

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

MONOGRAFIA

Modelagem da temperatura do globo negro e avaliação bioclimática do estado
de Pernambuco para criação de caprinos leiteiros da raça Saanen

Girlene Cordeiro de Lima Santos

2019



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

MONOGRAFIA

Modelagem da temperatura do globo negro e avaliação bioclimática do estado de Pernambuco para criação de caprinos leiteiros da raça Saanen

(Girleene Cordeiro de Lima Santos)
Graduanda

Orientador (a): Ana Maria Duarte Cabral

Serra Talhada– PE
Janeiro 2019 (Janeiro de 2019)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca da UAST, Serra Talhada - PE, Brasil.

S237m Santos, Girlene Cordeiro de Lima

Modelagem da temperatura do globo negro e avaliação bioclimática do estado de Pernambuco para criação de caprinos leiteiros da raça *Saanen*/ Girlene Cordeiro de Lima Santos. – Serra Talhada, 2019.

47 f.: il.

Orientadora: Ana Maria Duarte Cabral

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade Acadêmica de Serra Talhada, 2019.

Inclui referências.

1. Caprinos - Criação. 2. Bioclimatologia. 3. Mudanças climáticas. I. Cabral, Ana Maria Duarte, orient. II. Título.

CDD 636



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

(GIRLENE CORDEIRO DE LIMA SANTOS)
Graduanda

Monografia submetida ao Curso de Zootecnia como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Zootecnia.

Entregue em/...../..... (data da entrega da monografia) Média: _____

BANCA EXAMINADORA

Orientador (a): Dr ^a Ana Maria Duarte Cabral	Nota
Assinatura	
Examinador (a) I: Dr ^a Valéria Louro Ribeiro	Nota
Assinatura	
Examinador (a) II: Dr ^a Ednéia de Lucena Vieira	Nota
Assinatura	



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

(GIRLENE CORDEIRO DE LIMA SANTOS)
Graduanda

Monografia submetida ao Curso de Zootecnia como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Zootecnia.

Aprovado em 16 / 01 / 2019

EXAMINADORES

Orientador (a): Dr^a Ana Maria Duarte Cabral

Examinador (a) I: Dr^a Valéria Louro Ribeiro

Examinador (a) II: Dr^a Ednéia de Lucena Vieira

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho com muito amor a minha mãe Maria de Lourdes; aos meus dois irmãos, Gerônimo e Geraldo; e aos meus sobrinhos Diego e Demilly Mikely, por terem me incentivado a fazer sempre o melhor.

AGRADECIMENTOS

Ao meu glorioso Deus, por me conceder o privilégio da vida e por está comigo em todos os momentos, por me conceder saúde, força e paz para que eu pudesse desempenhar bem minhas demandas e atribuições acadêmicas.

À minha mãe, Maria de Lourdes de Lima, por ter sido a minha base me dando o apoio necessário durante a minha graduação, por seus incentivos e orientações durante toda a minha trajetória, por todo o acolhimento e comprometimento com a minha formação.

Aos meus irmãos Gerônimo Bartolomeu de Lima e Geraldo Arcanjo de Lima, por terem acreditado em mim e pela contribuição emocional a qual me deram nos momentos de dificuldades, pelas demonstrações de carinho e apoio a que se propuseram a me oferecer em todas as etapas de minha vida.

À minha orientadora Dra. Ana Maria Duarte Cabral, por todo o apoio me dado, tanto emocional quanto profissional, por ter me dado a oportunidade de concluir o curso com uma melhor qualificação e por todos os conselhos e orientações.

Ao professor Dr. Thieres George Freire da Silva, por ter contribuído no meu desenvolvimento pessoal e profissional.

A todos os meus colegas de curso, pelo companheirismo e apoio, em especial as minhas amigas Ethiana Freire e Mary Adriéle Cristianny Gregório por terem estado comigo tanto em momentos de alegria quanto em momentos de dificuldades.

A todo o corpo docente do curso de zootecnia, por terem contribuído no meu processo de formação.

À coordenação do curso de Bacharelado em Zootecnia, por agilizar o cumprimento das etapas burocráticas ao longo do curso.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco pela oportunidade de realizar minha graduação.

À Unidade Acadêmica de Serra Talhada, por ter me acolhido e por ter me dado todo o suporte necessário para que eu pudesse concluir a graduação.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para minha formação.

BIOGRAFIA

Girlene Cordeiro de Lima Santos, Filha de Maria de Lourdes de Lima, nasceu dia 29 de junho de 1988, na cidade de Serra Talhada, PE.

Concluiu o ensino médio em 2005, na escola Methódio de Godoy Lima, localizada em Serra Talhada, PE.

Em 2010, concluiu o curso técnico em Zootecnia, no Centro Tecnológico do Pajeú, em Serra Talhada, PE.

No primeiro semestre de 2013, iniciou o curso de Bacharelado em Zootecnia na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, na cidade de Serra Talhada, PE. Durante a graduação participou de projeto de pesquisa em nível de iniciação científica, projeto de pesquisa e extensão, e publicou trabalhos em eventos científicos. Graduando-se em fevereiro de 2019.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	
LISTA DE FIGURAS	
RESUMO	
ABSTRACT	
1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	16
2.1. Geral	16
2.2. Específicos.....	16
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1. A caprinocultura leiteira no Nordeste brasileiro.....	17
3.2. Influência do conforto térmico sobre o bem estar animal	18
3.3. Índices bioclimáticos	21
3.4. Modelagem matemática e índices estáticos para avaliação de modelos	24
4. MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1. Estimativa da T_{GN} a partir de dados meteorológicos.....	27
4.2. Avaliação bioclimática do Estado de Pernambuco para a caprinocultura leiteira..	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
5.1. Equações de estimativa da T_{GN} a partir de dados meteorológicos	33
5.2. Avaliação bioclimática do estado de Pernambuco para a caprinocultura leiteira ..	38
6. CONCLUSÃO	40
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Regressão entre a temperatura do globo negro (T_{GN} , °C, variável dependente) e elementos meteorológicos (X , variáveis independentes) em distintas escalas de tempo (diurna, noturna, diária e mensal)	33
Tabela 2. Estatística descritiva do ITGU do estado de Pernambuco.....	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Zona de neutralidade (MATARAZZO, 2004).	19
Figura 2. Correlação do resíduo TGNo/TGNe não explicado pela T_{AR} (A) com a umidade relativa do ar e (B) com a radiação solar global incidente	34
Figura 3. Avaliação do desempenho da equação de estimativa da temperatura diurna do globo negro (A) com base apenas na temperatura do ar e, (B) do modelo multiplicativo com a associação da temperatura diurna do ar e da radiação solar global incidente	35
Figura 4. Avaliação do desempenho da equação de estimativa da temperatura noturna do globo negro com base na temperatura noturna	36
Figura 5. Avaliação do desempenho da equação de estimativa da temperatura diária do globo negro com base na temperatura média diária do ar	37
Figura 6. Validação da equação de estimativa da temperatura mensal do globo negro com base na temperatura média mensal do ar	37
Figura 7. Avaliação do estado de Pernambuco para a criação de cabras da raça Saanen (A - ITGU médio entre os meses de novembro e abril; e, B - ITGU médio entre os meses de maio e outubro). ITGU crítico da raça igual a 85.....	39

RESUMO

O índice de temperatura do globo negro é um bom índice para avaliação bioclimática dos ambientes, mas necessita de dados de temperatura do globo negro (T_{GN}). A ausência de termômetros de globo negro nas estações meteorológicas dificulta a avaliação bioclimática de atividades agropecuárias. Uma das atividades que vem sendo cada vez mais explorada é a caprinocultura leiteira, mas a sua inclusão depende do uso de ações que modifiquem o atual baixo desempenho produtivo dos animais, como avaliação bioclimática e adoção de espécies geneticamente mais especializadas, por exemplo, os caprinos da raça Saanen. Neste estudo, objetivou-se propor equações de estimativa da T_{GN} por meio de dados meteorológicos para distintas escalas de tempo e a avaliação bioclimática do estado de Pernambuco caprinos leiteiros da raça Saanen. Os dados empregados na elaboração das equações foram coletados de 01 de novembro de 2014 a 31 de outubro de 2017. Dados de T_{GN} , radiação solar global incidente (R_G), temperatura (T_{AR}) e umidade relativa do ar, e velocidade do vento foram tratados em escala horária, diária e mensal. A metade do banco de dados foi usada para o ajuste das equações e a outra metade para avaliação. Com os resultados, realizou-se o diagnóstico bioclimático de Pernambuco. Para a escala diurna foi obtida uma equação que se baseia apenas na variável T_{AR} ($T_{GN}=1,3897.T_{AR}-5,4421$, $r^2=0,80$) e um modelo multiplicativo que combina os efeitos da T_{AR} e da R_G ($T_{GN}=[1,3897.T_{AR}-5,4421).(0,0384.\ln(R_G)+0,7935]$, $r^2=0,91$). A T_{AR} teve bom ajuste com a T_{GN} em escala noturna ($T_{GN}=0,995.T_{AR}-0,6964$, $r^2=0,99$), diária ($T_{GN}=1,1641.T_{AR}-1,5941$, $r^2=0,97$) e mensal ($T_{GN}=1,1550.T_{AR}-1,3498$, $r^2=0,98$). Logo, a T_{GN} pode ser calculada a partir da T_{AR} e, ou, R_G em escala diurna, e apenas com a T_{AR} para escala noturna, diária e mensal. Os municípios mais adequados para a criação de cabras da raça Saanen se concentram no Agreste e, em algumas áreas ao norte e sudoeste do sertão do estado, com menores condições de estresse térmico entre maio e outubro.

Palavras-chave: escalas temporais, índices e erros estatísticos, regressão, ITGU.

ABSTRACT

The black globe temperature index is a good index for bioclimatic assessment of environments, but requires black globe temperature data (BGT). The absence of black globe thermometers in meteorological stations makes bioclimatic evaluation of agricultural activities difficult. One of the activities that is being increasingly exploited is dairy goat breeding, but its inclusion depends on the use of actions that modify the current low productive performance of the animals, such bioclimatic evaluation and adoption of genetically more specialized species, for example goats of the Saanen breed. The objective of this study was to propose equations of BGT estimation by means of meteorological data for different time scales and the bioclimatic evaluation of Pernambuco State for dairy goat. The data used in the elaboration of the equations were collected from November 1, 2014 to October 31, 2017. BGT, incident global solar radiation (SR), temperature (T_{air}) and relative humidity and wind velocity data were treated in daily and monthly scale. The half of the database was used to adjust the equations and the other half for evaluation. With the results, the bioclimatic diagnosis of Pernambuco was carried out. For the daytime scale, an equation based on the T_{air} variable ($BGT=1.3897.T_{air}-5.4421$, $r^2=0.80$) was obtained and a multiplicative model combining the effects of T_{air} and SR ($BGT=[1.3897.T_{air}-5.4421].(0.0384.\ln(SR)+0.7935)$, $r^2=0.91$). The T_{air} had a good adjustment with BGT at night ($BGT=0.995.T_{air}-0.6964$, $r^2=0.99$), daily ($BGT=1.1641.T_{air}-1.5941$, $r^2=0.97$) and monthly ($BGT=1.1550.T_{air}-1.3498$, $r^2=0.98$). Therefore, BGT can be calculated from T_{air} and, or, SR on daytime scale, and only with T_{air} for night, daily and monthly scales. The most suitable municipalities for the creation of 'Saanen' goats are concentrated in the 'Agreste' and, in some areas to the north and southwest of the 'Sertão' of the State, with lower conditions of thermal stress between the months of May and October.

Keywords: time scales, indexes and statistical errors, regression, BGHI.

