



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI – UFVJM
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA – UFU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
BIOCOMBUSTÍVEIS

ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DE ESPÉCIES BIOENERGÉTICAS PARA A
ENTRESSAFRA VERÃO-INVERNO NA MICRORREGIÃO DE PATOS DE
MINAS-MG

WILLIAM MENEZES FERREIRA FLORES

Uberlândia

2020



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI – UFVJM
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA – UFU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
BIOCOMBUSTÍVEIS**

WILLIAM MENEZES FERREIRA FLORES

**ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DE ESPÉCIES BIOENERGÉTICAS PARA A
ENTRESSAFRA VERÃO-INVIERNO NA MICRORREGIÃO DE PATOS DE
MINAS-MG**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Biocombustíveis, Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Biocombustíveis.

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo de Camargo

Uberlândia/MG

2020



WILLIAM MENEZES FERREIRA FLORES

**ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DE ESPÉCIES BIOENERGÉTICAS PARA A
ENTRESSAFRA VERÃO-INVERNO NA MICRORREGIÃO DE PATOS DE
MINAS-MG**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Biocombustíveis, Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Biocombustíveis.

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo de Camargo

Banca de Avaliação:

Prof. Dr. Reginaldo de Camargo – UFU
Orientador

Prof. Dr. Ubirajara Coutinho Filho – UFU
Membro

Prof. Dr. Vinícius de Moraes Machado –
UNIPAM
Membro

Prof. Dr. Paulo Eduardo Silva Martins –
UNIT
Membro

Prof. Dr. Alexandre Walmott Borges – UFU
Membro

Uberlândia-MG

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU com dados
informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

F634 2020	Flores, William Menezes Ferreira, 1992- Zoneamento agroclimático de espécies bioenergéticas para a entressafra Verão-Inverno na Microrregião de Patos de Minas-MG [recurso eletrônico] / William Menezes Ferreira Flores. – 2020. Orientador: Dr. Reginaldo de Camargo. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Biocombustíveis. Modo de acesso: Internet. Disponível em: http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.519 Inclui bibliografia. Inclui ilustrações. 1. Biocombustível. I. Camargo, Dr. Reginaldo de, 1972-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Biocombustíveis. III. Título. CDU: 662.756
--------------	--

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Biocombustíveis

Av. João Naves de Ávila, 2121 - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902

Telefone: (34) 3239-4385 / 4208 - www.iq.ufu.br - ppbic@iqufu.ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Biocombustíveis				
Defesa de:	Mestrado Acadêmico, 41, PPBIC				
Data:	10 de Julho de 2020	Hora de início:	09:00	Hora de encerramento:	11:15
Matrícula do Discente:	11822PGB005				
Nome do Discente:	William Menezes Ferreira Flores				
Título do Trabalho:	Zoneamento agroclimático de espécies bioenergéticas para a entressafra Verão-Inverno na Microrregião de Patos De Minas-MG				
Área de concentração:	Biocombustíveis				
Linha de pesquisa:	Ambiente e Sustentabilidade				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Produção fotocatalítica de hidrogênio a partir da água e do glicerol coproduto da síntese de biodiesel				

Reuniu-se em ambiente virtual, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Biocombustíveis, assim composta: Professores Doutores: Ubirajara Coutinho Filho e Alexandre Walmott Borges, da Universidade Federal de Uberlândia; Vinícius de Moraes Machado, do Centro Universitário de Patos de Minas; Paulo Eduardo Silva Martins, da Universidade Tiradentes; e Reginaldo de Camargo, orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). Reginaldo de Camargo, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Alexandre Walmott Borges, Membro de Comissão**, em 10/07/2020, às 11:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Reginaldo de Camargo, Professor(a) do Magistério Superior**, em 10/07/2020, às 11:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ubirajara Coutinho Filho, Professor(a) do Magistério Superior**, em 10/07/2020, às 11:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Eduardo Silva Martins, Usuário Externo**, em 10/07/2020, às 11:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **VINICIUS DE MORAIS MACHADO, Usuário Externo**, em 11/07/2020, às 09:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2085262** e o código CRC **6B65D1CD**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente devo agradecer a Deus e aos Orixás pela grandeza do dom da vida que nos foi dada como forma de aprendizado e remissão dos erros passados.

Quero agradecer também a espiritualidade que com a permissão de Deus possibilitou que fosse alcançado esse objetivo com muito esforço e honra, bem como também, por conduzirem sabiamente nós, encarnados, nos caminhos de Deus com ensinamentos de muito amor com o irmão, independentemente de sua posição social e/ou conduta. Todos são filhos de Deus e por isso são um pedacinho Dele na Terra.

Agradeço pelos meus pais e minhas irmãs sempre estarem comigo nesta caminhada terrena, dando apoio e motivação para sempre continuar caminhando sob a luz dos Orixás, sendo insuficiente quaisquer formas de agradecimento pela grande importância de vocês em minha vida.

Agradeço ao meu anjo Daniella que tem mostrado a importância de se ter pessoas que nos fazem acreditar em nossos sonhos; que estão do nosso lado em momentos maravilhosos e em momentos ruins; que dia a dia demonstram que o amor é a maior fortaleza do homem; que a vida é o presente mais digno que qualquer ser humano possa ganhar de Deus, portanto é nossa responsabilidade merecermos este presente Divino. Enfim, tenho muito a te agradecer e poucas palavras me estão disponíveis neste momento, porém, saiba que agradeço diariamente por ter cruzado seu caminho e ainda permanecer nele e sei que iremos caminhar juntos até caminharmos de andador um dia. Te amo.

Os meus mais sinceros e honrados agradecimentos ao meu orientador Prof. Dr. Reginaldo de Camargo que sempre esteve presente com sua atenção e auxílio durante os momentos de dúvidas e dificuldades encontradas ao longo desta conclusão de pesquisa.

Agradeço aos meus amigos Abel, Gustavo e Marcelo por terem me ajudado imensamente em diversas situações a concluir esse mestrado pois, muitas viagens a noite para assistir aula no dia seguinte; noites em que fui acolhido por uma família linda e que admiro muito; e dias de muita alegria e leveza vividos com vocês meus amigos.

Por fim, agradeço a todos aqueles que de certa forma contribuíram para a conclusão deste ciclo acadêmico, sejam por meios de orações, benzimentos, pensamentos de boas intenções, orgulho, confiança e acima de tudo, por AMOR. Obrigado a todos.

*“Penso no dia que logo vai nascer, e o meu peito se enche de emoção.
A esperança invade o meu ser, eu sou feliz e gosto de viver.
Pela beleza dos raios da manhã, eu te saúdo mamãe Iansã.
Pela grandeza das ondas do mar, me abençoe mamãe Iemanjá.
A mata virgem tem seu semeador, ele é Oxóssi, Okê Okê Arô.
Na cachoeira eu vou me refazer, nas águas claras de Oxum A iê iê.
Se a injustiça faz guerra de poder, valha-me a espada de Ogum, Ogunhê.
Não há doença que venha vencer, sou protegido de Obaluaê.
Eu sou da paz, mas sou um lutador. A minha lei quem dita é Xangô.
A alegria já tem inspiração, na inocência de Cosme e Damião.
Não tenho medo, vou ter medo de quê? Tenho ao meu lado Nanã Buruquê.
E essa luz que vem de Oxalá, tenho certeza, vai me iluminar.”*

Hino aos Orixás.

Resumo: Frente às necessidades atuais que a sociedade vem enfrentando na busca de novas fontes energéticas em substituição a matriz energética atual advinda de combustíveis fósseis, as quais visam a redução dos impactos ambientais causados pela matriz atual. A cadeia de biocombustíveis vem crescendo e ganhando espaço no mercado energético nacional com a inserção de culturas vegetais adaptadas para a produção de óleo ou sacarose, bem como sendo uma das alternativas para a disposição final de gordura animal. Estudos referentes a novas possibilidades de inserção de cultivos para a produção de óleos vegetais destinados a indústria de biorrefinarias, vem se tornando ferramenta importante na gestão dos recursos naturais renováveis e na abertura de novas matérias-primas para o setor. Visto isso, o zoneamento agroclimático é uma das diversas ferramentas de gestão de grande impacto para inserção de novas matérias-primas com potencial bioenergético, estimulando novas regiões agrícolas em produzir biomassa vegetal para o setor de bioenergia. A elaboração do zoneamento agroclimático foi realizada por meio da Krigagem Ordinária Multivariada com validação cruzada dos modelos Gaussiano, Exponencial, Esférico e Circular para os dados climáticos e altimétricos de 38 estações meteorológicas convencionais especializadas nos Estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais, este último, Estado da área de estudo. A microrregião de Patos de Minas-MG apresentou temperatura média entre 27,4 e 29,3 °C com balanço hídrico entre -41,55 mm de déficit e 2,17 mm de excedente hídrico. Para as culturas do amendoim forrageiro (*Arachis hypogaea* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), a microrregião apresentou-se com aptidão térmica e restrição hídrica em 100,0% das áreas agrícolas potenciais, visto que as faixas ideais de temperatura e necessidade hídrica são de 25,0 a 35,0 °C e 450,0 a 700,0 mm, de 8,0 a 34,0 °C e 200,0 a 900,0 mm, e de 16,0 a 32,0 °C e 380,0 a 700,0 mm, respectivamente. Já para o cultivo do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), a espacialização da área da microrregião de Patos de Minas-MG em sua totalidade foi de restrição térmica e restrição hídrica, onde a faixa térmica ideal para seu cultivo seja entre 15,0 e 25,0 °C, podendo ser cultivado em regiões onde a variabilidade térmica de noites frias e dias quentes estejam na faixa de 10,0 a 18,0 °C e 21,0 a 32,0 °C, respectivamente. A colza (*Brassica napus* L.) foi a única cultura para que a região apresentou a caracterização de inaptidão térmica em detrimento desta cultura ser caracterizada como cultivo de inverno, a qual apresenta faixa térmica ideal abaixo da faixa térmica característica da região.

Palavras-chave: Climatologia Agrícola. Biomassa Energética. Krigagem Multivariada. Análise Geoestatística. Biocombustíveis.

Abstract: In the face of the current needs that society has been facing in the search for new energy sources in place of the current energy matrix from fossil fuels, which aim to reduce the environmental impacts caused by the current matrix. The biofuel chain has been growing and gaining space in the national energy market with the insertion of vegetable crops adapted for the production of oil or sucrose, as well as being one of the alternatives for the final disposal of animal fat. Studies on new possibilities of insertion of crops for the production of vegetable oils for the biorefinery industry, has become an important tool in the management of renewable natural resources and in the opening of new raw materials for the sector. In view of this, agroclimatic zoning is one of several management tools of great impact for the insertion of new raw materials with bioenergetic potential, stimulating new agricultural regions in producing plant biomass for the bioenergy sector. The elaboration of agroclimatic zoning was carried out through the Multivariate Ordinary Kriging with cross-validation of the Gaussian, Exponential, Spherical and Circular models for the climatic and altimetric data of 38 conventional meteorological stations specialized in the states of Goiás, São Paulo and Minas Gerais, the latter, state of the study area. The microregion of Patos de Minas-MG presented an average temperature between 27.4 and 29.3 °C with water balance between -41.55 mm of deficit and 2.17 mm of water surplus. For the crops of forage peanut (*Arachis hypogaea* L.), sunflower (*Helianthus annuus* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), the microregion presented with thermal fitness and water restriction in 100.0% of potential agricultural areas, ideal temperature and water supply ranges are from 25.0 to 35.0 °C and 450.0 to 700.0 mm, from 8.0 to 34.0 °C and 200.0 to 900.0 mm, and from 16.0 to 32.0 °C and 380.0 to 700.0 mm, respectively. For the cultivation of crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), the spatialization of the area of the Patos de Minas-MG microregion in its entirety was thermal restriction and water restriction, where the ideal thermal range for its cultivation is between 15.0 and 25.0 °C, and can be cultivated in regions where the thermal variability of cold nights and hot days are in the range of 10.0 to 18.0 °C and 21.0 to 32.0 °C, respectively. Rapeseed (*Brassica napus* L.) was the only crop for which the region presented the characterization of thermal ineptitude to the detriment of this crop being characterized as winter cultivation, which presents ideal thermal range below the thermal range characteristic of the region.

Keywords: Agricultural Climatology. Energy Biomass. Multivariate Kriging. Geostatistical Analysis. Biofuels.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gráfico de correlação entre os anos e seus respectivos meses de produção do bioetanol no Brasil, em m ³	12
Figura 2 – Gráfico de correlação entre os anos e seus respectivos meses de produção do biodiesel no Brasil, em m ³ . Fonte: ANP, 2020.....	12
Figura 3 – Mapa de localização da microrregião de Patos de Minas	33
Figura 4 – Sistema de Classificação Climática de Köppen para o Estado de Minas Gerais.....	35
Figura 5 – Mapa de localização espacial das estações climáticas utilizadas no estudo (vide ANEXO I).	43
Figura 6 – Fluxograma simplificado dos comandos e resultados processados no software ArcGis, versão 10.5 de teste.	53
Figura 7 – Caracterização térmica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de janeiro. A) Temperatura Mínima; B) Temperatura Máxima.....	65
Figura 8 – Caracterização térmica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de fevereiro. A) Temperatura Mínima; B) Temperatura Máxima.....	66
Figura 9 – Caracterização térmica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de março. A) Temperatura Mínima; B) Temperatura Máxima.	67
Figura 10 – Caracterização térmica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de abril. A) Temperatura Mínima; B) Temperatura Máxima.	68
Figura 11 – Caracterização térmica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de maio. A) Temperatura Mínima; B) Temperatura Máxima.	69
Figura 12 – Caracterização térmica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de junho. A) Temperatura Mínima; B) Temperatura Máxima.	70
Figura 13 – Caracterização térmica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de julho. A) Temperatura Mínima; B) Temperatura Máxima.....	71
Figura 14 – Caracterização térmica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de agosto. A) Temperatura Mínima; B) Temperatura Máxima.....	72
Figura 15 – Caracterização térmica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de setembro. A) Temperatura Mínima; B) Temperatura Máxima.....	73
Figura 16 – Caracterização térmica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de outubro. A) Temperatura Mínima; B) Temperatura Máxima.....	74

