

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO INSTITUTO DE
FÍSICA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA
AMBIENTAL**

**CARACTERIZAÇÃO DE FORÇANTES NATURAIS DO CLIMA
POR MEIO DA INFORMAÇÃO MÚTUA DA TEMPERATURA
DO AR EM DIFERENTES ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS DE
MATO GROSSO**

ANA CRISTINA XAVIER DE CARVALHO

**PROF. DR. SÉRGIO ROBERTO DE PAULO
ORIENTADOR**

Cuiabá, MT

Julho, 2022

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO INSTITUTO
DE FÍSICA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA
AMBIENTAL**

**CARACTERIZAÇÃO DE FORÇANTES NATURAIS DO CLIMA
POR MEIO DA INFORMAÇÃO MÚTUA DA TEMPERATURA
DO AR EM DIFERENTES ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS DE
MATO GROSSO**

ANA CRISTINA XAVIER DE CARVALHO

*Tese apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Física Ambiental
da Universidade Federal de Mato
Grosso, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Doutora
em Física Ambiental.*

**PROF. DR. SÉRGIO ROBERTO DE PAULO
ORIENTADOR**

Cuiabá, MT

Julho, 2022

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

D278c De Carvalho, Ana Cristina Xavier.

Caracterização de forçantes naturais do clima por meio da Informação Mútua da temperatura do ar em diferentes estações meteorológicas de Mato Grosso [recurso eletrônico] / Ana Cristina Xavier De Carvalho. -- Dados eletrônicos (1 arquivo : 75 f., il. color., pdf). -- 2023.

Orientador: Sérgio Roberto De Paulo.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2023.

Modo de acesso: World Wide Web: <https://ri.ufmt.br>.

Inclui bibliografia.

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

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: CARACTERIZAÇÃO DE FORÇANTES NATURAIS DO CLIMA POR MEIO DA INFORMAÇÃO MÚTUA DA TEMPERATURA EM DIFERENTES ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS DE MATO GROSSO

AUTORA: DOUTORANDA ANA CRISTINA XAVIER DE CARVALHO

Tese defendida e aprovada em **28 de AGOSTO** de **2023**.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

1. Prof. Dr. SÉRGIO ROBERTO DE PAULO (Presidente Banca / **ORIENTADOR**)

INSTITUIÇÃO: Universidade Federal de Mato Grosso

2. Prof. Dr. LEONE FRANCISCO AMORIM CURADO (Membro Interno)

INSTITUIÇÃO: Universidade Federal de Mato Grosso

3. Prof. Dr. JOÃO BASSO MARQUES (Membro Interno)

INSTITUIÇÃO: Universidade Federal de Mato Grosso

4. Prof. Dr. JONATHAN WILLIAN ZANGESKI NOVAIS (Membro Externo)

INSTITUIÇÃO: Universidade de Cuiabá

5. Prof. Dr. LÚCIO ÂNGELO VIDAL (Membro Externo)

INSTITUIÇÃO: Instituto Federal de Mato Grosso

CUIABÁ, 28/08/2023.



Documento assinado eletronicamente por **lucio angelo vidal**, **Usuário Externo**, em 06/09/2023, às 09:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **SERGIO ROBERTO DE PAULO, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 06/09/2023, às 09:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **LEONE FRANCISCO AMORIM CURADO, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 06/09/2023, às 09:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **JOÃO BASSO MARQUES, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 06/09/2023, às 20:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jonathan Willian Zangeski Novais, Usuário Externo**, em 11/09/2023, às 09:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **MARCELO SACARDI BIUDES, Coordenador(a) de Programas de Pós-Graduação em Física Ambiental - IF/UFMT**, em 12/09/2023, às 09:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **6126378** e o código CRC **441F5F8B**.

DEDICATÓRIA

A Deus, aos meus pais, Maria e José, ao meu filho Luís Fellipe

AGRADECIMENTOS

- O primeiro agradecimento é sempre a Deus, pelas bênçãos nessa caminhada.
- Aos meus pais, que sempre me apoiaram, pelas instruções de vida, e pelos ensinamentos levados para vida.
- A todos os meus dez irmãos, pelo apoio, e incentivo nessa jornada.
- Ao meu filho Luís Felipe, por me dá apoio e suporte em todos os setores da minha vida, bem como nos momentos em que precisei.
- E aos colegas conquistados nessa jornada acadêmica, em especial, com muito carinho a Ana Clara, que foi e é um anjo na vida, ao Luiz Eduardo, outro anjo que se fez presente, ao meu amigo de longa data Antuerber, pelo companheirismo em todos os momentos de minha vida, ao professor Sérgio de Paulo, que foi um grande presente que ganhei como orientador, pessoa iluminada, e por fim, a todos colegas e professores que de alguma forma contribuíram para o caminhar dessa fase maravilhosa de minha vida. Todos, eu levo no coração.

EPIGRÁFE

Pobre de ti se pensas ser vencido!

Tua derrota é caso decidido.
Queres vencer, mas como em ti não crês,
Tua descrença esmaga-te de vez.

Se imaginas perder, perdido estás
Quem não confia em si, marcha para trás;
A força que te impele para a frente
É a decisão firmada em tua mente.

Muitas empresas esboroam-se em fracasso
Ainda antes do primeiro passo;
Muitos covardes têm capitulado
Antes de haver a luta começado;

Pense grande e os teus feitos crescerão
Pense pequeno e irás depressa ao chão.
O querer é o poder onipotente,
É a decisão firmada em tua mente.

Fraco é aquele que fraco se imagina,
Olha ao alto o que ao alto se destina,
A confiança em si mesmo é a trajetória
Que leva aos altos picos da vitória.

Nem sempre o que mais corre a meta alcança,
Nem mais longe o mais forte o disco lança.
Mas o que, certo em si, vai firme em frente,
Com a decisão firmada em sua mente.

Bastos Tigre

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS	xi
LISTA DE SÍMBOLOS.....	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. JUSTIFICATIVA.....	2
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
2.1. CLIMATOLOGIA.....	4
2.1.1. Escalas de Estudos em Climatologia	5
2.3. METEOROLOGIA	8
2.3.1. Temperatura Do Ar	9
2.4. TEORIA DA INFORMAÇÃO.....	11
2.4.1. Informação Mútua	11
2.5. SÉRIES TEMPORAIS	13
2.6. Condução	14
2.6.1. Convecção	15
2.6.2. Radiação.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1. ÁREA DE ESTUDO	18
3.1.1. Tratamento Dos Dados	19
3.1.2. Relatório de Preenchimento de Falhas de Dados.....	22

3.2. CÁCERES.....	23
3.3. CUIABÁ	23
3.4. CANARANA.....	24
3.5. DIAMANTINO.....	24
3.6. SANTO ANTÔNIO DO LEVERGER (PE. RICARDO REMETTER)...	25
3.7. NOVA XAVANTINA.....	25
3.8. MATUPÁ	25
3.9. POXORÉU.....	26
3.10. RONDONÓPOLIS	26
3.11. SÃO JOSÉ DO RIO CLARO	26
3.12. VERA (GLEBA CELESTE)	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
7 APÊNDICE.....	62

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - Diagrama da informação mútua.....	18
FIGURA 02 – Print script Minf AB	25
FIGURA 03 - Print gráfico gerado pelo programa R .Erro! Indicador não definido.	
FIGURA 04 Combinações das onze estações meteorológicas totalizando 55 combinações.....	37
FIGURA 05 - Localização da área de estudo.....	40
FIGURA 06- Regiões com localização, identificação e altitude das estações meteorológicas.....	43
FIGURA 07 - Descrição conjunto das estações meteorológicas distribuídas em pares e os respectivos resultados da informação mútua da temperatura do ar.....	44
FIGURA 08- Torres Cuiabá e Padre Ricardo Remetter	45
FIGURA 09 - Torres Matupá e Rondonópolis.....	47
FIGURA 10 - Anos de dados trabalhados, médias da velocidade e direção do vento	48
FIGURA 11 - Intensidade e trajetória do vento.....	49
FIGURA 12 - Ajuste exponencial dos dados de inf. mútua e a distância entre torres	49
FIGURA 13 - Perfil da difusão molecular da temperatura do ar para os intervalos de tempo de 1,5,19 e 60 dias.....	56
FIGURA 14 -Perfil da difusão turbulenta da temperatura do ar para intervalos de tempo de 1,5, 10 e 60 dias.....	57
FIGURA 15 - Perfil da convecção da temperatura através do ar para 60 dias.....	57
FIGURA 16- Ajuste exponencial dos dados de Inf. Mútua para estações localizadas em que a distância se dá mais pela longitude que pela latitude.....	58
FIGURA 17 - Ajuste exponencial dos dados de Inf. Mútua para estações localizadas em que a distância se dá mais pela latitude que pela longitude.....	59
FIGURA 18- Histograma da velocidade do vento(m/s)	60
FIGURA 19- Legenda de identificação da diferença entre latitudes e longitudes....	61

FIGURA 20- Comportamento da velocidade e direção do vento.....	62
---	-----------

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Características das estações.....	29
---	-----------

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

Am -	Clima Tropical Úmido
Aw -	Clima Tropical Seco
Awa -	Tropical Quente Úmido
CLP -	Camada Limite Planetária
EMAs -	Estações Meteorológicas
IBGE -	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMT -	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE -	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
mEa -	Massa Equatorial Atlântica
mEc -	Massa Equatorial Continental
mPa -	Massa Polar Atlântica
mTa -	Massa Tropical Atlântica
mTc -	Massa Tropical Continental
UTM -	Universal Transversa de Mercator
ZSEE -	Zoneamento Socioeconômico e Ecológico

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área de transferência de calor
C_0	Concentração inicial
$C(x,t)$	Concentração da grandeza em função de x
D	Coefficiente de difusão
Q	Taxa de transferência de energia por calor
r	Coefficiente de correlação de Pearson
t	Tempo
T	Temperatura em (Kelvin)
$u \rightarrow$	Velocidade do vento
x	Espaço
K	Configura a condutividade térmica do material
X	Coordenada na direção de ocorrência da transferência térmica, em m

RESUMO

CARVALHO, A, C, X.D Caracterização de forçantes naturais do clima por meio da informação mútua da temperatura do ar em diferentes estações meteorológicas de Mato Grosso. Cuiabá, 2022, 97f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

O objetivo geral dessa pesquisa foi caracterizar as forçantes naturais do clima por meio da informação mútua da temperatura do ar em diferentes estações meteorológicas de Mato Grosso. Foram analisados dados de temperatura do ar de uma série temporal longa (entre 1998 e 2020 anos), calculando-se o grau de correlação entre os dados de pares de estações por meio do coeficiente de informação mútua, totalizando 55 análises de pares de estações. A partir dos resultados gerados, estudou-se a dependência do coeficiente de informação mútua com a distância entre as estações. Utilizando-se os resultados teóricos previstos pela teoria de transporte clássica, considerando-se os fenômenos de transporte molecular, transporte convectivo e turbulento, os resultados experimentais demonstraram que não há uma influência significativa de transporte de calor entre as localidades avaliadas, ou seja, que a termodinâmica da região é dominada pela radiação.

Palavras-chave: Radiação solar. Temperatura do ar. Informação mútua.

ABSTRACT

CARVALHO, A, C, X.D. Characterization of natural climate forces through mutual information on temperature in different meteorological stations in Mato Grosso. Cuiabá, 2022, 97f. Thesis (Doctorate in Environmental Physics) - Institute of Physics, Federal University of Mato Grosso.

The general objective of this research was to characterize the natural forcing of the climate through mutual information of air temperature in different meteorological stations in Mato Grosso. Air temperature data from a long time series (between 1998 and 2020 years) was analyzed, calculating the degree of correlation between data from pairs of stations was assessed using the mutual information coefficient, totaling 55 analyzes of pairs of stations. From the results generated, the dependence of the mutual information coefficient on the distance between stations was studied. Using the theoretical results predicted by classical transport theory, considering the phenomena of molecular transport, convective and turbulent transport, the experimental results demonstrated that there is no significant influence of heat transport between the evaluated locations, that is, that the thermodynamics of the region is dominated by radiation.

Keywords: Solar radiation, Air temperature. Mutual information.

1. INTRODUÇÃO

1.1. PROBLEMÁTICA

Nas últimas décadas, estudos voltados ao segmento da meteorologia tem se intensificado em diversas áreas, tais como no setor da agrometeorologia, campo este, que visa estudos das interações das condições meteorológicas com a produção agrícola (Ray *et al.*, 2019; Liu *et al.*, 2021; Lebel *et al.*, 2015; Zhao and Li, 2015; Sohngen *et al.*, 2001). Nesse sentido, são feitos investimentos de vários métodos estatísticos, a fim de acompanhar o ritmo das condições climáticas e com isso, prever possíveis alterações nos padrões climáticos, sobretudo associados ao setor agrícola (Liu *et al.*, 2021; Sohngen *et al.*, 2001).

Diante destas condições, são tomadas as melhores decisões nas conduções das atividades agrícolas, sabe-se por exemplo, que a temperatura do ar bem como a precipitação, exercem influência direta no processo de desenvolvimento de algumas culturas, podendo afetar diretamente toda uma cadeia produtiva (Hatfield *et al.*, 2011; Burke *et al.*, 2015; Kang *et al.*, 2009). Adicionalmente, é conhecido que a temperatura do ar é uma das variáveis que mais guarda informação a respeito dos sistemas naturais (de Paulo *et al.*, 2015).

Nesse contexto, entre os diversos elementos climáticos, estudos de longo prazo das variações da temperatura do ar tem se tornado cada vez mais frequentes, para estimar possíveis mudanças climáticas de uma região (Thornton *et al.*, 2014; Love *et al.*, 2010; Daly *et al.*, 2009; Argueso *et al.*, 2014). Os resultados podem servir de indicadores ambientais para melhor monitoramento desses eventos e com isso entender as influências meteorológicas em uma região. Contudo, ressalta-se a importância de se estudar os fatores que influenciam na variação da temperatura do ar, como é o caso das forçantes naturais climáticas que são eventos que influenciam na dinâmica desses elementos (Meehl *et al.*, 2010; Swingedouw *et al.*, 2011; Kuang *et al.*, 2013). A forçante radiativa é um exemplo dos diversos agentes climáticos que alteram o balanço energético no planeta. No Brasil, as forçantes mais importantes são os efeitos radiativos de nuvens, radiações dos

gases de efeito estufa, forçante de mudança de uso do solo, e a de aerossóis oriundos de fontes antrópicas (BRITO *et al.*, 2018).

1.2. JUSTIFICATIVA

É importante analisar os dados históricos de temperatura do ar para estimar possíveis mudanças climáticas de uma região, pois, os resultados entre muitas finalidades podem servir de indicadores ambientais para melhor monitoramento desses eventos, e com isso entender as influências meteorológicas em uma região. Contudo, ressalta-se a importância de se estudar a dinâmica climática do transporte de temperatura do ar, caracterizando suas principais forçantes naturais.

Os estudos também tem a finalidade de ter como base a previsão do tempo, informações essas tão essenciais para o planejamento Social e econômico de uma região, porque se esses elementos climáticos não forem previamente acompanhados, poderão impactar em grandes mudanças no meio ambiente e conseqüentemente na rotina de uma sociedade, sobretudo de grandes empreendimentos que dependem diretamente de um clima favorável e preservado, livre de impactos, para o desenvolvimento de suas atividades, a exemplo disso, temos o agronegócio, setor esse, de base comercial abrangente no mundo (FERREIRA;MORAIS ,2022).

Essas informações são obtidas por meio de séries históricas de cada variável, a exemplo disso, um elemento muito estudado é a temperatura do ar, ela se destaca por representar uma das variáveis mais importantes no meio ambiente, refletindo no desenvolvimento ou não de várias culturas cultivadas no agronegócio, assim seu monitoramento, é crucial para o sucesso de várias atividades. E entre as inúmeras metodologias de investigação existentes, neste estudo foi adotada a Informação Mútua (I), muito utilizada para correlacionar inúmeras variáveis meteorológicas. Esse método é conceituado como um coeficiente de correlação entre uma série temporal $[s(n)]$ e a mesma série defasada temporalmente por uma quantidade τ $[s(n+\tau)]$ (Abarbanel *et al.*, 1993).

Diante disso, estudos sobre microclimas com ênfase regional são importantes na medida em que médias globais “engolfam” mudanças no clima que podem ter impacto profundo na dinâmica dos ecossistemas. Em Mato Grosso,

estudos como esses têm papel importante para a perenidade do ramo do agronegócio.

Logo, o objetivo geral dessa pesquisa foi caracterizar as forçantes naturais do clima por meio da informação mútua da temperatura do ar em diferentes estações meteorológicas de mato grosso para isso, foram enumerados os seguintes objetivos específicos:

1. Investigar a informação mútua da temperatura do ar entre pares de estações onze estações meteorológicas em mato grosso;
2. Analisar se a velocidade e direção do vento influenciam nos resultados da informação mútua em cada estação meteorológica;
3. Analisar a dependência da informação mútua com latitude e longitude;
4. Correlacionar o cálculo da informação mútua da temperatura do ar com a distância entre os pares de estações meteorológicas.
5. Investigar o grau convergência das forçantes naturais de transporte de calor (molecular, turbulento e convectivo).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este trabalho tem como objetivo foi caracterizar as forçantes naturais do clima por meio da informação mútua da temperatura do ar em diferentes estações meteorológicas de mato grosso. Assim, para melhor entendimento do conteúdo, a fundamentação teórica abordará os conceitos de climatologia, escalas de estudos da climatologia, o clima como sistema complexo, conceitos sobre forçantes naturais do clima, da meteorologia, temperatura do ar, teoria da Informação e informação mútua, séries temporais, definições de condução, Convecção e Radiação.

2.1. CLIMATOLOGIA

Existem dois focos de estudos não muito distintos que estão dentro da ciência atmosférica e que aborda as interações atmosfera-biosfera, são o ramo da meteorologia e climatologia, a diferença básica uma da outra é o objeto de estudo, sendo que a primeira aborda o tempo com um panorama de período curto e a segunda, período prolongado (PRADO, 2017).

Ainda segundo o mesmo autor, a atmosfera é composta de várias camadas, e a que se encontra próximo da superfície terrestre consiste na troposfera, cuja extensão abrange aproximadamente 12 km de altitude. É nessa camada que ocorrem os eventos climáticos de forma mais intensa, pois se encontra próxima à superfície terrestre, região esta onde ocorrem grandes turbulências. Essa camada contém quase que a totalidade de vapor de água e aerossóis, além de comportar aproximadamente 75% da massa molecular da atmosfera.

A circulação geral da atmosfera é determinada pela radiação solar na distribuição de sua radiação, sendo este componente meteorológico uma importante fonte de energia que estimula vários processos abrangendo grande ou pequena escala (BELÚCIO *et al.*, 2014).

O comportamento do clima é influenciado por diversos fatores, entre eles a interação tríplice oceano-atmosfera-superfície terrestre, que age sobretudo nos processos de troca de energia e umidade entre cada sistema (SILVA, 2015).

2.1.1. Escalas de Estudos em Climatologia

Sob a ótica geográfica, os estudos do clima são voltados à extensão espaço-temporal dos componentes da estrutura terrestre. E no intuito de facilitar os estudos voltados ao tema, haja vista que se trata de uma área ampla, são delimitadas áreas de estudos, ou seja, há diferença no foco de estudos na escala climática na ordem da espacialidade ou da temporalidade (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007). Entretanto, é importante diferenciar os conceitos e objetos de estudos de cada escala climática, ainda em conformidade com os mesmos autores:

Macroclima - É considerada a maior extensão em termos de área nos estudos climáticos, abrangendo o clima global, zonal e se estendendo também ao clima regional de alguns espaços;

Mesoclima – É uma subunidade intermediária, ou seja, é uma unidade de transição entre as escalas climáticas superior e inferior, por exemplo, tem-se o clima regional. O clima local e topoclima, também se enquadram dentro da subunidade mesoclima;

Microclima - Comparado às demais unidades climáticas, esta é a menor unidade escalar, abrange desde alguns centímetros (cm) a dezenas de metros (m). Outra característica que define essa unidade são os movimentos turbulentos do ar que ocorrem na superfície.