1. INTRODUÇÃO

O clima é um fator marcante para a atividade pecuária, sobretudo, em regiões tropicais e subtropicais. Portanto, a avaliação bioclimática sempre deve ser adotada como uma ação de planejamento para a tomada de decisão pelo produtor. Nesta análise é essencial a comparação entre as condições climáticas de um local e as exigências dos animais. Condições de estresse térmico, por frio ou calor, induzem o animal alterar seu metabolismo para manter a homeostase. Além disso, o clima de uma região define o nível de modificação do ambiente de criação, o manejo adotado, o desempenho e saúde animal, e os custos de produção (ABREU et al., 2011; AVILA et al., 2013; ROBERTO et al., 2010).

O estresse térmico é provocado por uma combinação de fatores ambientais que atuam sobre o animal. Para a avaliação do conforto ou desconforto dos animais pelos elementos climáticos comumente são utilizados índices, que unificam os seus efeitos e que possuem relação com indicadores fisiológicos e comportamentais dos animais (AVILA et al., 2013; NEVES et al., 2009). O índice de temperatura e umidade (ITU), índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR) são bons exemplos de indicadores que vem sendo bastante utilizados. Estes dois últimos tem em comum o fato de dependerem da temperatura do globo negro (T_{GN}), enquanto o primeiro utiliza a temperatura do ar.

A T_{GN} é medida por um termômetro de globo negro, sendo capaz de inferir sobre a sensação térmica dos animais. O globo negro é um objeto esférico de cor preta fosca com um termômetro no seu interior, que mede a quantidade de calor radiante do ambiente. Quando instalado no local de criação dos animais é capaz de mensurar a carga de energia oriunda da radiação solar global e demais variáveis condicionadoras do desconforto térmico (temperatura e umidade relativa do ar e velocidade do vento).

No entanto, devido ausência de termômetros de globo negro nas estações automáticas das redes das instituições públicas estaduais e federais e de empresas privadas de monitoramento meteorológico, fica difícil estimar a quantidade de carga térmica a qual os animais ficam expostos. Logo, o desenvolvimento de equações de estimativa da T_{GN} a partir de variáveis meteorológicas medidas em estações automáticas pode ser muito útil em ações de planejamento e tomada de decisão pelo produtor. Resultados ainda mais relevantes podem ser obtidos com a elaboração dessas equações para diferentes escalas de tempo (horária, diária e mensal), uma vez que a disponibilidade de dados pelas instituições de meteorologia varia bastante neste aspecto.

Outra problemática importante diz respeito ao uso de índices bioclimáticos mais representativos do conforto / desconforto térmico do ambiente. Por exemplo, o ITU é bastante utilizado na avaliação bioclimática. De acordo com Abreu et al. (2011), este índice não absorve efeitos da carga térmica de radiação, sendo assim, sua utilização é recomendada para animais confinados. Em sistemas de criação extensiva ou mesmo confinado, mas com carga térmica elevada, o ITGU e CTR são mais indicados. De acordo Paulo (2009), estes últimos dois índices contemplam o efeito direto e indireto da temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar sobre o animal. Como no semiárido brasileiro a alimentação animal é composta basicamente da caatinga, o que induz a criação extensiva, os rebanhos são mais expostos a intempéries climáticas. Logo, o uso do ITGU e da CTR acabam sendo mais recomendados para a avaliação bioclimática do ambiente, uma vez que dependem da T_{GN} .

Alguns estudos já foram conduzidos para o desenvolvimento de equações de estimativa da T_{GN} por meio de variáveis meteorológicas e na avaliação bioclimática para a criação de diferentes espécies.

Turco et al. (2008) elaboraram duas equações de estimativa da T_{GN} , uma para o período diurno que considera a radiação solar global incidente e a temperatura do ar, e a outra para o período noturno que assume apenas a temperatura do ar. Lourençoni et al. (2016) trabalhando com modelagem para estimativa da T_{GN} , concluíram que é capaz estimar a T_{GN} a partir de um modelo *neuro-fuzzy* que considera dados de temperatura do bulbo seco e umidade relativa do ar. Abreu et al. (2011) correlacionaram dados de T_{GN} com a temperatura do bulbo seco, visando a sua estimativa em ambientes ao ar livre e em ambientes cobertos com valores de temperatura do ar variando de 0 a 35°C.

A avaliação bioclimática permite a escolha da espécie que melhor se adapte a certa condição climática e, por conseguinte, a atividade pecuária mais promissora (MENDES et al., 2014; SILVA et al., 2008; TURCO et al., 2006). Como o Brasil é um país tropical, muitos animais originados da Europa, que apresenta clima temperado, não se apresentam geneticamente preparados aos efeitos do clima, por exemplo, animais especializados na produção de leite como caprinos da raça Saanen. Esta raça vem sendo bastante utilizada, por causa do seu alto potencial de produção leiteira e por apresentar boa adaptação climática. Mas segundo Souza et al. (2011), cabras dessa raça são muito susceptíveis ao clima quente e seco do semiárido, especialmente do turno da tarde, sendo necessárias práticas de manejo e uso de instalações adequadas para reduzir seus efeitos. Costa, Costa e Araújo (2016) relatam que o

estresse pelo excesso de calor intensifica a frequência reparatória, desvia energia de produção para a manutenção da temperatura corpórea e ainda promove alterações no consumo de alimentos, resultando em redução da produtividade dos animais de raças mais sensíveis. Já caprinos mestiços e os sem raça definida (SRD) mostram uma melhor adaptação ao clima do Nordeste brasileiro, uma vez que são mais rústicos. Nascimento et al. (2014) citam que caprinos SRD com aptidão leiteira não tem a sua reprodução comprometida pelo estresse calórico, quando paridas em épocas secas e manejados de forma semi-intensiva no semiárido. De acordo com Baêta e Souza (2010), a zona de conforto térmico para caprinos é de 20 à 30°C. Portanto, na implantação de um sistema de criação é importante levar em consideração a raça do animal e as suas respostas às condições ambientais (MENDES et al., 2014).

A caprinocultura leiteira é uma atividade que vem sendo cada vez mais explorada, devido ao alto valor nutricional do leite e de seus derivados. Muitas pessoas que possuem intolerância ao leite de vaca acabam consumindo o leite de cabra, uma vez que este possui diferentes naturezas na estrutura da caseína e da gordura, apresentando uma maior digestibilidade, resultando assim em benefícios a saúde humana. De acordo com Gonçalves et al. (2001), a caprinocultura leiteira é ótima alternativa pecuária para o pequeno produtor. No Nordeste brasileiro é uma atividade bastante explorada, porém, para a sua inclusão significativa na agroindústria é imprescindível o uso de tecnologias que modifiquem o atual baixo desempenho produtivo dos animais (LÔBO; SILVA, 2005). As raças exóticas mais especializadas na produção leiteira predominam nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Logo, as suas explorações no Nordeste brasileiro dependem de um diagnóstico bioclimático.

O estado de Pernambuco naturalmente possui ampla diversidade climática, que acarreta em estresse para a maioria dos animais, sendo o bom desempenho da atividade pecuária dependente da realização de avaliações bioclimáticas em consonância com os outros fatores relacionados à alimentação e manejo correto. A hipótese deste trabalho afirma que a boa correlação da T_{GN} com variáveis meteorológicas permitirá a elaboração de equações de estimativa em diferentes escalas de tempo, e os seus usos em banco de dados de estações automáticas de Pernambuco, com vistas à identificação das regiões adequadas do estado para a criação de cabras da raça Saanen.

2. OBJETIVOS

2.1.Geral

Desenvolver equações matemáticas para a estimativa da temperatura do globo negro a partir de variáveis meteorológicas, visando à avaliação bioclimática do estado de Pernambuco para a criação de caprinos leiteiros da raça Saanen.

2.2.Específicos

- Elaborar equações de estimativa da temperatura do globo negro por meio de variáveis meteorológicas.
- Calcular a temperatura do globo negro a partir das equações propostas e de dados de estações meteorológicas distribuídas no estado de Pernambuco.
- Estimar o ITGU para diferentes municípios do estado de Pernambuco.
- Realizar uma avaliação bioclimática de Pernambuco para a criação de caprinos da raça Saanen.
- Estabelecer recomendações de conforto térmico animal.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1.A caprinocultura leiteira no Nordeste brasileiro

A espécie caprina encontra-se distribuída em diversas regiões do mundo, sendo a sua atividade socioeconômica bastante relevante na pecuária. A espécie foi domesticada há cerca de 10.000 anos e trazida para o Brasil por colonizadores (MOREIRA et al., 2014).

O leite de cabra tem sido bastante procurado, por causa da sua qualidade nutricional. De acordo com Quadros (2017), no Brasil, o valor pago pelo leite de cabra é 2,1 a 2,6 vezes maiores do que o leite de vaca, além disso, possui 0,70 a 0,85% de sais minerais, valores estes superiores ao de leite de vaca; tem bem mais cálcio, fósforo, potássio, magnésio e, quando, comparado ao leite humano, possui maiores níveis de fósforo, sódio e potássio.

Bastante concentrada na região Nordeste, porém ainda com baixo nível tecnológico, a caprinocultura contribui na renda familiar de diversos produtores (MARTINS et al., 2016; PIMENTA FILHO; SARMENTO; RIBEIRO, 2004). Esta região está situada entre as latitudes 3° e 18°S e as longitudes 35° e 46 °W, e possui grande parte de seu território (74,3%) clima tropical seco (semiárido) com uma estação chuvosa de 4 a 6 meses, precipitação média anual em torno de 700 mm e temperaturas médias mensais entre 23 a 28°C (BORGES et al., 2016).

O efetivo de caprino no Brasil é de 8.254.561 cabeças, sendo que deste total, a maior parte se encontra na região Nordeste com 2.383.603 no estado da Bahia, 1.415.553 no estado de Pernambuco, 1.847.919 no estado de Piauí, 880.097 no estado do Ceará, 545.994 no estado da Paraíba, 281.795 no estado de Rio Grande do Norte, 250.931 no estado de Maranhão, 35.581 no estado de Alagoas e 19.242 cabeças no estado de Sergipe (IBGE, 2017).

Dentro da caprinocultura, um segmento que vem cada vez aumentando é a produção de leite. No Brasil, a produção de leite de vaca em 2017 foi de 30.100.791 L, enquanto a produção de leite de cabra atingiu 25.346 L. Deste total, a produção de leite de cabra foi de 5.627 L na Paraíba, seguida da Bahia com 4.665 L, Ceará 937 L, Piauí 708 L, Alagoas 464 L, Pernambuco 341 L, Sergipe 266 L, Rio Grande do Norte 149 L e Maranhão 116 L (IBGE, 2017).

Por causa do clima semiárido, a caprinocultura se concentra em 95 milhões de hectares da região Nordeste (NÓBREGA et al., 2011). Mas, ainda que adaptados, o estresse térmico restringe a termorregulação dos animais, uma vez que radiação solar global incidente,

temperatura e umidade do ar e a velocidade do vento interferem no controle de temperatura corporal do animal (MARTINS et al., 2016; SOUZA; SILVA; SILVA, 2016).

Sob estas condições, animais de clima temperados sofrem mudanças comportamentais, endócrinas e fisiológicas. Essas mudanças foram relatadas por Brasil et al. (2000), avaliando os efeitos do estresse térmico sobre a produção, composição química do leite e respostas termorreguladoras de cabras da raça Alpina, os quais concluíram que, com o intuito de manter a homeotermia, os animais utilizam o sistema respiratório e sudoríparo, e as altas temperaturas do ambiente são capazes de reduzir a produção de alguns componentes do leite.

A raça Saanen é uma das raças caprinas de aptidão leiteira mais utilizada, devido ao seu alto potencial produtivo. Possui origem européia, especificamente do vale de Saanen dos cantões de Berna e de Appenzell, na Suíça. Tem produção média de 3 kg dia⁻¹ de leite nos países da Europa e Estados Unidos, com teor de gordura de 3 à 3,5%; possui período de lactação de 8 a 10 meses. No Brasil, a média de produção de leite é de 2,5 à 4,9 kg dia⁻¹ com período de lactação de 260 a 305 dias (PEREIRA et al., 2011).

