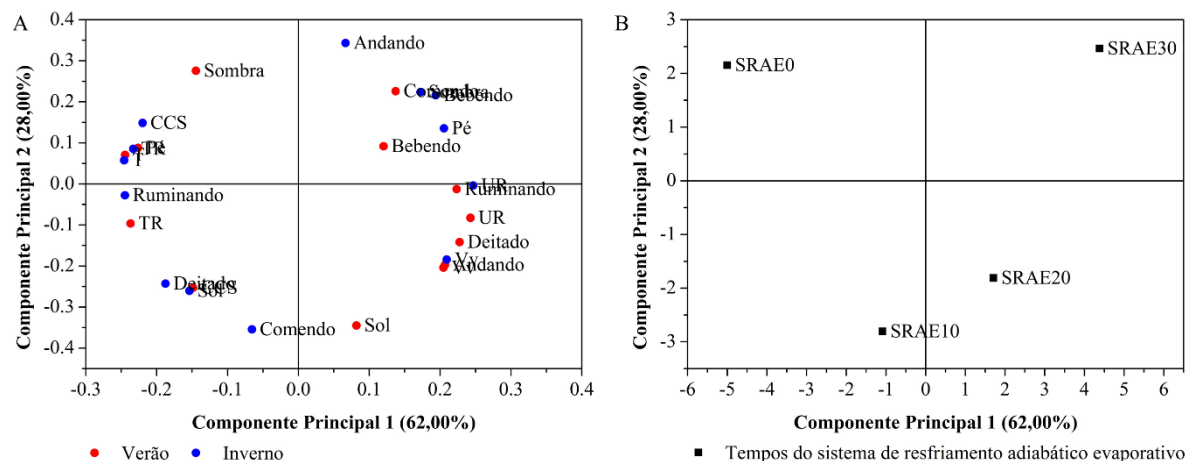


Figura 15. Componentes principais das variáveis ambientais, temperatura retal, parâmetros comportamentais e contagem de células somáticas do leite de vacas leiteiras no turno da tarde no verão e inverno (A); Componentes principais do tempo de funcionamento do sistema de resfriamento adiabático evaporativo na tarde (B).

T: temperatura do ar; UR: umidade relativa do ar; Vv: velocidade do vento; TR: temperatura retal; CCS: contagem de células somáticas.

Foi verificado que a atividade do animal em pé à tarde (Figura 15A) na SRAE 0 (Figura 15B) no verão, teve influência direta com a T que refletiu no aumento da CCS, diminuindo a qualidade do leite. Contudo, no inverno essa influência não pode ser observada, este fato se dá pelas menores temperaturas no inverno, não implicando em alto estresse térmico ao animal. Abeni e Galli (2017), monitoraram a atividade de vacas leiteiras holandesas e o seu tempo de ruminação para detecção precoce do estresse térmico, em uma região da Itália e observaram a mesma influência, os animais sob estresse térmico apresentaram maior atividade em pé, onde os animais visam por sua vez a busca por sombra e água.

A mesma situação pode ser observada por Allen et al. (2015), onde o aumento da temperatura corporal levou ao aumento do tempo de permanência em pé, assim como aos resultados de Brzozowska et al. (2014), onde um número maior de passos por dia foi relatado em vacas durante os meses de verão.

Conforme observado nas Figura 14, o funcionamento do sistema de resfriamento adiabático evaporativo no tempo de 20 minutos foi suficiente para melhorias no conforto animal de forma significativa, gerando economias com energia e água. O mesmo foi observado no turno da tarde, analisando a CP1 o tempo de 20 minutos foi suficiente para o conforto animal no curral de espera, visto que o uso de um tempo de 30 minutos não implicará em aumento da UR de forma significativa (Figura 15).

Conforme a análise de componentes principais aplicada para o turno da tarde em ambas estações, foi possível estabelecer dois modelos para determinação da CCS por meio da análise de regressão múltipla, com as principais variáveis que influenciou a CCS em cada estação, apresentadas nas equações 10 e 11, respectivamente:

Verão:

$$CCS = 1008 - 139*T + 39,5*UR - 903*Som + 35,3*T*Som \quad (Eq. 10)$$

$$R^2 = 57,00\%$$

onde:

- CCS = Contagem de células somáticas (multiplicado por 1000);
- T = Temperatura do ar (°C);
- UR = Umidade relativa (%);
- Som = Atividade do animal na sombra (%).

Inverno:

$$CCS = 231,8 - 4*T + 32,3*UR - 35,9*TR + 28*Rum + 139,2*Dei + 241,3*T*TR - 297*UR*Dei + 104,4*T*UR*Dei + 255*T*UR*TR*Dei \quad (Eq. 11)$$

$$R^2 = 70,05\%$$

onde:

- CCS = Contagem de células somáticas (multiplicado por 1000);
- T = Temperatura do ar (°C);
- UR = Umidade relativa (%);
- TR = Temperatura retal (°C);
- Rum = Atividade do animal ruminando (%);
- Dei = Atividade do animal deitado (%).

