

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

SAYRA OIKAWA PRADO

SAZONALIDADE DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO PARA A
BOVINOCULTURA LEITEIRA EM 3 MUNICÍPIOS DA REGIÃO SUL DO
AMAZONAS

HUMAITÁ - AM
2023

SAYRA OIKAWA PRADO

SAZONALIDADE DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO PARA A
BOVINOCULTURA LEITEIRA EM 3 MUNICÍPIOS DA REGIÃO SUL DO
AMAZONAS

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a
Universidade Federal do Amazonas - UFAM,
Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente –
IEAA, como exigência parcial para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Agrônoma.

ORIENTADOR: PROF. Me. LUCIANO AUGUSTO SOUZA ROHLER
COORIENTADOR: PROF. Dr. CARLOS ALEXANDRE SANTOS QUERINO

HUMAITÁ - AM
2023

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

P896s Prado, Sayra Oikawa
Sazonalidade do índice de conforto térmico para a bovinocultura
leiteira em 3 municípios da região sul do Amazonas / Sayra Oikawa
Prado . 2023
42 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Luciano Augusto Souza Rohleder
Coorientador: Carlos Alexandre Santos Querino
TCC de Graduação (Agronomia) - Universidade Federal do
Amazonas.

1. Conforto térmico. 2. enos. 3. era5 land. 4. itu. 5. precipitação. I.
Rohleder, Luciano Augusto Souza. II. Universidade Federal do
Amazonas III. Título

SAYRA OIKAWA PRADO

SAZONALIDADE DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO PARA A
BOVINOCULTURA LEITEIRA EM 3 MUNICÍPIOS DA REGIÃO SUL DO
AMAZONAS

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a
Universidade Federal do Amazonas - UFAM,
Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente –
IEAA, como exigência parcial para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Agrônoma.

APROVADO EM: 13 de março de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Luciano Augusto Souza Rohleder (Presidente)
Universidade Federal do Amazonas - UFAM/IEAA

Prof. Dr. Carlos Alexandre Santos Querino (Avaliador)
Universidade Federal do Amazonas - UFAM/IEAA

Prof.^a Dr.^a Juliane Kayse Albuquerque da Silva Querino (Avaliadora)
Universidade Federal do Amazonas - UFAM/IEAA

A Deus, sem ele eu não teria capacidade para desenvolver este trabalho, a minha família, que não mediu esforços para a conclusão desta etapa de minha vida e aos professores que me motivaram durante toda esta trajetória, dedico.

AGRADECIMENTOS

Á Deus, pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho, fez possível que meus objetivos fossem alcançados durante todos os meus anos de estudos.

Aos pais Ednaldo e Simone, que me incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste curso.

Ao meu irmão Vinícius, que por muitas vezes foi meu pensamento de força me motivando a continuar a graduação.

Á minha avó Aparecida (*in memoriam*), por ser meu exemplo de humildade, força, humanidade e gentileza.

Ao meu avô Fleuri (*in memoriam*), pelas histórias de mudanças, de buscar sempre pelo novo e desejar sempre mais.

Á minha tia Maria (*in memoriam*), por toda sua alegria, risadas escandalosas e brincadeiras, me ensinando a levar a vida de forma mais leve e com todo alto astral do mundo.

Á minha avó Ana, pelo companheirismo, carinho e atenção durante o tempo em que moramos juntas.

Aos meus Tios Mario e Márcia, por toda ajuda durante esta trajetória, e por serem meus segundos pais aqui em Humaitá, o carinho de vocês fez toda diferença.

As minhas amigas, Eduarda, Ingrid e Luciely, pelos melhores momentos, pelos conselhos, brincadeiras, choros, festas, desabafos e carinho, serão sempre minhas confidentes.

Ao meu Orientador Prof. Luciano, Coorientador Prof. Carlos, e ao Coordenador de TCC Dalton, pela oportunidade, toda ajuda e incentivo, serei eternamente grata.

Em especial ao Alex Campos Vasconcelos, Amanda Siegloch, Ely Jhones Melo, Laís De Paula e Eliabe Ramos, que me incentivaram e me auxiliaram quando eu mais precisei.

Aos amigos, que sempre estiveram ao meu lado, pela amizade incondicional e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período em que me dediquei na graduação.

Aos professores, por todos os conselhos, pela ajuda e pela paciência com a qual guiaram o meu aprendizado, que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso.

Aos meus colegas de graduação, com quem convivi intensamente durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só pessoalmente, como profissionalmente.

A todos que participaram, direta ou indiretamente no desenvolvimento deste trabalho de pesquisa enriquecendo o meu processo de aprendizado.

À Universidade Federal do Amazonas, pela oportunidade de aprendizado com papel fundamental no meu processo de formação profissional.

“Nunca deixe ninguém te dizer que não pode fazer alguma coisa. Se você tem um sonho tem que correr atrás dele. As pessoas não conseguem vencer e dizem que você também não vai vencer. Se você quer uma coisa corre atrás.”

À Procura da Felicidade

RESUMO

A produção agropecuária tem crescido nos últimos anos, principalmente na região Norte do Brasil. O Amazonas vem abrindo espaço para essa atividade, principalmente no sul do estado, onde a produção leiteira está em crescimento. Para garantir o sucesso da atividade pecuária-leiteira, é essencial considerar a interação entre o animal e o ambiente em que ele é criado. Desta forma, é fundamental que o conforto térmico animal seja levado em conta para aumentar a eficiência da produção. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a sazonalidade do ITU, para a bovinocultura leiteira, em 3 municípios do Amazonas. A pesquisa foi realizada na mesorregião Sul do estado do Amazonas, com foco para os municípios de Apuí, Boca do Acre, e Humaitá em anos neutro (2013) e sob influência de El Niño (2015) e La Niña (2022). Os dados de precipitação (Ppt), temperatura do ar (Ta) e temperatura do ponto de orvalho (Tpo) para cálculo do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), foram coletados no servidor da *The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF). Os dados foram processados com linguagem de Programação Python 3.9 através de escrita de scripts e uso das bibliotecas Pandas, Numpy, Xarray e posteriormente tiveram os gráficos plotados. Os resultados da pesquisa revelaram que, entre os municípios analisados, Boca do Acre obteve os melhores índices de conforto térmico animal, enquanto Humaitá apresentou o maior índice de desconforto térmico animal nos três anos estudados. Os Índices de Temperatura e Umidade, apresentaram-se dentro do limiar de conforto térmico animal apenas para os anos de neutralidade (2013) e sob efeito de La Niña (2022), somente no município de Boca do Acre durante o verão Amazônico.

Palavras Chaves: Conforto térmico; ENOS; ERA5 Land; ITU; Precipitação.

ABSTRACT

Agricultural production has grown in recent years, mainly in the northern region of Brazil. Amazonas has been making room for this activity, mainly in the south of the state, where dairy production is on the rise. To ensure the success of dairy farming, it is essential to consider the interaction between the animal and the environment in which it is raised. In this way, it is essential that animal thermal comfort is taken into account to increase production efficiency. In this sense, the objective of this work was to evaluate the seasonality of THI, for dairy cattle, in 3 municipalities of Amazonas. The research was carried out in the southern mesoregion of the state of Amazonas, focusing on the municipalities of Apuí, Boca do Acre, and Humaitá in neutral years (2013) and under the influence of El Niño (2015) and La Niña (2022). Precipitation (Ppt), air temperature (Ta) and dew point temperature (Tpo) data for calculating the Temperature and Humidity Index (ITU) were collected from the server of The European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). The data were processed with Python 3.9 programming language by writing scripts and using the Pandas, Numpy, Xarray libraries and later had the graphs plotted. The research results revealed that, among the municipalities analyzed, Boca do Acre obtained the best animal thermal comfort indexes, while Humaitá presented the highest animal thermal discomfort index in the three years studied. The Temperature and Humidity Indexes were within the animal thermal comfort threshold only for the years of neutrality (2013) and under the effect of La Niña (2022), only in the municipality of Boca do Acre during the Amazonian summer.

Keywords: Thermal comfort; ENOS; ERA5 Land; UTI; Precipitation.

