



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Indira Cristiane Moreira Gonçalves

**DIAGNÓSTICO DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E
ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO EM DIFERENTES
APRISCOS LOCALIZADOS NO SERTÃO PERNAMBUCANO**

JUAZEIRO – BA
2015

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Indira Cristiane Moreira Gonçalves

**DIAGNÓSTICO DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E
ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO EM DIFERENTES
APRISCOS LOCALIZADOS NO SERTÃO PERNAMBUCANO**

Dissertação submetida à Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Campus Juazeiro, como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientadora: Prof. D. Sc. Sílvia Helena Nogueira Turco.

Co-orientador: Prof. D. Sc. Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão.

JUAZEIRO – BA
2015

	Gonçalves, Indira C. M.
G643d	Diagnóstico das variáveis meteorológicas e índices de conforto térmico em diferentes apriscos localizados no sertão pernambucano / Indira Cristiane Moreira Gonçalves. -- Juazeiro, 2015.
	xiii; 99 f.: il. 29 cm.
	Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro, Juazeiro-BA, 2015.
	Orientadora: Prof ^a Dra. Sílvia Helena Nogueira Turco.
	1. Construções rurais. 2. Ovinos e Caprinos – aquecimento e ventilação. I. Título. II. Turco, Sílvia Helena Nogueira. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.
	CDD 631.2

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca SIBI/UNIVASF

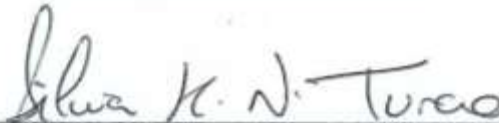
UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
MESTRADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

FOLHA DE APROVAÇÃO

Indira Cristiane Moreira Gonçalves

DIAGNÓSTICO DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E ÍNDICES DE
CONFORTO TÉRMICO EM DIFERENTES APRISCOS LOCALIZADOS
NO SERTÃO PERNAMBUCANO.

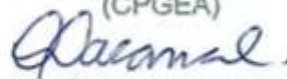
Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação *Strito Sensu* em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.



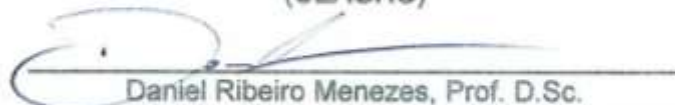
Sílvia Helena Nogueira Turco, Profa. D.Sc.
Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF
(CPGEA)



Mário de Miranda Vias Boas Ramos Leitão, Prof. D.Sc.
Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF
(CPGEA)



Cristiane Dacanal, Profa. D.Sc.
Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF
(CEAGRO)



Daniel Ribeiro Menezes, Prof. D.Sc.
Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF
(CPGCA)

DEDICATÓRIA

A Deus, pela sua infinita graça e misericórdia em minha vida. Aos meus pais, Almir e Adiva, pelo amor incondicional, dedicação e incentivo. À minha família, pelo apoio e confiança.

Dedico este trabalho com muito amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por sempre ter me dado forças e iluminado meus caminhos durante esta jornada acadêmica.

Aos meus pais que souberam confiar e acreditar no meu potencial, me ensinando a não desistir e vencer todos os obstáculos, aos meus irmãos, que se orgulharam de cada conquista e à minha família, pelo apoio, carinho e incentivo sem os quais a concretização deste trabalho seria mais difícil.

À minha orientadora, Prof^a. D.Sc. Sílvia Helena Nogueira Turco, por ter confiado em meu potencial, me permitindo vencer mais um desafio e, ainda, pelas importantes contribuições para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu co-orientador, Prof. D.Sc. Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão, pela orientação e dedicação durante toda pesquisa.

À CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

Às minhas amigas, Indiana, Leane, Gilmara e Naedja, por terem me acompanhado e ajudado durante às coletas de dados, tornando o trabalho mais fácil.

Ao técnico do Laboratório de Meteorologia da UNIVASF, Manoel, pelas contribuições e apoio para a realização deste estudo.

À secretária do CPGEA, Carol, pela disponibilidade em nos ajudar e pela torcida e incentivo a continuarmos na área acadêmica.

E a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

GONÇALVES, I.C.M. Diagnóstico das variáveis meteorológicas e índices de conforto térmico em diferentes apriscos localizados no sertão pernambucano. 2015. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Vale do São Francisco, UNIVASF, Juazeiro-BA.

RESUMO

O estado de Pernambuco está entre os maiores produtores de caprinos e ovinos do Nordeste. Desta forma, este trabalho foi realizado com o objetivo de fazer o diagnóstico das condições microclimáticas e avaliar a variabilidade espacial de alguns elementos meteorológicos de apriscos com diferentes aspectos construtivos localizados na cidade de Petrolina, Pernambuco. Foram analisadas três instalações, sendo: ASLC: Aprisco sem lanternim a nível do chão, ACLC: Aprisco com lanternim a nível do chão e ASLE: Aprisco sem lanternim a nível do elevado. A partir das variáveis meteorológicas Temperatura e Umidade Relativa do ar, Velocidade do vento e Temperatura de Globo Negro, foram determinados alguns Índices de Conforto Térmico animal sendo eles Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), Índice de Conforto Térmico para Ovinos (TCI), Carga Térmica Radiante (CTR) e Entalpia. O experimento foi realizado em duas estações, inverno e verão, onde os dados foram registrados por meio de mini estações meteorológicas instaladas dentro de cada aprisco e por meio de sensores digitais portáteis, termoanemômetros e termohigrômetros, nos meses de julho de 2014 e janeiro e fevereiro de 2015. A variabilidade espacial foi verificada em dois horários (9 horas e 15 horas). Verificou-se que não houve diferença significativa entre os apriscos, quanto aos parâmetros Temperatura do ar, Umidade Relativa do ar e ITU em todos os horários estudados, e em determinados momentos para a Velocidade do vento, ITGU, TCI e CTR e Entalpia. Quanto à análise da variabilidade espacial dos dados, foi possível observar que as baias posicionadas na região central das instalações apresentaram os lugares menos estressantes aos animais.

Palavras-chave: Caprinos e ovinos, conforto térmico, geoestatística, instalações.

GONÇALVES, I.C.M. Diagnóstico das variáveis meteorológicas e índices de conforto térmico em diferentes apriscos localizados no sertão pernambucano. 2015. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Vale do São Francisco, UNIVASF, Juazeiro-BA.

ABSTRACT

The state of Pernambuco is among the largest producers of goats and sheep Northeast. Thus, this work was carried out in order to make the diagnosis of micro-climatic conditions and evaluate the spatial variability of some meteorological elements folds with different aspects building located in the city of Petrolina, Pernambuco. Three facilities were analyzed, as follows: ASLC: Facility without lantern to ground level, ACLC: Facility with ridge vents at floor level and ASLE: Facility without the lantern high level. From the meteorological variables temperature and humidity of the air, wind speed and Globe Black temperature, were determined some Thermal Comfort Indices animals and they Temperature and Humidity Index (THI), Globe Temperature Index Black and humidity (BGHI), Thermal Comfort Index for Sheep (TCI), Radiant Thermal Load (RTL) and enthalpy. The experiment was conducted in two seasons, winter and summer, where the data were recorded by means of mini weather stations installed within each fold and through portable digital sensors, thermo-anemometer and thermo-hygrometer, in July 2014 and January and February 2015. The spatial variability was observed in two hours (9 hours and 15 hours). There was no significant difference between the folds, as the air temperature parameters, Relative humidity of the air and THI in all studied times, and at certain times for wind speed, BGHI, TCI and RTL and enthalpy. The analysis of the spatial variability of the data, it was observed that the stalls positioned in the central facilities showed the least stressful places to animals.

Keywords: Facilities, goats and sheep, geostatistics, thermal comfort.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. ASLC: Vista geral, corredor formado entre mureta externas e as baias, estrutura da cobertura e corredor entre as baias.....	32
Figura 2. ACLC: Vista geral, baia coletiva, estrutura da cobertura e corredor entre as baias.....	33
Figura 3. ASLE: Vista geral, baia coletiva, estrutura da cobertura e corredor entre as baias.....	34
Figura 4. Equipamento meteorológico montado nos Apriscos com termômetro de globo negro; anemômetro; sensores de radiação e sensor de temperatura, umidade do ar e velocidade do vento.....	35
Figura 5. Valores médios horários e seus respectivos desvios padrão da média para a Temperatura do Ar (T_a) ao longo dos períodos experimentais para o ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado.....	40
Figura 6. Valores médios horários e seus respectivos desvios padrão da média para a Umidade Relativa do Ar (UR) ao longo dos períodos experimentais para o ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado.....	44
Figura 7. Valores médios horários e seus respectivos desvios padrão da média para a Velocidade do Vento (V_v) no ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, no inverno.....	47
Figura 8. Valores médios horários e seus respectivos desvios padrão da média para a Velocidade do Vento (V_v) no ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, no verão.....	48
Figura 9. Valores médios horários e seus respectivos desvios padrão da média para o índice de Temperatura e Umidade (ITU) ao longo dos períodos experimentais para o ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado.....	51
Figura 10. Valores médios horários e seus respectivos desvios padrão da média para o índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) ao longo dos períodos experimentais para o ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado.....	54

Figura 11. Valores médios horários e seus respectivos desvios padrão da média para o índice de Conforto Térmico para Ovinos (TCI) ao longo dos períodos experimentais para o ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado.....	56
Figura 12. Valores médios horários e seus respectivos desvios padrão da média para a Carga Térmica Radiante (CTR) ao longo dos períodos experimentais para o ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado.....	58
Figura 13. Valores médios horários e seus respectivos desvios padrão da média para a Entalpia (H) ao longo dos períodos experimentais para o ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado.....	60
Figura 14. Mapas de krigagem da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) no ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos horários de 9 e 15 horas, no inverno.....	74
Figura 15. Mapas de krigagem da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), no ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos horários de 9 e 15 horas, no verão.....	76
Figura 16. Mapas de krigagem da umidade relativa do ar (%), no ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos horários de 9 e 15 horas, no inverno.....	78
Figura 17. Mapas de krigagem da umidade relativa do ar (%), no ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos horários de 9 e 15 horas, no verão.....	80
Figura 18. Mapas de krigagem da velocidade do vento ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), no ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos horários de 9 e 15 horas, no inverno.....	82
Figura 19. Mapas de krigagem da velocidade do vento ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), no ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos horários de 9 e 15 horas, no verão.....	84
Figura 20. Mapas de krigagem do índice de temperatura e umidade (ITU), no ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com	

lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos horários de 9 e 15 horas, no inverno.....85

Figura 21. Mapas de krigagem do índice de temperatura e umidade (ITU), no ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos horários de 9 e 15 horas, no verão.....87

Figura 22. Mapas de krigagem do índice entalpia ($\text{kJ.kg ar seco}^{-1}$), no ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos horários de 9 e 15 horas, no inverno.....88

Figura 23. Mapas de krigagem do índice entalpia ($\text{kJ.kg ar seco}^{-1}$) no ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos horários de 9 e 15 horas, nos horários de 9 e 15 horas, no verão.....89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. . Limites de conforto térmico referentes à temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento, ITU, ITGU, TCI e Entalpia recomendados para caprinos e ovinos.....	30
Tabela 2. Modelos de regressão para estimativa da TGNi, TGNm, TAri, TAm e UR dentro dos diferentes apriscos estudados, em função dos dados obtidos pela estação meteorológica da UNIVASF em Petrolina com os respectivos coeficientes de determinação (R ²) e erro padrão de estimativa (EPE).....	62
Tabela 3. Análise estatística descritiva da Temperatura do Ar (°C) nos diferentes horários para o ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos dois períodos experimentais, inverno e verão.....	64
Tabela 4. Análise estatística descritiva da Umidade Relativa do Ar (%), nos diferentes horários, para o ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos dois períodos experimentais, inverno e verão.....	65
Tabela 5. Análise estatística descritiva da Velocidade do Vento (m/s) (%), nos diferentes horários, para o ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos dois períodos experimentais, inverno e verão.....	66
Tabela 6. Análise estatística descritiva do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), nos diferentes horários, para o ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos dois períodos experimentais, inverno e verão.....	67
Tabela 7. Análise estatística descritiva do Índice de Entalpia (kJ.kg ar seco ⁻¹), nos diferentes horários, para o ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos dois períodos experimentais, inverno e verão.....	68
Tabela 8. Parâmetros dos semivariogramas experimentais de Temperatura do ar, Umidade relativa, Velocidade do vento, ITU e Entalpia, para os horários de 9:00 e 15:00, no ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, na estação de Inverno.....	70
Tabela 9. Parâmetros dos semivariogramas experimentais de Temperatura do ar, Umidade relativa, Velocidade do vento, ITU e Entalpia, para os horários de 9:00 e 15:00, no ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, na estação de Verão.....	71

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1. A Caprinovinocultura no Brasil e no Semiárido	15
2.2. Sistemas de Produção Animal	17
2.3. Instalações	19
2.3.1. Apriscos	21
2.4. Bem estar animal	23
2.5. Efeitos do clima sobre a produção animal	24
2.6. Índices de Conforto Térmico	27
2.7. Aplicação da geoestatística na ambiência animal	29
3. MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1. Local do experimento	30
3.2. Características dos Apriscos	30
3.4. Registro dos parâmetros ambientais	33
3.5. Determinação dos Índices de Conforto	34
3.6. Geoestatística das variáveis climáticas e dos índices de conforto térmico	36
3.7. Análise estatística	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1. Variáveis Climáticas e Índices de Conforto Térmico	38
4.2. Equações parametrizadas	61
4.3. Geoestatística das variáveis climáticas e dos índices de conforto térmico	62
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
6. REFERÊNCIAS	91

1. INTRODUÇÃO

De acordo com dados publicados pelo IBGE (2012), o estado de Pernambuco tem um grande potencial produtor de caprinos e ovinos, sendo considerado o 2º e 3º maior produtor respectivamente destes animais na Região Nordeste. Embora o rebanho desses animais seja expressivo na referida região, seus níveis de produtividade ainda são considerados bastante baixos com taxas de mortalidade de crias em torno de 35% ao ano para caprinos, conforme citado por Henriques da Nóbrega (2011), tendo como algumas das causas da baixa produtividade, a nutrição, a genética bem como fatores meteorológicos como temperatura e umidade (TURCO; ARAÚJO, 2011).

Desta maneira é perceptível que o ambiente térmico exerce forte influência sobre o desempenho animal, uma vez que afeta os mecanismos de transferência de calor e, assim, a regulação do balanço térmico entre o animal e o meio. O ambiente térmico representa, portanto, um fator de restrição para a eficiência máxima de produção, principalmente nos sistemas intensivos, onde por vezes o animal está impedido de utilizar determinadas respostas comportamentais adaptativas (PERISSINOTTO et al., 2007).

A interação animal x ambiente deve ser considerada quando se busca maior eficiência na exploração pecuária, pois as diferentes respostas do animal às peculiaridades de cada região são determinantes no sucesso da atividade produtiva. Assim, a correta identificação dos fatores que influem na vida produtiva do animal, como o estresse imposto pelas flutuações estacionais do meio-ambiente, permitem ajustes nas práticas de manejo dos sistemas de produção, possibilitando dar-lhes sustentabilidade e viabilidade econômica. Sendo assim, o conhecimento das variáveis climáticas, sua interação com os animais e as respostas comportamentais, fisiológicas e produtivas são preponderantes na adequação do sistema de produção aos objetivos da atividade (NEIVA et al. 2004).

Na hora de projetar e dimensionar o tipo de instalação para a criação de animais é necessário analisar as condições climáticas do local do empreendimento, os recursos financeiros disponíveis e o produto final

requerido, ou seja, a aptidão dos animais. Assim será possível escolher o melhor modelo de instalação e os materiais mais adequados que serão utilizados para a construção rural com o objetivo de diminuir as influências de fatores meteorológicos, como elevadas temperaturas, que podem agir negativamente nos animais e fornecer um ambiente térmico o menos estressante possível para os mesmos e conseqüentemente obter uma maior produtividade.

Nos dias atuais ainda há falta de conhecimento sobre a influência dos fatores meteorológicos no Sertão Pernambucano sobre o ambiente interno de apriscos com diferentes sistemas construtivos. Desta forma faz-se necessário o aprimoramento de estudos voltados à ambiência das instalações para animais, tendo em vista que os fatores ambientais dentro e fora dessas instalações são determinantes em proporcionar conforto e conseqüentemente melhor produtividade e desempenho animal.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo fazer um diagnóstico das condições microclimáticas e avaliar a variabilidade espacial de alguns elementos meteorológicos dentro de diferentes modelos de instalações destinadas à produção de caprinos e ovinos localizadas no Semiárido Pernambucano nas estações de inverno e verão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A Caprinovinocultura no Brasil e no Semiárido

A caprinovinocultura é uma das práticas pecuárias mais antigas do Brasil, cuja origem remonta aos tempos da ocupação portuguesa. Esta atividade vem passando por diversas transformações ao longo dos anos, apresentando um crescimento significativo no mercado e alcançando posições relevantes no agronegócio, contribuindo positivamente para a economia do país (LIMA; FILHO, 2013).

A exploração de caprinos e ovinos ocorre em basicamente todas as cinco grandes regiões do Brasil, entretanto é mais presente no Nordeste. Voltados à

produção de carne, leite e de lã, os rebanhos de ovinos e de caprinos se concentram no Nordeste e Sul brasileiros, embora esta última região tenha perdido representatividade com o passar dos anos. (IBGE, 2012). Entre alguns dos fatores favoráveis à caprinovinocultura no Nordeste, está a adequação aos agroecossistemas do semiárido por parte dos animais, a baixa necessidade de capital inicial, a capacidade de acumulação de renda em pequena escala, o elevado potencial de geração de ocupações produtivas, a fácil apropriação sociocultural, e a oferta de produtos com grande apelo em novos mercados (HOLLANDA JÚNIOR; MARTINS, 2008).

De acordo com o Ministério da Agricultura (2014), grande parte do rebanho caprino encontra-se no Nordeste, com ênfase para Bahia, Pernambuco, Piauí e Ceará e a ovinocultura tem representatividade na região Nordeste e no estado do Rio Grande do Sul. Dados do IBGE (2012) mostram que a caprinovinocultura no Nordeste Brasileiro dispõe de um rebanho estimado em 17.167.258 cabeças na ordem de 67,49% do efetivo do país, onde o estado de Pernambuco é o 2º e 3º maior produtor de caprinos e ovinos respectivamente dessa Região.

Os animais criados no Nordeste são, em sua maioria, de raças nacionais adaptadas, resultado do cruzamento das raças introduzidas no período colonial pelos portugueses. Os ovinos desenvolvidos nesta região são tipicamente deslanados, englobando raças como Santa Inês, Morada Nova e Rabo Largo. Esses animais ganharam espaço em outras regiões do País, como a Sudeste e Centro-Oeste, e hoje são utilizados em cruzamentos que visam à produção de carne e couro (ZEN et al, 2014).

Estes pequenos ruminantes têm se destacado cada vez mais no cenário agropecuário nordestino, devido principalmente ao fato de possuírem atributos como a rusticidade e a grande capacidade de adaptação, assumindo um papel fundamental dentro dos sistemas de produção animal na região do semiárido. Dentre estas características podem ser destacadas: sua capacidade de aproveitar a vegetação nativa, habilidade para caminhar longas distâncias, curto intervalo entre partos, alta prolificidade, carcaças pequenas que podem ser vendidas ou consumidas em um curto período de tempo (fator importante em regiões onde não existe refrigerador para conservar os alimentos) sendo um rebanho de fácil manejo, que pode ser realizado por pessoas jovens ou

idosas da família, e ainda uma espécie que possuem uma grande capacidade de aproveitamento de águas salinas, fato também importante na sobrevivência em zonas semiáridas (LEBBIE, 2004).

2.2. Sistemas de Produção Animal

O consumo de proteína animal aumentou consideravelmente, a partir do início do século XX, com o crescimento da população mundial. A partir da década de 60, os sistemas intensificaram-se, alojando um maior número de animais em espaços mais reduzidos, tornando possível o grande aumento na produção de alimentos de origem animal para consumo humano (SILVA, 2003).

Dentre as opções de sistemas de produção animal, destacam-se o sistema extensivo, o sistema semi-intensivo e o sistema intensivo. Esses sistemas diferem entre si pela complexidade das instalações, pela conservação e fornecimento do alimento, pelo manejo e pela área ocupada com a atividade (COELHO, 2000).

Segundo Perissinotto (2003), determinar qual o melhor sistema a ser utilizado não é uma tarefa fácil, já que envolve vários fatores. Porém há de se avaliar as respostas do animal a esses ambientes de criação, levando-se em consideração não somente os dados de produtividade, mas também vários outros aspectos que envolvam a produção animal.

Ribeiro (2006), afirma que os sistemas de criação de caprinos e ovinos no Brasil e no mundo são extremamente variáveis, encontrando-se animais confinados em um sistema intensivo, até animais criados extensivamente, muitas vezes, quase em estado selvagem. Este autor ainda afirma não há um sistema padrão que possa funcionar adequadamente em todas as regiões, pois as condições climáticas, taxas de lotação, área disponível para a criação e disponibilidade e qualidade das forragens são muito diferentes.

Em geral, no sistema extensivo, o pastejo é contínuo e se caracteriza pela utilização da pastagem sem descanso durante todo o ano, ou durante várias estações, podendo ser com um número de animais fixo ou variável ao longo do ano. As propriedades que adotam esse sistema possuem pastagens formadas por forrageiras de porte baixo, estoloníferas ou semiprostradas, e não

são utilizadas de forma intensiva, ou seja, não exploram a máxima eficiência dessas forrageiras (SIMÕES et al, 2009).

Neste tipo de sistema de criação, os animais são mantidos em pastagem natural e criados tradicionalmente adaptados ao meio em que habitam, sendo o seu crescimento e engorda irregular. Em relação ao ambiente, no sistema extensivo nota-se em algumas áreas a sobrecarga das pastagens, o número de animais por hectare muitas vezes é superior ao permitido, o que tem implicado a diminuição de forrageiras palatáveis e a consequente degradação dos solos. Este sistema é mais utilizado pelo setor familiar (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO SETOR RURAL, 2004).

No Semiárido brasileiro, a maioria dos ovinos e caprinos abatidos é oriunda de sistemas de produção extensivos, que têm como base alimentar a vegetação nativa da caatinga, a qual é, na maioria das situações, insuficiente para o atendimento das exigências nutricionais em quantidade e qualidade de forragem para os animais. Nesse modelo de produção, a diminuição da mortalidade e a elevação do ganho de peso diário são as maiores dificuldades a serem enfrentadas pelos produtores. Além disso, os animais são abatidos com idade avançada e baixo peso corporal, o que geram carcaças leves e carnes com reduzida maciez (ÍTAVO et al., 2011).

Quanto ao sistema semi-intensivo, o mesmo é caracterizado pela alimentação à base de pasto e suplementação com volumosos diversos no período de menor crescimento das forrageiras tropicais (ASSIS et al, 2005). Nesse sistema, no período seco do ano, ou seja, naquele em que a oferta de alimentos é escassa, é feita a suplementação alimentar para os animais e no período das chuvas, a alimentação é feita a pasto. Sendo assim são necessárias instalações tanto as de conservação dos alimentos (silos) quanto aquelas de fornecimento aos animais (comedouros), o que justifica a adoção de animais mais selecionados, com melhores características produtivas. Os animais podem ser divididos em lotes por categoria e produtividade. As instalações necessárias nesse sistema são mais elaboradas em relação ao sistema anterior (SOUZA et al, 2004).

Já no sistema intensivo os animais ficam confinados durante todo o ano, recebendo alimentação adequada durante todo o período produtivo.

Caracteriza-se pela alimentação exclusivamente no cocho, baseada em alimentos conservados (ASSIS et al, 2005).

No confinamento, as dietas são mais caras, porém, o ganho de peso e a conversão alimentar são melhores. No entanto, as condições da criação intensiva exigiram a adaptação fisiológica e comportamental dos animais, que devem ser estudadas para avaliar os sistemas de manejo. Muitos dos atuais problemas na criação de animais não podem ser solucionados apenas por pesquisas em nutrição, fisiologia ou controle de doenças, necessitando de investigações de comportamento animal para que se possa ter progresso. Os sistemas produtivos, em sua grande maioria, utilizam instalações que tem como principal característica o confinamento de um número elevado de animais por área, causando espaço restrito de locomoção (RIBEIRO, 2006).

O sistema de criação (confinado, extensivo, ou suas variações) interfere diretamente no tipo de instalação e alguns pontos devem ser levados em consideração independente do sistema: local, facilidade de acesso, evitar terrenos alagadiços, tipo de piso, área por animal, área de cocho, altura do pé direito, conforto térmico, facilidade de manejo, separação das categorias e facilidade de higienização, entre outros (SILVA, 2003).

2.3. Instalações

O sucesso da produção de ovinos e caprinos está atrelado, fundamentalmente, às condições ambientais no qual os animais estão inseridos, além da genética, nutrição e sanidade (ALVES, 2007). O modelo de instalação e o sistema de produção adequado são fundamentais para se controlar esses fatores, todavia, informações sobre instalações de ovinos e caprinos ainda são escassas (ALVES, 2004).

Sabe-se que a instalação interage com todas as etapas da produção animal, pois facilita e reduz a mão de obra para as tarefas diárias, e a sua importância está fundamentada na extrema capacidade que elas têm em buscar a otimização da relação homem/animal/ambiente, dentro de um processo de produção, ou seja, favorece o manuseio do rebanho e o controle de doenças, protege e dá segurança aos animais, divide pastagens, armazena e reduz o desperdício de alimento. Mas, sobretudo, proporciona e oferece o

bem-estar, tão necessário para o bom desempenho produtivo dos rebanhos (SILVA, 2010).

As instalações devem ser planejadas e construídas com a finalidade principal de diminuir a ação do clima e evitar que este aja negativamente sobre os animais, ou seja, os materiais a serem utilizados na construção das instalações devem permitir um bom isolamento térmico e que o ambiente interno dessas instalações seja pouco influenciado pela variação climática (PEREIRA, 2007). Geralmente os materiais de construção têm sua utilização vinculada às características de resistência e durabilidade. No entanto, nas edificações para criação de animais é recomendado que os materiais tenham adicionalmente, uma baixa condutividade térmica e que possam contribuir para o conforto térmico, gerando, portanto, aumento da produção animal (KAWABATA, 2003).