Figura 17 – Caracterização térmica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de novembro. A) Temperatura Mínima; B) Temperatura Máxima.	75
Figura 18 – Caracterização térmica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de dezembro. A) Temperatura Mínima; B) Temperatura Máxima.....	76
Figura 19 – Caracterização das temperaturas médias mínimas e máximas da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de dezembro. A) Temperatura Média Mínima; B) Temperatura Média Máxima.	77
Figura 20 – Caracterização hídrica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de janeiro. A) Precipitação Acumulada (mm); B) Evapotranspiração Potencial (mm).....	79
Figura 21 – Caracterização hídrica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de fevereiro. A) Precipitação Acumulada (mm); B) Evapotranspiração Potencial (mm).....	80
Figura 22 – Caracterização hídrica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de março. A) Precipitação Acumulada (mm); B) Evapotranspiração Potencial (mm).....	81
Figura 23 – Caracterização hídrica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de abril. A) Precipitação Acumulada (mm); B) Evapotranspiração Potencial (mm).....	82
Figura 24 – Caracterização hídrica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de maio. A) Precipitação Acumulada (mm); B) Evapotranspiração Potencial (mm).....	83
Figura 25 – Caracterização hídrica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de junho. A) Precipitação Acumulada (mm); B) Evapotranspiração Potencial (mm).....	84
Figura 26 – Caracterização hídrica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de julho. A) Precipitação Acumulada (mm); B) Evapotranspiração Potencial (mm).....	85
Figura 27 – Caracterização hídrica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de agosto. A) Precipitação Acumulada (mm); B) Evapotranspiração Potencial (mm).....	86

Figura 28 – Caracterização hídrica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de setembro. A) Precipitação Acumulada (mm); B) Evapotranspiração Potencial (mm).....	87
Figura 29 – Caracterização hídrica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de outubro. A) Precipitação Acumulada (mm); B) Evapotranspiração Potencial (mm).....	88
Figura 30 – Caracterização hídrica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de novembro. A) Precipitação Acumulada (mm); B) Evapotranspiração Potencial (mm).....	89
Figura 31 – Caracterização hídrica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de dezembro. A) Precipitação Acumulada (mm); B) Evapotranspiração Potencial (mm).....	90
Figura 32 – Caracterização climática para a microrregião de Patos de Minas-MG durante o período de entressafra (fevereiro a junho). A) Caracterização Térmica da microrregião de Patos de Minas-MG; B) Caracterização Hídrica da microrregião de Patos de Minas-MG.....	92
Figura 33 – Zoneamentos agroclimáticos dos cultivos estudados para o período da entressafra (fevereiro a junho) na microrregião de Patos de Minas-MG. A) Zoneamento Agroclimático do Amendoim Forrageiro (<i>Arachis hypogaea</i> L.); B) Zoneamento Agroclimático do Crambe (<i>Crambe abyssinica</i> Hochst); C) Zoneamento Agroclimático do Girassol (<i>Helianthus annuus</i> L.); D) Zoneamento Agroclimático da Colza (<i>Brassica napus</i> L.); E) Zoneamento Agroclimático do Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench).....	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Matérias-primas utilizadas na produção de bioetanol.	7
Tabela 2 – Produção evolutiva de bioetanol em território nacional em m³.	11
Tabela 3 – Produção evolutiva de biodiesel no Brasil em m³.	11
Tabela 4 – Áreas agricultáveis da microrregião de Patos de Minas-MG durante o ano de 2018 para cultivos anuais.	13
Tabela 5 – Áreas agricultáveis da microrregião de Patos de Minas-MG durante o ano de 2018 para cultivos semiperenes e perenes.	15
Tabela 6 – Municípios integrantes da microrregião de Patos de Minas, Minas Gerais.	32
Tabela 7 – Descrição informativa das estações meteorológicas convencionais utilizadas na elaboração do estudo de aptidão climática para a microrregião de Patos de Minas – MG.	39
Tabela 8 – Normal Climática para Temperatura Média Mínima Mensal (°C) das Estações Meteorológicas Convencionais utilizadas no estudo.	44
Tabela 9 – Normal Climática para Temperatura Média Máxima Mensal (°C) das Estações Meteorológicas Convencionais utilizadas no estudo.	45
Tabela 10 – Normal Climática para Precipitação Acumulada (mm) das Estações Meteorológicas Convencionais utilizadas no estudo.	47
Tabela 11 – Normal Climática para Evapotranspiração Potencial – Mensal (mm) das Estações Meteorológicas Convencionais utilizadas no estudo.	48
Tabela 12 – Normal Climática para Balanço Hídrico – Mensal (mm) das Estações Meteorológicas Convencionais utilizadas no estudo.	50
Tabela 13 – Exigências climáticas das culturas vegetais com potencial bioenergético para produção de biocombustíveis.	55
Tabela 14 – Categorização das classes de Aptidão, Restrição e/ou Inaptidão climática da região de estudo para a culturas bioenergéticas considerando as temperaturas como indicador.	56
Tabela 15 – Categorização das classes de Aptidão, Restrição e/ou Inaptidão climática da região de estudo para a culturas bioenergéticas considerando as lâminas hídricas como indicador.	57
Tabela 16 – Descrição metodológica de elaboração do zoneamento agroclimático.	58

Tabela 17 – Definição das classes de composição do zoneamento agroclimático.	58
Tabela 18 – Caracterização das legendas adotadas nos zoneamentos agroclimáticos de cada cultivar.....	59
Tabela 19 – Validação Cruzada para a Temperatura Média Mínima Mensal (°C) dos semivariogramas pelos parâmetros de validação cruzada Erro Quadrático Médio (EQM), Erro Padrão Médio (EPM), Erro Normalizado Médio (ENM) e Erro Quadrático Normalizado Médio (EQNM) da extensão Geoestatistical Analyst no ArcGis.....	61
Tabela 20 – Validação Cruzada para a Temperatura Média Máxima Mensal (°C) dos semivariogramas pelos parâmetros de validação cruzada Erro Quadrático Médio (EQM), Erro Padrão Médio (EPM), Erro Normalizado Médio (ENM) e Erro Quadrático Normalizado Médio (EQNM) da extensão Geoestatistical Analyst no ArcGis.....	61
Tabela 21 – Validação Cruzada para a Precipitação Acumulada (mm) dos semivariogramas pelos parâmetros de validação cruzada Erro Quadrático Médio (EQM), Erro Padrão Médio (EPM), Erro Normalizado Médio (ENM) e Erro Quadrático Normalizado Médio (EQNM) da extensão Geoestatistical Analyst no ArcGis.....	62
Tabela 22 – Validação Cruzada para a Evapotranspiração Potencial (mm) dos semivariogramas pelos parâmetros de validação cruzada Erro Quadrático Médio (EQM), Erro Padrão Médio (EPM), Erro Normalizado Médio (ENM) e Erro Quadrático Normalizado Médio (EQNM) da extensão Geoestatistical Analyst no ArcGis.....	63
Tabela 23 – Caracterização simplificada da geodiversidade da microrregião de Patos de Minas.	116
Tabela 24 – Classificação dos solos presentes na área de estudo.	121

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Modelo matemático descritivo do semivariograma esférico.....	23
Equação 2 – Modelo matemático descritivo do semivariograma gaussiano.	23
Equação 3 – Modelo matemático descritivo do semivariograma exponencial.	23
Equação 4 – Modelo matemático descritivo do semivariograma circular.	24

LISTA DE ABREVIACÕES

ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

B100 – Biodiesel Puro

CAR – Cadastro Ambiental Rural

CETEC – Centro Tecnológico de Minas Gerais

CO₂ – Dióxido de Carbono

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

ESRI – Environmental Systems Resource Institute

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INT – Instituto Nacional de Tecnologia

IPT Instituto de Pesquisas Tecnológicas

OMM – Organização Mundial de Meteorologia

pH – Potencial Hidrogeniônico

PNPB – Política Nacional de Uso e Produção de Biodiesel

RenovaBio – Política Nacional de Biocombustíveis

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

UFV – Universidade Federal de Viçosa

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS GERAIS	3
2.1	Objetivos Específicos	3
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	4
3.1	Principais Biocombustíveis e Suas Matérias Primas	4
3.1.1	Bioetanol.....	5
3.1.2	Biodiesel.....	7
3.2	Produção de Biocombustíveis no Brasil.....	8
3.3	Potencial Agrícola da Microrregião de Patos de Minas – Estado de Minas Gerais.....	13
3.3.1	Geodiversidade Regional	17
4	CLIMATOLOGIA AGRÍCOLA APLICADA	18
5	ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO E SUA IMPORTÂNCIA.....	19
5.1	Geoestatística Aplicada a Dados Climáticos	21
6	MATÉRIAS-PRIMAS POTENCIAIS PARA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS.....	24
6.1	Girassol (<i>Helianthus annuus</i> L.)	25
6.1.1	Exigências Climáticas do Girassol (<i>Helianthus annuus</i> L.)	26
6.2	Amendoim (<i>Arachis hypogaea</i> L.).....	27
6.2.1	Exigências Climáticas do Amendoim (<i>Arachis hypogaea</i> L.).....	28
6.3	Crambe (<i>Crambe abyssinica</i> Hochst).....	28
6.3.1	Exigências Climáticas do Crambe (<i>Crambe abyssinica</i> Hochst).....	29
6.4	Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench).....	29
6.4.1	Exigências Climáticas do Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench).....	30
6.5	Colza (<i>Brassica napus</i> L.)	30
6.5.1	Exigências Climáticas da Colza (<i>Brassica napus</i> L.)	31
7	MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
7.1	Área de Estudo	32
7.1.1	Geodiversidade e Pedologia Local	34
7.1.2	Caraterização Climática	35
7.2	Dados Geoespaciais.....	36
7.2.1	Dados Climáticos	36
7.2.2	Modelo Digital de Elevação – SRTM.....	37
7.2.3	Processamento dos Dados Climáticos	41

7.3	Balanço Hídrico.....	54
7.4	Exigências Climáticas das Espécies Vegetais	54
7.5	Zoneamento Agroclimático	58
8	RESULTADOS E DISCUSSÕES	59
8.1	Geoestatística – Validação de Semivariogramas.....	59
8.2	Caracterização Térmica e Hídrica da Área de Estudo	64
8.3	Zoneamento Agroclimático das Espécies Vegetais com Potencial Bioenergético para Produção de Biocombustíveis.....	91
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	99
10	CONCLUSÕES.....	101
11	LITERATURA CONSULTADA	103
	ANEXO I.....	114
	ANEXO II.....	116

1 INTRODUÇÃO

O Brasil, país continental e de diversificadas condições físicas (climáticas, edáficas, geomorfológicas, etc) que favorecem a produtividade de inúmeras espécies vegetais, potencializada atualmente com as inovações tecnológicas no setor agrícola, tem grande vantagem no mercado mundial de biocombustíveis, por ser possível o cultivo de diversas espécies vegetais destinadas à produção de biocombustíveis através da conversão de biomassa vegetal.

A RenovaBio é a Política Nacional de Biocombustíveis, instituída pela Lei 13.756/2017, que tem como objetivos principais a contribuição para o Brasil em cumprimento dos compromissos firmados no Acordo de Paris; promover a expansão dos biocombustíveis na matriz energética nacional; e assegurar previsibilidade para o mercado de combustíveis, induzindo ganhos de eficiência energética e de redução das emissões de Gases de Efeito Estufa na produção, comercialização e uso dos biocombustíveis (BRASIL, 2017).

Um dos objetivos da RenovaBio é a estimulação à inserção de novos biocombustíveis no mercado bem como também a utilização de novas fontes de matéria-prima para reduzir a competitividade do mercado alimentício com o mercado de bioenergia, favorecendo assim o crescimento equilibrado da economia nacional em ambos os setores (LORA e VENTURINI, 2012).

É importante mencionar que a utilização dos biocombustíveis na matriz energética nacional teve seu emprego no início do século XX, pelos estudos do etanol como mistura na gasolina importada e posteriormente diversos programas foram criados pelo governo federal incentivando o uso de biocombustíveis, tais como o Próálcool e Pró-óleo (década de 1970), Pródiesel e Programa Nacional de Óleos Vegetais (década de 1980); e em 2005 o lançamento do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) (PETROBRAS, 2007; LORA e VENTURINI, 2012; MELO, 2018; VIDAL, 2019.), demonstrando que o país tem mais de um século de pesquisas e desenvolvimento de tecnologias em biocombustíveis.

Em detrimento das biomassas vegetais destinadas à produção de biocombustíveis no Brasil serem majoritariamente a soja (biodiesel) e a cana-de-açúcar (bioetanol), este estudo traz uma avaliação climática para inserção de novas fontes de biomassa energéticas com potencial produtivo exclusivo ao mercado de biocombustíveis como alternativa de fonte de renda para

pequenos e médios empreendimentos agrícolas na microrregião de Patos de Minas-MG por meio do zoneamento agroclimático, sendo estes cultivos vegetais o amendoim forrageiro (*Arachis hypogaea* L.), crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), girassol (*Helianthus annuus* L.), colza (*Brassica napus* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench).

As técnicas desenvolvidas para a elaboração de zoneamentos agroclimáticos são utilizadas para a organização espacial do processo de produção agrícola na dinâmica da paisagem geomorfológica nos ecossistemas naturais (LI e REN, 2019; SILVA et al., 2020). Na implantação das ações antrópicas as possíveis consequências que esteja sob domínio de um sistema de produção vegetal podem ser observadas e o sistema de zoneamento pode auxiliar na tomada de decisão de políticas públicas agrícolas na superfície territorial nacional (GELCER et al., 2018; LIU et al., 2020).

Ao propor um sistema teórico-metodológico de um zoneamento agroclimático pode-se considerar o ecossistema e as ações dos movimentos atmosféricos – clima e aos processos geomorfológicos – formação da paisagem (ARAYA, KEESSTRA e STROOSNIJDER, 2010; ZHANG e MA, 2019; SILVA et al., 2020).

A microrregião de Patos de Minas-MG, é caracterizada pelas atividades agrícolas de cultivos anuais que abrangem aproximadamente 109.717,0 hectares de lavouras temporárias, sendo o milho, a soja e o sorgo as culturas que predominaram as áreas plantadas no ano de 2018. Além dos cultivos anuais, a microrregião também é forte produtora de cultivos perenes e semiperenes, tendo aproximadamente 41.110,0 hectares de áreas cultivadas, principalmente por variedades de café, apresentando cerca de 630.059,14 hectares de áreas potenciais para a inserção de biomassa vegetal destinada à produção de biocombustíveis (IBGE, 2017; IBGE, 2019).