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - O ITU, para ser estimado, considera as variáveis T_a e umidade relativa do ar (UR). Como os dados do ERA5 land, não fornece UR, foi necessária a estimativa através do modelo físico-matemático proposto por Castellví et al. (1996).24

Equação 2 - O Índice de Temperatura e Umidade (ITU em °C) foi calculado através do modelo criado por Thom (1959) e corroborado por Rosenberg et al. (1983).25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do estado do Amazonas e dos municípios de Apuí (Amarelo), Humaitá (Laranja) e Boca do Acre (Vermelho) estudados.	22
Figura 2 - Sazonalidade do total pluviométrico mensal para os anos de 2013, 2015 e 2022, nos municípios de Apuí (a), Boca do acre (b) e Humaitá (c).	27
Figura 3 - Sazonalidade da média mensal de Temperatura do ar para os anos de 2013 (a), 2015 (b) e 2022 (c), nos municípios Apuí, Boca do Acre e Humaitá.	30
Figura 4 - Sazonalidade da média mensal de Umidade Relativa (UR) do ar para os anos de 2013 (a), 2015 (b) e 2022 (c), nos municípios Apuí, Boca do Acre e Humaitá.	32
Figura 5 - Média mensal do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) do ar para os anos de 2013 (a), 2015 (b) e 2022 (c)., nos municípios Apuí, Boca do Acre e Humaitá.	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Informações gerais dos municípios de Apuí, Boca do Acre e Humaitá para os municípios do Sul do Amazonas.	23
Tabela 2 - Normais climatológicas anuais de Precipitação (Ppt), Temperatura do ar (Ta), Temperatura Ponto de Orvalho (Tpo) e Umidade Relativa (UR), para os municípios do Sul do Amazonas.	24
Tabela 3 - Categorização do ITU segundo Rosemberg et al. (1983).	25
Tabela 4 - Total pluviométrico anual durante o período chuvoso (PC) e período seco (PS), e diferença da normal climatológica (NC) para os municípios Apuí, Boca do Acre e Humaitá.	28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
2.1. OBJETIVO GERAL.....	17
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1. CLIMA DA AMAZÔNIA.....	18
3.2. ÍNDICES DE CONFORTO E DESCONFORTO TÉRMICO	19
3.3. BOVINOCULTURA NO AMAZONAS.....	21
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.1. ÁREA DE ESTUDO	22
4.1.1. Apuí	23
4.1.2. Boca do Acre	23
4.1.3. Humaitá	23
4.2. COLETA E PROCESSAMENTO DOS DADOS	24
4.3. ESTIMATIVA DO ITU	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1. RECIPITAÇÃO.....	26
5.2. TEMPERATURA DO AR (Ta)	28
5.3. UMIDADE RELATIVA DO AR (UR)	31
5.4. ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE	33
6. CONCLUSÃO	35
7. REFERÊNCIAS.....	36

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui o maior rebanho comercial de bovinos do mundo, sendo o maior exportador desta carne. De acordo com a FAO (2019), o Brasil ocupa o terceiro lugar no ranking mundial de produção de leite com uma produção de 35,4 bilhões de litros por ano. Em 2020, estima-se que país ordenhou cerca de 16,1 milhões de vacas, com uma média de produção de 2.192 litros por vaca/ano (TOSI, 2022).

Desta forma, o agronegócio do leite está entre destaque para o giro econômico, ocupando o sétimo lugar dos produtos mais relevantes na linha de vendas agropecuária brasileira, desempenhando um papel importante na alimentação e nutrição para a população (EMBRAPA, 2020).

Apesar da predominância dos estabelecimentos agropecuários de leite estarem concentrados na região Sul do Brasil, é possível observar um desenvolvimento promissor nos estados do Amapá, Roraima, Amazonas e Acre, localizados no Norte do país (CASTRO, 2023). A atividade de pecuária leiteira tem se mantido ativa no mercado brasileiro, mesmo em momentos de crises econômicas, e apresenta perspectivas favoráveis de crescimento. Nos últimos 10 anos observou-se um aumento da cadeia produtiva em mais de 50% o que tem influenciado no aumento da geração de empregos (MALISZEWSKI, 2020; PINHEIRO, 2012).

No entanto, para garantir a continuidade da atividade e alcançar maior rentabilidade produtiva, é fundamental compreender a interação entre os animais e o ambiente em que são criados. Na região Norte do Brasil, a atividade de pecuária leiteira enfrenta desafios decorrentes das características climáticas da região, além das mudanças observadas nos últimos anos. Nesse contexto, o conforto térmico dos animais é um fator crucial para o sucesso da criação de vacas leiteiras (BORGES et al., 2022).

Com altas temperaturas e umidades durante o ano inteiro, torna-se um desafio garantir o conforto térmico ao animal na região Amazônica (DE SOUSA et al., 2015). No Amazonas, além das características já mencionadas, o alto índice pluviométrico durante todo o ano e curtos períodos de seca, com precipitação inferior a 60mm pode ser um fator agravante na manutenção do conforto térmico animal o que pode resultar no desconforto térmico e, conseqüentemente, mal-estar aos animais (PAVÃO et al., 2017).

Entre os métodos de avaliação do conforto térmico destaca-se o Índice de Temperatura e Umidade (ITU). O ITU associa variáveis climáticas, de temperatura do ar e umidade relativa e categoriza quanto ao bem-estar animal em relação ao local de criação (DA SILVA et al., 2010).

A avaliação do conforto térmico dos animais é essencial para garantir a produção de leite em níveis satisfatórios. Assim, é importante compreender os métodos de classificação dos índices de conforto e desconforto para identificar alternativas que possam mitigar os efeitos negativos do desconforto sobre o rebanho e resultar em maior lucratividade para o produtor. Afinal, a redução na produção de leite é uma das principais consequências do desconforto térmico dos animais (LIMA JÚNIOR, 2022).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a sazonalidade do ITU, para a bovinocultura leiteira em 3 municípios do Amazonas.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apontar quais dos 3 município apresenta melhor condição de conforto e desconforto térmico para produção de leite.
- Comparar os ITUs em anos neutros e sob influência de El Niño e La Niña.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. CLIMA DA AMAZÔNIA

O Amazonas possui área de 1.559.167,878 km², sendo a maior unidade da federação em extensão territorial, localizado na região Norte do Brasil (IBGE, 2021a). A Floresta Amazônica molda-se abrigando a maior biodiversidade global e apresentando o rio Amazonas, que atravessa o estado, e é reconhecido como rio de maior volume de água em todo o planeta (LEAL, 2019).

De acordo com Galuch e Menezes (2020a), o Amazonas possui baixa taxa de desflorestamento, mas a região sul do estado está inserida no Arco do Desmatamento¹, onde ocorre as maiores fronteiras de desmatamento do estado para abertura de áreas destinada ao extrativismo e exploração da pecuária (TAVARES; CORDEIRO, 2017; YANAI; FEARNSSIDE; GRAÇA, 2011). Esse desmatamento desenfreado, causa impactos na flora e fauna, além de alterar o clima local.

O clima Amazônico apresenta-se como tropical chuvoso, com alta temperatura e umidade durante o ano inteiro (DE SOUSA et al., 2015). De acordo com a classificação de Koppen, se caracteriza como quente e úmido, sendo do tipo Am (MARTINS et al., 2019). Esse tipo climático é caracterizado pelo alto índice pluviométrico durante todo o ano e apresenta pequenos períodos de seca, com precipitação inferior a 60mm (PAVÃO et al., 2017).

A mesorregião Sul do Amazonas apresenta temperaturas do ar variando entre de 25 e 27°C, umidade relativa (UR) do ar média na faixa de 60% e precipitação anual por volta de 2500 mm (PAVÃO et al., 2016). O período chuvoso ocorre entre os meses de novembro a abril, e meses de pequena seca durante junho a setembro com variação do índice de precipitação de 0 a 100 mm, e os meses de maio e outubro são classificados como meses de transição (FERREIRA; VENTICINQUE; ALMEIDA, 2005).

A precipitação na região amazônica é influenciada por vários sistemas meteorológicos e climáticos globais, tais como o El Niño - Oscilação Sul (ENOS) (PEDREIRA JUNIOR et al., 2020). O El Niño resulta do aquecimento das águas, conhecidos como anomalias positivas, enquanto as águas frias, ou anomalias

¹ Arco do desmatamento refere-se a região onde a Fronteira Agrícola avança em direção à floresta.

negativas, são chamadas de La Niña (ANDREOLI; KAYANO, 2007; OLIVEIRA; MARCUZZO; BARROS, 2015).

Fenômenos como os ENOS podem modificar o padrão de precipitação no mundo e é caracterizado pela interação entre o oceano e a atmosfera. De maneira geral, os ENOS resultam do aumento ou diminuição da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) na região central e leste do Pacífico equatorial e são conhecidos como El Niño, e La Niña (JÚNIOR; NETO, 2016; MOLION, 2017; Apud, DE SOUZA et al., 2022).

A ocorrência do ENOS pode afetar as variáveis meteorológicas, gerando mudanças e efeitos no clima localizado em uma determinada região (MOURA et al., 2019). As secas são atribuídas à presença do El Niño, e quando as características opostas acontecem, como excesso de chuva nas regiões, é pela decorrência de La Niña. As inundações em diversas regiões tropicais do mundo, são responsáveis pelos impactos na agricultura e, conseqüentemente, na economia, principalmente em países subdesenvolvidos (MOLION, 2017b; PETROVA et al., 2019).

Esses impactos afetam também a região Sul do Amazonas, especialmente durante o período chuvoso no total pluviométrico nos municípios. Apesar das maiores anomalias serem observadas em anos de El Niño forte (1998, 2015/16), é evidente que mesmo em episódios moderados de El Niño, os municípios da mesorregião Sul do Amazonas sofrem impactos significativos na precipitação (DE SOUZA et al., 2022).