Há diversos sistemas de instalações para caprinos e ovinos, onde o tipo de instalações necessário depende das condições climáticas, do local do empreendimento, dos recursos financeiros disponíveis e se os animais são para produção de leite, carne, pele ou reprodução (TURCO & ARAÚJO, 2011).

Estas instalações devem ser planejadas procurando sempre desenvolver técnicas apropriadas ao bom desempenho do trabalhador e conseqüentemente da organização. Porém o que se espera hoje é que os sistemas de produção, independente de sua área de atuação, possam ter desempenho cada vez mais produtivo e competitivo. De uma maneira geral, deve-se considerar o tipo de produção, o sistema produtivo e a quantidade. A escolha do modelo adequado depende também do tipo de manejo para a criação de ovinos e caprinos. E quanto mais intensiva a produção, maior a complexidade do manejo e maior deve ser o cuidado no planejamento das instalações (CARNEIRO; MELO, 2006).

Outro fator importante em relação às construções são os materiais que serão utilizados. Os materiais de construção podem ser simples ou compostos, obtidos diretamente da natureza (Ex.: pedra, areia) ou podem ser de origem industrial (Ex.: cimento, telha). O seu conhecimento é que permite a escolha dos mais adequados a cada situação. Do seu correto uso depende em grande parte a solidez, a durabilidade, o custo e a beleza (acabamento) das obras (NOVAES, 2014).

Vale salientar que as instalações representam uma parcela significativa dos investimentos e de seu adequado planejamento e concepção depende o futuro da criação. É importante considerar que as instalações evoluem ao longo do tempo, como o rebanho, ou do contrário, se depreciam. Os fatores ambientais influem nas condições internas das instalações de diferentes formas, tendo seu efeito atenuado ou exacerbado em função da radiação solar na cobertura, orientação da cobertura, sombreamento e ventilação (RIBEIRO, 1997).

Os princípios que regem o dimensionamento e o planejamento das construções rurais são as barreiras e os espaços, gerenciados pelo material empregado e pela geometria dos espaços utilizados, dependentes de sua finalidade básica. Nesta estrutura organizacional, o planejamento de edificações para abrigo de animais evoluiu de formas simplificadas para estruturas sofisticadas, com vistas à otimização do ambiente ao redor dos animais alojados. As instalações não somente devem proteger os animais de intempéries climáticas, como também provê-los de bem estar e garantir a produtividade máxima. Esses animais devem viver e se alimentar, movimentar-se e poder interagir socialmente com seus semelhantes. A instalação deve manter o manejo de administração adequada em relação às necessidades do animal alojado, além de evitar quaisquer crises de estresse de qualquer ordem (NÃÃS, 2004).

2.3.1. Apriscos

Um dos objetivos de se fazer o confinamento de caprinos e ovinos no semiárido é diminuir ou restringir ao máximo o efeito do ambiente sobre eles, já que as condições ambientais não são muito favoráveis, principalmente devido a elevada radiação solar e a instalação utilizada para este confinamento é denominada aprisco (ROBERTO, 2012).

O aprisco é uma instalação utilizada para recolher os animais durante a noite ou para confiná-los. Possui grande importância na proteção do rebanho contra predadores. Dependendo do tempo de permanência neste local, os animais devem ter acesso a cochos de ração, sal mineralizado e bebedouros (CODEVASF, 2011).

Os apriscos são usados para as fases da pré-gestação, gestação, maternidade e cria nos sistemas intensivo e semi-extensivo, em que os animais ficam totalmente confinados ou parte do dia no campo e à noite, no aprisco. Nessas instalações, um dos principais fatores que deve ser observado é o bem-estar dos animais e elas, devem ser práticas e funcionais; apresentar conforto e segurança; ser resistentes e duradouras; facilitar o processo de higienização; serem arejadas, mas protegidas de ventos e umidade; serem espaçosas e racionalmente divididas; e estarem próximas à água e energia, além de apresentar baixo custo de construção e manutenção (TURCO & ARAÚJO, 2011).

Há diferentes tipos de apriscos, sendo que os mesmos podem ser de piso elevado e ripado, de piso de cimento ou de “chão batido” (SEBRAE, 2009).

O modelo de chão batido é o mais simples e de menor custo. É adequado para regiões que não tenha problemas no controle da umidade, sendo necessário que o terreno seja firme e com boa drenagem. O pé direito precisa estar em torno de 2,5 metros de altura (CODEVASF, 2011).

O de piso ripado e suspenso é mais indicado para regiões que apresentam excesso de umidade, pois permite que os animais fiquem distantes do solo e das fezes. A altura entre o piso e o chão deve ser no mínimo 1,5 m, facilitando a limpeza. Normalmente de madeira, as ripas devem apresentar 5 a 7 cm de largura; 1,5 a 3,0 cm de espessura e o espaçamento entre as ripas deve ser de exatamente 2 cm. Um espaçamento menor faz com que ocorra acúmulo das fezes e um espaçamento maior provoca problemas de aprumos. Para animais recém-nascidos é interessante reservar algumas baias forradas com palhada (cama), para evitar que o animal prenda a pata. Já o de piso de concreto apresenta alto custo e geralmente é utilizado em baias de exposição. O piso deve ser recoberto com material absorvente para servir de cama (serragem, maravalha, feno velho, etc.) (CODEVASF, 2011).

Os apriscos também precisam ter, anexa ou não, uma área descoberta, também dotada de subdivisões, onde os animais tenham um espaço livre maior, para receberem sol (solário) e se movimentarem, evitando superlotações. A recomendação geral é que essa área tenha um tamanho correspondente a 5 vezes o tamanho do aprisco (SEBRAE, 2009).

Como os caprinos e ovinos são animais homeotérmicos, possuindo a capacidade de controlar sua temperatura corporal, em uma temperatura ambiente dentro de certos limites, é essencial a provisão de instalações que mantenham as temperaturas ambientais próximas as das condições de conforto térmico para os animais (ROBERTO, 2012).

2.4. Bem estar animal

Bem-estar animal é um termo subjetivo, influenciado pelas diferentes interpretações das pessoas e culturas distintas que compõem a sociedade. Há, por isso, um grande debate na comunidade científica a respeito do conceito de bem-estar animal e, principalmente, de sua aplicabilidade aos contextos científico e produtivo (MENDL, 2001).

O bem-estar animal é considerado de importância especial por muitas pessoas, porém, requer uma definição estrita se a intenção é a sua utilização de modo efetivo e consistente. Um conceito claramente definido de bem-estar é necessário para utilização em medições científicas precisas, em documentos legais e em declarações e discussões públicas. Para que o bem-estar possa ser comparado em situações diversas ou avaliado em uma situação específica, deve ser medido de forma objetiva (BROOM & MOLENTO, 2004).

De acordo com Holanda (2006), o bem-estar animal deve ser entendido sob três aspectos. O primeiro, o científico, que se refere aos efeitos que o homem exerce sobre os animais, isso da perspectiva do animal, observado através de respostas fisiológicas e comportamentais; o segundo, o ético, referente às atitudes do humano sobre estes e o terceiro e último aspecto, o legislativo que se refere às leis em vigor que punem aqueles que, deliberadamente ou não, descumprem as regras determinadas para a proteção animal.

Juntamente com as questões ambientais e a segurança alimentar, o bem-estar animal vem sendo considerado um grande desafio. O confinamento foi o caminho encontrado para reduzir trabalho, perda de energia dos animais, ganhar espaço e controle ambiental. Agravam-se, desta forma, problemas de comportamento e bem-estar animal. Um animal que não esteja em condição de bem-estar não desenvolverá o seu potencial produtivo em sua magnitude,

mesmo que condições sanitárias e nutricionais estejam aparentemente satisfeitas. Em condições de limitação de espaço, alta densidade animal, presença de microrganismos, condições de temperatura e luminosidade inadequadas, ruídos, dentre outros, o animal ficará impossibilitado de desenvolver seu sistema natural de comportamento (MACHADO FILHO, 1998).

Diversos autores definem critérios de avaliação e indicadores do bem-estar. Os critérios de avaliação seriam medidos por testes de esquiva e preferência, e demonstrariam o grau em que os animais têm de conviver com situações ou estímulos dos quais preferem esquivar-se e a disponibilidade para conviver com aquilo que é preferido. Colocam, ainda, que ao considerar como avaliar o bem-estar de um indivíduo, é necessário haver um bom conhecimento da biologia do animal para chegar ao conhecimento mais acertado do grau de bem-estar (BROOM & JOHSON, 1993).

Entretanto, devido à complexidade do assunto é difícil evidenciar certos desconfortos e conforme Hölzel & Machado Filho (2004) o animal pode estar em ótimas condições físicas, estar saudável e bem nutrido, mas com desconforto mental. Conforme Dawkins (2003), ainda é controverso se essas medidas fisiológicas são suficientes, já que esses indicadores fisiológicos de bem-estar podem ser também respostas naturais a atividades ou excitações naturais do animal, ao invés de apontar, especificamente, o bem-estar.

Para Holanda (2006) a preocupação da ciência do bem-estar animal está em prevenir o sofrimento desnecessário, assegurar boa qualidade de vida e, inclusive, assegurar ao animal uma morte humanitária, disponibilizando boa qualidade de vida ao mesmo até o último momento, isto é, promover o bem-estar até durante o abate.

Portanto, é essencial a preocupação, por parte dos profissionais da cadeia produtiva caprina e ovina, com a prática do bem-estar animal, pois além de proporcionar uma diminuição do sofrimento dos animais, terá um produto de qualidade e com isto poderá obter um diferencial competitivo em relação aos produtores que não seguem esta gestão.

2.5. Efeitos do clima sobre a produção animal

O clima atua diretamente sobre os animais domésticos, principalmente através de seus elementos meteorológicos. A interação entre animal e

ambiente deve ser levada em consideração quando se busca maior eficiência na exploração pecuária, pois o conhecimento das variáveis climáticas, sua ação sobre as respostas comportamentais e fisiológicas dos animais, são preponderantes na adequação do sistema de produção aos objetivos da atividade pecuária. Logo, a correta identificação dos fatores que influem na vida produtiva do animal, como o estresse térmico, imposto pelas flutuações estacionais do meio-ambiente, permite ajustes nas práticas de manejo dos sistemas de produção, o que possibilita dar-lhes sustentabilidade e viabilidade econômica. Dessa forma, o conhecimento das variáveis climáticas, sua interação com os animais e as respostas comportamentais, fisiológicas e produtivas são preponderantes na adequação do sistema de produção aos objetivos da atividade (NEIVA et al, 2004).

Segundo Jentzsch (2002), o conhecimento de características de conforto para os animais é necessário para que as instalações atendam estas exigências. Animais criados em confinamento tendem a ganhar mais peso, principalmente em função de sua menor locomoção em busca do alimento e dieta mais equilibrada, sendo que as instalações devem ser simples, funcionais e propiciar aos animais um microclima confortável.

Entre os elementos climáticos que exerce maior influencia no desempenho produtivo dos animais, a temperatura do ar se destaca como um dos mais importantes componentes, visto que exerce uma ação acentuada sobre os animais homeotérmicos, ou seja, aqueles animais que têm a habilidade de controlar sua temperatura corporal dentro de uma faixa estreita, porém, existem limites para o intervalo de temperatura, para os quais os animais homeotérmicos podem manter sua homeotermia (NEIVA et al, 2004). Além da temperatura do ar, a umidade relativa do ar, velocidade do ar e radiação solar, também são variáveis que condicionam as funções orgânicas envolvidas na manutenção do equilíbrio térmico dos animais dentro das instalações (FILHO, 2012).

Nos países tropicais, um dos grandes problemas para a criação de caprinos e ovinos, para produção de carne ou leite, está na dissipação do calor corporal para o ambiente. Entretanto, este fator não está relacionado apenas às altas temperaturas, mas também à sua associação com a elevada umidade relativa e à baixa movimentação do ar, o que reduz a eficiência da perda de

calor corporal e, com isto, incrementa o estresse do animal, limitando o desenvolvimento, a produção e a reprodução (SILVA et al. 2006).

Para maximizar a produção de caprinos e ovinos, estes animais devem estar em um ambiente termoneutro, ou seja, em uma faixa de temperatura ambiente em que não precisam produzir ou gastar energia para manter sua temperatura corporal e seu metabolismo no mínimo. Essa zona de temperatura e onde os animais estão em conforto térmico e podem expressar seu máximo potencial genético (TURCO et al., 2011).

A zona de termoneutralidade ou zona de conforto térmico é um conceito que descreve a inter-relação do animal com o seu ambiente e que dentro dessa amplitude térmica o animal é capaz de manter a homeotermia sem que seus mecanismos de termorregulação sejam ativados. A temperatura crítica inferior e superior limitam os extremos dessa zona. Esta termoneutralidade depende de diversos fatores, sendo alguns relacionados ao animal, como peso, idade, estado fisiológico, tamanho do grupo, nível de alimentação e genética e outros ligados ao ambiente, como a temperatura ambiente, velocidade do vento, umidade relativa do ar, radiação solar, tipo de piso. Para que possam expressar totalmente seu potencial genético para produção, os animais devem receber alimentação adequada em quantidade e qualidade e serem mantidos em condições climáticas que, idealmente, devem situar-se na zona de termoneutralidade (MARTINS, 2011).

Do ponto de vista de produção, a termoneutralidade reveste-se de muita importância, pelo fato de que, dentro desses limites, os nutrientes ingeridos pelos animais são utilizados exclusivamente para seu crescimento e desenvolvimento. Portanto, quando há um aumento de temperatura no ambiente, aos quais os animais não estão adaptados, isso pode provocar um estresse térmico e influi negativamente na produção e na reprodução (FURTADO, 2008).

A umidade relativa do ar é outro fator importante, pois, exerce também grande influência sobre os animais, afetando o seu bem-estar e conseqüentemente, a sua produtividade. A umidade relativa em conjunto com a temperatura exerce papel importante na dissipação de calor pelos animais. Elevados valores de temperatura e umidade são extremamente danosos para a produção animal (TEIXEIRA, 2000).

Segundo Santos et al. (2004) as variáveis climáticas podem provocar alterações nas respostas fisiológicas dos animais, sendo a temperatura retal e a frequência respiratória indicadores diretos do equilíbrio térmico corporal. As variáveis ambientais devem ser levadas em consideração no que se refere a produção de leite e derivados, pois têm reflexos na quantidade e qualidade dos produtos finais.

2.6. Índices de Conforto Térmico

Desde que foram reconhecidas as diferenças entre os animais quanto à capacidade de enfrentar as variações climáticas do meio em que vivem, têm sido feitas tentativas para que se estabeleçam critérios de classificação dos diversos ambientes e combinações de fatores que proporcionem conforto térmico aos animais. Neste contexto, diversos índices do ambiente térmico têm sido desenvolvidos, englobando em um único parâmetro, o efeito conjunto dos elementos meteorológicos e do ambiente (ALMEIDA, 2011).

Os índices destinados à classificação do ambiente agregam os efeitos de elementos climáticos em um só valor. Assim, vários índices bioclimáticos têm sido desenvolvidos com o objetivo de expressar o conforto e o desconforto dos animais em relação a determinados ambientes (ALMEIDA, 2011). Conforme Souza et al, (2002), os estudos referentes à obtenção de parâmetros de conforto térmico ambiental para animais iniciaram-se nos anos 60, com bovinos e suínos.

O primeiro índice de conforto térmico foi desenvolvido por Thom (1958), como um índice de conforto térmico para humanos. Posteriormente, este índice foi adaptado para descrever o conforto térmico de animais. O mencionado índice tem como base dados de temperatura ambiente e de umidade relativa do ar. Esses dados podem ser obtidos facilmente, visto que são medidos de forma rotineira em estações meteorológicas. O estresse térmico é classificado de acordo com a variação do Índice de Temperatura e Umidade o ITU (AZEVEDO et al, 2005).

Outro índice também utilizado para avaliar o conforto térmico animal é o Índice de Temperatura de Globo Negro e temperatura do ponto de orvalho - ITGU, desenvolvido por Buffington et al, (1981), para vacas leiteiras. Neste índice usa-se a temperatura de globo negro no lugar da temperatura de bulbo

seco e temperatura do ponto de orvalho no lugar da umidade. Na condição ambiental de radiação solar em que os animais são expostos, o ITGU é mais preciso na indicação de estresse térmico do que o ITU, o qual é mais indicado para ser usado em abrigos.

Além de ITU e ITGU, a carga térmica radiante (CTR) é bastante utilizada, sendo um índice que expressa a sensação térmica dos animais em relação ao ambiente. É um índice proposto por Campos (1986), baseado na radiação total recebida por um corpo em relação ao espaço que o circunda. Essa definição não engloba a troca líquida de radiação entre o corpo e o seu meio circundante, mas inclui a radiação incidente no corpo (SOUZA et al, 2002).

Silva e Barbosa (1995) desenvolveram um Índice de Conforto Térmico para ovinos, o (TCI). Este índice relaciona temperatura e umidade ar, mas também sofre interferência de outros elementos meteorológicos como a radiação solar, o vento, a latitude e altitude (ALMEIDA, 2011).

Além destes índices descritos anteriormente, a Entalpia também tem sido muito utilizada para avaliar o ambiente em que o animal se encontra, sabendo que a temperatura e a umidade relativa do ar são consideradas os principais elementos climáticos responsáveis pelo incremento calórico à temperatura corporal dos animais (BRITO, 2012).

Diversos autores têm continuamente estabelecido diferentes faixas de temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e bem como para os índices de conforto térmico como ITU, ITGU, TCI e Entalpia consideradas confortáveis para caprinos e ovinos. A Tabela 1 apresenta um resumo com os limites de conforto térmico considerados confortáveis para estes animais que foram considerados durante este trabalho.

Tabela 1. Limites de conforto térmico referentes à temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento, ITU, ITGU, TCI e Entalpia recomendados para caprinos e ovinos.

Parâmetro analisado	Autor	Ano	Tipo de animal	Limites de Conforto Térmico Obtidos
Temperatura do ar	Baêta e Souza	2010	Caprinos e Ovinos	20 a 30 °C
Umidade Relativa	Baêta e Souza	2010	Caprinos e Ovinos	50 a 70 %
Velocidade do Vento	McDowell	1989	Animais domésticos	1,3 a 1,9 m.s ⁻¹
ITU	Silanikove e Koluman	2015	Cabras leiteiras	Menor que 80
ITGU	Souza	2010	Caprinos e Ovinos	Menor que 83
TCI	Quesada et al	2001	Ovinos	Menor que 33
Entalpia	Vieira et al	2015	Cabras leiteiras	42,0 a 70,1 kJ.kg ar seco ⁻¹

2.7. Aplicação da geoestatística na ambiência animal

As análises estatísticas “tradicionais”, baseadas na independência das observações, têm sido substituídas por análises espaciais, denominada geoestatística, as quais consideram as correlações entre observações vizinhas (NAZARENO, 2012).

Essas análises são baseadas na teoria das variáveis regionalizadas, formalizada por Matheron (1963), base da geoestatística, que considera as características estruturais e aleatórias de uma variável espacialmente distribuída, de forma a descrevê-la adequadamente (NAZARENO, 2012).

Quando se realiza uma avaliação do microclima de ambientes, procura-se conhecer a escala de variação dos seus atributos ambientais. As informações necessárias para tanto são usualmente obtidas a partir de transeções, nas quais as propriedades de interesse são medidas em pontos dispostos com espaçamento constante. A geoestatística aplicada ao monitoramento do microclima requer que os dados sejam registrados em pontos cujas coordenadas são conhecidas, dentro da área, isso possibilita a obtenção da sua estrutura de variância (SILVA, 2011).

Uma vez quantificada a dependência espacial de variáveis ambientais como temperatura e umidade relativa do ar, pode ser utilizada para análise de conforto térmico em uma área, assim como pode ser usada na interpolação entre observações, permitindo o mapeamento das variáveis ambientais dentro da área, por meio da krigagem. Esta técnica permite a estimativa de valores de forma não tendenciosa e com variância mínima (FARIA, 2008).

A geoestatística é uma ferramenta bastante utilizada na agricultura de precisão para detalhar a variabilidade espacial dos atributos da fertilidade do solo, meio físico de um sistema, dentre outros (LAMPARELLI et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2008). O conhecimento da variabilidade espacial de atributos climáticos e a construção de mapas de krigagem podem auxiliar no manejo adequado de animais confinados em galpões. Deste modo, a ambiência animal e zootecnia de precisão têm lançado mão dessa ferramenta para estudo de variabilidade espacial.

3. Material e Métodos

3.1. Local do experimento

O experimento foi conduzido em três apriscos destinados a caprinos e ovinos localizados no Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, situados na área destinada a produção animal da universidade, no município de Petrolina-PE. Este município encontra-se distante 721 Km da capital, está localizada a 09°09'S e 40°22'W, com altitude média de 365 m e índice pluviométrico anual de 450 mm, apresenta clima tropical semiárido, tipo BshW, seco e quente, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger. Os dados foram observados no mês de julho de 2014 e fevereiro e março de 2015.

3.2. Características dos Apriscos

Os apriscos os quais o experimento foi realizado possuem diferentes características construtivas e as mesmas estão descritas a seguir.

Aprisco sem lanternim a nível do chão, ASLC, (Figura 1): Apresenta orientação Leste-Oeste, dotada de piso de cimento, em nível do solo, cobertura

com estrutura de aço e telha de cerâmica com inclinação de 25%, pé direito de 3,0m acrescido de 0,39m da estrutura de aço e baias individuais de 2,05m x 1,0m. As paredes das baias são de alvenaria com 1,30m de altura. O aprisco é todo cercado por uma mureta de alvenaria com altura de 1,30m que fica a uma distância de 1,50m das baias nas laterais do aprisco e 2,15m de distância nas extremidades, formando corredor interno em volta de todo o aprisco. Este aprisco apresenta largura de 9,9 m, comprimento de 28,9 m e área total de 286,1 m².



Figura 1. ASLC: Vista geral, corredor formado entre mureta externas e as baias, estrutura da cobertura e corredor entre as baias.

Aprisco com lanternim a nível do chão, ACLC, (Figura 2): Apresenta orientação Leste-Oeste, dotada de piso de cimento, em nível do solo, cobertura com estrutura de madeira e telha de cerâmica com inclinação de 25%,

lanternim com 1,0m de largura, pé direito de 3,00m e baias coletivas de 3,90m x 3,88m, paredes das baias de alvenaria com 1,20m altura. Possui 11,8m de largura e 24,1m de comprimento com área total de 284,4 m². Esta instalação possui um solário para cada baia coletiva com área de aproximadamente 15 m².



Figura 2. ACLC: Vista geral, baia coletiva, estrutura da cobertura e corredor entre as baias.

Aprisco sem lanternim elevado, ASLE, (Figura 3): Apresenta orientação Leste-Oeste, com piso e divisórias de madeira, suspenso, com pé direito de 2,5m e elevação de 2,3m do solo até o piso ripado e baias coletivas de 3,90m x 3,65m, paredes das baias de madeira ripada com 1,20m de altura. Possui largura de 10,1m e comprimento de 16,1m com área total de 162,6 m². Esta

instalação possui um solário para cada baía coletiva com área de aproximadamente 14 m².



Figura 3. ASLE: Vista geral, baía coletiva, estrutura da cobertura e corredor entre as baias.

3.4. Registro dos parâmetros ambientais

As variáveis climáticas, para cada aprisco, foram coletadas em duas estações, inverno e verão. Os dados referentes à estação de inverno foram coletados no mês de julho de 2014 e os dados do verão nos meses de fevereiro e março de 2015. Os parâmetros ambientais estudados foram: temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento, temperatura de globo negro, bem como os componentes do balanço de radiação: saldo de radiação, radiação solar global, radiação solar refletida e radiação de onda longa emitida pela superfície do solo. Estes dados foram coletados através de um equipamento meteorológico (Figura 4) composto por sensores que

identificam temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%), temperatura de globo negro ($^{\circ}\text{C}$), velocidade do vento ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) e os componentes do saldo de radiação ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$). Três equipamentos meteorológicos idênticos, como citado anteriormente, foram instalados, um em cada aprisco em uma altura de 55 cm que simulou altura dos animais, todos localizados em baias centrais e posicionados no centro geométrico da área ocupada onde permaneceram funcionando durante todo o período experimental, nas duas estações estudadas. Todos os sensores foram acoplados a um sistema automático de coleta de dados Micrologger CR1000, programado para efetuar leituras a cada 5 segundos e médias a cada hora.

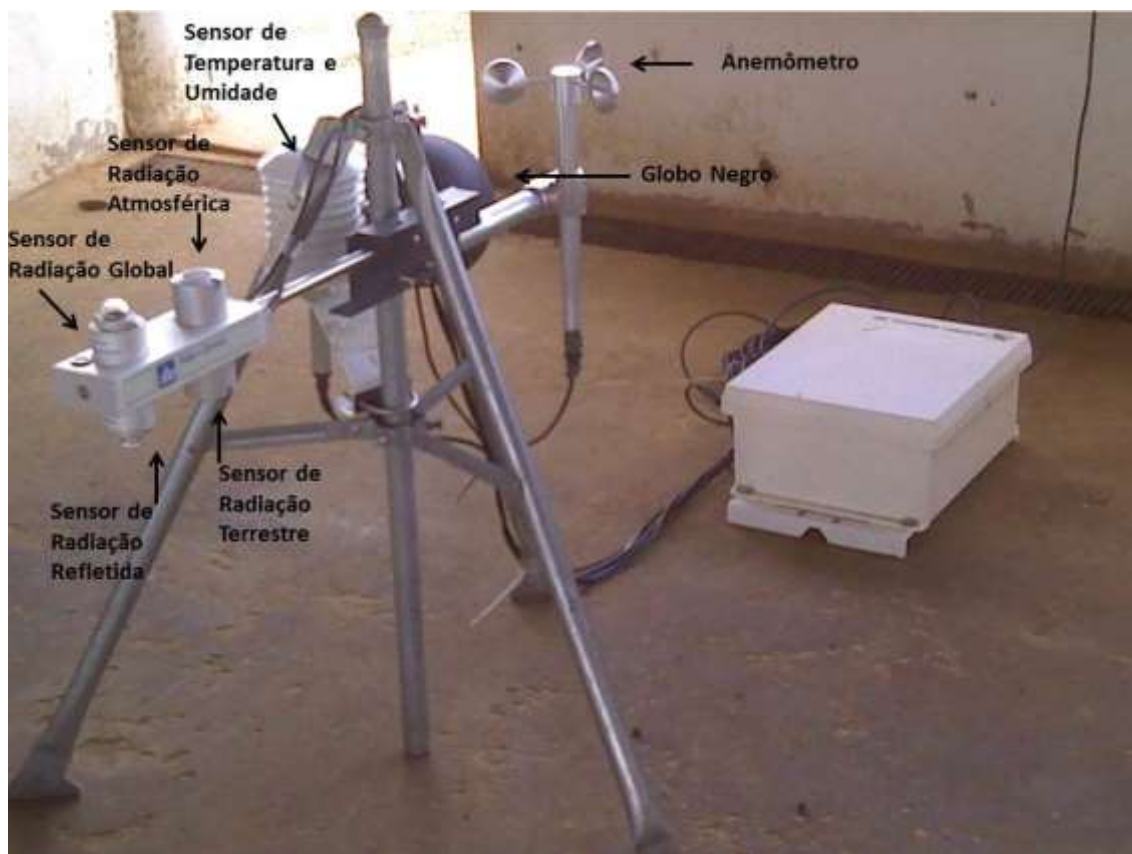


Figura 4. Equipamento meteorológico montado nos Apriscos com termômetro de globo negro; anemômetro; sensores de radiação e sensor de temperatura, umidade do ar e velocidade do vento.

