

Zoneamento Agroclimático para espécies do Gênero Eucalyptus no Estado do Mato Grosso do Sul

Agroclimatic Zoning to species of Eucalyptus Genus in the State of Southern Mato Grosso do Sul

Zonificación Agroclimática a especies del Género Eucalyptus en el Estado del Sur de Mato Grosso do Sul

Recebido: 30/11/2020 | Revisado: 05/12/2020 | Aceito: 09/12/2020 | Publicado: 13/12/2020

Helen Caroline Rodrigues Correa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9546-2886>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: helen.correa05@gmail.com

Elyson Thiago de Souza Florentim

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9722-6713>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: thiagoflorentim28@gmail.com

Felipe Das Neves Monteiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8024-6953>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: felipeuems@gmail.com

Karina dos Santos Falcão

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6973-1723>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: falcao_karina@hotmail.com

Elói Panachuki

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5816-7466>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: eloip@uems.br

Resumo

A cultura do Eucalipto é de apresenta importância econômica para o Brasil, principalmente para o estado de Mato Grosso do Sul, onde possui 16% de áreas plantadas. A atual busca por qualidade e produtividade na eucaliptocultura deve passar por delimitações de áreas

agroclimaticamente aptas ao cultivo. Nesse sentido foi realizado o zoneamento agroclimático para o cultivo de *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urograndis*, *Eucalyptus urophylla*, *Corymbia citriodora* para o estado de Mato Grosso do Sul, utilizando técnicas de geoprocessamento. Foram utilizados 97 estações pluviométricas e 15 estações meteorológicas do estado e regiões circunvizinhas para especializar a precipitação, temperatura e déficit hídrico e depois reclassificá-las para a geração do zoneamento agroclimático. De acordo com os resultados obtidos, o estado apresenta áreas com aptidão agroclimáticas para todas as espécies de *Eucalyptus*, sendo que a espécie *E. camaldulensis* apresenta a maior área de aptidão quando comparado com as demais, podendo ser cultivado em 64,5% do estado. Para as espécies *E. urophylla* e *E. urograndis*, as áreas propícias para sua implantação são similares, contudo, a área com aptidão para o *E. urophylla* é mais abrangente, pois é possível cultivar estas espécies em temperaturas mais elevadas e com maior déficit hídrico. O *E. grandis* e *C. citriodora* apresenta menor áreas de aptidão principalmente por serem exigentes a temperaturas mais baixas.

Palavras-chave: Aptidão agroclimática; Déficit hídrico; Eucalipto; Sistema de informação geográfica.

Abstract

The Eucalyptus culture is of economic importance for Brazil, mainly for the state of Mato Grosso do Sul, where it has 16% of planted areas. The current search for quality and productivity in eucalyptus culture must go through the delimitation of areas that are agroclimatically suitable for cultivation. In this sense, agroclimatic zoning was carried out for the cultivation of *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urograndis*, *Eucalyptus urophylla*, *Corymbia citriodora* for the state of Mato Grosso do Sul, using geoprocessing techniques. 97 pluviometric stations and 15 meteorological stations from the state and surrounding regions were used to specialize precipitation, temperature and water deficit and then reclassify them for the generation of agroclimatic zoning. According to the results obtained, the state has areas with agroclimatic aptitude for all species of *Eucalyptus*, and the species *E. camaldulensis* presents the largest area of aptitude when compared to the others, and can be cultivated in 64.5% of the state. For the species *E. urophylla* and *E. urograndis*, the areas suitable for their implantation are similar, however, the area with aptitude for *E. urophylla* is more comprehensive, as it is possible to cultivate these species at higher temperatures and with greater water deficit. *E. grandis* and *C. citriodora* have smaller areas of fitness mainly because they are demanding at lower temperatures.

Keywords: Agroclimatic aptitude; Water deficit; Eucalyptus; Geographic information system.

Resumen

El cultivo de eucalipto es de importancia económica para Brasil, principalmente para el estado de Mato Grosso do Sul, donde tiene el 16% de las áreas plantadas. La búsqueda actual de calidad y productividad en el cultivo del eucalipto debe pasar por la delimitación de áreas agroclimáticamente aptas para el cultivo. En este sentido, se realizó la zonificación agroclimática para el cultivo de *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urograndis*, *Eucalyptus urophylla*, *Corymbia citriodora* para el estado de Mato Grosso do Sul, utilizando técnicas de geoprocésamiento. Se utilizaron 97 estaciones pluviométricas y 15 estaciones meteorológicas del estado y regiones aledañas para especializar precipitación, temperatura y déficit hídrico y luego reclasificarlas para la generación de zonificación agroclimática. De acuerdo con los resultados obtenidos, el estado tiene áreas con aptitud agroclimática para todas las especies de *Eucalyptus*, y la especie *E. camaldulensis* presenta la mayor área de aptitud en comparación con las demás, pudiendo ser cultivada en el 64,5% del estado. . Para las especies *E. urophylla* y *E. urograndis*, las áreas aptas para su implantación son similares, sin embargo, el área con aptitud para *E. urophylla* es más amplia, ya que es posible cultivar estas especies a temperaturas más altas y con mayor déficit hídrico. . *E. grandis* y *C. citriodora* tienen áreas más pequeñas de aptitud principalmente porque son exigentes a temperaturas más bajas.

Palabras clave: Aptitud agroclimática; Déficit hídrico; Eucalipto; Sistema de información geográfica.

1. Introdução

O setor de florestas plantadas assume uma participação importante na economia brasileira, contribui com o Produto Interno Bruto (PIB) setorial de R\$ 86,6 bilhões, representando 1,3% do PIB brasileiro e 6,9% do PIB industrial (IBÁ, 2019). Além disso, as florestas plantadas contribuem para reduzir os desmatamentos de florestas nativas especialmente onde as florestas fornecem madeira para energia e também para a indústria madeireira (Ferraz et al., 2019).