3.2. ÍNDICES DE CONFORTO E DESCONFORTO TÉRMICO

Os índices de conforto e desconforto térmico estão intimamente ligados ao sucesso da produção pecuária, a interação entre ambiente e o comportamento animal são importantes para adaptação do sistema de produção de acordo com a finalidade da atividade produtiva (NEIVA et al., 2004).

O conforto térmico é fundamental para o bem-estar dos bovinos e está diretamente relacionado à sua capacidade de adaptação ao ambiente (BROOM, 1986). Quando as condições são ideais, a produção leiteira é aumentada e mantida constante, mas isso só é possível se a temperatura corporal do animal estiver em equilíbrio. Os bovinos têm a capacidade de manter a temperatura corporal relativamente constante, mesmo com variações ambientais, graças à sua homeotermia.

No entanto, quando os padrões ambientais não garantem o conforto térmico, os animais buscam alternativas fisiológicas e comportamentais para ajudar a equilibrar sua temperatura. Essas alternativas incluem aumento da taxa respiratória, dos batimentos cardíacos, sudorese, aumento na ingestão de água, diminuição na ingestão de alimentos, procura por lâminas de água e sombra, entre outros (ROHLEDER, 2022).

Baccari Júnior (2001), afirma que especialmente para as vacas em lactação o desconforto térmico além da redução no consumo de alimentos e aumento da frequência respiratória, podem causar respostas como a redução na produção e porcentagem de gordura no leite, redução no consumo de forragem como porcentagem do total de alimento, aumento das necessidades de manutenção, diminuição da atividade.

Por ser um animal homeotérmico, a vaca leiteira possui uma temperatura interna de 38,5 °C, frequência cardíaca de 60 a 80 pulsações por minuto e 10 a 30 movimentos por minuto de frequência respiratória. Esta temperatura sofre pequena variação durante o dia, sendo mais alta no final da tarde e no início da noite, variando também durante o ciclo estral e entre as estações do ano (HEAD, 1995).

A maioria dos ruminantes se adequam a uma faixa de temperatura confortável entre 13 e 18°C, para vacas em lactação a faixa de temperatura recomendada é entre 4 e 24°C, com limites estritos entre 7 e 21°C. (NÄÄS, 1989). Quando as condições ambientais são desfavoráveis a produção é comprometida.

As altas temperatura, umidade e radiação solar influenciam de maneira intrínseca no rendimento do gado de leite. O estresse causado pelas condições térmicas de extremo calor, podem reduzir em até 40% da produção das vacas leiteiras (CAMPOS et al., 2003). Por isso a importância de entender a interação da raça do animal com o clima da região e sua resposta ao ambiente, a fim de garantir a melhor eficiência produtiva (ROSANOVA et al., 2020).

Existem diversos índices que foram criados com o intuito de avaliar o nível de conforto ou desconforto térmico animal, em relação ao ambiente em que se encontram. O mais utilizado é o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), criado por Thom (1958), que leva em consideração tanto a temperatura quanto a umidade relativa do ar e seus efeitos no desempenho dos bovinos. Para gado leiteiro, valores de ITU iguais ou inferiores a 75 indicam uma situação normal, enquanto valores de 75

a 78 representam um estado de alerta, 79 a 83 indicam perigo e valores iguais ou superiores a 84 indicam estado emergência (LIMA et al., 2007).

3.3. BOVINOCULTURA NO AMAZONAS

De acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil apresentou um aumento de 3,1% no rebanho bovino do 2020 para 2021, contando com aproximadamente 224,6 milhões de cabeças. Sendo que a produção leiteira tem grande significância na composição do PIB da pecuária brasileira (ROHLEDER, 2022).

As raças bovinas que predominam na região do Amazonas são oriundas do grupo de zebuínos, tendo maior incidência da raça nelore para corte e gir/girolanda para produção leiteira, com diversos graus de mestiçagem, onde pelo menos metade do rebanho bovino dos produtores possuem dupla aptidão (LANER, 2018; MAST, 2006).

Conforme dados disponibilizados pelo IBGE (2021), o rebanho bovino no Amazonas conta com 1.496.165 cabeças, sendo que em torno de 29% corresponde aos municípios de Boca do Acre, Humaitá e Apuí. De acordo com Mast (2006), a criação de bovinos na região amazônica era encontrada em áreas de campos naturais e várzeas, sem a discriminação entre gado de fases de cria, recria e engorda, com aproveitamento de quantidades mínimas do leite produzido.

A mesorregião do Amazonas, situada na fronteira entre o Acre e o Norte de Rondônia, constitui uma área de rápida expansão da Fronteira Agrícola Amazônica, esse crescimento é motivo de grande preocupação ambiental, pela mudança da paisagem natural local, provocando a devastação dos recursos para a abertura de novas áreas até então pouco ou ainda não utilizadas (LEMOS; SILVA, 2012). Sendo denominada de Amacro², devido à forte identidade agropecuária que a região desenvolveu nos últimos anos (GALUCH; MENEZES, 2020b).

Esse avanço na pecuária provocou o crescimento da fronteira agrícola, que vem se desenvolvendo no Vale do Araguaia, intensificando-se no Vale do Xingu. E entre os municípios que fazem parte do Amacro, estão de Apuí, Boca do Acre, Canutama, Humaitá, Lábrea, Manicoré e Nova Aripuanã (BERNARDES, 2022). As mudanças na

² Sigla formada com as primeiras letras dos estados Amazonas (região Sul), Acre e Rondônia.

paisagem ocasionadas pelo desmatamento descontrolado, está entre os fatores nas alterações climáticas da região.

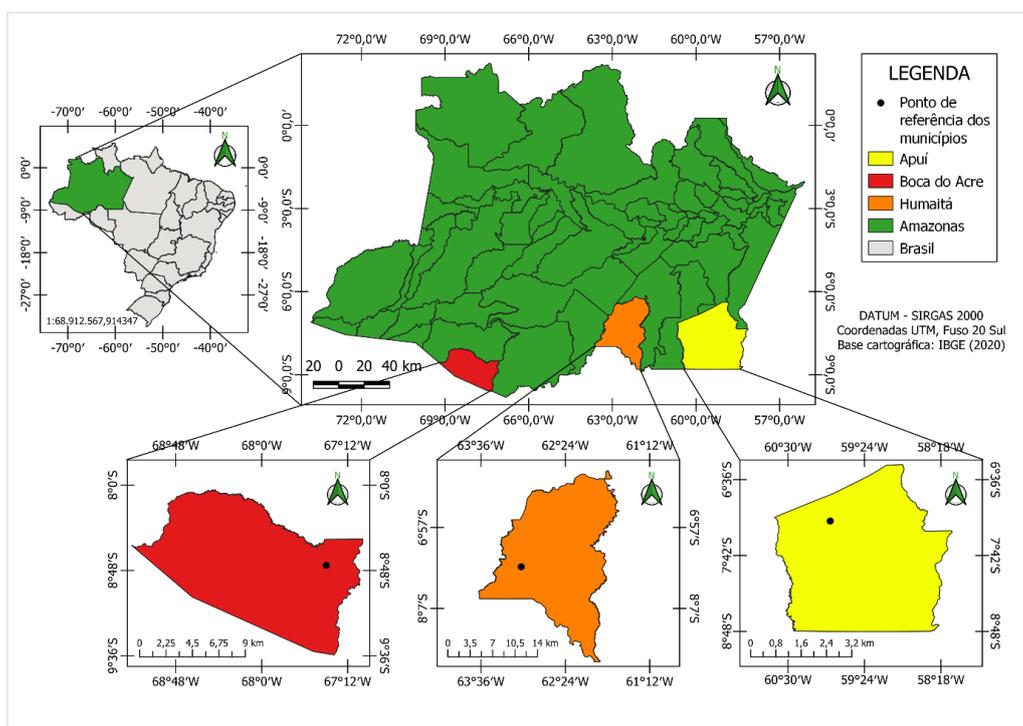
Dados do Imazon apontam que em 2022 quase 10 mil km² foram devastados da Amazônia, e cerca de 586 km² desse desmatamento fazem parte dos municípios da região sul do Amazonas, destacando-se Lábrea e Apuí como os principais no ranking pelas derrubadas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado para os municípios de Boca do Acre (Latitude: 8° 44' 26" Sul, Longitude: 67° 23' 3" Oeste), Humaitá (latitude: 7° 30' 24" Sul, longitude: 63° 04' 56" Oeste) e Apuí (latitude: 07° 11' 50" Sul, longitude: 59° 53' 29" Oeste) (Figura 1).

Figura 1 - Localização do estado do Amazonas e dos municípios de Apuí (Amarelo), Humaitá (Laranja) e Boca do Acre (Vermelho) estudados.



Fonte: Autoral (2023).