3.5. Determinação dos Índices de Conforto

Com os dados climáticos obtidos foram calculados os seguintes índices de conforto térmico: Índice de Temperatura e Umidade – ITU; Índice de Carga

Térmica Radiante - CTR; Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade– ITGU; Índice de Conforto Térmico – TCI e Entalpia (H).

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) foi calculado utilizando a equação proposta por Thom (1958):

$$ITU = Ta + 0,36Tpo + 41,5 \quad \text{Eq. (1)}$$

Sendo:

ITU = Índice de Temperatura e Umidade;

Ta = Temperatura do ar (°C);

Tpo = Temperatura do ponto de orvalho (°C).

O Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) foi determinado pela expressão proposta por Buffington et al, (1981):

$$ITGU = Tg + 0,36Tpo + 41,5 \quad \text{Eq. (2)}$$

Sendo:

ITGU = Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade;

Tg = Temperatura de globo negro (°C);

Tpo = Temperatura do ponto de orvalho (°C).

A Carga Térmica Radiante (CTR) indicada por Campos (1986) foi calculada pela equação de Stefan-Boltzmann, conforme proposto por (SOUZA, 2002):

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

Sendo:

CTR = Carga térmica radiante ($W.m^{-2}$);

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

TRM = Temperatura Radiante Média (K). Esta é a temperatura de uma circunvizinhança considerada uniformemente negra, de modo a eliminar o efeito de reflexão, com o qual um corpo (globo negro) troca energia de forma semelhante ao ambiente atual considerado (BOND e KELLY, 1955).

A TMR foi expressa pela equação 4:

$$TMR = 100[2,51 * (V)^{0,5} * (Tg - Tbs) + \left(\frac{Tg}{100}\right)^4]^{1/4} \quad \text{Eq. (4)}$$

Sendo:

V = Velocidade do ar (m/s);

Tg = Temperatura de globo negro (K);

Tbs = Temperatura de bulbo seco (K).

O Índice de Conforto Térmico (TCI) proposto por Rauschenbach e Yerokhin (1975) foi determinado pela equação:

$$TCI = 0,659Ta + 0,550Tg - 0,042V \quad \text{Eq. (5)}$$

Sendo:

Ta = Temperatura do ar (°C);

Tg = Temperatura de globo negro (°C);

V = Velocidade do vento (m/s).

A Entalpia foi calculada pela equação proposta por Rodrigues et al. (2010) onde:

$$h = 1,006 \cdot t + \frac{UR}{PB} 10^{\left(\frac{7,5t}{273,3+t}\right)} \cdot (71,28 + 0,052t) \quad \text{Eq. (6)}$$

Sendo:

h = Entalpia (kJ.kg ar seco⁻¹);

t = Temperatura do ar (°C);

UR = Umidade Relativa do ar (%);

PB = Pressão barométrica local (mmHg).

3.6. Geoestatística das variáveis climáticas e dos índices de conforto térmico

Foi realizada a geoestatística da temperatura de bulbo seco, umidade relativa do ar, velocidade do vento e índice de temperatura e umidade em toda a área interna dos três apriscos estudados. Os dados de temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar foram coletados em quatro dias, em cada período experimental, em dois horários distintos, às 9:00 e 15:00 para posterior análise da geoestatística.

O equipamento utilizado para o registro dos dados de temperatura e umidade relativa do ar foi o psicrômetro portátil digital da marca Politerm® modelo POL-31D, com faixa de registro de -30 a 100°C (temperatura) e de 0 a 100% (umidade) enquanto que a velocidade do vento foi registrada pelo termoanemômetro portátil da marca Instruterm®, modelo TAD 500, com faixa de registro de 0 a 45 m.s⁻¹.

Para o levantamento dos parâmetros estudados, foi traçado um plano cartesiano e a partir deste, delimitados os pontos para as coletas dos dados referentes à temperatura e umidade relativa do ar e velocidade do vento. A cada 2 m foi marcado um ponto no piso dos apriscos, formando, assim uma malha regular de 2 m x 2 m.

A partir dessa malha, foi realizada uma avaliação da variabilidade espacial das condições térmicas dos apriscos a fim de verificar qual das instalações oferece o microclima mais favorável ao acondicionamento dos animais.

3.7. Análise estatística

Os dados obtidos por meio das mini estações meteorológicas instaladas dentro dos galpões foram submetidos ao teste T de normalidade a 95% de confiança.

Os dados das variáveis de Temperatura do ar, Umidade Relativa, Velocidade do Vento, ITU e Entalpia, obtidos através do registro das variáveis Ta, UR e Vv em diversos pontos distribuídos dentro dos apriscos, foram submetidos à análise geoestatística. A variabilidade das variáveis foi inicialmente avaliada pela análise da estatística descritiva dos dados através de média, mediana, máximo, mínimo e coeficiente de variação (C.V.).

O coeficiente de variação foi classificado de acordo com os critérios considerados por Warrick & Nielsen (1980), sendo baixa variabilidade para C.V. < 12%, média variabilidade para 12% < C.V. < 62% e alta variabilidade para C.V. > 62%.

A dependência espacial foi analisada por meio de ajustes de modelos teóricos através do cálculo de semivariogramas conforme a seguinte equação (VIEIRA, 2000):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad \text{Eq. (7)}$$

Sendo:

$N(h)$: número de pares experimentais de observações;

$Z(x_i)$ e $Z(x_i + h)$: separados por uma distância h .

O semivariograma é representado pelo gráfico $\gamma(h)$ versus h . Do ajuste de um modelo matemático aos valores calculados de $\gamma(h)$ foram estimados os coeficientes do modelo teórico para o semivariograma (o efeito pepita, C_0 ; patamar, $C_0 + C_1$; e o alcance, a). O efeito pepita é o valor da semivariância $\gamma(h)$ para a distância zero ($h = 0$) e representa o erro analítico, ou seja, indica a variabilidade que não pode ser explicada; o patamar é o valor da semivariância $\gamma(h)$ em que a curva estabiliza em um valor constante; o alcance representa a distância entre a origem e o patamar, deste ponto em diante, considera-se que não existe mais dependência espacial entre as amostras (TRANGMAR et al., 1985). A escolha do melhor modelo foi baseada na menor soma do quadrado dos resíduos (SQR) e no coeficiente de determinação múltipla (R^2).

Para analisar o grau da dependência espacial dos atributos em estudo, utilizou-se a classificação de Cambardella et al. (1994), em que são considerados de dependência espacial forte os semivariogramas que têm um efeito pepita $< 25\%$ do patamar, moderada quando está entre 25 e 75% e fraca $> 75\%$.

Os modelos de semivariogramas teóricos considerados foram o esférico, o exponencial, o linear e o gaussiano, sendo ajustados por meio do programa GS⁺. Posteriormente, tais modelos foram usados para estimativa dos dados de temperatura para locais não observados utilizando o método de interpolação conhecido como krigagem ordinária. A partir de então os mapas foram formatados e editados utilizando o programa SURFER.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Variáveis Climáticas e Índices de Conforto Térmico

A evolução da Temperatura do ar média horária, ao longo do dia, no interior dos três apriscos estudados, para os dois períodos experimentais (inverno e verão) é apresentada na Figura 5.

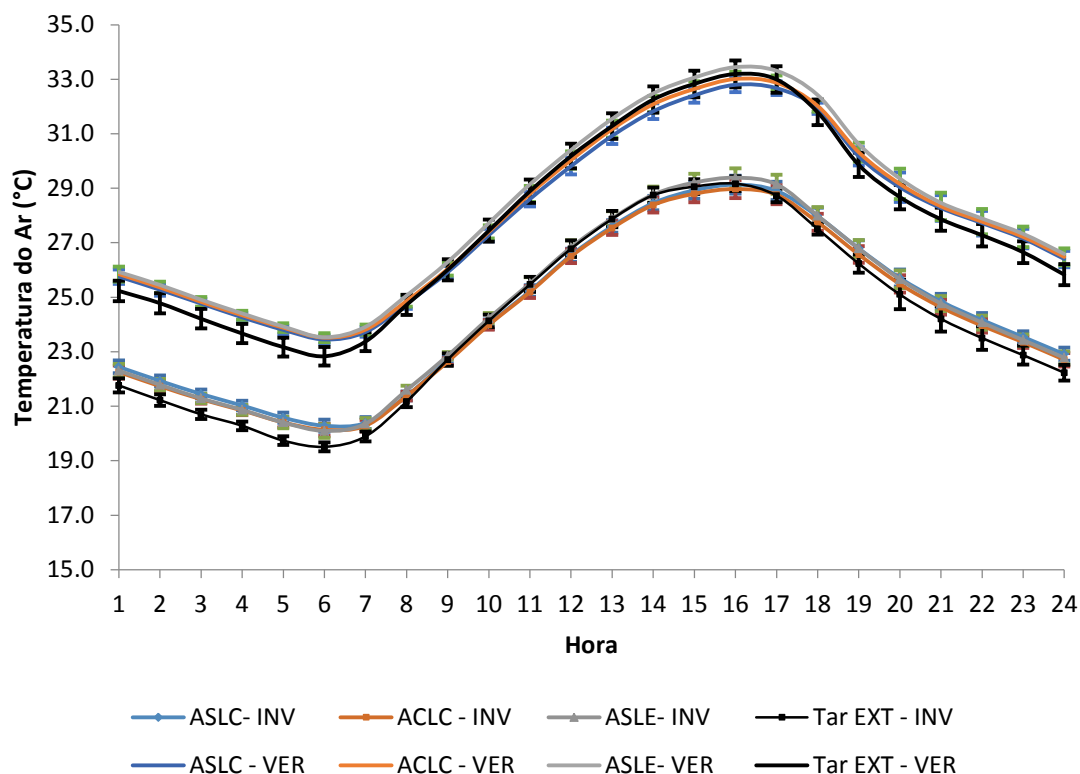


Figura 5. Evolução da Temperatura do ar média horária e seus respectivos desvios padrão da média para a Temperatura do Ar (T_a) ao longo dos períodos experimentais para o ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado.

Pode-se observar que tanto para o período de inverno quanto para o verão, os valores médios horários da temperatura do ar nos três apriscos, apresentaram variações ao longo do dia semelhantes, com os menores valores ocorrendo às 6 horas da manhã, e os maiores às 16 horas. No verão, a temperatura média horária variou no ASLC de 23,4 a 32,8°C; no ACLC de 23,5 a 33,0 °C; e no ASLE de 23,5 a 33,4°C. No inverno, o ASLC apresentou

valores de temperatura média horária entre 20,3 e 29,1 °C; o ACLC de 20,1 a 29,0 °C e o ASLE de 20,1 a 29,1 °C.

Percebe-se que os valores da temperatura externa, nos dois períodos experimentais, entre 19 e 7 horas, estiveram menores do que aqueles encontrados dentro das instalações, onde provavelmente isto resulta da maior ventilação do lado externo do que do lado interno.

Observando ainda a Figura 5 pode-se perceber que, nos dois períodos experimentais as barras referentes ao desvio padrão da média se sobrepõem indicando que, estatisticamente, não ocorreu diferença significativa entre os apriscos e o ambiente externo, tanto no inverno quanto no verão para a temperatura do ar.

Pode-se inferir, com estes resultados, que provavelmente as diferentes características construtivas dos apriscos, como a presença do lanternim no ACLC e a elevação do ASLE com piso ripado não promoveram diminuição significativa dos valores médios da temperatura do ar. Vale salientar que tanto a presença de lanternim como a utilização de piso elevado e ripado em edificações rurais com ventilação natural são utilizados com o objetivo de aumentar as trocas de ar, que são controladas pelas aberturas das instalações e assim promover uma diminuição da temperatura do ar no interior das mesmas (MAZON et al, 2006).

Entretanto, os resultados obtidos nesta pesquisa indicam que estas características construtivas não foram o suficiente para promover melhorias significativas na temperatura do ar, no interior das instalações. Isso, provavelmente ocorreu devido à presença de outras instalações ao redor destes apriscos. Damasceno et al (2010) afirmam que a distância entre os galpões deve ser suficiente para que uns não atuem como barreira à ventilação natural aos outros, recomendam um afastamento de aproximadamente 10 vezes a altura do galpão, para os dois primeiros galpões e para os demais galpões, o afastamento deverá ser de aproximadamente 20 a 25 vezes essa altura.

Se considerarmos o índice de conforto térmico para ovinos e caprinos, recomendados por Baêta e Souza (2010), 20 °C a 30 °C, pode-se inferir que no inverno, todos os apriscos proporcionaram conforto térmico aos animais, durante as 24 horas do dia. No entanto no verão, entre 11 e 19 horas, foi

observado temperaturas superiores a 30°C, em todos os apriscos, ou seja, temperaturas acima do limite máximo recomendado para o conforto térmico desses animais, entretanto abaixo da temperatura crítica para caprinos e ovinos que segundo Moura (2009), é de 34 °C.

Confirmando as recomendações estabelecidas por Baêta e Souza (2010), Eustáquio Filho et al (2011), em um trabalho realizado no sudoeste da Bahia, estabeleceu como zona de conforto térmico para ovinos da raça Santa Inês temperaturas de 10, 15, 20 e 25°C. No entanto, a partir de 30°C os animais necessitaram aumentar o esforço fisiológico para a manutenção da homeotermia. Diante do exposto, os dados obtidos indicam que as instalações estudadas no presente trabalho oferecem temperaturas confortáveis para os animais desta raça durante o inverno e alguns horários no verão.

Resultados semelhantes aos encontrados nesta pesquisa, para os valores de temperatura do ar, na estação de inverno, também foram observados por Oliveira et. al. (2013), em um experimento realizado na cidade de Petrolina, na época fria, no qual verificaram em um ambiente sombreado por tela de polipropileno preta, com 80% de retenção luminosa, as temperaturas médias se encontraram dentro da faixa de conforto térmico para caprinos e ovinos.

Entretanto, valores de temperatura do ar superiores aos encontrados neste trabalho, quanto à temperatura do ar, foram observados em aprisco de alvenaria aberto nas laterais, com altura superior a 4,0 m, piso de cimento e cobertura de telha de fibrocimento por Silva et al. (2006) ao estudarem o efeito da época do ano e período do dia sobre os parâmetros fisiológicos de reprodutores caprinos no semiárido paraibano. Estes autores obtiveram nesta instalação temperatura média de 28,2°C, no período da manhã na época de maio a agosto, e à tarde, nesta mesma época do ano, temperatura média de 32,8°C e entre setembro e dezembro, a temperatura média pela manhã foi de 30,0 °C, e à tarde 35,7 °C. Provavelmente esses maiores valores de temperatura do ar encontrados por Silva et al. (2006) foram influenciados pelo tipo de telhado quando comparados aos encontrados neste trabalho.

Uma das maneiras mais utilizadas para diagnosticar se as instalações proporcionam conforto térmico aos animais, é observar as respostas fisiológicas dos mesmos e esta técnica foi utilizada por Cezar et al, (2004) em

uma pesquisa realizada com ovinos das raças Dorper e Santa Inês submetidos a um sistema de criação semi intensivo, no semiárido nordestino, no período de verão. Estes autores encontraram valores de 25,3 °C para a temperatura média pela manhã e de 31,2 °C para a temperatura média à tarde, resultados semelhantes aos observados neste trabalho, e concluíram diante das respostas fisiológicas dos animais que os ovinos apresentaram estresse térmico alto à tarde e de médio a alto pela manhã.

É importante salientar que em trabalhos citados anteriormente e nesta pesquisa, para o período de verão, nos horários mais quentes do dia, os valores de temperatura do ar ficaram acima da zona de conforto térmico para caprinos e ovinos. De acordo com Gomes et al. (2008) esta situação é comum no semiárido, todavia, caprinos das raças nativas, pelo processo adaptativo à esta região, desenvolvido ao longo de sua formação, tem expressado bons desempenhos produtivos e reprodutivos, mesmo em condições consideradas acima da zona de conforto, o que é extremamente positivo para a raça e indicativo da necessidade de redefinição quanto aos parâmetros de adaptabilidade para as raças nativas do semiárido nordestino

A evolução da Umidade Relativa do ar média horária, dentro dos apriscos ao longo do dia, para os dois períodos experimentais é apresentada na Figura 6.

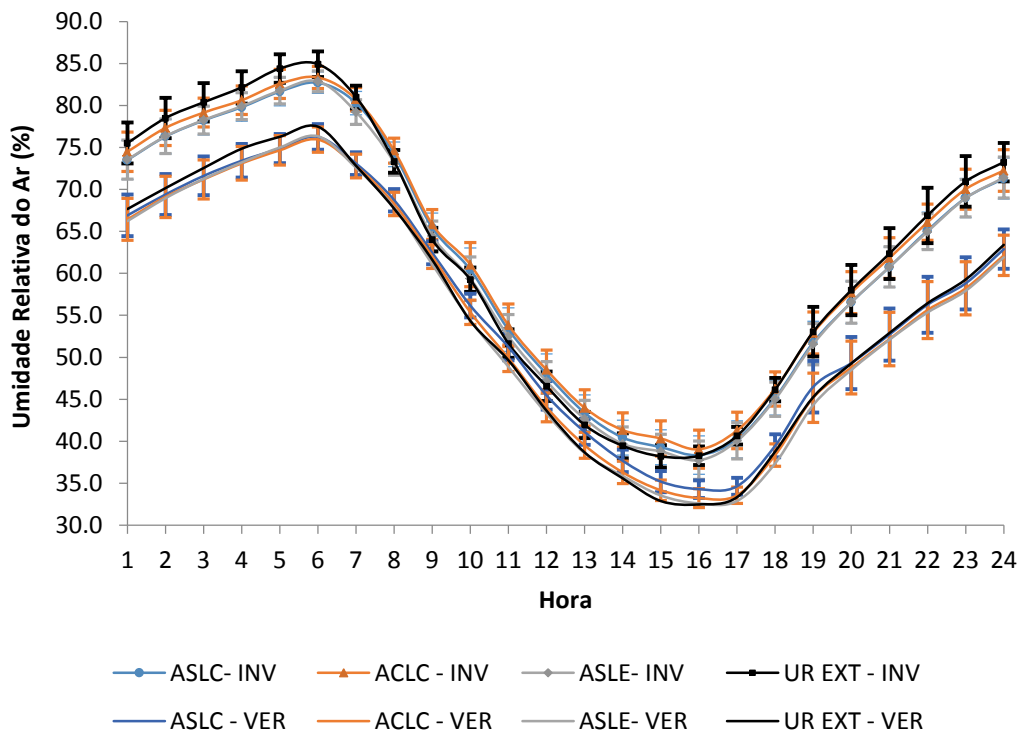


Figura 6. Evolução da Temperatura do ar média horária e seus respectivos desvios padrão da média para a Umidade Relativa do Ar (UR) ao longo dos períodos experimentais para o ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado.

Pode-se observar na Figura 6 o mesmo comportamento de UR nos três apriscos estudados e os valores referentes ao ambiente externo, nos dois períodos experimentais. Verifica-se também que os índices de UR nas instalações e a área externa, nos dois períodos estudados, são estatisticamente iguais, havendo uma sobreposição das suas barras de desvio padrão da média. Além disso, como se sabe há uma relação inversa entre a temperatura do ar e a umidade relativa do ar ao longo do dia, no qual observou-se que o comportamento de UR foi oposto ao de T_a .

Resultado semelhante foi observado por Roberto et al (2014), o qual verificou que em uma instalação semi aberta, com cobertura de telhas de fibrocimento, destinadas à criação de caprinos, localizada no semiárido paraibano, nos horários de elevada temperatura ocorreram os menores valores de UR.

Nas duas estações, os valores máximos de UR ocorreram às 6 horas e os mínimos, às 16 horas, sendo que no ASLC os valores de UR variaram de 38,4 a 82,7% e de 34,3 a 76,3%, no inverno e verão respectivamente. Já no ACLC, os valores variaram de 39,0 a 83,3% no inverno e de 33,2% a 75,9% no verão. Quanto ao ASLE, no inverno, os valores de UR ficaram entre 37,7 a 82,9% e no verão entre 32,6 a 76,3%.

A Figura 6 mostra que ocorreu uma diferença menor de 10% de umidade entre o inverno e verão dentro dos apriscos. Isso se deve ao clima semiárido onde o experimento foi realizado, o que está de acordo com dados de umidade relativa do ar obtidos na estação meteorológica de Bebedouro, na cidade de Petrolina – PE, onde nos últimos 40 anos, a diferença de UR entre a estação inverno e a estação verão foi inferior a 10%.

Novamente foi observado que as características construtivas dos apriscos não influenciaram a porcentagem de umidade relativa do ar dentro das instalações, mas pode-se verificar que a UR esteve muito baixa entre 9:00 e 20:00, durante o inverno e verão, em todos os apriscos, sendo importante destacar que Baêta & Sousa (2010) citam que a umidade relativa ideal para a criação de animais domésticos deve estar entre 50 e 70%. Um ambiente com baixa umidade relativa do ar poderá provocar nos animais estabulados, conforme o tempo de exposição, problemas respiratórios bem como elevados índices de transpiração, o que pode ocasionar na desidratação dos mesmos.

Resultados semelhantes foram encontrados por Roberto (2012), que ao avaliar as respostas fisiológicas e os gradientes térmicos de cabras Saanen e mestiças $\frac{1}{4}$ Saanen + $\frac{3}{4}$ Bôer, no período de novembro a fevereiro, criadas em regime de confinamento em uma instalação semiaberta, com cobertura de telhas de fibrocimento, no semiárido paraibano, obteve os maiores valores de umidade às 6 horas da manhã, com 82,76% e os menores às 14 horas, com 40,92%.

Gomes et al (2008), observaram que em uma instalação de confinamento, orientada no sentido norte-sul, dotada de cobertura de telhas cerâmicas, destinada à criação de caprinos, no semiárido nordestino, apenas entre 7 e 11 horas da manhã os valores de UR estavam dentro da faixa de conforto térmico e entre 13 e 17 horas estes valores estiveram abaixo do limite mínimo recomendado. Neste trabalho, no inverno as instalações apresentaram

índices de UR dentro da faixa recomendada entre 9 e 14 horas e entre 17 e 23 horas, e no verão entre 8 e 13 horas e entre 19 e 2 horas.

Turco et al. (2004), em experimento também realizado na cidade de Petrolina-PE, com animais confinados a céu aberto, observaram para a estação de outono os maiores índices de UR no turno da manhã, e o valor máximo às 8 horas (70%) e o menor às 16 horas (42%). Neste período experimental entre 8 e 14 horas os índices de UR situaram-se dentro da faixa recomendada

Segundo Baêta & Souza (1997) a avaliação das condições de UR em instalações zootécnicas é muito, pois estas exercem grande influência no bem-estar e na produtividade do animal, principalmente se os índices elevados de UR estão associados a altas temperaturas do ar, o que não foi observado nesta pesquisa.

A evolução da Velocidade do Vento (Vv) média horária, dentro dos apriscos ao longo do dia, para o inverno e verão é apresentada nas Figuras 7 e 8, respectivamente.

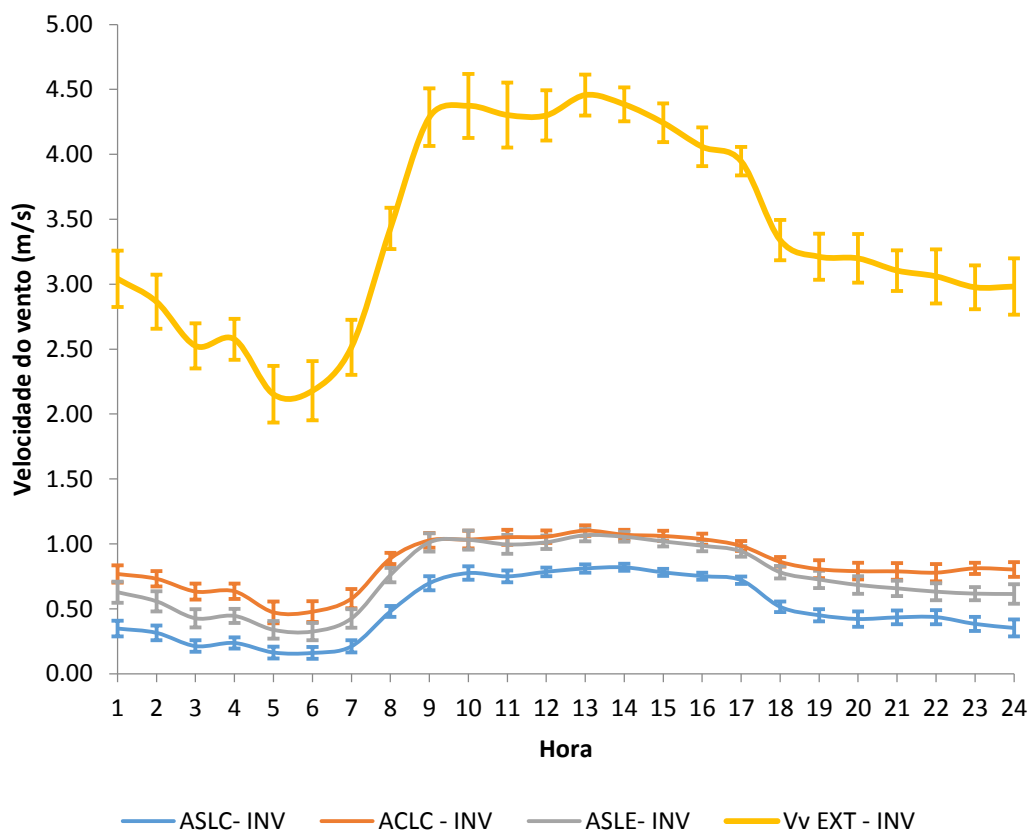


Figura 7. Evolução da Velocidade do Vento (V_v) média horária e seus respectivos desvios padrão da média para o ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, no inverno.