Já de acordo com os dados geoespaciais obtidos pela plataforma eletrônica de Cadastro Ambiental Rural do Estado de Minas Gerais, a microrregião de Patos de Minas-MG tem aproximadamente 875.082,1377 hectares de áreas potenciais a produtividade agrícola, perfazendo 17.297,0 empreendimento rurais cadastros no respectivo sistema eletrônico até o mês de fevereiro de 2020 (CAR, 2020).

Nesta abordagem, este trabalho teve como objetivo principal a aplicação da técnico-metodológica do zoneamento agroclimático de cinco espécies vegetais que apresentam potencial produtivo de biocombustíveis e sua respectiva inserção na matriz energética nacional,

minimizando assim os impactos ambientais do uso dos combustíveis fósseis e tornando possível fonte alternativa de matérias-primas para a cadeia energética.

2 OBJETIVOS GERAIS

Avaliar as condições climáticas da área de estudo para inserção potencial de cinco cultivos com importância a novas fontes de matéria-prima para a produção de biocombustíveis no cenário regional da microrregião de Patos de Minas-MG.

2.1 Objetivos Específicos

- Caracterizar a microrregião de Patos de Minas-MG quanto sua climatologia através da geoestatística com validação cruzada dos dados pelos modelos Gaussiano, Esférico, Exponencial e Circular;
- Levantar bibliografia referente a ecofisiologia dos cultivos vegetais do amendoim forrageiro (*Arachis hypogaea* L.), do girassol (*Helianthus annuus* L.), do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), da colza (*Brassica napus* L.) e do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst);
- Reclassificar os dados raster gerados com as características climáticas de cada cultivo;
- Zonear as áreas de aptidão, restrição e/ou inaptidão térmica/hídrica de cada espécie vegetal estudada por meio do software pago ArcGis Trial 10.5 e sua ferramenta *Geoestatistical Analyst*.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Principais Biocombustíveis e Suas Matérias Primas

No ano de 2005, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) já tinha em seu escopo a inclusão social e o desenvolvimento regional devido por meio da geração de empregos e renda. Além do caráter social, o programa também envolvia o caráter ambiental ao incentivar a produção de biocombustíveis, uma vez que, estes emitem menos poluentes atmosféricos quando comparados aos combustíveis fósseis (FGV ENERGIA, 2017).

Diferente de outros países que implementaram políticas relacionadas com a produção de biocombustíveis, o Brasil não tem como exclusividade a implementação de um mercado consolidado de combustíveis renováveis, mas também promove a inclusão social de pequenos produtores rurais dentro deste mercado, o que é caracterizado pelo Selo Combustível Social (PRADO, 2015).

Mundialmente, a soja ainda é a matéria-prima principal para a produção de óleo vegetal destinado a produção de biocombustíveis, porém, novas fontes de matérias-primas com potencial semelhante ou até melhor que as características do óleo de soja, tais como a colza/canola e o amendoim que apresentam teores de óleo acima dos da soja já são conhecidas (EMBRAPA, 2011; NEGRETTI et al., 2011).

A agricultura nacional vem se renovando ano após ano frente às tecnologias que se tornam cada vez mais essenciais no que tange a melhoria dos processos produtivos de matérias primas, reduzindo assim os custos e perdas na produção e maximizando o potencial agrícola das áreas cultiváveis no Brasil.

Os principais grãos produzidos no Brasil, tanto em sucessão quanto em produção, são a soja e o milho que foram plantados em 88,0% da área plantada na safra 2018/2019, ou seja, cerca de 53,37 milhões de hectares plantados (CONAB, 2019).

O Brasil tem grande potencial para se tornar o maior produtor de biocombustíveis mundial devido a sua grande extensão territorial e sua diversidade climática em todo o território nacional. Atualmente o Brasil é o segundo maior produtor mundial de biodiesel, tendo produzido no ano de 2019 5,35 bilhões de litros de biodiesel, perdendo apenas para a produção dos Estados Unidos que se aproximou dos 8,40 bilhões de litros (ANP, 2019; USDA, 2019).

Os biocombustíveis, em todas as suas variantes, são considerados combustíveis oriundos de fontes renováveis, principalmente de biomassa vegetal, implicando assim em grande potencial ao Brasil para incremento de novas matérias-primas para produção de biocombustíveis, visto suas características continentais, climáticas e edáficas para inserção de diversas matérias-primas como fontes energéticas.

Com a criação do motor de combustão interna à diesel no início do século XX, já se usava óleos vegetais, principalmente o óleo de amendoim, para acionamento e funcionamento dos respectivos motores criados por Rudolf Diesel (LORA e VENTURINI, 2012).

Em todo o mundo, a preocupação da população com as questões ambientais vem despertando em diversos institutos de pesquisas e empresas do ramo energético, a busca por alternativas renováveis para a produção de combustíveis. Para tanto, os biocombustíveis podem ser obtidos por meio de óleos vegetais, plantas ricas em açúcares, gordura animal e óleos e/ou gorduras residuais (CASEIRO, 2011).

De acordo com Carvalho et al. (2013), os biocombustíveis são produzidos através do processamento de amido, óleos vegetais, gorduras animais e/ou açúcares. O biodiesel é produzido majoritariamente por óleos vegetais sendo a soja a principal fonte de biomassa para produção deste biocombustível. Já o etanol, pode ser obtido pelo processamento de cana-de-açúcar, beterraba, milho, trigo e mandioca.

Os principais biocombustíveis consumidos no mundo são o biodiesel e o bioetanol, ambos tendo como matéria prima principal para sua produção a biomassa vegetal, variando na cultivar em cada localidade do globo. Nos Estados Unidos, o bioetanol tem como fonte principal de matéria prima a biomassa de milho sacarino, enquanto no Brasil o biocombustível é obtido pelo processamento da biomassa de cana-de-açúcar (MINASPETRO, 2016). Já na União Europeia, utilizam-se muito a beterraba e o trigo (Alemanha e França) para produção de bioetanol e a colza na produção de biodiesel (ECA, 2016).

3.1.1 Bioetanol

O bioetanol pode ser produzido por diferentes fontes de biomassas vegetais, desde que estas contenham açúcares e/ou compostos que podem ser convertidos em açúcares, tais como o

amido e a celulose. A cana-de açúcar, a beterraba sacarina e o sorgo sacarino, são biomassas vegetais que contêm açúcares para serem convertidos em bioetanol, e o trigo, milho e a cevada, são biomassas que contêm amido, sendo este convertido em açúcares para a produção de bioetanol (LORA e VENTURINI, 2012).

O etanol é um produto obtido pela conversão de açúcares pelos processos de fermentação e destilação de matérias-primas ricas em açúcares ou amidos, se tornando assim um biocombustível à base de álcool. Também é possível produzir bioetanol através de biomassa celulósica, ou seja, utiliza-se resíduos vegetais para produção de bioetanol em função das concentrações de açúcares presentes na *Celulose* e *Hemicelulose* que podem ser obtidos por hidrólise (LORA e VENTURINI, 2012).

O álcool etílico ou etanol, é considerado um álcool orgânico constituído por carbono, hidrogênio e oxigênio, apresentando fórmula molecular C_2H_5OH , sendo uma substância neutra e derivada de hidrocarbonetos pela substituição de um ou mais átomos de hidrogênio por hidroxilas. Portanto, pode ser classificado como um álcool primário, de ligações simples entre carbonos (OMETTO, 2005).

Diferentes matérias-primas são utilizadas para a produção de bioetanol no mundo, estando todas estas relacionadas diretamente com as atividades agrícolas. Estas matérias-primas se diferenciam no mundo em função das características climáticas e edáficas exigidas pelos diversos tipos de cultivos empregados e/ou com potencial para produção de bioetanol, sendo produzido atualmente na China e nos Estados Unidos através do milho; no Brasil, China e Índia a cana-de-açúcar; na União Europeia a beterraba sacarina, o sorgo sacarino e o trigo (LORA e VENTURINI, 2012).

Na Tabela 1, é apresentado algumas das matérias-primas que são utilizadas para produção de bioetanol compostas em três grandes grupos de origem, sejam elas açucareiras, amiláceas e/ou celulósicas, conforme adaptado de Friedich (1999).

Tabela 1 – Matérias-primas utilizadas na produção de bioetanol.

Grupo	Matérias-primas
Açucaradas	Mostos e sucos de diferentes frutas
	Beterraba e cana-de-açúcar
	Sorgo sacarino
Amiláceas	Milho
	Cevada
	Malte
	Trigo
	Aveia
	Centeio
	Arroz
	Batata
Celulósicas	Tubérculos
	Batata-doce
	Raiz de Girassol
	Madeira
	Bagço e palha de cana-de-açúcar
	Palha de trigo
	Resíduos de Milho
	Polpa de beterraba

Fonte: Adaptado de Friedlich (1999).

3.1.2 Biodiesel

De acordo com Lora e Venturini (2012), o biodiesel é obtido, principalmente, de óleos vegetais provenientes de plantas oleaginosas, tais como a mamona, soja, colza, palma africana, girassol, pinhão manso, amendoim, rícino, semente de cardo, óleos residuais e gorduras animais de abatedouros, respectivamente.

As matérias-primas destinadas à produção de biodiesel são diversificadas, indo de óleos vegetais até gorduras animais. Em relação às matérias-primas utilizadas pelos países produtores de biodiesel, pode-se citar o emprego da soja (principal matéria-prima mundial) na Argentina, Brasil e Estados Unidos; a colza (canola) no Canadá, Rússia, Suíça e União Europeia; e o óleo de palma (dendê) na Indonésia e Malásia (CASEIRO, 2011).

Portanto, é possível mencionar que o biodiesel é bem diferente do etanol, pois a sua composição não é única, visto a variedade de matérias-primas que detêm em sua composição uma mistura de diversos ésteres de ácidos graxos (FGV, 2017).

Nos últimos anos, o mercado mundial de biodiesel tem crescido consideravelmente em função direta dos aumentos no preço do petróleo, bem como também, a preocupação de se encontrar fontes energéticas de caráter renovável como mecanismo de segurança energética

frente às possibilidades de exaurimento das reservas petrolíferas e também a depreciação da qualidade ambiental global.

O uso e consumo de biodiesel não é mais visto como a décadas atrás, quando se produzia este biocombustível em escalas pontuais, que atendiam demandas internas de pequenas e médias propriedades rurais. Diversos países do mundo incrementaram, por meio de políticas públicas, o uso deste biocombustível na matriz energética, tornando-se assim o mercado cativo para inserção e produção deste biocombustível em escala industrial (LORA e VENTURINI, 2012).

3.2 Produção de Biocombustíveis no Brasil

Entre os anos de 1905 e 1925 já se realizavam estudos referentes a utilização de bioetanol como combustível alternativo e renovável aos combustíveis fósseis. Já na década de 1930, o governo introduziu a obrigatoriedade de se misturar 5% de etanol na gasolina comercializada em território nacional, independentemente se esta era importada ou produzida no país (PETROBRÁS, 2007).

Com a introdução do Proálcool durante a década de 1970 frente as duas crises do petróleo (1973 e 1979), o setor de biocombustíveis alcançou estímulos consideráveis dentro da economia nacional, transformando o Brasil no maior produtor mundial de cana-de-açúcar (MELO, 2018).

O Proálcool teve seu fim em meados da década de 1980, porém o combustível desde o lançamento do respectivo programa tem sido um dos principais consumidos no território nacional, sendo exigido por lei a mistura de etanol anidro na gasolina aditivada e comum. No início do século XXI, por meio da Lei 8.273/1993, alterada pela Lei 10.203/2001, era exigida uma mistura de 22% de etanol anidro na gasolina em todo o território nacional (BRASIL, 1993).

No que tange a introdução de bioetanol no Brasil, o país detém uma posição de vanguarda na tecnologia e produção deste biocombustível, sendo o pioneiro no mundo a utilizar o biocombustível em larga escala como combustível, estando, a algumas décadas, realizando a mistura de etanol à gasolina em proporções superiores a 20,0% (VIDAL, 2019).

Atualmente, a porcentagem de etanol anidro misturado à gasolina em todo o território nacional é regulamentada pelo Conselho Interministerial do Açúcar e do Alcool (CIMA), instituído pelo Decreto nº 3.546/2000, alterado pelo Decreto nº 4.267/2002. A partir do dia 15 de

março de 2015, a porcentagem de etanol anidro misturado na gasolina comum e na gasolina premium é de 27% e 25%, respectivamente, conforme estabelecido pelo texto da Resolução CIMA nº 1/2015.

Outro biocombustível que vem ganhando destaque na matriz energética nacional é o biodiesel, produzido através da extração de óleo vegetal de plantas oleaginosas, principalmente a soja, e é incorporado, em proporções menores quando comparado ao etanol na gasolina, como mistura no diesel fóssil. Graças ao PNPB instituído pela Lei 11.097/2005, a produção vem aumentando gradualmente ano após ano, sendo produzido no mês de novembro de 2019 cerca de 5.377.389,0 m³ de biodiesel puro (ANP, 2019).

Porém, sua história também não é tão recente assim no Brasil, visto que durante a década de 1970, mesmo período de ascensão do bioetanol que foi estimulado pelo Proálcool, começou-se a discutir também a utilização do óleo vegetal como combustível, originando assim o Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (Pró-óleo) (PETROBRÁS, 2007; LORA e VENTURINI, 2012; VIDAL 2019).

Durante os anos de 1970, o INT e o IPT, desenvolveram projetos relacionados com a utilização de óleos vegetais como combustíveis, originando nos anos de 1980 e 1983, os programas implementados pelo governo federal denominados PRODIESEL e OVEG (Programa Nacional de Óleos Vegetais) (LORA e VENTURINI, 2012).

Porém, somente em 2005 que o biodiesel passou a ser integrante da matriz energética nacional por meio da Lei 11.097/2005 que fixou em 2,0% a adição do biodiesel no diesel fóssil em todo o território nacional a partir do ano de 2008 (BRASIL, 2005; VIDAL, 2019). Ainda assim, o etanol é o principal biocombustível consumido no território nacional, justificado pelo aumento na produção em torno de 48,6% entre os anos de 2012 a 2019 (Tabela 2 e Figura 1), ou seja, passou de 23.758.673,0 m³ em 2012 para 35.306.704,0 m³ de etanol produzidos no território nacional em 2019 (ANP, 2020).

Desde o ano de 2005, ano em que foi lançado o PNPB, a cadeia nacional de produção de biodiesel teve um crescimento exponencial, tendo saltado de apenas 736,0 m³ de biodiesel produzidos em 2005 para quase 6.000.000,0 m³ no ano de 2019, conforme observa-se na Tabela 3 e na Figura 2 (ANP, 2020).