4.1.1. Apuí

O município de Apuí é conhecido pela forte atividade agropecuária na região. Seu perfil produtivo, é focado principalmente na pecuária de leite e corte, contando com um rebanho bovino que já ultrapassa 168 mil cabeças (IBGE, 2021). A sua localização se encontra a sudoeste do Amazonas. Apresenta altitudes e biotemperatura mais elevadas, com maior precipitação, sendo classificado como região de transição entre floresta úmida ou floresta muito úmida tropical basal (ALVES et al., 2019).

4.1.2. Boca do Acre

Boca do conta é classificado com o tipo climático B3WA'a', e entre as características da região estão a presença de moderada deficiência hídrica no inverno, representado por um clima megatérmico, com altas temperaturas durante todo o ano. Além disso, a evapotranspiração potencial de verão fica abaixo de 48%, o que pode afetar o ciclo hidrológico e influenciar na vegetação e no clima local (MARTINS, 2019).

4.1.3. Humaitá

Humaitá cortada pelas BR-230 e 319, e apesar da classificação geral do clima do Amazonas ser Am, os seus municípios possuem características particulares. Segundo Martins (2019), Humaitá está categorizado como B4WA'a', possuindo características semelhantes a região de Boca do Acre.

No geral os municípios apresentam-se como produtores de gado de corte e leite, onde a maior parte do rebanho possui dupla aptidão. As informações gerais das características das cidades estudadas (Tabela 1), denotam que a região de Boca do Acre dispara na produção de leite se comparado as demais.

Tabela 1 – Informações gerais dos municípios de Apuí, Boca do Acre e Humaitá para os municípios do Sul do Amazonas.

Município	Informações gerais			
	Área Km ²	População Mil habitantes	Rebanho Mil cabeças	Produção Leiteira (L/dia)
APUÍ	54.240,545	~23	168	5.500
BOCA DO ACRE	21.934,583	~34	235	2.540
HUMAITÁ	33.129,130	~57	35	2.400

Fonte: IBGE (2021).

4.2. COLETA E PROCESSAMENTO DOS DADOS

Os dados de precipitação (Ppt), temperatura do ar (Ta) e temperatura do ponto de orvalho (Tpo) para cálculo do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) no anos de 2013, 2015 e 2022, anos em condição de neutralidade, El Niño e La Niña, respectivamente, foram coletados no servidor da *The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF).

O ECMWF, através do ERA5 Land (5ª geração de dados de reanálise para tempo e clima global) combina modelagem de dados com dados observados em todo o mundo e fornece um banco de dados consistentes trabalhados através das leis da física (HERSBACH et al., 2018). Para fins de referência, também com dados do ERA5 Land, foram baixados 30 anos (1990 a 2020) de dados de Precipitação (Ppt), Temperatura do ar (Ta), e Temperatura Ponto de Orvalho (Tpo) para que se gerasse as Normais Climatológica (NC) da Umidade Relativa do Ar (UR), e assim encontrar a variável do Índice Temperatura e Umidade (ITU), das regiões de estudo (Tabela 2).

Tabela 2 - Normais climatológicas anuais de Precipitação (Ppt), Temperatura do ar (Ta), Temperatura Ponto de Orvalho (Tpo) e Umidade Relativa (UR), para os municípios do Sul do Amazonas.

Município	Normais Climatológicas			
	Ppt (mm)	Ta (°C)	Tpo (°C)	UR (%)
APUÍ	2.845,55	25,70	23,16	90,20
BOCA DO ACRE	2.051,38	25,61	22,87	89,32
HUMAITÁ	2.459,76	26,21	23,71	90,54

Fonte: Autoral (2023).

Os dados foram processados com linguagem de Programação Python 3.9 através de escrita de scripts e uso das bibliotecas Pandas, Numpy, Xarray. Posteriormente, foram plotados gráficos elaborados em software apropriado.

4.3. ESTIMATIVA DO ITU

O ITU, para ser estimado, considera as variáveis Ta e umidade relativa do ar (UR). Como os dados do ERA5 land, não fornece UR, foi necessária a estimativa através do modelo físico-matemático proposto por Castellví et al. (1996) (Equação 1).

$$UR = 100 * \frac{es(Tpo)}{es(Ta)} \quad (1)$$

Onde **es(T_{po})** é a pressão de saturação de vapor d'água do ar, avaliada à temperatura do ponto de orvalho em °C e **es(T_a)** é pressão de vapor de saturação correspondente a uma T_a também em °C.

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU em °C) (Equação 2) foi calculado através do modelo criado por Thom (1959) e corroborado por Rosenberg et al. (1983).

$$ITU = (0,8 * Ta + \left(\frac{UR}{100}\right) * (Ta - 14,4) + 46,4) \quad (2)$$

Onde **T_a** é Temperatura do Ar, °C e UR é a umidade relativa do ar em %.

Em que **ITU** é Índice de Temperatura e Umidade, sendo adimensional (AZEVEDO et al., 2005).

O ITU, após estimado, foi analisado conforme indicado por Rosemberg et al. (1983), admite quatro categorias (Tabela 3).

Tabela 3 - Categorização do ITU segundo Rosemberg et al. (1983).

ITU	VARIÁVEIS DE CONFORTO
Até 74	Confortável
Entre 74,9 e 78	Alerta
Entre 78,1 e 84	Perigo
Maior ou igual a 84,1	Emergência

Fonte: Adaptado de Rohleder (2022).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. PRECIPITAÇÃO

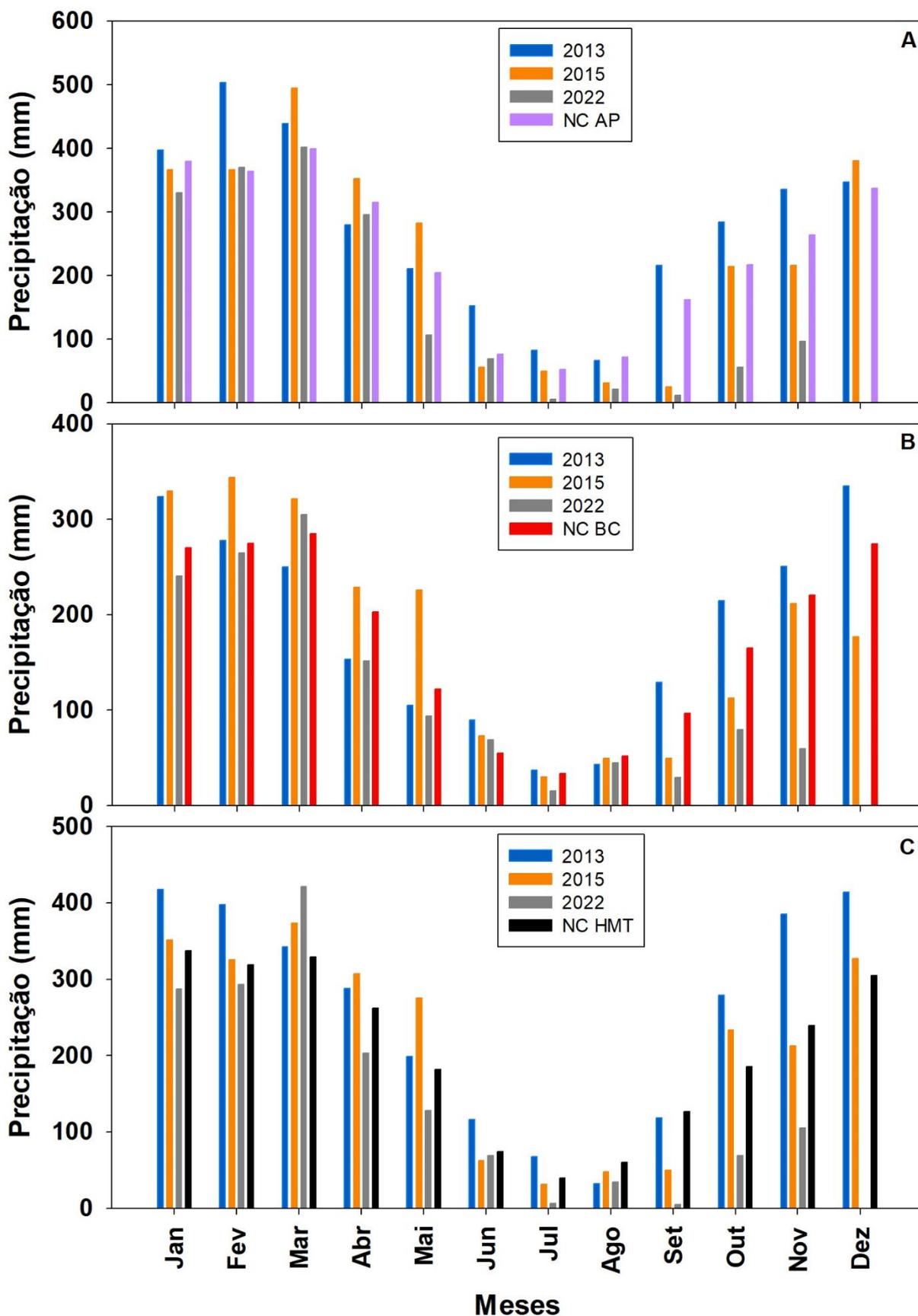
O ano de 2013 apresentou as maiores precipitações nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro para Boca do Acre, Humaitá e Apuí, respectivamente. Os menores índices ocorreram em julho para Boca do Acre e agosto em Humaitá e Apuí.