Lopes et al. (2012) avaliando o efeito do ambiente sobre as respostas fisiológicas de caprinos Saanen e seus mestiços com a raça Boer, observaram que a raça Saanen tem menos tolerância as condições do ambiente semiárido do que os animais mestiços. Neste tipo de ambiente, o animal procura meios de perder calor para o ambiente e adaptar seus sistemas respiratório, circulatório, endócrino, nervoso e digestivo (COSTA; COSTA; ARAÚJO, 2016). Roberto et al. (2014) encontraram resultados semelhantes quando avaliaram os efeitos do clima sobre cabras da raça Saanen pura e Saanen mestiças $\frac{1}{4}$ Saanen + $\frac{3}{4}$ Boer, concluindo que animais mestiços são mais tolerantes ao clima semiárido do que os animais de raça pura. Pereira et al. (2011) citam que caprinos da raça Saanen apresentam capacidade de manter a homeotermia nas condições do semiárido, aparentando certo nível de adaptação, mas o manejo térmico do ambiente é determinante para o desempenho desta raça.

Para conhecer a capacidade adaptativa de uma raça, há necessidade de se entender as condições ideais de conforto térmico e de bem estar do animal.

3.2. Influência do conforto térmico sobre o bem estar animal

O estresse térmico pode ser definido como um ambiente que age na temperatura corpórea do animal, além da sua zona de adaptação. Já a faixa de temperatura em que a

produção é considerada excelente e o consumo de energia para conservar a termorregulação é mínimo, denomina-se a zona termoneutra (ELOY; PEREIRA, 2013).

Barros Junior et al. (2017) citam que, o animal fica em conforto térmico quando ocorre um equilíbrio constante entre a perda e o ganho de energia térmica. De acordo Oliveira et al. (2012), esse processo pode ocorrer através da passagem de calor (condução, convecção e radiação) e de umidade (evaporação via transpiração e respiração) para o ambiente.

Na Figura 1 pode ser observado que, de acordo com a temperatura do ambiente, existe uma faixa na qual os animais se encontram dentro da zona de conforto térmico, não havendo necessidade de intensificar a ativação dos seus mecanismos termorreguladores. Dentro desta faixa, a temperatura corporal se mantém estável, ou seja, o animal não precisa gastar mais energia para se manter dentro da sua zona de conforto térmico; energia esta que poderá ser destinada a produção de leite. Os limites dessa zona de termoregularidade são limitados pela temperatura crítica superior (TCS) e temperatura crítica inferior (TCI), a partir das quais o animal é acometido por estresse pelo calor e pelo frio, nessa ordem (BAËTA e SOUZA, 2010).

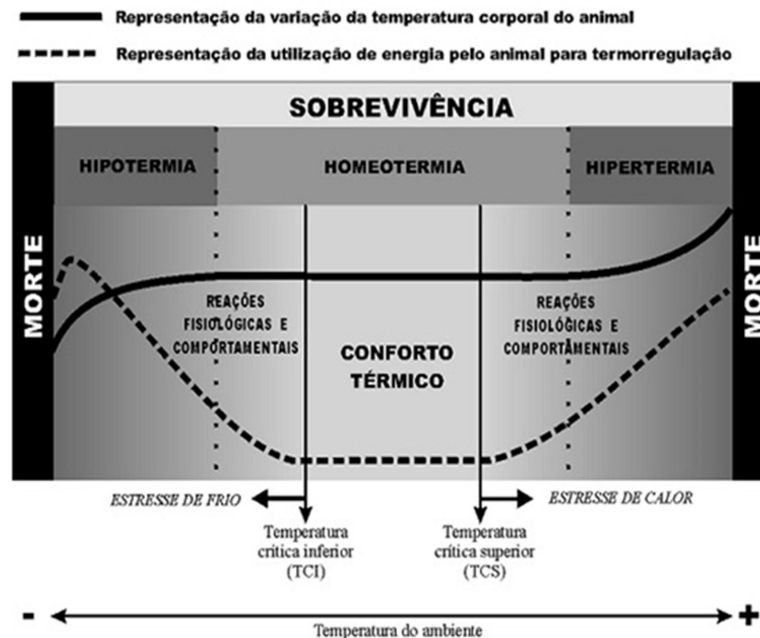


Figura 1. Zona de neutralidade (MATARAZZO, 2004).

Fora de sua zona de conforto, o animal necessita ativar mais intensamente seus mecanismos fisiológicos e comportamentais para manter a temperatura corporal em equilíbrio, por meio da termólise (perder calor para o ambiente) e termogênese (produzir calor

corporal). O método mais usado pelos ruminantes para trocar calor com o ambiente é a frequência respiratória (BARROS JUNIOR et al., 2017), embora este processo dependa da capacidade de saturação de umidade relativa do ar no ambiente, o que vai facilitar ou dificultar essa troca de calor. Salles et al. (2009) concluíram que bodes Saanen em clima tropical estão susceptíveis ao estresse térmico em qualquer época do ano, mas o momento mais crítico ocorre na transição do período seco e chuvoso (primavera), quando a umidade do ar ainda é baixa e há alta temperatura, com o turno vespertino bastante desfavorável. No entanto o comportamento do animal é intrínseco a cada espécie e singular para cada raça e indivíduo (FILIPINI; DANTAS; MONTANHA, 2016). O ambiente causa desconforto e queda na produção não apenas nos animais adultos, mas durante todas as fases de desenvolvimento; por exemplo, na fase de reprodução das fêmeas pode causar alteração aguda e crônica nas concentrações plasmáticas de cortisol e hormônio tireoidianos, resultando em diminuição significativa da secreção plasmática de estradiol e elevação de progesterona, neste caso do estresse ocasionado pelo aumento da temperatura.

As respostas aos efeitos do ambiente sobre os animais podem ser avaliadas por meio de mensurações das variáveis fisiológicas: temperatura retal, frequência respiratória, temperatura superficial, taxa de sudorese, frequência cardíaca, características do pelame e concentrações hormonais (BORGES et al., 2016; SOUZA et al., 2013). O peso do animal é outra característica a ser usada como método indireto para avaliar estresse térmico, visto que, animais submetidos a este tipo de estresse mostram alterações no seu peso corporal (BARROS JUNIOR et al., 2017). Manteca et al. (2013) sugerem que uma única medida isolada não pode ser usada como indicador de bem estar. Eloy e Pereira (2013), avaliando a reprodução de caprinos machos, afirmam que o estresse térmico desencadeia falhas no progresso de reprodução através de alterações homocinéticas, que mantêm a temperatura corporal, mas afeta a função reprodutiva e diminui o consumo alimentar. De acordo com estes autores, embora o estresse térmico não tenha revelado o efeito na função hormonal mostrou ter implicação sobre a maioria dos aspectos de formação de gametas e reprodução.

Portanto, a manutenção da homeostase e o controle do estresse do animal devem sempre ser almejados, de modo a incrementar a produção do animal e assegurar um produto e subproduto de melhor qualidade. O estresse ambiental desencadeia perturbações físicas nos animais como patologias, diminuição do crescimento e problemas reprodutivos. Além disso, pode promover distúrbios de caráter emocionais como medo, ansiedade e agressividade (PINHEIRO; BRITO, 2009).

O clima é um fator determinante na produção, sobretudo para animais com aptidão leiteira, logo que temperaturas elevadas afetam o seu bem estar expressivamente. De acordo Broom(2011), o bem estar é um conjunto de conceitos científicos de qualidade de vida de um animal. ParaVelsoni et al.(2013), esses conceitos compreendem os estados naturais, mentais e físicos. Portanto, existe uma preocupação não apenas com local onde os animais são criados, mas também com o manejo, já que este pode interferir no bem estar. Filipini, Dantas e Montanha (2016) afirmaram que animais livres de desconforto consiste em mantê-los em ambientes com dimensionamentos correto, além de limpos e secos.

O ambiente pode causar desconforto ao animal, de modo que o mesmo desvia a sua energia de produção para manutenção da temperatura corpórea. Borges e Rocha (2017), estudando a correlação entre as variáveis ambientais, índices bioclimáticos e parâmetros fisiológicos de caprinos criados em sistema extensivo, concluíram que a variável temperatura do ar foi a que mais influenciou os parâmetros fisiológicos dos animais.

A temperatura de conforto térmico para caprinos é de 20 à 30°C (PEREIRA et al., 2011). Lucena et al. (2013) com base em experimentos de campo, citam que a faixa de temperatura de 20,6 à 27,8°C pode ser considerada a zona de conforto térmico para caprinos. Para borregas da raça Santa Inês a umidade relativa de 65% combinada a 25°C são condições ideais (EUSTÁQUIO FILHO et al., 2011).

Para análise do estresse térmico sofrido pelos animais, tanto em áreas à sombra quanto em pleno sol, podem ser usados índices de conforto (SILVA et al., 2014), sendo os mais comuns o ITU, ITGU e a CTR.

3.3. Índices bioclimáticos

Esses índices são medidas bioclimatológicas essenciais para a seleção de animais mais adaptados as condições climáticas de um local ou mesmo na escolha dos melhores ambientes de criação (BARROS JUNIOR et al., 2017; ROBERTO et al., 2010). Os índices usualmente utilizados são o ITU, ITGU e CTR, todavia outros são citados na literatura, a saber.

O ITU não considera a radiação a que os animais são expostos, ficando inviável a sua utilização em criação extensiva. Já o ITGU leva em consideração a radiação solar incidente, tornando-se mais adequado para avaliação de ambientes abertos, uma vez que no ITGU a temperatura do ar é trocada pela T_{GN} (OLIVEIRA et al., 2012). De acordo com Vieira et al.

(2010), o ITGU inclui direta ou indiretamente o efeito da temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do ar e a radiação solar incidente.

O ITGU é muito usado para vacas leiteiras, já para caprinos e ovinos, ainda não existe valores de ITGU padrão para a maioria das raças dessas espécies (LIMA; BARBOSA FILHO, 2013). Este índice reflete os impactos dos elementos meteorológicos, no entanto, suprime os mecanismos de termólise evaporativa dos animais (SOUSA JÚNIOR et al., 2008).

No cálculo do ITU e ITGU é usada a equação proposta por Buffington et al. (1981), citada abaixo. Porém, quando o intuito é calcular o ITU, T é a temperatura do ar (T_{AR}), enquanto para a estimativa do ITGU, usa-se a T_{GN} .

$$ITGU = T + 0,36T_{po} + 41,5 \quad (1)$$

sendo,

T_{po} = temperatura do ponto de orvalho em °C.

A T_{GN} é medida a partir de um termômetro instalado dentro de um globo negro, que é uma esfera oca, pintada de cor preta fosca, sendo capaz de representar o calor e radiação solar recebida pelo animal em um determinado ambiente. Neste, é assumido que o corpo negro é uma construção teórica presumível, da qual sua absorvidade e emissividade tornam-se máxima (SOUZA et al., 2002).

Por sua vez, a CTR é calculada pela equação proposta por Esmay (1969) citado por Leitão et al. (2013), que depende da temperatura do ar, do globo negro e da velocidade do vento (VV), como seguem:

$$CTR = \sigma (TRM)^4 \quad (2)$$

em que,

CTR é em $W m^{-2}$;

σ = constante de Stefan Boltzmann, $5,67 \cdot 10^{-8} W m^{-2} K^{-4}$; e,

TRM = temperatura radiante média em K, em que:

$$TRM = 100 \cdot \{2,51 \cdot VV^{1/2} \cdot (T_{GN} - T_{AR}) + (T_{GN}/100)^4\}^{1/4} \quad (3)$$

sendo,

VV é em $m s^{-1}$;

T_{GN} , aqui em K; e,

T_{AR} = temperatura do ar, em K.