As florestas plantadas no Brasil totalizam 7,83 milhões de hectares, no qual o gênero *Eucalyptus* representa uma área de 5,7 milhões de hectares, sendo a espécie mais plantada,

principalmente por apresentar alta taxa de crescimento comparado com outras espécies, apresentando assim produtividade média de $36,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (IBÁ, 2019). Esses avanços são uma consequência de clones bem adaptados e práticas de manejo, que também são influenciados diretamente pelas condições climáticas (Elli et al., 2020).

Os plantios de Eucalipto estão situados principalmente nos estados de Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul, sendo que nos últimos sete anos, o crescimento médio da área de Eucalipto atingiu 1,1% ao ano, com destaque para o estado de Mato Grosso do Sul liderando essa expansão, com taxa média de 7,4% de crescimento ao ano, ocupando 16% da área total de plantios de Eucalipto do Brasil (IBÁ, 2019).

O estado de Mato Grosso do Sul está posicionado geograficamente próximo aos mercados consumidores da região Sudeste, além de obter desenvolvimento tecnológico no campo, associados a investimentos realizados tanto pelo setor público quanto privado, no sentido de melhoria de infraestrutura para o escoamento da produção, contribuindo para que o setor florestal apresente boa produtividade, sobretudo conta com condições naturais favoráveis como de clima, topografia e abundância de água (Coutinho et al., 2019).

De acordo Pezzopane et al. (2012), a precipitação e a temperatura são as variáveis meteorológicas mais importantes a serem consideradas nos estudos dos processos produtivos. Atualmente são empregados junto as técnicas de zoneamento agroclimático a utilização de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Santos et al, (2016) relata que o SIG automatiza tarefas realizadas manualmente e facilita a realização de análises complexas, integrando dados geocodificados.

O zoneamento agroclimático é uma importante ferramenta de planejamento e gerenciamento ambiental, cujo principal objetivo é regular o uso da terra, fornecendo informações para identificar as datas ideais de plantio para cada região, ajudando a definir a adequação das culturas e os períodos em que as condições ambientais atendem as necessidades, dessa forma, reduzindo risco da variabilidade climática (Santos et al, 2016; Gelcer et al, 2018), além disso, o zoneamento agroclimático auxilia na tomada de decisão que pode trazer benefícios diretos para a cultura.

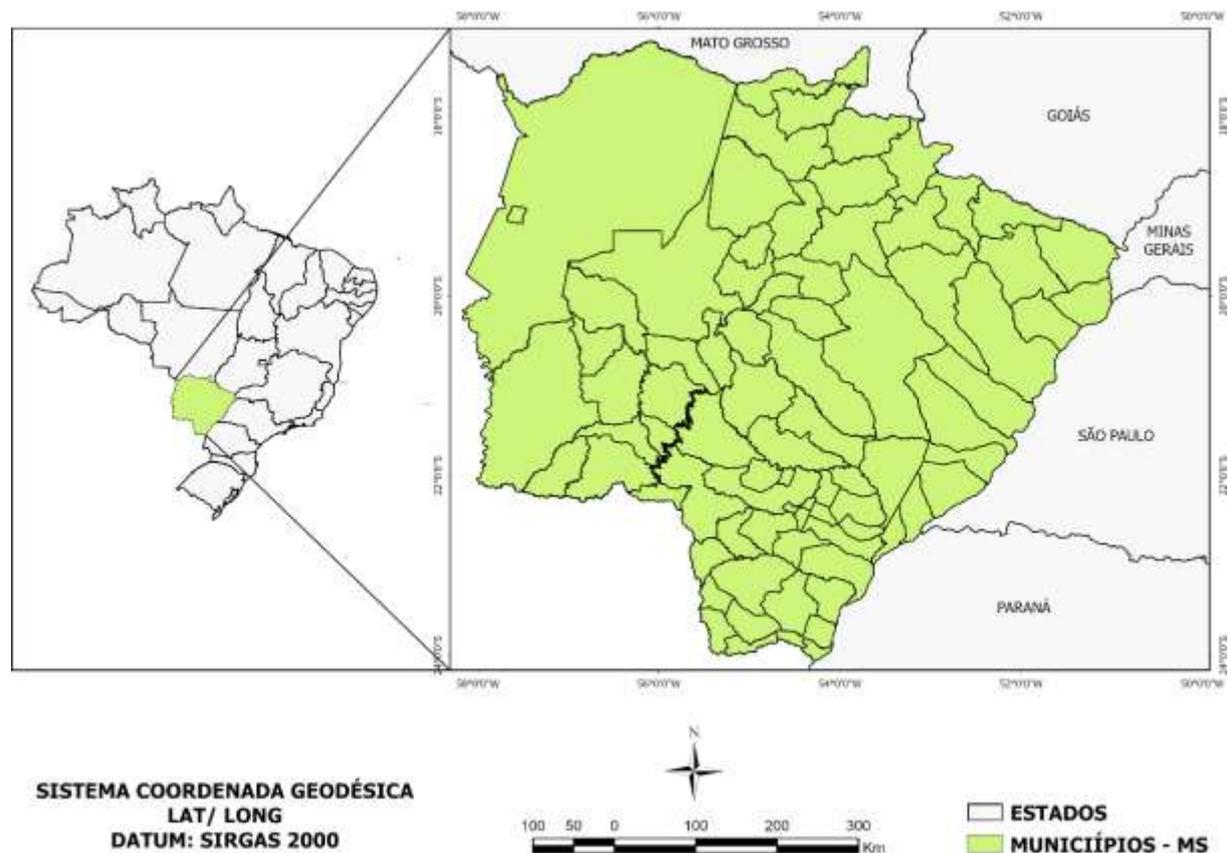
O objetivo do trabalho foi realizar o zoneamento agroclimático para as diferentes espécies de Eucalipto para o Estado de Mato Grosso do Sul e as restrições térmicas e hídricas de cada região.