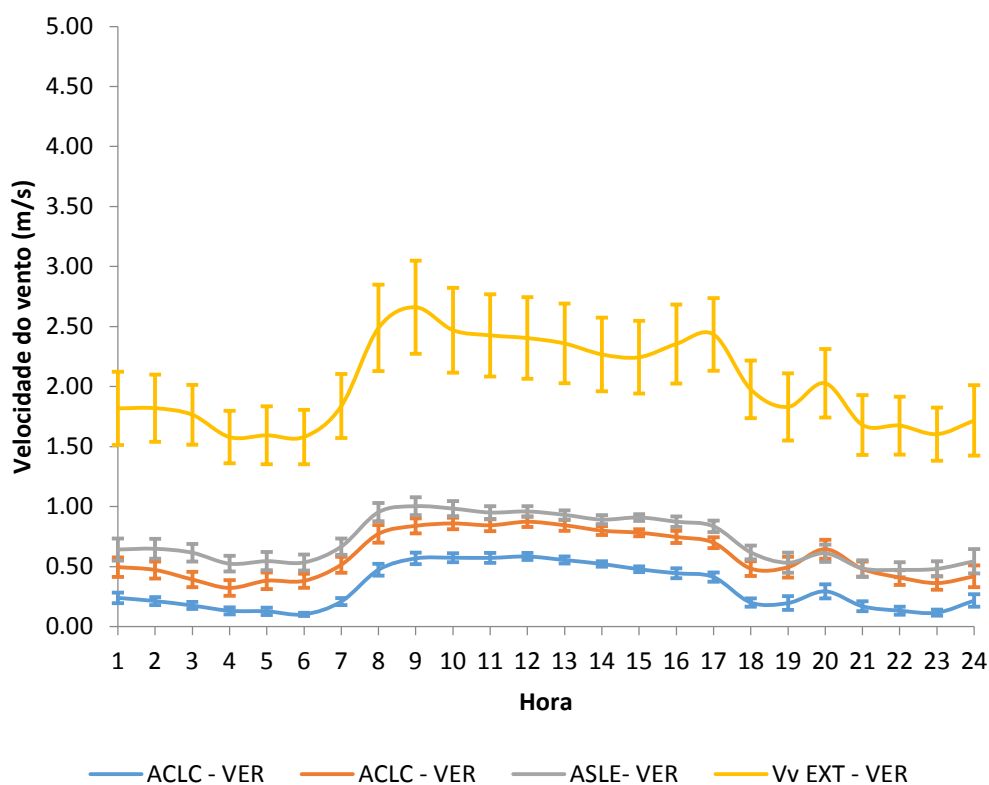


Figura 8. Evolução da Velocidade do Vento (V_v) média horária e seus respectivos desvios padrão da média para o ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, no verão.

Ao se observar as Figuras 7 e 8, nota-se que o ASLC, foi o que apresentou os menores valores de Velocidade do vento, no inverno e verão, os quais diferem estatisticamente dos observados no ACLC e ASLE, em todos os horários nas duas estações. Provavelmente isso ocorreu devido esta instalação ser dotada de baias individuais, rodeadas por uma mureta de alvenaria (altura de 1,30 m) que serviu como uma barreira de impedimento à ventilação natural. Apesar dessa falta de ventilação não ter afetado a temperatura e umidade relativa do ar nesta instalação, isso demonstra a necessidade de redução da altura desta mureta para melhoria da ventilação dentro do aprisco,

Ainda analisando as Figuras 7 e 8 percebe-se que os valores de velocidade do vento no ambiente externo às instalações foram superiores àqueles encontrados dentro dos apriscos, nas duas estações estudadas, o que

já era esperado, devido a menor presença de barreiras físicas de impedimento na área externa.

De acordo com Sydenstricker (1993), em se tratando de ventilação natural, é muito importante verificar a presença de obstáculos na direção do vento dominante, pois estes podem ser prejudiciais, funcionando como barreiras e impedindo que o fluxo de ar entre na edificação.

Os Apriscos ACLC e ASLE apresentaram os maiores valores de Vv devido às suas características construtivas, por serem instalações com baias coletivas, área maior, laterais abertas, e presença do lanternim no ACLC e do piso elevado e ripado do ASLE, favoreceram uma maior ventilação dentro das mesmas em comparação ao ASLC.

Tinôco (2001), diz que a ventilação natural pode e deve ser amplamente aproveitada nos climas quentes. Isso pode ser conseguido através, dentre outras coisas, de aspectos construtivos importantes como: dimensões, desenho e localização das aberturas de entrada e de saída. Muitas vezes, torna-se adequado prover barreiras naturais ou artificiais, com finalidade de canalizar o fluxo do vento para determinados pontos das construções, visando aumento ou redução de sua velocidade, conforme o caso.

O ACLC apresentou, no inverno, os maiores valores de velocidade do vento, com o maior valor observado às 13 horas nesta instalação. Provavelmente isto ocorreu devido a presença do lanternim neste aprisco. É importante ressaltar que a velocidade do vento é um parâmetro importante, pois, do ponto de vista térmico, o vento proporciona conforto aos animais, visto que, facilita a troca de calor com o meio ambiente. Do ponto de vista sanitário o vento minimiza os efeitos da poluição, pois aumenta a dissipação da mesma, evitando que se torne um problema para os animais (PAULO, 2009).

No verão, o ASLE apresentou os maiores valores de velocidade do vento, às 9 horas da manhã. A elevação do aprisco, bem como o piso ripado e as divisórias de madeira provavelmente influenciaram neste resultado.

Analisando a Figura 05, é possível observar que esta instalação, ASLE, apresentou valores de Ta fora da zona de conforto térmico para caprinos e ovinos e segundo Ferreira et al. (2007) em condições de desconforto térmico a movimentação do ar é considerada um fator indispensável para melhorar as condições ambientais, visto que a movimentação do ar sobre o animal influ

significativamente na perda de calor pela superfície corporal através da evaporação da umidade da pele do mesmo. Além disso, a velocidade do ar também influi indiretamente sobre a quantidade de calor radiante que recebe um animal ao modificar a temperatura dos objetos que o rodeiam.

No inverno, os valores de V_v variaram entre 0,16 e 0,82 m/s no ASLC, entre 0,47 e 1,10 m/s no ACLC e entre 0,32 e 1,07 m/s no ASLE; já no verão estes valores variaram entre 0,10 e 0,58 m/s; 0,32 e 0,87 m/s; e 0,47 e 1,00 m/s nos ASLC, ACLC e ASLE respectivamente. Segundo McDowell (1989), ventos com velocidade de 1,3 a 1,9 m/s são ideais para a criação de animais domésticos, causando preocupação quando este atinge 8,0 m/s. Diante destas recomendações pode-se notar que nenhuma instalação apresentou valores dentro desta faixa de recomendação, sendo este um dado preocupante, pois valores muito baixos de velocidade do vento prejudicam o processo de termorregulação, dificultando a eliminação do suor da superfície corporal, ocasionando uma menor dissipação de calor pelos animais.

Provavelmente estes resultados estão relacionados com a presença de outras edificações ao redor dos apriscos estudados, atuando como barreiras de ventilação.

Resultados semelhantes foram encontrados por Leite et. al. (2012), em um experimento realizado no semiárido paraibano, em aprisco aberto, e coberto com telhas cerâmicas, no período de janeiro a abril os quais observaram valores de velocidade do vento variando de 0,7 a 1,7 m/s, resultados estes que demonstram a possibilidade de deficiência quanto às perdas de calor, pelos animais, por meios convectivos.

Entretanto, Gomes et. al. (2008), encontraram valores superiores de velocidade do vento, em um experimento realizado em um galpão semiaberto para caprinos e ovinos no semiárido paraibano, no período de setembro a janeiro, obtendo valores que variaram entre 1,7 e 3,1 m/s, sendo superior àqueles encontrados neste trabalho, o que provavelmente contribuiu para maior dissipação de calor corporal pelos animais.

A evolução - do índice médio horário de Temperatura e Umidade (ITU), ao longo do dia, dentro dos apriscos é apresentada por meio da Figura 06, para os dois períodos experimentais.

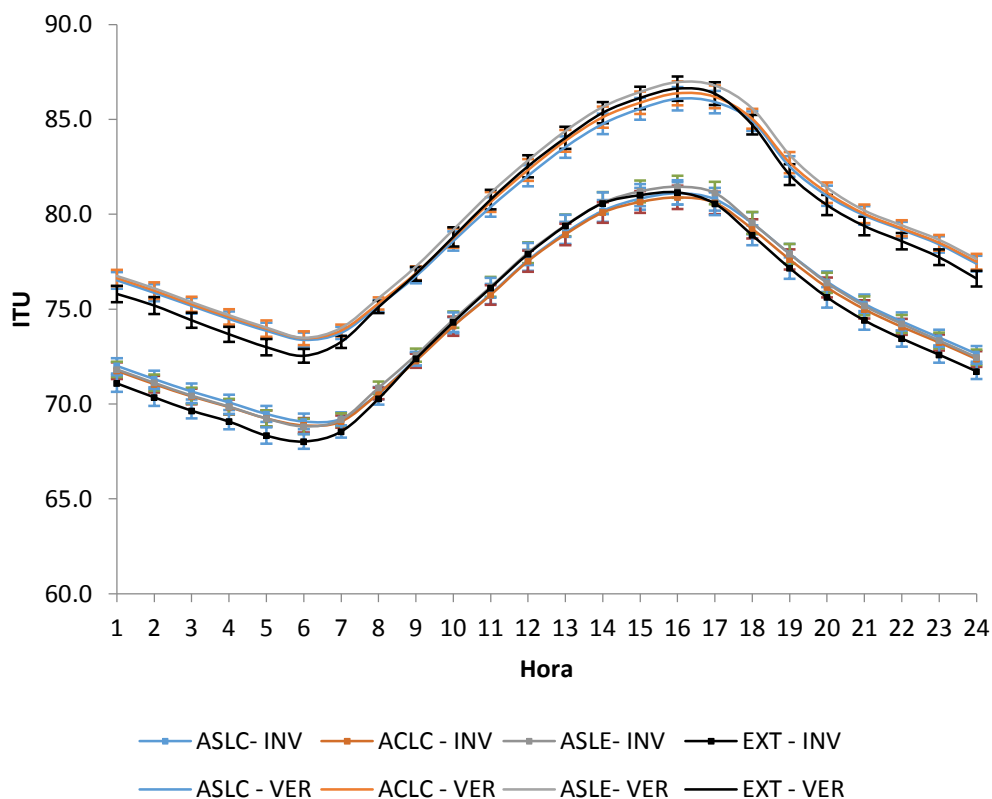


Figura 9. Evolução do índice de Temperatura e Umidade (ITU) médio horário e seus respectivos desvios padrão da média ao longo dos períodos experimentais para o ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado.

Analisando-se a Figura 9 percebe-se que o ITU ao longo do dia, nos dois períodos experimentais, nas três instalações e no ambiente externo, apresentou o mesmo comportamento. Nota-se também que ao comparar os três apriscos e o ambiente externo, os valores referentes ao ITU não apresentaram diferença estatística, para cada estação analisada, indicando que as diferentes características construtivas das instalações não foram o suficiente para a diminuição significativa deste índice.

Nas duas estações, os menores valores de ITU, para as três instalações, foram encontrados às 6 horas da manhã, horário em que ocorreram os menores valores de temperatura do ar e os maiores valores de umidade relativa (ver Figuras 5 e 6). Por outro lado, os maiores valores de ITU foram

observados às 16 horas, no mesmo que ocorreram os picos de temperatura do ar e os menores valores de umidade relativa.

Os valores de ITU, no inverno, variaram entre 69,1 e 81,1 no ASLC; 68,9 e 80,9 no ACLC; e 68,8 e 81,4 no ASLE; enquanto no verão estes valores foram superiores e variaram entre 73,4 e 86,1 no ASLC; 73,5 e 86,4 no ACLC e 73,5 e 87,0 no ASLE. Os valores externos de ITU variaram entre 68,0 e 80,9; no inverno e entre 72,5 e 86,6; no verão.

Ainda não há uma classificação de ITU precisa para caprinos e ovinos, entretanto Silanikove e Koluman (2015) determinaram que, para cabras leiteiras, um valor de ITU inferior a 80 indica condição normal, ou seja, não há efeito sobre a produção de leite; entre 80 e 85 são considerados valores de alerta, provocando efeito modesto sobre a produção de leite; entre 85 e 90 indica perigo, com efeito grave na produção de leite; e acima de 90 constitui uma situação extrema, o que pode acarretar na morte dos animais. Mas deve-se salientar que existem fontes de variação a respeito desses valores, como a espécie, a raça, sexo, ambiente exposto e o estado fisiológico dos animais.

Desta maneira, de acordo com a classificação de Silanikove e Koluman (2015), no período de inverno entre 14 e 17 horas, as instalações apresentaram uma situação de alerta, e nos demais horários, condições normais. No verão, as instalações apresentam condições de alerta para os valores de ITU entre 11 e 14 horas, entre 15 e 17 horas, condições de perigo, e nos demais horários, condições normais, ou seja, não estressantes à cabras leiteiras.

Silva et. al. (2013), ao estudarem a influência das condições climáticas sobre as variáveis fisiológicas e o ganho de peso médio diário de cordeiros da raça Santa Inês, encontraram dentro das instalações valores de ITU de 72,4 e 78,0, às 7 e 15 horas, respectivamente, e afirmam que apesar dos animais estudados (cordeiros) terem aumentado a sua frequência respiratória e temperatura retal, os animais apresentaram ganho de peso médio diário satisfatório, indicando que os valores de ITU não expressam desconforto para esses animais, o que está de acordo com a classificação descrita por Silanikove e Koluman (2015). Considerando estes resultados, acredita-se que os três apriscos estudados, na estação de inverno, e em alguns horários no verão, proporcionariam condições de conforto para cordeiros da raça Santa Inês.

Já em estudos realizados com caprinos das raças Canindé e Moxotó, desenvolvidos em uma câmara climática localizada na Universidade Federal de Campina Grande, Lucena et. al. (2013), constataram que o índice de temperatura e umidade (ITU) acima de 81,3 pode ser considerado estressante para os animais desta raça. Os resultados obtidos nesta pesquisa indicam que durante alguns horários no período de inverno e verão, as três instalações estudadas apresentaram condições de ITU desconfortáveis para caprinos das raças Canindé e Moxotó.

Dessa forma, para todos os três apriscos analisados no presente trabalho, o valor do ITU ficou entre situações de conforto e estresse aos animais, a depender da classificação utilizada, bem como para diferentes tipos de raça.

A evolução do índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) médio horário, ao longo do dia, dentro dos apriscos, é apresentada por meio da Figura 10, para os dois períodos experimentais.

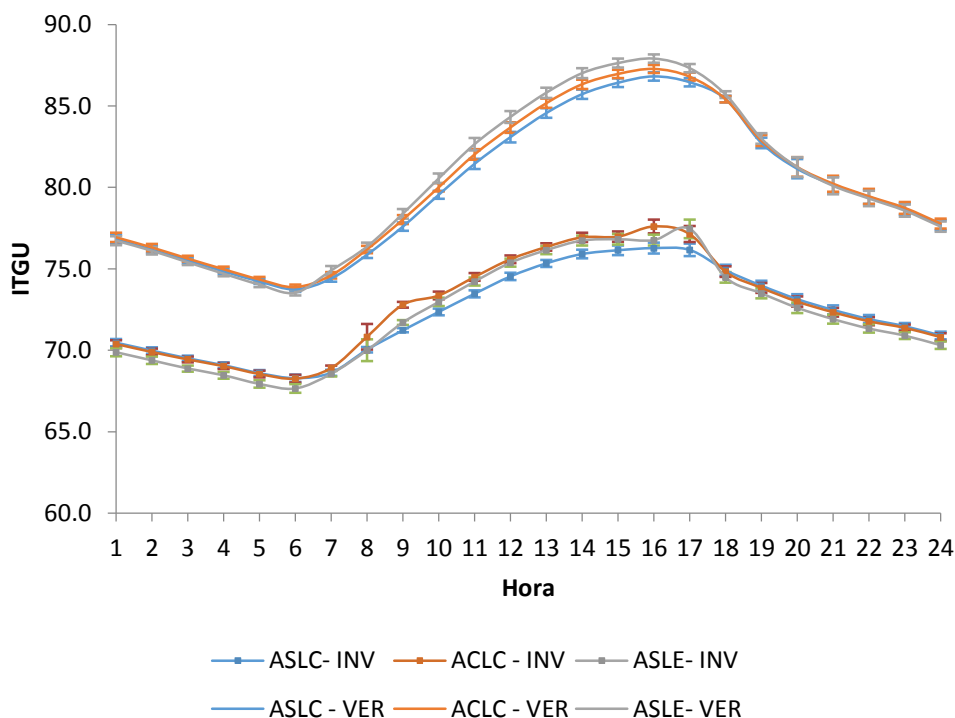


Figura 10. Evolução do índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) médio horário e seus respectivos desvios padrão da média ao longo dos períodos experimentais para o ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado.

Na Figura 10, observa-se que os menores valores de ITGU ocorreram às 6 horas da manhã e os maiores às 16 horas para todas as instalações, exceto para o ASLE que apresentou os maiores valores de ITGU às 17 horas, na estação de inverno. Nota-se também que o ITGU nas três instalações apresentaram comportamento similar e não diferiram estatisticamente entre si, nos dois períodos estudados, a não ser o ACLC, que no inverno diferiu das demais instalações no horário de 9 horas.

Os valores mínimos e máximos de ITGU encontrados nos ASLC, ACLC e ASLE, para o período de inverno foram, respectivamente, 68,3 e 76,3; 68,3 e 77,6; e 67,7 e 77,5. Para estas mesmas instalações, na estação de verão, os valores de ITGU variaram entre 73,7 e 86,8; 73,9 e 87,3; e 73,5 e 87,9 para as três instalações citadas.

Assim como para o ITU, para o ITGU também ainda não há uma classificação precisa para caprinos e ovinos, entretanto, diversos trabalhos

científicos têm sido realizados com o intuito de observar o comportamento destes animais sob diferentes condições ambientais, o que permite identificar quais os valores ideais e estressantes destes índices para diferentes raças de caprinos e ovinos.

Souza (2010), em pesquisas realizadas no Brasil, observou que há correlação positiva do ITGU com a temperatura retal e a frequência respiratória de ovinos e caprinos, o qual constatou que o valor de ITGU igual a 83 pode indicar uma condição de estresse médio-alto para ovinos enquanto para caprinos um estresse baixo. Os resultados obtidos nesta pesquisa indicam que as instalações estudadas, no período de inverno, não apresentaram condições estressantes para caprinos e nem para ovinos, mas no verão, entre 12 e 19 horas, os valores de ITGU estiveram acima de 83, provocando, possivelmente condições estressantes aos animais citados.

Outros estudos realizados por Roberto et al. (2010), visando avaliar o grau de adaptação de caprinos $\frac{1}{2}$ Boer + $\frac{1}{2}$ SRD ao semiárido paraibano, indicaram valores médios de ITGU à sombra de 75,14 e 87,57 nos turnos da manhã e da tarde respectivamente. Estes autores afirmaram que apesar das condições ambientais estressantes, os caprinos resultantes do cruzamento da raça Boer e SRD apresentaram alta capacidade de adaptação, já que mantiveram os seus constituintes sanguíneos dentro dos padrões normais para a espécie. Deste modo as instalações avaliadas no presente trabalho são eficientes tanto no inverno, como no verão, para a criação dos animais citados.

Entretanto, resultados discrepantes aos anteriores foram encontrados por Roberto et. al. (2014), ao analisar gradientes térmicos e respostas fisiológicas de caprinos puros da raça Saanen, e mestiços $\frac{1}{4}$ Saanen + $\frac{3}{4}$ bôer, criados em regime de confinamento no semiárido paraibano. Ou seja, eles observaram médias de ITGU de 78,7 para o período da manhã e de 86,1 para o período da tarde, e concluíram que as condições ambientais no turno da tarde expõem os animais, mesmo criados em confinamento, a uma condição de desconforto térmico e a um aumento significativo de suas respostas fisiológicas.

Essas comparações efetuadas indicam que os resultados obtidos na presente pesquisa evidenciam que as instalações estudadas podem ser consideradas confortáveis ou não aos animais, dependendo de fatores como o padrão racial dos mesmos.

A evolução do índice de Conforto Térmico para Ovinos (TCI), ao longo do dia, dentro dos apriscos é apresentada por meio da Figura 11, para os dois períodos experimentais.

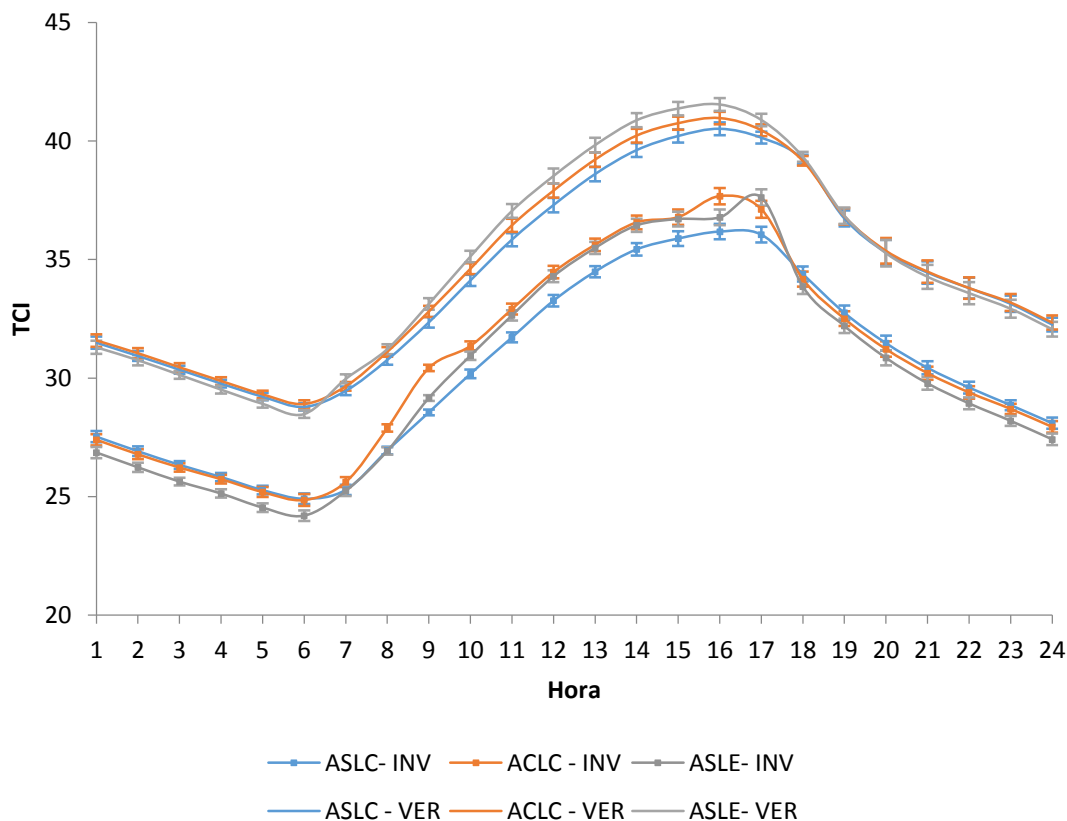


Figura 11. Evolução do índice de Conforto Térmico para Ovinos (TCI) médio horário Valores médios horários e seus respectivos desvios padrão da média ao longo dos períodos experimentais para o ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado.

Na Figura 11 observa-se que no verão, as três instalações tiveram o mesmo comportamento, apresentando os valores mínimos de TCI às 6 horas e os valores máximos às 16 horas, os quais apresentaram valores que não diferem estatisticamente, ou seja, para estas condições observadas, as instalações se comportaram da mesma maneira e suas diferentes características construtivas não foram o suficiente para provocar alterações significativas nos resultados referentes a este parâmetro.

Ainda na Figura 11, percebe-se que no inverno em alguns horários, o TCI nas três instalações estudadas não apresentou diferenças significativas.

Os menores valores de TCI foram observados às 6 horas e os maiores às 16 horas, nos ASLC e ACLC e às 17 horas no ASLE.

Nos horários de 8 e 9 horas o ACLC apresentou valores de TCI, estatisticamente diferentes dos demais. Já o ASLC, entre 9 e 14 horas os valores de TCI foram estatisticamente diferente das demais instalações, com os menores valores de TCI nestes horários. Percebe-se então que no caso do TCI, as características construtivas das instalações influenciaram nos resultados obtidos, provavelmente devido a presença de um corredor de circulação entre as baias individuais e da mureta que delimita o ASLC, que funciona como uma barreira impedindo à penetração de radiação solar direta no interior das baias.

Os valores médios horários de TCI variaram na estação de inverno de 24,9 a 36,2; 24,9 a 37,7; e 24,2 a 37,6, e na estação de verão de 28,8 a 40,5; 28,9 a 41,0 e 28,5 a 41,5, respectivamente, para os ASLC, ACLC e ASLE.

Segundo Neves (2009) ambientes com valores TCI a partir de 38, já é considerado crítico. Percebe-se então que de acordo com este autor, as instalações estudadas no inverno não apresentaram em nenhum horário condições de TCI críticas, entretanto, no verão, em determinados horários, as três instalações apresentam valores de TCI críticos.

Quesada et al, (2001), estudando a tolerância ao calor de duas raças de ovinos deslanados, Santa Inês e Morada Nova, no Distrito Federal, obtiveram um valor máximo de TCI igual a 33 quando a temperatura do ar atingiu 30°C e observaram que os animais apresentaram alterações quanto aos parâmetros fisiológicos, e que a raça Santa Inês mostrou-se mais resistente às alterações climáticas. Isso indica que a criação destes animais nas instalações aqui estudadas pode provocar algum tipo de desconforto aos mesmos.