Vários estudos confirmam a relação entre os índices bioclimáticos e variáveis fisiológicas dos animais. Façanha et al.(2012) encontraram alta relação entre o ITGU e variáveis termorreguladoras de cabras leiteiras no terço final da lactação. Ainda estes autores afirmam que, a homeotermia pode ser afetada pela CTR e ITGU, uma vez que estes afetaram a temperatura retal e frequência respiratória do animal. da Silva et al. (2017) constataram que a temperatura retal ($r=0,52$) e a frequência respiratória ($r=0,53$) de caprinos sem padrão racial definido, criados em sistema extensivo, apresentaram correlação com o ITGU, sinalizando que os animais ativaram seus mecanismos termorregulatórios para manter a homeostase.

De acordo o NATIONAL ENVIRONMENT SCIENCE (2012), para bovino o ITGU de até 74 indica condição de bem estar; de 74 a 78, a condição é de cautela; de 79 a 84, a condição é perigosa e acima de 85, o estado é de emergência. Vários autores citam valores de ITGU até 74 como situação de conforto (PEREIRA et al., 2011; VIANA; MEDEIROS; SOUZA, 2013). Já ITGU acima de 84 mostra situação de emergência aos animais (MEDEIROS et al., 2015).

Para caprinos, Souza et al.(2011), avaliando o efeito do clima sobre cabras Saanen em confinamento no Sertão Paraibano, encontraram valores de ITGU no turno da tarde de 82,27 à sombra e 93,5 em pleno sol. Para as condições do semiárido brasileiro, Silva et al. (2011) verificaram médias de ITGU de 80,50 e 90,51 à sombra e em pleno sol, nessa ordem, para caprinos mestiços F1 Saanen com Boer. Já Silva et al. (2014), avaliando a adaptabilidade de caprinos leiteiros com auxílio de precisão termográfica também no semiárido brasileiro a sombra e a pleno sol, encontraram valores de ITGU de 74,97 e 80,66 pela manhã e 79,96 e 86,90 à tarde, respectivamente. Porém, esses autores citam que apesar dos valores serem elevados, não se caracterizou como condição de perigo para as raças avaliadas, devido os caprinos terem se mantidos coma temperatura retal dentro da faixa de normalidade.

Resultados superiores foram obtidos por Pereira et al. (2011), avaliando caprinos da raça Saanen no semiárido paraibano, onde encontraram valores de ITGU a sombra e ao sol, respectivamente, pela manhã de 86,3 e 86,4 e, no turno da tarde de 89,7 e 95,1. Segundo estes autores, esta condição representou uma situação de emergência, mostrando que os animais tanto a sombra quanto a plano sol estiveram em condições de estresse térmico.

Roberto e Souza (2011), estudando parâmetros hematológicos de caprinos submetidos a diferentes níveis de suplementação no semiárido paraibano, encontraram médias de valores de ITGU de 81,35 a sombra e de 90,74 a pleno sol, valores estes que não representaram situação de risco aos animais, já que os parâmetros hematológicos se encontraram dentro do critério para a espécie caprina. Silva et al. (2010), avaliando adaptabilidade de caprinos no semiárido através de parâmetros fisiológicos e estruturas do tegumento, encontraram médias de ITGU de 80,11 e 92,17 a sombra e a plano sol, respectivamente.

Embora o ITU, ITGU e CTR sejam os índices mais conhecidos, outros foram criados para a avaliação do conforto térmico do ambiente para o animal. Por exemplo, o índice de conforto térmico (ICT) foi proposto por Barbosa e Silva (1995) para análise de ambientes de criação de ovinos; e, aplicado por Mendes et al. (2014) para avaliação bioclimática do estado de Pernambuco para ovinos da raça Dorper:

$$ITC = 0,659.t_{AR} + 0,511.e + 0,550.T_{GN} - 0,042.VV \quad (4)$$

$$ICTD = T_{AR}.0,46956 + T_{GN}.0,47194 + VV.0,19221 \quad (5)$$

onde,

e = pressão parcial do vapor d'água (kPa).

3.4. Modelagem matemática e índices estáticos para avaliação de modelos

Na modelagem matemática, tem-se a necessidade de investigação dos dados, sendo uma importante ferramenta de tomada de decisão, que baseia-se na tecnologia da informação, conhecimentos matemáticos, estatísticos e do meio ambiente (PENNEREIRO; FERREIRA, 2012). O modelo matemático reproduz a realidade de um determinado estudo, isto é, ilustrando as suas mudanças (SODRÉ, 2007).

Os modelos matemáticos são determinados por meio do uso de regressão. Na regressão linear, simples ou múltipla, uma reta ou curva alcança ao máximo os dados associados. A análise de regressão baseia-se na produção de uma análise estatística para averiguar a presença de uma conexão entre uma variável dependente com uma ou mais variáveis independentes, ou seja, significa conseguir uma equação matemática a qual explique a alternância da variável dependente, através da variação dos níveis das variáveis independentes (LOPES; CHAVARETTE; COSSI, 2017).

Para representação de evento de estudo pode ser feito um gráfico de dispersão para observação do comportamento da variável dependente (Y) de acordo com a oscilação da variável independente (X). Esse comportamento pode ser linear, quadrático, cúbico ou mesmo assumir outras formas. Logo, a regressão permite obter um modelo que melhor descreva a flutuação dos dados Y em função da variável X (PETERNELLI, 2017).

Na etapa de calibração, ou seja, ajuste dos parâmetros da equação, o intuito é tornar o modelo mais coeso aos dados, para diminuir a insegurança dos resultados (BARTOLON et al., 2017). Para isso, a estatística permite criar estratégias para a manipulação dos dados: descrição, classificação, apresentação e conclusão dos dados (FERNANDES, 1999). No entanto, é primordial conhecer o conjunto de dados (contínuo, ordinal ou nominal), sua distribuição (normal ou livre) e tipo de amostra (independente ou dependente) (NORMANDO; TJÄDERHANE; QUINTÃO, 2010).

Depois da calibração do modelo, procede-se a sua validação por meio de análises estatísticas. Existem alguns índices estatísticos para avaliar o desempenho desses modelos matemáticos, tais como: coeficiente de correlação de Pearson (r); coeficiente de determinação (r^2); índice de concordância de Willmott, (d); erro médio de estimativa (MBE); raiz do erro quadrado médio (RMSE); e, teste t de Student.

O coeficiente de correlação de Pearson (r) é um parâmetro de combinação linear entre as variáveis (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2009). O “r” mede a intensidade da conexão de duas variáveis quantitativas, podendo variar de -1 a 1. Valores mais próximos dos extremos mostram que a combinação entre as duas variáveis é maior, sendo que mais próxima de 1 indica uma conexão linear ideal, os valores próximos de -1 apontam também uma conexão ideal, porém contrária. Já quando o valor é igual a 0 (zero) indica que não existe relação entre as variáveis (BRAGA et al., 2015). O r^2 normaliza os valores de “r” para o intervalo de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1 significa que o modelo proposto apresentado é apropriado para explicar o evento (PETERNELLI, 2004).

O índice de concordância de Willmott, representado por pela letra “d”, mede o afastamento dos dados em relação à reta (1:1), ou seja, indica a veracidade dos resultados simulados em relação aos medidos. Os seus valores variam de 0 a 1, sendo que valores próximos de 1 indicam menor amplitude de erros (HAVEROTH et al., 2012).

Camargo e Sentelhas (1997) sugerem uma classificação do desempenho de modelos a partir do produto entre os valores de “r” e “d”, gerando um índice denominado índice de confiança “c”.

O MBE indica o desempenho do modelo em longo prazo, que possui associação com o coeficiente “r”, o estado de dispersão dos dados (HAVEROTH et al., 2012). Já o RMSE, é normalmente utilizado para medir a acurácia dos produtos numerais, apresentando valores do erro, nas mesmas proporções da variável analisada (HALLAK; PEREIRA FILHO, 2011). Por sua vez, o teste t de Student é um teste paramétrico que indica se há diferença entre dois conjuntos de dados (FIGUEIRÓ, 2014).

Pesquisas foram conduzidas nas mais diversas áreas do conhecimento com aplicação desses índices estatísticos. Abreu et al. (2011) desenvolveram equações para estimativa da T_{GN} empregando um modelo de regressão linear. Estes autores constataram que é possível estimar a T_{GN} a partir da temperatura do bulbo seco em ambientes cobertos com valores de 0 a 35°C, com modelo ajustado apresentando r^2 de 0,9788 e erro de predição de 3,19%. Silva et al. (2007), por sua vez, criaram um modelo multiplicativo para estimativa da umidade relativa do ar nos estados de Alagoas, Bahia e Sergipe, utilizando distintas variáveis meteorológicas. O modelo encontrado foi capaz de explicar 81% da variabilidade dessa variável, com valor de “r” de 0,8581, “d” de 0,9214, RMSE de 2,03% e MBE de 0,60%. Rosa Filho, Parisia e Soares (2018) aplicaram estes índices para a elaboração de modelos de regressão múltipla linear de estimativa da velocidade média do vento, obtendo-se r^2 igual a 0,7373 e erro de 0,290. Borges Júnior et al. (2012) avaliaram métodos de cálculo da evapotranspiração de referência diária para a microrregião de Garanhuns no estado de Pernambuco. O método Hargreaves-Samani calibrado apontou melhor desempenho, com resultados para primavera-verão e outono-inverno, respectivamente, iguais a: r^2 (0,7054; 0,8027), “r” (0,84; 0,90), “d”(0,91; 0,95), “c” (0,77; 0,86) e MBE (0,40mm; 0,31mm).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Estimativa da T_{GN} a partir de dados meteorológicos

Os dados utilizados na elaboração das equações matemáticas de estimativa da T_{GN} foram coletados de 01 de novembro de 2014 à 31 de outubro de 2017 a partir de uma estação micrometeorológica instalada no município de Floresta (Latitude: 8,3°S; Longitude: 38,5°O e Altitude: 381 m), situado no semiárido do Estado de Pernambuco.

A estação micrometeorológica de ferro galvanizado de 4m de altura foi instalada no centro de uma área plana de solo desnudo sem obstáculos nas suas proximidades para evitar efeito sobre as leituras dos sensores.

Na estação foram acoplados dois globos-termômetros (termopar cobre-constantan tipo T inserido dentro de globo de cobre pitado de preto com alta absorvidade) para medição da T_{GN} a 1,50 m e a 2,50 m acima da superfície do solo, em °C.

Dois psicrômetros aspirados formados por termopares cobre-constantan do tipo T mediram dados de temperatura do bulbo seco (tbs) (igual à temperatura do ar, T_{AR}) e temperatura do bulbo úmido (tbu) nas mesmas alturas dos dois globos-termômetros com leituras de saída em °C.

Um piranômetro (CS 300 Pyranometer, Campbell Scientific, Logan, Utah, USA) a 2,50 m de altura foi usado para a medição da radiação solar global incidente (R_G), com valores de saída em $W m^{-2}$.

Um anemômetro (03002 R.M. Young Wind Sentry Set, Campbell Scientific, Logan, Utah, USA) situado a 2 m de altura mediu a velocidade do vento, em $m s^{-1}$.

Todos os sensores foram conectados a um multiplexador (AM16/32B-ST-SW) e a um sistema de aquisição de dados (CR1000-ST-SW-NC, Campbell Scientific), o qual registrou os dados a cada 60 s e armazenou médias em intervalos de 10 min.

Os dados de Tbs e Tbu foram usados para estimativa da umidade relativa do ar (UR_{AR} , %), por meio das seguintes equações psicrométricas (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002):

$$UR_{AR} = \frac{e}{es} \times 100 \quad (6)$$

sendo:

e - pressão atual do vapor d'água no ar, kPa;

es - pressão de saturação do vapor d'água no ar, kPa.