2. Metodologia

2.1 Caracterização da Área

O Estado de Mato Grosso do Sul está localizado na Região Centro-Oeste do Brasil, fazendo divisa com os estados de Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, São Paulo e Paraná. Possui uma área territorial de 357,125 km², distribuídos em 79 municípios (Figura 1). No estado predominam três tipos climáticos: Aw (Clima Tropical com seca no inverno), Cfa (Clima subtropical, com verão quente) e Cwa (Clima subtropical de inverno seco) Peel et al., (2007).

Figura 1. Localização da área de estudo.



Fonte: Autores.

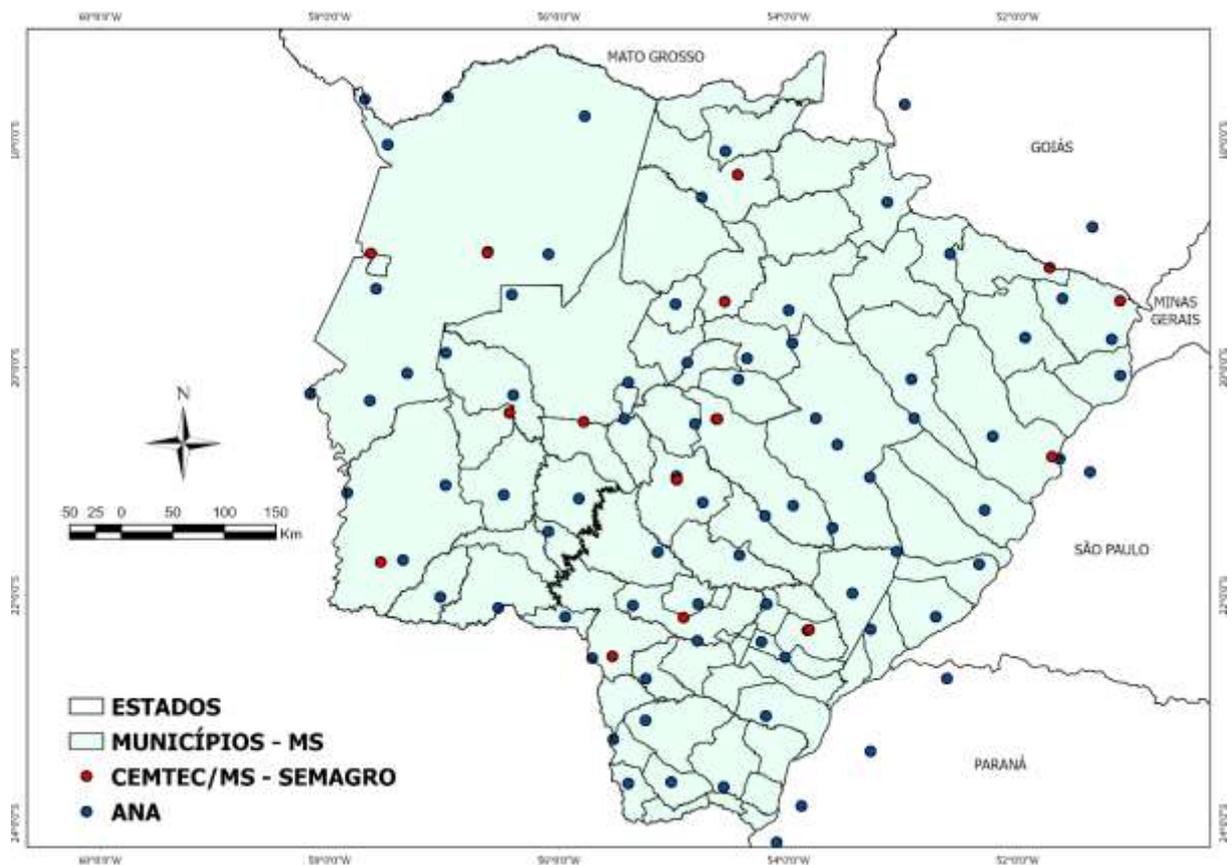
2.2 Espacialização da Precipitação

Para a caracterização da precipitação pluviométrica foram utilizadas séries históricas com dados de 30 anos, correspondente aos anos de 1988 – 2018, de 97 estações pluviométricas

localizadas no estado de Mato Grosso do Sul e nos estados vizinhos (Figura 2). Foram utilizadas estações pluviométricas dos estados vizinhos com objetivo de minimizar o efeito de borda no processo de interpolação, como realizado por Klippel et al., (2013). Os dados obtidos, são disponibilizados pelo CEMTEC/MS - SEMAGRO (Centro de Monitoramento do Tempo e do Clima de Mato Grosso do Sul - Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento Econômico, Produção e Agricultura Familiar) e ANA (Agência Nacional de Águas).

A espacialização da precipitação média anual, foi obtida por meio da interpolação espacial pelo método da krigagem ordinária, com ajuste estatístico do modelo de semivariograma gaussiano, com o objetivo de gerar a imagem matricial da precipitação média anual para o estado de Mato grosso do Sul.

Figura 2. Espacialização dos dados meteorológicos das estações, localizados no Mato Grosso do Sul e estados vizinhos.



Fonte: Autores.

2.3 Espacialização da Temperatura

Na caracterização da temperatura média anual do ar foram utilizadas séries de dados de 10 anos, de 15 estações meteorológicas CEMTEC/MS - SEMAGRO. Devido ao reduzido número de estações meteorológicas disponíveis para o estado de Mato Grosso do Sul, preferiu-se estimar os valores de temperatura média do ar, por meio de modelo estatísticos desenvolvido por Ribeiro (2011), conforme mostra na Eq. (1)

$$T = \beta_0 + \beta_1LAT + \beta_2LONG + \beta_3ALT \quad (1)$$

Em que,

T: temperatura do ar (°C);

β_0 : constante de regressão

LAT: coordenada geográfica latitude em graus e décimos;

LONG: coordenada geográfica longitude em graus e décimos;

ALT: altitude (m); e

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$: coeficiente de regressão para as variáveis LAT, LONG e ALT.