Já para o ano de 2015, os meses de máxima nas precipitações foram em fevereiro para Boca do Acre, e março para Humaitá e Apuí. Enquanto as mínimas foram durante os meses de julho para Boca do Acre e Humaitá, e setembro para o município de Apuí.

Em março de 2022 ocorreu os maiores índices de precipitação para todos os municípios. Já durante o período de seca, Apuí e Boca do Acre apresentarem as mínimas no mês de julho, e Humaitá em setembro (Figura 2).

A Mesorregião Sul do Amazonas apresenta períodos chuvosos entre outubro e abril e períodos secos entre junho e agosto. A Zona de Convergência do Atlântico Sul é um dos principais fatores que influenciam o regime de precipitação na Amazônia, com a ocorrência de um anticiclone chamado Alta da Bolívia durante os meses de verão. Em anos com menor índice pluviométrico na Amazônia, os centros da Alta da Bolívia tendem a ser menos intensos (DE SOUZA et al., 2022; JUNIOR et al., 2018; VIEIRA, 2013).

Figura 2 - Sazonalidade do total pluviométrico mensal para os anos de 2013, 2015 e 2022, nos municípios de Apuí (a), Boca do acre (b) e Humaitá (c).



Fonte: Autoral, (2023).

Durante o ano de neutralidade em 2013, todos os municípios apresentaram precipitação acima do esperado 16,6% para Apuí, 7,68% em Boca do Acre e 24,24% em Humaitá.

Ocorreram diferentes oscilações de precipitação na região Sul do Amazonas durante o ano de 2015 sob influência do El Niño (anomalia positiva). Pois para os municípios de Boca do Acre e Humaitá houve um aumento semelhante nos índices pluviométricos, com respectivamente 4,96% e 5,60%. Enquanto Apuí sofreu pequena queda com 0,34% no total de chuvas para o ano.

E durante o ano de La Niña (anomalia negativa) em 2022, todos os municípios apresentaram precipitação abaixo do esperado, com uma redução de 38%, 34,06% e 34,11% para os municípios de Apuí, Boca do Acre e Humaitá, respectivamente. Sendo o ano de maior queda dentre os estudados (Tabela 4). As anomalias nas precipitações em todos os anos podem estar relacionadas com os fenômenos de La Niña, El Niño e a neutralidade, bem como a variação de temperatura nos oceanos atlânticos sul e norte (ALVES; CABRAL; NASCIMENTO, 2022).

Tabela 4 - Total pluviométrico anual durante o período chuvoso (PC) e período seco (PS), e diferença da normal climatológica (NC) para os municípios Apuí, Boca do Acre e Humaitá.

Município	Ano	PC (mm)	PS (mm)	Total (mm)	≠ NC (mm)	≠ NC (%)
APUÍ	2013	2.303,33	1.014,18	3.317,51	471,96	+16,60
	2015	2.177,85	657,94	2.835,79	-9,76	-0,34
	2022	1.494,77	269,81	1.764,58	-1.080,97	-38,00
BOCA DO ACRE	2013	1.590,54	618,55	2.209,09	157,71	+7,68
	2015	1.613,01	540,22	2.153,23	101,85	+4,96
	2022	1.021,11	331,45	1.352,55	-698,83	-34,06
HUMAITÁ	2013	2.245,30	810,65	3.055,94	596,18	+24,24
	2015	1.897,40	699,89	2.597,29	137,53	+5,60
	2022	1.309,18	311,38	1.620,57	-839,19	-34,11

Fonte: Autoral (2023).

5.2. TEMPERATURA DO AR (Ta)

A temperatura do ar para o ano de 2013 foi maior para os meses de agosto em Apuí (27°C) e setembro em Boca do Acre (26,02°C) e Humaitá (26,88°C). Já as mínimas apresentaram-se em meses distintos para cada município, Apuí (24,91°C)

em fevereiro, em Boca do Acre (24,46°C) em julho e Humaitá (25,19°C) durante o mês de novembro, devido a elevada precipitação.

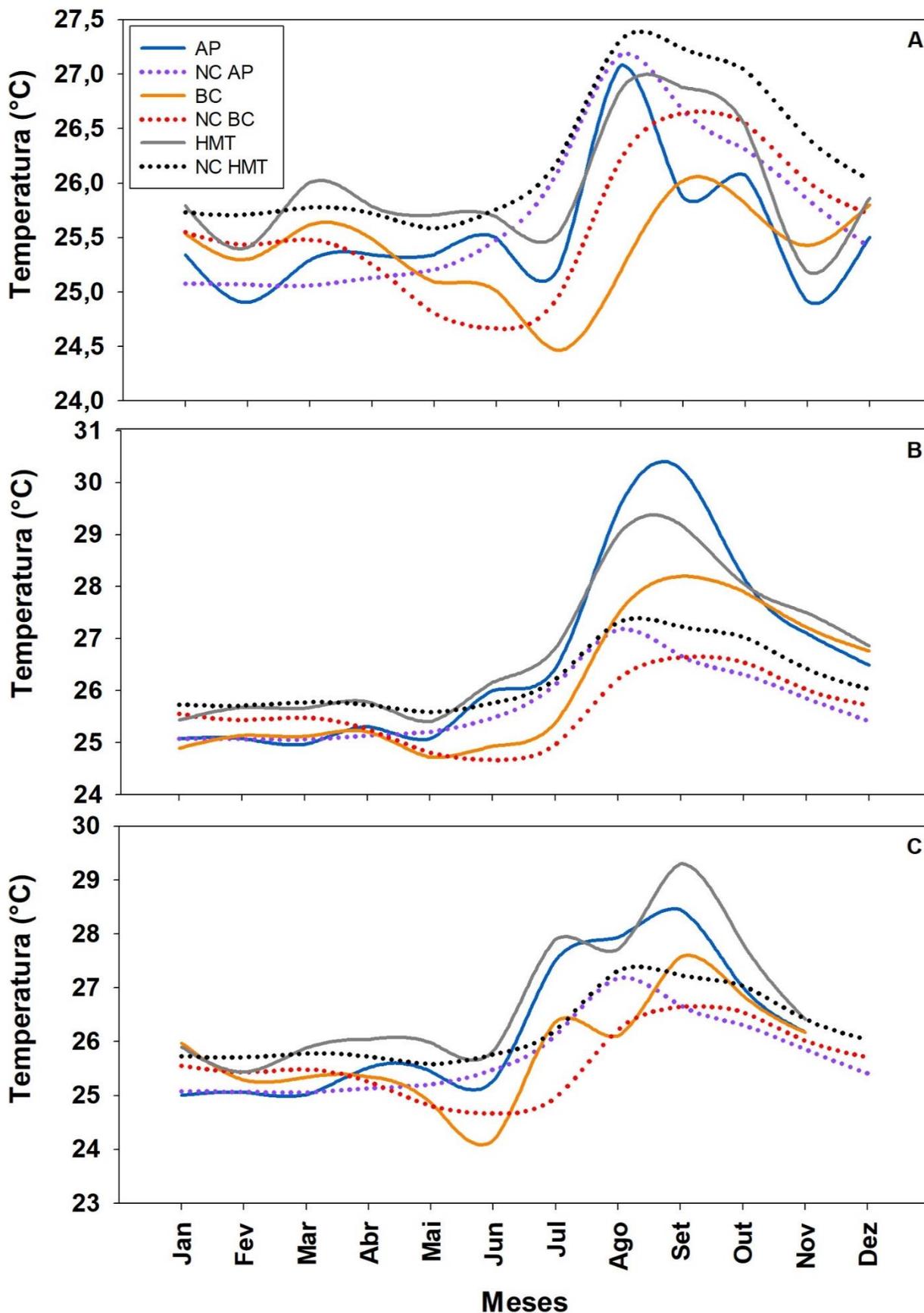
Já para o ano de 2015 houve uma constância das temperaturas máximas para o mês de setembro em todos os municípios, Apuí apresentou-se como o município com Ta mais elevado com 30,26°C, seguido de Humaitá com 29,19°C e Boca do Acre com 28,20°C. As Ta mais baixas ocorreram em março para Apuí com 24,96°C e maio para Boca do Acre e Humaitá, com 24,72°C e 25,41°C respectivamente.