Barbosa & Silva (1995), em estudo realizado com ovinos das raças Ideal, Suffolk e Corriedale, observaram aumento da temperatura retal e situações de desconforto térmico para esses animais a partir de TCI de 20, 35 e 35, respectivamente. Comparando-se os resultados obtidos por estes autores e os encontrados no presente trabalho, percebe-se que todas as instalações aqui estudadas, tanto no inverno como no verão, podem causar desconforto aos animais da raça Ideal, que se mostraram mais sensíveis, e aos animais da

raça Suffolk e Corriedale, em determinados horários, já que apresentaram valores de TCI acima daqueles recomendados para estes animais.

A evolução da Carga Térmica Radiante (CTR) média horária ao longo do dia, dentro dos apriscos é apresentada por meio da Figura 12, para os dois períodos experimentais.

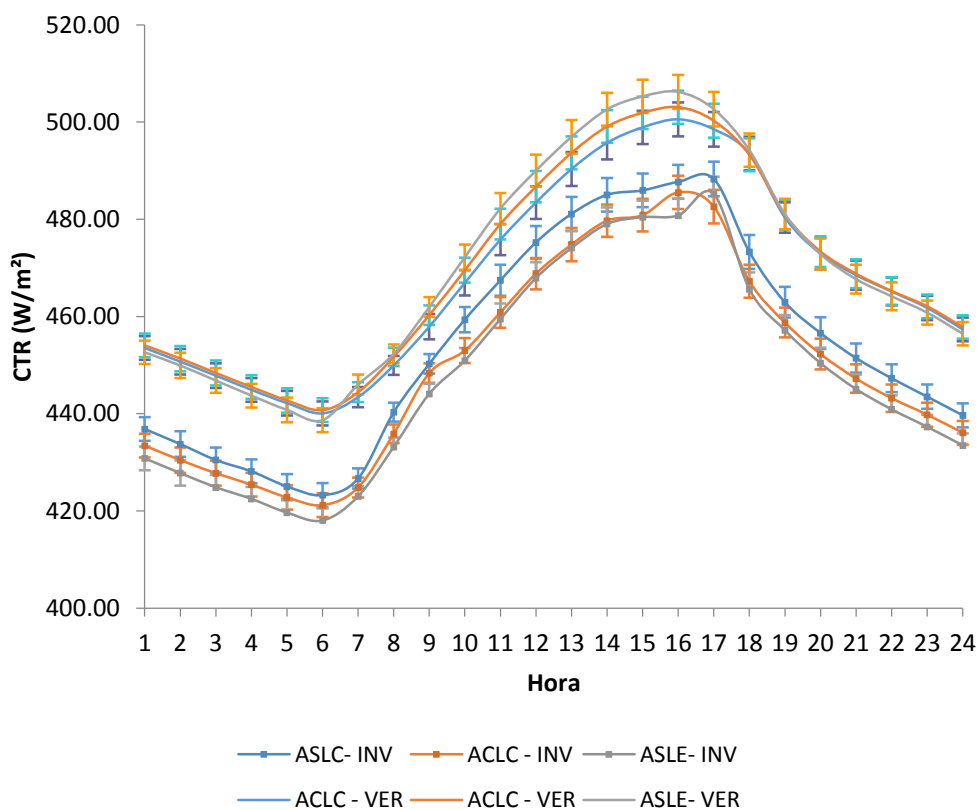


Figura 12. Evolução da Carga Térmica Radiante (CTR) média horária e seus respectivos desvios padrão da média ao longo dos períodos para o ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado.

Analisando a Figura 12, percebe-se que houve um comportamento similar da Carga Térmica Radiante nos três apriscos e nas duas estações, com as instalações mostrando-se estatisticamente iguais. Isso provavelmente ocorreu devido todas elas serem dotadas de cobertura com telhas cerâmicas, pois sabe-se que o telhado em uma instalação ainda é a principal fonte emissora de radiação térmica para os animais. Jacome et. al (2007), afirma que coberturas de telhas cerâmicas são as mais indicadas, visto que ao estudarem

a influência do material de cobertura nos índices de conforto térmico para galinhas poedeiras perceberam que o galpão com cobertura de telhas cerâmicas, apresentou nos horários mais quentes do dia, menor carga térmica e melhor conforto térmico para poedeiras radiante, em comparação com o galpão com cobertura de telha de fibrocimento.

Observando ainda a Figura 12, nota-se que os menores valores de CTR foram observados às 6 horas, e os maiores valores às 16, nos dois períodos estudados, exceto para o ASLC e ASLE, que no inverno tiveram seus maiores valores de CTR às 17 horas.

Na Figura 12 também pode ser observado que os valores de CTR no inverno variaram de 423,2 a 488,3 $W.m^{-2}$; 421,2 a 485,5 $W.m^{-2}$; e de 418,0 a 485,2 $W.m^{-2}$;, e no verão de 440,1 a 500,5 $W.m^{-2}$; 440,7 a 503,1 $W.m^{-2}$; e de 438,7 a 506,2 $W.m^{-2}$, nos ASLC, ACLC e ASLE, respectivamente. Em trabalhos realizados por Moraes et al. (2004), para avaliar o efeito da época do ano sobre características termorreguladoras de caprinos, ovinos e bovinos na região semiárida, observaram CTR na época chuvosa, para o ambiente interno das instalações, às 9 h de 617,4 $W.m^{-2}$ e às 15 h de 718,9 $W.m^{-2}$. No período seco, observaram, às 9 h uma CTR de 760,0 $W.m^{-2}$, e às 15 h de 811,7 $W.m^{-2}$. Portanto, em ambos os períodos, os valores encontrados foram superiores aos deste trabalho.

A evolução da Entalpia (H) média horária ao longo do dia, dentro dos apriscos é apresentada por meio da Figura 13, para os dois períodos experimentais.

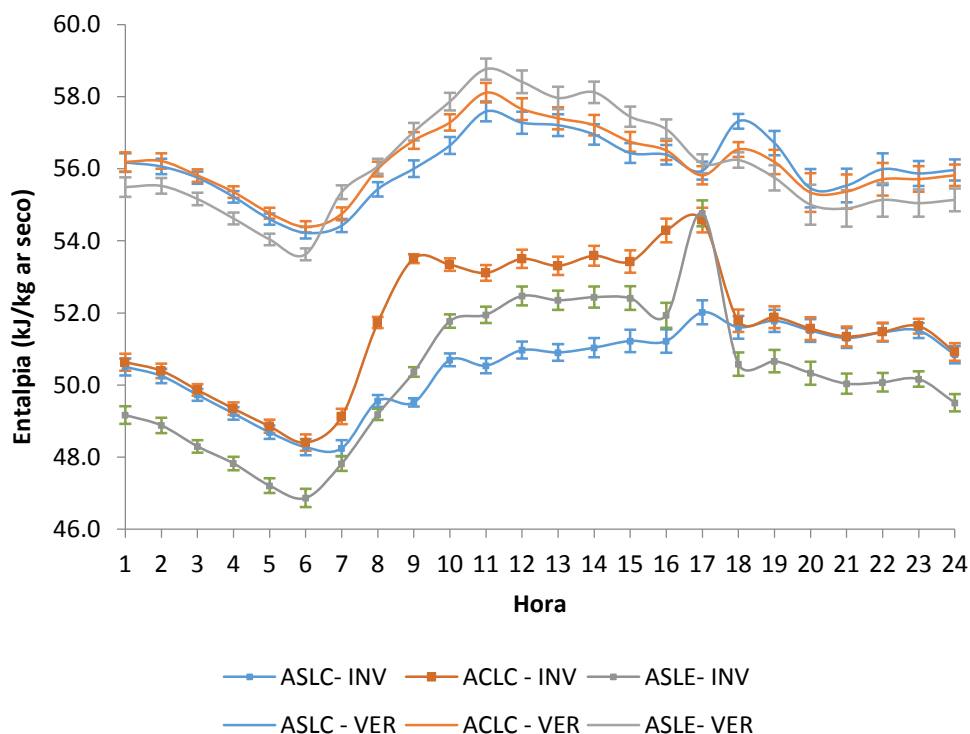


Figura 13. Evolução da Entalpia (H) média horária e seus respectivos desvios padrão da média para ao longo dos períodos experimentais para o ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado.

Na Figura 13 é possível perceber que durante a estação do verão os valores da entalpia se comportaram de maneira semelhante nas três instalações, e na maior parte dos horários, não apresentaram diferenças estatísticas. Já no inverno, percebe-se que as diferentes características construtivas das instalações provocaram, na maior parte do dia, valores de entalpia diferentes para os três apriscos, principalmente nos horários mais quentes do dia.

Ainda analisando a Figura 13, percebe-se que na estação de inverno entre 9 e 17 horas, o ASLC apresentou os menores valores de entalpia, indicando que neste horário, esta instalação apresenta a menor quantidade de calor, considerando um quilo de ar seco, proporcionando um maior conforto térmico aos animais confinados nesta instalação. Estes resultados estão relacionados, provavelmente, com a ausência de incidência de radiação solar direta dentro das baias, onde os equipamentos meteorológicos estavam instalados.

No inverno, o ACLC apresentou os maiores valores de entalpia, nos horários mais quentes do dia, indicando que o ar neste ambiente apresentou mais calor por quilograma de ar seco do que os demais. Durante o experimento, constatou-se que, em diversos horários do dia, esta instalação recebeu radiação solar direta, o que provavelmente influenciou nestes resultados.

Os valores de entalpia, na estação de inverno variaram entre 48,2 e 52,0 kJ.kg ar seco⁻¹, entre 48,4 e 54,6 kJ.kg ar seco⁻¹, e entre 46,9 e 54,8 kJ.kg ar seco⁻¹, nos ASLC, ACLC e ASLE, respectivamente. Já no verão esta variação foi de 54,2 a 57,6 kJ.kg ar seco⁻¹ no ASLC, 54,4 a 58,1 kJ.kg ar seco⁻¹ no ACLC e 53,6 a 58,8 kJ.kg ar seco⁻¹ no ASLE.

Vieira et. al (2015), desenvolveu uma tabela de entalpia que determina os valores deste parâmetro que indicam situações confortáveis ou não, e de acordo com estes autores, a faixa de conforto do índice de entalpia para caprinos situa-se entre 42,0 e 70,1 kJ.kg ar seco⁻¹. Portanto, de acordo a tabela citada todas as instalações, nos dois períodos estudados, apresentaram valores de entalpia dentro da faixa considerada confortável.

Resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho foram observados por Castro (2012), em uma instalação destinada a aves de corte, dotada de cobertura com telhas cerâmicas, sem forro, ou seja, valores de entalpia variando entre 46,9 e 54,6 kJ.kg ar seco⁻¹.

Valores de entalpia superiores aos encontrados neste trabalho foram obtidos por Brito (2012), em experimento realizado com ovelhas mestiças (Morada Nova x Santa Inês) em confinamento, entre março e novembro, em uma instalação para à criação de caprinos e ovinos, com cobertura de telhas cerâmicas e presença de lanternim, no estado do Ceará. Os valores de entalpia observados variaram entre 71,2 e 79,6 kJ.kg ar seco⁻¹, e 69,9 e 70,6 kJ.kg ar seco⁻¹, pela manhã e a tarde no período chuvoso e no período seco, respectivamente. Os referidos autores constataram que em determinados momentos os animais apresentaram alterações na frequência respiratória e na temperatura retal, indicando que provavelmente as ovelhas mestiças sofreram por estresse calórico.

É importante destacar que a entalpia é resultado da combinação das condições de temperatura e umidade relativa do ar, sendo considerada a

melhor forma de avaliar o nível de conforto térmico dos animais (SILVA et al, 2010)

4.2. Equações parametrizadas

As equações de parametrização para os parâmetros Temperatura do ar instantânea (T_{Ari}) e Temperatura do ar média (T_{Am}), Temperatura de Globo Negro instantânea (T_{GNI}) e Temperatura de Globo Negro média (T_{GNm}) e Umidade Relativa do Ar instantânea (UR), geradas por meio de regressões lineares estão apresentadas abaixo:

Tabela 2. Modelos de regressão para estimativa da T_{GNI} ($^{\circ}C$), T_{GNm} ($^{\circ}C$), T_{Ari} ($^{\circ}C$), T_{Am} ($^{\circ}C$) e UR (%) dentro dos diferentes apriscos estudados, em função dos dados obtidos pela estação meteorológica da UNIVASF em Petrolina com os respectivos coeficientes de determinação (R^2) e erro padrão de estimativa (EPE).

Aprisco	Modelo	R^2	EPE
ASLC	$T_{GNI_{ASLC}} = 1,0521T_{Ari_{est}} - 2,2216$	99,33%	0,3 $^{\circ}C$
	$T_{GNm_{ASLC}} = 1,0495T_{Arm_{est}} - 2,1460$	99,55%	0,3 $^{\circ}C$
	$T_{Ari_{ASLC}} = 1,0820T_{Ari_{est}} - 2,4073$	99,05%	0,4 $^{\circ}C$
	$T_{Arm_{ASLC}} = 1,0795T_{Arm_{est}} - 2,3337$	99,22%	0,3 $^{\circ}C$
	$UR_{ASLC} = 1,0552UR_{est} - 3,1879$	99,17%	1,6 %
ACLC	$T_{GNI_{ACLC}} = 0,9756T_{Ari_{est}} - 0,5052$	95,03 %	0,9 $^{\circ}C$
	$T_{GNm_{ACLC}} = 0,9900T_{Arm_{est}} - 0,8760$	95,37 %	0,8 $^{\circ}C$
	$T_{Ari_{ACLC}} = 1,0559T_{Ari_{est}} - 1,7232$	99,10 %	0,4 $^{\circ}C$
	$T_{Arm_{ACLC}} = 1,0529T_{Arm_{est}} - 1,6409$	99,30 %	0,3 $^{\circ}C$
	$UR_{ACLC} = 1,0357UR_{est} - 1,9993$	99,35 %	1,4 %
ASLE	$T_{GNI_{ASLE}} = 0,9356T_{Ari_{est}} + 0,7495$	97,39 %	0,6 $^{\circ}C$
	$T_{GNm_{ASLE}} = 0,9327T_{Arm_{est}} + 0,7974$	96,83 %	0,7 $^{\circ}C$
	$T_{Ari_{ASLE}} = 1,0216T_{Ari_{est}} - 1,0315$	99,32 %	0,3 $^{\circ}C$
	$T_{Arm_{ASLE}} = 1,0191T_{Arm_{est}} - 0,9628$	99,53 %	0,3 $^{\circ}C$
	$UR_{ASLE} = 1,0278UR_{est} - 0,7598$	99,42 %	1,3 %

A partir dessas equações parametrizadas será possível estimar os valores destas variáveis dentro dos diferentes apriscos estudados a partir dos dados registrados pela Estação Meteorológica da Univasf localizada no

Campus de Ciências Agrárias de Petrolina - PE, com um alto grau de confiabilidade expresso pelo R^2 . A partir destes dados também poderão ser calculados alguns dos índices de conforto térmico que associados a dados referentes aos animais confinados nestas instalações serão de grande importância para os produtores rurais da região.

4.3. Geoestatística das variáveis climáticas e dos índices de conforto térmico

Nas Tabelas 3, 4, 5, 6 e 7 estão apresentados os valores de médias, máximos, mínimos, medianas e coeficientes de variação (C.V.) dos dados de temperatura do ar (Tar), umidade relativa (UR), velocidade do vento (Vv) e índice de temperatura e umidade (ITU) e Entalpia. Esses resultados correspondem à estatística descritiva realizada nos dados coletados em diversos pontos dentro dos apriscos estudados nos dois períodos experimentais, inverno e verão.

Tabela 3. Análise estatística descritiva da Temperatura do Ar (°C) nos diferentes horários para o ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos dois períodos experimentais, inverno e verão.

Estação	Tratamento	Horário	Máxima	Mínima	Média	Mediana	C.V.(%)	
Inverno	ASLC	9:00	26,9	24,5	25,6	25,5	0,2	
		15:00	32,5	30,2	30,9	30,7	0,4	
	ACLC	9:00	26,2	23,6	24,8	24,9	0,1	
		15:00	32,4	29,9	31,1	31,0	0,2	
	ASLE	9:00	25,9	25,0	25,3	25,3	0,03	
		15:00	31,0	30,0	30,4	30,4	0,05	
	Verão	ASLC	9:00	29,3	25,9	28,1	28,0	0,3
			15:00	35,8	31,9	34,1	33,9	0,4
		ACLC	9:00	29,3	27,4	28,0	27,9	0,2
			15:00	36,0	33,3	34,1	33,9	0,4
ASLE		9:00	28,5	27,5	28,1	28,1	0,04	
		15:00	35,1	33,4	34,2	34,1	0,1	

Analisando a Tabela 3, pode-se perceber que os valores médios de temperatura do ar, no inverno, no horário de 9 horas, variaram entre 24,8°C e 25,6°C, sendo o menor valor encontrado no ACLC e o maior no ASLC. Estes valores médios estão dentro da Zona de Conforto Térmico (ZCT) recomendado para caprinos e ovinos por Baêta e Souza (2010), que é de 20 °C a 30 °C. Já à tarde, no horário de 15 horas, as temperaturas médias variaram de 30,4°C, no ASLE, a 31,1°C, no ACLC. Estas temperaturas estão acima da ZCT recomendadas para esses animais, entretanto se encontram abaixo da temperatura crítica que segundo Moura (2009), é de 34 °C.

No verão, os valores médios de temperatura variaram de 28,0 a 28,1°C, às 9 horas e de 34,1 a 34,2°C às 15 horas. Neste período experimental, às 9 horas, as temperaturas médias nos três apriscos estudados, estão dentro da

ZCT, de acordo com Baêta e Souza (2010), contudo às 15 horas estão acima desta zona de conforto, situando-se também no limite estabelecido como temperatura crítica determinada por Moura (2009).

Tabela 4. Análise estatística descritiva da Umidade Relativa do Ar (%), nos diferentes horários, para o ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos dois períodos experimentais, inverno e verão.

Tratamento	Estação	Horário	Máxima	Mínima	Média	Mediana	C.V.(%)	
Inverno	ASLC	9:00	64,1	59,0	62,0	62,3	1,9	
		15:00	40,2	35,8	38,6	38,7	1,1	
	ACLC	9:00	65,4	60,3	62,5	62,2	1,6	
		15:00	44,3	38,1	39,7	39,8	0,7	
	ASLE	9:00	63,3	60,9	62,7	62,8	0,2	
		15:00	39,3	37,2	38,4	38,4	0,1	
	Verão	ASLC	9:00	61,3	54,8	58,6	58,5	2,7
			15:00	39,0	35,2	37,7	37,8	0,7
		ACLC	9:00	65,0	56,5	60,3	60,7	2,0
			15:00	39,2	34,2	37,7	38,0	1,6
		ASLE	9:00	59,4	56,7	57,9	57,8	0,3
			15:00	39,5	37,2	38,5	38,5	0,3

De acordo com os dados apresentados na Tabela 4, pode-se observar que os valores médios de Umidade Relativa variaram de 62,0% a 62,7% às 9 horas, sendo encontrados nos ASLC e ASLE, respectivamente, e de 38,4%, no ASLE, a 39,7%, no ACLC às 15 horas. No verão, as médias variaram de 57,9% a 60,3%, às 9 horas, no ASLE e ACLC, respectivamente. Já às 15 horas o ASLC e ACLC apresentaram as menores médias, sendo 37,7% e o ASLE apresentou o maior valor, de 38,5%. Às 9 horas da manhã, nas duas estações, os três apriscos apresentaram valores de umidade dentro da zona de conforto para animais domésticos que, segundo Baêta e Souza (2010), deve estar entre

50 e 70%. Entretanto, nota-se que às 15 horas, os valores de umidade estão abaixo do recomendado por estes autores nas duas épocas.

Tabela 5. Análise estatística descritiva da Velocidade do Vento (m.s^{-1}), nos diferentes horários, para o ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos dois períodos experimentais, inverno e verão.

Tratamento	Estação	Horário	Máxima	Mínima	Média	Mediana	C.V.(%)	
Inverno	ASLC	9:00	3,3	0,5	1,5	1,5	0,4	
		15:00	2,9	0,4	1,5	1,5	0,2	
	ACLC	9:00	3,5	0,8	1,7	1,6	0,4	
		15:00	3,4	0,6	1,7	1,7	0,4	
	ASLE	9:00	3,8	0,5	1,6	1,5	0,6	
		15:00	5,6	0,7	1,9	1,8	1,0	
	Verão	ASLC	9:00	3,0	0,6	1,4	1,3	0,2
			15:00	2,9	0,4	1,1	1,0	0,2
ACLC		9:00	2,6	0,2	1,0	0,9	0,3	
		15:00	1,9	0,2	0,8	0,8	0,2	
ASLE		9:00	3,6	0,5	1,5	1,2	0,5	
		15:00	1,9	0,2	1,0	1,0	0,2	

De acordo com a Tabela 5, os valores médios de Velocidade do Vento, no inverno, às 9 horas, variaram de $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ no ASLC a $1,7 \text{ m.s}^{-1}$ no ACLC e às 15 horas de $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ a $1,9 \text{ m.s}^{-1}$ no ASLC e ASLE, respectivamente. No verão, às 9 horas, as médias variaram de $1,4 \text{ m.s}^{-1}$ a $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ no ASLC e ASLE e às 15 horas, variaram de $0,8 \text{ m.s}^{-1}$ no ACLC a $1,1 \text{ m.s}^{-1}$ no ASLC. Segundo McDOWELL (1989), ventos com velocidade de $1,3$ a $1,9 \text{ m.s}^{-1}$ são ideais para a criação de animais domésticos, causando preocupações quando esse atinge $8,0 \text{ m.s}^{-1}$. Considerando esta recomendação, percebe-se que apenas na estação de verão, para o horário de 15 horas, as instalações apresentaram valores de Velocidade do Vento abaixo dos valores recomendados.

Tabela 6. Análise estatística descritiva do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), nos diferentes horários, para o ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos dois períodos experimentais, inverno e verão.

Tratamento	Estação	Horário	Máxima	Mínima	Média	Mediana	² C.V.(%)	
Inverno	ASLC	9:00	75,0	72,0	73,5	73,0	0,4	
		15:00	80,0	77,0	77,8	78,0	0,7	
	ACLC	9:00	74,0	71,0	72,5	72,0	0,3	
		15:00	80,0	77,0	78,4	78,0	0,4	
	ASLE	9:00	74,0	73,0	73,1	73,0	0,1	
		15:00	78,0	77,0	77,1	77,0	0,1	
	Verão	ASLC	9:00	77,8	73,4	76,5	76,4	0,5
			15:00	84,1	79,0	82,0	81,7	0,6
		ACLC	9:00	77,9	75,9	76,6	76,4	0,2
			15:00	84,0	81,0	81,9	81,7	0,5
ASLE		9:00	76,9	75,8	76,4	76,4	0,1	
		15:00	83,3	81,2	82,2	82,1	0,2	

A Tabela 6 evidencia que os valores médios de ITU, no inverno, variaram de 72,5 a 73,5 no ACLC e ASLE, às 9 horas e de 77,1 a 78,4 no ASLE e ACLC, respectivamente. No verão, às 9 horas, as médias variaram de 76,4 a 76,6, no ASLE e ACLC; e às 15 horas variaram de 81,9 a 82,2, sendo encontradas no ACLC e ASLE. Ainda não existe uma classificação precisa de ITU para caprinos e ovinos, entretanto Silanikove e Koluman (2015) determinaram que, para cabras leiteiras, um valor de ITU inferior a 80 indica condição normal, ou seja, não há efeito sobre a produção de leite; entre 80 e 85 são considerados valores de alerta, provocando efeito modesto sobre a produção de leite; entre 85 e 90 indica perigo, com efeito grave na produção de leite; e acima de 90 constitui uma situação extrema, o que pode acarretar na morte dos animais.

De acordo com esta classificação, no inverno, nos dois horários estudados e no verão, às 9 horas, o ambiente apresenta condição normal para os animais e às 15 horas, no verão, a situação passa a ser considerada de alerta.

Tabela 7. Análise estatística descritiva do Índice de Entalpia ($\text{kJ.kg ar seco}^{-1}$), nos diferentes horários, para o ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos dois períodos experimentais, inverno e verão.

Tratamento	Estação	Horário	Máxima	Mínima	Média	Mediana	C.V.(%)	
Inverno	ASLC	9:00	55,3	50,6	52,9	52,7	0,6	
		15:00	55,7	52,4	53,4	53,1	0,7	
	ACLC	9:00	54,9	48,1	51,1	51,1	0,4	
		15:00	56,6	52,9	54,5	54,4	0,8	
	ASLE	9:00	53,3	51,8	52,5	52,5	0,1	
		15:00	52,9	51,6	52,2	52,2	0,1	
	Verão	ASLC	9:00	59,0	51,8	57,6	57,6	1,1
			15:00	64,1	55,0	60,1	59,8	1,3
		ACLC	9:00	60,0	57,4	58,3	58,2	0,3
			15:00	63,1	59,0	60,0	59,8	0,6
		ASLE	9:00	57,7	56,2	57,1	57,1	0,2
			15:00	62,3	59,2	60,7	60,7	0,4

Com relação aos dados de entalpia, a Tabela 7 evidencia que, os valores médios, no inverno, variaram de $51,1 \text{ kJ.kg ar seco}^{-1}$ no ACLC a $52,9 \text{ kJ.kg ar seco}^{-1}$ no ASLC, às 9 horas, e de $52,2 \text{ kJ.kg ar seco}^{-1}$ no ASLE a $54,5 \text{ kJ.kg ar seco}^{-1}$ no ACLC, às 15 horas. No verão, as médias variaram de $57,1 \text{ kJ.kg ar}$

seco⁻¹ no ASLE a 58,6 kJ.kg ar seco⁻¹ no ACLC, às 9 horas, e de 60,1 kJ.kg ar seco⁻¹ no ASLC a 60,7 kJ.kg ar seco⁻¹ no ASLE, às 15 horas. De acordo com Vieira et. al (2015), a faixa de conforto do índice de entalpia para caprinos situa-se entre 42,0 e 70,1 kJ.kg ar seco⁻¹. Desta maneira, nota-se que em todas as instalações, nos dois horários estudados e para os dois períodos experimentais, os valores de entalpia estão dentro da faixa considerada confortável para estes animais.