2.1.2. O Clima Como Sistema Complexo

A definição de complexidade, no que se refere a palavra, tem origem do latim *complexus*, isto é, o que tece junto, e numa definição mais objetiva presente no dicionário Aurélio, diz ser “relativo ao que é complexo” (LUKOSEVICIUS *et al.*, 2016).

O conceito de teoria da complexidade varia segundo a área do conhecimento, pois trata-se de um complexo de teorias que se aplica em diversas áreas do conhecimento, a exemplo do campo da biologia, meio ambiente, aviação, computação entre muitas, áreas que recebem auxílios para o entendimento dos dispositivos que governam a complexidade (LUKOSEVICIUS *et al.*, 2016). Além disso, os conceitos

de complexidade como fenômenos caóticos, estruturas dissipativas, fractais, entre outros, são utilizados nos mais diversos estudos de análises de fenômenos não lineares em diversas áreas da ciência (BAAS,2002)

Diversas correntes abordam os estudos sobre a complexidade, porém são destacadas duas principais, o pensamento complexo, representado por Edgar Morin, corrente essa, que remete ao pensamento simples em que abrange a realidade considerando todos os possíveis modos de pensar, pois segundo o autor, o pensamento complexo incorpora elementos antagônicos que se completam no processo de se pensar a realidade permitindo a compreensão da realidade a exemplo dos princípios ordem e desordem Morin, (2015b), já as ciências da complexidade abrangem áreas de desenvolvimento de modelos matemáticos, ciências da humanidade, fenômenos da natureza e em campos da ciência da computação.

Destaca-se a importância de se ter uma abordagem holística acerca da temática climática e suas interações dada a complexidade em que o clima se insere.

Em se tratando da natureza complexa desse sistema, há de se observar primeiramente, que um sistema complexo se caracteriza entre muitos, pelas interações entre subsistemas do sistema climático (HOLOVATCH; KENNA.,2017). Isto é, essas interações têm como resultados os efeitos dos elementos climáticos em escalas espaço-temporal, a exemplo disso, a relação oceano-atmosfera estabelecida na regulação do clima por meio do transporte de energia, migrando de regiões tropicais onde há excesso em direção as regiões com insuficiência de energia no caso de regiões polares (MAGALHÃES; CRUZ., 2021).

Outras circunstâncias que caracterizam o clima como sistema complexo diz respeito às mudanças consecutivas dos elementos climáticos, tais processos implicam em grandes calamidades naturais (GEOGRAPHIC,2021). O planeta Terra sofre com inúmeros desastres naturais, além daqueles que é causado por ações antrópicas, tais como grandes secas, cheias entre muitos.

Portanto, ao avaliar uma realidade fenomênica, segundo Morin (2004) para melhor compressão, é necessário que se considere o todo, valorizando as interações ou retrocessos entre as partes que integram o todo. Pois, o clima é o sistema complexo e por isso deve ser associado a outras esferas como a biológica e física e social para poder ser mais bem compreendida, pois, Andrade, (2007) relata que o sucesso no

entendimento de estudos sobre as características atmosféricas locais depende da inter-relação das circunstâncias climáticas a nível espacial maiores.

Soma-se a isso, a importância de se compreender a dinâmica climática sobre o viés da multidisciplinaridade, considerando novas compreensões (ANDRADE, 2007).

2.2. FORÇANTES NATURAIS DO CLIMA

O Sol também desempenha um importante papel na forçante climática, ou seja, interfere nas condições climáticas. Na visão por exemplo da climatologia, todos os processos de interação do fluxo de energia desde a fonte ao destino são importantes por que são geradas mudanças a nível de todas as escalas temporais (BEER *et al.*, 2000).

O fluxo de energia solar emitida e recebida é um processo complexo (Brito Neto, 2017). Se houver uma desproporção da relação entre a emissão e o recebimento dessa energia, ocorrerá um contrabalanceamento de energia no planeta, tal processo se estabelece de forma bem complexa na interação com as camadas atmosférica, hidrosfera, biosfera, criosfera e litosfera (MONTEIRO *et. al*, 2021).

Por se tratar de um sistema complexo é que ocorrem muitas alterações no clima, tudo isso , relaciona-se a uma série de fatores que contribuem nesses processos, tais como deslocamentos das placas tectônicas responsáveis por uma série de transformações geográficas, variações orbitais da terra, alterações da correntes oceânicas, como por exemplo na desaceleração dessas correntes, e a própria composição atmosférica que é composta por uma série de gases que interagem com a radiação(Hartmann, 1994, Galaz et al., 2018, Carneiro et al., 2019).

De igual modo, esses processos que ocorrem entre esses componentes estimulam sistema climático (Ambrizzi *et al.*, 2019), logo podem desencadear várias consequências, como exemplo o chamado mecanismo de retroalimentação, que nada mais é que reguladores do sistema climático de várias escalas (MONTEIRO *et al.*, 2021). Esses reguladores do clima podem causar efeitos positivos, sendo estes responsáveis pelo aumento dos efeitos das forçantes radiativas no clima e negativos

que realiza efeitos contrários aos positivos, e tudo isso, no momento da transição entre os subcomponentes (GINZBURG & DEMCHENKO, 2019; CARSLAW *et al.*, 2010).

As nuvens, por exemplo, se destacam pelo importante efeito no clima, sobretudo, no balanço energético e na amplitude dessa interferência que dependerá de vários fatores tais como a altitude das nuvens, o tipo de cobertura, e de sua composição (Hartmann *et al.*, 1992; Chen *et al.*, 2000).

2.3. METEOROLOGIA

Conforme já mencionada na seção anterior, há distinções que caracterizam estudos meteorológicos e climatológicos. Prado (2017) conceitua de forma objetiva cada termo: a meteorologia é uma ciência que se dedica a estudar os fenômenos atmosféricos em escala limitada de tempo instantâneo, o estudo da climatologia é mais abrangente como ciência, pois estuda o clima em escala temporal, mais duradoura.

Além disso, segundo o autor esses fenômenos ocorrem na Camada Limite Planetária (CLP) e por tanto numa escala micrometeorológica, que ocorrem especificamente os eventos atmosféricos turbulentos, em função desta camada estar próxima ao solo, pois no processo de interação entre o vento, o solo ora aquecido, ora resfriado provoca movimentos caóticos.

Assim também, Moreira, Tirabassi & Moraes (2008), destacam um papel mais específico da meteorologia, de estudos voltados à qualidade do ar, pois o ar é um meio sujeito à absorção de poluentes que se dissipam facilmente, sobretudo em função da ação do vento.

Continuamente Lagourvardos *et al.* (2017) argumentam sobre estudos voltados aos campos da meteorologia e climatologia nas últimas décadas, que tem sido crescente o número de estações meteorológicas automáticas para fins de monitoramento climatológico. Assim, pois, tem sido de grande valia na geração e no acompanhamento de dados de variáveis climáticas, otimizando os processos sobretudo os agrícolas.

Do mesmo modo, a abrangência em estudos da meteorologia se deve fundamentalmente à necessidade de observar o acompanhamento do clima em tempo real, para o bom planejamento de inúmeras atividades e a geração desses dados que se

dispõem simultaneamente e é reflexo de uma tecnologia avançada de sistemas de informação remota, entre outras formas (ESTÉVEZ *et al.*, 2011).

Igualmente para Barry & Chorley (2011), é importante saber distinguir o que são elementos meteorológicos de fatores climáticos, pois ambos exercem condições diferentes, os fatores climáticos se relacionam com a latitude, altitude, massas de ar, entre outros e influenciam os elementos meteorológicos tais como, temperatura do ar, radiação solar, precipitação, entre outros.

E nesse processo de distinção, é importante se conhecer a variável de estudo, bem como suas interações. A radiação solar, por exemplo, representa importância sobretudo em muitos processos naturais, afinal de contas, ela atua em processos físicos, químicos e biológicos (GONG *et al.*, 2019). E mais, a energia solar é muito abrangente, além dos processos naturais, ela é aproveitada para diversos fins, tais como, produção de biodiesel (Gupta & Virendra, 2019), no conforto térmico humano e animal (KAASALAINEN *et al.*, 2020), entre muitas outras finalidades.

2.3.1. Temperatura Do Ar

O monitoramento da sazonalidade da temperatura do ar, é de grande importância, pois este elemento climático é bastante influente na vegetação como um todo. Na visão de Lucchesi (1987), a temperatura do ar exerce grande atuação nas funções orgânicas de plantas e animais trazendo diversos efeitos sobre seu desenvolvimento.

Soma-se a isso, o destaque em vários estudos específicos, uma vez que a temperatura representa grande destaque no processo de tomada de decisões no planejamento da agricultura no que tange à escolha das mais adequadas porções de terras, especialmente quando aliadas à sustentabilidade ambiental, representando com isso maiores benefícios nos mais diversos ramos, por exemplo para vegetais, animais, e setores como agropecuária, entre outros (DE MEDEIROS & PALMEIRA CAVALCANTE, 2020).

Por se destacar como uma das variáveis de estado mais importante, a temperatura do ar tem sido muito requisitada em vastos estudos da área ambiental,

abrangendo desde modelos de estimativas de produtividade de culturas até estudos sobre a dinâmicas do tempo e climatológicas (JANATIAN *et al.*, 2016).

Entre outras funções, a temperatura do ar quando se encontrar favorável, exerce fundamental importância para a manutenção da vida, caso contrário, a sua variação em proporção anormal representa danos ambientais e sociais (BARBOSA *et al.*, 2019).

Em adição, a temperatura do ar sofre alteração por consequência da latitude, longitude e altitude em escala global; já em escala microclimática, vai depender de alguns fatores, tais como o tipo de relevo de um local, bem como da localidade de áreas amenas como áreas úmidas, rios, entre outros, além da própria inclinação do sol e ação do vento.

É importante destacar a relevância das inúmeras ferramentas utilizadas na aferição da temperatura do ar observadas a importância da localidade em que se estima, pois a depender da localidade, deve se considerar, a influência de outros fatores seja ele individual ou combinados como é o caso da temperatura na superfície que são estabelecidas em escala global pela circulação geral da atmosfera, continentalidade e maritimidade, pelas coordenadas geográficas, altitudes, e em escala local considerar a topografia (AGUADO & BURT, 2015).

Além disso, a radiação solar influencia na variação diária da temperatura, resultando no aquecimento do solo. E para aferir a temperatura do ar na superfície, deve se ater à altura padrão, considerando de 1,25 a 2 metros acima da superfície (GUARIENTI, 2020). Deve-se obtê-la à sombra também (VAREJÃO SILVA, 2006)

Desse modo para obter resultados mais autênticos relacionados a avaliação da temperatura do ar, só será possível se levar em consideração o estudo com o número maior de variáveis (CAPUCHINHO *et al.*, 2019). Por exemplo, no caso da radiação solar, e a temperatura do ar caminham juntas, pois as duas variáveis estão intimamente ligadas no que tange à intensidade da radiação recebida, bem como a nebulosidade.

Esta última, desempenha um papel fundamental na interceptação da radiação infravermelha, entretanto se ocorre ausência de nebulosidade, contribui para o aquecimento direto do solo, dessa forma, esse processo favorece a perda de energia pelo processo de irradiação (GUARIENTI *et al.*, 2018).

Outra variável importante para o estudo conjunto com a temperatura do ar, é o do regime dos ventos. O ganho de calor recebido em determinado local é o que

determina a temperatura média de um dado local, sendo nesse processo favorecido por uma série de fatores, entre eles o vento tão importante no deslocamento das massas de ar, potencializado pelas correntes oceânicas entre outros (BUTERA, 1995).

2.4. TEORIA DA INFORMAÇÃO

A teoria da informação, surgiu da proposta dos engenheiros Claude Elwood Shannon e Warren Weaver, nos anos de 1940, o objetivo foi apresentar soluções para resolver assuntos técnicos de armazenamento e circulação de informações, já que consideraram como um problema a comunicação ou teoria da informação, relacionando a matemática e fundamentada na estatística.

Assim, ciência da informação é um campo interdisciplinar, e um dos objetos de estudos é a teoria da informação que se insere dentro da probabilidade. Esse campo trata de uma série de questões inseridas em sistemas de comunicação de uma maneira geral, ações de codificação de dados, bem como a compactação dos mesmos, além da correção de erros (PINHEIRO, 2004). Além disso, um dos propósitos da teoria da informação é o de elucidar problemas técnicos no processo de comunicação. A exemplo do primeiro trabalho com esse fim de decodificação foi proposta por Claude Shannon “The mathematical Theory of Communication “.

Com isso, permite a inter-relação com diversas áreas, baseado na quantidade, na distribuição e na probabilidade das informações. Além disso, cada área do conhecimento possui uma interpretação específica e distintas acerca da teoria da informação. Enquanto na engenharia as informações se resumem a teoria de incertezas, na matemática

2.4.1. Informação Mútua

Soma-se a isso a contribuição conceitual de informação mútua, de entropia e da criação do bit ligada à unidade fundamental da informação, surgiram a partir das publicações dos autores Shannon e Weaver (1948), autores estes que tiveram grandes contribuições no ramo da teoria da informação (MOTA *et al.*, 2014).

Informação mútua está inserida no campo da teoria da probabilidade e da informação, é a medida onde são observadas de forma compartilhada o grau de dependência entre duas variáveis analisadas, ou seja, mede as informações que uma variável tem sobre a outra (VIDAL, 2012).

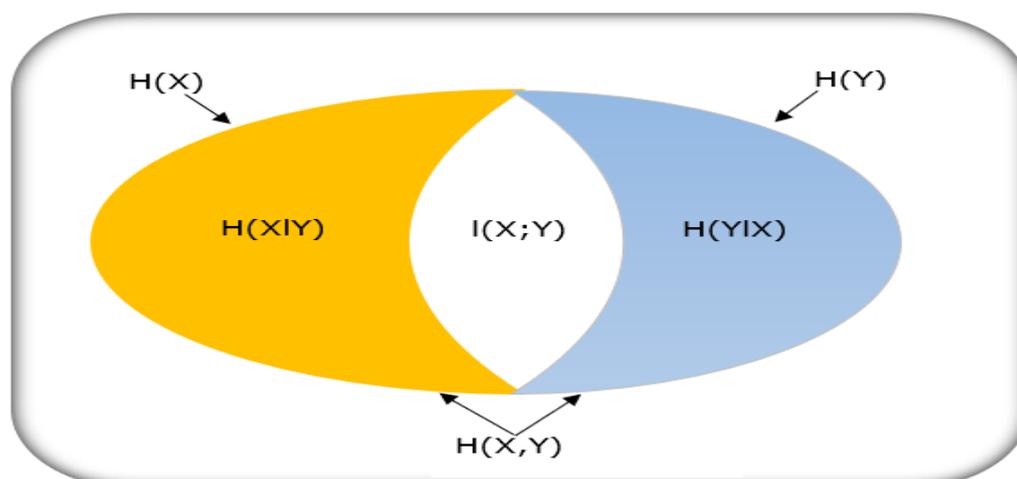


FIGURA 1 – Diagrama da informação mútua

FONTE: Adaptado de Cover e Thomas, 2005.

- $H(X)$ diz respeito a incerteza relativa a X ;
- $H(Y)$ é a incerteza relativa a Y ;
- $H(X, Y)$ é a incerteza sobre a ocorrência de X e Y ;
- $H(X|Y)$ refere-se à quantidade de incerteza que resta sobre a entrada da variável X , após a saída da variável Y ser observada.

Quando se refere à captação de dados de variáveis ambientais fornecidas pelas estações meteorológicas, Tsinko *et al.*, (2018) enfatizam que os resultados fornecidos pelas EMS-A nem sempre podem ser precisos em virtude de uma série de fatores ambientais que podem influenciar nos registros, pois os dados obtidos podem sofrer interferência do ambiente em que se encontram gerando inúmeros problemas na unidade de captação e como consequências gerar erros, ou até mesmo interrupção e perda dos registros, contudo existe a possibilidade de resolver esses contratempos através técnicas estatísticas.

A informação mútua é uma medida bem desenvolvida no papel de estimar dependências de conjuntos de variáveis, sem precisar que haja uma situação linear

(KRASKOV;GRASSBERGER,2009). E seu objetivo quando utilizada em análises, é de mostrar o nível de ordem de um sistema complexo de uma dada variável.

A informação mútua é utilizada em muitas áreas tais como, sistemas biológicos, área da tecnologia, em telecomunicações, na área da saúde, mecânica estatística, detecção da sincronização de fase em análise de séries temporais,entre muitas outras áreas. Diversos estudos tem se utilizados da informação mútua para avaliar a medida de dependência das variáveis envolvidas, Chen *et al.*, (2013), utilizaram a informação mútua para analisar a detecção do MPM (Model-Plant Mismatch). (BADWE *et al.*, 2009).

Cruz (2017) também trabalhou com a informação mútua e avaliou erros entre modelos de sistemas de controle (MPC e as plantas, considerando, os modelos não lineares.

Outros estudos como os de Franzen et al. (2020), realizado no rio colorado nos Estados Unidos, com base na aplicação da teoria da informação, os autores buscaram caracterizar o grau de dependência entre a precipitação e a vazão do rio colorado, e com isso, foram analisadas as medidas de informação em função da altura da chuva.

Estudos feitos nacionalmente, na região nordeste do Brasil, por Rodrigues et al. (2016), também avaliaram a oscilação espaço-temporal da precipitação e vazão, para isso, utilizaram-se a entropia de Shannon, ou seja, verificaram as tendências e variabilidade climática.

Medeiros (2019) analisou a ocorrência de chuvas em Recife verificando a sazonalidade dessa variável, avaliando dados pluviométricos diários, mensais e anuais.

2.5. SÉRIES TEMPORAIS

Uma série temporal de dados é definida por um conjunto de dados em intervalos de tempo e espaço. No processo de avaliação, são analisados, as observações das variáveis vizinhas, pois são dependentes (SILVA, 2015). Somado a isso, uma série

temporal engloba a intenção de se acompanhar dados quantitativos sobre a movimentação de variáveis no espaço e no tempo.

São classificadas como discreta, que é quando as observações são realizadas de forma mais precisa, em tempo fixo; e contínuas, ocorre o oposto, em que as observações são obtidas considerando um intervalo contínuo $T = [a, b]$ (BROCKWELL; DAVIS, 2016).

Uma outra forma de análise seria por meio de representação gráfica (LIMA *et al.*, 2015). E nesse processo de análise que é composto por várias etapas, estar apto no sentido de experiência para desempenhar esses processos, é de suma importância, pois é decisivo na escolha dos métodos mais adequados na hora da manipulação dos dados (OLIVEIRA, 2015).

Em regra, uma série temporal abrange três elementos não observáveis, que são: a sazonalidade, a tendência e sua aleatoriedade (PINTO, REISEN e MONTE 2018a)., uma série temporal é regularmente de grande extensão por causa do vasto número de medições, que são realizados pelas estações meteorológicas de vários lugares (SANTO, PINTO, 2022)

De acordo com Diniz *et al* (2008), ao fazer uma modelagem de uma variável estudada, deseja-se com isso analisar o seu comportamento como um todo, avaliando elementos que interferem no seu ordenamento ou vice e versa. Diz-se que estudos com séries temporais possuem caráter multidisciplinar em vários campos, sobretudo na meteorologia, em que dados das mais diversas variáveis são estudadas.