Em 2008, a utilização do biodiesel puro (B100) como mistura no diesel fóssil passou a ser obrigatória. Entre os meses de janeiro a junho de 2008, a porcentagem de biodiesel misturado no diesel fóssil foi de 2,0%; entre julho de 2008 a julho 2009, o valor aumentou para 3,0%; entre julho e dezembro de 2009, passou a ser de 4,0%; e entre janeiro de 2010 e julho de 2014, 5,0% de biodiesel era incorporado no diesel fóssil. Entre julho e outubro de 2014, o teor da mistura de biodiesel ao diesel fóssil foi de 6,0% e entre novembro de 2014 e fevereiro de 2017, o teor passou a ser de 7,0%. A partir do mês de março de 2017 até fevereiro de 2018, o teor da mistura passou a 8,0%, passando para 10,0% entre março de 2018 e agosto de 2019. Já no mês de setembro de 2019, o valor estabelecido para o teor da mistura de biodiesel no diesel fóssil foi de 11,0%, conforme Lei 13.263/2016 (BRASIL, 2016; ANP, 2020).

Atualmente, o etanol e o biodiesel são produzidos através do plantio e colheita de espécies vegetais, sendo a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, uma gramínea) e a soja (*Glycine max* (L.) Merrill, uma oleaginosa) as principais fontes de biomassa para produção desses dois biocombustíveis no Brasil, estando os estados de São Paulo e Mato Grosso, respectivamente, como os maiores produtores nacionais destes biocombustíveis. A cana-de-açúcar é a única fonte de biomassa utilizada para a produção do etanol em território nacional e a soja é a principal matéria prima utilizada na produção do B100, podendo também ser utilizado girassol, amendoim, palma de dendê, dentre outras biomassas vegetais.

Tabela 2 – Produção evolutiva de bioetanol em território nacional em m³.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Janeiro	357.769	312.568	321.948	403.193	507.251	307.011	330.916	357.590
Fevereiro	271.719	184.483	238.828	325.640	340.279	261.737	262.160	227.261
Março	240.363	213.899	372.869	510.606	915.574	648.130	693.959	581.920
Abril	580.224	1.571.950	1.587.340	1.853.282	2.775.815	1.720.458	2.722.013	2.262.987
Maio	2.117.022	3.244.127	3.265.537	3.056.215	3.270.914	2.859.676	3.831.175	4.051.183
Junho	2.254.379	2.862.410	3.654.261	3.708.795	3.217.867	3.500.942	4.555.037	4.598.256
Julho	3.459.285	3.807.840	3.523.261	3.670.779	4.134.067	4.423.554	5.103.609	4.984.164
Agosto	3.863.451	4.087.846	4.390.874	4.615.080	3.873.167	3.915.093	4.593.509	5.380.717
Setembro	3.514.729	3.682.777	3.741.267	3.808.490	3.688.087	4.362.713	4.166.028	4.905.408
Outubro	3.412.051	3.361.945	3.863.185	3.932.008	3.083.381	3.452.856	3.274.272	4.757.599
Novembro	2.448.406	2.770.934	2.212.367	2.464.809	2.027.167	2.191.853	2.253.353	2.468.396
Dezembro	1.239.272	1.427.054	1.043.371	1.650.976	860.679	949.120	1.228.620	731.224
Total	23.758.673	27.527.832	28.215.108	29.999.873	28.694.247	28.593.143	33.014.650	35.306.704

Fonte: Adaptado da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP, 2020.

Tabela 3 – Produção evolutiva de biodiesel no Brasil em m³.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Janeiro	-	1.075	17.109	76.784	90.352	147.435	186.327	193.006	226.505	245.215	319.546	271.388	255.361	337.824	446.508
Fevereiro	-	1.043	16.933	77.085	80.224	178.049	176.783	214.607	205.738	240.529	303.594	300.065	259.812	338.420	415.249
Março	8	1.725	22.637	63.680	131.991	214.150	233.465	220.872	230.752	271.839	322.692	323.158	335.069	452.310	462.134
Abril	13	1.786	18.773	64.350	105.458	184.897	200.381	182.372	253.591	253.224	324.526	348.485	347.603	446.137	464.902
Maio	26	2.578	26.005	75.999	103.663	202.729	220.484	213.021	245.934	242.526	338.851	328.814	369.316	383.291	448.352
Junho	23	6.490	27.158	102.767	141.139	204.940	231.573	214.898	236.441	251.517	322.185	292.772	359.236	467.077	461.613
Julho	7	3.331	26.718	107.786	154.557	207.434	249.897	230.340	260.671	302.971	341.094	337.435	387.236	489.776	495.344
Agosto	57	5.102	43.959	109.534	167.086	231.160	247.934	254.426	247.610	314.532	344.038	327.183	399.997	486.156	503.146
Setembro	2	6.735	46.013	132.258	160.538	219.988	233.971	252.243	252.714	312.665	330.388	313.309	398.707	482.327	558.226
Outubro	34	8.581	53.609	126.817	156.811	199.895	237.885	251.416	277.992	321.603	359.166	341.024	409.344	500.209	583.718
Novembro	281	16.025	56.401	118.014	166.192	207.868	237.189	245.321	265.176	316.627	324.662	321.560	386.941	479.066	539.820
Dezembro	285	14.531	49.016	112.053	150.437	187.856	216.870	244.962	214.364	348.962	306.526	296.145	382.671	487.444	522.093
Total	736	69.002	404.329	1.167.128	1.608.448	2.386.399	2.672.760	2.717.483	2.917.488	3.422.210	3.937.269	3.801.339	4.291.294	5.350.036	5.901.104

Fonte: Adaptado da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP, 2020.

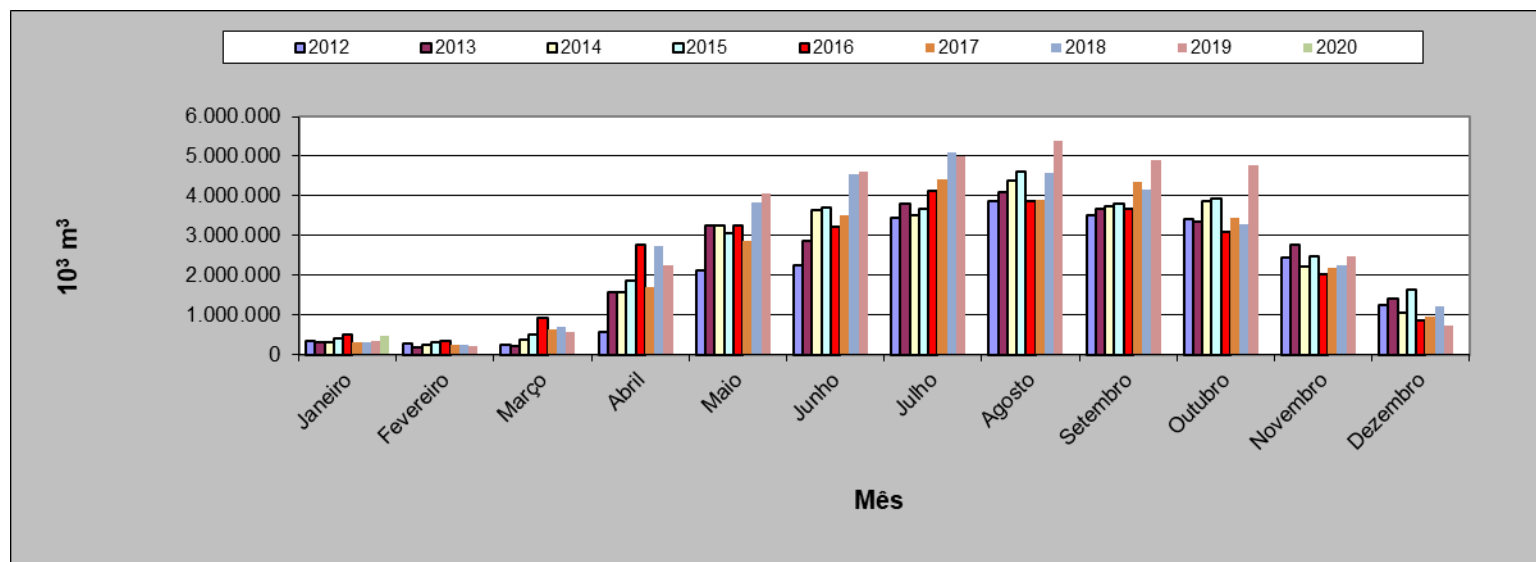


Figura 1 – Gráfico de correlação entre os anos e seus respectivos meses de produção do bioetanol no Brasil, em m^3 .
Fonte: ANP, 2020.

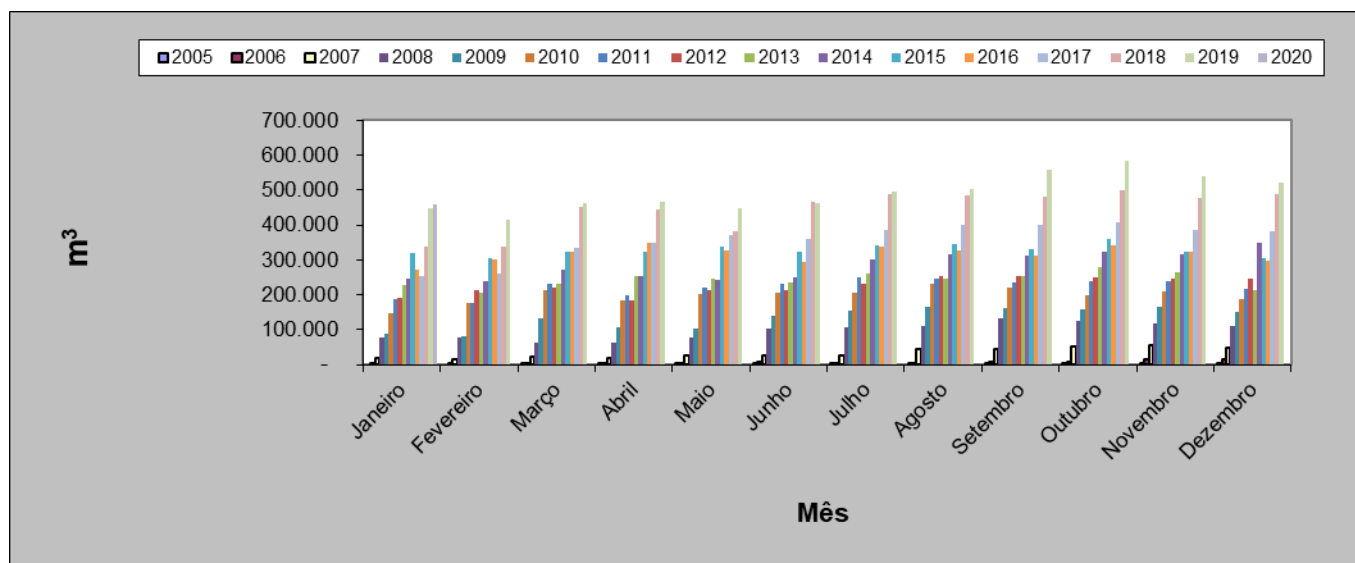


Figura 2 – Gráfico de correlação entre os anos e seus respectivos meses de produção do biodiesel no Brasil, em m^3 . Fonte: ANP, 2020.

3.3 Potencial Agrícola da Microrregião de Patos de Minas – Estado de Minas Gerais

De acordo com a CONAB (2020), a área cultivada no estado de Minas Gerais na safra 17/18 foi de 3.347,2 mil hectares (cultivos anuais, semiperenes e perenes) com aumento de 3,2% para a safra 18/19, ou seja, um aumento de 105,9 mil hectares na área produtiva, totalizando uma área de 3.453,1 mil hectares.

A microrregião de Patos de Minas-MG é composta por 10 municípios e está inserida na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (IBGE, 2015a), onde no ano de 2018 a microrregião apresentou uma área cultivada de 150.827,0 hectares segmentados entre cultivos anuais, semiperenes e perenes (IBGE, 2019) e aproximadamente 478.100,0 hectares de pastagens em algum estágio de degradação (IBGE, 2017).

Quanto aos cultivos anuais, o município de Patos de Minas se destaca por apresentar uma área cultivada de 41.674,0 hectares, seguido pelo município de Rio Paranaíba (23.780,0 hectares) e Lagoa Formosa (15.149,0 hectares), tendo como cultivos predominantes o milho e a soja. Para os cultivos semiperenes e perenes, tem-se destaque notável para os municípios de Rio Paranaíba e Carmo do Paranaíba, com uma área cultivada de 13.435,0 hectares e 10.590,0 hectares, respectivamente, sendo a cafeicultura responsável pelas maiores áreas cultivadas na microrregião (IBGE, 2019).

De acordo com as Tabela 4 e Tabela 5, pode-se observar de maneira detalhada as áreas agrícolas destinadas aos respectivos cultivos anuais, semiperenes e perenes na microrregião de Patos de Minas-MG, bem como a produção por município.

Tabela 4 – Áreas agricultáveis da microrregião de Patos de Minas-MG durante o ano de 2018 para cultivos anuais.