A “e” foi calculada pela equação psicrométrica (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002):

$$e = es_u - A \times Pa \times (T_{bs} - T_{bu}) \quad (7)$$

sendo:

es_u - pressão de saturação do vapor d'água no ar com base na t_{bu}, kPa;

A - constante psicrométrica ($8,0 \times 10^{-4} \text{C}^{-1}$);

Pa - pressão atmosférica estimada com base na altitude local, kPa.

Os valores de “es” e “es_u” foram calculados pela equação abaixo, por meio dos dados de T_{bs} e T_{bu}, respectivamente (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002):

$$es = \left(\frac{0,6108 \exp(17,27 \times T_{bs})}{T_{bs} + 237,3} \right) \quad (8)$$

$$es_u = \left(\frac{0,6108 \exp(17,27 \times T_{bu})}{T_{bu} + 237,3} \right) \quad (9)$$

Os dados de T_{GN}, R_G, T_{AR}, UR_{AR} e VV foram manipulados em escala de 10 min (separando-os em diurnos e noturnos), diários (a partir das médias dos dados de um dia e integração dos dados de R_G) e mensais (média de todos os dados de cada mês). Em escala diária e mensal as unidades das variáveis foram expressas em: °C, MJ m⁻² dia⁻¹, °C, % e m s⁻¹.

A metade do banco de dados de cada escala de tempo foi usada para estabelecer regressões lineares e não lineares da T_{GN} (variável dependente) e os elementos R_G, T_{AR}, UR_{AR} e VV (variáveis independentes), ou seja, no ajuste das equações matemáticas.

Nesta etapa foi escolhida uma quinzena de dados de cada mês de maneira alternada ao longo do tempo (1ª quinzena de novembro de 2014; 2ª quinzena de dezembro de 2014; 1ª quinzena de janeiro de 2015; 2ª quinzena de fevereiro de 2015; e, assim, sucessivamente, até a última quinzena de outubro de 2017).

As regressões foram feitas a partir do pacote computacional Sigmaplot versão 14. As significâncias das equações e de seus respectivos coeficientes foram avaliadas pelos testes F e t de Student, respectivamente, ao nível de 5%, e o coeficiente de determinação (r^2) foi calculado. Logo, com base no r^2 as variáveis foram ordenadas quanto as suas importâncias na explicação da T_{GN} : 1ª, 2ª, 3ª e 4ª.

As equações significativas com maiores valores de r^2 (1ª e 2ª) foram usadas para a elaboração de um modelo multiplicativo. Este modelo foi constituído por duas equações e escrito para a estimativa da T_{GN} conforme estrutura citada por Silva et al. (2007):

$$Y = f(a) \times f(b) \quad (10)$$

sendo,

Y - variável dependente;

$f(a)$ - função dependente de x com comportamento linear ou não linear;

$f(b)$ - função dependente de x com comportamento linear ou não linear;

Nesta etapa, a $f(a)$ foi representada pela regressão com maior r^2 gerada entre a T_{GN} e uma das variáveis independentes (R_G , T_{AR} , UR_{AR} ou VV), ou seja, a 1ª equação de maior importância na explicação da T_{GN} . Esta função $f(a)$ foi usada para a estimativa da T_{GN} (denominada temperatura do globo negro estimada, T_{GNe}) e, em seguida, obteve-se a sua razão com os próprios valores observados de T_{GN} (denominada temperatura do globo negro observada, T_{GNo}) usados na geração das equações, obtendo-se T_{GNo}/T_{GNe} . Esta razão trata-se do resíduo não explicado pela primeira variável independente.

A razão T_{GNo}/T_{GNe} foi correlacionada com a segunda variável independente com maior r^2 , ou seja, a 2ª, seguida pela 3ª ou 4ª variável previamente de maior importância na explicação de T_{GN} , gerando a $f(b)$. Este procedimento foi adotado para a obtenção da variável que explique a variação do T_{GN} , a qual não foi elucidada pela primeira variável. O produto entre essas duas funções se refere ao modelo multiplicativo.

A(s) equação(ões) ou modelo(s) multiplicativo(s) gerado(s) foi(ram) validado(s) a partir das suas aplicações na outra metade do conjunto de dados e as estimativas foram comparadas aos dados observados, por meio dos cálculos do erro médio de estimativa (MBE) e a raiz quadrada do quadrado do erro médio (RMSE), bem como com índices estatísticos de precisão (coeficiente de correlação, r), exatidão (índice de concordância) e de confiança (c), conforme sugerido por Moraes; et al. (2015):

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (TGNe - TGNo) \quad (11)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (TGNe - TGNo)^2} \quad (12)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n TGNe \cdot (TGNo - TGNom)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (TGNo - TGNom)^2 \cdot \sum_{i=1}^n (TGNe - TGNem)^2}} \quad (13)$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (TGNe - TGNo)^2}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (|TGNe - TGNom| + |TGNo - TGNom|)^2}} \quad (14)$$

$$c = r \cdot d \quad (15)$$

sendo,

n - número de observações;

TGNe - valor estimado de temperatura do globo negro, °C;

TGNo - valor observado de temperatura do globo negro, °C;

TGNem - valor médio estimado de temperatura do globo negro, °C;

TGNom - valor médio observado de temperatura do globo negro, °C.

O MBE, obtido em °C, foi usado na mensuração da subestimativa ou superestimativa em longo prazo de tempo das equações da T_{GN} , por exemplo, o erro horário, diário ou mensal

previsto para um período maior de estimativa. Por sua vez, o RMSE, em °C, fornece o erro médio em curto prazo de tempo.

O coeficiente “r” indica o grau de dispersão dados obtidos em relação à média (reta), variando de -1 a +1, de modo que, quanto mais próximos dos extremos, melhor a precisão da equação. Os sinais indicam se a correlação é negativa ou positiva. Já o índice “d” indica o grau de exatidão, sendo mais próximo de +1 maior a exatidão, ou seja, os valores estimados são iguais aos observados.

O índice “c”, conforme sugerido por Camargo e Sentelhas (1997), calculado pelo produto entre os valores de “r” e “d”, foi usado para a classificação do desempenho das equações de estimativa de T_{GN} . O teste t de Student também foi aplicado entre os dados estimados e observados para a não rejeição da hipótese H_0 ($p \geq 0,05$), ou seja, que a média entre eles não se diferem entre si.

4.2. Avaliação bioclimática do Estado de Pernambuco para a caprinocultura leiteira

Esta avaliação foi conduzida para averiguar as condições de conforto térmico do Estado para a criação de cabras da raça Saanen, as quais são especializadas na produção leiteira. Logo, dados históricos médios mensais observados e estimados de temperatura máxima e de umidade relativa média do ar de 292 postos foram usados no cálculo da T_{GN} e do ITGU, este último estimado pela equação 1.

Os dados observados foram obtidos no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (www.inmet.gov.br), e os dados estimados foram calculados a partir de modelos propostos por Medeiros et al., (2005) e Silva et al. (2007).

Nesta etapa, a T_{GN} foi obtida a partir da equação de estimativa mensal gerada neste estudo e dos dados de temperatura máxima do ar. Por sua vez, a T_{po} foi mensurada por meio da temperatura máxima do ar, que foi usada no cálculo da “es” (equação 8), e da umidade relativa média do ar utilizada na quantificação de “e” pela equação 1. Logo:

$$T_{po} = \frac{237,3 \cdot \log\left(\frac{e}{0,6108}\right)}{7,5 - \log\left(\frac{e}{0,6108}\right)} \quad (16)$$

Os valores de ITGU do estado de Pernambuco foram comparados à faixa de valores do ITGU ideal para animais leiteiros da raça Saanen. Estas faixas foram estabelecidas a partir de informações de temperatura crítica para caprinos leiteiros da raça Saanen (PEQUENO et al., 2017) e a faixa de UR_{AR} para animais domésticos (BAÊTA; SOUZA, 2010; SILVA, 2000).

Segundo Pequeno et al. (2017), cabras Saanen reduzem expressivamente a produção de leite durante o período de máxima lactação quando a temperatura máxima do ar é superior a 33°C. Por sua vez, Baêta e Souza, 2010 e Silva (2000) mencionam que a umidade relativa do ar ideal para a criação de animais domésticos é, em média, 75%. Esses valores foram aplicados na equação 1 para quantificação do ITGU crítico a ser usado na avaliação do estado de Pernambuco para criação de cabras Saanen.

Os dados de ITGU de Pernambuco foram tratados por meio de estatística descritiva e a avaliação bioclimática foi feita a partir da espacialização dos resultados usando o programa Sigma Plot versão 14.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Equações de estimativa da T_{GN} a partir de dados meteorológicos

Em escala diurna, a correlação entre a variável dependente T_{GN} e os elementos meteorológicos foi significativa para a R_G , UR_{AR} e T_{AR} (Tabela 1). A T_{AR} já explicou 80% da variabilidade da T_{GN} , seguida pela UR_{AR} (65%) e R_G (45%). A VV não teve efeito significativo na T_{GN} diurna e também para os demais períodos avaliados (noturno, diário e mensal). A VV é uma variável meteorológica que afeta na injeção ou remoção de calor do ambiente, mas a sua contribuição é baixa comparada a outras variáveis (i.e. radiação solar global incidente) (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

Tabela 1. Regressão entre a temperatura do globo negro (T_{GN} , °C, variável dependente) e elementos meteorológicos (X , variáveis independentes) em distintas escalas de tempo (diurna, noturna, diária e mensal)

Escala de tempo	X	Unidade	Equação	r^2	P
Diurna ($R_G > 0$)	R_G	$W m^{-2}$	$T_{GN} = 2,8646.ln(X)+20,4247$	0,45	<0,0001
Diurna ($R_G > 0$)	UR_{AR}	%	$T_{GN} = -0,3416.(X)+55,5556$	0,65	<0,0001
Diurna ($R_G > 0$)	T_{AR}	°C	$T_{GN} = 1,3897.(X)-5,4421$	0,80	<0,0001
Noturna ($R_G < 0$)	UR_{AR}	%	$T_{GN} = -0,1764.(X)+ 37,1534$	0,61	<0,0001
Noturna ($R_G < 0$)	T_{AR}	°C	$T_{GN} = 0,9950.(X)-0,6964$	0,99	<0,0001
Diária	R_G	$MJ m^{-2} dia^{-1}$	$T_{GN} = 0,4618.(X)+21,1379$	0,47	<0,0001
Diária	UR_{AR}	%	$T_{GN} = -0,1935.(X)+42,9984$	0,46	<0,0001
Diária	T_{AR}	°C	$T_{GN} = 1,1641.(X)-1,5941$	0,97	<0,0001
Mensal	R_G	$MJ m^{-2} dia^{-1}$	$T_{GN} = 0,7331.(X)+15,7701$	0,63	<0,0001
Mensal	UR_{AR}	%	$T_{GN} = -0,2152.(X)+44,4487$	0,43	<0,0001
Mensal	T_{AR}	°C	$T_{GN} = 1,1550.(X)-1,3498$	0,98	<0,0001

R_G - radiação solar global incidente, UR_{AR} - umidade relativa do ar, T_{AR} - temperatura do ar, r^2 = coeficiente de determinação.

Correlacionando o resíduo de 20% não explicado pela T_{AR} , ou seja, a razão $TGNo/TGNe$, primeiro com UR_{AR} e depois com a R_G , esta última variável apresentou maior valor de r^2 (Figura 2), logo foi utilizada na geração do modelo multiplicativo. A baixa relação entre a $TGNo/TGNe$ e a UR_{AR} pode ser explicada pela alta relação já existente entre a UR_{AR} e

a T_{AR} , uma vez que os valores da primeira depende da variação da segunda variável (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

O modelo multiplicativo resultante foi escrito pelo produto da equação T_{GN} versus T_{AR} (Tabela 1) com a equação $TGNo/TGNe$ versus R_G (Figura 2B), obtendo-se:

$$T_{GN} = [1,3897 \cdot T_{AR} - 5,4421] \cdot [0,0384 \cdot \ln(R_G) + 0,7935], \text{ com } r^2 = 0,91 \quad (17)$$

A associação da T_{AR} com a R_G explicou 91% da variabilidade de T_{GN} , sendo superior a explicação quando se utiliza apenas a T_{AR} (80%).