2.6. Condução

De acordo com Coelho (2016, p. 20), o processo de condução térmica, ocorrerá na presença de um gradiente de temperatura, no interior dos sólidos que favorece a condução do calor sempre da região de maior temperatura para região de menor temperatura. Esse processo de transferência de calor é descrito pela lei de Fourier, sendo este um dos modelos mais aplicados para descrever esse processo (VANIER, 2010). Abaixo a equação:

$$Q = -KA \frac{dT}{dx} \quad \text{Equação (1)}$$

Q é a taxa de transferência de energia por calor;

A corresponde a área de transferência de calor;

T temperatura em k (Kelvin);

x é a coordenada na direção de ocorrência da transferência térmica, em m, e

K configura a condutividade térmica do material.

Essa lei permite a análise de transmissão de calor em vários materiais. Além disso, quando se fala de um gradiente de temperatura como meio de transmissão de calor, quer dizer que nesse meio de transferência de calor a substância é estática, ou seja, sem agitação das partículas constituintes do meio (COELHO,2016).

A transmissão de calor por condução acontece em muitos meios propícios para esse fim, ou seja, que possuem a condutividade térmica, por exemplo, alguns materiais com essas características são chamados de bons condutores de calor, sendo o oposto chamado de isolante térmico (COELHO,2016).

2.6.1. Convecção

A convecção é um modo de transportamento de energia, e esse processo, pode ocorrer em vários cenários na natureza, ocorrendo na camada troposfera da Terra. Tal processo, contribui entre muitas influências no clima, para formação de nuvens (Barry et al. 2002). No campo da astrofísica por exemplo, o fenômeno da convecção exerce função importante no transporte de calor que ocorre no núcleo das estrelas (KIPPENHAHN et al. 1990).

No processo de convecção, o transporte de energia ocorre entre uma superfície sólida e a líquida ou gás. Nesse processo essas ações são combinadas da condução de calor e dos movimentos de mistura (OLIVEIRA, 2018).

O transporte de energia térmica é expresso por meio lei de Newton do resfriamento. (COELHO, p. 22), conforme a expressão:

$$Q = hA (T_s - T_\infty) \quad \text{Equação (2)}$$

Q corresponde a taxa de calor;

A área da superfície em m^2 ;

h coeficiente médio de transferência de calor em $W/(m^2.K)$;

T_s corresponde a temperatura da superfície em $^\circ C$ e;

T_∞ corresponde a temperatura do fluido em $^\circ C$, considerando o afastamento da superfície.

Em termos gerais, no que se refere à circulação geral da atmosfera, o processo convectivo é responsável por grandes movimentos verticais de massas de ar direcionando-as para as altas e baixas latitudes do planeta, e esse efeito resulta na distribuição do calor nessas áreas para áreas com restrição de energia. Contudo, tal processo, ocorre também de maneira oposta devido ao cinturão de baixa pressão envolto da Antártica (OWENS; ZAWAR-REZA, 2015).

Em meio natural, esse fenômeno ocorre naturalmente de forma forçada, ou através de um gradiente de densidade, esses dois meios de convecção embora diferentes, permitem a transferência no fluido, mas com intensidade diferente devido ao ambiente, e no caso de um ambiente natural, esse movimento acontece de forma mais lenta (KREITH; BOHN, 2003).

Nesse processo de transferência de calor, são envolvidas uma série de variáveis tais como, as características do fluido analisado, a diferença de temperatura da superfície avaliada e ambiente, a natureza do escoamento, se forçada ou natural, enfim, todos esses parâmetros fazem de o processo convectivo de calor ser complexo (COELHO,2016).

2.6.2. Radiação

A irradiação térmica é um processo de transferência de calor que ocorre por meio de ondas eletromagnéticas, e nessa dinâmica, o calor é transmitido de um corpo com alta temperatura para um de baixa temperatura. Diferentemente dos processos de condução e convecção, a radiação não necessita de um meio material para se propagar, ocorrendo no vácuo. (OLIVEIRA, 2018).

E essa emissão de radiação Q_e de um corpo é proporcional à quarta potência de sua temperatura. Essa relação pode ser descrita pela lei de Stefan-Boltzmann, cuja equação:

$$P = e \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4 \quad \text{Equação(3)}$$

P- Potência emitida (W)

e - Emissividade

σ - Constante de Stefan-Boltzmann

T - Temperatura absoluta (K)

A - Área (m²)

Sendo a constante de Stefan-Boltzmann, $\sigma = 5,7 \cdot 10^{-8} \text{ W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$.

A dinâmica da Radiação solar emitida e a que chega na terra, se dá por meio de ondas eletromagnéticas, onde o sol emite comprimento de ondas curtas e a que é emitida pela superfície terrestre emite ondas longas (YNOUE *et al.*, 2017). Antes dos raios solares entrarem na superfície da terra, eles interagem por meio do comprimento de ondas de várias formas com a atmosfera, sendo impactados com elementos presentes na mesma (MONTEIRO *et al.*, 2021).

Nesse processo de interação, os raios emitidos pelo Sol são contrabalanceados em relação aos que são emitidos pela superfície terrestre na faixa do infravermelho, ou seja, esta última, interage de forma mais intensa no papel de absorção dos raios em

função dos gases de efeito estufa e da presença de dois elementos com bastante afinidades no papel de absorção que são o CO₂ e o H₂O. (YNOUE *et al.*, 2017)

Em termos da circulação geral da atmosfera, quando radiação solar chega ao planeta Terra, ela se distribui por várias regiões e de forma desigual, abrangendo grandes distribuições Equatoriais e Tropicais e se defasa nas regiões de latitudes médias e regiões polares.

Contudo, sabe-se que tal distribuição é de suma importância no transporte de energia para que haja um certo equilíbrio de energia em todas essas regiões sem um superaquecimento, o que é salientado por (SOUZA, 2009; BARRY; CHORLEY, 2013) que como consequência do desequilíbrio da radiação solar resultaria na atuação da dinâmica da circulação geral da atmosférica e oceânica, processos esses responsáveis pela variabilidade climática. Ressalta-se a interdependência desses dois sistemas (atmosfera e oceânico) no transporte de energia.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

Mato Grosso possui uma extensa área 903.357,908 km², está compreendido entre: as latitudes de 8° a 18° LS e de 51° a 62° LW (SEPLAN, 2000). O relevo de Mato Grosso abrange superfícies aplainadas, a região é composta por grandes rochas sedimentares. Na região Centro-Norte, prevalecem chapadões de formação sedimentares e planaltos cristalinos; a região Sul é ocupada por planalto arenito-basáltico onde se localiza parte do Pantanal Mato-Grossense (IBGE, 2010).

O estado abriga três grandes biomas ricos em biodiversidade: o Pantanal ocupa menor área (10% da área), o Cerrado (40%) e Amazônia com maior abrangência (50%). Os biomas comportam várias formações vegetais, entre elas destacam-se a Floresta Ombrófila Densa (Floresta Tropical Pluvial), Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Perenifólia, Floresta Estacional Semidecídua, Floresta Estacional Decidual, Savana-Estépica e Cerrado (Savana) (IBGE, 2012).

O Pantanal destaca-se por apresentar uma característica marcante, a sua imensa área úmida, além de uma biodiversidade peculiar, sua localização se estende por três países da América do Sul, com sua maior extensão abrangendo o Brasil, seguida da Bolívia e Paraguai (ZANIRATO e CHAVES, 2019)

Com relação às áreas de drenagem, as principais sub-bacias do estado são: Sub-bacia do Guaporé, Sub-bacia do Aripuanã, Sub-bacia do Juruena-Arinos, Sub-bacia do Teles Pires e Sub-Bacia do Xingu (IBGE, 2010).

Pela classificação de Köppen, o estado de Mato Grosso apresenta dois tipos climáticos: ao Norte, Am (clima tropical úmido ou sub-úmido), e na região central do estado e no Pantanal Aw (clima tropical, com inverno seco) (ALVARES *et al.*, 2013).

A pedologia de Mato Grosso é similar à grande parte da que abrange em nível nacional, que são os tipos de solos Latossolos, os Argissolos e Neossolos (LIMA, 2020). Localizado na região centro-oeste brasileira ao sul do Estado do Mato Grosso, o município de Cuiabá, abrange uma extensão de cerca de 3.266,5 km² com população de 612.547 hab. (IBGE, 2020).

A geodiversidade em Mato Grosso é ampla. Conforme Miranda (2016), o estado tem sua estrutura geológica dividida em 7 arranjos, a exemplo do município de Tangará da Serra ocupa a porção sedimentar Parecis fazendo divisa entre a estrutura magmática e Paraguai.

As características climáticas da região Centro-Oeste do Brasil baseiam-se em estações bem determinadas. no inverno o clima é seco e no verão, o clima é úmido.

O clima da região recebe a influência das massas de ar quente, característicos das latitudes baixas, o mesotérmico oriundo das latitudes médias, sendo essa uma região com predomínio de temperaturas elevadas, podendo chegar em torno de 40°C (DA ROCHA *et al.*, 2015).

3.1.1. Tratamento Dos Dados

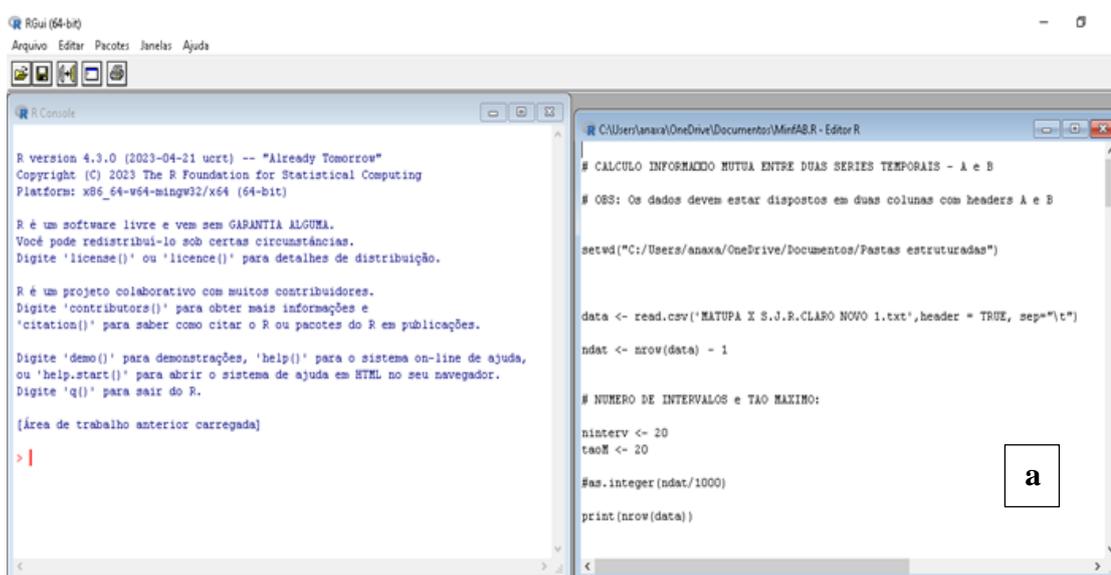
Os dados dos elementos meteorológicos utilizados neste trabalho foram coletados da plataforma oficial do site INMET de onze estações meteorológicas convencionais distribuídas em Mato Grosso, correspondente aos municípios de Cáceres, Canarana, Cuiabá, Diamantino, Gleba Celeste, Matupá, Nova Xavantina,

Padre Ricardo Remetter (Santo Antônio de Leverger), Poxoréu, Rondonópolis e São José do Rio Claro. Para esta pesquisa foram obtidas as séries temporais da temperatura do ar bulbo seco ($^{\circ}\text{C}$) e velocidade (m s^{-1}), e direção do vento

O período de solicitação dos dados compreende de 01/01/1998 a 31/05/2020, com registros nas estações meteorológicas para os horários de registros das 0, 12 e 18 horas em (UTC) *Tempo Universal Coordenado*. No entanto, em decorrência das muitas falhas encontradas em cada elemento meteorológico avaliado, foram descartados alguns anos, e considerado os que possuíam menos falhas possível de serem preenchidas.

A análise estatística se deu da seguinte forma, inicialmente, as séries de dados de temperatura do ar de cada estação foram agrupadas em pares na planilha Excel totalizando 55 combinações. Ressalta-se que a série de dados da temperatura corresponde ao registro de três horários diários, 06:00,12:00 e 18:00. Em seguida, utilizou-se o método de correlação da informação mútua, para analisar se a temperatura do ar registrada em cada torre, estão correlacionadas entre si, os dados foram submetidos ao *software* RGui (64-bit) que gerou os gráficos de informação mútua. Representado abaixo o script Minf AB com o passo a passo da preparação dos dados de temperatura do ar para geração de gráficos da informação mútua (Figuras 2 e 3)

FIGURAS- 2 e 3- a) print do Script Minf AB, e b) print gráfico gerado pelo programa R.



```

R version 4.3.0 (2023-04-21 ucrt) -- "Already Tomorrow"
Copyright (C) 2023 The R Foundation for Statistical Computing
Platform: x86_64-mingw32/x64 (64-bit)

R é um software livre e vem sem GARANTIA ALGUMA.
Você pode redistribuí-lo sob certas circunstâncias.
Digite 'license()' ou 'licence()' para detalhes de distribuição.

R é um projeto colaborativo com muitos contribuidores.
Digite 'contributors()' para obter mais informações e
'citation()' para saber como citar o R ou pacotes do R em publicações.

Digite 'demo()' para demonstrações, 'help()' para o sistema on-line de ajuda,
ou 'help.start()' para abrir o sistema de ajuda em HTML no seu navegador.
Digite 'q()' para sair do R.

[Área de trabalho anterior carregada]

> |

C:\Users\anaxa\OneDrive\Documentos\MinfAB.R - Editor R
# CALCULO INFORMACAO MUTUA ENTRE DUAS SERIES TEMPORAIS - A e B
# OBS: Os dados devem estar dispostos em duas colunas com headers A e B

setwd("C:/Users/anaxa/OneDrive/Documentos/Pastas estruturadas")

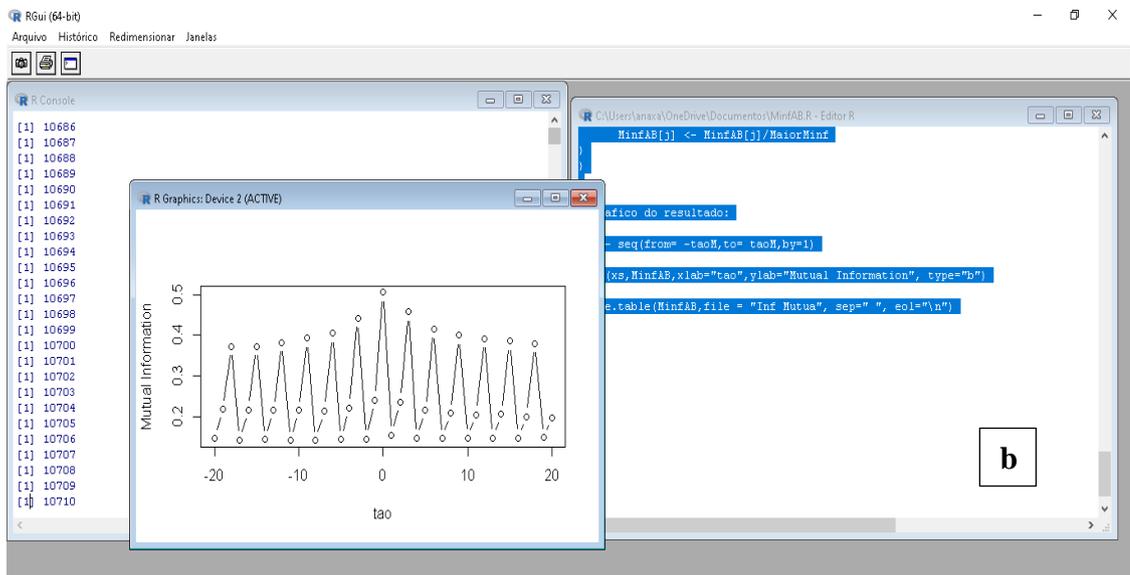
data <- read.csv("MATUPA X S.J.R.CLABO NOVO 1.txt",header = TRUE, sep="t")
ndat <- nrow(data) - 1

# NUMERO DE INTERVALOS e TAO MAXIMO:
ninterv <- 20
taoM <- 20

#as.integer(ndat/1000)

print(nrow(data))

```



Os resultados da inf. mútua da temperatura do ar foram submetidos a gráficos de ajuste exponencial, a mais indicada, com os dados das diferenças de latitudes e longitudes entre as localizações das estações meteorológicas. Outros gráficos de ajuste exponencial se deram entre a distância em km e a inf. mútua.

FIGURA 4 - Combinações das onze estações meteorológicas totalizando 55

Cáceres	Canarana	Cuiabá	Diamantino	Gleba Celeste	Matupá	N.Xavantina	P.R.Remetter	Poxoréu	Rondonópolis	S.J.R.Claro
A1	B2	C3	D4	E5	F6	G7	H8	I9	J10	L11
B2	C3	D4	E5	F6	G7	H8	I9	J10	L11	
C3	D4	E5	F6	G7	H8	I9	J10	L11		
D4	E5	F6	G7	H8	I9	J10	L11			
E5	F6	G7	H8	I9	J10	L11				
F6	G7	H8	I9	J10	L11					
G7	H8	I9	J10	L11						
H8	I9	J10	L11							
I9	J10	L11								
J10	L11									
L11										

E por conseguinte, foram testados por meio de análises de equação, o perfil de três fenômenos de transporte de calor (turbulência, molecular e convectivo). Os dados médios de temperatura média do ar para investigar o transporte de calor, da velocidade e direção do vento, foram plotados em um gráfico.

3.1.2. Relatório de Preenchimento de Falhas de Dados

Os dados meteorológicos de Temperatura do Bulbo Seco do INMET foram preenchidos considerando a posição e o horário dessas falhas na série temporal, o que resultou em dois procedimentos (P):

P1 - Para os casos de um ou dois dados faltantes seguidos foi calculada média simples entre o antecessor e o sucessor da falha para o mesmo horário;

P2 - Para três ou mais dados faltantes seguidos no mesmo horário foram preenchidas as falhas com os valores anteriores, para o mesmo horário.

O processo de escolha dessas estações decorre do fato primeiramente de todas possuírem os melhores banco de dados, ainda que com muitas falhas, mas em comparação a outras estações, se sobressaíram. Um segundo ponto considerado é sobre as características das cidades, onde a maioria das regiões se destacam como importantes centros do agronegócio, fato esse que justifica em parte o trabalho de variáveis climáticas para o planejamento de atividades econômicas em geral.

TABELA 1 - Características das estações

Fonte	Estação meteorológica	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Início da Operação
INMET	1.Cáceres	-16.05°	-57.68°	118.00	01/01/1912
INMET	2.Canarana	-13.47°	-52.27°	430.00	04/08/1987
INMET	3.Cuiabá	-15.61°	-56.1°	145.00	01/01/1911
INMET	4.Diamantino	-14.4°	-56.45°	286.30	01/01/1932
INMET	5.Gleba Celeste	-12.28°	-55.29°	415.00	06/07/1972
INMET	6.Matupá	-10.25°	-54.91°	285.00	15/12/1986
INMET	7.Nova Xavantina	-14.7°	-52.35°	316.00	01/01/1986
INMET	8.Pe.R. Remetter	-15.78°	-56.06°	140.00	18/09/1972
INMET	9.Poxoréu	-15.83°	-54.38°	450.00	18/09/1972
INMET	10.Rondonópolis	-16.45°	-54.56°	284.00	01/01/1992
INMET	11.São José do Rio Claro	-13.43°	-56.71°	350.00	14/03/1990

A tabela 1 descreve as características das estações meteorológicas de estudo, bem como, as características dos fatores climáticos das regiões a estudadas.