Cultivos Anuais – Ano Base 2018		
Municípios	Cultivos Agrícolas – Lavoura Temporária	Área Cultivada (ha)
Arapuá	Milho	1,0
	Tomate	5,0
Carmo do Paranaíba	Alho	3,0
	Amendoim	1,0
	Batata-doce	1,0
	Batata-inglesa	10,0
	Cana-de-açúcar	14,0
	Feijão	850,0
	Mandioca	90,0
	Milho	2.600,0

Cultivos Anuais – Ano Base 2018		
Municípios	Cultivos Agrícolas – Lavoura Temporária	Área Cultivada (ha)
Guimarânia	Soja	1.900,0
	Sorgo	175,0
	Tomate	3,0
	Batata-doce	75,0
	Batata-inglesa	30,0
	Cana-de-açúcar	5,0
	Fumo	8,0
	Mandioca	8,0
	Milho	2.730,0
	Soja	4500,0
Lagoa Formosa	Sorgo	1.300,0
	Tomate	50,0
	Trigo	120,0
	Batata-inglesa	2,0
	Cana-de-açúcar	7,0
	Cebola	60,0
	Feijão	1.500,0
	Mandioca	550,0
	Milho	3.800,0
	Soja	6.400,0
Matutina	Sorgo	2.700,0
	Tomate	130,0
	Alho	4,0
	Batata-inglesa	5,0
	Cebola	2,0
	Feijão	45,0
	Mandioca	4,0
	Milho	10,0
	Abacaxi	1,0
	Amendoim	2,0
Patos de Minas	Arroz	6,0
	Batata-doce	100,0
	Batata-inglesa	10,0
	Cana-de-açúcar	180,0
	Cebola	130,0
	Feijão	2.800,0
	Mandioca	500,0
	Melancia	1,0
	Milho	11.400,0
	Soja	21.000,0
Rio Paranaíba	Sorgo	4.900,0
	Tomate	379,0
	Trigo	265,0
	Alho	1.250,0
	Arroz	2,0
	Batata-doce	2,0
	Batata-inglesa	1.000,0
	Cana-de-açúcar	15,0

Cultivos Anuais – Ano Base 2018		
Municípios	Cultivos Agrícolas – Lavoura Temporária	Área Cultivada (ha)
	Cebola	450,0
	Feijão	1.450,0
	Mandioca	5,0
	Melancia	1,0
	Milho	9.220,0
	Soja	8.190,0
	Sorgo	580,0
	Tomate	15,0
	Trigo	1.600,0
	Alho	40,0
Santa Rosa da Rosa	Cana-de-açúcar	40,0
	Feijão	45,0
	Mandioca	2,0
	Milho	250,0
	Alho	350,0
São Gotardo	Aveia	500,0
	Batata-doce	2,0
	Batata-inglesa	580,0
	Cana-de-açúcar	175,0
	Cebola	180,0
	Feijão	410,0
	Mandioca	16,0
	Milho	1.900,0
	Soja	3.600,0
	Sorgo	100,0
	Tomate	3,0
	Trigo	1.345,0
	Triticale	600,0
Tiros	Abacaxi	5,0
	Alho	55,0
	Batata-inglesa	50,0
	Cana-de-açúcar	6,0
	Cebola	6,0
	Feijão	1.560,0
	Mandioca	25,0
	Milho	1.960,0
	Soja	600,0
	Trigo	170,0

Fonte: IBGE, (2019).

Tabela 5 – Áreas agricultáveis da microrregião de Patos de Minas-MG durante o ano de 2018 para cultivos semiperenes e perenes.

Cultivos Semiperenes e Perenes – Ano Base 2018		
Municípios	Cultivos Agrícolas – Lavoura Permanente	Área Cultivada (ha)
Arapuá	Café Arábica	600,0
	Maracujá	6,0
Carmo do Paranaíba	Abacate	3,0
	Banana	3,0

Cultivos Semiperenes e Perenes – Ano Base 2018		
Municípios	Cultivos Agrícolas – Lavoura Permanente	Área Cultivada (ha)
Guimarânia	Café Arábica	10.500,0
	Maracujá	84,0
	Abacate	2,0
	Banana	3,0
	Café Arábica	2.215,0
	Laranja	8,0
	Limão	4,0
	Maracujá	50,0
	Palmito	3,0
	Tangerina	10,0
Lagoa Formosa	Abacate	1,0
	Banana	160,0
	Café Arábica	790,0
	Laranja	32,0
	Manga	1,0
	Maracujá	48,0
	Tangerina	4,0
Matutina	Uva	1,0
	Café Arábica	185,0
Patos de Minas	Maracujá	2,0
	Abacate	14,0
	Banana	35,0
	Café Arábica	6.200,0
	Goiaba	1,0
	Laranja	2,0
	Limão	3,0
	Maracujá	47,0
	Tangerina	7,0
	Uva	2,0
Rio Paranaíba	Abacate	1.000,0
	Café Arábica	12.415,0
	Maracujá	20,0
Santa Rosa da Rosa	Alho	350,0
	Café	2.950,0
	Uva	1,0
São Gotardo	Abacate	72,0
	Banana	25,0
	Café	1.800,0
	Maracujá	8,0
Tiros	Abacate	3,0
	Café	1.770,0
	Maracujá	12,0

Fonte: IBGE, (2019).

De acordo com dados obtidos no Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural – SICAR para o Estado de Minas Gerais, a microrregião de Patos de Minas tem aproximadamente,

até a data de 23/03/2020, 875.082,1377 hectares de terras com potencial para produtividade agrícola das culturas propostas neste trabalho, significando cerca 17.297,0 propriedades rurais com áreas potenciais para produtividade agrícola de biomassas energéticas. Considerando cerca de 38,61% destas áreas cadastradas como sendo de restrição de uso do solo (APP's, Reserva Legal, Hidrografia etc.), pode-se computar que a área disponível para produtividade agrícola seja em torno de 557.670,40 hectares (CAR, 2020).

3.3.1 Geodiversidade Regional

Geodiversidade é o estudo da natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, composições, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, águas, fósseis, solos, clima e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico (MACHADO e SILVA, 2010).

O termo “geodiversidade” foi empregado pela primeira vez em 1993, na Conferência de Malvern (Reino Unido) sobre “Conservação Geológica e Paisagística”. Inicialmente, o vocábulo foi aplicado para gestão de áreas de proteção ambiental, como contraponto a “biodiversidade”, já que havia necessidade de um termo que englobasse os elementos não-bióticos do meio natural (SERRANO e RUIZ FLAÑO, 2007).

Para Brilha et al. (2008), a geodiversidade é a variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos ativos que dão origem a paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que são o suporte para a vida na Terra. De acordo com Silva (2008) no Brasil, os conceitos de geodiversidade se desenvolveram praticamente de forma simultânea ao pensamento internacional, entretanto, com foco direcionado para o planejamento territorial, embora os estudos voltados para geoconservação não sejam desconsiderados.

O conhecimento da geodiversidade permite identificar, de maneira mais segura, as aptidões e restrições de uso do meio físico de uma área, bem como os impactos advindos de seu uso inadequado. Além disso, ampliam-se as possibilidades de melhor conhecer os recursos minerais, os riscos geológicos e as paisagens naturais inerentes a uma determinada região composta por tipos específicos de rochas, relevo, solos e clima. Desta forma, obtém-se um

diagnóstico do meio físico e de sua capacidade de suporte para subsidiar atividades produtivas sustentáveis (MACHADO e SILVA, 2010).

4 CLIMATOLOGIA AGRÍCOLA APLICADA

A climatologia agrícola é o ramo da ciência que se dedica no relacionamento das variáveis climáticas com a produtividade agrícola, visto que cada espécie vegetal destinada aos fins agrícolas, apresentam estreitamento de seus estágios fenológicos com as condições ambientais (FIORIN e ROSS, 2015). A implementação de novas culturas em determinada região geográfica depende diretamente das características fenológicas da cultura e das características climáticas da região, viabilizando a inserção destes novos cultivos em áreas antes não destinadas à exploração agrícola dessas espécies vegetais.

Por muito tempo, a climatologia e a meteorologia faziam parte do mesmo ramo da ciência que estuda os fenômenos da atmosfera terrestre, porém, atualmente, a climatologia é uma ciência com identidade própria e estuda a espacialização dos fenômenos físicos e elementos da atmosfera, integrando-se como uma subdivisão entre o ramo da ciência da Meteorologia e da Geografia (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Para uma análise espaço-temporal das variáveis climáticas para determinada região, é necessário que os dados climáticos apresentem um período de informações coletadas (série histórica) de 30 anos, de forma a se obter uma caracterização temporal cronológica voltados a definição de tipos climáticos e/ou cenários climáticos (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007; INMET, 2010).

A climatologia é uma ciência que estuda os padrões comportamentais da atmosfera em suas diversas interações com as atividades antrópicas exercidas na litosfera em determinado espaço de tempo (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007) estando as produtividades agrícolas intimamente relacionadas com as condições climáticas (FIORIN e ROSS, 2015).

Os elementos climáticos são caracterizados por serem atributos físicos que descrevem a atmosfera de determinada localidade, sendo mais comumente utilizados para caracterizar a atmosfera geográfica a temperatura, umidade e a pressão, que ao interagirem com os fatores

geográficos manifestam-se através da precipitação, evapotranspiração, ventos, ondas de calor e frio, dentre outras (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Portanto, o conhecimento das condições climáticas de determinada região pode auxiliar os produtores rurais a diversificar as atividades agrícolas por meio do incremento de novas culturas, evitando assim que áreas naturais sejam convertidas ao cultivo agrícola, principalmente em função das mudanças climáticas (MELO, 2014).

Para alcançar o desenvolvimento agrícola regional de maneira eficiente e sustentável, é fundamental que as condições climáticas desta região sejam conhecidas a fim de que o potencial de aptidão agroclimática possa ser estabelecida para as culturas que se adaptam nestas condições climáticas (MELO, 2014), favorecendo assim a diversificação agrícola e redução de riscos econômicos regionais.

5 ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO E SUA IMPORTÂNCIA

O termo zoneamento é utilizado para descrever a aplicabilidade de delimitar e/ou compartimentar determinadas regiões territoriais através da avaliação de variáveis temáticas diferentes, dependendo diretamente da necessidade a que o zoneamento está sendo submetido, podendo ser possível avaliar restrições e/ou potencialidades ambientais (SANTOS et al., 2015a).

O zoneamento agroclimático é uma ferramenta de auxílio investigativo sobre as interações dos sistemas naturais com as atividades agrícolas desenvolvidas pelo homem (WOLLMANN e GALVANI, 2013), tornando-se uma ferramenta de extrema importância para o planejamento e desenvolvimento agrícola regional, fortalecendo principalmente pequenas propriedades agrícolas com monoculturas consolidadas e ampliando o mercado agrícola para pequenos e médios produtores rurais.

Considerando as descrições terminológicas adotadas por Ometto (1981), Wollmann e Galvani (2013) e Santos et al. (2015a), o zoneamento agroclimático é uma ferramenta de avaliação espacial das características climáticas em função de um período de observações das variáveis climáticas de macroescala para microescala, delimitando áreas territoriais e demonstrando suas potencialidades e restrições para produtividade agrícola.

A utilização de SIG, Sensoriamento Remoto e/ou técnicas de análise espacial para determinada análise de componentes complexos que integram o clima, vem se mostrando eficiente visto a qualidade das produções de resultados específicos, demonstrando assim que a utilização de um SIG é de grande importância na elaboração de zoneamento climático a partir de dados básicos na geração de informações georreferenciadas em áreas territoriais com potencial para cultivo de determinadas culturas (SÁ JÚNIOR, 2009).

A utilização de ferramentas que possibilitem a avaliação de regiões com culturas agrícolas já consolidadas para inserção de novas perspectivas de mercado com a introdução de novas espécies vegetais, permite que regiões aumentem seu potencial econômico e, principalmente, aumentem a competitividade no mercado nacional, trazendo novos mercados diretos e indiretos ao setor agrícola para determinadas regiões do país. Outro fator importante, de acordo com Sedyama et al. (2001), é que o zoneamento agroclimático deve ser constantemente atualizado, visando obter maiores informações das condições climáticas das culturas selecionadas bem como também proporcionando o retorno financeiro a médio e a longo prazo.

Para a elaboração do zoneamento agroclimático para determinada cultura, a utilização de dados climáticos com periodicidade de 30 anos, conforme recomenda a OMM e o INMET se faz necessário para uma melhor validação dos resultados que dependem diretamente dos dados obtidos, principalmente os dados de Temperaturas, Precipitação e Evapotranspiração, conforme proposto por Santos et al. (2015b).

A temperatura, precipitação e evaporação total são fatores que influenciam diretamente o desenvolvimento das plantas, sendo importantes fatores na assimilação de CO₂ (área foliar) e absorção de nutrientes pela atividade radicular. A disponibilidade hídrica, determinada através do balanço hídrico (precipitação *versus* evaporação total) é importante visto que se pode determinar a necessidade ou não de suplementação hídrica durante o ciclo da cultura por meio da irrigação.

A precipitação é entendida como sendo toda água proveniente do meio atmosférico que atingem a superfície terrestre, podendo ser na forma de neblina, geada, orvalho, chuva, granizo, saraiva e neve, onde, a única diferença entre as formas de precipitação está no estado físico da água que parte do meio atmosfera em direção a superfície terrestre em função da gravidade (TUCCI et al., 2005).

De acordo com o mesmo autor, a evaporação e a evapotranspiração é a conversão da água presente na superfície terrestre para o meio atmosférico na forma de vapor d'água graças a gradientes térmicos transmitidos pelo Sol e/ou pela atmosfera, os quais são controlados pela taxa de energia que se propaga da superfície da Terra.

Portanto, as culturas apresentam faixas de temperaturas e exigência hídrica ideais para o seu desenvolvimento vegetativo, tornando assim o zoneamento agroclimático uma ferramenta essencial para o planejamento futuro para inserção de culturas em regiões anteriormente não utilizadas para o cultivo de determinadas espécies vegetais.

5.1 Geoestatística Aplicada a Dados Climáticos

A geoestatística nos últimos anos tem sido aplicada na área de ciência agrárias com maior crescimento, principalmente na área de agricultura de precisão que tem demandado ainda mais esforços para melhorar os sistemas produtivos com custos reduzidos e com isso, reduzindo os impactos ambientais gerados pela atividade agrícola (FERNANDES, 2014).

Dentre dos diversos métodos de interpolação utilizados pela geoestatística, pode-se citar a Krigagem, ponderação do inverso da distância (IDW), interpolação polinomial global, interpolação polinomial local e funções de base radial (*spline*) (NOGUEIRA & AMARAL, 2009).

A Krigagem, entendida como um estimador que se baseia numa série de técnicas de análise de regressão, sejam essas lineares ou não, procura minimizar a variância estimada a partir de um modelo prévio levando em consideração a dependência estocástica entre os dados distribuídos no espaço (LANDIM, 2003).

Existem várias formas sendo as mais usuais a Krigagem ordinária, universal, indicativa e a Cokrigagem, sendo estes os melhores interpoladores regionalizados pois o seu estimador é linear não viciado para determinação de pontos não observados dentro da região de estudo (ISAAKS e SRIVASTAVA, 1989).

Segundo os mesmos autores, o interpolador por krigagem tem maior precisão sobre os demais citados porque as estimativas são realizadas por combinações lineares, sem viés (*Unbiased*) pois o erro da estimativa esperado é nulo e o melhor porque o estimador minimiza as

variâncias dos erros estimados, por isso é considerado um interpolador linear não viciado como mínima variância (BLUE – Best Linear Unbiased Estimator).