3.4. CONCLUSÕES

A aplicação da análise multivariada pelo método de Componentes Principais (CP) em variáveis ambientais, parâmetros comportamentais e na qualidade do leite de vacas leiteiras, mostrou-se uma ferramenta eficiente para identificação de um conjunto de variáveis, comparando todas variáveis entre si.

O aumento da CCS teve influência com a atividade do animal na sombra (verão) e deitado (inverno), contudo, faz-se necessário a realização de estudos futuros para afirmar com exatidão esses achados.

Segundo a análise de componentes principais o tempo de funcionamento do Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo em ambas estações é de 20 minutos para manhã e 20 minutos para tarde para conforto dos animais.

A Análise de Componentes Principais possibilitou extrair as principais variáveis preditoras que têm influência sobre a qualidade do leite e estabelecer um modelo para cada turno e estação que determine a qualidade do leite.

3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABENI, F.; GALLI, A. Monitoring cow activity and rumination time for an early detection of heat stress in dairy cow. **International Journal of Biometeorology**, v. 61, n. 3, p. 417-425, 2017.
- AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA – APAC. **Monitoramento pluviométrico**. 2019. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>>. Acesso em: 07 mar. 2019.
- ALESSIO, D. R. M.; NETO, A. T.; VELHO, J. P.; PERREIRA, I. B.; MIQUELLUTI, D. J.; KNOB, D. A.; SILVA, C. G. Multivariate analysis of lactose content in milk of Holstein and Jersey cows1. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, p. 2641-2652, 2016.
- ALHUSSIEN, M. N.; DANG, A. K. Impact of different seasons on the milk somatic and differential cell counts, milk cortisol and neutrophils functionality of three Indian native breeds of cattle. **Journal of Thermal Biology**, v. 78, p. 27-35, 2018.
- ALLEN, J. D.; HALL, L. W.; COLLIER, R. J.; SMITH, J. F. Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 1, p. 118-127, 2015.
- ALMEIDA NETO, L. A.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; GUISELINI, C. Climatização na pré-ordenha de vacas Girolando no inverno do semiárido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 10, p. 1072-1078, 2014.
- ALMEIDA, G. L. P. de.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; HENRIQUE, H. M.; ALMEIDA, G. A. P. de. Uso do sistema de resfriamento adiabático evaporativo no conforto térmico de

- vacas da raça girolando. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 7, p. 754-760, 2011.
- ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; BARBOSA, S. B.; PEREIRA, D. F.; GUISELINI, C.; ALMEIDA, G. A. Comportamento, produção e qualidade do leite de vacas Holandês-Gir com climatização no curral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 892-899, 2013.
- ANDERSON, S. D.; BRADFORD, B. J.; HARNER, J. P.; TUCKER, C. B.; CHOI, C. Y.; ALLEN, J. D.; HALL, L. W.; RUNGRUANG, S.; COLLIER, R. J.; SMITH, J. F. Effects of adjustable and stationary fans with misters on core body temperature and lying behavior of lactating dairy cows in a semiarid climate. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 7, p. 4738-4750, 2013.
- AVENDAÑO-REYES, L.; HERNÁNDEZ-RIVERA, J. A.; ÁLVAREZ-VALENZUELA, F. D.; MACÍAS-CRUZ, U.; DÍAZ-MOLINA, R.; CORREA-CALDERÓN, A.; ROBINSON, P. H.; FADEL, J. G. Physiological and productive responses of multiparous lactating Holstein cows exposed to short-term cooling during severe summer conditions in an arid region of Mexico. **International Journal of Biometeorology**, v. 56, n. 6, p. 993-999, 2012.
- BRZozowska, A.; ŁUKASZEWICZ, M.; SENDER, G.; KOLASIŃSKA, D.; OPRZĄDEK, J. Locomotor activity of dairy cows in relation to season and lactation. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 156, p. 6-11, 2014.
- CHEN, J. M.; SCHÜTZ, K. E.; TUCKER, C. B. Cooling cows efficiently with sprinklers: Physiological responses to water spray. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 10, p. 6925-6938, 2015.
- CRUZ, P. F. F.; MONTEIRO, C. P.; GUIMARÃES, E. C.; ANTUNES, R. C.; MATTOS NASCIMENTO, M. R. B. Physiological parameters, hair coat morphological characteristics And temperature gradients In Holstein-Gyr crossbred cows. **Bioscience Journal**, v. 32, n. 2, 2016.
- DE, K.; KUMAR, D.; SAXENA, V. K.; THIRUMURUGAN, P.; NAQVI, S. M. K. Effect of high ambient temperature on behavior of sheep under semi-arid tropical environment. **International Journal of Biometeorology**, v. 61, n. 7, p. 1269-1277, 2017.
- GABBI, A. M.; MCMANUS, C. M.; MARQUES, L. T.; ABREU, A. S.; MACHADO, S. C.; ZANELA, M. B.; BARBOSA, R. S.; FISCHER, V. Different levels of supplied energy for lactating cows affect physicochemical attributes of milk. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 27, n. 1, p. 11-17, 2018.