Foi aplicada a regressão linear múltipla nas coordenadas geográficas em graus (latitude e longitude) e a altitude, utilizadas como variáveis independentes e a temperatura foi utilizada como variável dependente.

A temperatura do ar foi especializada, aplicando-se a equação de regressão à imagem digital de latitude, longitude e altitude do Mato Grosso do Sul, em um sistema de informações geográficas. Para os dados de altitude, utilizou-se a imagem matricial de elevação, conhecida como Modelo Digital de Elevação (MDE), obtida no sítio Brasil em Relevo, da Embrapa Monitoramento por Satélite (MIRANDA, 2005). Esses dados são provenientes da missão SRTM, (Shuttle Radar Topograph Mission), da Agência Espacial Norte Americana (NASA), a qual mapeou a elevação de toda superfície terrestre. O método de coleta foi por interferometria de radar, produzindo MDE's de 90 metros de resolução espacial. A NASA disponibiliza esses dados gratuitamente e a Embrapa fez o tratamento adaptando para o Brasil.

2.4 Espacialização do Déficit Hídrico

Por meio dos dados meteorológicos da temperatura média do ar e precipitação pluviométrica para todas as localidades, foi calculado o balanço hídrico climático mensal, de acordo com método de Thornthwaite & Mather (1955) para os pontos de medidas selecionados no estudo, com o auxílio do programa “BHnorm”, elaborado em planilha EXCEL por Rolim et al. (1998), sendo adotado a capacidade máxima de armazenamento de água no solo (CAD) de 300 mm, conforme é indicado para espécies florestais (PEREIRA et al., 2002).

Com o resultado do balanço hídrico anual em cada posto pluviométrico, foi realizada a interpolação espacial dos dados de deficiência hídrica utilizando-se o método de krigagem ordinária, com ajuste estatístico do semivariograma exponencial, indicado por Castro et al. (2010), permitindo a elaboração da caracterização digital da disponibilidade hídrica anual no estado.

2.5 Zoneamento Agroclimático

O zoneamento agroclimático refere -se basicamente na delimitação das áreas com aptidão para o cultivo das espécies estudadas, no qual estão estabelecidas as condições hídrico e térmicas ideais para o seu desenvolvimento e conseqüente produtividade. A respeito dos índices hídrico-termais exigidos pelas espécies para o seu desenvolvimento, foram classificados conforme com as necessidades de cada uma, sendo dividido em duas classes de aptidão climática – Apta e Inapta. As áreas Aptas apresentam aptidão em todas as variáveis em estudo, enquanto as áreas inaptas apresentam inaptidão por uma ou mais variáveis em estudo.

As exigências climáticas das espécies de *Eucalyptus* são apresentadas na Tabela 1, adaptadas de acordo com Ferreira, (1997); Carneiro et al., (2006), Ribeiro et al., (2009) e Sperandio et al., (2010).

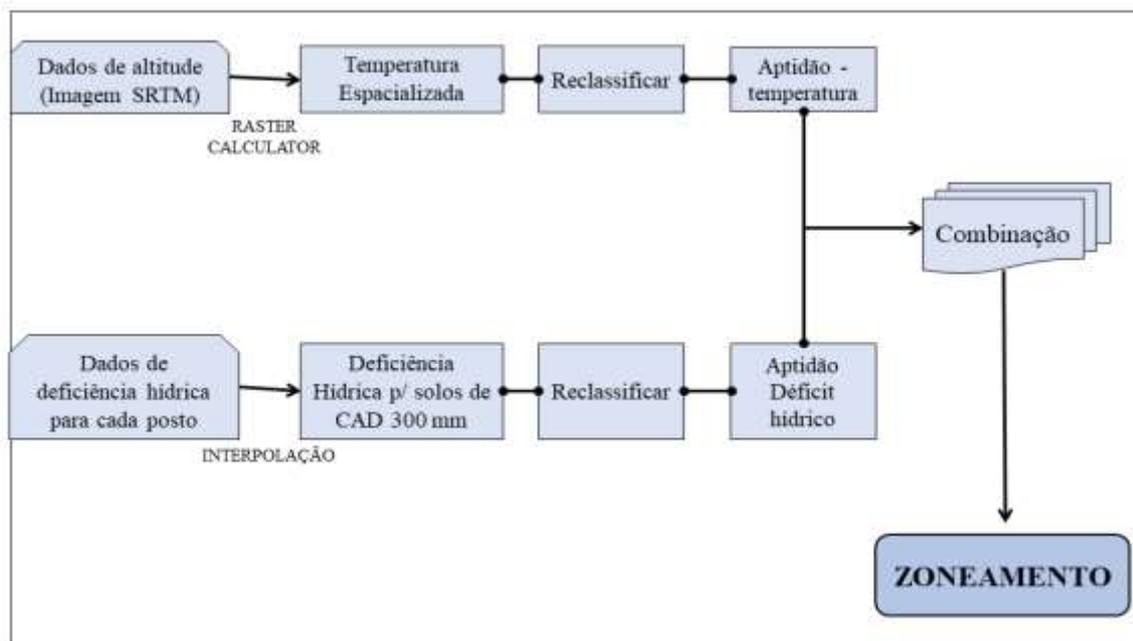
Tabela 1. Faixa de aptidão térmica e hídrica para as espécies em estudo.

Espécie	Temperatura média anual (°C)	Deficiência hídrica anual (mm)	Precipitação (mm)
<i>E. camaldulensis</i>	17 – 25	0 – 90	250 – 1800
<i>E. grandis</i>	17 – 23	0 – 120	550 – 1800
<i>E. urograndis</i>	18 – 25	15 – 170	720 – 1800
<i>E. urophylla</i>	19 – 26	30 – 210	900 – 1800
<i>C. citriodora</i>	20 – 24	30 – 90	350 – 1800

Fonte: Autores.