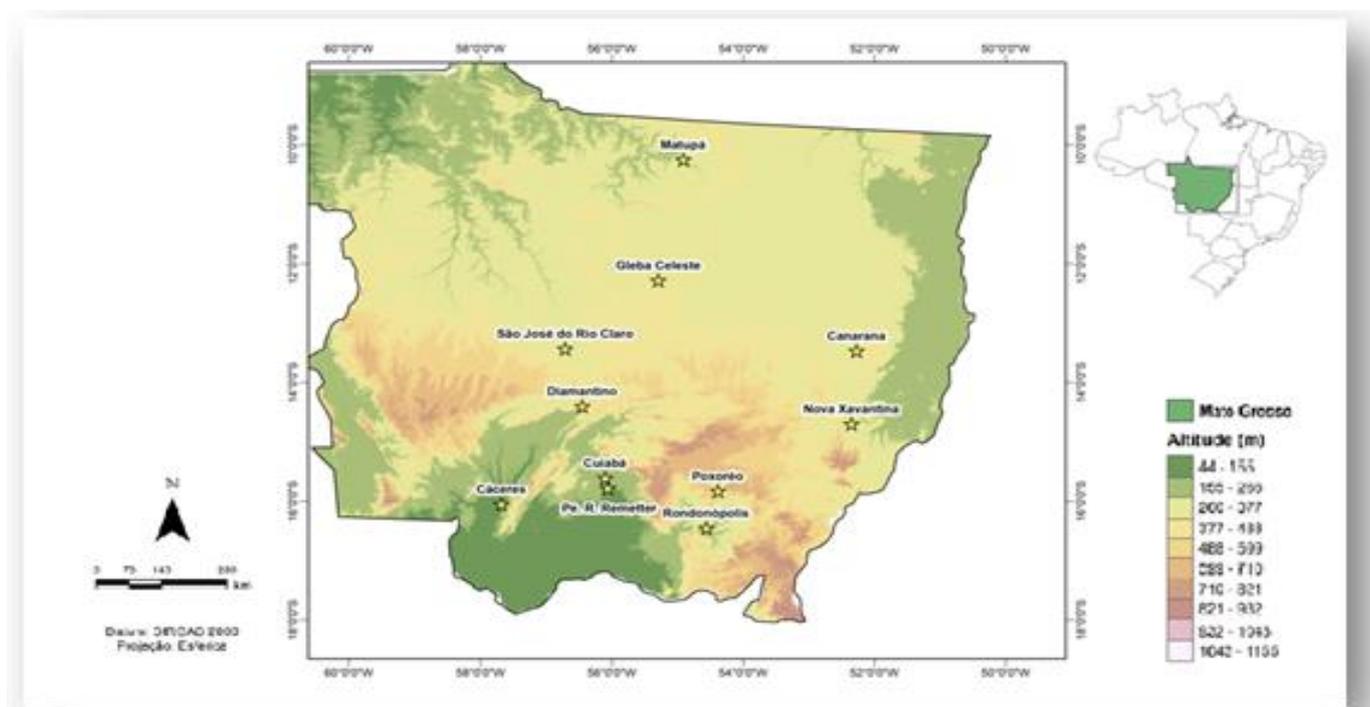


Figura 5 -Localização da área de estudo

Fonte: Autores (2021)

3.2. CÁCERES

A cidade de Cáceres está localizada na região sudoeste de Mato Grosso. De acordo com (IBGE, 2012), tem uma população estimada em 87.942 habitantes e ocupa uma área de 24.351,44 km². Cáceres está inserida dentro da mesorregião centro-sul mato-grossense e a microrregião do Alto Pantanal.

Com relação ao clima local, é do tipo Tropical quente e úmido, com inverno seco (Awa) pela classificação de Köppen. O município abriga dois importantes Biomas, o Cerrado e o Pantanal com características expressivas das formações do tipo savana.

3.3. CUIABÁ

A cidade de Cuiabá é a capital do estado de Mato Grosso e se posiciona na Região Centro Oeste do Brasil, as coordenadas geográficas estão compreendidas entre

15°35'56" de latitude S e 56°06'05" de longitude W e com extensão territorial de 3.266,538 km² (IBGE, 2018). Entre as características de relevo, as altitudes médias aproximadas chegam a 200 m acima do nível do mar.

Com relação à classificação climática, pela classificação de Köppen-Geiger, é definido como tropical continental semiúmido do tipo Aw, com dois períodos bem definidos. A temperatura média do ar varia entre 31 e 34 °C e a média mínima anual, varia entre 18 e 21 °C.

A umidade relativa do ar na cidade gira em torno dos 70% no período chuvoso, e no período seco em torno de 12% (INPE, 2020). O regime de chuvas apresenta anualmente um total aproximado de 1.350, com intensidade máxima em janeiro, fevereiro e março (FILETTO et al., 2022).

3.4. CANARANA

O município de Canarana faz limite com os municípios de Ribeirão Cascalheira, Cocalinho, Água Boa, Gaúcha do Norte, Nova Nazaré e Querência, distância de 822km da capital do Estado, Cuiabá, possui uma área de 10.870,59 Km². As coordenadas da sede municipal são 13° 29' 09" latitude Sul e 52° 21' 11" longitude Oeste. A altitude média é de 390 metros (DE CARVALHO SPOSITO et al., 2009).

Segundo o IBGE (2021), possui uma população estimada em 22.101 pessoas. Canarana se destaca na produção de algodão agroecológico, além de se destacar em nível nacional na produção de oleaginosas, milho e segmentos da agricultura e pecuária.

3.5. DIAMANTINO

O Município de Diamantino-MT está localizado na região da Chapada do Parecis. O município tem como principal atividade econômica a caracterizada em regime de sequeiro. Outro setor de grande destaque é a produção de soja. O clima da região segundo a classificação de Köppen é tropical úmido megatérmico (Aw), com temperaturas elevadas, no verão, apresenta chuvas e o inverno é seco. A temperatura média anual, gira em torno de 24,4° (RAMOS et al., 2015).

3.6. SANTO ANTÔNIO DO LEVERGER (PE. RICARDO REMETTER)

A região de Santo Antônio de Leverger é situada na baixada cuiabana favorecida pelo clima (Aw) segundo a classificação de Köppen e Geiger, ou seja, é clima tipo tropical com estação seca. Apresenta duas estações diferentes e definidas, o período chuvoso vai de outubro a março, e o período de seca se estende de abril a setembro. A média anual da temperatura do ar é de 26,1°C, e a pluviosidade média anual da região é de 1.267 mm (IBGE, 2010).

3.7. NOVA XAVANTINA

O município possui uma área de 5 667,9 km², população estimada em 21 374 habitantes. Com uma distância de 71 km a sudoeste de Água Boa a maior cidade nos arredores. Altitude em torno de 271 metros. Coordenadas geográficas: Latitude: 14° 40' 0" Sul, Longitude: 52° 20' 45" Oeste (IBGE, 2010). O clima é semi-úmido tropical, com estação definida de verão com chuvas. Ocorrência de chuvas é entre novembro e março. A temperatura média é de 28° C, com mínima de 17°C atingindo a máxima em torno de 40° C. A umidade relativa do ar chega com mínima de 25% e máxima de 95% (IBGE,2010).

A economia de Nova Xavantina constitui-se de pecuária, de corte e leiteira, além da agricultura sendo destaque para as culturas de soja, milho e algodão. (FERREIRA, 2001; IBGE, 2010).

3.8. MATUPÁ

O município de Matupá está localizado a 700 km de distância da capital do estado. Conforme dados do Censo de 2010, conta com uma população de 14.174 habitantes, apresenta uma superfície territorial de 5.238,844 km² e uma densidade demográfica de 2,71 hab/km². Limitando-se a oeste com a cidade de Peixoto de Azevedo, a Leste com Guarantã do Norte, a sudoeste com Nova Guarita e a noroeste com o município Novo Mundo.

A temperatura média do mês mais quente aproxima-se de 26°C e a média das máximas (observadas em setembro), podem alcançar 34°C, a média térmica verificada no inverno (22 a 24°C) é pouco expressiva dada a ocorrência frequente de altas temperaturas que se verificam nessa estação.

3.9. POXORÉU

O município de Poxoréu está localizado a sudeste do estado de Mato Grosso. A uma distância 241 km da capital Cuiabá, faz divisa com os municípios: Primavera do Leste, Novo São Joaquim, General Carneiro, Tesouro, Guiratinga, São José do Povo, Rondonópolis, Juscimeira, São Pedro da Cipa e Dom Aquino. Segundo o (IBGE, 2010). Possui uma área de 6.910 km² e 17.602 habitantes.

O clima é tropical quente e sub-úmido, as temperaturas médias anuais chegam a 22° C, com maior máxima 38° C e mínima 0° C, e precipitação pluviométrica fica em torno de 1750 mm a 1900 mm. Com relação ao relevo, está localizado no Planalto dos Alcantilados, a altitude variam entre 202 e 800m (PRADO et al., 2014).

3.10. RONDONÓPOLIS

A cidade de Rondonópolis está localizada no sudeste do Estado de Mato Grosso, entre as coordenadas geográficas 17°44'29" S e 55°44'95" O, e 17°39'54" S e 53°50'64" O, com distância da capital Cuiabá de cerca de 212 km (PESSI *et al.*, 2019). O clima da região (tropical úmido), apresenta temperaturas com médias anual de 21°C, a média das máximas de 32,6°C e a média das mínimas 18,6°C (SOUZA *et al.*, 2013).

3.11. SÃO JOSÉ DO RIO CLARO

São José do Rio Claro é um município localizado no estado de Mato Grosso, possui uma extensão territorial de 4 536,2 Km². Situado a 358 metros de altitude, está situado entre as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 13° 25' 54" Sul, Longitude: 56° 42' 50" Oeste (CIDADE, 2022). A população é estimada em 21 351 pessoas.

3.12. VERA (GLEBA CELESTE)

O município de Vera localiza-se a cerca de 480 km da capital Cuiabá, com Área territorial de 2.953,978 mil km², faz divisa com os municípios de Sinop (80 km) a noroeste, Santa Carmem (40 km) ao norte, Nova Ubiratã (90 km) ao Sul e a sudoeste Sorriso (60 km). Sua população é estimada em 11.731 mil pessoas (IBGE,2021). O Município está localizado na Mesorregião: 127, Microrregião: 524 – Sinop – Norte Mato-grossense, com Latitude: 12°17'07" Sul, Longitude: 55° 17'47" Oeste Gr.

O Clima da região se caracteriza como predominante Equatorial quente e úmido, período de Seca se estende de maio a outubro. Precipitação anual de 2.250mm com intensidade máxima de novembro a abril (IBGE ,2010).

O município se destaca em grande escala no ramo da soja, do milho, feijão e arroz respectivamente, seguida de outras atividades desenvolvidas como agricultura familiar com criação de bovinos, gado leiteiro e seus derivados, se estende as mais variadas produções de frutas e hortaliças.

FIGURA 6- Regiões com localização, identificação e altitude das estações meteorológicas

Estação	Regiões de Mato Grosso	Identificação das estações meteorológicas	Altitude (m)
<i>Cáceres</i>	<i>Sudoeste</i>	E ₁	118
<i>Canarana</i>	<i>Leste</i>	E ₂	430
<i>Cuiabá</i>	<i>Sul</i>	E ₃	145
<i>Diamantino</i>	<i>Centro Oeste</i>	E ₄	286,30
<i>Gleba Celeste</i>	<i>Norte</i>	E ₅	415
<i>Matupá</i>	<i>Norte</i>	E ₆	285
<i>Nova Xavantina</i>	<i>Leste</i>	E ₇	316
<i>P. Ricardo Remetter</i>	<i>Sul</i>	E ₈	140
<i>Poxoréo</i>	<i>Sudeste</i>	E ₉	450
<i>Rondonópolis</i>	<i>Sudeste</i>	E ₁₀	284
<i>São José do Rio Claro</i>	<i>Centro Oeste</i>	E ₁₁	350

Latitude e Longitude foram os elementos geográficas considerados no processo de análise. Inicialmente os dados de latitudes de cada par de estação tiveram suas coordenadas subtraídas, a fim de se obter a diferença em graus de latitude entre cada par de torre, o mesmo procedimento se aplicou para a longitude. O objetivo com isso era verificar a influência deles na variabilidade da temperatura do ar, e isto foi verificado por meio de ajuste exponencial.

Foi obtida, a distância em km entre os pares das estações, e juntamente com os dados da informação mútua da temperatura do ar, esses dados foram plotados em um gráfico de dispersão para visualizar a relação entre eles.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

São descritos abaixo na Figura 7, os resultados com os valores da informação mútua da temperatura do ar.

FIGURA 7 – Descrição do conjunto das estações meteorológicas distribuídas em pares e os respectivos resultados da inf. mútua da temperatura do ar.

ESTAÇÃO	INFORMAÇÃO MÚTUA										
	Cáceres	Canarana	Cuiabá	Diamantino	G.Celeste	Matupá	N.Xavantina	P.R.Remetter	Poxoréu	Rondonópolis	S.J.R.Claro
CÁCERES		0,26	0,50	0,62	0,35	0,31	0,32	0,67	0,52	0,37	0,52
CANARANA			0,31	0,40	0,60	0,46	0,60	0,33	0,39	0,18	0,41
CUIABÁ				0,73	0,39	0,32	0,36	0,90	0,60	0,42	0,54
DIAMANTINO					0,53	0,40	0,49	0,70	0,68	0,40	0,70
G. CELESTE						0,58	0,56	0,41	0,48	0,25	0,57
MATUPÁ							0,45	0,32	0,42	0,18	0,50
N. XAVANTINA								0,42	0,49	0,22	0,49
Pe. REMETTER									0,60	0,40	0,56
POXORÉU										0,50	0,69
RONDONÓPOLIS											0,33
S. J. RIO CLARO											

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

O valor máximo de informação mútua foi registrado a partir da distância obtida entre as estações meteorológicas de Cuiabá e Pe. Ricardo Remetter, cuja distância aproximada foi de 20,52 km e a inf. mútua de 0,90 (Figura 8).

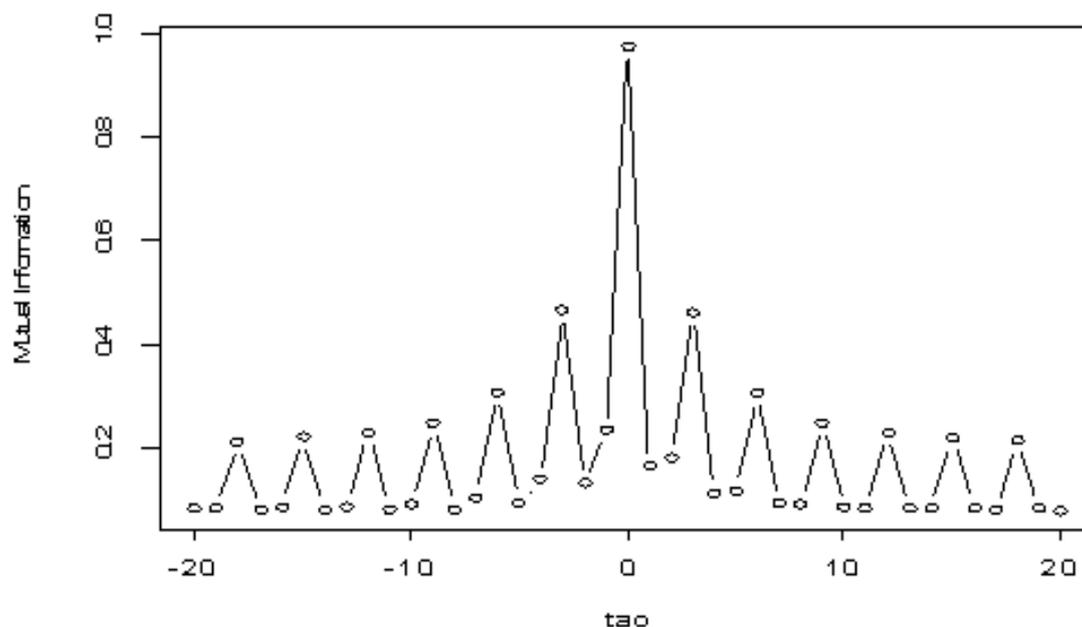


FIGURA 8 - Torres Cuiabá x Pe. Ricardo Remetter

Em contrapartida, o valor mínimo de informação mútua foi obtido entre as estações de Matupá e Rondonópolis de 0,18, cuja distância aproximada foi de 683,23 km, os valores de informação mútua menores estão associados a distâncias maiores entre os pontos, esse mesmo valor foi obtido entre Canarana e Rondonópolis (Figura 7). Para todas as Figuras geradas não ocorreu defasagem da informação mútua, fato evidenciado nas figuras 8 e 9, em que o pico foi registrado exatamente no *tau* zero, ou seja, sem tempo de defasagem. Nas 55 simulações foram considerados um intervalo igual a 30.

No que se refere a informação mútua, quando esse índice é igual a um, revela que as duas séries de dados analisadas têm correlação, ou seja, são idênticas, quando o resultado é nulo, significa que o conjunto de dados das duas séries não tem relação, ou seja, são independentes

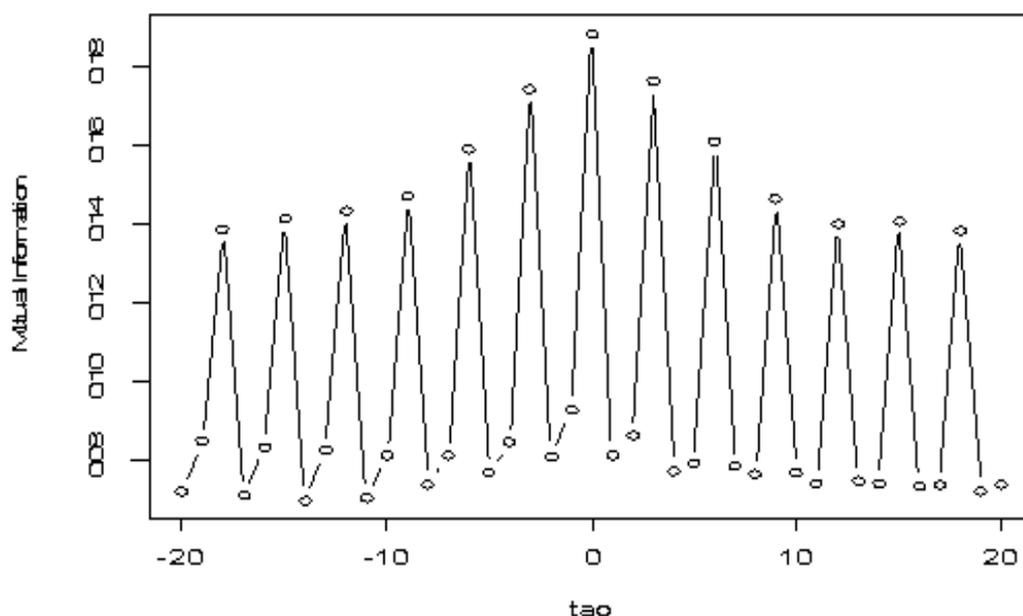


FIGURA 9- Matupá x Rondonópolis

Desse modo, partindo para outros critérios de análises, considerou nesse processo outro importante elemento meteorológico para tentar explicar os resultados da informação mútua de temperatura do ar. Os resultados indicam que a temperatura no estado é controlada pela radiação solar, e isso, pode ser justificado pela posição geográfica em que Mato Grosso se localiza, dentro da faixa intertropical da porção central do Continente Sul-Americano, cenário este, propício a elevados totais de radiação solar global, incidentes na superfície do solo, praticamente o ano todo (ZSEE, 2000).