A Krigagem Ordinária é o método mais utilizado por ser um método local de predição onde um ponto não amostrado resulta da combinação da dependência espacial entre pontos lineares encontrados na circunvizinhança próxima de maneira univariada (BASTOS, 2017).

O interpolador krigagem é baseado numa função contínua, que explica o comportamento de uma variável nas distintas direções de um espaço geográfico. Permite associar a variabilidade da estimação com base na distância que existe entre um par de pontos, pelo uso de um semivariograma, o qual permite verificar o nível de similitude que existe entre estes, à medida que se afastam (GALLARDO, 2006).

A diferença entre a krigagem (metodologia utilizada neste estudo) e outros métodos de interpolação é a forma como os pesos são atribuídos às diferentes amostras, sendo similar ao método de interpolação por média móvel ponderada, porém, os pesos são determinados por meio da análise espacial baseada em variograma experimental, obtendo estimadores exatos com propriedades de não tendenciosidade e eficiência (FERNANDES, 2014).

O conhecimento de semivariograma é de fundamental importância para a determinação de valores através de correlação espacial em locais onde não foram realizadas amostragens e para que estes valores se aproximem dos valores reais, espera-se que o semivariograma represente o real comportamento da dependência espacial envolvida, sendo os mais utilizados os métodos Esférico, Circular, Gaussiano e Exponencial (BASTOS, 2017).

De acordo com o mesmo autor, a importância da utilização de semivariograma para determinação espacial de uma data variável sobre uma área específica geográfica está com a predição de valores próximos dos reais para locais não amostrados, sendo assim utilizados diretamente pela Krigagem, pois esses método utiliza a dependência espacial expressa no modelo de semivariograma utilizado para realizar a predição de novos valores.

O método de semivariograma pelo modelo esférico é um dos modelos mais utilizados pois se baseia na determinação do cálculo do volume da interseção entre duas esferas de raio a , distantes de $|h|$ (BRAGA, 2018) e pode ser descrita pelo cálculo da Equação 1 (CARLIN, 2010).

Equação 1 – Modelo matemático descritivo do semivariograma esférico.

$$y(h) = \left\{ C_o + C \left[\frac{3}{2} * \left(\frac{h}{a} \right) - \frac{1}{2} * \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right] \right\}; se 0 \leq h \leq a$$

$$y(h) = C_o + C; se h > a$$

em que $y(h)$ é a semivariância; C_o é o efeito pepita; $C_o + C$ é o patamar; h a distância; e a a dependência espacial.

O modelo gaussiano é um modelo de caráter transitivo, muitas vezes utilizado para modular fenômenos extremamente contínuos onde a sua função parabólica se aproxima da origem, apresentando amplitude variográfica extensa e o patamar semelhante ao modelo exponencial, atingindo o patamar assintoticamente e o parâmetro a é definido como o alcance prático ou a distância na qual o valor do modelo equivale a 95,0% do patamar e podendo ser expresso pela Equação 2 (ISAAKS e SRIVASTAVA, 1989; GUIMARÃES, 2004; BRAGA, 2018).

Equação 2 – Modelo matemático descritivo do semivariograma gaussiano.

$$y(h) = C_o + C \left[1 - e^{\left[-3 \left(\frac{h}{a} \right)^2 \right]} \right]; se 0 \leq h \leq a$$

$$y(h) = C_o + C; se h > a$$

em que $y(h)$ é a semivariância; C_o é o efeito pepita; $C_o + C$ é o patamar; h a distância; a a dependência espacial.

No modelo exponencial, o ajuste dos dados se faz através da curva exponencial, estando o patamar de forma assíntota desta curva e a amplitude corresponde ao encontro da tangente da curva na origem com o patamar embora o alcance não seja finito formalmente (BRAGA, 2018) e pode ser expressa pela Equação 3 (CARLIN, 2010).

Equação 3 – Modelo matemático descritivo do semivariograma exponencial.

$$y(h) = C_o + C \left[1 - e^{\left[-3 \left(\frac{h}{a} \right) \right]} \right]; se 0 \leq h \leq a$$

$$y(h) = C_o + C; se h > a$$

em que $y(h)$ é a semivariância; C_o é o efeito pepita; $C_o + C$ é o patamar; h a distância; a a dependência espacial.

Por fim, o modelo circular apresenta bons resultados apenas para dados que satisfaçam a distribuição nos planos uni e bidimensionais, não podendo assim ser aplicado a planos tridimensionais, onde se aplica a utilização do modelo esférico. O modelo circular é representado pela Equação 4 (CARLIN, 2010).

Equação 4 – Modelo matemático descritivo do semivariograma circular.

$$y(h) = \left\{ \frac{2(C_o + C)}{\pi} \left[\left(\frac{h}{a} \right) \sqrt{1 - \left(\frac{h}{a} \right)^2} + \arcsin \left(\frac{h}{a} \right) \right] \right\}; \text{ se } 0 \leq h \leq a$$

$$y(h) = C_o + C; \text{ se } h > a$$

em que $y(h)$ é a semivariância; C_o é o efeito pepita; $C_o + C$ é o patamar; h a distância; a a dependência espacial.

Além da determinação do semivariograma, os dados climáticos apresentam dependência espacial com a geomorfologia regional, onde maiores altitudes podem influenciar diretamente no transporte de vapor d'água pelas correntes de ar entre localidades. Portanto, é importante que para estudos de previsibilidade climática sejam observados os fatores geomorfológicos da área de estudo, em especial as cotas altimétricas do relevo e dos locais onde se encontram instalados os postos de monitoramento meteorológico (CHAVES, CONCEIÇÃO e GUERRERO, 2018).

6 MATÉRIAS-PRIMAS POTENCIAIS PARA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS

Com a introdução do PNPB, que introduziu o biodiesel na matriz energética nacional como fonte renovável de combustíveis, as demandas passaram a serem maiores do que as ofertadas de óleo vegetais. Com isso, estimulou a introdução e o plantio de novas plantas oleaginosas na matriz agrícola nacional buscando atender às demandas do mercado interno no fornecimento de biomassa vegetal para produção de biocombustíveis (PIMENTEL et al., 2018).

No ano de 2020, o Brasil tem 51 plantas produtoras de biodiesel autorizadas pela ANP, visto que o mercado de biocombustíveis derivados de óleos vegetais e gordura animal está em

plena expansão no território nacional e mundial. Com isso, a procura por óleos vegetais se encontra em fogo cruzado com a oferta, uma vez que capacidade instalada para produção de biodiesel em território nacional é de 8,8 milhões de m³ e no ano de 2019, a produção anual esteve 33,95% abaixo da capacidade total instalada, potencializando assim o mercado interno na produção de plantas oleaginosas destinadas exclusivamente ao mercado de biocombustíveis (ANP, 2020), principalmente pela maioria dos óleos vegetais utilizados serem destinados ao consumo humano.

O etanol combustível (hidratado e anidro) já são biocombustíveis consolidados na matriz energética nacional graças ao Proálcool na década de 1970 e posteriormente a inserção de veículos automotores com a tecnologia *flex fuel*, tornando assim a tecnologia de produção do etanol brasileiro como referência mundial. No ano de 2017, de acordo com dados da ANP, havia no território nacional 384 plantas produtoras de etanol autorizadas pela agência, com capacidade instalada de 216.883,0 m³ dia⁻¹ e 117.036,0 m³ dia⁻¹ de etanol hidratado e anidro, respectivamente, onde 97,1% de toda a matéria-prima processada nas unidades produtoras foram cana-de-açúcar (ANP, 2017).

Em função da dependência energética das biomassas vegetais destinadas a produção de biodiesel e bioetanol no Brasil serem a soja e a cana-de-açúcar, é necessário a compreensão de novas matérias-primas com potencial produtivo, diversificando assim o mercado e melhorando a competitividade do setor, é importante o conhecimento de novas biomassas energéticas e suas aptidões climáticas nas regiões do território nacional, produzindo combustíveis renováveis de forma sustentável e eficiente (SANTOS et al., 2018).

6.1 Girassol (*Helianthus annuus* L.)

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma espécie vegetal oleaginosa, de cultivo anual, que tinha sua origem atribuída à região dos Andes, onde atualmente é conhecido como Peru, até a descoberta do seu uso por índios americanos cerca de 3.000 a.C em alguns estados Norte americanos (CASTRO et al., 1996; PIMENTEL et al., 2018).

Atualmente, o girassol está entre as quatro oleaginosas anuais mais produzidas no mundo, estando atrás da soja, do algodão e do amendoim (CRUPELATI, GARCIA, GARCIA,

2012; USDA, 2015). No Brasil, o girassol não tem expressividade na sua produção agrícola quando comparado às produtividades de soja e milho, porém, graças as suas características fenológicas de tolerância à seca e extremos de temperaturas, é uma planta que apresenta ampla adaptabilidade nas condições edafoclimáticas de diversas regiões do país (CASTRO et al., 1996; CRUPELATI, GARCIA, GARCIA, 2012; PIMENTEL et al., 2018).

Ainda assim, o girassol não apresenta produtividade expressiva em sua cadeia agrícola, fato este que vem mudando graças a legislação e procura de óleos vegetais para produção de biodiesel, tornando o girassol uma fonte de matéria-prima atrativa em função do seu ciclo vegetativo ser curto, ter boa adaptabilidade climática e apresentar teores de óleo em torno de 35,0% a 45,0% e de ácidos graxos poli-insaturados entre 63,0% a 66,0% (CASTRO et al., 1996; PIMENTEL et al., 2018).

O ciclo vegetativo do girassol pode variar de acordo com a data de semeadura, a cultivar, as condições ambientais, manejo do solo, dentre outros fatores, sendo os climáticos os mais expressivos, variando de 90 a 130 dias em sua amplitude de variação (CASTRO et al., 1996; CASTIGLIONI et al., 1997; PIMENTEL et al., 2018).

Na safra 18/19, o Brasil teve uma área registrada pelo cultivo de girassol de aproximadamente 62,8 mil hectares, produzindo cerca de 104,9 mil toneladas, ocupando o 9º lugar no ranking nacional em área cultivada no país. Comparando com a safra 17/18, a área plantada de girassol na safra 18/19 teve um crescimento de 0,38% e a produtividade de 0,34% (CONAB, 2019), podendo ser produzido cerca de 400,0 kg de óleo por tonelada de grão (PIMENTEL et al., 2018).

6.1.1 Exigências Climáticas do Girassol (*Helianthus annuus* L.)

A produtividade do girassol se desenvolve bem entre as temperaturas de 23 °C a 28 °C, porém, nas temperaturas entre 8 °C e 34 °C, a produtividade do girassol não é afetada, demonstrando assim a amplitude de rusticidade da planta de girassol na variabilidade de temperatura (CASTRO et al., 1996; SUNFLOWER PRODUCTION GUIDLINE, 2010).

Castiglioni et al. (1997) afirma que a germinação apresenta uma amplitude de temperatura significativa para ser cultivado em quase todas as regiões do Brasil, variando de 5 °C a 40 °C,

estando a temperatura ótima em torno de 25 °C, sendo esta temperatura também propícia ao crescimento das mudas (LEITE et al., 2005).

Quanto a disponibilidade hídrica, o girassol apresenta uma necessidade hídrica de 200 mm a 900 mm por ciclo produtivo, porém, em muitos casos é possível obter produtividade do girassol próximo ao máximo com lâmina d'água de 400 a 500 mm durante o ciclo (CASTRO et al., 1996; CASTRO e FARIAS, 2005).

De acordo com Castro et al. (1996) e Melo (2012), os solos escolhidos para produção de girassol devem apresentar boa drenagem, serem profundos, com textura variando de arenosa a argilosa, não necessitam de serem bons em fertilidade e sua acidez deve ser corrigida, visto que solos muito ácidos podem apresentar toxicidade às plantas, reduzindo assim a produtividade e desfavorecendo a saúde da lavoura. As faixas de pH do solo propícias ao desenvolvimento da cultura variam de 5,2 a 6,3, valores esses comumente encontrados nos solos do Cerrado brasileiro.

6.2 Amendoim (*Arachis hypogaea* L.)

O amendoim é considerado uma planta oleaginosa devido ao alto teor de óleo (até 50%) presente em seus grãos, atualmente sendo a quarta planta oleaginosa mais cultivada no mundo, principalmente nos países tropicais em decorrência das características climáticas serem favoráveis a produtividade do grão sem tanto incremento tecnológico, podendo alcançar produções de óleo em torno de 500,0 kg de óleo.tonelada de grão⁻¹ (NETO, DA COSTA, CASTRO, 2012; BELLÉ, 2018).

O gênero *Arachis*, de acordo com Bertoli et al. (2011), compreende mais de 80 espécies descritas, tendo sua origem no continente sul americano onde já era utilizada por povos indígenas desde o final do século XV, bem antes da chegada dos europeus no continente, estando atualmente distribuídas em uma ampla variação de ambientes, podendo ser encontradas desde regiões costeiras até os Andes argentinos.

No cenário nacional, o amendoim foi a terceira oleaginosa de verão mais cultivada no Brasil, apresentando cerca de 146,8 mil hectares de área plantada na safra 18/19, produzindo

cerca de 434,6 mil toneladas na respectiva safra, onde sua área e produtividade aumentaram cerca de 0,05% e 0,24% quando comparada com a safra 17/18 (CONAB, 2019).

6.2.1 Exigências Climáticas do Amendoim (*Arachis hypogaea* L.)

As condições climáticas das regiões tropicais são favoráveis para o estabelecimento desta cultura, mesmo apresentando pequenas variações de suas características durante o ano, sendo possível ter produtividades consideráveis entre 18,0 °C e 32,0 °C, sendo considerada a faixa de temperatura entre 25,0 °C e 35,0 °C como ideais para o desenvolvimento da planta durante seu ciclo vegetativo (NOGUEIRA e TÁVORA, 2005), podendo ser realizada a colheita aos 90 dias após a semeadura (ASSUNÇÃO e ESCOBEDO, 2009).

Graças ao seu sistema radicular que alcança maiores profundidades no perfil do solo, o amendoim é considerado uma cultura relativamente tolerante à seca, porém, necessita que o solo apresente boa umidade durante longos períodos sem precipitação para que suas atividades fisiológicas não sejam afetadas (NETO, DA COSTA, CASTRO, 2012), necessitando de 450,0 mm a 700,0 mm (CATO et al., 2008; ASSUNÇÃO e ESCOBEDO, 2009).