Os valores de média e mediana são próximos em todos os apriscos para os dois horários e períodos experimentais estudados, indicando que os dados não apresentam assimetria acentuada. Segundo Little & Hills (1978), quando o valor da média, da mediana e da moda são semelhantes, os dados apresentam ou se aproximam da distribuição normal. Isto pode ser um indicativo de que as medidas de tendência central não são dominadas por valores atípicos na distribuição (Cambardella et al., 1994). Segundo Isaaks e Srivastava (1989) e Warrick e Nielsen (1980), a normalidade dos dados não é uma exigência da geoestatística, porém é conveniente que a distribuição não apresente assimetria assentuada.

Observou-se que todos os parâmetros avaliados apresentaram baixa variabilidade (C.V. < 12%) nos diferentes horários e tratamentos, ao serem considerados os critérios de classificação de Warrick & Nielsen (1980), sendo importante salientar que valores elevados de coeficiente de variação (C.V.) podem ser considerados os primeiros indicadores da existência de heterogeneidade dos dados.

Os parâmetros da análise geoestatística, como modelo de semivariograma ajustado, efeito pepita, patamar, alcance e grau de dependência espacial, estão apresentados na Tabela 8 e 9.

Tabela 8. Parâmetros dos semivariogramas experimentais de Temperatura do ar, Umidade relativa, Velocidade do vento, ITU e Entalpia, para os horários de 9:00 e 15:00, no ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, na estação de Inverno.

Tratamento	Variável	Horário	Modelo	C_0	(C_0+C_1)	Alcance (m)	GDE (%)	Classificação do GDE	
ASLC	Tar (°C)	9:00	Esférico	0,10	0,22	9,64	54,70	Moderada	
		15:00	Exponencial	0,01	0,57	30,24	99,80	Fraca	
	U.R (%)	9:00	Esférico	0,56	1,84	8,29	69,50	Moderada	
		15:00	Gaussiano	0,01	0,93	5,16	99,90	Fraca	
	Vel. Vento(m/s)	9:00	Exponencial	0,06	0,36	5,22	98,30	Fraca	
		15:00	Esférico	0,002	0,20	2,84	99,90	Fraca	
	ITU	9:00	Exponencial	0,21	0,56	42,48	62,20	Moderada	
		15:00	Esférico	0,065	0,78	12,68	91,60	Fraca	
	Entalpia	9:00	Exponencial	0,29	0,72	55,33	59,60	Moderada	
		15:00	Gaussiano	0,067	0,76	11,41	91,20	Fraca	
	ACLC	Tar (°C)	9:00	Esférico	0,06	0,13	13,30	53,40	Moderada
			15:00	Gaussiano	0,07	0,31	14,50	77,60	Fraca
		U.R (%)	9:00	Gaussiano	0,23	1,74	10,29	86,50	Fraca
			15:00	Exponencial	0,01	0,65	5,16	99,80	Fraca
Vel. Vento(m/s)		9:00	Gaussiano	0,22	0,66	22,53	66,00	Moderada	
		15:00	Gaussiano	0,20	0,50	18,34	59,60	Moderada	
ITU		9:00	Exponencial	0,39	0,32	6,48	87,80	Fraca	
		15:00	Esférico	0,13	0,49	20,84	73,40	Moderada	
Entalpia		9:00	Exponencial	0,26	0,83	78,03	69,10	Moderada	
		15:00	Gaussiano	0,22	1,06	13,84	79,00	Fraca	
			9:00	Exponencial	0,005	0,04	13,05	85,10	Fraca

ASLE	Tar (°C)	15:00	Gaussiano	0,008	0,06	9,72	85,90	Fraca
		9:00	Exponencial	0,001	0,16	7,26	99,90	Fraca
	U.R (%)	15:00	Gaussiano	0,05	0,20	10,48	72,50	Moderada
		9:00	Gaussiano	0,15	0,70	13,94	78,30	Fraca
	Vel. Vento(m/s)	15:00	Gaussiano	0,39	1,66	23,02	76,4	Fraca
		9:00	Gaussiano	0,03	0,07	15,40	59,60	Moderada
	ITU	15:00	Exponencial	0,01	0,11	8,58	91,1	Fraca
		9:00	Gaussiano	0,067	0,15	9,65	55,30	Moderada
	Entalpia	15:00	Gaussiano	0,031	0,15	10,32	79,10	Fraca

C_0 – Efeito Pepita; (C_0+C_1) – Patamar; GDE – Grau de Dependência Espacial

Tabela 9. Parâmetros dos semivariogramas experimentais de Temperatura do ar, Umidade relativa, Velocidade do vento, ITU e Entalpia, para os horários de 9:00 e 15:00, no ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, na estação de Verão.

Tratamento	Variável	Horário	Modelo	C_0 ¹	(C_0+C_1)	Alcance (m)	GDE (%)	Classificação do GDE	
ASLC	Tar (°C)	9:00	Exponencial	0,014	0,37	9,24	96,20	Fraca	
		15:00	Exponencial	0,24	0,81	123,00	70,70	Moderada	
	U.R (%)	9:00	Gaussiano	0,32	3,28	11,43	90,40	Fraca	
		15:00	Exponencial	0,40	1,58	123,00	74,80	Moderada	
	Vel. Vento(m/s)	9:00	Exponencial	0,11	0,32	90,90	66,90	Moderada	
		15:00	Esférico	0,12	0,25	13,75	52,2	Moderada	
	ITU	9:00	Esférico	0,002	0,54	4,71	99,60	Fraca	
		15:00	Gaussiano	0,043	0,58	3,20	94,30	Fraca	
	Entalpia	9:00	Esférico	0,16	1,26	4,19	87,00	Fraca	
		15:00	Esférico	0,066	1,20	3,84	94,50	Fraca	
			9:00	Exponencial	0,024	0,19	18,24	87,70	Fraca

ACLC	Tar (°C)	15:00	Esférico	0,001	0,66	29,43	99,80	Fraca
		9:00	Gaussiano	0,87	3,31	20,49	73,80	Moderada
	U.R (%)	15:00	Exponencial	0,001	1,90	32,01	99,80	Fraca
		9:00	Gaussiano	0,12	0,30	15,90	60,90	Moderada
	Vel. Vento(m/s)	15:00	Esférico	0,06	0,15	11,60	56,20	Moderada
		9:00	Exponencial	0,41	0,33	16,62	87,70	Fraca
	ITU	15:00	Esférico	0,10	0,59	16,01	82,60	Fraca
		9:00	Esférico	0,047	0,28	6,83	83,30	Fraca
	Entalpia	15:00	Gaussiano	0,15	0,89	24,39	83,10	Fraca
		9:00	Esférico	0,005	0,05	6,11	88,90	Fraca
ASLE	Tar (°C)	15:00	Gaussiano	0,004	0,12	6,17	96,20	Fraca
		9:00	Esférico	0,014	0,33	6,84	95,80	Fraca
	U.R (%)	15:00	Gaussiano	0,02	0,42	6,91	96,00	Fraca
		9:00	Gaussiano	0,11	0,77	13,49	85,90	Fraca
	Vel. Vento(m/s)	15:00	Esférico	0,016	0,29	13,20	94,70	Fraca
		9:00	Esférico	0,02	0,23	5,40	89,40	Fraca
	ITU	15:00	Esférico	0,016	0,16	6,43	90,10	Fraca
		9:00	Exponencial	0,095	0,16	8,31	94,10	Fraca
	Entalpia	15:00	Exponencial	0,010	0,40	13,50	82,40	Fraca
		9:00	Exponencial	0,010	0,40	13,50	82,40	Fraca

C₀ – Efeito Pepita; (C₀+C₁) – Patamar; GDE – Grau de Dependência Espacial

Os resultados da análise geoestatística mostraram que em todos os tratamentos, nos dois horários e períodos experimentais, as variáveis estudadas apresentaram dependência espacial de fraca a moderada (Tabelas 8 e 9), de acordo com a classificação de Cambardella et al. (1994). A análise dos semivariogramas para os atributos climáticos não indicou nenhuma direção preferencial, ou seja, como afirma Vieira (2000), nesse caso, os dados não possuem anisotropia, a variabilidade espacial dos dados ocorre da mesma maneira em todas as direções.

As variáveis estudadas se ajustaram aos modelos de semivariograma

esférico, exponencial e gaussiano. Segundo Isaaks e Srivastava (1989), estes modelos são transitórios, pois possuem patamar, ou seja, a partir de um determinado valor de distância entre as amostras, não há mais dependência espacial. A essa distância denomina-se alcance, que neste trabalho, variou bastante entre as instalações e os parâmetros estudados. Os que apresentaram maiores alcances foram aqueles em que o variograma não alcançou o patamar constante no espaço delimitado de estudo.

Segundo Vieira (2000), quando uma variável apresenta diferença de um local para outro com algum grau de continuidade, expresso pela dependência espacial, a geoestatística permite uma visão espacial útil ao planejamento e controle das informações do ambiente de produção, possibilitando a interpolação através da krigagem que apresenta a vantagem de fornecer mapas de isolinhas precisos.

Os mapas de isolinhas estimados por krigagem, no inverno e verão estão apresentados, para temperatura ar, nas Figuras 14 e 15, umidade relativa, Figuras 16 e 17, velocidade do vento, Figuras 18 e 19, ITU, Figuras 20 e 21, e entalpia, Figuras 22 e 23, agrupados em classes de cores.

Temperatura INV

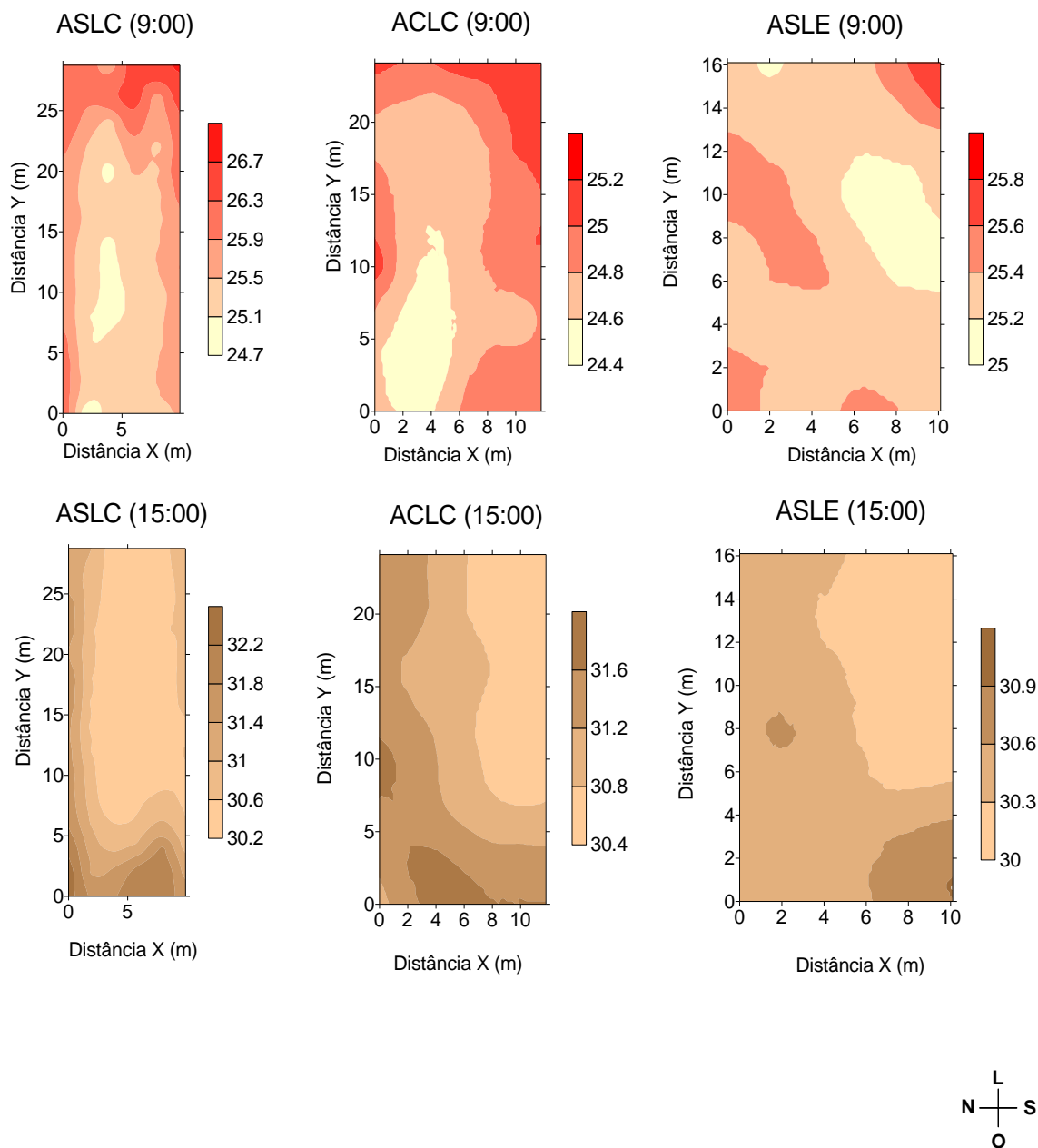


Figura 14. Distribuição espacial da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) no ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos horários de 9 e 15 horas, no inverno.

Observa-se que o ASLC comparado com os demais, em ambos os horários, apresentou uma maior variabilidade espacial da temperatura do ar, onde a amplitude desta variação foi de 2°C .

Percebe-se também que este aprisco foi o que apresentou temperaturas mais elevadas em determinadas regiões comparado com os demais. Isto pode estar relacionado às características construtivas do galpão, como ausência de lanternim. Neste Aprisco, as menores temperaturas se encontraram no centro do galpão, sendo que nestes horários, esta área não recebe radiação solar direta.

O ACLC apresentou as menores temperaturas no horário de 9 horas, com as temperaturas mais baixas na região central e lado norte do galpão. Estes resultados são justificados pela presença de um lanternim e pela orientação leste/oeste. O ASLE foi o que teve uma maior homogeneidade dos dados em ambos os horários. Às 9 horas, o ASLC e ACLC tiveram o mesmo comportamento, as temperaturas mais baixas ocorreram na região central da instalação, e as mais elevadas na parte leste das mesmas. Isto ocorre devido a posição solar neste horário.

Às 15 horas, o comportamento dos três apriscos foi similar, com as temperaturas mais amenas no lado leste e sul. Às 9 horas, os três apriscos apresentaram temperaturas dentro da faixa de conforto térmico dos animais, que segundo Baêta e Souza (2010), é de 20 °C a 30 °C. Já às 15 horas, todos estiveram fora desta faixa de conforto, indicando possíveis problemas com estresse térmico pelos animais.

Temperatura VER

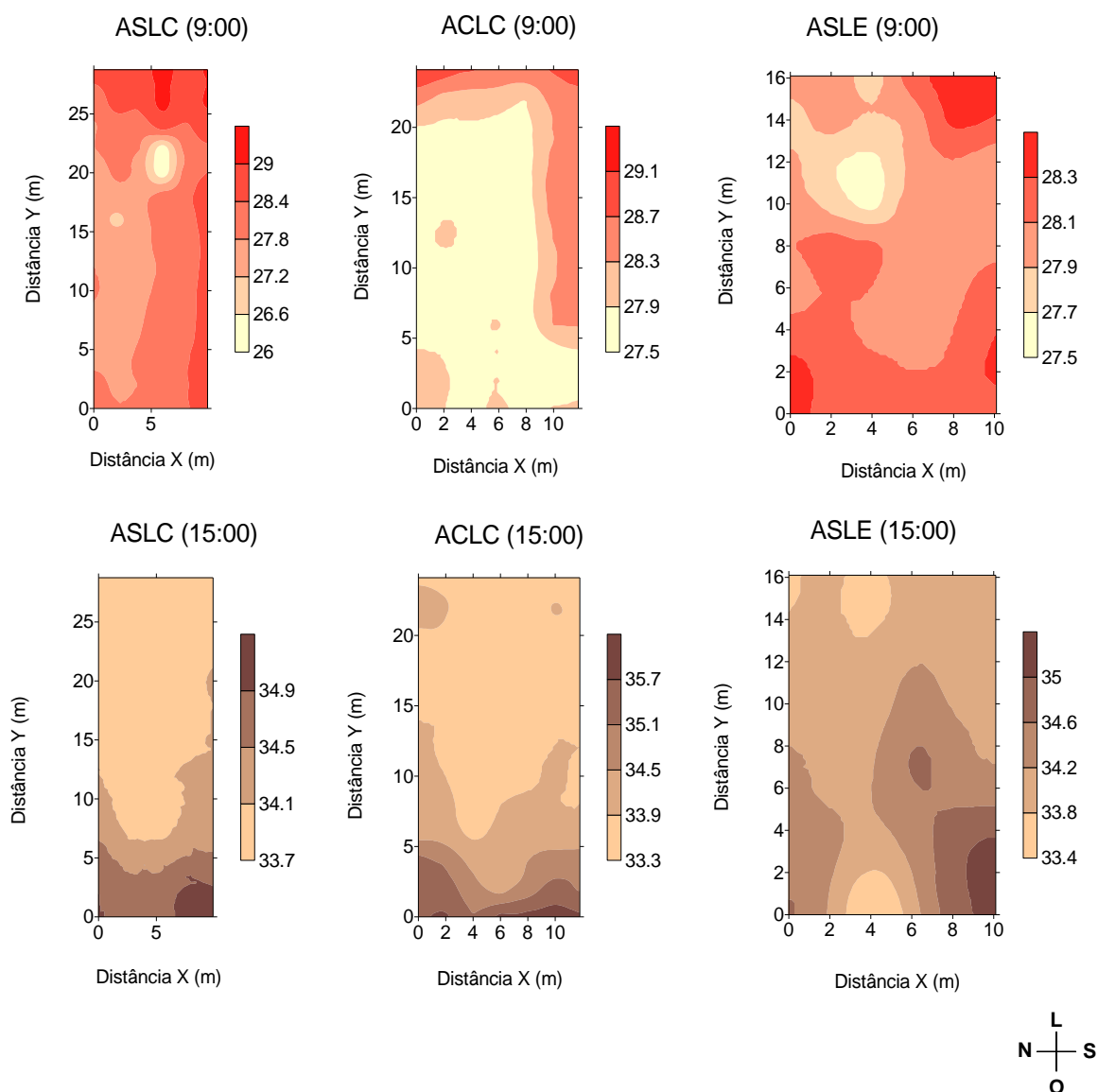


Figura 15. Distribuição espacial da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), no ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos horários de 9 e 15 horas, no verão.

Analisando a Figura 15, verifica-se que, no verão, a temperatura do ar apresentou distribuição espacial semelhante ao inverno, para os ASLC e ACLC, em ambos os horários, onde os mesmos, às 9 horas, apresentaram os menores valores de temperatura na região central e lado oeste, devido ao

posicionamento solar neste horário, e às 15 horas os menores valores foram encontrados no centro das instalações e lado leste.

O ASLE apresentou as temperaturas mais elevadas no lado leste e oeste, às 9 horas e às 15 horas. Isto pode ser explicado devido ao posicionamento solar e à presença de uma sala do ordenha anexa ao lado oeste desta instalação, que nesta época do ano, influenciou no aumento da temperatura neste local. Às 9 horas todos os Apriscos apresentaram temperaturas dentro da zona de conforto para caprinos e ovinos recomendado por Baêta e Souza (2010), e às 15 horas todas as instalações apresentaram valores acima daqueles recomendados, podendo causar estresse calórico aos animais.

Umidade Relativa INVERNO

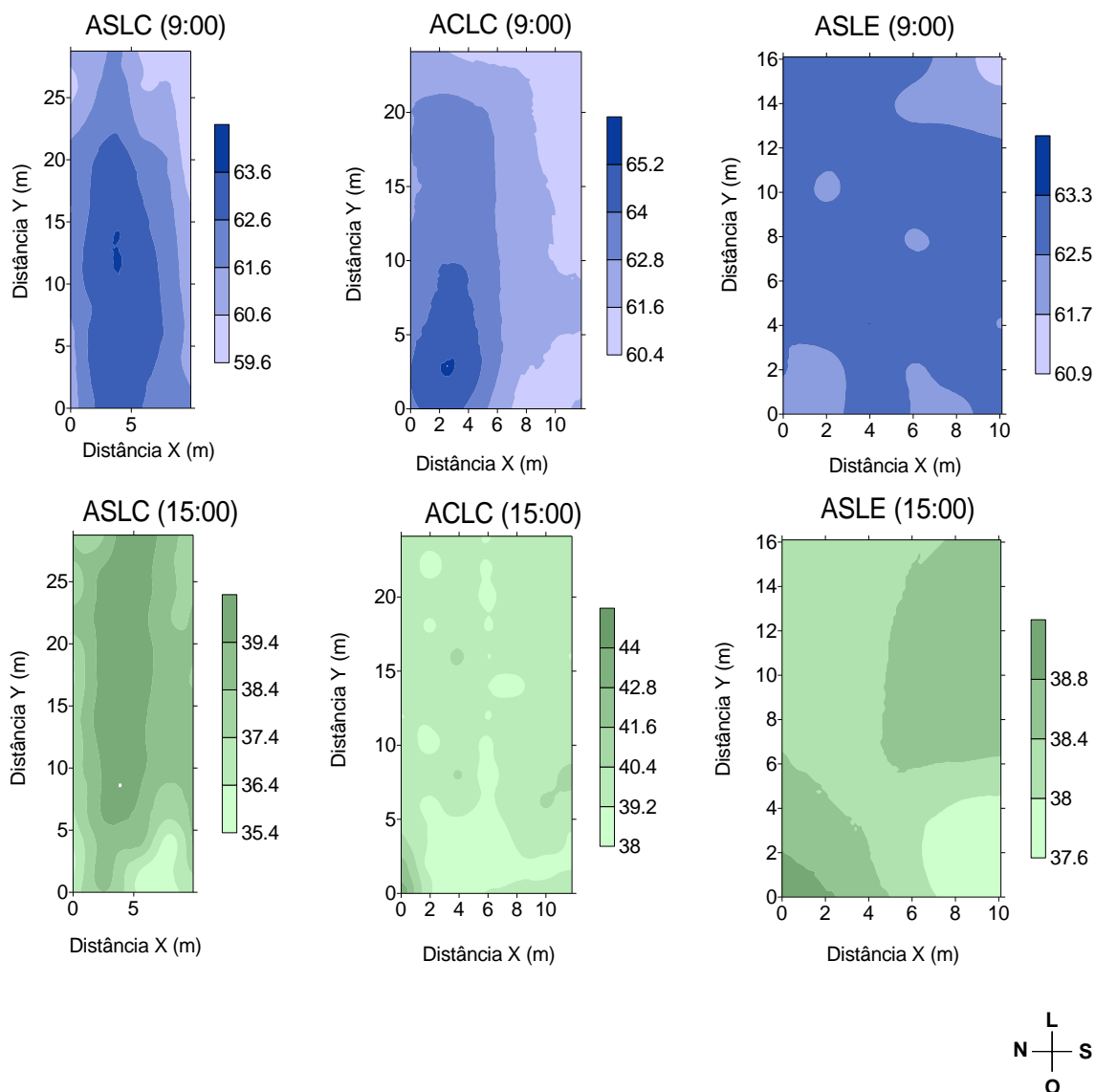


Figura 16. Distribuição espacial da umidade relativa do ar (%), no ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos horários de 9 e 15 horas, no inverno.

No inverno, diante da Figura 16 percebe-se, que a umidade relativa do ar comportou-se de uma maneira inversa à temperatura para o mesmo período de análise, devido ao fato de que a umidade relativa varia em função da temperatura do ar, diminuindo com o aumento desta.

Pode-se observar que o ASLC, às 9 e 15 horas, apresentou os maiores

valores deste parâmetro na região central da instalação. Já o ACLC, às 9 horas obteve os maiores valores na região noroeste e às 15 horas houve uma maior homogeneidade dos dados, com os menores valores também na região noroeste.

O ASLE apresentou menor variabilidade espacial dos dados, com regiões específicas do lado sudeste e noroeste com os menores valores de umidade relativa, às 9 horas, e às 15 horas, a região sudoeste apresentou os menores valores. Estes resultados se devem a radiação solar direta que estas regiões receberam nestes horários, bem como a orientação solar. Segundo Baêta e Souza (2010), a umidade relativa do ar deve estar entre 50 e 70%. Nota-se que às 9 horas os valores de umidade, para todos os galpões, estão dentro desta faixa de recomendação, entretanto às 15 horas, os valores estão abaixo daqueles recomendados.

É importante destacar que a umidade relativa do ar está associada aos processos evaporativos termorreguladores desses animais, sendo que uma maior umidade relativa associada a altas temperaturas do ar dificulta a perda de calor animal-ambiente, propiciando desconforto e redução dos índices de produção (OLIVEIRA et al., 2006; ROCHA et al., 2010). Entretanto, para as três instalações observou-se que os altos valores de umidade relativa se associaram a baixas temperaturas, e vice-versa.