Com os índices climáticos definidos, utilizou-se o software ArcGis Pro 2.5.0 para realizar as combinações das duas imagens e gerar todos os mapas digitais. Com as variáveis temperatura e déficit hídrico obtidas por meio da espacialização, as imagens matriciais foram reclassificadas de acordo com a exigência da cultura. Os valores de intervalos de aptidão receberam o valor 1 (classe apta) e valor 2 (classe inapta). O fluxograma metodológico contendo todas as etapas necessárias para a espacialização do zoneamento agroclimático das espécies de Eucalipto está apresentado na Figura 3.

Figura 3. Fluxograma das etapas necessárias para obtenção dos mapas de zoneamento agroclimático das espécies de eucalipto para o estado de Mato Grosso do Sul.



Fonte: Autores.

3. Resultados E Discussão

Os coeficientes das equações de regressão para estimar os valores da temperatura média do ar mensais e anual, com seus respectivos coeficientes de determinação ajustados (R^2) para Mato Grosso do Sul, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Coeficiente das equações de regressão para estimativas dos valores mensais e anual da temperatura média do ar, com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) para Mato Grosso do Sul.

Mês	Coeficiente β_0	Latitude (β_1)	Longitude (β_2)	Altitude (β_3)	R^2
JAN	24,8453*	-0,1568*	-0,0144 ^{ns}	-0,0068*	0,96
FEV	29,2781*	-0,0304 ^{ns}	0,0224 ^{ns}	-0,0068*	0,88
MAR	26,1900*	0,0928 ^{ns}	-0,0645 ^{ns}	-0,0061*	0,92
ABR	24,4184*	0,2153*	-0,1090 ^{ns}	-0,0058*	0,93
MAI	31,5414*	0,5363*	-0,0467 ^{ns}	-0,0046*	0,92
JUN	38,2193*	0,5482*	0,0946 ^{ns}	-0,0037*	0,73
JUL	36,1985*	0,4426*	0,0947 ^{ns}	-0,0029*	0,72
AGO	45,5258*	0,5276*	0,1921*	-0,0047*	0,92
SET	46,8025*	0,5614*	0,1708*	-0,0050*	0,91
OUT	36,3249*	0,4280*	-0,0013 ^{ns}	-0,0057*	0,96
NOV	32,0876*	0,1958*	-0,0009 ^{ns}	-0,0057*	0,96
DEZ	17,8857*	0,0691 ^{ns}	-0,2171*	-0,0066*	0,96
ANUAL	32,4431*	0,2858*	0,0100 ^{ns}	-0,0054*	0,96

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t de Student ($p < 0,05$).

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste t de Student ($p < 0,05$).

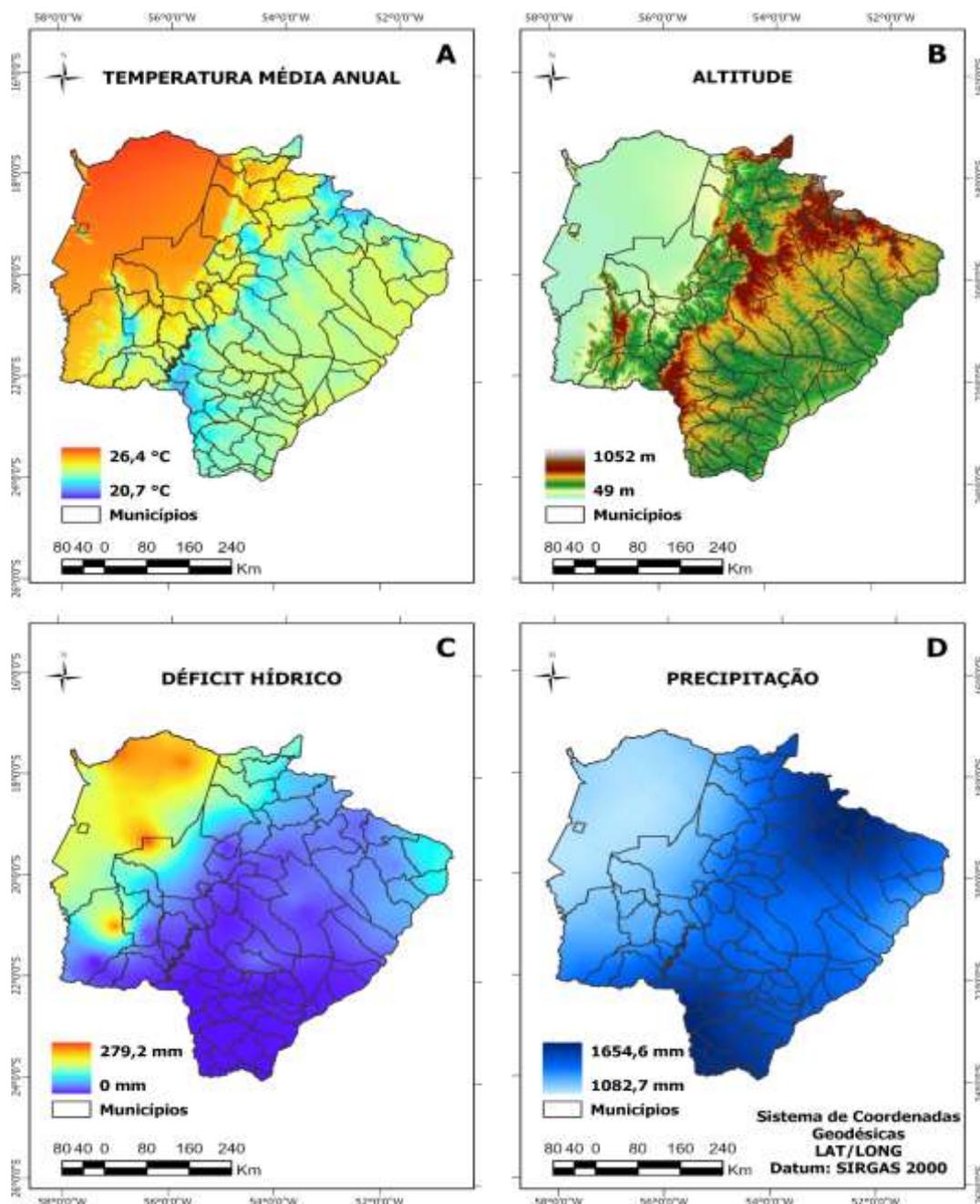
Fonte: Autores.