6.3 Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst)

A espécie *Crambe abyssinica* Hochst pertence à família das crucíferas, com origem no Mediterrâneo, demonstrando ter grande adaptabilidade ao clima tropical do Brasil em função da sua faixa de temperatura noturna e diurna, tornando-se assim uma espécie vegetal potencial para a produção de biodiesel no território nacional na segunda safra, visto que também apresenta um teor de óleo em torno de 38%, podendo produzir cerca de 380 kg de óleo por tonelada de grão (COLODETTI et al., 2012; REGINATO et al., 2013; BARBIZAN, 2014).

O crambe se torna uma ótima matéria-prima energética pois é uma cultura não conflitante com o mercado alimentício, ou seja, é uma biomassa vegetal classificada como não-alimentícia, nem para ração animal, nem para consumo humano, tornando-se assim com grande potencial para sua destinação à produção de biocombustíveis (MARINS, 2014).

6.3.1 Exigências Climáticas do Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst)

O ciclo vegetativo da planta é curto, alcançando a maturação dos grãos a cerca de 90 dias após a semeadura, dependendo das condições climáticas da área de cultivo, apresentando bons resultados de produtividade em temperaturas mais amenas variando entre 15,0 °C e 25,0 °C (REGINATO et al., 2013).

De acordo com Glaser (1996), o crambe pode se adaptar muito bem em condições climáticas de maior variabilidade da temperatura, podendo ser cultivado em regiões onde as noites frias variem entre 10,0 °C e 18,0 °C e os dias quentes entre 21,0 °C e 32,0 °C.

Conforme já mencionado, o crambe é uma planta rústica, que suporta bem secas e geadas, portanto, durante o seu ciclo produtivo a cultura apresenta uma necessidade hídrica de 150 mm a 200 mm durante o seu ciclo vegetativo da planta (ROSCOE et al., 2010), suportando bem regiões com precipitações anuais de 350,0 mm a 1.200,0 mm (CARLSON et al., 2007).

Desta forma, o crambe, pelas suas características de baixa necessidade hídrica e tolerância ao frio, se torna uma cultura vegetal com potencial produtivo satisfatório em condições climáticas que outras espécies vegetais podem não trazer produtividades esperadas além de ser uma espécie de ciclo vegetativo curto (COLODETTI et al., 2012).

6.4 Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma planta rústica em decorrência da sua tolerância às regiões com temperaturas elevadas e muito secas, tendo sido domesticada pelo homem ao longo dos séculos justamente pela sua rusticidade e boa produtividade em regiões onde a produção de grãos, como o milho, não é satisfatória (BORÈM, PIMENTEL e PARELLA, 2014).

De acordo com os mesmos autores, o *Sorghum bicolor* (L.) Moench teve sua origem nas regiões onde são compreendidos atualmente a Etiópia e o Sudão, locais estes onde é possível encontrar, atualmente, a maior variabilidade de espécies, tanto silvestres quanto cultivadas, tendo sido domesticado a cerca de 6.000 anos atrás.

O sorgo do tipo sacarino tem se tornado alvo de muitas pesquisas relacionadas com a produção de energia através dessa matéria-prima cuja biomassa pode produzir bioetanol,

favorecendo assim a expansão dessa cultura em diversas regiões do país em função de suas características de boa adaptabilidade a estresses ambientais, principalmente os climáticos como a temperatura e precipitação (SANTOS et al., 2015c; DURÃES, 2011).

De acordo com May et al. (2013), o sorgo sacarino é uma planta com grande potencial produtivo para o setor sucroenergético, principalmente quando a safra é realizada no verão, fornecendo assim matéria-prima de qualidade para as indústrias de bioetanol, principalmente na entressafra da cana-de-açúcar, reduzindo assim os riscos e as instabilidades do bioetanol no mercado nacional.

6.4.1 Exigências Climáticas do Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

Em função das características tropicais originárias do sorgo, esta planta é sensível a temperaturas noturnas baixas, sendo ideal o seu cultivo na faixa de 16,0 °C a 38,0 °C em todas as fases vegetativas da planta, se adaptando em uma ampla diversidade de ambientes com produtividades satisfatórias em comparação com outras plantas mais exigentes (MAGALHÃES et al., 2014).

A cultura do sorgo é considerada de ciclo vegetativo curto, girando em torno de 110 a 130 dias, aproximadamente (MAY et al., 2012) e durante todo o período, estima-se que o consumo de água pela planta seja entre 380,0 mm a 600,0 mm de lâmina d'água consumida (SANS et al., 2003). Já Landau e Schafertt (2011), afirmam que o sorgo sacarino destinado a produção de etanol necessite de uma lâmina d'água durante todo o ciclo vegetativo da planta de 400,0 mm a 700,0 mm, não muito distante do proposto do SANS et al. (2003), porém, de relevância significativa na produtividade da cultura.

6.5 Colza (*Brassica napus* L.)

A colza (*Brassica napus* L.) é uma cultivar de inverno pertencente ao gênero *Brassica* que foi desenvolvida através do melhoramento genético do cruzamento natural entre a mostarda (*Brassica rapa* L., syn. *campestris*) e o repolho selvagem (*Brassica oleracea* L.), não tendo ainda um consenso no meio científico quanto a sua origem de fato, sendo sugerida que sua origem foi na região do mediterrâneo (ANGELOTTI-MENDONÇA et al., 2016).

A colza é uma espécie vegetal com características de clima frio, porém, não são tolerantes a ocorrência de geadas, apresentando boas produtividades em regiões onde a temperatura média do ar é de 20,0 °C (DALMAGO et al., 2008) e vem sendo uma cultura que apresenta crescimento considerável no Brasil por diversos fatores, dentre eles a produtividade de óleo e preço de venda equiparado ao da soja (ESTEVEZ et al., 2014). Porém, em comparação às áreas agricultáveis destinadas a produtividade de colza no Brasil entre as safras 18 e 19, é possível ver que houve uma queda de 4,50% da área e na produtividade uma redução de 6,70% para o período comparado (CONAB, 2019).

A colza apresenta boas adaptações, tanto para os cultivos de inverno quanto para os de primavera, sendo esse último tipo produzido no Brasil, no Canadá e na Austrália, sendo o tipo de inverno amplamente cultivado na Europa (ANGELOTTI-MENDONÇA et al., 2016).

6.5.1 Exigências Climáticas da Colza (*Brassica napus* L.)

Originalmente, a colza é uma espécie vegetal adaptada a condições climáticas de temperaturas amenas e índices pluviométricos regulares durante todo o ciclo vegetativo da cultura que varia de 107 dias a 160 dias, sendo a faixa de temperatura ideal para o estabelecimento da cultura entre 5,0 °C a 25,0 °C (TOMM, 2007; ANGELOTTI-MENDONÇA et al., 2016).

A necessidade hídrica da colza durante o seu ciclo vegetativo varia em função do tipo da cultivar e seu ciclo vegetativo, sendo necessário de 200,0 mm a 450,0 mm de água durante todo o ciclo vegetativo da planta, sendo esta cultura a mais exigente em demanda hídrica entre as culturas de inverno produzidas no território nacional (ANGELOTTI-MENDONÇA et al., 2016).

7 MATERIAIS E MÉTODOS

Nos itens a seguir é apresentada as descrições metodológicas quanto a área de estudo, obtenção dos dados climáticos de estações meteorológicas convencionais, caracterização das exigências climáticas das culturas avaliadas e processamento dos dados geoespaciais em ambiente SIG.

7.1 Área de Estudo

A área de estudo está inserida na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, sendo delimitada e denominada de microrregião de Patos de Minas, situada no Estado de Minas Gerais, abrangendo uma área de 10.730,97 km² é composta pela divisão geopolítica de 10 municípios, conforme apresentado pelas Tabela 6 e Figura 3.

Tabela 6 – Municípios integrantes da microrregião de Patos de Minas, Minas Gerais.

Microrregião	Nome do Município	Área (km²)
Patos de Minas	Arapuá	173,81
	Carmo do Paranaíba	1.307,33
	Guimarânia	366,85
	Lagoa Formosa	840,66
	Matutina	260,82
	Patos de Minas	3.189,28
	Rio Paranaíba	1.351,90
	Santa Rosa da Serra	284,18
	São Gotardo	865,63
	Tiros	2.090,50
Área Total		10.730,97

Fonte: Adaptado do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2015a.

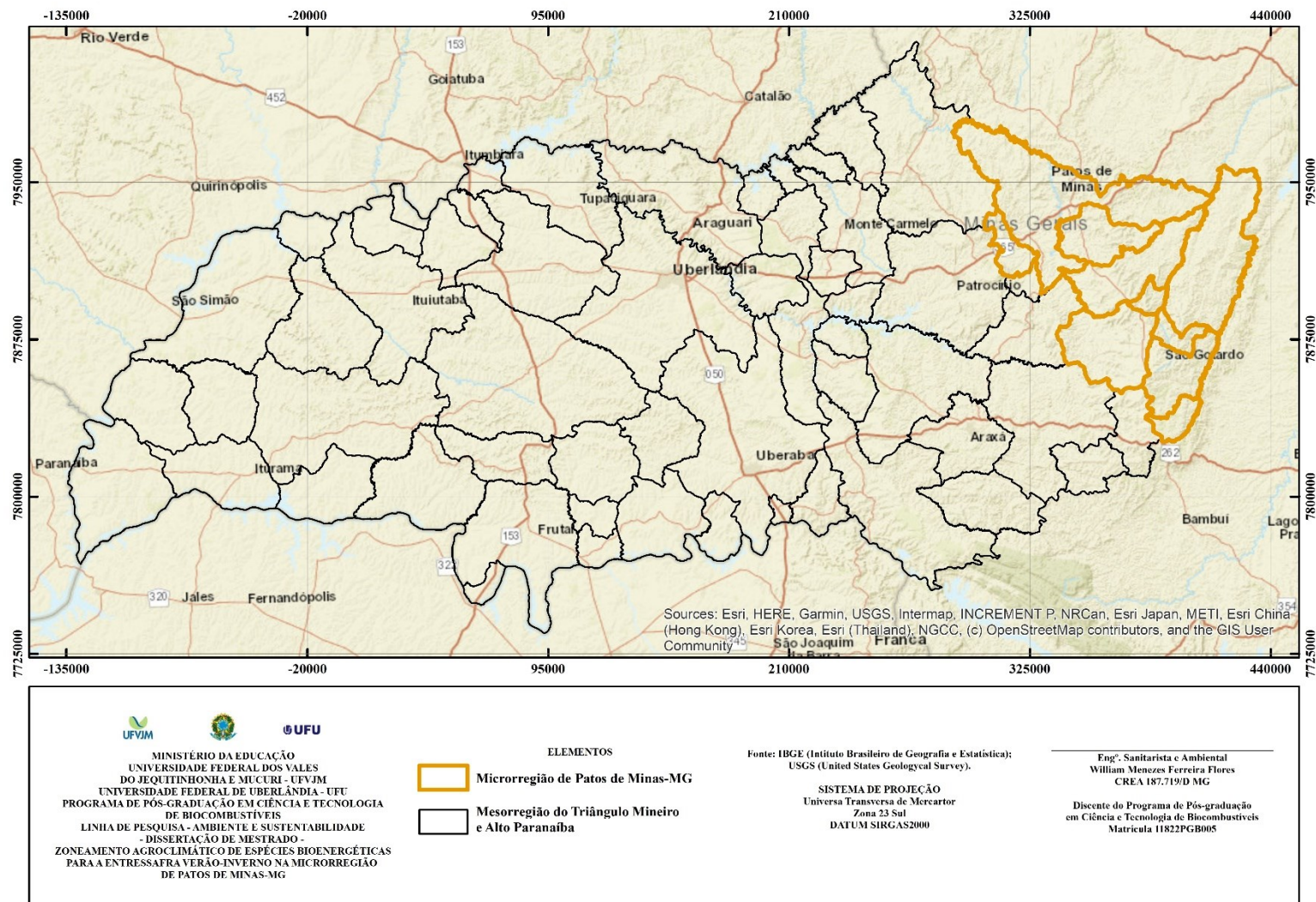


Figura 3 – Mapa de localização da microrregião de Patos de Minas (vide ANEXO I).

7.1.1 Geodiversidade e Pedologia Local

A geodiversidade da microrregião de Patos de Minas é caracterizada por estar presente em duas bacias geológicas, Paraná e Sanfranciscana, segmentadas pelos Grupos Geológicos-Ambientais Areado, Canastra Indiviso, Mata da Corda e Paranoá; Supergrupo Paraopeba; Formações Serra da Saudade, Três Marias e Vazante; Litofácies Paraopeba-Calcário; Coberturas Detritolateríticas Ferruginosas; Coberturas Detritolateríticas com Congregações Ferruginosas; e Depósitos Aluvionares; (MACHADO e SILVA, 2010) e se encontram melhor detalhadas no ANEXO II.

A caracterização das unidades geológicas presentes na área de estudo são descritas como sendo Ambiente de Planícies Aluvionares Recentes – Material inconsolidado e de espessura variável que da base para o topo é formado por cascalho, areia e argila (DCa); Depósitos detritolateríticos – Proveniente de processos de laterização em rochas de composições diversas sem a presença de crosta (DCDL); Intercalações de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e folhelhos (DCMa); Predomínio de sedimentos siltico-argilosos, com intercalações subordinadas de arenitos e grauvacas (DSP1saagr); Predomínio de metacalcários, com intercalações subordinadas de metassedimentos siltico-argilosos e arenosos (DSP2mcsaa); Intercalações irregulares de metassedimentos arenosos, metacalcários, calcossilicáticas e xistos calcíferos (DSP2mcx); Intercalações irregulares de metassedimentos arenosos e siltico-argilosos (DSP2msa); Predomínio de sedimentos siltico-argilosos com intercalações subordinadas de arenitos (DSP2saa); e Predomínio de Arenitos Vulcanoclásticos (Tufos Cineríticos) (DSVMPav) (MACHADO e SILVA, 2010).