Nesse sentido, a radiação solar pode ser considerada uma forçante, pois segundo Capuchinho (2021) exerce uma vasta influência sobre os elementos climáticos, tais como a precipitação, a umidade relativa do ar, temperatura do ar, sobre os ventos, entre muitas outras variáveis. Além disso, exerce influência sobre os processos biogeoquímicos dos ecossistemas, com sua distribuição espaço-temporal.

Foram utilizadas as redes complexas para analisar a dinâmica da temperatura do ar na superfície por meio de dados climáticos coletados ao longo de décadas; a correlação de Pearson e a informação mútua foram utilizadas como forma de avaliar a similaridade entre as séries temporais.

Steinke (2012) considera que para compreender a dinâmica da radiação solar na diferenciação climática da terra, deve-se levar em consideração três pontos principais, o tipo de energia radiante, o efeito da radiação na interação atmosfera-biosfera, e todo processo de interceptação sofrido quando atravessa a atmosfera. No caso da região de estudo deste trabalho, o estado de Mato Grosso tem localização geográfica central favorecendo com isso intensa radiação solar.

Trabalho realizado por Bepet Ambrizzi (1999) onde este estabeleceu a correlação da temperatura médias do ar e anomalias entre a Patagônia e o sul do Brasil, tiveram a mesma proposta deste trabalho em correlacionar dados.

Com relação a esses processos de análises em escalas de tempo de séries temporais de temperatura do ar, inúmeros trabalhos têm se voltado a uma estatística descritiva, sendo este um dos fundamentos mais básicos de análise de dados, além de avaliar as tendências climáticas de forma espaço temporal, a fim de dar subsídios a pesquisas em geral e ao planejamento de atividades agrícolas.

Donges *et al.*, (2009) utilizaram-se da correlação de Pearson e informação mútua para analisar a similaridade de dados climáticos de uma série longa de temperatura do ar. As análises de tendências de variáveis climáticas são identificadas por exemplo através de dados históricos da temperatura do ar e precipitação sendo feitas tanto em escala local ou regional (Da SILVA JUNIOR *et al.*, 2020). Outros trabalhos realizados por Rocha *et al.* (2018), analisaram séries históricas da temperatura do ar e de precipitação no município de Diamantino no estado Mato Grosso.

Este trabalho abordou parte dessa estatística analisando as médias anuais de dados de temperatura do ar de uma série temporal longa, cujo foco foi verificar se há correlação direta da temperatura do ar entre os pares de onze torres distribuídas em no estado de Mato Grosso por meio da informação mútua, somando se a isso, outros elementos climáticos, bem como fatores climáticos, condições essas que exercem influência direta sobre o clima.

Outros trabalhos também avaliaram séries históricas de dados de temperatura do ar, sempre em consonância com alguma outra variável meteorológica, isto tem demonstrado a grande importância de se pesquisar um conjunto de variáveis, além disso, muitos desses trabalhos tem dado ênfase à importância da variável temperatura do ar

por ela desempenhar um papel fundamental na descrição climática de determinada região.

Mello *et al.*, (2016), também fizeram estudos semelhantes com cálculos das defasagens temporais de séries de dados da temperatura do ar. Embora seus resultados sejam distintos dos resultados deste trabalho, provavelmente pela diferença da área de estudos de cada trabalho, bem como, objetivo central, sendo o estudo dos autores com dados provenientes de floresta sazonalmente inundada no Pantanal e, portanto, um único local. Já os dados deste estudo foram provenientes de várias áreas, ou seja, dados de pontos distintos obtidos das estações meteorológicas.

Outros trabalhos como os de Silva De Paulo (2015), tiveram proposta semelhante analisando séries de temperatura diárias e observaram o tempo de defasagem, em período de 1961-2013.

FIGURA 10- Anos de dados trabalhados, médias da velocidade e direção do vento de cada estação meteorológica.

Estação	Anos
Cáceres	1998-2009
Canarana	1998-2020
Cuiabá	1998-2008
Diamantino	1998-2020
Gleba Celeste	1998-2014
Matupá	1998-2019
Nova Xavantina	1998-2020
Pe. Ricardo Remetter	1998-2020
Poxoréu	1998-2020
Rondonópolis	1998-2016
São José do Rio Claro	1998-2016

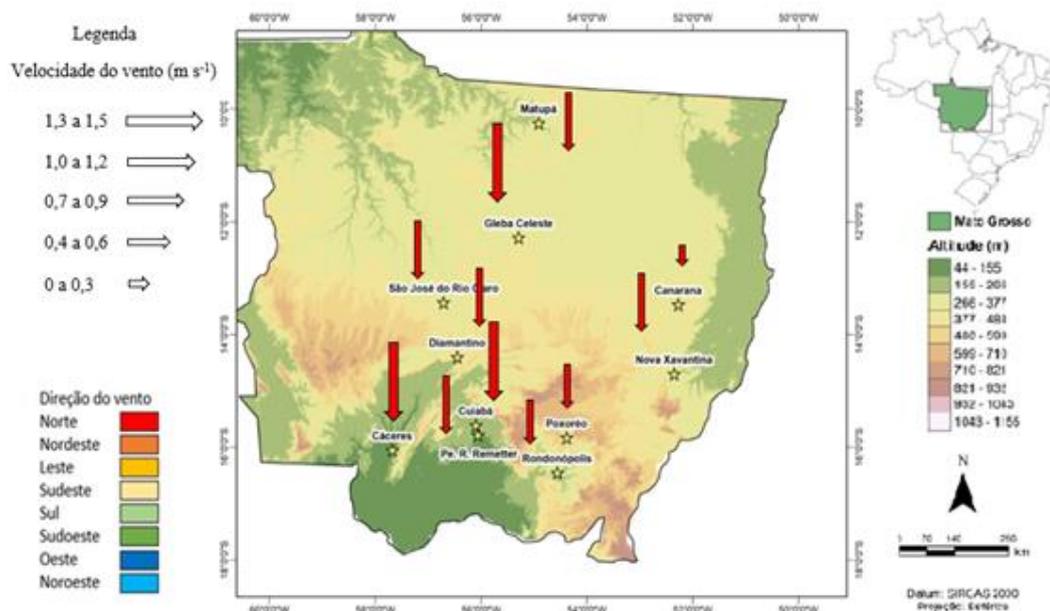


FIGURA- 11 Intensidade e Trajetória do vento

FONTE: Elaborado pelos autores (2021)

A direção predominante dos ventos apresentou alinhamento na direção norte-sul. (Figura 11).

São apresentadas os pontos cardeais e colaterais da direção do vento. Destaca-se que a transformação da direção do vento de graus para pontos cardeais. O norte corresponde a 360° , o sul quer dizer 180° , oeste 270° e leste indica 90° . A estação meteorológica de Cáceres registrou média anual de intensidade do vento igual a $1,48 m/s$ e direção predominante de $14,4^\circ$; a estação de Canarana teve média anual de intensidade do vento igual a $0,37 m/s$ e direção predominante de $0,7^\circ$; A estação de Cuiabá apresentou média anual de intensidade do vento igual a $1,38 m/s$ e direção predominante de $20,5^\circ$.

A estação de Diamantino teve média anual de intensidade do vento igual a $1,11 m/s$, e direção predominante de $8,4^\circ$; estação da Gleba Celeste a intensidade do vento foi de média anual igual a $1,49 m/s$ e direção predominante de $12,4^\circ$; Torre de Matupá obteve média anual de intensidade do vento igual a $0,75 m/s$ e direção predominante de $7,2^\circ$; Torre de Nova Xavantina média anual de intensidade do vento igual a de $0,87 m/s$ e direção predominante de $6,1^\circ$; estação Pe. Ricardo Remetter teve média anual de intensidade do vento igual a $1,01 m/s$, e direção predominante de

16,1°; estação de Poxoréo apresentou média anual de intensidade do vento igual a 0,57 m/s e direção predominante de 7,7°; estação de Rondonópolis registrou média anual de intensidade do vento igual a 0,45 m/s e direção predominante de 17,1°; estação de São José do Rio Claro, a média anual de intensidade do vento foi igual a 0,91 m/s e direção predominante de 9,9°.

A estação de Cuiabá apresentou a maior média anual de direção do vento, comportamento semelhante foi observado por Dallacort *et al.*, (2010), na mesma região, com direção predominante dos ventos do norte, como os apresentados por este estudo. Para Lamberts (2014), a direção e velocidade do vento sofre influência entre muitos fatores, sobretudo pela diferença de temperatura de uma região a outra, favorecendo o deslocamento do mesmo de uma área de maior pressão para área de menor pressão (STULL, 2017).

Além disso, o clima da região é influenciado por grandes massas de ar, movimentadas pelos ventos alísios que se enquadram no âmbito do sistema de circulação atmosférica, entre elas a massa equatorial continental (mEc), sendo está com maior influência no verão, diferentemente das outras massas que atuam em período diferente, a (mEc), tem sua origem nas baixas pressões da região Amazônica, se deslocando para região e contribuindo aos movimentos convectivos locais (ARAÚJO, 2018, p. 120). Além dos ventos locais que sopram da região sul do Brasil em direção à região centro oeste, algo típico que ocorrem quando há entrada de frentes frias.

Para constatar que a direção do vento é determinante no transporte da temperatura do ar, os dados de latitudes entre cada estação, bem como das longitudes foram subtraídos a fim de se obter o valor da diferença em graus, e com isso analisar se havia diferença na informação mútua com base na localização geográfica das estações, se estas se localizam mais na direção norte-sul, ou mais na direção leste-oeste.

Com isso constatou-se que a localização dos pares das torres, se encontram distribuídos tanto para norte-sul, quanto leste-oeste, porém com maior orientação para a latitude (norte-sul), com representação de 47%, seguida da longitude com 38% e 16% de indicação da coordenada 0° tanto para latitude, quando na direção da longitude. A exemplo disso, no caso das estações de Cáceres e Matupá, cuja distância

entre si foi a maior 707,34 km, revela inclinação mais para a latitude que gerou diferença de 5° que para a faixa da longitude que gerou 2° de diferença, evidenciando com isso, a preferência no deslocamento do vento.

Por outro lado, entre Cáceres e Canarana, cuja distância também é extensa de 618,17 km, teve a inclinação mais para a longitude pela diferença de 5° que pela latitude que teve diferença de 2°. Tomando como exemplo o par de estações de curta distância, temos as torres de Cuiabá x Pe. Ricardo remeter com 20,52 km, e com inf. mútua 0,97, demonstrou diferença quando a sua localização se encontra na linha do equador, ou seja, a 0° tanto para latitude, quando para longitude.

Outros estudos voltados para um melhor entendimento da dinâmica da velocidade do vento são apresentados pelos autores De Oliveira Santos *et al.*, (2012) que analisaram por meio de correlações dados de série longas da velocidade do vento de quatro estações meteorológicas no estado de Pernambuco, nordeste do Brasil. Como resultados, descobriram que em alguns casos a distribuição do vento por entre as estações foi equivalente e outro diferente entre si. A exemplo de outros estudos de elementos do clima, a temperatura do ar de forma geral é determinada segundo os fatores geográficos de uma dada região estudada.

São apresentados a seguir, um gráfico de dispersão (Figura 12) que avaliou o valor da informação mútua da temperatura do ar em função da distância em km entre os pares de estações meteorológicas avaliadas ao longo dos anos.

Dentro do gráfico de dispersão, cada ponto contém uma numeração que identifica um par de estação, e esses números de identificação dos pares de torres estão percorridos na figura abaixo. Os pontos coloridos representam a localização de cada par de estação em relação à diferença de latitude e longitude entre os pares, sendo amarelo representa a latitude; verde representa a longitude, e vermelho representa ambas as coordenadas 0°.

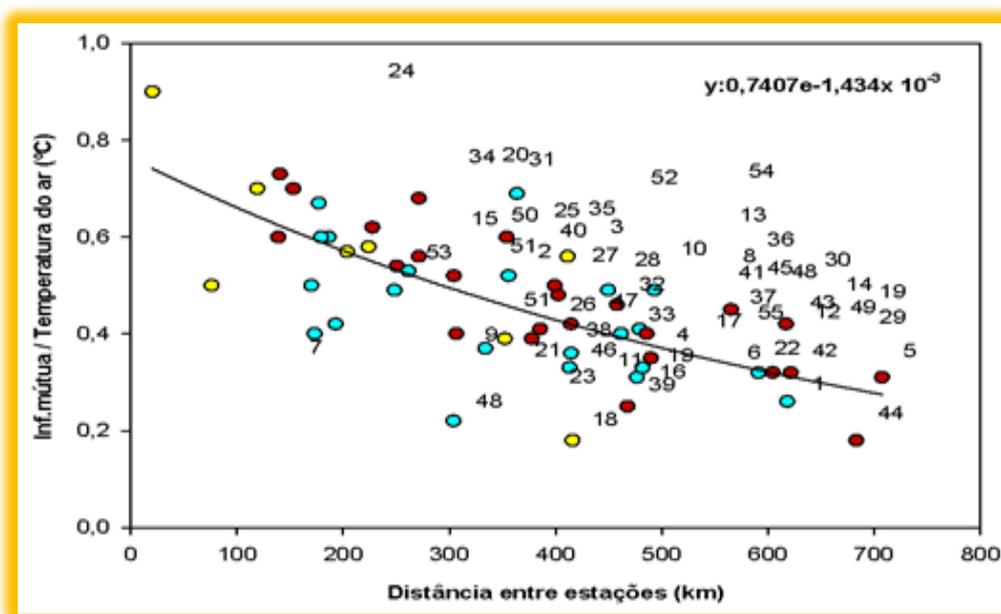


FIGURA 12 - Ajuste exponencial dos dados de inf. mútua e a distância entre torres (km)

Conforme pode ser observado na figura 12, o coeficiente de informação mútua entre os dados de temperatura de duas torres cai em função da distância entre as torres. Tal perfil sugere que em torres mais próximas o comportamento da temperatura é mais similar do que em torres distantes.

O decaimento da informação mútua com a distância sugere um transporte de informação entre as torres e apresenta uma medida de como as forçantes naturais da temperatura se diferenciam ao longo da área abrangida pelo Estado de Mato Grosso.

Contudo, conforme mostrado a seguir, deve-se descartar o transporte espacial de informação por meio do processo de difusão (tanto molecular quanto turbulento), pelos motivos que são expostos a seguir.

Em primeiro lugar, consideremos a difusão molecular. O transporte de qualquer quantidade física por meio de difusão, a partir da origem do sistema de coordenadas, é dado por (CRANK, 1975):

$$c(x, t) = \frac{c_0}{\sqrt{4\pi Dt}} e^{-x^2/4Dt}$$

Equação (4)

onde $c(x,t)$ é a concentração da grandeza em função do espaço (x) e do tempo (t); c_0 é a concentração inicial e D é o coeficiente de difusão.

O coeficiente de autodifusão molecular do ar na temperatura ambiente é aproximadamente igual a $2,2 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ (CRANK, 1975). O transporte de temperatura deve ser tido como um fenômeno de auto-difusão, já que a temperatura é uma propriedade das próprias moléculas dos gases que constituem o ar. Utilizando-se esse valor na equação acima, é possível estimar a difusão da temperatura através do ar (auto-difusão) em função do espaço e do tempo. A figura 08 demonstra as curvas $c(x)$ para vários intervalos de tempo t .

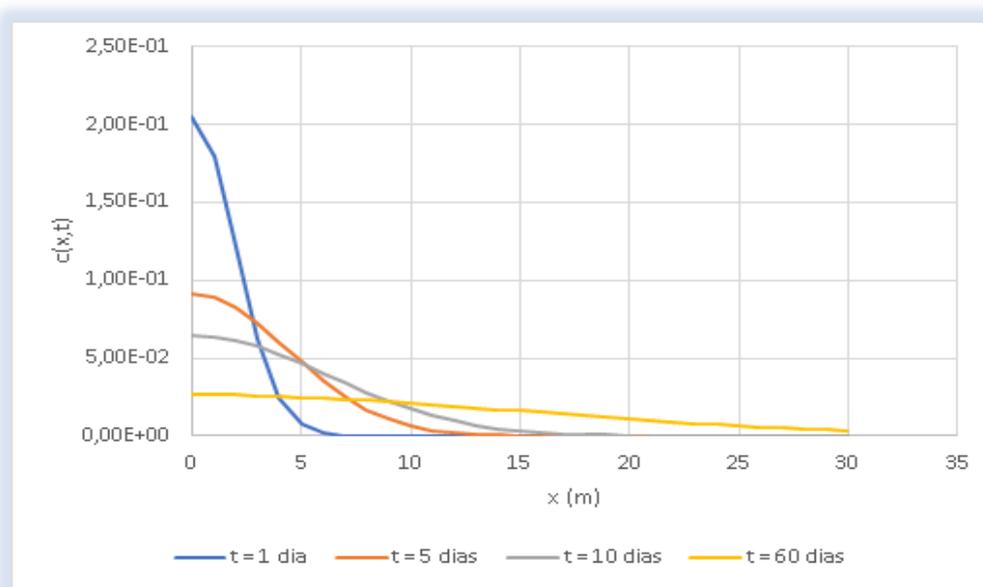


FIGURA 13 - Perfil da difusão molecular da temperatura através do ar para intervalos de tempo de 1, 5, 10 e 60 dias

A figura 13 demonstra que a difusão molecular é tão lenta que, num prazo de um dia, a temperatura de uma posição somente influencia significativamente uma distância menor que 5 metros. Mesmo para 60 dias, a difusão atinge pouco significativamente distâncias maiores que 30 metros.

Contudo, o transporte de matéria e energia através do ar é um processo que, no ambiente externo, é predominantemente turbulento (SOUZA *et al.*, 2011)). Nesse caso, a descrição matemática do transporte é a mesma, sendo que a equação acima pode ser utilizada. Contudo, o coeficiente de difusão turbulenta típico é significativamente maior: cerca de $30 \text{ m}^2/\text{s}$ (MORAES *et al.*, 1998), considerando um valor máximo aproximado durante o dia. Para esse valor, utilizando a mesma equação, o perfil da auto-difusão passa a ser aquele mostrado na figura 14.

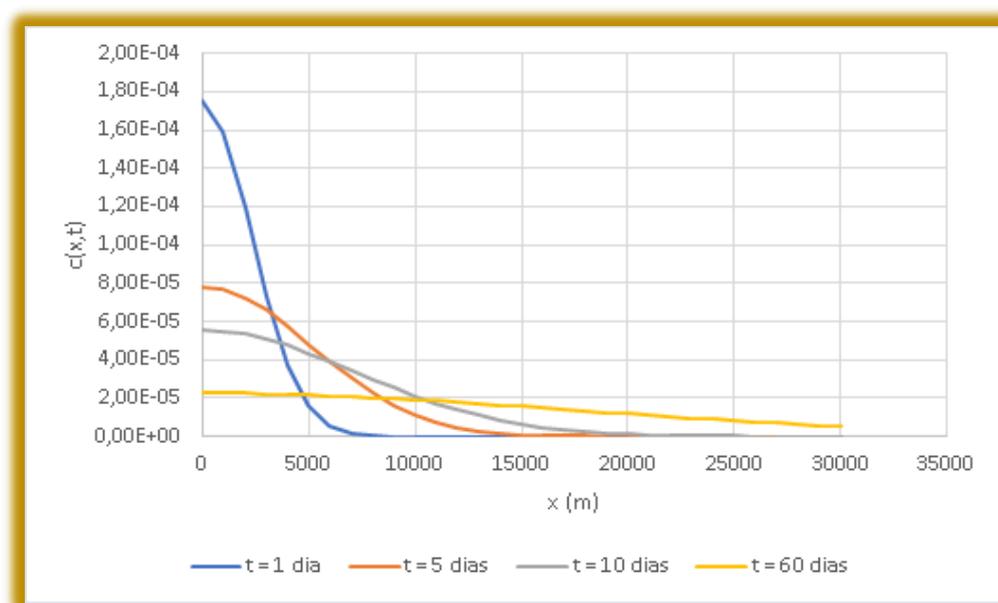


FIGURA 14 - Perfil da difusão turbulenta da temperatura através do ar para intervalos de tempo de 1, 5, 10 e 60 dias

Embora evidentemente a difusão turbulenta permita uma abrangência maior do transporte da temperatura (até 5 km em um dia e 30 km em 60 dias), ainda está muito longe de corresponder ao decaimento observado na figura 06, que mostra que, mesmo a uma distância de 400 km, há cerca de 50% de informação mútua entre as torres.