Os valores do coeficiente de determinação (R^2) apresentaram variação entre os meses do ano, permitindo verificar o nível de adequação dos dados à equação obtida. Os maiores valores de R^2 é de 0,96, foram observados nos meses de janeiro, outubro, novembro,

dezembro da temperatura média anual do ar, enquanto os menores R^2 encontrados foram de 0,72 e 0,73 para os meses de julho e junho respectivamente.

A Figura 4 representou a temperatura (A), altitude (B), déficit hídrico (C) e precipitação (D) para o estado do Mato Grosso do Sul. As variáveis temperatura e déficit hídrico serviram de base à reclassificação, por meio das combinações entre as características climáticas do estado, com as exigências de cada cultura.

Figura 4. Mapas de temperatura (A), altitude (B), déficit hídrico (C) e precipitação (D).



Fonte: Autores.

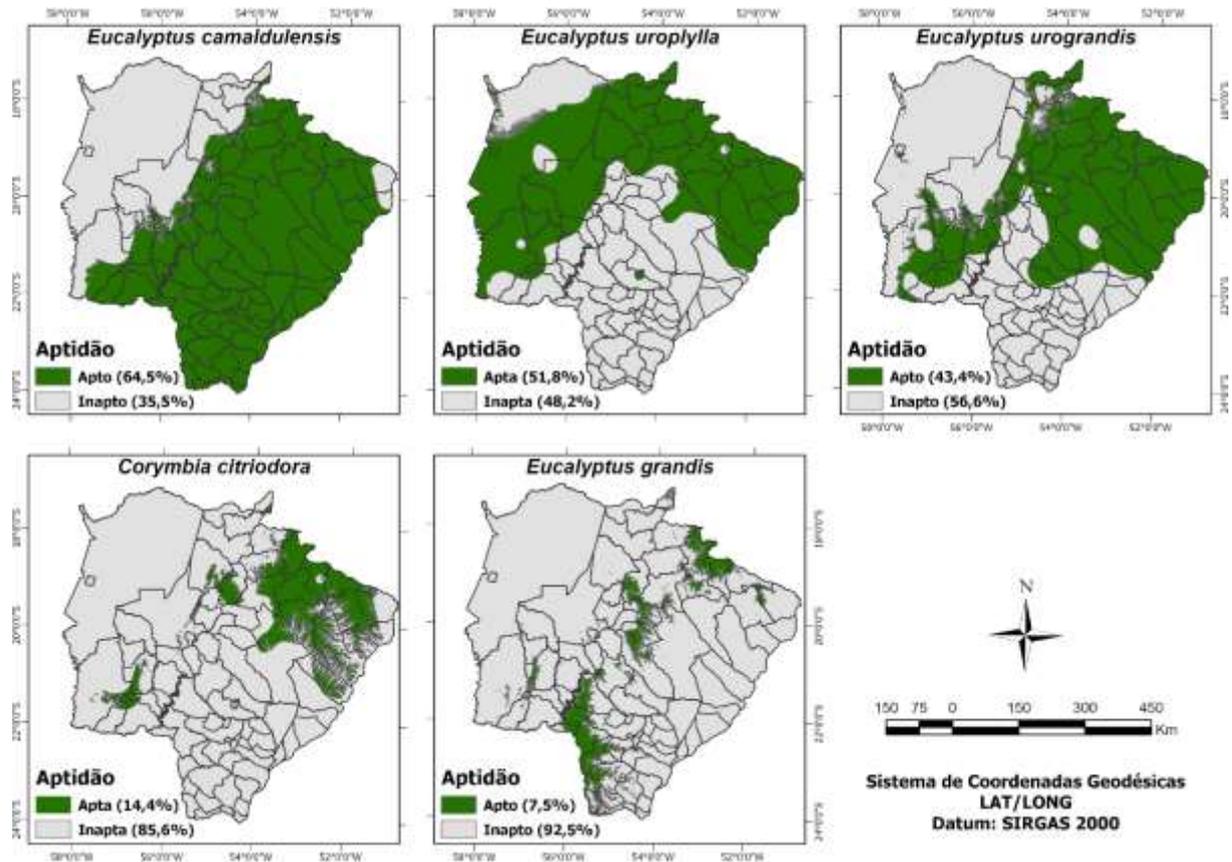
Os mapas de altitude e temperatura apresentam uma relação direta entre os locais de maior altitude e menor temperatura sendo os menores valores de temperatura de 20,7 °C na região Sudoeste e Leste do estado, e os menores valores de altitude é observado os maiores valores de temperatura de 26,4 °C na região do Pantanal sul mato-grossense ao oeste do estado.

Na Figura 4(C) mostra a deficiência hídrica anual maior na região oeste do estado, atingindo valores máximos de 279,2 mm, entretanto a maior parte do estado a deficiência hídrica é baixa, principalmente na região sul, onde são encontrados os menores valores. Segundo Tatagiba et al. (2007), a disponibilidade de água pode alterar as taxas de fotossíntese do Eucalipto e quanto maior for o período de restrição hídrica maior redução terá no processo de fotossíntese, portanto menor desenvolvimento e produtividade.

Conforme as exigências das culturas, a precipitação não foi um fator limitante para distribuição de áreas aptas, pois os valores estão entre 1082,7 mm a 1654,6 mm como mostra na Figura 4(D), encontrando-se dentro dos limites adequados das espécies estudadas. Observa-se que os maiores índices de chuva acontecem principalmente na região sul do estado, e as menores precipitação ocorre na região oeste.

De acordo com o zoneamento agroclimático as áreas aptas e inaptas para o cultivo das espécies de eucalipto para o estado de Mato Grosso do Sul são apresentadas na Figura 5.