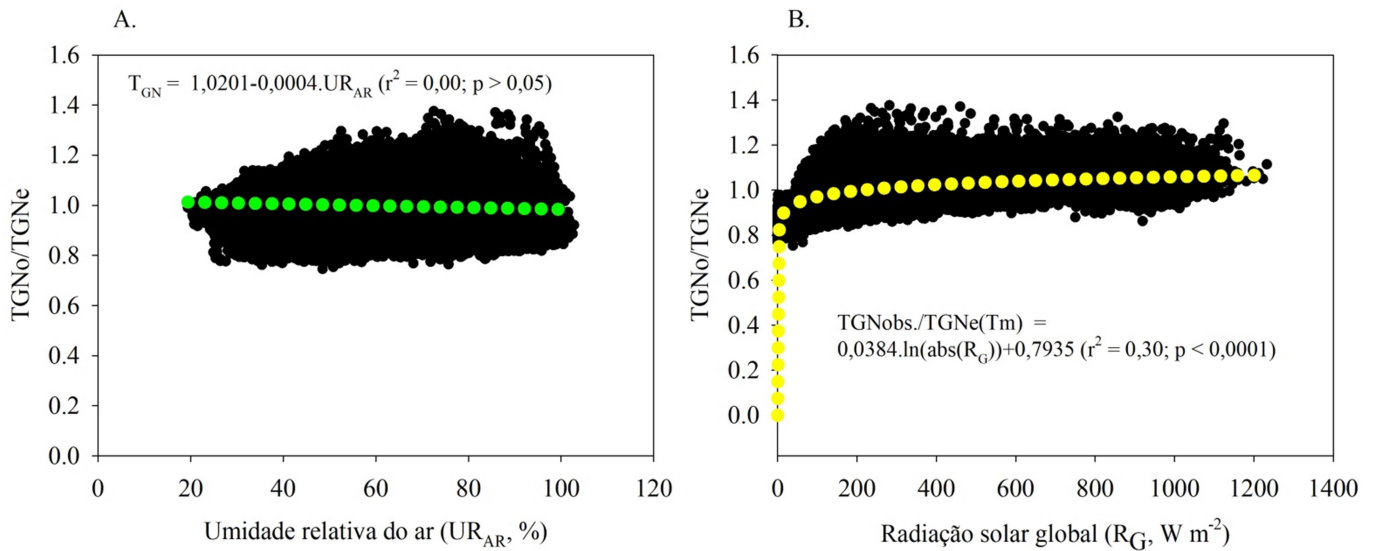


Figura 2. Correlação do resíduo $TGNo/TGNe$ não explicado pela T_{AR} (A) com a umidade relativa do ar e (B) com a radiação solar global incidente.

Logo, duas equações podem ser considerados para a estimativa da T_{GN} durante o período diurno, uma equação linear simples que se baseia apenas na variável T_{AR} ($T_{GN} = 1,3897 \cdot T_{AR} - 5,4421$, $r^2 = 0,80$, na Tabela 1) e o outra o produto de duas equações, resultando em um modelo multiplicativo, que combina os efeitos conjugado da T_{AR} e da R_G (equação 17).

Nos casos em que se dispõem apenas da T_{AR} , conforme resultado da avaliação das equações (Figura 3), a primeira pode ser utilizada com erro de longo prazo de tempo baixo ($MBE = 0,02^{\circ}C$) (Figura 3A), ou seja, para um período longo de estimativa (i.e. 365 dias) na média o erro tende a ser baixo. Mas para um curto prazo de tempo (i.e. 1 hora), o erro médio é de $3,34^{\circ}C$ (RMSE).

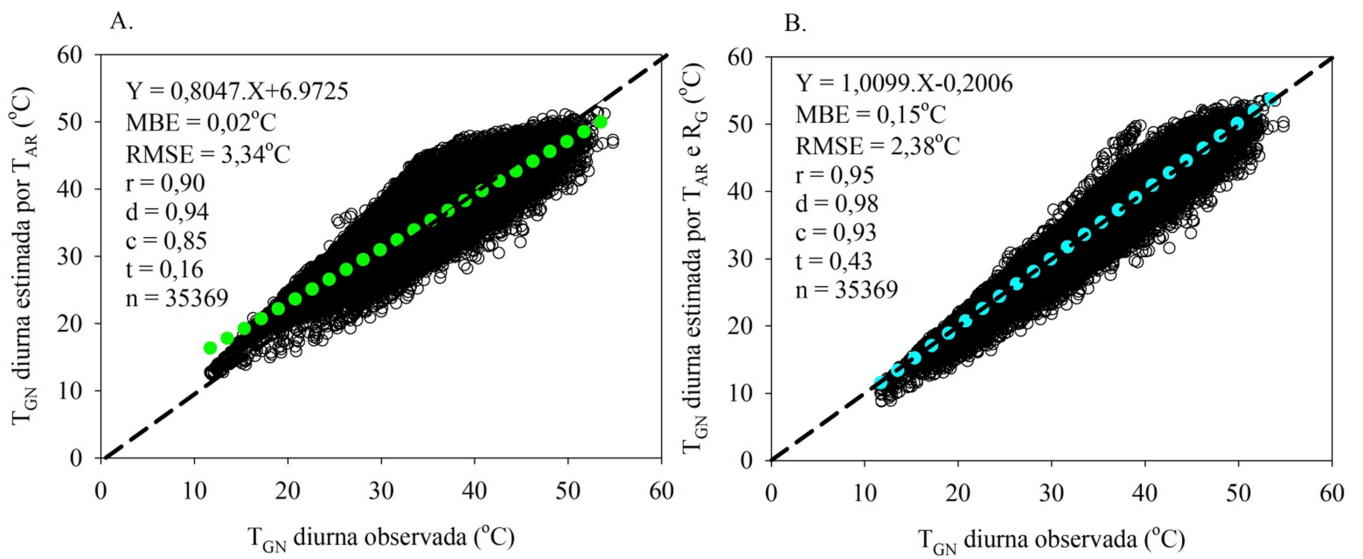


Figura 3. Avaliação do desempenho da equação de estimativa da temperatura diurna do globo negro (A) com base apenas na temperatura do ar e, (B) do modelo multiplicativo com a associação da temperatura diurna do ar e da radiação solar global incidente.

O “r” de 0,90 indica a alta precisão do modelo, ou seja, que 90% dos dados estimados foram bem próximos à média. Por sua vez, um “d” de 0,94 indica uma ótima exatidão, ou seja, que 94% dos dados estimados foram bem próximos aos observados.

O desempenho desta equação de acordo com o índice de confiança foi classificado como “Muito Bom” e, os valores estimados não se diferenciam dos valores observados com base no teste t de Student ao nível de 5% de significância ($t = 0,16 > 0,05$).

Esses resultados indicam que, a depender da aplicabilidade, a estimativa de T_{GN} a partir apenas da T_{AR} pode ser tolerável. Porém, para resultados ainda melhores na estimativa da T_{GN} diurna, o modelo multiplicativo (equação 17) que combina a T_{AR} e R_G , é uma ótima opção. Esses resultados corroboram com aqueles apresentados por Turco et al. (2008), os quais combinando os efeitos da T_{AR} e da R_G na T_{GN} por meio de um modelo multiplicativo ($T_{GN} = [1,360.T_{AR}-2,358].(0,075.\ln(R_G)+0,562)$) verificaram que essas variáveis explicaram 87,7% da variabilidade da T_{GN} .

Embora o erro MBE do modelo multiplicativo tenha sido superior ao da equação que considera apenas a T_{AR} (Figura 3A), este valor é inferior à precisão da maioria dos sensores de temperatura, que é em torno de 0,5°C. Em curto prazo de tempo, os seus resultados são bem mais convincentes (RMSE = 2,38°C) (Figura 3B), com desempenho considerado “Ótimo” ($c = 0,93$) e com o teste t de Student também sendo significativo ($t = 0,43 > 0,05$). A boa

estimativa da T_{GN} a partir de dados meteorológicos é de extrema importância para a melhoria do planejamento e tomada de decisão zootécnica (DA SILVA et al., 2010; MANTECA et al., 2013; SILVA et al., 2008).

Para escala noturna, a T_{AR} já explicou 99% da variação da T_{GN} , logo deve ser a única variável a ser utilizada na estimativa da T_{GN} ($T_{GN} = 0,995.T_{AR} - 0,6964$, $r^2 = 0,99$, na Tabela 1), não sendo necessária a geração de um modelo multiplicativo para a inclusão de uma nova variável. Pela Figura 4, Percebe-se os baixos erros (MBE = $-0,02^\circ\text{C}$ e RMSE = $0,44^\circ\text{C}$) e o desempenho “Ótimo” ($c = 0,99$), com valores estimados não se diferenciando dos valores observados pelo teste t de Student ($t = 0,88 > 0,05$).

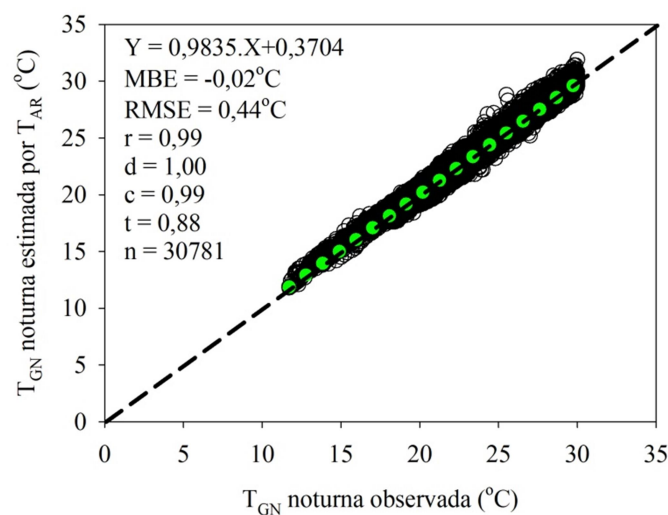


Figura 4. Avaliação do desempenho da equação de estimativa da temperatura noturna do globo negro com base na temperatura noturna.

Para escala diária, após as análises de regressão, a variável que mais explicou a flutuação dos dados de T_{GN} foi a T_{AR} ($T_{GN} = 1,1641.T_{AR} - 1,5941$, $r^2 = 0,97$, na Tabela 1). Bons resultados foram também citados por Abreu et al. (2011), quando relacionou a T_{GN} e a T_{AR} coletadas dentro e fora de galpões. Pelo resultado aqui obtido, verificou-se que a T_{AR} já explicou 97% da variabilidade da T_{GN} , logo não sendo necessária a geração de um modelo multiplicativo para a inclusão de outra variável.

Os erros em longo (MBE = $0,0^\circ\text{C}$) e curto (RMSE = $0,6^\circ\text{C}$) prazo de tempo foram bastante baixos (Figura 4), este último sendo bem próximo ao erro de medição da maioria dos sensores de temperatura, que é em torno de $0,5^\circ\text{C}$. O “r” de 0,98 indicou a alta precisão e o “d” de 0,99 a ótima exatidão dessa equação. Logo, o desempenho da equação foi classificado como “Ótimo”, conforme o índice de confiança (“c”) e o teste t mostrou que não houve

diferença entre os dados estimados e observados ($t = 0,23 > 0,05$), o que recomenda a utilização da T_{AR} no cálculo da T_{GN} diária.