Umidade Relativa VERÃO

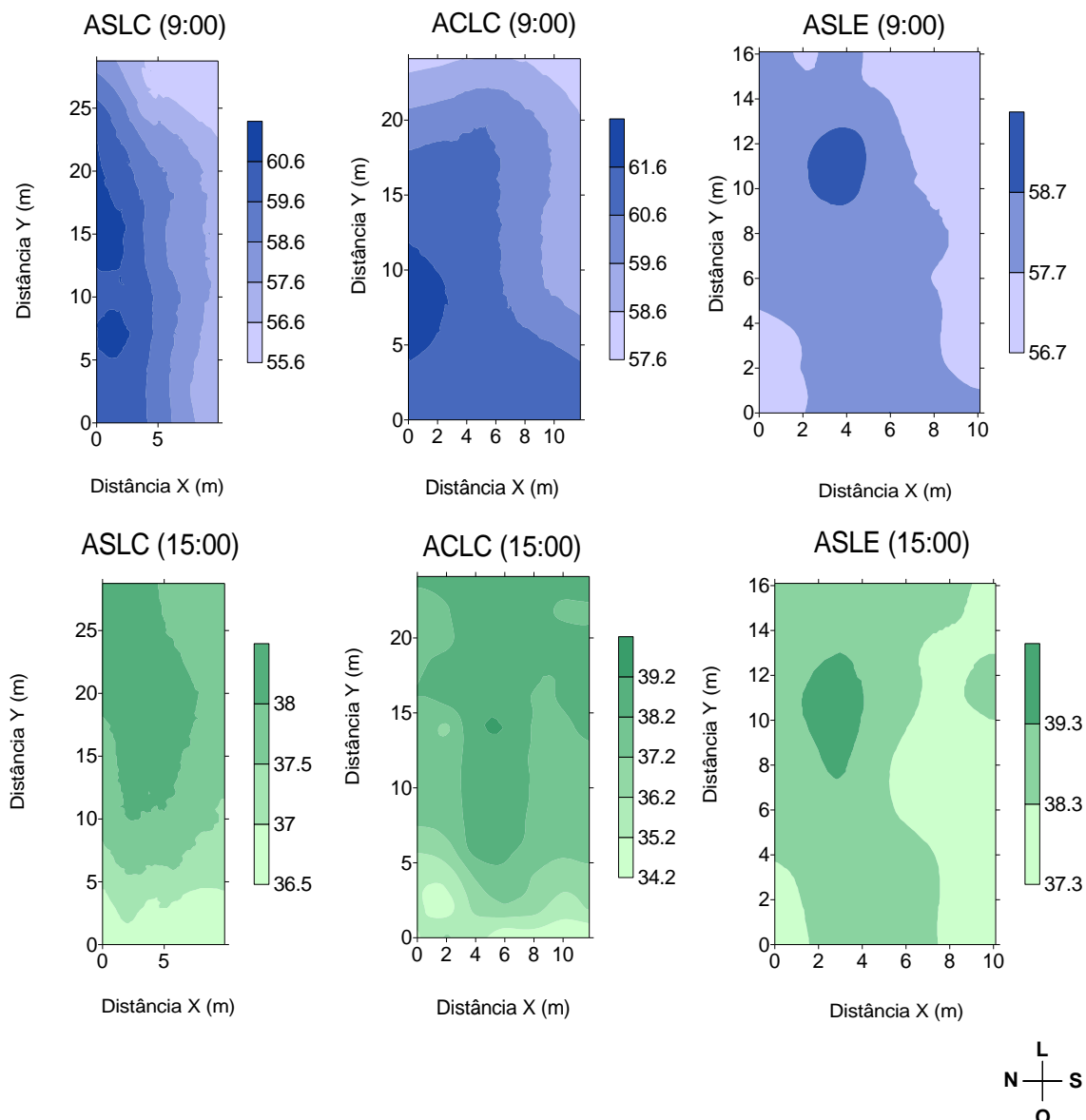


Figura 17. Distribuição espacial da umidade relativa do ar (%), no ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos horários de 9 e 15 horas, no verão.

A Figura 17 apresenta os mapas de umidade relativa do ar referente ao verão. É possível notar que os maiores valores de umidade, no ASLC, às 9 horas, se encontraram na lateral esquerda do galpão, lado norte, e os menores na região sudeste. Este local recebe radiação solar direta, o que contribui para

uma diminuição da umidade. Às 15 horas, este Aprisco apresenta os maiores valores na região nordeste e os menores no lado oeste, que recebe radiação solar direta neste horário. Já o ACLC, às 9 horas, apresentou comportamento similar ao ASLC, com os maiores valores no lado norte e oeste e às 15 horas no centro e lado leste. O ASLE, em ambos os horários, apresentou um comportamento similar, com os maiores valores de umidade em baías localizadas na região nordeste. Assim como no inverno, no verão, os valores de umidade relativa se encontraram dentro da faixa recomendada por Baêta e Souza (2010), às 9 horas, e às 15 horas, os valores encontrados ficaram abaixo daqueles recomendados.

Velocidade do Vento INVERNO

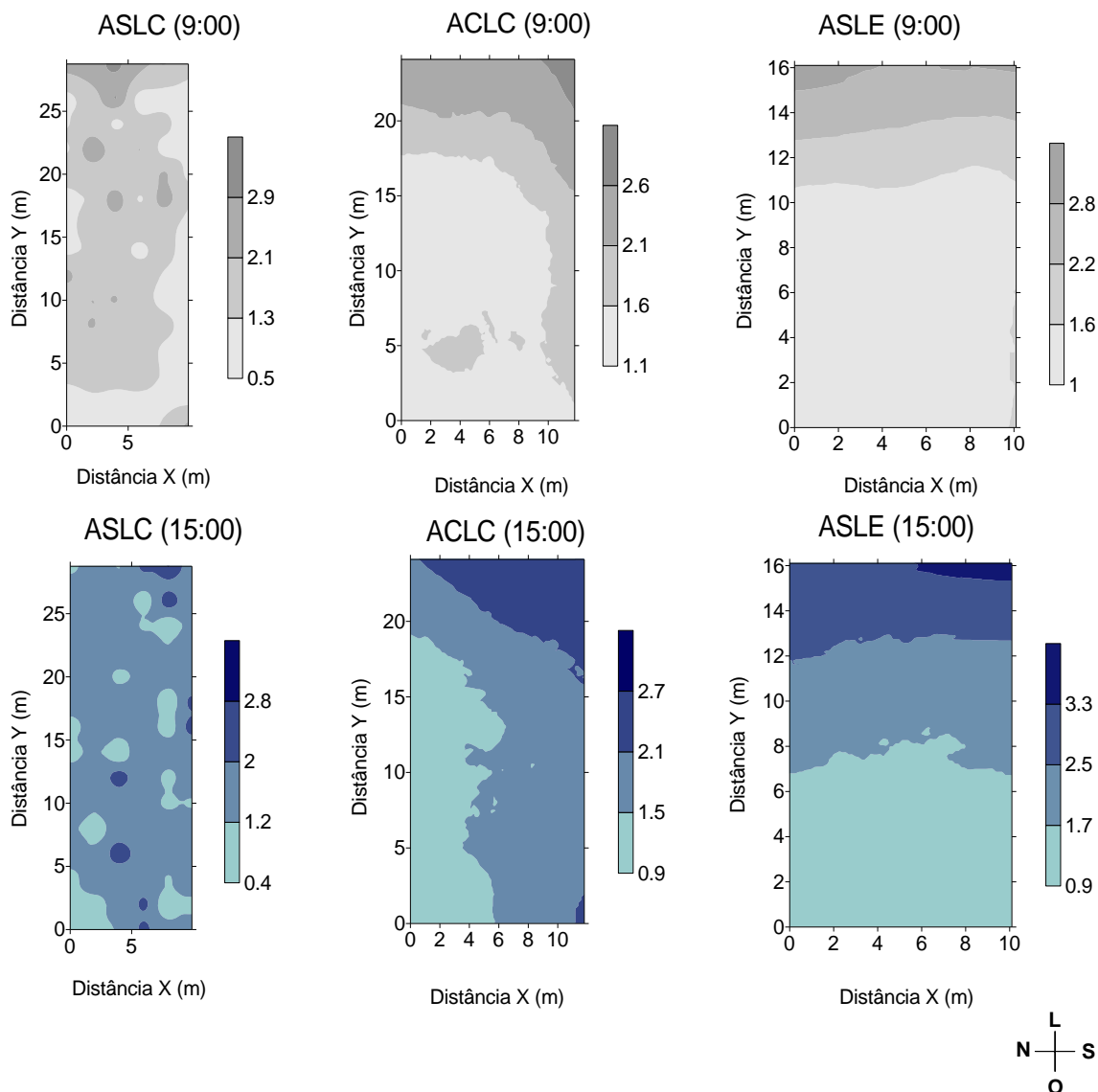


Figura 18. Distribuição espacial da velocidade do vento ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), no ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos horários de 9 e 15 horas, no inverno.

A figura 18 ilustra a espacialização da velocidade do vento nas instalações. Verifica-se que amplitude da variação nos três apriscos, no horário de 9 horas foi similar sendo o menor valor encontrado de $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ e o maior de $2,9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, ambos no ASLC. Essa variabilidade, possivelmente, deve-se ao fato de que o vento é um parâmetro caracterizado por mudar de magnitude e

direção constantemente, chegando a variações de até 100% (FARIA et al., 2008).

Às 15 horas, os menores valores de velocidade do vento ocorreram no ASLC, sendo de $0,4 \text{ m.s}^{-1}$ e os maiores no ASLE, sendo de $3,3 \text{ m.s}^{-1}$. O ACLC, em ambos os horários, apresentou os maiores valores de velocidade do vento na região sudeste, devido, provavelmente à menor presença de barreiras físicas neste local. O ASLE apresentou, em ambos os horários uma maior homogeneização dos dados, sendo que os menores valores podem ser visualizados no lado oeste da instalação. Isso se justifica pelo fato de que, anexo a este local, há uma sala de ordenha, dificultando a ventilação dessa região.

Segundo McDOWELL (1989), ventos com velocidade de $1,3$ a $1,9 \text{ m.s}^{-1}$ são ideais para a criação de animais domésticos, causando preocupações quando esse atinge $8,0 \text{ m.s}^{-1}$. Em nenhum momento as instalações apresentaram valores de velocidade do vento considerados preocupantes para os animais, de acordo com o referido autor.

Velocidade do Vento VERÃO

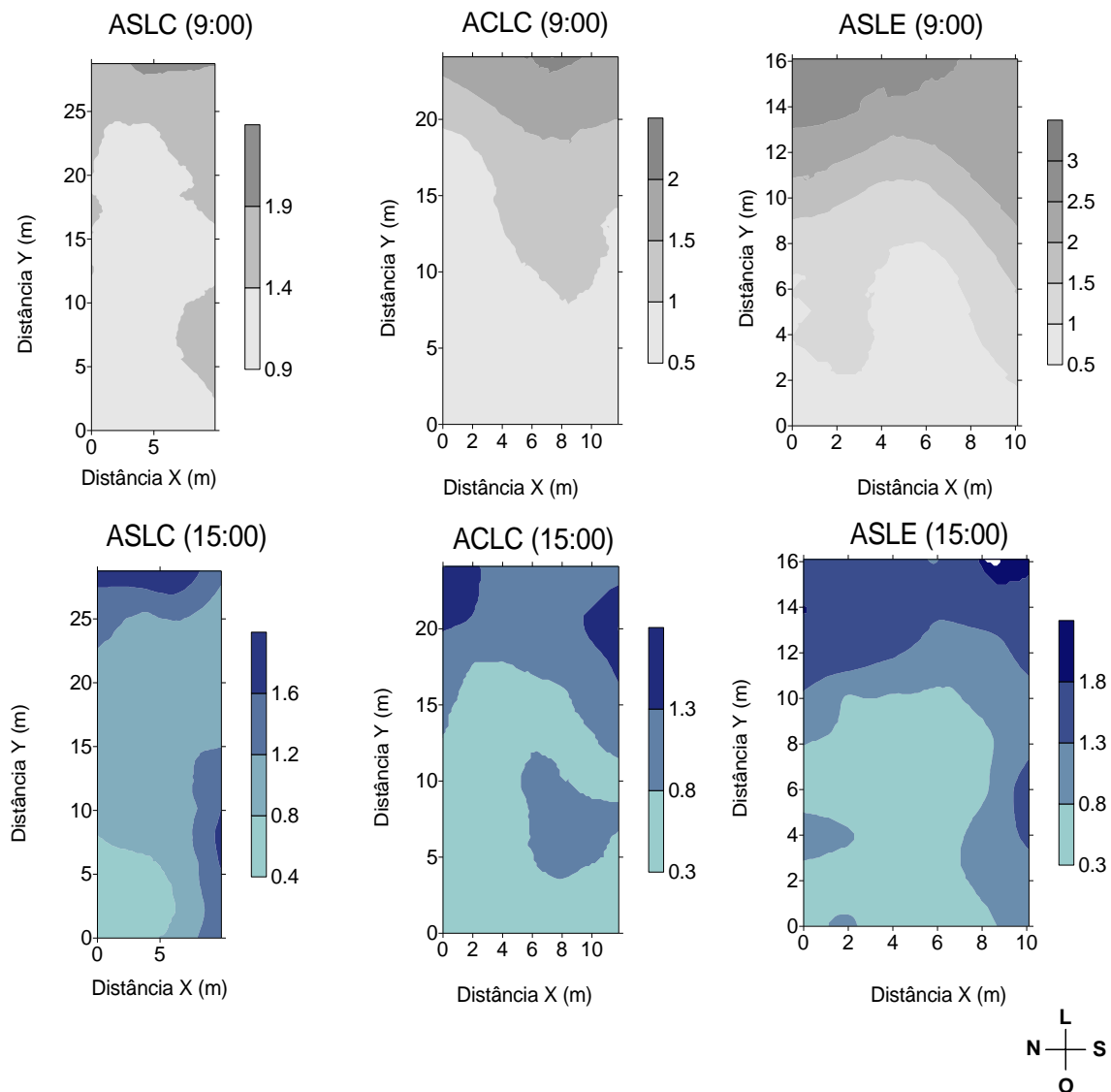


Figura 19. Distribuição espacial da velocidade do vento ($m.s^{-1}$), no ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos horários de 9 e 15 horas, no verão.

A Figura 19 mostra que no verão os três apriscos tiveram um comportamento similar, nos dois horários estudados, apresentando os maiores valores de velocidade do vento do lado leste das instalações. Às 9 horas, o ASLE apresentou maior variabilidade dos dados, bem como locais com os maiores valores de velocidade do vento. Isto se justifica pelo fato deste Aprisco

ser elevado, com o piso ripado, o que contribuiu com o aumento da ventilação. Entretanto, o lado oeste desta instalação apresentou os menores valores deste parâmetro, assim como ocorreu no inverno, devido, provavelmente a presença da sala de ordenha.

Assim como no inverno, no verão em nenhum momento as instalações apresentaram valores de velocidade do vento considerados preocupantes para os animais, de acordo com McDOWELL (1989).

ITU INVERNO

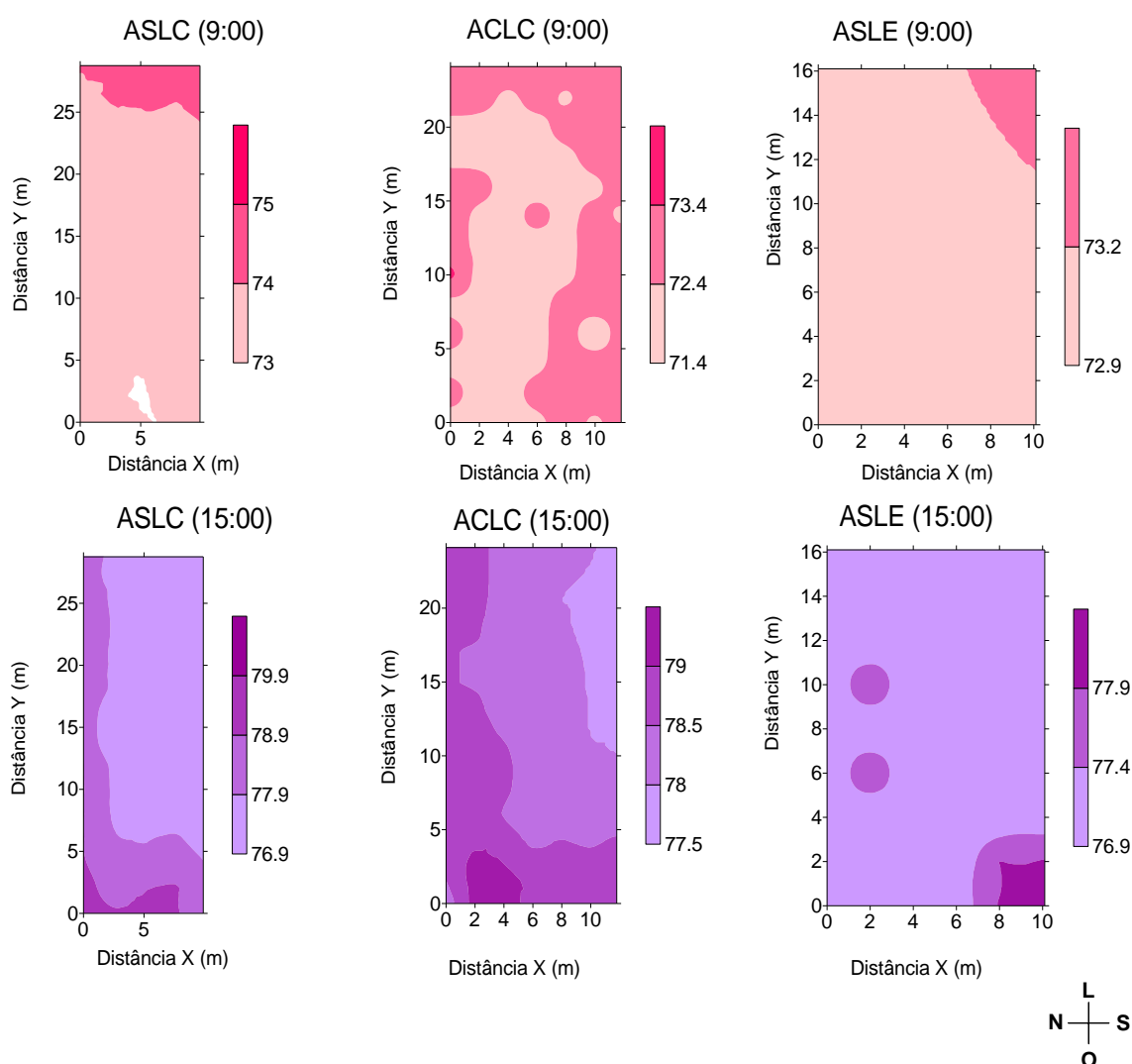


Figura 20. Distribuição espacial do índice de temperatura e umidade (ITU), no ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos horários de 9 e 15 horas, no inverno.

Analisando a Figura 20, verifica-se que o índice de conforto térmico ITU apresentou distribuição espacial semelhante à temperatura, para este mesmo período de análise, onde às 9 horas os maiores valores foram encontrados no lado leste das instalações, e às 15 horas do lado oeste. Às 9 horas, o ASLE apresentou dados mais homogêneos, com o maior valor localizado no lado sudeste.

De acordo com a classificação de Silanikove e Koluman (2015) para o ITU, os três Apriscos apresentaram condições de ITU consideradas normais nos dois horários estudados.

 ITU VERÃO

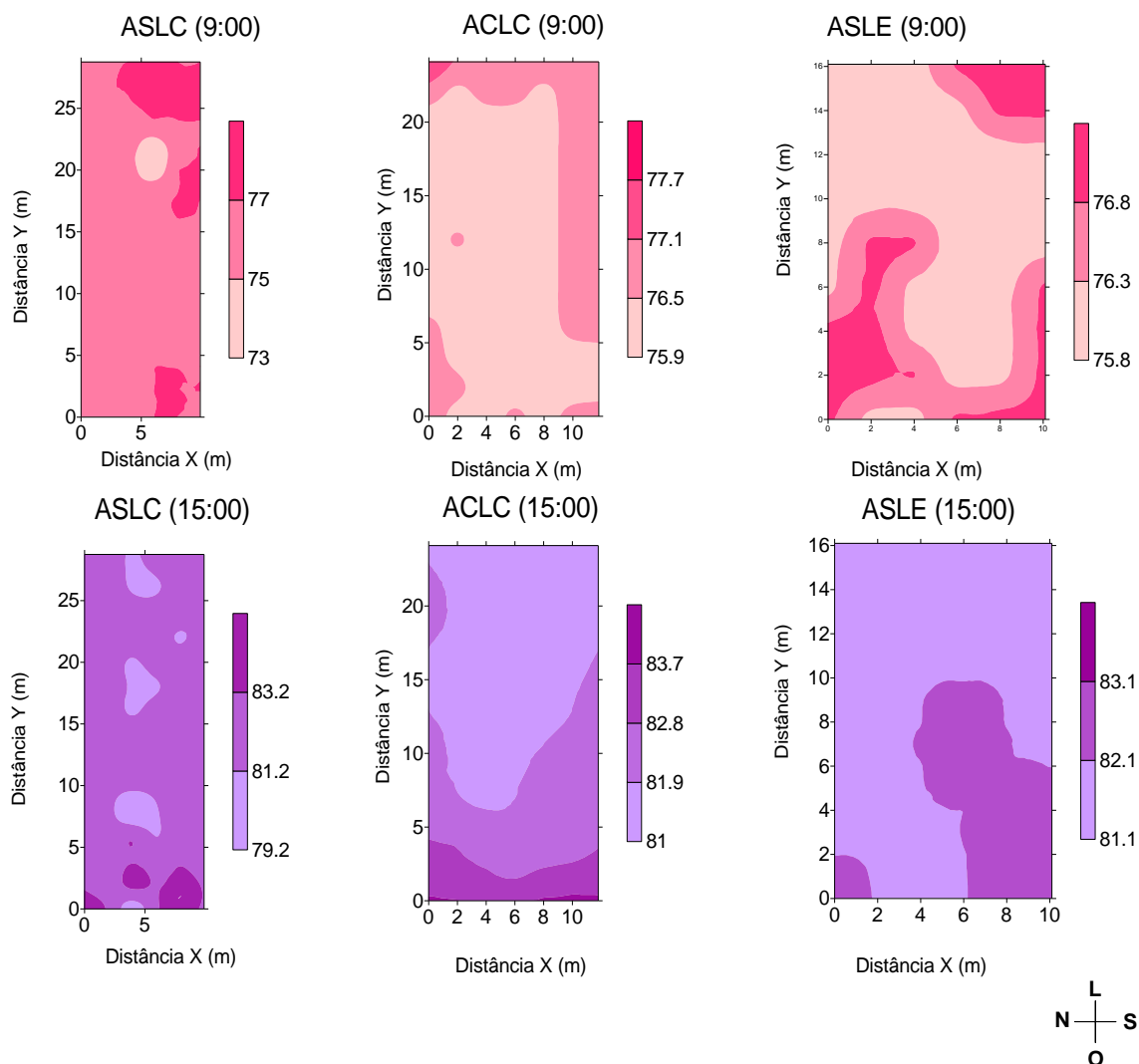


Figura 21. Distribuição espacial do índice de temperatura e umidade (ITU), no ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos horários de 9 e 15 horas, no verão.

A Figura 21 mostra que no verão, o ITU distribuiu-se espacialmente de uma maneira mais homogênea, sendo que às 9 horas, todas as instalações apresentaram condições de ITU consideradas normais para cabras leiteiras, e às 15 horas, apresentaram, em determinados lugares, situação de alerta.

Entalpia INVERNO

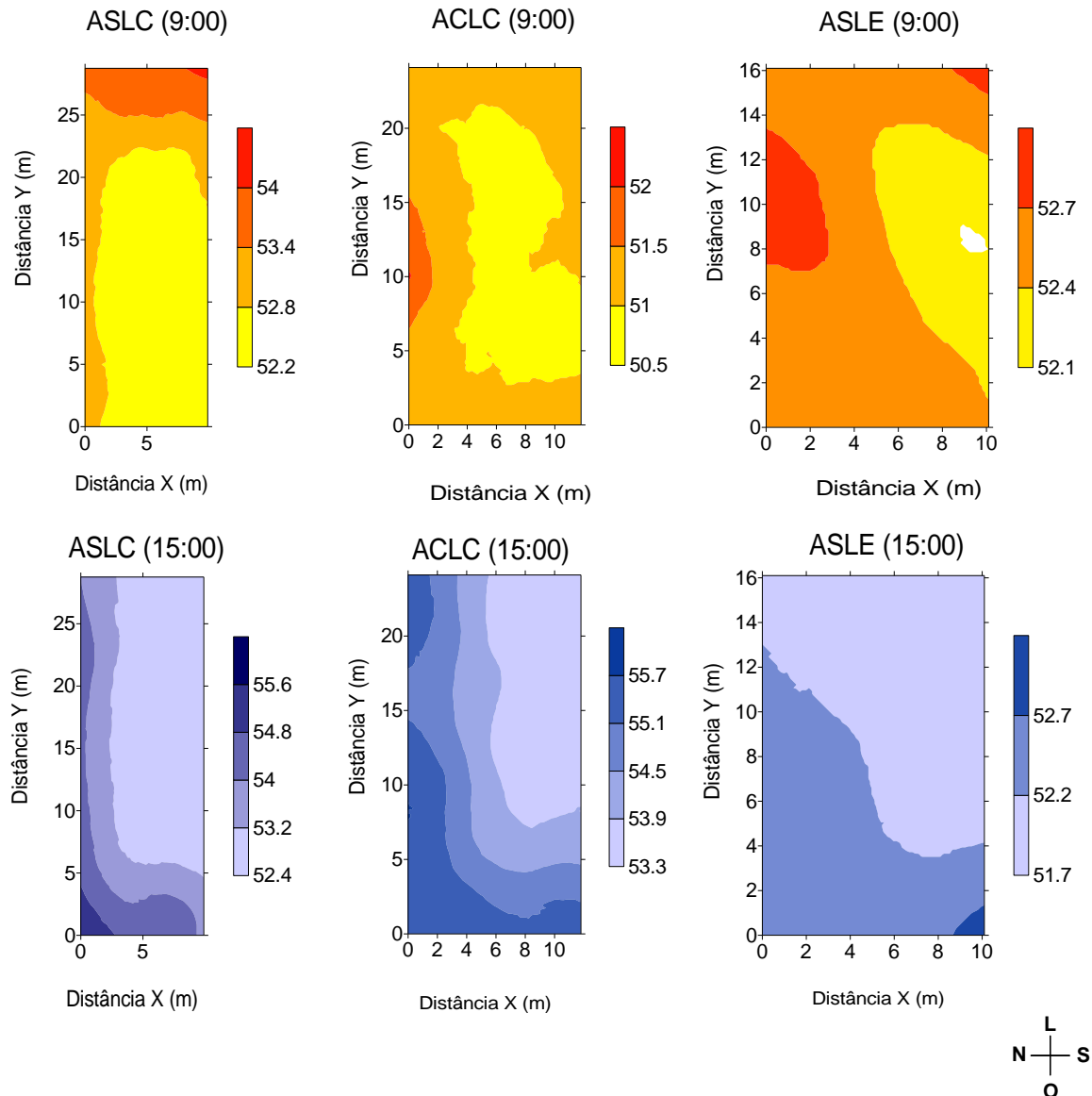


Figura 22. Distribuição espacial do índice entalpia (kJ.kg ar seco⁻¹), no ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos horários de 9 e 15 horas, no inverno.

Analisando a Figura 22, observa-se que a entalpia também apresentou distribuição espacial semelhante à temperatura, com os valores mais baixos, nos ASLC e ACLC, na região central das instalações, e o ASLE apresentou os menores valores no lado sul.

Todas as instalações, nos dois horários estudados, apresentaram

valores de entalpia dentro da faixa recomendada por Vieira et. al (2015), que afirma que a faixa de conforto do índice de entalpia para caprinos situa-se entre 42,0 e 70,1 kJ.kg ar seco⁻¹. Desta maneira, nota-se os valores de entalpia estão dentro da faixa considerada confortável para estes animais.