Figura 5. Zoneamento para as espécies de *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus urograndis*, *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus grandis* para o estado de Mato Grosso do Sul, visando áreas aptas e inaptas para o cultivo.



Fonte: Autores.

A maior parte do estado, com 64,5% apresenta-se como apto para o cultivo do *E. camaldulensis*, devido às boas condições climatológicas, todas as regiões foram aptas, principalmente as regiões sudoeste e leste. De acordo com Ferreira (1997) ao espécie *E. camaldulensis* é uma das mais adequadas para zonas críticas de reflorestamento, pois tolera deficiências hídricas e solo de baixa fertilidade natural, o que para outras espécies são fatores limitantes a sua produtividade.

O *E. urophylla* e *E. urograndis* abrangem 51,8% e 43,4% de áreas aptas para o estado do Mato Grosso do Sul respectivamente, apresenta-se como espécies com bom potencial por suportar algumas áreas com déficit hídrico e maior faixa térmica. O *E. urophylla* teve maior aptidão nas regiões oeste, centro norte e leste do estado, enquanto para o *E. urograndis* as regiões de maior aptidão identificadas são no centro norte e leste.

O *E. grandis* e *C. citriodora* foram as espécies que apresentaram baixa aptidão 7,5% e 14,4% respectivamente, o que indica, poucas áreas aptas para o cultivo dessas espécies no

estado, comparada com as demais. A distribuição da aptidão para essas espécies, situa-se principalmente nas regiões com altitudes mais elevadas, onde as temperaturas são mais amenas.

As áreas aptas para *E. grandis* abrangem uma pequena parte do sudoeste, centro norte e leste do estado, regiões esta que apresenta baixa deficiência hídrica. O principal fator de restrição para a implantação *E. grandis* é a temperatura em regiões acima de 23°C. Para o *C. citriodora* as áreas inaptas correspondem 85,6%, devido a restrição hídrica da espécie que varia de 30 a 90 mm, sendo as áreas mais recomendadas para o plantio localizado na região leste.

Mesmo sendo baixa a porcentagem de áreas aptas para o plantio de *E. grandis*, empresas florestais têm mostrado no plano de manejo o cultivo desta espécie, assim como também o *E. urophylla*, *E. camaldulensis* (Eldorado Brasil, 2019). Os resultados do zoneamento indicam que o estado tem potencial produtivo, sendo que o estabelecimento dos plantios florestais está acordo com as exigências da cultura.

De acordo com Priovani et al (2018), espécies agrícolas e florestais têm seu índice de produtividade diretamente correlacionado com as condições climáticas às quais são submetidas. Assim, áreas que não apresentam condições climáticas consideradas ótimas para o desenvolvimento de uma determinada espécie geram perdas de produtividade e econômicas.

Sperandio et al, (2010) ressaltou que a implantação de espécies em áreas distintas das recomendadas pelo zoneamento como aptas, poderão se desenvolver moderadamente bem, todavia não irá atingir a máxima expressão genética de crescimento e produtividade. Sendo assim, utilizar o zoneamento agroclimático como uma ferramenta, permite delimitar ambientes homogêneos recomendados para determinada cultura, fornecendo base para o planejamento do uso da terra (Barreda et al, 2019).

Para áreas inaptas, além dos os fatores de restrição climática para desenvolvimento das espécies, deve considerar também técnicas de manejo, utilização de materiais genéticos mais adaptados às condições adversas edafoclimáticas, desta forma obtendo resultados satisfatórios nos plantios florestais (ELLI et al., 2020)

De acordo com Falcão et al. (2020), espécies de Eucalipto podem ser utilizadas na reabilitação de áreas de pastagens degradadas, para reduzir as taxas de perdas de solo e escoamento superficial, devido a sua melhoria nos atributos do solo e rápido crescimento, além de trazer um potencial retorno econômico para os produtores que o utilizem com este fim, sendo o zoneamento agroclimático crucial para que este seja implantado de forma a garantir o desenvolvimento adequado das espécies no estado de Mato Grosso do Sul.

É notável a grande variação na área percentual e na localização das regiões com aptidão para as cinco espécies estudadas, estes resultados estão relacionados com as diferenças nas exigências climáticas naturais, que influenciam de forma significativa na definição dos sítios florestais. Pode se observar ainda, que todo o estado de Mato Grosso do Sul apresenta áreas com aptidão agroclimática para todas as espécies estudadas.

Além dos resultados do zoneamento agroclimático obtidos, vale ressaltar, a necessidade também estudos ambientais, econômicos e sociais, com um maior nível de detalhamento, antes da implantação de cultivos, além de conhecer e estudar a viabilidade de outras espécies.

4. Conclusão

O estado do Mato Grosso do Sul apresenta potencial de cultivo para as cinco espécies de Eucaliptos, conforme este zoneamento agroclimático.

O *E. camaldulensis* foi a espécie que mais se adaptou as condições climáticas do estado, podendo ser cultivado em 64,5% das áreas.

Para as espécies *E. urophylla* e *E. urograndis*, as áreas propícias para sua implantação são similares, contudo, a área com aptidão para o *E. urophylla* é mais abrangente, pois é possível cultivar estas espécies em temperaturas mais elevadas e com maior déficit hídrico.

As espécies *E. grandis* e *C. citriodora* apresentaram menor áreas de aptidão principalmente por serem exigentes a temperaturas mais baixas, comparada com as outras espécies estudadas.

Referências

Agência Nacional de Águas (ANA). Sistema de Informações Hidrológicas, HidroWeb. Recuperado de http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf.

Angelocci, L. R., Sentelhas, P. C., & Pereira, A. R. (2002). Agrometeorologia fundamentos e aplicações práticas. *Agropecuária, Guairá*.

Barros Ferraz, S. F., Rodrigues, C. B., Garcia, L. G., Alvares, C. A., & de Paula Lima, W. (2019). Effects of Eucalyptus plantations on streamflow in Brazil: Moving beyond the water use debate. *Forest Ecology and Management*, 453, 117571.