Durante 2022 as maiores Temperaturas também ocorreram durante o mês de setembro para ambas as regiões. Humaitá apresentou a maior Ta com 29,30°C, seguida de Apuí com 28,45°C e Boca do Acre com 27,57°C. As temperaturas mínimas ocorreram durante janeiro para Apuí (25°C), fevereiro para Humaitá (25,44°C) e somente em junho para Boca do Acre (24,16°C) (Figura 3).

De acordo com Nääs (1989), a faixa de temperatura considerada confortável para a maioria dos ruminantes está entre 13 e 18 °C, enquanto para vacas em lactação, a faixa recomendada é entre 4 e 24 °C, com limites restritos de 7 a 21 °C.

As faixas de temperaturas consideradas confortáveis para vacas em lactação não foram alcançadas em nenhum dos municípios em todos os anos de estudo. Corroborando com estudo de Rohleder (2022), onde seus resultados também não atingiram as faixas ideais de Temperatura do Ar para o Sul do Amazonas.

Figura 3 - Sazonalidade da média mensal de Temperatura do ar para os anos de 2013 (a), 2015 (b) e 2022 (c), nos municípios Apuí, Boca do Acre e Humaitá.



Fonte: Autoral (2023).

5.3. UMIDADE RELATIVA DO AR (UR)

A Umidade Relativa do Ar apresentou as maiores médias durante os meses de fevereiro para Apuí com 92,62% e Boca do Acre com 90,16%, enquanto para Humaitá foi observado o maior UR durante o mês de novembro de 2013 com 92,37%. Durante o mês de agosto do mesmo ano todos os municípios tiveram uma queda em sua UR, onde para os municípios de Apuí, Boca do Acre e Humaitá foram de 70%, 71,22% e 70,27%, respectivamente.

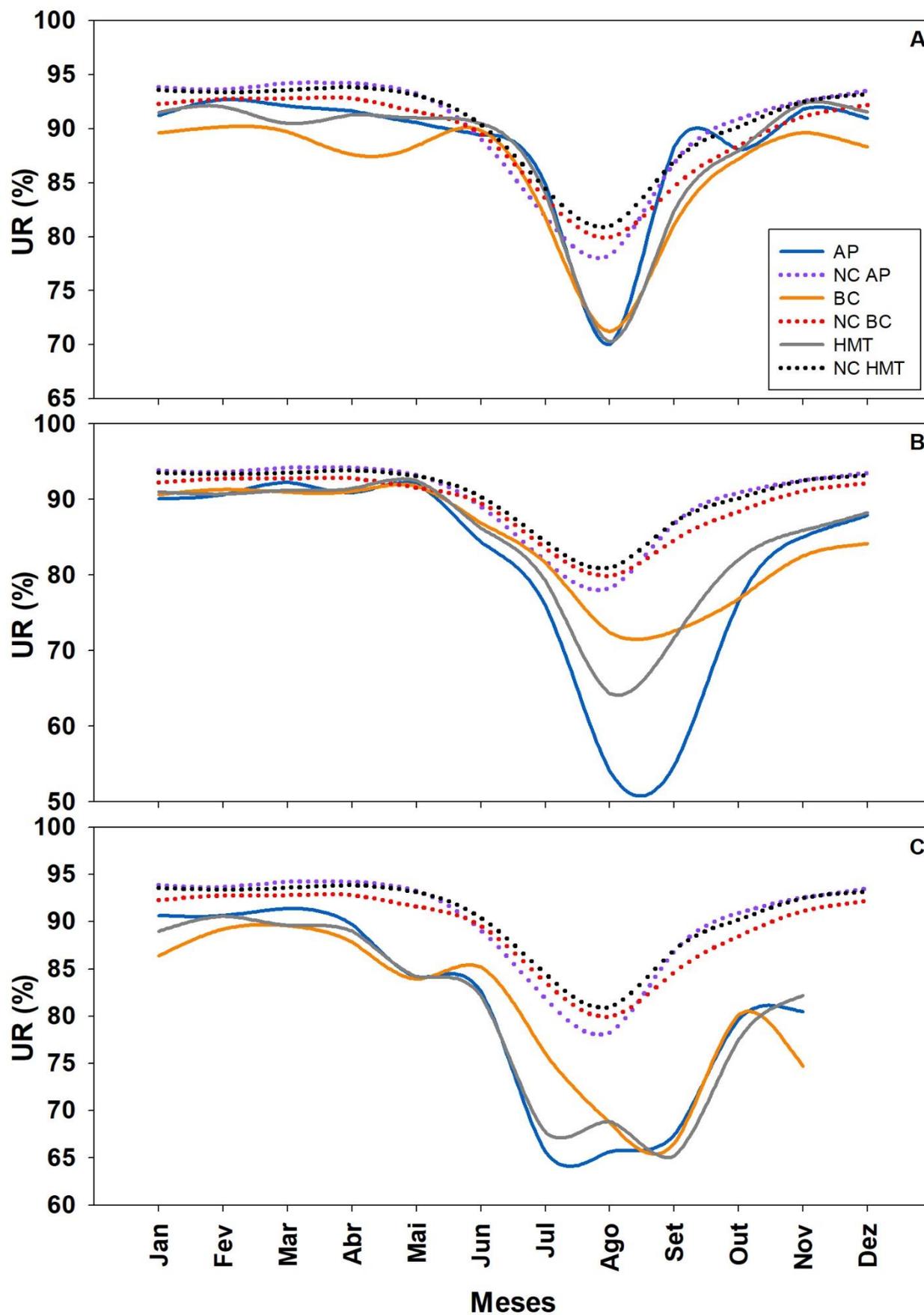
Já para o ano de 2015 os maiores percentuais de UR ocorreram no mês de março para Apuí (92,29%), e em maio para Boca do Acre (91,80%) e Humaitá (92,51%). Enquanto os menores também ocorreram durante o mês de agosto para todas as região, com 54,12% para Apuí, 72,44% para Boca do Acre e 64,37% em Humaitá.

Em 2022 as maiores taxas de Umidade Relativas ocorreram durante os meses de fevereiro em Humaitá (90,57%) e março em Apuí (91,38%) e Boca do Acre (89,56%). Apuí obteve uma queda de sua UR no mês de julho apresentando taxa de 64,64%, já Boca do Acre e Humaitá apresentaram a UR mais baixa durante o mês de setembro com 66,52% e 65,20%, respectivamente (Figura 4).

A umidade relativa ideal para a criação de vacas em lactação varia de 50 a 70%, valores inferiores influenciam no aumento da temperatura do ar nos momentos mais quentes do dia, e taxas entre 75% e 78% são estressantes, enquanto níveis acima de 78% são extremamente desconfortáveis (KADZERE et al., 2002; LEITE et al., 2012; SOUZA; SILVA; SILVA, 2016).

Dentre os municípios apresentados nenhum atingiu as condições de umidade relativa consideradas ideais. Porém, Apuí apresentou UR dentro do limiar somente para nos meses de agosto e julho dos anos de estudo. Entretanto, não sendo o bastante para a garantia do conforto constante dos animais. Sendo assim, todas as regiões possuem uma UR muito elevada na maior parte dos anos, o que pode agravar o estresse térmico devido à dificuldade de troca de calor do animal para o ambiente pela evaporação respiratória, a qual é regulada pela umidade relativa do ar (SOUZA et al., 2010).

Figura 4 - Sazonalidade da média mensal de Umidade Relativa (UR) do ar para os anos de 2013 (a), 2015 (b) e 2022 (c), nos municípios Apuí, Boca do Acre e Humaitá.



Fonte: Autoral (2023).

5.4. ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE (ITU)

Os valores de ITU para gado leiteiro, iguais ou inferiores a 75 indicam uma situação de conforto, enquanto valores de ~75 a 78 representam um estado de alerta, de ~79 a 84 indicam perigo e valores iguais ou superiores a 84 indicam estado emergência (LIMA et al., 2007).

Os ITU's no ano de neutralidade (2013) foram mais críticos e ocorreram em outubro no município de Humaitá (78,30 °C), seguido de Apuí (77,54) e Boca do Acre (77,11) no mês de dezembro. Somente Boca do Acre apresentou um ITU em situação de conforto, durante o mês de julho com um valor de 74,20.

Em 2015 ano de influência de El Niño, todos os municípios não alcançaram os índices de conforto térmico adequado. Os observados atenderam somente as categorias de Alerta e Perigo, sendo Humaitá o local com maior situação de desconforto, com valor de 80,36 durante o mês de setembro. O menor valor de ITU observado foi durante junho no região de Boca do Acre com valor de 75,50.