Pereira *et al.* (2018) desenvolveu estudo para obtenção do coeficiente de difusão do metanol em ambiente atmosférico, e para isso, utilizaram métodos experimentais, como também, equações pré-existente para fins comparativos, chegando a resultados semelhantes aos métodos já existentes.

Destacam-se os inúmeros estudos acerca de estudos sobre turbulências atmosféricas para diversos fins, sob vários vieses, citando como um exemplo o

realizado por Rangel (2020) que fez uma análise espacial dos reportes de turbulência atmosférica para subsidiar o fluxo de tráfego aéreo e observou três componentes a de intensidade, moderada e severa.

Oliveira & Galvani. (2015) salientam que o relevo de uma região pode influenciar na dinâmica climática sendo associada às especificidades de cada tipo de relevo como a altitude, a posição e declividade do relevo, e as formas das vertentes, essas características são meios propícios de interferências.

Esses resultados podem ser explicados também em função do deslocamento da temperatura ar, na medida que se desloca varia em função de muitos fatores como altitude, longitude, além disso, as massas de ar são o meio de transporte da temperatura do ar juntamente com outros elementos climáticos, com a distância, vai adquirindo ou perdendo características de origem na medida em que se movimentam, e isso, pode ser um dos indicativos desses resultados, pela distância entre as torres serem longas, essa perda de características de ambas as torres é traduzida pelos resultados da inf. mútua.

Já no caso do transporte por convecção (ação de ventos), numa condição em que o problema pode ser descrito em uma dimensão (vento predominante numa direção única), a equação de transporte fica:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\vec{u} \cdot \nabla c(x, t)$$

Equação (5)

Onde \vec{u} é a velocidade do vento.

No caso da velocidade constante do vento, o que implica um fluxo constante da quantidade c na direção de x , a solução dessa equação é (Paulo, 1991):

$$c(x, t) = e^{-k(x-ut)}$$

O que implica que o perfil da distribuição em função de x independe de u , o que está representado na figura 15, no caso de $u = 1$ m/s, um valor típico da velocidade do vento na região:

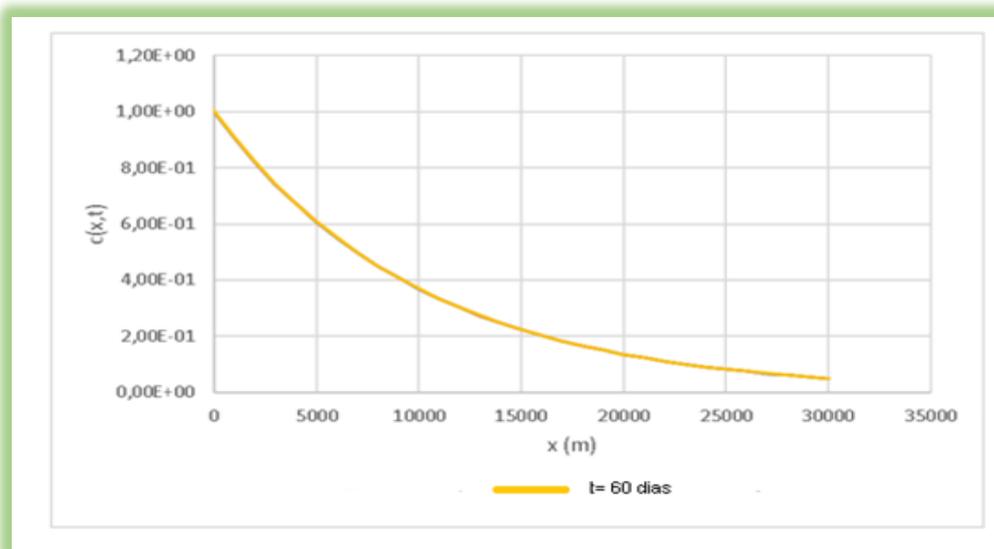


FIGURA 15 - Perfil da convecção da temperatura através do ar para 60 dias

O que se observa é que a convecção também não é capaz de descrever a dependência espacial da informação mútua entre as torres. Como o decaimento da informação com a distância não pode ser explicada pelos fenômenos de difusão molecular, difusão turbulenta e convecção, descarta-se a possibilidade de o comportamento da informação mútua depender do transporte de calor no ar.

Para entender melhor como a Informação Mútua cai com a distância, na figura 10 foi feito um ajuste exponencial utilizando todos os dados.

De acordo com o ajuste, há um decaimento de $1,4 \times 10^{-3} \text{ km}^{-1}$, o que significa que a Informação Mútua cai pela metade a cada 500 km. Isso significa que, para duas regiões situadas a 500 km, na região central do Brasil – que reúne as condições estudadas nesse trabalho – há um acoplamento termodinâmico de 50%.

Os resultados obtidos até aqui, em conjunto, apontam para o fato de que a termodinâmica da região é mais fortemente definida não pelo transporte, mas pela radiação solar, cujo comportamento pouco de diferencia por distância de centenas de quilômetros. Assim, sendo, o decaimento da Informação Mútua com a distância deve-se à distribuição de nuvens e aerossóis – que impactam a incidência de radiação solar, e de diferenças na incidência de radiação para diferentes latitudes (mudança na declinação solar média). A influência da latitude sobre o decaimento da informação

mútua pode ser observada nas figuras 16 e 17. Na figura 10 estão colocados os dados em que a distância entre duas localizações se difere mais pela diferença de longitude do que pela de latitude. Já na figura 16 estão os dados em que a diferença maior é de latitude.

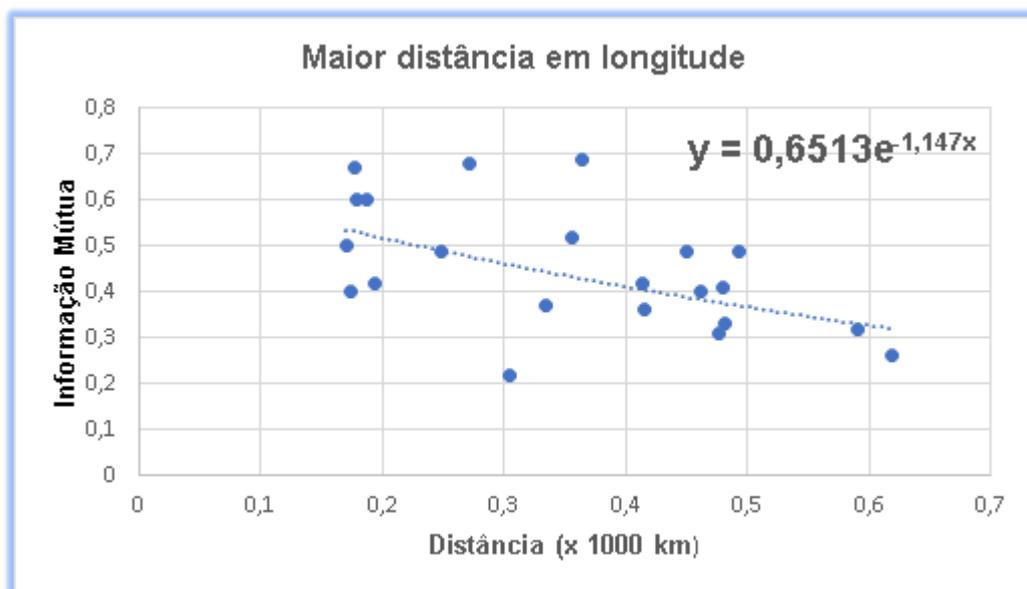


FIGURA 16 - Ajuste exponencial dos dados de Informação Mútua para estações localizadas em que a distância se dá mais pela longitude que pela latitude.

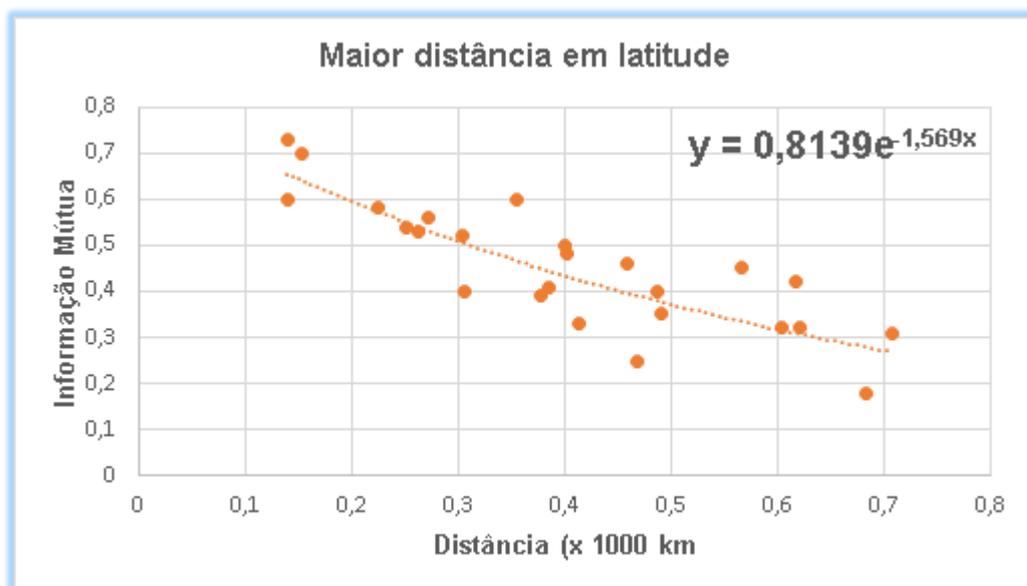


FIGURA 17 - Ajuste exponencial dos dados de Informação Mútua para estações localizadas em que a distância se dá mais pela latitude que pela longitude.

É possível observar que o ajuste exponencial para os dois conjuntos de dados apresenta valores de constante de decaimento diferentes: quando a diferença se dá mais pela longitude, o expoente é $1,147 \times 10^{-3} \text{ km}^{-1}$ e quando a diferença se dá mais pela latitude, $1,569 \times 10^{-3} \text{ km}^{-1}$, ou seja, um valor maior. Como as diferenças de declinação solar se dão em diferentes latitudes, segue-se que esse fator tem uma influência considerável sobre a informação mútua entre a temperatura nas diferentes localidades. Pode-se dizer, portanto, que a diferença de incidência solar devido à diferença de latitude é um fator determinante nas diferenças termodinâmicas na região central da América do Sul.

Contudo, esse fator não é único, pois a constante de decaimento na figura 11 é diferente de zero, ou seja, mesmo ao longo da mesma latitude, a informação mútua cai com a distância. Daí a importância de se considerar outros fatores, como as nuvens e composição de aerossóis como fatores de desacoplamento da termodinâmica na região.

Muitos trabalhos sobre a dinâmica entre os aerossóis atmosféricos e o balanço radiativo tem se tornado frequente, sobretudo, devido à grande proporção de incêndios florestais, cenários, estes favoráveis à produção de grande quantidade de partículas em suspensão.

Morais (2018) desenvolveu sua pesquisa na região de transição Cerrado-Pantanal em Mato Grosso, cujo objetivo foi avaliar e quantificar a forçante radiativa dos aerossóis, chegando a vários resultados, e observou que, radiação global apresenta sazonalidade na área de estudo, além da variabilidade nas propriedades dos aerossóis em função das queimadas ocorrentes na região, outro resultado relevante e que vem ao encontro ao nosso trabalho, foi o resultado da profundidade óptica de aerossóis em períodos de seca que apresentou maiores resultados, revelando o quão eficiente é a atenuação da radiação que os aerossóis absorve.

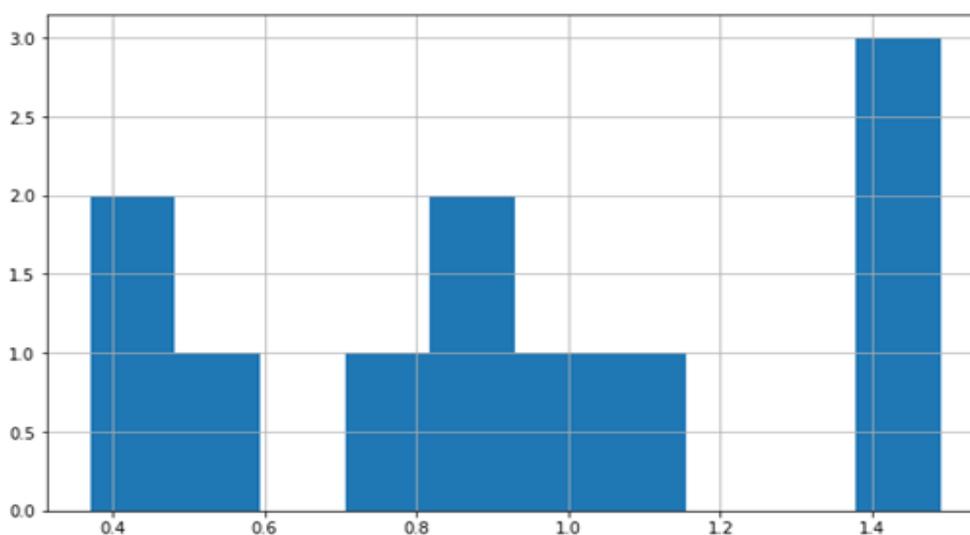
Vários estudos têm enfatizado sobre a influência que os aerossóis causam no clima global e regional sob vários cenários. Basicamente, de duas maneiras são muito descritas sendo a primeira pelos processos de espalhamento e absorção da radiação solar pelas partículas, e com isso, são alteradas as propriedades radioativas; e subsequente a isso, as nuvens em que se relacionam com o balanço de radiação, nesse processo de interação, a quantidade de partículas de aerossóis presente nas nuvens influencia os processos de condensação através dos núcleos de condensação,

comprometendo a vida útil das nuvens potencializado por outras mudanças como o coeficiente de reflexão das nuvens. (ARTAXO et al., 2006).

Soma-se a isso, outras mudanças nessa conjuntura, trata-se da inter-relação com outras variáveis, tais como o perfil termodinâmico, e umidade relativa (ROSENFELD et al., 2008). Além de estudos sobre a profundidade óptica de aerossóis, da composição química aerossóis atmosféricos, seja estudos isolados, ou estudos de interações com outros elementos climáticos.

A ação dos ventos é essencial no deslocamento das massas de ar carregadas de informações meteorológicas, bem como nas diferenças térmicas, que nos pontos de estudos desse trabalho, a velocidade do vento variou entre 0,37 e 1,49 m/s e, sendo que as maiores frequências se concentraram na faixa 14, (Cáceres e Gleba Celeste), ademais, observa-se a forte distribuição de velocidades menores (Figura 18) nesse caso a intensidade do vento é considerada amena, dentro da escala de classificação da força dos ventos. A direção predominou de norte entre $0,7^{\circ}$ e 36° .

FIGURA 18 - Histograma da velocidade do vento(m/s)



Conforme Beaufort, a velocidade do vento no campo de estudo possui grau 2, característico de brisa leve, é quando se sente o ar nas faces, as folhas das árvores movem-se ligeiramente. Referente a esse cenário, em situações em que o vento se encontra em calmaria, favorece a ocorrência de movimentos do ar na forma convectiva, ou /e vertical, já em cenário contrário, os movimentos horizontais do ar

dispersam o calor, nesse caso, são causados por ventos rápidos (DORIGON; AMORIM, 2020.). Indicando com isso, que o ambiente estudado é favorecido por movimentos horizontais de dispersão do calor, em função dos resultados de velocidade do vento.

Essa constatação vem ao encontro ao trabalho realizado por Anger (2018) onde se aprofundou em estudos sobre o fenômeno de turbulência no Rio Grande do Sul, e por meio da modelagem da turbulência atmosférica, analisou cada etapa, e dentre os muitos resultados obtidos, destaca-se o potencial eólico, onde constatou que em períodos em que a característica da turbulência se encontra instável, é onde obtém-se as maiores magnitudes de vento.

Observa-se com isso, que o vento pouco influenciou no transporte da temperatura.

Na análise da influência do vento sobre o transporte de temperatura do ar, outros autores consideraram também outros parâmetros além dos fatores climáticos, latitude, altitude, e longitude, bem como as metodologias, demonstrando com isso, a possibilidade de análise da relação entre variáveis sobre outro viés, e melhorando as formas de representação das análises do clima.

Ferreira *et al.*, (2019) avaliaram a relação da temperatura com a topografia em meio urbano entre várias estações meteorológicas utilizando o método de estatística espacial GWR. Já, De Mello, (2020) foi muito mais além em sua pesquisa, quando buscou desenvolver um algoritmo matemático para descrever o campo de velocidades do vento em mesoescala sobre regiões de topografia irregular e a partir disso, fornece informações sobre as variáveis velocidade do tempo, da pressão e da temperatura do ar.

Outros estudos voltados para um melhor entendimento da dinâmica da velocidade do vento são apresentados pelos autores De Oliveira Santos *et al.*, (2012) que analisaram por meio de correlações dados de série longas da velocidade do vento de quatro estações meteorológicas no estado de Pernambuco, nordeste do Brasil, como resultados, descobriram que em alguns casos a distribuição do vento por entre as estações foi equivalente e outro diferente entre si.

A exemplo de outros estudos de elementos do clima, a temperatura do ar de forma geral é determinada segundo os fatores geográficos de dada região estudada.

As diferenças entre as longitudes dos pares de estações e os valores de informação mútua da temperatura do ar não apresentaram frequência na estimativa da temperatura do ar evidenciando não haver relação linear entre as variáveis. Outros trabalhos como o de Capuchinho (2019) também analisaram por meio de estimativas da temperatura do ar relacionando, a com a latitude e longitude, além de outros fatores.

A mesma situação que ocorreu com a longitude se apresenta nos resultados de latitudes. A correlação entre as latitudes e a informação mútua da temperatura do ar não apresentou correlação.

Se for considerado que a partir do equador, um grau de longitude ou latitude cobre aproximadamente 110 quilômetros (REBOITA,2021), as estações de Cáceres e Matupá, com distâncias longas, onde a diferença entre suas latitudes foi de 5° e por tanto, 550 km, o grau de diferença das longitudes de 2°, e por tanto, 220 km.

A região Centro-Oeste é marcada por considerável variação da temperatura do ar, fato que se deve pela sua localização, ao centro do continente, pela influência do anticiclone polar, além da própria variação das latitudes de predomínio tropicais (RAMALHO BARROS; DA SILVA BALERO,2013).

Destaca-se a relevância de estudos voltados aos fatores climáticos, sendo estes abordados, não de forma isolada, mas em conjunto com os elementos climáticos, isso nos leva a entender que estão intimamente ligados, e por isso sendo de grande importância seus estudos de forma conjunta dentro de uma análise climática.

Trabalhos como dos autores Fritzsos *et al.*, (2016) demonstram essa importância, eles avaliaram um conjunto de estações meteorológicas no estado de Santa Catarina e correlacionaram as séries temporais da temperatura do ar com a altitude, latitude e longitude, dando enfoque na importância dos fatores climáticos na análise da temperatura do ar em várias estações.