- INMET. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. 2019. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 23 fev. 2019.
- KADZERE, C. T.; MURPHY, M. R.; SILANIKOVE, N.; MALTZ, E. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, v. 77, n. 1, p. 59-91, 2002.
- KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, v. 23, n. 3, p. 187-200, 1958.
- LIU, Z.; EZERNIEKS, V.; WANG, J.; ARACHCHILLAGE, N. W.; GARNER, J. B.; WALES, W. J.; COCKS, B. G.; ROCHFORD, S. Heat stress in dairy cattle alters lipid composition of milk. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 961, 2017.
- MACCIOTTA, N. P. P.; CECCHINATO, A.; MELE, M.; BITTANTE, G. Use of multivariate factor analysis to define new indicator variables for milk composition and coagulation properties in Brown Swiss cows. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 12, p. 7346-7354, 2012.
- MACCIOTTA, N. P. P.; VICARIO, D.; CAPPIO-BORLINO, A. Use of multivariate analysis to extract latent variables related to level of production and lactation persistency in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 8, p. 3188-3194, 2006.
- MIRANDA, J. E. C.; FREITAS, A. F. Raças e tipos de cruzamentos para produção de leite. **Embrapa Gado de Leite-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2009.
- ORTIZ, X. A.; SMITH, J. F.; BRADFORD, B. J.; HARNER, J. P.; ODDY, A. Effects of running time of a cattle-cooling system on core body temperature of cows on dairy farms in an arid environment. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 10, p. 4949-4954, 2010b.
- ORTIZ, X. A.; SMITH, J. F.; VILLAR, F.; HALL, L.; ALLEN, J.; ODDY, A.; AL-HADDAD, A.; LYLE, P.; COLLIER, R. J. A comparison of 2 evaporative cooling systems on a commercial dairy farm in Saudi Arabia. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 12, p. 8710-8722, 2015.
- ORTIZ, X. A.; SMITH, J. F.; BRADFORD, B. J.; HARNER, J. P.; ODDY, A. A comparison of the effects of 2 cattle-cooling systems on dairy cows in a desert environment. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 10, p. 4955-4960, 2010a.
- PORTO, S. M. C.; D'EMILIO, A.; CASCONE, G. On the influence of the alternation of two different cooling systems on dairy cow daily activities. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 48, n. 1, p. 21-27, 2017.

- SORIANI, N.; PANELLA, G.; CALAMARI, L. Rumination time during the summer season and its relationships with metabolic conditions and milk production. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 8, p. 5082-5094, 2013.
- TIAN, H.; ZHENG, N.; WANG, W.; CHENG, J.; LI, S.; ZHANG, Y.; WANG, J. Integrated metabolomics study of the milk of heat-stressed lactating dairy cows. **Scientific Reports**, v. 6, p. 24208, 2016.
- WEST, J. W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 6, p. 2131-2144, 2003.
- WILDRIDGE, A.; THOMSON, P. C.; GARCIA, S. C.; JOHN, A. J.; JONGMAN, E. C.; CLARK, C. E.; KERRISK, K. L. The effect of temperature-humidity index on milk yield and milking frequency of dairy cows in pasture-based automatic milking systems. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 4479-4482, 2018.
- YILMAZ, I.; EYDURAN, E.; KAYGISIZ, A.; JAVED, K. Estimates of genetic parameters for lactation shape parameters with multivariate statistical technique in Brown Swiss cattle. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 13, n. 2, 2011.
- ZHANG, R.; ZHU, W.; JIANG, L.; MAO, S. Comparative metabolome analysis of ruminal changes in Holstein dairy cows fed low-or high-concentrate diets. **Metabolomics**, v. 13, n. 6, p. 74, 2017.

4.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inferência exploratória de dados ambientais, fisiologia, parâmetros comportamentais, produção, composição e qualidade do leite, por meio de análise multivariada, através do método de Componentes Principais (CP), mostrou-se uma ferramenta eficiente na identificação de um conjunto de mais de duas variáveis, visto que, os métodos estatísticos convencionais trabalham com a relação de apenas uma variável com outra.

O manejo do Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo na estação de verão e inverno, é uma abordagem necessária, com menores gastos de água e energia e em resposta maior eficiência produtivas das vacas em lactação, proporcionando um manejo adequado que beneficie o produtor de leite.

O aumento de patógenos tem intensa influência de agentes externos e comportamentais, observados através da Análise de Componentes Principais, em que o aumento da CCS teve relação com a atividade do animal na sombra (verão) e deitado (inverno).

Através do método de Componentes Principais (CP), foi possível situar as principais variáveis preditoras que tem influência direta na qualidade do leite no turno da manhã e tarde em cada uma das estações (verão e inverno) estudadas, e assim foi possível estabelecer modelos matemáticos através da análise de regressão múltipla para cada turno em cada estação. Desta forma, facilitará o manejo do produtor rural, de forma que, o mesmo possa manejar o sistema de confinamento dos animais visando os melhores resultados a qualidade do leite e assim aumentar o lucro sob a venda do leite.