Carneiro, M. A., Daniel, O., Vitorino, A. C. T., & Comunello, É. (2006). Aptidão da bacia do rio Dourados para o cultivo de algumas espécies de eucaliptos. *Floresta*, 36(3).

Castro, F. D. S., Pezzopane, J. E., Cecílio, R. A., Pezzopane, J. R., & Xavier, A. C. (2010). Avaliação do desempenho dos diferentes métodos de interpoladores para parâmetros do balanço hídrico climatológico. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*, 14(8), 871-880.

CEMTEC/MS – SEMAGRO. Centro de Monitoramento do Tempo e do Clima de Mato Grosso do Sul - Centro de Monitoramento do Tempo e do Clima de Mato Grosso do Sul - Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento Econômico, Produção e Agricultura Familiar. Banco de dados. Recuperado de: <http://www.cemtec.ms.gov.br/boletins-meteorologicos/>.

Coutinho, M., Bitencourt, M., Figueiredo-Neto, L., & Figueiredo, A. (2019). A contribuição das atividades de base agropecuária na geração de emprego nos municípios de Mato Grosso do Sul (Brasil). *EURE (Santiago)*, 45(135), 223-244.

Eldorado Brasil. (2019). Plano de Manejo Florestal 2019. Resumo Público. Recuperado de <http://www.eldoradobrasil.com.br/img/resumo-publico-do-plano-de-manejo-florestal-2019.pdf>.

Elli, E. F., Sentelhas, P. C., Huth, N., Carneiro, R. L., & Alvares, C. A. (2020). Gauging the effects of climate variability on Eucalyptus plantations productivity across Brazil: A process-based modelling approach. *Ecological Indicators*, 114, 106325.

Ferreira, C. D. C. M. (1996). Zoneamento Agroclimático para implantação de sistemas agroflorestais com eucaliptos em Minas Gerais.

Garcia-Barreda, S., Sánchez, S., Marco, P., & Serrano-Notivoli, R. (2019). Agro-climatic zoning of Spanish forests naturally producing black truffle. *Agricultural and Forest Meteorology*, 269, 231-238.

Gelcer, E., Fraisse, C. W., Zotarelli, L., Stevens, F. R., Perondi, D., Barreto, D. D., & Southworth, J. (2018). Influence of El Niño-Southern oscillation (ENSO) on agroclimatic zoning for tomato in Mozambique. *Agricultural and forest meteorology*, 248, 316-328.

IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores, 2019. RELATÓRIO 2019. Brasília. Recuperado de <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>

Klippel, V. H., Pezzopane, J. E. M., Pezzopane, J. R. M., Cecílio, R. A., da Silveira Castro, F., & Pimenta, L. R. (2013). Zoneamento climático para teca, cedro australiano, nim indiano e pupunha no estado do Espírito Santo. *Floresta*, 43(4), 671-680.

Martins, L. D., Eugenio, F. C., Rodrigues, W. N., Brinati, S. V. B., Colodetti, T. V., Christo, B. F., & Ramalho, J. D. C. (2018). Adaptation to Long-Term Rainfall Variability for Robusta Coffee Cultivation in Brazilian Southeast. *American Journal of Climate Change*, 7(4), 487-504.

Miranda, E. E., Gomes, E. G., & Guimarães, M. (2005). Mapeamento e estimativa da área urbanizada do Brasil com base em imagens orbitais e modelos estatísticos. In *Embrapa Territorial-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, 12., 2005, Goiânia. Anais eletrônicos. São José dos Campos: INPE, 2005.

Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Hydrol Earth Syst Sci*, 11, 1633-1644.

Pezzopane, J. E. M., Castro, F. S., Pezzopane, J. R. M., & Cecílio, R. A. (2012). Agrometeorologia: aplicações para o Espírito Santo. *Alegre, ES: CAUFES*.

Ribeiro Jr, J. I. (2011). Análises estatísticas no Excel: guia prático (Statistical analysis in Excel: practical guide). *UFV, Viçosa*, 258.

Ribeiro, A., Paiva, Y. G., Baesso, R. C. E., Almeida, A. Q., Oliveira, A. S., Oliveira, R. A., Hamakaw, P. J., & Silva, M. P. (2009). Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, INMET.

Santos Falcão, K., Panachuki, E., das Neves Monteiro, F., da Silva Menezes, R., Rodrigues, D. B., Sone, J. S., & Oliveira, P. T. S. (2020). Surface runoff and soil erosion in a natural regeneration area of the Brazilian Cerrado. *International Soil and Water Conservation Research*.

Santos, A. R., Teixeira, L. J. Q., Saraiva, S. H., Freitas, D. F., dos Santos Pereira Jr, O., Ribeiro, C. A. A. S., & Scherer, R. (2016). GIS applied to agr climatological zoning and agrot toxin residue monitoring in tomatoes: A case study in Espírito Santo state, Brazil. *Journal of environmental management*, 166, 429-439.

Souza Rolim, G., Sentelhas, P. C., & Barbieri, V. (1998). Planilhas no ambiente excel tm para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. *Rev. Bras. Agromet.*, 6(1), 133-137.

Sperandio, H. V., Campanharo, W. A., Cecílio, R. A., & Nappo, M. E. (2010). Zoneamento agroecológico para espécies de eucalipto no estado do espã rito santo. *Caminhos de Geografia*, 11(34).

Tatagiba, S. D., Pezzopane, J. E. M., dos Reis, E. F., Dardengo, M. C. J. D., & Effgen, T. A. M. (2007). Comportamento fisiológico de dois clones de Eucalyptus na época seca e chuvosa. *Cerne*, 13(2), 149-159.

Thorntwaite, C. W., & Mather, J. R. (1955) The water balance. *Publications in Climatology*, 8, 104.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Helen Caroline Rodrigues Correa – 20%

Elyson Thiago de Souza Florentim – 20%

Felipe Das Neves Monteiro – 20%

Karina dos Santos Falcão – 20%

Elói Panachuki – 20%