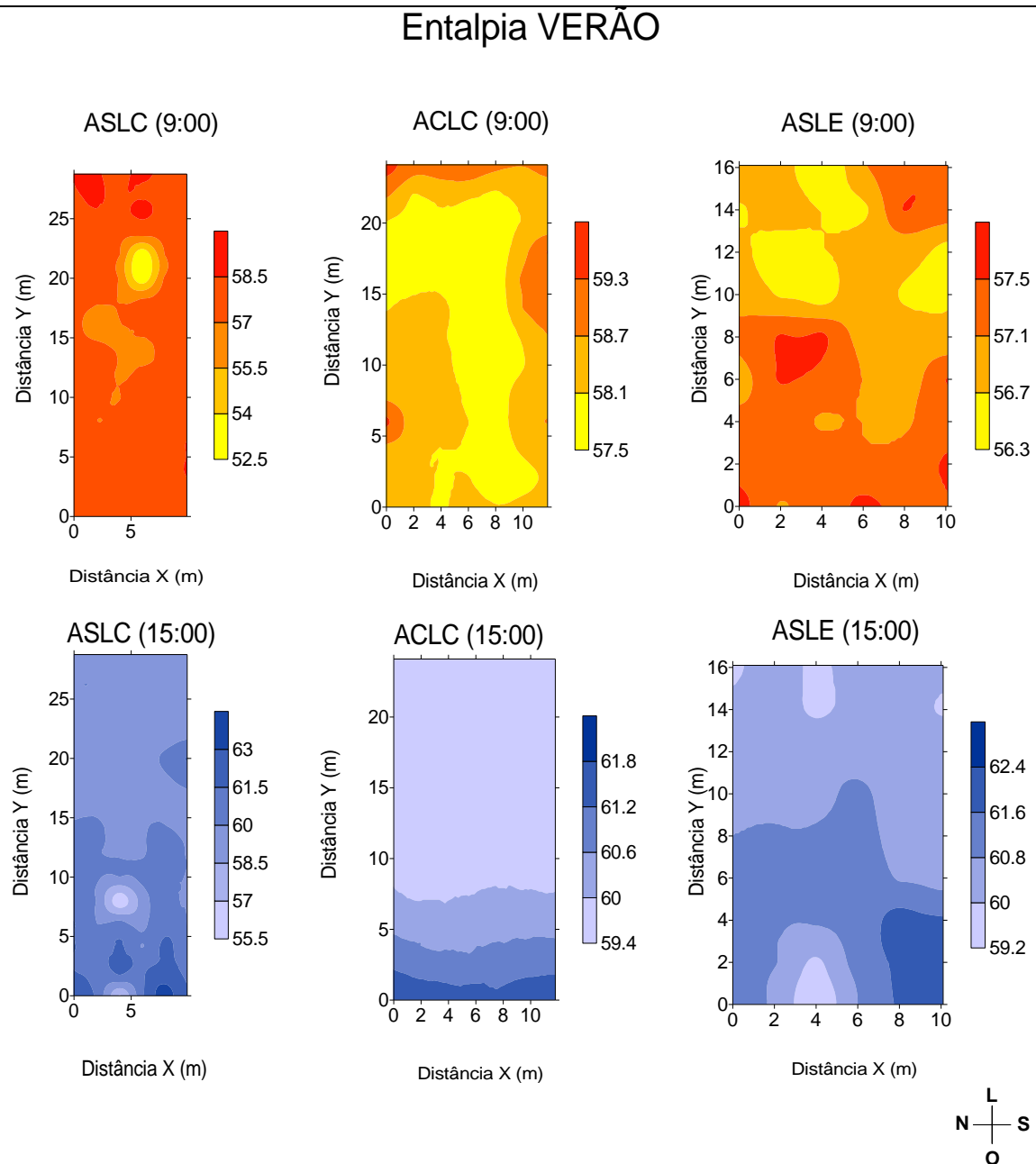


Figura 23. Mapas de krigagem do índice entalpia (kJ.kg ar seco⁻¹) no ASLC – Instalação ao nível do solo sem lanternim; ACLC - Instalação ao nível do solo com lanternim; e ASLE - Instalação elevada sem lanternim e com piso ripado, nos horários de 9 e 15 horas, nos horários de 9 e 15 horas, no verão.

Assim como no inverno, no verão, todas as instalações, nos dois horários estudados, apresentaram valores de entalpia dentro da faixa considerada confortável para caprinos, com os menores valores na região central, nos ASLC e ACLC, e lado leste no ASLE, às 9 horas.

Às 15 horas, o ASLC apresentou os menores valores de entalpia em um pequeno local da instalação localizado do lado oeste da mesma, onde na maior parte da instalação, foram observados valores de $58,5 \text{ kJ.kg ar seco}^{-1}$. Já o ACLE apresentou os menores valores do lado leste da instalação. Quanto ao ASLE, fica claro que o lado sudoeste apresentou os valores mais altos de entalpia, devido à incidência de radiação solar direta nesta região no horário estudado, e os menores valores apresentaram-se, em uma pequena área do lado oeste, lembrando que esta região não recebe raios solares devido à sala de ordenha anexa a esta região.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados é possível inferir que para os parâmetros temperatura do ar, umidade relativa e ITU, tanto no inverno como no verão, as três instalações estudadas não apresentaram diferenças significativas quanto aos valores destas variáveis ambientais, mostrando que a presença do lanternim no ACLC e do piso elevado e ripado no ASLE não foram suficiente para provocar melhorias térmicas significativas dentro das instalações.

Para o ITGU, Velocidade do Vento, TCI e Entalpia, em determinados horários, durante a execução da pesquisa, observou-se que as diferentes características construtivas influenciaram nos valores destes parâmetros dentro dos apriscos.

As equações geradas por meio da parametrização dos dados possibilitarão a obtenção de valores estimados de temperatura de globo negro instantânea, temperatura de globo negro média, temperatura do ar instantânea, temperatura do ar média e umidade relativa do ar instantânea, durante qualquer período do ano, a partir dos dados da estação meteorológica da UNIVASF de Petrolina-PE.

Conclui-se também que o uso da geoestatística possibilitou definir áreas dentro das instalações com diferentes variabilidades espaciais para a variável temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento, ITU e entalpia.

6. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. C. **Avaliação do conforto térmico de ovinos a céu aberto e em ambiente de confinamento na região norte da Bahia.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias. Petrolina, PE. 2011.
- ASSIS, A. G., STOCK, L. A., CAMPOS, O. F., GOMES, A. T., ZOCCAL, R., SILVA, M. R. Sistemas de produção de leite no Brasil. **Circular Técnica.** Embrapa Gado de Leite. Juiz de Fora, MG, 2005.
- AZEVEDO, M.; PIRES, A. F. M.; SATURNINO, H. M.; LANAN, A. Q. M.; SAMPAIO, I. M. B.; MONTEIRO, J. N. B.; MORATO, L. E. Níveis Críticos Superiores do Índice de Temperatura e Umidade para Vacas Leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em Lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2000-2008, 2005.
- BAETA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal.** 2. ed. Viçosa: UFV - Universidade Federal de Viçosa, 2010.
- BARBOSA, O.R.; SILVA, R.G. Índice de conforto térmico para ovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32., 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995. p.141-143.
- BOND, T. E.; KELLY, C. F. The globe thermometer in agricultural research. **Agriculture Engineering**, California, v.36, p. 251-260, 1955.
- BRITO, I. F. **Ambiência e bem-estar de ovelhas criadas em sistema agrossilvipastoril no semiárido cearense.** Dissertação de Mestrado em Zootecnia - Universidade Federal do Ceará. 69f. Fortaleza, CE. 2012.
- BROOM, D.M.; JOHNSON, K.G. Stress an animal welfare. **Chapman and Hall**, London, UK. 1993, 211pp.
- BROOM, D.M.; MOLENTO, C.F.M. Animal welfare: concept and related issues – Review. **Archives of Veterinary Science** v. 9, n. 2, p. 1-11, 2004.
- BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO AROCHO, A.; CANTON, G.H. PITT, D. Black globe humidity index (BGHI) as a comfort equation for dairy cows. **Trans. ASAE**, St. Joseph, v.24, n. 3, p. 711-714, 1981.
- CAMBARDELLA, C.A. et al. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.
- CAMPOS, A.T. **Determinação dos índices de conforto térmico e da carga térmica de radiação em quatro tipos de galpões, em condições de verão**

para Viçosa – MG. 66p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola - Universidade Federal de Viçosa, UFV. Viçosa, MG: 1986.

CARNEIRO, M.A.M.; MELO, H.S. Aplicação dos princípios de uma boa instalação na construção de apriscos. **Anais do XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção/ENESEP.** Fortaleza/CE, Outubro, 2006.

CODEVASF - **Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. Manual de Criação de Caprinos e Ovinos.** Coordenação de Paulo Sandoval Jr.; elaboração de texto de Rodrigo Vidal Oliveira ... [et al.] ; revisão técnica de Izabel Maria de Araújo Aragão, Rosângela Soares Matos e Willibaldo Brás Sallum. – Brasília : Codevasf, 2011.

COELHO, E. **Metodologia para análise e projeto de sistema intensivo de produção de leite em confinamento tipo baias livres.** Tese para obtenção do título “Magister Scientiae”, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2000.

DAMASCENO, F.A. et al. Concepções arquitetônicas das instalações utilizadas para a produção avícola visando o conforto térmico em climas tropicais e subtropicais. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 42, Ed. 147, Art. 991, 2010.

DAWKINS, M.S. Behavior as a tool in the assessment of animal welfare. **Zoology**, Berlim, v.106, n.4, p.383-7, 2003.

EUSTÁQUIO FILHO, A.; TEODORO, S. M.; CHAVES, M. A.; SANTOS, P. E. F. DOS; SILVA, M. W. R. DA; MURTA, R. M.; CARVALHO, G. P. DE; SOUZA, L. E. B. Zona de conforto térmico de ovinos da raça Santa Inês com base nas respostas fisiológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1807-1814, 2011.

FARIA, F.F.; MOURA, D.J.; SOUZA, Z.M.; MATARAZZO, S. V. Variabilidade espacial do microclima de um galpão utilizado para confinamento de bovinos de leite. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2498-2505, 2008.

FERREIRA, F.; PIRES, M.F.A.; MARTINEZ, M.L.; COELHO, S.G.; CARVALHO, A.U.; FERREIRA, P.M.; FACURY FILHO, E.J.; CAMPOS, W.E. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec**, vol.58, n. 5, pp. 732-738. 2006.

FILHO, J. R. M. **Produção de leite e parâmetros fisiológicos de cabras puras e mestiças Parda Alpina no estado da Paraíba.** Tese de doutorado em Engenharia Agrícola - Universidade Federal de Campina Grande. 133f. Campina Grande, PB. 2012.

FURTADO, G. D.; FILHO, U. L. A. **Influência da temperatura ambiente na reprodução animal** - Breve Revisão de Literatura - Dep. de Aprendizagem

Rural, Natal-RN. 2008. Disponível em: www.daneprairie.com. Acesso em: 10 de novembro 2014.

GOMES, C. A. V.; FURTADO, D. A.; MEDEIROS, A. N.; SILVA, D. S.; FILHO, E. C. P.; JÚNIOR, V. L. Efeito do ambiente térmico e níveis de suplementação nos parâmetros fisiológicos de caprinos Moxotó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.2, p.213–219, 2008.

HENRIQUES DA NÓBREGA, G. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 1, 2011.

HOLANDA JÚNIOR, V.; MARTINS, E. C. **Análise da produção e do mercado de produtos caprinos e ovinos: o caso do território do sertão do Pajeú em Pernambuco**. Infoteca EMBRAPA. 2008. Disponível em: www.infoteca.cnptia.embrapa.br. Acesso em: 25 out. 2013.

HOLANDA, M.C.R. 2006. Conceitos em bem-estar animal. In: I Encontro de Bioética e Bem-Estar Animal do Agreste Meridional Pernambucano. Garanhuns, PE. **Anais...** Garanhuns: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 09 e 10 de novembro de 2006.

HÖLZEL, M.J.; MACHADO FILHO, L.C.P. Bem-estar Animal na Agricultura do Século XXI. **Revista de Etologia**, v. 6, n. 1, p. 3, 2004.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Pecuária Municipal** (Economia, Agropecuária, Produção Pecuária). Dados 2004 a 2011. 2012. Disponível em www.ibge.gov.br Acesso em: 22 de agosto de 2013.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University, 1989. 561p.

ÍTAVO, C. C. B. F.; VOLTOLINI, T.V.; ÍTAVO L. C. V.; MORAIS, M. G.; FRANCO, G. L. **Produção de Caprinos e Ovinos no Semiárido: Confinamento**. Editor técnico, Tadeu Vinhas Voltolini. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011.

JACOME, I. M. T. D.; FURTADO, D. A.; LEAL, A. F.; SILVA, J. H. V.; MOURA, J. F. P. Avaliação de índices de conforto térmico de instalações para poedeiras no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.5, p.527-531, 2007.

JENTZSCH, R. **Estudo de modelos reduzidos destinados à predição de parâmetros térmicos ambientais em instalações agrícolas**. 113p. Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Viçosa. 113p. Viçosa, MG. 2002.

KAWABATA, C. Y.; JESUS, L. A., SILVA, A. P. V.; SOUSA, T. V. R.; CRUZ, L. F. B. Physiological responses of caprines raised under different types of covering. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.34, n.5, p.910-918. 2013.

LAMPARELLI, R.A.C.; ROCHA, J.V.; BHORGUI, E. Geoprocessamento e agricultura de precisão: fundamentos e aplicações. **Guaíba: Agropecuária**. v.1, 118 p. 2001.

LEBBIE, S.H.B. Goats under household conditions. **Small Rum. Research**, v.51, p.131-136, 2004.

LEITE, J. R. S. et al . Influência de fatores bioclimáticos nos índices produtivos e fisiológicos de caprinos nativos confinados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande , v. 16, n. 4, Apr. 2012.

LIMA, L. R.; FILHO, J. A. D. B. Impact of pre-slaughter management on the welfare of goats and sheep. **Journal Animal Behavior Biometeorol**, v.1, n.2, p.52-60, 2013.

LITTLE, T.M.; HILLS, F.J. **Agricultural experimentation**. New York: John Wiley & Sons, 1978. 350p

LUCENA, L. F. A.; FURTADO, D. A.; NASCIMENTO, J. W. B.; MEDEIROS, A. N.; SOUZA, B. B. Respostas fisiológicas de caprinos nativos mantidos em temperatura termoneutra e em estresse térmico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.6, p.672–679, 2013.

MACHADO, P. F. Efeitos da alta temperatura sobre a produção, reprodução e sanidade de bovinos leiteiros. In: Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 179-201. 1998.

MARTINS, R. F. S. **Índices de conforto térmico e temperatura superficial por termografia infravermelha em ovinos**. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília - Faculdade de agronomia e medicina veterinária. 95f. Brasília, DF. 2011.

MATHERON, G. Principles of Geostatistics. **Economic Geology**, v. 58, p. 1246-1266, 1963.

MAZON, A. A. O.; SILVA, R. G. O. S.; SOUZA, H. A. Ventilação natural em galpões: o uso de lanternins nas coberturas. **Revista Escola de Minas**, v. 59 n°.2. Ouro Preto, MG. 2006.

McDOWELL, R.E. **Bases biológicas de la producción animal en zonas tropicales**. São Paulo:Ícone, 1989. 183 p

MENDL, M. **Assessing the welfare state**. Nature 410:31-32. 2001

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO SETOR RURAL. **Relatório Nacional Sobre a Situação dos Recursos Zoogenéticos para a Alimentação e a Agricultura**. São Paulo– SP, 2004.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2014. **Notícias**. Disponível em: www.agricultura.gov.br/ Acesso em: 18 de setembro de 2014.

MORAIS, D. A. E. F.; BENTO, C. A. P., Júnior, S. C. de S; VASCONCELOS, A. M.; SOUZA, W. G. Efeito da época do ano sobre características termorreguladoras de caprinos, ovinos e bovinos em região semi-árida. In: III Congresso Nordeste de Produção Animal. **Anais...** Campina Grande, PB, Brasil, 2004.

MOURA, A. C. B. **Desempenho reprodutivo de ovelhas Santa Inês criadas no Nordeste Paraense**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias. Depto. de Zootecnia, Fortaleza, 2009.

NÃÃS, I. A. Construções Rurais e as tendências de mercado. **Simpósio de Construções Rurais SINCRA** de 8 a 10 de julho. UFCG, 2004.

NAZARENO, A. C. **Ambiência pré-porteira: avaliação das condições bioclimáticas e das operações pré-eclosão na qualidade de pintos de corte**. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 208f. Piracicaba, 2012.

NEIVA, M. N. J.; TURCO, S. N. H.; OLIVEIRA, S. P. M.; MOURA, A. N. A. A. Efeito do estresse climático sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos Santa Inês mantidos em confinamento na região litorânea do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.668-678, 2004.

NEVES, M. L.M.W. **Níveis críticos do Índice de Conforto Térmico para ovinos da raça Santa Inês criados a pasto no agreste do Estado de Pernambuco**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco – PE. 2009.

NOVAES, D. **Instalações Rurais**. Cursos Técnicos Profissionalizantes. 2014. Disponível em: www.ifcursos.com.br. Acesso em: 10 de agosto de 2014.

OLIVEIRA, E. C.; DELGADO, R.C.; ROSA, S.R., SOUZA, P. J. O. P., NEVES, L. O. Efeitos do estresse térmico sobre a produção de bovinos de leite no município de Marilândia – ES. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; p. 913, 2013.

OLIVEIRA, M. M F.; DANTAS, T. R.; FURTADO, A. D.; NASCIMENTO J. W. B.; MEDEIROS, A. N. Parâmetros de conforto térmico e fisiológico de ovinos Santa Inês, sob diferentes sistemas de acondicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9 n. 4, 2006.

OLIVEIRA, R. B.; LIMA, J.S.S.; XAVIER, A.C.; PASSOS, R.R.; SILVA, S.A.; SILVA, A.F. Comparação entre métodos de amostragem do solo para recomendação de calagem e adubação do cafeeiro conilon. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, p. 176-186, 2008.

PAULO, J.L.A. **Índices de conforto térmico para caprinos das raças Moxotó e Canindé confinados no semi-árido paraibano**. Dissertação de mestrado em Zootecnia- Universidade Federal da Paraíba. 81p. Areia, PB. 2009.

PEREIRA, C. L. Monitoramento eletrônico do conforto térmico em abrigos individuais para bezerros com coberturas alternativas. **Revista ensaios e Ciência**, v. 5 nº 5 p. 73-76, 2007.

PERISSINOTTO, M. **Avaliação da eficiência produtiva e energética de sistemas de Piracicaba**. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de São Paulo. 81p. Piracicaba, SP. 2003.

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

QUESADA, M.; MCMANUS, C.; COUTO, F. A. A. Tolerância ao calor de duas raças de ovinos deslanados no distrito federal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.1021-1026, 2001.

RAUSCHENBACH, J. O.; YEROKHIN, P. I. **Quantitative estimation of heat tolerance in animals**. 1.ed., Novosibirsk: Nauka, 1975. 108p.

RIBEIRO, N. L. **Avaliação do conforto térmico de ovinos nativos em confinamento**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola – Área: Construções Rurais e Ambiente – Universidade Federal Campina Grande – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB, 2006.

RIBEIRO, S. D. A. **Caprinocultura**: Criação racional de caprinos. São Paulo: Nobel, 1997. p.313.

ROBERTO, J. V. B. **Efeito do ambiente térmico e uso da termografia de infravermelho em caprinos Saanen e seus mestiços com boer no semiárido brasileiro**. Dissertação de Mestrado em Sistemas Agrosilvopastoris. Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande – PB, 2012.

ROBERTO, J. V. B.; SOUZA, B. B.; FURTADO, D. A.; Luciano José Bezerra DELFINO, L. J. B.; MARQUES, B. A. A. Gradientes térmicos e respostas fisiológicas de caprinos no semiárido brasileiro utilizando a termografia infravermelha. **Journal Animal Behavior Biometeorological**. v.2, n.1, p.11-19, 2014.

ROBERTO, J. V. B.; SOUZA, B. B.; SILVA, A. L. N.; JUSTINIANO, S. V.; FREITAS, M. M. S. Parâmetros hematológicos de caprinos de corte submetidos a diferentes níveis de suplementação no semi-árido paraibano. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) v.6, n.2, p. 08 -13 abril / junho de 2011.

ROCHA, H.P.; FURTADO, D.A.; NASCIMENTO, J.W.B.; SILVA, J.H.V. Índices bioclimáticos e produtivos em diferentes galpões avícolas no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.12, p.1330-1336, 2010.

RODRIGUES, V.C.; SILVA, I.J.O.; VIEIRA, F.M.C.; NASCIMENTO, S.T. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. **International Journal of Biometeorology**, Suisse, v. 55, n. 3, p. 455-459, 2010.

SANTOS, P. A. **Avaliação e predição do ambiente térmico em modelos reduzidos de galpões avícolas equipados com telhados natural e artificialmente ventilados**. 76 f. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

SEBRAE. **Manejo básico de ovinos e caprinos: guia do educador**. Coordenação de Clóvis Guimarães Filho; Josvaldo.Rodrigues Ataíde Junior -- Brasília : SEBRAE, 2009.

SILANIKOVE, N.; KOLUMAN, D. Impact of climate change on the dairy industry in temperate zones: Predications on the overall negative impact and on the positive role of dairy goats in adaptation to earth warming. **Elsevier, Small Ruminant Research** 123 p.27–34. 2015.

SILVA, C. R.; VALNEIDE, R. Instalações para caprinos. **Revista Brasileira de Educação Agrícola Superior – ABEAS – v.25, n.2, p. 99- 103, 2010.**

SILVA, E. M. N.; SOUZA, B. B.; SOUZA, O. B. DE; SILVA, G. A.; FREITAS, M. M. S. Avaliação da adaptabilidade de caprinos ao semiárido através de parâmetros fisiológicos e estruturas do tegumento. **Revista Caatinga**, v.23, n.2, p.142-148, 2010.

SILVA, G.A.; SOUZA, B.B.; ALFARO, C.E.P. et al. Efeito da época do ano e período do dia sobre os parâmetros fisiológicos de reprodutores caprinos no semi-árido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.4, p.903-909, 2006.

SILVA, I. J. O. **Rastreabilidade na produção animal**, 2. Piracicaba, 2003. CD. Piracicaba: FEALQ, 2003.

SILVA, I. M. **Automação do sistema de resfriamento adiabático evaporativo na pré-ordenha de vacas girolando e seus efeitos na produção de leite**. Dissertação de mestrado em Engenharia Agrícola - Universidade Federal Rural de Pernambuco. 96f. Recife, PE. 2011.

- SILVA, R. G.; BARBOSA, O. R. Índice de conforto térmico para ovinos. **Boletim da Indústria Animal**, v. 52, n. 1, p. 29-35, 1995.
- SILVA, T. P. D.; JÚNIOR, S. C. S.; SANTOS, K. R.; MARQUES, C. A. T.; TORREÃO, J. N. C. Características termorreguladoras e ganho de peso de cordeiros Santa Inês no sul do estado do Piauí no período de transição seca/águas. **Revista Agrarian**, v.6, n.20, p.198-204. Dourados, 2013.
- SIMÕES, A. R. P., SILVA, R. M., OLIVEIRA, M. V. M., CRISTALDO, R.O., BRITO, M. C. B. Avaliação econômica de três diferentes sistemas de produção de leite na região do Alto Pantanal Sul-mato-grossense. **Revista Agrarian**, v.2, n.5, p.153-167, jul./set. 2009.
- SOUZA, C. F., SILVA, M. F.; ALENCAR, M. N. **Instalações para bovinos leiteiros**. Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2004.
- SOUZA, F. C.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, C. F.; FERREIRA, M. P. W.; SILVA, S. R. Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. **Ciência Agrotecnica**, v. 26, n.1, p.157-164, 2002.
- SOUZA, B.B. **Índice de conforto térmico para ovinos e caprinos: índice de temperatura do globo negro e umidade registrado em pesquisas no Brasil**. FarmPoint-ovinos e caprinos - radares técnicos – Bem-estar e comportamento animal. 2010. Disponível em: www.farmpoint.com.br Acesso em: 4 de Dezembro de 2014.
- SYDENSTRICKER, K. V. **Análise de lanternim em edificações para suínos, através de modelos em escala**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Área: Ambiência) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola, 1993.
- TEIXEIRA, M. **Efeito do estresse climático sobre parâmetros fisiológicos e produtivos em ovinos**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Ceará. Depto. de Zootecnia, p. 62, 2000.
- THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, Boston, v. 12, n. 1, p. 57-60, 1958.
- TINÔCO, I. F. F. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista brasileira de ciência Avícola**, v. 3, n. 1, p. 01-26, 2001.
- TRANGMAR, B.B.; YOST, R. S.; UEHARA, G. Applications of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, v.38, n.1, p.45-93, 1985.
- TURCO, S. H. N. ARAÚJO, G. G. L.; BADE, P. L.; SANTOS, F. C.; SILVA, T.

G. F. Zoneamento bioclimático para caprinos e ovinos no Estado da Bahia. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 41., 2004, Campo Grande, MS. A produção animal e a segurança alimentar: **Anais**. 1 CD-ROM.

TURCO, S. H. N.; ARAÚJO, G. G. L. **Produção de Caprinos e Ovinos no Semiárido**: Instalações. Editor técnico, Tadeu Vinhas Voltolini. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. Cap. 5, p. 117-144.

VIEIRA, M. M. M. CÂNDIDO, M. J. D.; FILHO, J. A. D. B.; CAVALCANTE, A. C. R.; GADELHA, C. R.; SARAIVA, E. P.; ARAÚJO, M. S. Condições ambientais e termoregulatórias de cabras leiteiras em região semiárida. XXV congresso brasileiro de zootecnia. **Dimensões Tecnológicas e Sociais da Zootecnia**. Fortaleza, CE. 2015.

VIEIRA, S.R. **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo**. In: Novais, R.F. et al. (Eds.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000, V.1, p.1-53.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). **Applications of soil physics**. New York: Academic, 1980. p.319-344.

ZEN, S.; SANTOS, M. C.; MONTEIRO, C. M. **Evolução da caprino e ovinocultura. 2014**. Disponível em: www.canaldoprodutor.com.br Acesso em 15 de julho de 2015.