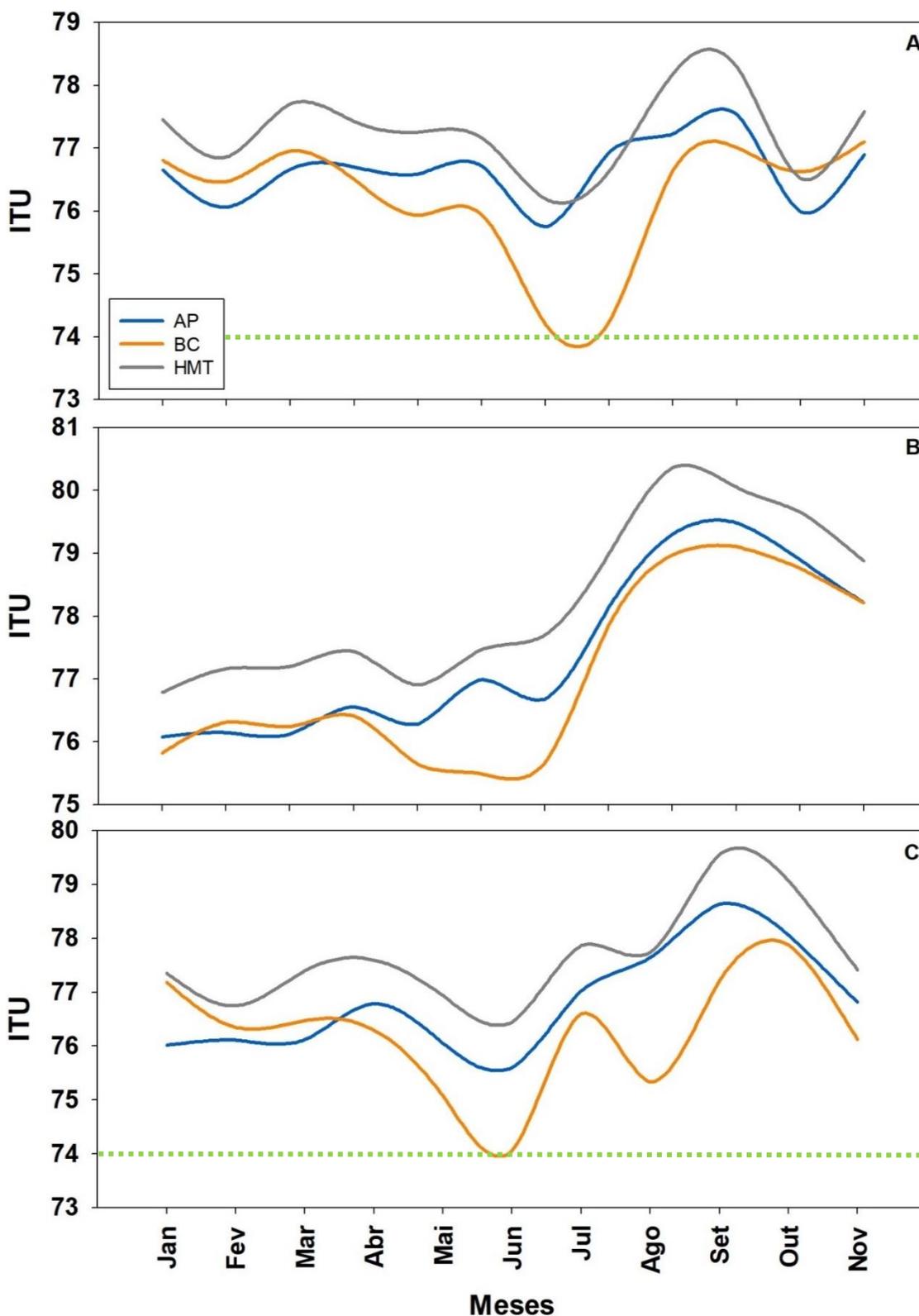
Boca do Acre foi o único município que apresentou situação de conforto durante 2022 período de La Niña, com um valor de 74,05 durante o mês de junho. Os menores valores encontrados em Apuí (75,60) e Humaitá (76,44) foram classificados em situação de alerta, também no mês de junho. O ITU mais crítico foi encontrado em Humaitá ocorrendo no mês de setembro com valor de 79,56 (Figura 5).

Rohleder (2022), afirma que em condições ambientais de desconforto térmico, os animais adotam mecanismos fisiológicos e comportamentais para equilibrar sua temperatura corporal. Esses mecanismos incluem aumento da taxa respiratória e dos batimentos cardíacos, sudorese, aumento na ingestão de água, redução na ingestão de alimentos, procura por lâminas de água e sombra, entre outros. (ROHLEDER, 2022).

A temperatura do ar elevada, principalmente quando combinada com umidade alta e forte radiação solar, pode reduzir a produção de leite de vacas de média e alta produtividade (AGUIAR; BACCARI, 2003). Estudos indicam que animais mantidos a céu aberto apresentam maior frequência respiratória do que aqueles mantidos sob sistemas lavoura-pecuária, e que a frequência respiratória diminui quando os bovinos têm acesso a sombreamento natural (ROVIRA; VELAZCO, 2010; SALMAN et al., 2021). Além disso, a capacidade de dissipar o calor corporal pode ser influenciada por fatores genéticos, como no caso das raças zebuínas, que regulam a temperatura

corporal de maneira mais eficiente do que as europeias em resposta ao estresse térmico (DALCIN et al., 2016).

Figura 5 - Média mensal do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) do ar, com destaque para o limiar de conforto térmico (pontilhado em verde) para os anos de 2013 (a), 2015 (b) e 2022 (c), nos municípios Apuí, Boca do Acre e Humaitá.



Fonte: Autoral (2023).

6. CONCLUSÃO

Os ITU's no ano de 2013 foram mais críticos ocorrendo em outubro no município de Humaitá, seguido de Apuí. Boca do Acre foi o único com ITU em situação de conforto no mês de julho. Em 2015, nenhum dos municípios alcançou índices de conforto térmico adequado, sendo Humaitá o local com maior situação de desconforto durante o mês de setembro. Boca do Acre mais uma vez, foi o município que apresentou situação de conforto durante 2022 no mês de junho, e Humaitá novamente com o ITU mais crítico durante o mês de setembro.

Os resultados da pesquisa revelaram que entre os municípios analisados, Boca do Acre obteve os melhores índices de conforto térmico animal, enquanto Humaitá apresentou o maior índice de desconforto térmico nos três anos estudados.

Os Índices de Temperatura e Umidade, apresentaram-se dentro do limiar de conforto térmico animal somente para os anos de neutralidade (2013) e sob efeito de La Niña (2022), ocorrendo apenas no município de Boca do Acre durante o período de seca no Amazonas. Para o ano de El Niño (2015), nenhum dos municípios alcançou níveis adequados de conforto térmico. Todos os locais registraram valores dentro das categorias de Alerta e Perigo, sendo Humaitá a região cujo ITU foi de valor mais crítico.

7. REFERÊNCIAS

AGUIAR, I. S.; BACCARI, J. R. F. Respostas fisiológicas e produção de leite de vacas holandesas mantidas ao sol e com acesso a sombra natural. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 1, p. 1–4, 2003.

ALVES, R. C. et al. Classificação climática para o estado do Amazonas segundo as zonas de vida de Holdridge. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 62, 2019.

ALVES, W. S.; CABRAL, J. B. P.; NASCIMENTO, D. T. F. A PARTICIPAÇÃO DO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL (ENOS) E DA OSCILAÇÃO DECADAL DO PACÍFICO (ODP) NAS CHUVAS EM GOIÁS E NO DISTRITO FEDERAL. **RAEGA-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 55, p. 176–200, 2022.

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. A importância relativa do Atlântico Tropical Sul e Pacífico Leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, p. 63–74, 2007.

AZEVEDO, M. DE et al. Estimativa de 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, p. 2000–2008, 2005.

BACCARI JÚNIOR, F. Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes. **Londrina: UEL**, v. 138, 2001.

BERNARDES, J. A. EXPANSÃO DO AGRONEGÓCIO NA AMAZÔNIA: DINÂMICAS E CONTRADIÇÕES. **Revista Tamoios**, v. 18, n. 1, 2022.

BORGES, M. et al. A INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL EM BOVINOS DE CORTE NO BRASIL. **ENCICLOPEDIA BIOSFERA**, v. 19, n. 42, 2022.

BROOM, D. M. Indicators of poor welfare. **British veterinary journal**, v. 142, n. 6, p. 524–526, 1986.

CAMPOS, A. T. DE et al. Efeito do estresse térmico avaliado pelo índice de temperatura e umidade sobre a produção de leite de vacas holandesas na região de Juiz de Fora. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 40, 2003.

CASTRO, P. M. DE. **Produção bovina leiteira no Brasil: revisão bibliográfica.** UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS. Jaboticabal-SP. 2023.

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, p. 863–870, 2010.

DALCIN, V. C. et al. Physiological parameters for thermal stress in dairy cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, p. 458–465, 2016.

DE SOUSA, A. M. L. et al. Variabilidade espaço-temporal da precipitação na Amazônia durante eventos ENOS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 01, p. 15–29, 2015.

DE SOUZA, S. A. S. et al. VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO NA MESORREGIÃO SUL DO AMAZONAS EM DECORRÊNCIA DE EVENTOS DE EL NIÑO. **RA'E GA-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 54, p. 23–36, 2022.