Para mais, Mato Grosso localiza-se na região tropical, região está onde mais se recebe energia solar, e com isso perdem menos energia, tendo um saldo positivo (MARTINS, 2022). Por isso, a latitude determina o balanço de radiação solar, assim como direciona a distribuição da temperatura média do ar para as regiões mais frias dos trópicos (AYOADE, 2012).

FIGURA 19- Legenda de identificação da diferença entre latitudes e longitudes

Maior diferença de latitude	Maior diferença de longitude	Mesmo grau para latitude e longitude
[Red]	[Cyan]	[Yellow]

A faixa em vermelho (Figura 19), refere-se à variável latitude, indica resultado em grau obtido pela diferença entre as latitudes dos pares de cada estação. A variável marcada em azul indica o grau obtido pela diferença entre longitudes de cada par de estação. O cenário de cor amarelo indica que a diferença em graus entre os pares de estação se encontra na mesma faixa de latitude e longitude.

Dessa maneira, é possível verificar em qual coordenada geográfica o elemento vento tem preferência de direção se mais pela configuração da latitude (norte-sul), ou mais pela direção longitude (leste-oeste), já que a indicação dos ventos se baseia no ponto cardinal para o barlavento. Conforme explanado por Borges *et al.*, (2018), que quando o vento tem maior frequência em determinada direção, esta é chamada de direção predominante, e esse prognóstico é evidenciado pelas séries temporais de regime local (velocidade e direção), conforme ilustrado na (Figura 20) rosa dos ventos que demonstra que a direção predominante dos ventos no estado de Mato Grosso provém da região Norte.

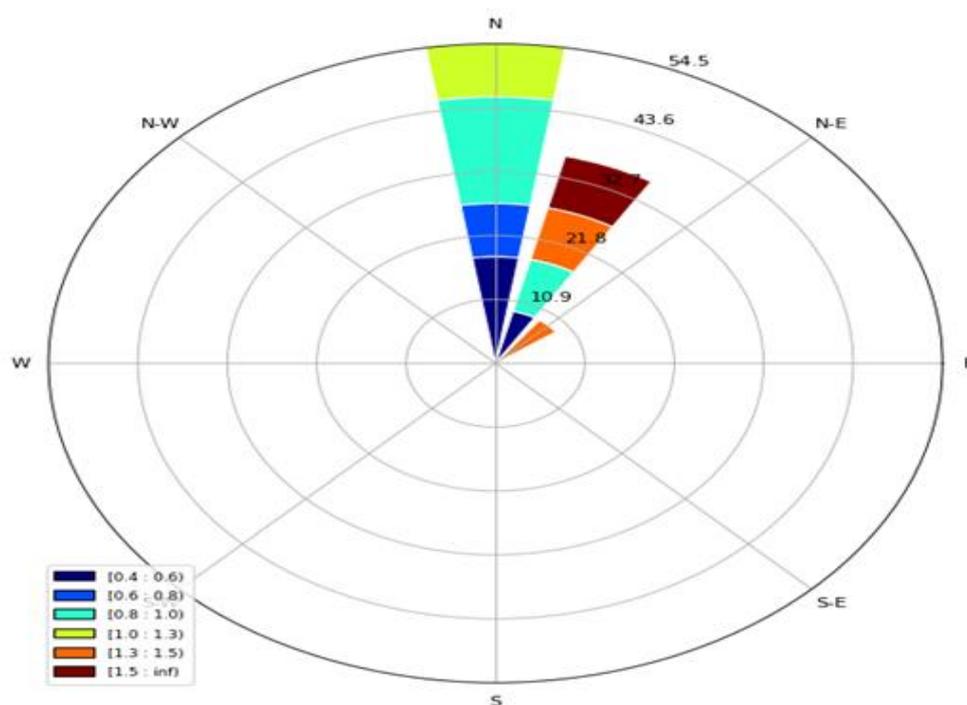


FIGURA 20 - Comportamento da velocidade e direção do vento

Costa (2022) salienta a forma mais correta para identificar a direção predominante do vento, é considerando a média de série histórica de dados, como relevante, pois nessa avaliação se consegue obter maior porcentagem de ocorrência em certo período.

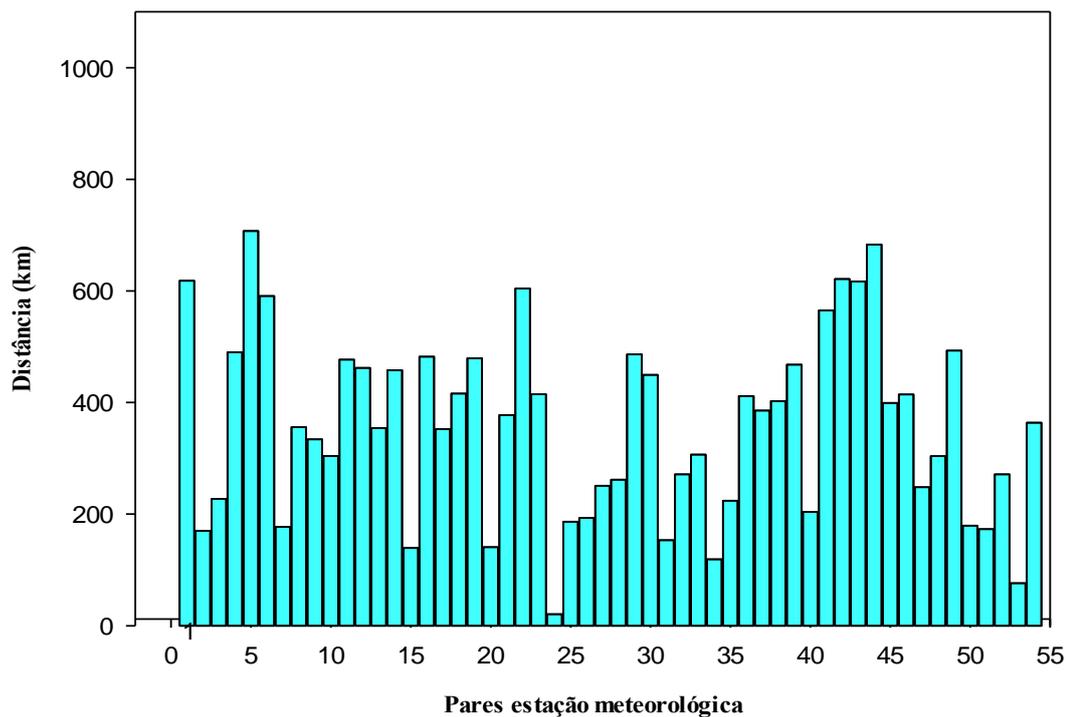


FIGURA 21 - Distância (km) de cada par de estação, total de 55 combinações

As torres com maior distância entre si, foram as estações de Cáceres e Matupá (Figura 21), aproximadamente 707,34 km, a menor distância foi entre Cuiabá e Pe. Ricardo Remetter (24), com 20,52 km. O procedimento em avaliar a distância entre os pares de estações foi importante para servir de parâmetros para as demais análises realizadas.

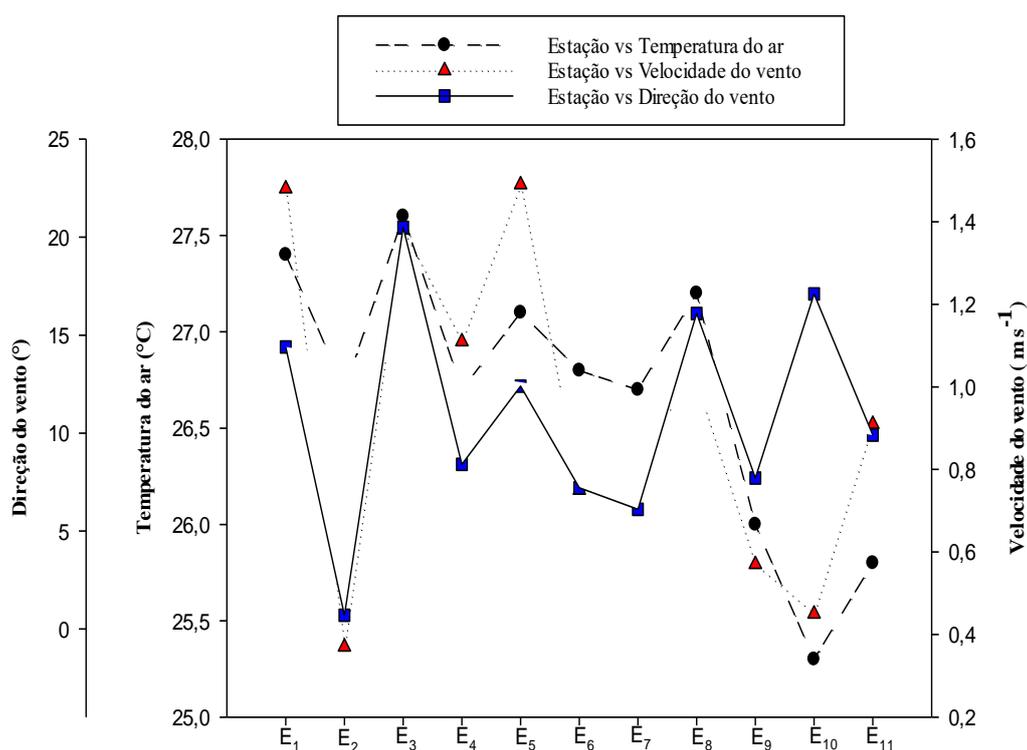


FIGURA 22 - Valores médios da direção do vento (°) velocidade (ms⁻¹) e temperatura do ar (°C)

As maiores médias anuais da temperatura do ar (Figura 22) foram registradas na estação de Cáceres com aproximadamente 28°C, isso pode estar relacionado à proximidade de área urbana, local propício a um grande aquecimento do solo, favorecendo ilhas de calor, e consequentemente influenciando na temperatura, pois as maiores temperaturas são registradas no interior dos centros urbanos (GANHO, 1999; BARROS e LOMBARDO, 2016; SOUZA, GAIO *et al.*, 2016).

Em contrapartida, a menor foi na estação meteorológica de Rondonópolis com 25,3 °C, esta última, localizada a sudoeste do estado e pode ser justificado pelo efeito latitudinal (DA CRUZ RAMOS *et al.*, 2017). Além disso, pode estar relacionada ao local de instalação da estação, que se afastada da cidade, próximas a áreas rurais, favorece temperaturas amenas, pela influência da vegetação.

Os referidos autores fizeram um estudo de análise da variabilidade do espaço temporal da temperatura do ar e da precipitação para geração de cartas das respectivas variáveis, para isso contaram com séries temporais longas, obtidas de várias estações meteorológicas. Destacando com isso, a importância de pesquisas voltadas ao estudo

do clima, mesmo que de forma simplificada, quando se aborda um número pequeno de elementos climáticos, como no caso da precipitação e da temperatura do ar.

A continentalidade da Região centro-oeste aparece como um dos fatores geográficos que mais influenciam o comportamento espacial da temperatura, uma vez que, ao impedir a interferência das influências marítimas, faz com que a variação da latitude seja responsável pela temperatura de cerca de 26°C no extremo norte e de 22°C no extremo sul da Região. (RAMALHO BARROS; DA SILVA BALERO, 2013).

No entanto, Córdova *et al.*, (2016) relatam que em regiões cuja altitudes são elevadas, a temperatura do ar tende a ser menor, em contrapartida, em locais com altitudes menores a temperatura do ar tende a ser maior, estabelecendo assim uma relação inversamente proporcional.

As médias da velocidade do vento atingiram sua máxima na estação de Gleba Celeste com 1,49 (ms^{-1}), e a menor velocidade na estação de Canarana 0,37 (ms^{-1}). A direção do vento teve o valor máximo em termos de graus na estação meteorológica de Cuiabá com 20,5°, o menor valor foi na estação de Canarana próximo de 1°. Valores semelhantes foram encontrados por Machado *et al.*, (2015), com média anual da velocidade do vento de 1,7 (ms^{-1}).

De acordo com os mesmos autores, em altitudes mais elevadas comparadas à da cidade de Cuiabá, e onde se encontram cidades bem próximas umas das outras, a intensidade do vento é alta. Além disso, o deslocamento do vento se deve em função da diferença do gradiente de pressão, ou seja, de um local de alta pressão para um local de baixa pressão, além de outros fatores como a topografia de um local, e pela rotação da terra (PEREIRA *et al.*, 2002).

Para mais, a altitude como fator influente sobre a temperatura do ar, se relaciona com a diferença de pressão de um dado local, lugares cuja pressão é menor e a altitude é maior favorece menores temperaturas do ar (CAPUCHINHO *et al.*, 2019). Soma se a isso o cenário da dinâmica atmosférica representada pelos sistemas frontais de massa de ar polar atlântica em associação com o tipo de relevo, são outros fatores que também exercem influência na variação de baixas temperatura do ar (CORREA *et al.*, 2017).

Regiões com a localização das estações meteorológicas (Figura 6), nessa tabela, cada estação possui um código de identificação que vai de E1 a E11, além de informações das respectivas altitudes de cada ponto.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos apontam que a correlação da temperatura do ar entre os pares de estações avaliadas não apresentou defasagem temporal, ou seja, o maior valor de informação mútua, em todos os casos, se deu para uma defasagem temporal nula. Isso significa que a termodinâmica da região se dá simultaneamente da mesma forma em toda a área estudada.

A partir das análises da informação mútua em função da distância entre as torres, foi possível verificar um significativo decaimento da informação mútua com a distância, indicando que no caso das torres mais próximas, as informações da temperatura do ar são mais semelhantes. Contudo, tal decaimento é relevante para distâncias de centenas de quilômetros.

Utilizando-se a teoria clássica de transporte, verificou-se a possibilidade de o decaimento ser explicado por meio da difusão molecular, turbulenta e deslocamento do ar. Os resultados indicaram que os fenômenos de transporte, não apresentou influência significativa de transporte de calor entre as localidades avaliadas.

Os resultados da influência da latitude e longitude sobre o decaimento da informação mútua indicaram que esse parâmetro entre duas localizações de torres se difere mais pela diferença da latitude em relação a de longitude. Esse resultado é compatível com o padrão de incidência solar, e com isso, pode-se inferir que esse fator pode ser determinante na distribuição da temperatura do ar na região.

Com esses resultados, sugere-se que a termodinâmica da região se deve essencialmente à incidência de radiação. Desta forma, o decaimento da informação mútua com longas distâncias podem ser atribuídas a fatores relacionados à própria incidência de radiação, tais como a diferença de hora real ao longo do estado, fatores com forte componente estocástica como a presença de nuvens e aerossóis que participam do balanço radioativo local.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROTOOLS (2018). Relatório técnico. **Estudo da proposta de implantação das Unidades de Conservação do Pantanal Norte Mato Grosso - Cáceres e Poconé.** Estudo territorial AOIs Pantanal Norte, setembro de 2018, de Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/o-quefazemos/consultas_publicas/Relatorio_tecnico_Estudo_Mosaico_de_UCs_MT_Agrotools.pdf>. Acesso em: 30/06/2022.

AGUADO, E.; BURT, J. E. **Understanding weather and climate.** 7. ed. New York: Pearson, 2015. 608 p. 6, n. 9, p. 094045, 2021.

AMBRIZZI, ALEXANDRE BERNARDES PEZZA E. TÉRCIO. **Um estudo das flutuações de temperatura para o período de inverno na América do Sul, correlacionando a Patagônia com o Sul do Brasil.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 14, n. 1, p. 23-34, 1999.

AMBRIZZI, T., REBOITA, M. S., ROCHA, R. P. DA, & LLOPART, M. (2019). **The state-of-the-art and fundamental aspects of Regional Climate Modeling in South America.** Ann. N. Y. Acad. Sci., 1436(1), 98-120. doi: 10.1111/nyas.13932.

ANGER, MARIELY RODRIGUES. **Teoria de Similaridade de Monin-Obukhov Aplicada a Turbulência Atmosférica em Terreno Homogêneo em Região Costeira.** 2018. Dissertação de Mestrado.

ANTUNES, JOSÉ LEOPOLDO FERREIRA; CARDOSO, MARIA REGINA ALVES. **Uso da análise de séries temporais em estudos epidemiológicos.** Epidemiologia e Serviços de Saúde, v. 24, p. 565-576, 2015.

ARAÚJO, ADILSON RIBEIRO de. **O tempo e o clima: análise da dinâmica climática e das notícias veiculadas pelos meios de comunicação em Cuiabá, Mato Grosso.** 2018.

ARAÚJO, ANA GABRIELA DE JESUS; SILVA, DEIVID GALDINI. **Spatial-temporal dynamics of Pantaneiro livestock raising: an analysis based on the censuses from the last 20 years.** Geografia, v. 40, p. 55-70, 2015.

ARGÜESO, D., EVANS, J. P., FITA, L., & BORMANN, K. J. (2014). **Temperature response to future urbanization and climate change.** *Climate dynamics*, 42, 2183-2199.

ARTAXO, P., RIZZO, L. V., PAIXÃO, M., LUCCA, S. D., OLIVEIRA, P., LARA, L. L., ... & PAULIQUEVIS, T. M. (2009). **Partículas de aerossóis na Amazônia: composição, papel no balanço de radiação, formação de nuvem e ciclos de nutrientes.** *Geophysical monograph series*, (186), 233-250.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 16 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

BAAS, A. **Chaos, fractals and self-organization in coastal geomorphology: simulating dune landscapes in vegetated environments**. *Geomorphology*, v. 48, pp. 309–328, 2002.

BARBOSA, LUCAS LIBARINO; VEIGA, ARTUR JOSÉ PIRES; DE ABREU SILVA, ALANE APARECIDA. **Variabilidade da temperatura em Vitória da Conquista-BA**, de 2016-2017. *Revista Equador*, v. 8, n. 2, p. 223-239, 2019.

BARROS, HUGO ROGÉRIO; LOMBARDO, MAGDA ADELAIDE. **A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo no município de São Paulo-SP**. *GEOUSP Espaço e Tempo (Online)*, v. 20, n. 1, p. 160-177, 2016.

BARROS, JULIANA RAMALHO. **A chuva no Distrito Federal: o regime e as excepcionalidades do ritmo**. 2003. xii, 221 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2003.

BARRY, ROGER G.; CHORLEY, RICHARD J. **Atmosfera, tempo e clima**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BDIA. (2020). **Website do BDIA** - Banco de informações ambientais. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br>>. Acesso em: 30/06/2022.

BELÚCIO, L. P., SILVA, A. P. N. D., SOUZA, L. R., & MOURA, G. B. D. A. (2014). **Global solar radiation estimation from insolation data for Macapá city (AP)**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 29, 494-504.

BORGES, TATYANA KEYTY DE SOUZA; DE OLIVEIRA, AUREO SILVA; DA SILVA, NEILON DUARTE. **Análise da velocidade e direção dos ventos em Cruz das Almas, Bahia, no período 1973-2001**. *Revista Semiárido De Visu*, v. 6, n. 3, p. 122-134, 2018.

CAPUCHINHO, F. F., SIQUEIRA, M. P., CRUZ, G. H. T., DA COSTA SANTOS, L., & DOS REIS, E. F. (2019). **Coordenadas geográficas e altitude na estimativa da temperatura do ar no estado de Goiás**. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 13(2), 3346-3357.

GAO, X., CHEN, G., XIE, L., SU, H., & WANG, S. (2012). **Detecting model-plant mismatch of nonlinear multivariate systems using mutual information**. *IFAC Proceedings Volumes*, 45(15), 27-32.

COELHO, JOÃO CARLOS MARTINS. **Energia e fluidos: transferência de calor**. Editora Blucher, 2016.