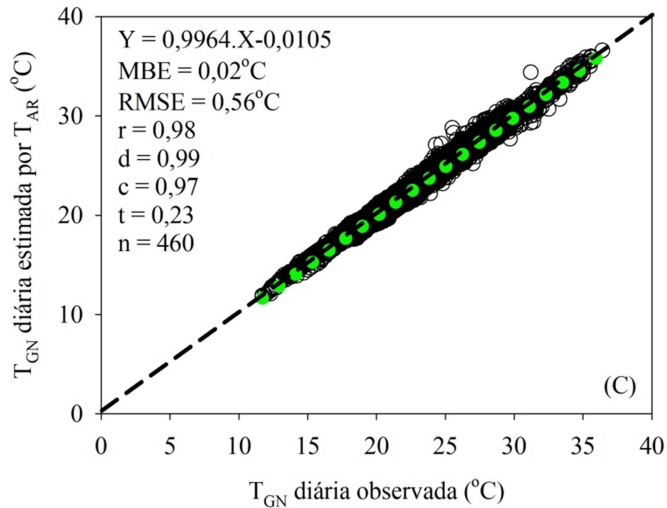


Figura 5. Avaliação do desempenho da equação de estimativa da temperatura diária do globo negro com base na temperatura média diária do ar.

Em escala mensal, a T_{AR} também foi a variável que mais explicou a variabilidade da T_{GN} (98%) ($T_{GN} = 1,1550.T_{AR} - 1,3498$). Os erros de estimativa a longo ($MBE = 0,01^{\circ}C$) e curto prazo ($RMSE = 0,30^{\circ}C$) de tempo foram ainda menores quando comparadas as demais escalas de tempo, com elevadas precisão ($r = 0,98$) e exatidão ($d = 1,00$) e desempenho “Ótimo” (Figura 6). Pelo teste t de Student, os valores estimados também não se diferenciaram dos dados observados ($t = 0,42 > 0,05$).

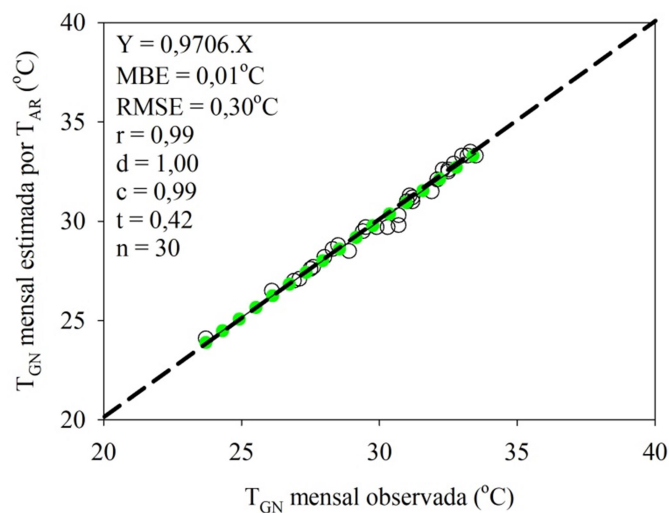


Figura 6. Validação da equação de estimativa da temperatura mensal do globo negro com base na temperatura média mensal do ar.

5.2. Avaliação bioclimática do estado de Pernambuco para a caprinocultura leiteira

A combinação dos valores de temperatura máxima e umidade relativa do ar citados por Baêta e Souza (2010), Pequeno et al. (2017) e Silva (2000) resultou no limite crítico de ITGU igual a 85 para a criação de cabras leiteiras da raça Saanen.

Esse valor está dentro da faixa média de valores de ITGU do turno da tarde (82,50 a sombra e 91,30 a pleno sol, média de 86,90) citada por Roberto et al. (2010) (87,29 a sombra e 94,19 a pleno sol), Silva et al. (2010) (82,25 a sombra e 93,58 a pleno sol), Silva et al. (2011) (80,50 a sombra e 90,51 a pleno sol) e Silva et al. (2014) (79,96 a sombra e 86,90 a pleno sol), em estudos conduzidos no Semiárido brasileiro para avaliação da adaptabilidade de caprinos.

As maiores magnitudes dos valores de ITGU, com nível de confiança de pelo menos 90% (Tabela 2), para a maioria dos municípios de Pernambuco ocorrem entre os meses de novembro e abril, e os menores entre maio e outubro, independentemente da região geográfica. Os valores de ITGU no Estado variam entre 76 e 91 com média anual de 84.

Tabela 2. Estatística descritiva do ITGU do estado de Pernambuco.

Estatística	Jan.	Fev.	Mar	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
Média	86	87	85	84	82	81	80	82	84	86	86	87	84
Desvio padrão	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	0	1
Mínimo	85	85	83	81	79	76	76	77	81	84	84	86	82
Máximo	88	89	88	87	86	86	86	88	89	91	89	89	88
Confiança	94%	90%	93%	90%	85%	79%	76%	74%	77%	81%	91%	95%	88%

A partir da espacialização dos valores médios de ITGU entre os meses de novembro e abril e, de maio a outubro foi possível identificar as regiões menos estressantes para a criação das cabras da raça Saanen (Figura 7). Nos meses mais quentes (Figura 7A), os municípios mais adequados se concentram no agreste e, em algumas áreas ao norte e sudoeste do Sertão do Estado ($ITGU < 85$). Por outro lado, nos meses mais frios (Figura 7B), praticamente todo Estado possui condições adequadas para a criação da raça Saanen, com exceção de alguns municípios na região leste.

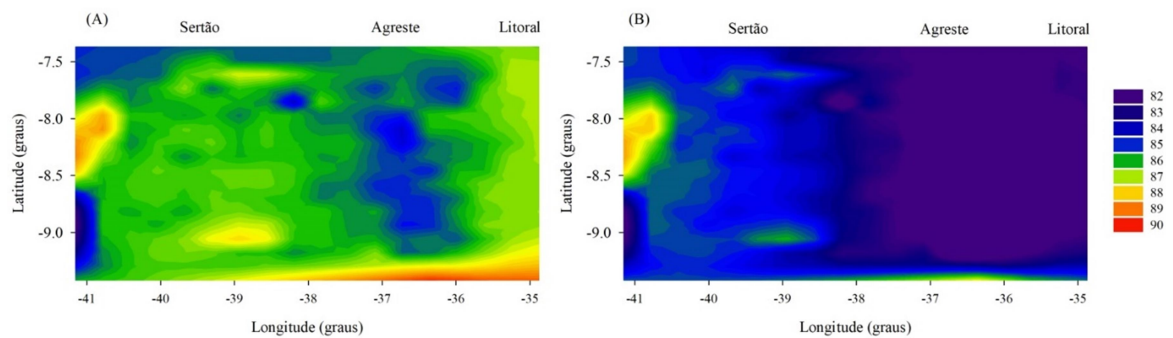


Figura 7. Avaliação do estado de Pernambuco para a criação de cabras da raça Saanen (A - ITGU médio entre os meses de novembro e abril; e, B - ITGU médio entre os meses de maio e outubro). ITGU crítico da raça igual a 85.

Silva et al. (2008), em avaliação do declínio da produção de leite durante o verão de Pernambuco, citam que o Estado possui 81% do seu território condições estressantes ao gado leiteiro. Mendes et al. (2014), em estudo de zoneamento de Pernambuco para a criação da raça ovina Dorper, verificaram que o agreste, durante todo o ano, exibe as melhores condições climáticas quando comparada ao litoral, Zona da Mata e Semiárido.

Diante dessas condições climáticas, da Silva et al. (2010) recomendam a modificação física do ambiente por adoção de sombra e de sistemas de climatização; melhorias no sistema de manejo nutricional dos animais com o uso de suplementação alimentar com base na exigência de cada raça e desenvolvimento de raças menos sensíveis ao estresse térmico a partir do cruzamento de espécies exóticas produtivas com espécies nativas.

6. CONCLUSÃO

Para escala diurna, a temperatura do globo negro (T_{GN}) pode ser calculada a partir de uma equação linear simples e de dados de temperatura do ar (T_{AR}), mas para resultados ainda melhores a sua combinação com a radiação solar global incidente (R_G) por meio de um modelo multiplicativo [$f(T_{GN}) = f(T_{AR}).f(R_G)$] é ainda mais recomendado.

Na estimativa da T_{GN} nas escalas noturna, diária e mensal basta a aplicação de dados de T_{AR} em equações lineares simples.

O limite crítico superior de ITGU igual a 85 deve ser usado em estudos bioclimáticos para avaliação de distintas regiões para a criação de cabras leiteiras da raça Saanen.

Em Pernambuco, novembro a abril são os meses com maiores magnitudes do ITGU. Com base nos meses mais quentes, os municípios mais adequados se concentram no agreste e, em algumas áreas ao norte e sudoeste do sertão do estado ($ITGU < 85$).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, P. G. de et al. Estimativa da temperatura de globo negro a partir da temperatura do bulbo seco. **Engenharia na Agricultura**, v. 19, n. 6, p. 557–563, 2011.
- ALVES, L. de R. N. et al. Inclusão de leite de cabra em merenda escolar Inclusion of goat milk in school meals. **Sinapse Múltipla**, v. 6, n. 1, p. 76–81, 2017.
- AVILA, A. S. de et al. Avaliação e correlação de parâmetros fisiológicos e índices bioclimáticos de vacas holandês em diferentes estações. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 14, n. 14, p. 2878–2884, 2013.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais - Conforto animal**. 2.ed. ed. Viçosa, MG: UFV, 2010.
- BARBOSA, O. R.; SILVA, R. G. Índice de conforto térmico para ovinos. **Boletim da Indústria Animal**, v. 52, n. 1, p. 29–35, 1995.
- BARROS JUNIOR, C. P. et al. Avaliação de parâmetros fisiológicos em diferentes raças de caprinos na Região Nordeste brasileira. **REDVET**, v. 19, n. 1, p. 1–11, 2017.
- BORGES JÚNIOR, J. C. F. et al. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para a microrregião de Garanhuns, PE. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 380–390, 2012.
- BORGES, L. da S.; ROCHA, F. S. B. Variáveis fisiológicas de caprinos sem padrão racial definido criados em sistema extensivo. **REDVET**, v. 18, n. 11, p. 1–14, 2017.
- BORGES, L. S. et al. O ambiente semiárido brasileiro influencia as respostas fisiológicas de caprinos. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 4, n. 1, p. 17–21, 2016.
- BRAGA, D. C. et al. Consumo alimentar associado ao câncer colorretal – um estudo ecológico. **GED gastroenterol. endosc. dig.**, v. 34, n. 2, p. 60–65, 2015.
- BRASIL, L. H. de A. et al. Efeitos do Estresse Térmico Sobre a Produção , Composição Química do Leite e Respostas Termorreguladoras de Cabras da Raça Alpina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 1632–1641, 2000.
- BROOM, D. M. Conferencia magistral Animal welfare : concepts , study methods and indicators. **Rev Colomb Cienc Pecu**, v. Vol. 24 N°, p. 306–321, 2011.
- BUFFINGTON, D. E. et al. Black-Globe-Humidity Index (BGHI) as comfort equations for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, v. 24, n. 3, p. 711–714, 1981.
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativas da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 89–97, 1997.

COSTA, A. N. L. da; COSTA, A. A. da; ARAÚJO, É. P. de. Efeitos do estresse térmico na reprodução de fêmeas bovinas. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 40, n. 4, p. 123–125, 2016.

DA SILVA, P. P. et al. Avaliação da adaptação de bovinos da raça Senepol nas condições climáticas do Cerrado Goiano. **Espacios**, v. 38, n. 26, p. 1–12, 2017.

DA SILVA, T. G. F. . et al. Cenários de mudanças climáticas e seus impactos na produção leiteira em estados nordestinos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 8, p. 863–870, 2010.

ELOY, A. M. X.; PEREIRA, E. P. Estresse na reprodução de caprinos machos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 37, n. 2, p. 156–163, 2013.

EUSTÁQUIO FILHO, A. et al. Revista Brasileira de Zootecnia Zona de conforto térmico de ovinos da raça Santa Inês com base nas respostas fisiológicas Thermal comfort zone of Santa Ines sheep based on physiological responses. n. 1995, p. 1807–1814, 2011.