EMBRAPA. **Cadeia produtiva do leite no Brasil: produção primária.** - Portal **Embrapa**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1124858/cadeia-produtiva-do-leite-no-brasil-producao-primaria>>. Acesso em: 5 mar. 2023.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations.** Roma, Italy: FAO STAT - Livestock Primary, 2019.

FERREIRA, L. V.; VENTICINQUE, E.; ALMEIDA, S. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos avançados**, v. 19, p. 157–166, 2005.

GALUCH, M. V.; MENEZES, T. C. C. Da reforma agrária ao agronegócio: notas sobre dinâmicas territoriais na fronteira agropecuária amazônica a partir do município de Apuí (Sul do Amazonas). **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 28, n. 2, p. 388–412, 2020a.

GALUCH, M. V.; MENEZES, T. C. C. Da reforma agrária ao agronegócio: notas sobre dinâmicas territoriais na fronteira agropecuária amazônica a partir do município de

Apuí (Sul do Amazonas). **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 28, n. 2, p. 388–412, 2020b.

HEAD, H. H. **Management of dairy cattle in tropical and subtropical environments**. Congresso Brasileiro de Biometeorologia. **Anais**. 1995.

HERSBACH, H. et al. ERA5 hourly data on pressure levels from 1979 to present [Dataset]. **Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS)**. doi, v. 10, 2018.

IBGE. **Amazonas | Cidades e Estados**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/am.html>>. Acesso em: 22 fev. 2023a.

IBGE. **Rebanho de Bovinos (Bois e Vacas) no Amazonas**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/bovinos/am>>. Acesso em: 21 fev. 2023b.

IBGE. **Apuí (AM) | Cidades e Estados**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/am/apui.html>>. Acesso em: 1 mar. 2023c.

IMAZON. **Desmatamento na Amazônia atinge pior primeiro semestre em 15 anos**. Disponível em: <<https://imazon.org.br/imprensa/desmatamento-na-amazonia-atinge-pior-primeiro-semester-em-15-anos/>>. Acesso em: 1 mar. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRÁFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Rebanho bovino bate recorde em 2021 e chega a 224,6 milhões de cabeças**. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2022/09/rebanho-bovino-bate-recorde-em-2021-e-chega-a-224-6-milhoes-de-cabecas>>. Acesso em: 21 fev. 2023.

JUNIOR, A. L. P. et al. Variabilidade horária e intensidade sazonal da precipitação no município de Humaitá–AM. **Revista brasileira de Climatologia**, v. 22, 2018.

JÚNIOR, L. N.; NETO, J. L. S. Contribuição aos estudos da precipitação no estado do Paraná: a oscilação decadal do Pacífico-ODP. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 35, p. 314–343, 2016.

KADZERE, C. T. et al. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock production science**, v. 77, n. 1, p. 59–91, 2002.

LANER, DIEGO. **Rinotraqueíte infecciosa, mamilite e diarreia viral bovina em rebanhos de Humaitá/AM**. Descalvado - SP: Universidade Brasil, 2018.

LEAL, J. L. D. O. S. S. A AMAZÔNIA BRASILEIRA E O SEU CARÁTER TRANSNACIONAL: O APROVEITAMENTO DO SEU PATRIMÔNIO ESTRATÉGICO PARA GARANTIA DO DESENVOLVIMENTO. **Itajaí-SC, Abril de**, 2019.

LEITE, J. R. DE S. et al. Influência de fatores bioclimáticos nos índices produtivos e fisiológicos de caprinos nativos confinados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 443–448, 2012.

LEMOS, A. L. F.; SILVA, J. DE A. Desmatamento na Amazônia Legal: evolução, causas, monitoramento e possibilidades de mitigação através do Fundo Amazônia. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 1, p. 98–108, 2012.

LIMA JÚNIOR, E. S. **Análise do conforto térmico sobre a produção e taxa de concepção de bovinos leiteiros na região sudoeste da bahia**. 2022.

LIMA, K. A. O. et al. Estudo da influência de ondas de calor sobre a produção de leite no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 1, n. 1, p. 70–81, 2007.

MALISZEWSKI, E. **Dia Mundial do Leite: os desafios da cadeia**. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/noticias/dia-mundial-do-leite--os-desafios-da-cadeia_434701.html>. Acesso em: 5 mar. 2023.

MARTINS, P. A. DA S. **Normais climatológicas, balanço hídrico e classificação climática para a mesorregião Sul do Amazonas**. Humaitá-AM, 2019.

MARTINS, P. A. DA S. et al. Variabilidade espaço-temporal de variáveis climáticas na mesorregião sul do Amazonas. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 2, p. 169–184, 20 jun. 2019.

MAST, J. M. H. **Bovinocultura na Amazônia: evolução e suas implicações como atividade econômica no Amazonas. (o caso nos eixos rodoviários AM-070 e AM-010 e a Ilha do Careiro da Várzea)**. Manaus-AM. 2006.

MOLION, L. C. B. Gênese do El Niño. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, 2017.

MOURA, M. M. et al. Relation of El Niño and La Niña phenomena to precipitation, evapotranspiration and temperature in the Amazon basin. **Science of the Total Environment**, v. 651, p. 1639–1651, 2019.

NÄÄS, I. DE A. Princípios de conforto térmico na produção animal. **São Paulo: Ícone**, v. 183, 1989.

NEIVA, J. N. M. et al. 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.

OLIVEIRA, N. DE L.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, R. G. Influência do El Niño e La Niña no número de dias de precipitação pluviométrica no Estado do Mato Grosso. 2015.

PAVÃO, L. L. et al. DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA TEMPERATURA SUPERFICIAL URBANA NO SUL DO AMAZONAS. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 42, p. 210–224, 2017.

PAVÃO, V. M. et al. Variação espacial e temporal do saldo de radiação superficial em uma área do sul do Amazonas, Brasil. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 37, p. 333–352, 2016.

PEDREIRA JUNIOR, A. L. et al. Influência dos fenômenos El Niño e La Niña na sazonalidade da frequência relativa da precipitação da mesorregião sul do Amazonas. **RBRH**, v. 25, 2020.

PETROVA, D. et al. Sensitivity of large dengue epidemics in Ecuador to long-lead predictions of El Niño. **Climate Services**, v. 15, p. 100096, 2019.

PINHEIRO, C. Casa da Agricultura Casa da Agricultura Bovinocultura de Leite Bovinocultura de Leite. p. 24, 2012.

ROHLER, L. A. S. **CONFORTO TÉRMICO ATRAVÉS DA PRÁTICA DE INTEGRAÇÃO AÇAI-PECUÁRIA PARA BOVINOCULTURA LEITEIRA EM HUMAITÁ, SUL DO AMAZONAS**. HUMAITÁ - AM: UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, AGRICULTURA E AMBIENTE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS, fev. 2022.

ROSANOVA, C. et al. DETERMINAÇÃO DO ITU – ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE DA REGIÃO DE ARAGUAÍNA-TO PARA AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO DE BOVINOS LEITEIROS / DETERMINATION OF ITU - TEMPERATURE AND HUMIDITY INDEX OF THE REGION OF ARAGUAÍNA-TO FOR THE EVALUATION OF THE THERMAL COMFORT OF MILK CATTLE. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 69254–69258, 2020.

ROVIRA, P.; VELAZCO, J. **The effect of artificial or natural shade on respiration rate, behaviour and performance of grazing steers**. 2010.

SALMAN, A. K. D. et al. **Alternativas para mitigar o estresse térmico de bovinos em pastejo no bioma Amazônia**. EMBRAPA, 2021.

SOUZA, B. B.; SILVA, G. A.; SILVA, E. M. N. 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, B. B. DA et al. Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 6, n. 2, p. 59–65, 2010.

SOUZA, S. A. S. DE et al. **Variabilidade da precipitação na mesorregião sul do Amazonas em decorrência de eventos de El Niño Variability of the precipitation in the southern Amazonas mesoregion due to El Niño events**. v. 54, p. 23–36, ago. 2022.

TAVARES, L.; CORDEIRO, L. **Perfil socioeconômico e ambiental do sul do estado do Amazonas: Subsídios para Análise da Paisagem**. WWF-Brasil. 2017.

TOSI, M. **Por que o preço do leite disparou? Seca, inflação e fuga de produtores**. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/agronegocio/por-que-o-preco-do-leite-disparou-vacas-viram-churrasco-e-apontam-novo-rumo-do-setor/>>. Acesso em: 5 mar. 2023.

VIEIRA, S. DE O. **Efeitos da zona de convergência do atlântico sul (zcas) sobre as chuvas na região sul da Amazônia brasileira**. Manaus-AM. 2013.

YANAI, A. M.; FEARNSIDE, P. M.; GRAÇA, P. Desmatamento no sul do Amazonas: Simulação do efeito da criação da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Juma. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, Brasil**, p. 6193–6200, 2011.