CÓRDOVA, M., CÉLLERI, R., SHELLITO, C. J., ORELLANA-ALVEAR, J., ABRIL, A., & CARRILLO-ROJAS, G. (2016). **Near-surface air temperature lapse rate over complex terrain in the Southern Ecuadorian Andes: implications for temperature mapping.** *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 48(4), 673-684.

CORREA, MÁRCIO GREYCK GUIMARÃES; DE BODAS TERASSI, PAULO MIGUEL; GALVANI, EMERSON. **Aplicação da metodologia de estimativas da temperatura média do ar para a bacia hidrográfica do rio Piquiri-PR.** *Ciência e Natura*, v. 39, p. 99-109, 2017.

COVER, THOMAS M.; THOMAS, JOY A **Elements of Information Theory.** Hoboken, NJ, USA John Wiley e Sons, Inc., 2005. ISBN9780471241959. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/047174882X>>. Acesso em: 30/06/2022.

DA CRUZ RAMOS, HENRIQUE., DALLACORT, R., DA SILVA NEVES, S. M. A., DALCHIAVON, F. C., SANTI, A., & VIEIRA, F. F. **Precipitação e temperatura do ar para o estado de Mato Grosso utilizando krigagem ordinária.** *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 20, 2017.

CRUZ, D. D. G. B. (2017). **Detecção de erros planta-modelo em sistemas de controle preditivo (MPC) utilizando técnicas de informação mútua.**

DA ROCHA, ÂNGELA FÁTIMA., DE PAULA, D. C. J., SANCHES, N., DA SILVA, P. C. B., DE MIRANDA, S. A., ZAMADEI, T & NOGUEIRA, M. C. D. J. A. **Variações microclimáticas de áreas urbanas em biomas no estado de Mato Grosso: Cuiabá e Sinop.** *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 4, p. 246-257, 2015.

DA SILVA JUNIOR, MARCOS ANTONIO BARBOSA; DA FONSECA NETO, GASTÃO CERQUINHA; CABRAL, JAIME JOAQUIM DA SILVA PEREIRA. **Análise estatística para detecção de tendências em séries temporais de temperatura e precipitação no Recife-PE.** *Revista de Geografia (Recife)*, v. 37, n. 1, 2020.

DALY, CHRISTOPHER; CONKLIN, DAVID R.; UNSWORTH, MICHAEL H. **Local atmospheric decoupling in complex topography alters climate change impacts.** *International Journal of Climatology*, v. 30, n. 12, p. 1857-1864, 2010.

DE CARVALHO SPOSITO, RAFAEL. **Geoprocessamento como Ferramenta de Conservação de Recursos Hídricos e de Biodiversidade: Um Estudo de Caso para o Município de Canarana-MT.** Heber Queiroz Alves Ana Carolina Pinto Rezende 2009.

DE MEDEIROS, RAIMUNDO MAINAR; PALMEIRA CAVALCANTI, ENILSON. **Tendência climática das temperaturas do ar no município de Bom Jesus do Piauí, Brasil.** *Research, Society and Development*, v. 9, n. 7, p. e315973882-e315973882, 2020.

DE MELLO, CARLOS EDUARDO FERRAZ. **Simulação numérica do vento em mesoescala sobre terrenos irregulares pelo método dos elementos finitos, 2019.**

DE OLIVEIRA SANTOS, MAÍRA; STOSIC, TATIJANA; STOSIC, BORKO D. **Long-term correlations in hourly wind speed records in Pernambuco, Brazil. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 391, n. 4, p. 1546-1552, 2012.

DE OLIVEIRA, MARIA RITA PELEGRIN; GALVANI, EMERSON. **Avaliação do efeito orográfico na variação das precipitações no perfil longitudinal Paraty (RJ) e Campos do Jordão (SP).** Revista Entre-Lugar, v. 6, n. 11, p. 133-151, 2015.

DEPARTAMENTO DE DEFESA CIVIL. **Escala de Beaufort.** Disponível em: <<https://www3.santoandre.sp.gov.br/defesacivil/escala-de-beaufort/>>. Acesso em: 30/06/2022.

DINIZ, GERALDO L.; FONSECA, MARCIO; CAMPELO JR, J. H. Análise harmônica do regime de precipitação em duas localidades da baixada cuiabana. **Biomatemática**, v. 18, n. 1, p. 37-48, 2008.

DORIGON, LARISSA PIFFER; AMORIM, MARGARETE CRISTIANE DE COSTA TRINDADE. **Variabilidade espacial da temperatura do ar com uso de transectos móveis em jundiá/sp.** Revista Brasileira de Climatologia, v. 27, p. 349-367, 2020.

ESTÉVEZ, J.; GAVILÁN, P.; GIRÁLDEZ, JUAN VICENTE. **Guidelines on validation procedures for meteorological data from automatic weather stations.** Journal of Hydrology, v. 402, n. 1-2, p. 144-154, 2011.

FERREIRA, DANIELE GOMES; LOBO, CARLOS FERNANDO FERREIRA; ASSIS, WELLINGTON LOPES. **Temperatura do Ar, Densidade de Volume Construído e Topografia em Belo Horizonte/MG.** Revista do Departamento de Geografia, v. 37, p. 95-107, 2019.

FERREIRA, RILDO MOURÃO FERREIRA MOURÃO; MORAIS, KAMYLLA ALMEIDA ROSA MORAIS ROSA. **A expansão e desenvolvimento agrícola no estado de goiás: a preservação ambiental e a influência da tecnologia no agronegócio: expansão e desenvolvimento agrícola no estado de goiás: a preservação ambiental e a influência da tecnologia no agronegócio.** Revista Portuguesa Interdisciplinar, v. 3, n. 01, p. 01-16, 2022.

FERREIRA, VANDERLEI OLIVEIRA; SILVA, MARIANA MENDES. **O clima da bacia do rio Jequitinhonha, em Minas Gerais: subsídios para a gestão de recursos hídricos.** Revista Brasileira de Geografia Física, v. 5, n. 2, p. 302-319, 2012.

FRITZSONS, ELENICE; MANTOVANI, LUIZ EDUARDO; WREGE, MARCOS SILVEIRA. **Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao**

zoneamento climático no estado de Santa Catarina, Brasil. Revista Brasileira de Climatologia, v. 18, 2016.

KRASKOV, ALEXANDER; STÖGBAUER, HARALD; GRASSBERGER, PETER. **Estimating mutual information.** Physical review E, v. 69, n. 6, p. 066138, 2004.

GANHO, NUNO. **Clima Urbano e a Climatologia Urbana: Fundamentos e Aplicação ao Ordenamento Urbano.** Cadernos de Geografia, n. • 18, Coimbra, 1999. 97-127.

GONG, F. Y., ZENG, Z. C., NG, E., & NORFORD, L. K. (2019). **Spatiotemporal patterns of street-level solar radiation estimated using Google Street View in a high-density urban environment.** *Building and Environment*, 148, 547-566.

GUARIENTI, G. S. S. (2018). **Swamp: uma metodologia espaço-temporal para análise de dados ambientais usando wavelets e séries temporais.**

GUPTA, ANILKUMAR R.; RATHOD; VIRENDRA, K. **Solar radiation as a renewable energy source for the biodiesel production by esterification of palm fatty acid distillate.** Energy, London, v.182, p.795-801, 2019.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico: dados preliminares 2010.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estatística/população/censo2010.htm>>. Acesso em: 10/04/2022.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Populacional de 2010.** 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 10/04/2022.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados.** 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mt/cuiaba.html>>. Acesso em: 01/04/2019.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mt/cuiaba.html>>. Acesso em: 30/06/2022.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/vera/panorama2010.htm>>. Acesso em: 10/04/2022.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Estação de Cuiabá - Climatologia Local 2020.** Disponível em: <https://sonda.ccst.inpe.br/estacoes/cuiaba_clima.html>. Acesso em: 13/02/2020.

JANATIAN, N., SADEGHI, M., SANAEINEJAD, S. H., BAKHSHIAN, E., FARID, A., HASHEMINIA, S. M., & GHAZANFARI, S. (2017). **A statistical framework**

for estimating air temperature using MODIS land surface temperature data. *International Journal of Climatology*, 37(3), 1181-1194.

KAASALAINEN, T., MÄKINEN, A., LEHTINEN, T., MOISIO, M., & VINHA, J. (2020). **Architectural window design and energy efficiency: Impacts on heating, cooling and lighting needs in Finnish climates.** *Journal of Building Engineering*, 27, 100996.

KANG, YINHONG; KHAN, SHAHBAZ; MA, XIAOYI. **Climate change impacts on crop yield, crop water productivity and food security—A review.** *Progress in natural Science*, v. 19, n. 12, p. 1665-1674, 2009.

KIPPENHAHN, R., WEIGERT, A., & WEISS, A. 1990, **Stellar structure and evolution**, Vol. 192 (Springer) Citado 2 vezes nas páginas 12 e 13.

KUANG, XINGXING; JIAO, JIU JIMMY; LI, HAILONG. **Review on airflow in unsaturated zones induced by natural forcings.** *Water Resources Research*, v. 49, n. 10, p. 6137-6165, 2013.

LAGOUVARDOS, K., KOTRONI, V., BEZES, A., KOLETIS, I., KOPANIA, T., LYKLOUDIS, S., ... & VOUGIOUKAS, S. (2017). **The automatic weather stations NOANN network of the National Observatory of Athens: Operation and database.** *Geoscience Data Journal*, 4(1), 4-16.

LAMBERTS, R; DUTRA, L; PEREIRA, F.O.R; **Eficiência Energética na arquitetura.** 3.ed. Rio de Janeiro, 2014, 382p. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia_energetica_na_arquitetura.pdf. Acesso em: 30/06/2022.

LEBEL, S., FLESKENS, L., FORSTER, P. M., JACKSON, L. S., & LORENZ, S. (2015). **Evaluation of in situ rainwater harvesting as an adaptation strategy to climate change for maize production in rainfed Africa.** *Water resources management*, 29, 4803-4816.

LIMA, ANA PAULA BARBOSA. **Gênese de solos em topossequências no sudoeste de mato grosso-brasil.** 2020. Tese de doutorado.

LIMA, ERONDINA AZEVEDO DE. **Modelagem de séries temporais em dados de temperatura do ar por semivariografia univariada: interpolação spline e validação cruzada.** 2015.

LIU, W., YE, T., JÄGERMEYR, J., MÜLLER, C., CHEN, S., LIU, X., & SHI, P. (2021). **Future climate change significantly alters interannual wheat yield variability over half of harvested areas.** *Environmental Research Letters*, 16(9), 094045.

LOVE, GEOFF; SOARES, ALICE; PÜEMPEL, HERBERT. **Climate change, climate variability and transportation**. Procedia Environmental Sciences, v. 1, p. 130-145, 2010.

LUCCHESI, A. A. Fatores da produção vegetal. **Ecofisiologia da produção agrícola**, 1987.

LUKOSEVICIUS, ALESSANDRO PRUDÊNCIO; MARCHISOTTI, GUSTAVO GUIMARÃES; SOARES, CARLOS ALBERTO PEREIRA. **Panorama da complexidade: principais correntes, definições e constructos**. Sistemas & Gestão, v. 11, n. 4, p. 455-465, 2016.

MACHADO, N.G., BIUDES, M. S., QUERINO, C. A. S., DE MORAIS DANELICHEN, V. H., & VELASQUE, M. C. S **Seasonal and interannual pattern of meteorological variables in Cuiabá, Mato Grosso State, Brazil**. Brazilian Journal of Geophysics, v. 33, n. 3, p. 477-488, 2015.

MARTINS, ALCEU DA CÂMARA. **Fatores climáticos e sistemas meteorológicos que atuam sobre o Brasil-uma revisão bibliográfica**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

MEDEIROS, R. **Entropia pluviométrica na grande metrópolis Recife-PE, Brasil**. Journal of Environmental Analysis and Progress, v. 4, p. 031, 22 jan. 2019.

MENDONÇA, FRANCISCO; DANNI-OLIVEIRA, INÊS MORESCO. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. Oficina de textos, 2007.

MOREIRA, Davidson Martins; TIRABASSI, Tiziano; MORAES, Marcelo Romero de. **Meteorologia e poluição atmosférica**. Ambiente & Sociedade, v. 11, p. 1-13, 2008.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. 5ª ed. Porto Alegre (RS): Editora Sulina, 2015b.

MOTA, ARIANE FIRMEZA; COELHO, ANTONIO CARLOS DIAS; QUEIROZ, LAANE LIMA. **Teorias da Informação" e Teoria da Contabilidade: contribuição para tratamento da informação contábil**. In: XIV Congresso USP Contabilidade e Controladoria. São Paulo. 2014.

MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DO RIO CLARO. **Página inicial**. Disponível em: <<https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-sao-jose-do-rio-claro.html>>. Acesso em: 30/06/2022.

MUNICÍPIO DE VERA. **Nossa cidade**. Disponível em: <<https://www.camaravera.mt.gov.br/nossa-cidade>>. Acesso em: 30/06/2022.

OLIVEIRA, A. G. D. (2015). **MiMi: Plataforma computacional para mineração de dados micrometeorológicos.**

PEREIRA, ANTÔNIO ROBERTO; ANGELOCCI, LUIZ ROBERTO; SENTELHAS, PAULO CÉSAR. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas.** Guaíba: Agropecuária, 478p. 2002.

PEREIRA, FERNANDA CUNHA; PINHEIRO, THASIANE DAURI; GONZALEZ, JULIANA. **Obtenção do coeficiente de difusão de metanol em ar atmosférico.** Feira Regional de Matemática, v. 2, n. 2, 2018.

PINHEIRO, LENA VANIA RIBEIRO. **Informação: esse obscuro objeto da ciência da informação.** Revista Morpheus-Estudos Interdisciplinares em Memória Social, v. 3, n. 4, 2004.

PRADO, MARCELO RIBEIRO VILELA; DE MATTOS, VIVIANE MONTEIRO. **Diagnóstico da gestão dos resíduos sólidos urbanos gerados na cidade de Poxoréu-MT, Brasil.** UNICIÊNCIAS, v. 18, n. 1, 2014.

PRADO, M. F. D. (2017). **Desenvolvimento de uma metodologia para a obtenção de informações sobre o saldo de radiação a partir da temperatura do ar em ecossistemas naturais.**

RAMALHO BARROS, JULIANA; DA SILVA BALERO, JUAN CARLOS. **A influência do clima e do tempo do Centro-Oeste do Brasil nas condições de voo na região.** Élisée-Revista de Geografia da UEG, v. 1, n. 02, p. 25-50, 2013.

RAMOS, H. D. C., DALLACORT, R., SANTI, A., JUNIOR, S. S., & QUEIROZ, T. D. M. (2015). Precipitação pluvial de Diamantino-MT em anos de ocorrência de El Niño, La Niña e neutros. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 30, 71-80.

RANGEL, VICENTE BATISTA. **Análise espacial das aeronotificações de turbulência atmosférica reportadas na região de informação de voo de Recife entre 2009 e 2018.** 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

RAY, D. K., WEST, P. C., CLARK, M., GERBER, J. S., PRISHCHEPOV, A. V., & CHATTERJEE, S. (2019). **Climate change has likely already affected global food production.** *PloS one*, 14(5), e0217148.

RIBEIRO, KARYN FERREIRA ANTUNES. **Calibração do índice de conforto térmico PET (temperatura fisiológica equivalente) em espaços abertos para a cidade de Cuiabá- MT.** 2019. 104f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2019.

ROCHA, A., NOVAIS, J., SOUZA, R. D., SANTOS, A., & ALEIXES, V. (2018). **Caracterização da variabilidade climática em Diamantino/MT-Brasil no período de 1987 a 2017.** *Enciclopédia Biosfera*, 15(27).

DA SILVA, V. D. P. R., BELO FILHO, A. F., ALMEIDA, R. S. R., DE HOLANDA, R. M., & DA CUNHA CAMPOS, J. H. B. (2016). **Shannon information entropy for assessing space–time variability of rainfall and streamflow in semiarid region.** *Science of The Total Environment*, 544, 330-338.

ROSENFELD, D., LOHMANN, U., RAGA, G. B., O'DOWD, C. D., KULMALA, M., FUZZI, S., ... & ANDREA, M. O. (2008). **Flood or drought: how do aerosols affect precipitation?** *science*, 321(5894), 1309-1313.

SILVA, M. F. A., DOS SANTOS, M. N., SANTOS, C. E. L., & WHITE, B. L. A. (2016). **Avaliação da temperatura do solo, temperatura do ar e umidade relativa do ar em uma clareira de mata atlântica no município de São Cristóvão, Sergipe, Brasil.** *Agroforestalis News*, 1(1), 58-62.

SILVA, S. T., & DE PAULA, S. R. (2015). **Análise das relações entre a dinâmica complexa do fenômeno El Niño e a temperatura do ar em Cuiabá/MT no período de 1961-2013.** *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium*, 6(2), 154-167.

SOUZA, A. P., MOTA, L. L., ZAMADEI, T., MARTIN, C. C., ALMEIDA, F. T., & PAULINO, J. (2013). **Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso.** *Nativa*, 1(1), 34-43.

SOUZA, J. F. A. D., OLIVEIRA, L. R. D., AZEVEDO, J. L. L. D., SOARES, I. D., & MATA, M. M. (2011). **Uma revisão sobre a turbulência e sua modelagem.** *Revista Brasileira de Geofísica*, 29, 21-41.

SOUZA, N. S., GAIO, D. C., SANTOS, F. M. D. M., NOGUEIRA, J. D. S., & NOGUEIRA, M. C. D. J. A. (2016). **Análise do comportamento do campo térmico da avenida principal do campus da UFMT após intervenções urbanas.** *InterEspaco*, 2(7), 129-143.

SOUZA, PAULO ROBERTO FERREIRA; PINTO JR, OSVALDO BORGES; CAMPELO JR, JOSÉ HOLANDA. **Evapotranspiração do algodoeiro estimado pelo método do balanço de energia e pelo método de Penman-Monteith.** *Ciência e Natura*, p. 117-132, 2011.

STULL, R. **Practical Meteorology: An Algebra-based Survey of Atmospheric Science.** 2017. 944p., Version 1.02b. Disponível em: [www.eoas.ubc.ca/books/Practical Meteorology/](http://www.eoas.ubc.ca/books/Practical_Meteorology/). Acesso em: 30/06/2022.

SWINGEDOUW, D., TERRAY, L., CASSOU, C., VOLDOIRE, A., SALAS-MÉLIA, D., & SERVONNAT, J. (2011). **Natural forcing of climate during the last millennium: fingerprint of solar variability: Low frequency solar forcing and NAO.** *Climate Dynamics*, 36, 1349-1364.

TSINKO, Y., BAKHSHAI, A., JOHNSON, E. A., & MARTIN, Y. E. **Comparisons of fire weather indices using Canadian raw and homogenized weather data.** *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 262, p. 110-119, 2018.

VIDAL LÚCIO ÂNGELO. **Análise de séries meteorológicas de altitude na grande Cuiabá com métodos da teoria da complexidade.** Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

YNOUE, R. Y., REBOITA, M. S., AMBRIZZI, T., & DA SILVA, G. A. (2017). **Meteorologia: noções básicas. Oficina de Textos.**

ZANIRATO, SÍLVIA HELENA; CHAVES, OTÁVIO RIBEIRO. **Alterações ambientais no Pantanal: percepções dos pescadores de Cáceres-MT–Brasil.** *Revista Relicário*, v. 6, n. 12, p. 127-142, 2019.

ZHAO, DULI; LI, YANG-RUI. **Climate change and sugarcane production: potential impact and mitigation strategies.** *International Journal of Agronomy*, v. 2015, p. 1-10, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/547386>.

7 APÊNDICE

Gráficos com resultados da informação mútua da temperatura do ar, resultado das combinações entre pares de estações meteorológicas, totalizando 55 combinações.