FAÇANHA, D. A. E. et al. Características termorreguladoras e desempenho de cabras leiteiras no terço inicial da lactação em clima tropical. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 111, n. 583–584, p. 151–156, 2012.

FERNANDES, M. DA G. P. **Estatística aplicada**. Braga: Universidade do Minho, 1999.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. DA. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson: o Retorno. **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, p. 66, 2009.

FIGUEIRÓ, R. **Manual prático de Bioestatística Computacional**. Volta Redonda, RJ: Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA Campus Três Poços, 2014.

FILIPINI, B.; DANTAS, A.; MONTANHA, A. A. de O. Bem-estar e comportamento de ovinos em sistema intensivo. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 24, p. 152–166, 2016.

FREITAS, A. C. B. de; QUIRINO, C. R.; BASTOS, R. Bem-estar de ovinos : Revisão The welfare of sheep : Review. **Pubvet**, v. 11, p. 18–29, 2017.

GONÇALVES, H. C. et al. Fatores genéticos e de meio na produção de leite de caprinos leiteiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 719–729, 2001.

HALLAK, R.; PEREIRA FILHO, A. J. Metodologia para análise de desempenho de simulações de sistemas convectivos na região metropolitana de São Paulo com o modelo ARPS: sensibilidade a variações com os esquemas de advecção e assimilação de dados. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 4, p. 591–608, 2011.

HAVEROOTH, R. et al. Modelagem para a estimativa da umidade relativa do ar para a cidade

de Ituporanga/SC. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 2474–2482, 2012.

IBGE. **Produção e Venda de leite de cabra no ano**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/963>>. Acesso em: 19 nov. 2017.

LEITÃO, M. M. V. B. R. et al. Conforto e estresse térmico em ovinos no Norte da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1355–1360, 2013.

LIMA, L. R.; BARBOSA FILHO, J. A. D. Impacto do manejo pré-abate no bem-estar de caprinos e ovinos. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 1, n. 2, p. 52–60, 2013.

LÔBO, R. N. B.; SILVA, F. L. R. Parâmetros genéticos para características de interesse econômico em cabras das raças Saanen e Anglo-nubiana. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, p. 104–110, 2005.

LOPES, J. J. et al. Efeito do ambiente sobre as respostas fisiológicas de caprinos Saanen e seus mestiços com a raça Boer no semiárido paraibano. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 3, p. 83–89, 2012.

LOPES, M. L. M.; CHAVARETTE, F. R.; COSSI, A. M. Avaliação do modelo de regressão linear múltipla e redes neurais artificiais na previsão do ganho de massa em animais. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 11, n. 1, p. 1–17, 2017.

LOURENÇONI, D. et al. **Modelagem neuro-fuzzy para estimar a temperatura de globo negro**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. **Anais...Foz do Iguaçu, Brasil: 2016**

LUCENA, L. F. de A. et al. 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.

MANTECA, X. et al. Bem-estar animal: Conceitos e formas práticas de avaliação dos sistemas de produção de suínos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6 SUPPL. 2, p. 4213–4230, 2013.

MARTINS, M. M. et al. Aspectos fisiológicos e bioclimáticos de caprinos nas regiões semiáridas. **Pubvet**, v. 10, n. 5, p. 356–369, 2016.

MATARAZZO, S. V. **Eficiência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em confinamento do tipo Freestall para vacas em lactação**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2004.

MEDEIROS, L. F. D. et al. Reações fisiológicas de cabras em diferentes ambientes e coeficiente de tolerância ao calor em cabritos *. **Revista Brasileira de Medicina**

Veterinária, v. 37, n. 4, p. 286–296, 2015.

MEDEIROS, S. D. S. et al. Estimativa e espacialização da temperatura mínima e máxima na Região Nordeste do Brasil.

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 9, n. 2, p. 247–255, 2005.

MENDES, A. M. de P. et al. Zoneamento bioclimático para a raça ovina Dorper no Estado de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 12, p. 986–993, 2014.

MORAIS, J. E. F. de et al. Avaliação do método de Penman Monteith FAO 56 com dados faltosos e de métodos alternativos na estimativa da evapotranspiração de referência no Submédio Vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 6, p. 1644–1660, 2015.

MOREIRA, A. L. et al. Fatores que influenciam no comportamento de caprinos em pastejo. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 11, n. 4, p. 3607–3616, 2014.

NASCIMENTO, T. V. C. et al. Fatores meteorológicos sobre a atividade reprodutiva de cabras leiteiras na época seca do semiárido pernambucano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 5, p. 539–544, 2014.

NATIONAL ENVIRONMENT SCIENCE. v. 3, n. 1, p. 42–50, 2012.

NEVES, M. L. M. W. et al. Níveis críticos do Índice de conforto térmico para ovinos da raça Santa Inês criados a pasto no agreste do Estado de Pernambuco. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 31, n. 2, p. 167–175, 2009.

NÓBREGA, G. H. da et al. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. p. 67–73, 2011.

NORMANDO, D.; TJÄDERHANE, L.; QUINTÃO, C. C. A. A escolha do teste estatístico - um tutorial em forma de apresentação em PowerPoint. **Dental Press Journal of Orthodontics**, v. 15, n. 1, p. 101–106, 2010.

OLIVEIRA, F. de S. et al. Efeito do estresse térmico sobre os parâmetros fisiológicos e bioquímicos de ovinos criados em clima tropical. **Pubvet**, v. 6, n. 16, p. 1–24, 2012.

PAULO, J. L. D. A. **Índices de conforto térmico para caprinos das raças moxotó e canindé em confinamento no semi-árido paraibano**. [s.l.] Universidade Federal da Paraíba, 2009.

PENEREIRO, J. C.; FERREIRA, D. H. L. A modelagem matemática aplicada às questões ambientais: uma abordagem didática. **Millenium**, v. 42, n. 1, p. 27–47, 2012.

PEQUENO, I. D. et al. Dairy production of ‘Saanen’ goats based on meteorological variables and future climate scenarios. **Journal of the Brazilian Association of Agricultural**, v. 37, n.

2, p. 226–235, 2017.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia:**

Fundamentos e Aplicações Práticas. Guiabá: Agropecuária, 2002. v. 306

PEREIRA, G. M. et al. Avaliação do comportamento fisiológico de caprinos da raça Saanen no semiárido paraibano. **Revista Verde**, v. 6, n. 1, p. 83–88, 2011.

PETERNELLI, L. A. **Correlação Amostral, Regressão linear Simples e Regressão Linear Múltipla.** [s.l: s.n.].

PIMENTA FILHO, E. C.; SARMENTO, J. L. R.; RIBEIRO, M. N. Genetic and environmental effects that affect milk production and lactation length of crossbred goats in the state of paraíba | Efeitos genéticos e ambientais que afetam a produção de leite e duração da lactação de cabras mestiças no estado da paraíba. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1426–1431, 2004.

PINHEIRO, A. A.; BRITO, I. F. DE. **On line Bem-estar e Produção Animal.** Sobral, CE: [s.n.].

QUADROS, D. G. **Leite de cabra: produção e qualidade. In: Textos técnicos, 2007.**

Disponível em: <<http://www.capritec.com.br>>.

RICCI, G. DELA; TITTO, C. G.; SOUSA, R. T. DE. Enriquecimento ambiental e bem-estar na produção animal. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 3, p. 324–341, 2017.

ROBERTO, J. V. B. et al. Parâmetros hematológicos de caprinos de corte submetidos a diferentes níveis de suplementação no semi-árido paraibano. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 1, p. 127–32, 2010.

ROBERTO, J. V. B. et al. Variação dos elementos climáticos e respostas termorreguladoras de caprinos no semiárido brasileiro. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 2, n. 4, p. 131–138, 2014.

ROBERTO, J. V. B.; SOUZA, B. B. de. Fatores Ambientais, Nutricionais E De Manejo E Índices De Conforto Térmico Na Produção De Ruminantes No Semiárido. **Revista Verde de Agroecologia e**, v. 6, n. 2, p. 8–13, 2011.

ROSA FILHO, C. de D.; PARISIA, S. A.; SOARES, W. de A. Avaliação da distribuição estatística e elaboração de modelo de regressão múltipla linear da velocidade média do vento. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 3, n. 1, p. 24–36, 2018.

SALLES, M. G. F. et al. Respostas fisiológicas ao estresse térmico de bodes Saanen em clima tropical. **Ciência Animal**, v. 19, n. 1, p. 19–28, 2009.

SILVA, C. M. B. D. A. et al. Efeito das condições climáticas do semiárido sobre o

- comportamento fisiológico de caprinos mestiços F1 Saanen x Boer. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 4, p. 195–199, 2011.
- SILVA, E. M. N. da et al. Avaliação da adaptabilidade de caprinos ao semiárido através de parâmetros fisiológicos e estruturas do tegumento. v. 23, n. 2, p. 142–148, 2010.
- SILVA, H. W. da; GUIMARÃES, C. R. B.; OLIVEIRA, T. S. Aspectos da exploração da caprinocultura leiteira no Brasil. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 2, n. 2, p. 121–125, 2012.
- SILVA, T. G. F. da et al. Estimativa e espacialização da umidade relativa do ar para os estados de Alagoas, Bahia e Sergipe. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 15, n. 1, p. 1–9, 2007.
- SILVA, T. G. F. da et al. Variação regional do declínio na produção de leite durante o verão no estado de pernambuco. **Engenharia na Agricultura**, v. 16, n. 1, p. 109–123, 2008.
- SILVA, E. M. N. et al. Avaliação da Adaptabilidade de Caprinos Leiteiros no Semiárido Brasileiro com Auxílio da Termografia Infravermelha. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 2, n. 3, p. 95–101, 2014.
- SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000.
- SODRÉ, U. **Modelos matemáticos**. Londrina: UEL, 2007.
- SOUSA JÚNIOR, S. C. de et al. Características Termorreguladoras de Caprinos, Ovinos e Bovinos em Diferentes Épocas do Ano em Região Semi-Árida. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 10, n. 2, p. 127–137, 2008.
- SOUZA, C. de F. et al. Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 1, p. 157–164, 2002.
- SOUZA, B. B. de et al. Efeito do clima e da dieta sobre os parâmetros fisiológicos e hematológicos de cabras da raça Saanen em confinamento no Sertão paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 1, p. 77–82, 2011.
- SOUZA, B. B. de; SILVA, G. de A.; SILVA, E. M. N. da. Índice de conforto térmico para vacas leiteiras em diferentes microrregiões do estado da Paraíba, Brasil. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 4, n. 1, p. 12–16, 2016.
- SOUZA, R. B. de et al. Características termorreguladoras de caprinos em ambiente tropical: revisão. **Pubvet**, v. 7, n. 6, p. 1–8, 2013.
- TURCO, S. H. N. et al. Zoneamento bioclimático para vacas leiteiras no estado da Bahia. **Eng. Agríc.. Jaboticabal**, v. 26, n. 1, p. 20–27, 2006.
- TURCO, S. H. N. et al. **Estimating Black Globe Temperature Based on Meteorological**

Data. Livestock Environments, Proceedings of the Eighth ASABE International Livestock Environment Symposium. **Anais...**Foz do Iguaçu, Brasil: St. Joseph, MI, USA: ASABE, 2008

VELONI, M. L. et al. Bem-estar animal aplicado nas criações de suínos e suas implicações na saúde dos rebanhos. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 21, n. 1, p. 1–20, 2013.

VIANA, M. P.; MEDEIROS, A. da R.; SOUZA, B. B. de. Efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia , produção e reprodução de caprinos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 4, p. 1–8, 2013.

VIEIRA, R. de F. N. et al. Índices de conforto na avaliação do bem estar animal. **Nucleus Animalium**, v. 2, n. 1, p. 63–70, 2010.