A geomorfologia da área de estudo é caracterizada com relevo de Chapadas e Platôs (R2c); Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos (R4e); Domínio de Colinas Amplas e Suaves (R4a1); Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos (R4a2); Domínio de Morros e de Serras Baixas (R4b); Escarpas Serranas (R4d); Planaltos e Baixos Platôs (R2b); Planícies Fluviais ou Fluvialacustres (R1a); Superfícies Aplainadas Degradadas (R3a2); e Vales Encaixados (R4f) e declives variáveis entre 0 a 3°; 0 a 5°; 3 a 10°; 5 a 20°; 10 a 25° (>.45); 10 a 25°; 15 a 35°; e 25 a 60° (MACHADO e SILVA, 2010). Estas informações são importantes fatores de caracterização da classificação dos usos agrícolas de terras conforme proposto por Bertoni e Lombardi-Neto

(2012), possibilitando assim a realização futura de estudos de aptidão agrícola das terras da área de estudo

Os solos são categorizados, conforme o levantamento pedológico produzido pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC e atualizado pela Universidade Federal de Viçosa – UFV, originando assim o Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais disponibilizado no site do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (http://www.dps.ufv.br/?page_id=742), como Cambissolos, Latossolos Amarelo, Roxo, Variável Una e Vermelho Escuro e Podzólico Vermelho-Amarelo (ANEXO II).

7.1.2 Caracterização Climática

O clima da região é caracterizado, segundo a classificação de Köppen definida por Martins et al. (2018), como sendo do tipo Aw (Figura 4), ou seja, caracterizado por ser um clima com estações chuvosa e seca definidas no verão e inverno, respectivamente (CONCEIÇÃO e MAIA, 2003).

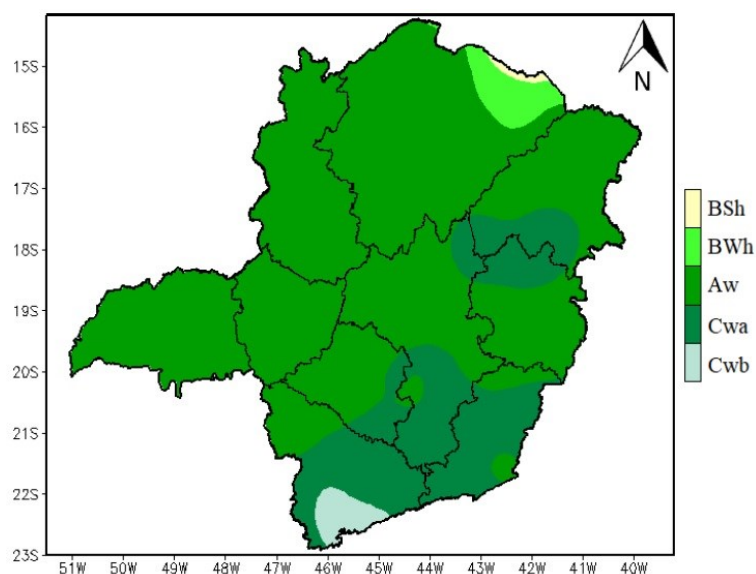


Figura 4 – Sistema de Classificação Climática de Köppen para o Estado de Minas Gerais.
Fonte: Martins et al., (2018).

Para caracterização do zoneamento agroclimático, foram utilizados os dados de temperatura mínima, média e máxima (°C), precipitação acumulada (mm) e evapotranspiração potencial (mm) de 38 estações meteorológicas convencionais dos Estados de Minas Gerais, Goiás

e São Paulo existentes dentro da área de estudo e na sua circunvizinhança, conforme proposto por Marcolini (2014).

7.2 Dados Geoespaciais

Com a realização da conferência e levantamento em literaturas de referência foi possível determinar as exigências climáticas dos cultivos propostos neste estudo, categorizando cada um destes em mapas temáticos conforme suas respectivas exigências climáticas e áreas aptas ao cultivo.

Cabe ressaltar que este estudo não avalia outros fatores, tais como os fatores agronômicos e genéticos para inserção destes cultivos na área de estudo, visto as complexidades interativas dos ciclos de nutrientes, atividades radiculares, fisiologia vegetal, classificação dos solos, fotoperíodo e assimilação biológica de CO₂, ciclos climáticos e meteorológicos, dentre outros.

Os dados geoespaciais foram agrupados e classificados em formato de planilha para entrada no SIG utilizado, facilitando assim a segmentação das variáveis que originaram os mapas de variabilidade climática, possibilitando assim a validação de áreas com potencial à aptidão agrícolas dos cultivos aqui abordados.

7.2.1 Dados Climáticos

Os dados climáticos que foram utilizados nesta pesquisa são disponibilizados gratuitamente pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET – diretamente em site oficial para consulta pública, conforme apresentando pela Tabela 7 e foram obtidos no mês de fevereiro de 2020, dados estes utilizados pelo respectivo órgão para elaboração das Normais Climáticas do Brasil para o período correspondente entre os anos de 1981 e 2010.

Todos os dados climáticos obtidos para realização do estudo climático contemplam dados de 30 anos em todas as estações aqui estudadas, caracterizando-se, por tanto, em normais climáticas, conforme recomendações da OMM e o INMET. Os dados disponibilizados foram processados, tratados e corrigidos pelo próprio órgão, sendo assim disponibilizados em sua versão final para o público.

Estes dados são disponibilizados juntamente com as respectivas estações meteorológicas convencionais dispostas na área de estudo e em sua circunvizinhança, apresentando as seguintes variáveis climáticas aferidas no decorrer dos anos de operação das mesmas, tais como Umidade Relativa Máxima do Ar (%); Umidade Relativa Mínima do Ar (%); Velocidade Média do Vento (m.s^{-1}); Radiação Solar (MJ); Pressão Atmosférica ao Nível do Barômetro (hPa); Pressão ao Nível Médio do Mar (hPa); Pressão do Vapor Médio – Equação Tetens (mB); Insolação (h); Evaporação Total – Evaporímetro Piche (mm); Nebulosidade (décimos); Temperatura Máxima ($^{\circ}\text{C}$); Temperatura Mínima ($^{\circ}\text{C}$); Precipitação Acumulada (mm); Informações Geográficas de cada estação (coordenadas geográficas); as quais são tabuladas pelo respectivo órgão.

Dentre as diversas variáveis que são disponibilizadas, foram escolhidas as variáveis Temperatura Mínima ($^{\circ}\text{C}$), Temperatura Máxima ($^{\circ}\text{C}$), Precipitação Acumulada (mm) e Evapotranspiração Potencial (mm), visto que estas variáveis já são disponíveis e são as mais utilizadas, comumente, para realização de zoneamentos agroclimáticos (SANTOS, et al., 2015a), conforme apresentado pela Tabela 7.

Por meio das informações climáticas obtidas, foram gerados mapas temáticos demonstrativos à propensão de aptidão agrícola das porções territoriais inseridas na microrregião de Patos de Minas em se estabelecerem os cultivos agrícolas com potencial bioenergético propostos neste estudo durante o período da entressafra verão-inverno.

7.2.2 Modelo Digital de Elevação – SRTM

Os dados ou cenas espectrais para composição da malha digital de elevação na área de estudo foi obtida diretamente do projeto Brasil em Relevo – EMBRAPA Monitoramento por Satélite (MIRANDA, 2005).

As cenas utilizadas foram extraídas do projeto *Shuttle Radar Topographic Mission* – SRTM e abrangem os Estados de Goiás, Minas Gerais e São Paulo, visto a abrangência das estações meteorológicas serem em regiões dos respectivos estados da federação, para obtenção da malha de elevação da topografia para a área de estudo, conforme proposto por Chaves, Conceição e Guerrero (2018), elaborado em ambiente SIG para determinação das altitudes das estações

meteorológicas inseridas no relevo e posteriormente utilizou-se essas informações de altitude para realização da análise geoestatística multivariada.

Foram utilizadas 116 cenas para compor o modelo digital de elevação da área de estudo, sendo possível assim determinar a altitude de cada posto de monitoramento distribuído pela área de estudo, podendo ser observado assim pela Tabela 7 a altitude de cada estação meteorológica.

Tabela 7 – Descrição informativa das estações meteorológicas convencionais utilizadas na elaboração do estudo de aptidão climática para a microrregião de Patos de Minas – MG.

Código OMM	Estado	South	West	Atitude (m)	Variáveis Climáticas
OMM 83526 – Catalão	GO	-18,18	-47,95	840,47	Temperatura Mínima, Temperatura Máxima, Precipitação Acumulada e Evapotranspiração Potencial
OMM 83522 – Ipameri	GO	-17,72	-48,17	772,99	
OMM 83523 – Itumbiara	GO	-18,42	-49,22	449,00	
OMM 83579 – Araxá	MG	-19,61	-46,95	1.023,61	
OMM 83384 – Arinos	MG	-15,92	-46,11	519,00	
OMM 83582 – Bambuí	MG	-20,03	-46,01	661,27	
OMM 83689 – Barbacena	MG	-21,24	-43,78	1.126,00	
OMM 83587 – Belo Horizonte	MG	-19,93	-43,95	915,00	
OMM 83533 – Bom Despacho	MG	-19,72	-45,37	695,00	
OMM 83589 – C. do Mato Dentro	MG	-19,02	-43,43	652,00	
OMM 83514 – Capinópolis	MG	-18,73	-49,56	620,60	
OMM 83592 – Caratinga	MG	-19,74	-42,14	609,65	
OMM 83485 – Carbonita	MG	-17,53	-43,00	736,38	
OMM 83536 – Curvelo	MG	-18,75	-44,45	672,00	
OMM 83538 – Diamantina	MG	-18,24	-43,62	1.296,12	
OMM 83635 – Divinópolis	MG	-20,17	-44,87	788,35	
OMM 83574 – Frutal	MG	-20,03	-48,93	543,67	
OMM 83632 – Ibirité	MG	-20,02	-44,08	814,54	
OMM 83488 – Itamarandiba	MG	-17,86	-42,85	914,00	
OMM 83521 – Ituiutaba	MG	-18,95	-49,52	560,00	
OMM 83481 – João Pinheiro	MG	-17,74	-46,18	760,36	
OMM 83032 – Lambari	MG	-21,94	-45,32	878,45	
OMM 83687 – Lavras	MG	-21,75	-45,00	918,84	
OMM 83683 – Machado	MG	-21,68	-45,94	873,35	
OMM 83437 – Montes Claros	MG	-16,69	-43,84	652,00	
OMM 83479 – Paracatu	MG	-17,24	-46,88	712,00	
OMM 83531 – Patos de Minas	MG	-18,52	-46,44	940,28	
OMM 83483 – Pirapora	MG	-17,35	-44,92	505,24	
OMM 83570 – Pompéu	MG	-19,23	-45,00	690,91	
OMM 83631 – São Sebastião do Paraíso	MG	-20,92	-47,12	820,00	
OMM 83586 – Sete Lagoas	MG	-19,49	-44,17	732,00	

Código OMM	Estado	South	West	Atitude (m)	Variáveis Climáticas
OMM 83577 – Uberaba	MG	-19,73	-47,95	737,00	
OMM 83527 – Uberlândia	MG	-18,92	-48,26	868,00	
OMM 83428 – Unaí	MG	-16,37	-46,89	460,00	
OMM 83642 – Viçosa	MG	-20,76	-42,86	712,20	
OMM 83676 – Catanduva	SP	-21,12	-48,93	570,00	
OMM 83630 – Franca	SP	-20,58	-47,37	1.026,20	
OMM 83669 – São Simão	SP	-21,48	-47,55	617,39	

Fonte: Adaptado de Miranda (2005) e Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, 2020.

7.2.3 Processamento dos Dados Climáticos

Após a posse dos dados referentes às variáveis climáticas para a microrregião e Patos de Minas-MG e da localização geográfica das estações meteorológicas convencionais que abrangem a região, internamente e em sua circunvizinhança, foi utilizado o *software* em ambiente SIG disponibilizado pela ESRI, denominado ArcGis versão 10.5 de teste e suas extensões de geoprocessamento, para o processamento geoestatístico destes dados e o cruzamento das informações geoespaciais com as exigências climáticas dos cultivos para inferência da aptidão climática da região.

A localização geográfica de cada estação automática convencional também é disponibilizada pelo INMET em DATUM não identificado, portanto, adotou-se inicialmente que os dados estavam georreferenciados no DATUM SAD69 e a partir daí foram corrigidos para o DATUM SIRGAS2000 com o auxílio da Calculadora Geográfica – INPE (<http://www.dpi.inpe.br/calcula/>).

Com isso, a localização geográfica das estações fora representadas de maneira visual através de mapa temático dentro do formato de georreferenciamento adotado para a América Latina como SIRGAS2000 (IBGE, 2015b) espacializando assim as estações para a região de estudo (Figura 5) e facilitando a composição dos mapas temáticos das variáveis climáticas abordadas neste estudo e apresentadas pelas, Tabela 8, Tabela 9, Tabela 10 e Tabela 11 para caracterização da aptidão climática da região.

A utilização do DATUM SIRGAS2000 nas áreas de geoprocessamento, topografia, agrimensura, georreferenciamento de imóveis rurais, mapeamentos terrestres/aéreos, surgiu como forma de atualização, padronização e unificação de compatibilidade dos trabalhos gerados pelos profissionais da área de acordo com IBGE (2015b) facilitando a utilização destes produtos técnicos por toda a comunidade técnico-científica, trazendo benefícios para toda a sociedade que depende diretamente do meio de inserção onde os trabalhos citados são de grande importância.

O processamento dos dados climáticos contemplaram os períodos de entressafra verão-inverno, ou seja, abrangeu os meses de dados coletados pelas estações climáticas de fevereiro a julho, caracterizando assim o período da entressafra verão-inverno, ou seja, quando o plantio é realizado no verão e a colheita é feita no inverno.

Para organização dos dados climáticos, foi criado uma nova planilha em formato .xls contendo as informações geográficas das estações e em cada pasta de trabalho foi criado especificamente para cada variável climática utilizada, obtendo assim uma planilha com cinco pastas de trabalho (temperatura máxima, temperatura mínima, precipitação acumulada, evapotranspiração potencial e balanço hídrico) e posterior espacialização dos dados climáticos no ambiente SIG.

Para espacialização dos dados climáticos, foi utilizada a metodologia proposta por Santos et al. (2015b), Santos et al. (2015a) e Chaves, Conceição e Guerrero (2018) que demonstram o sistema organizacional dos dados climáticos e os procedimentos para espacialização das informações por meio da geoestatística multivariada pelo interpolador Krigagem Ordinária Multivariada.

Para as análises geoestatística dos dados climáticos através do interpolador por Krigagem Ordinária Multivariada, ou seja, realização de uma análise multivariada, foi necessário a análise e validação dos dados por meio do semivariograma, objetivando assim a melhor análise espacial dos dados pelos métodos Esférico, Circular, Gaussiano e Exponencial.

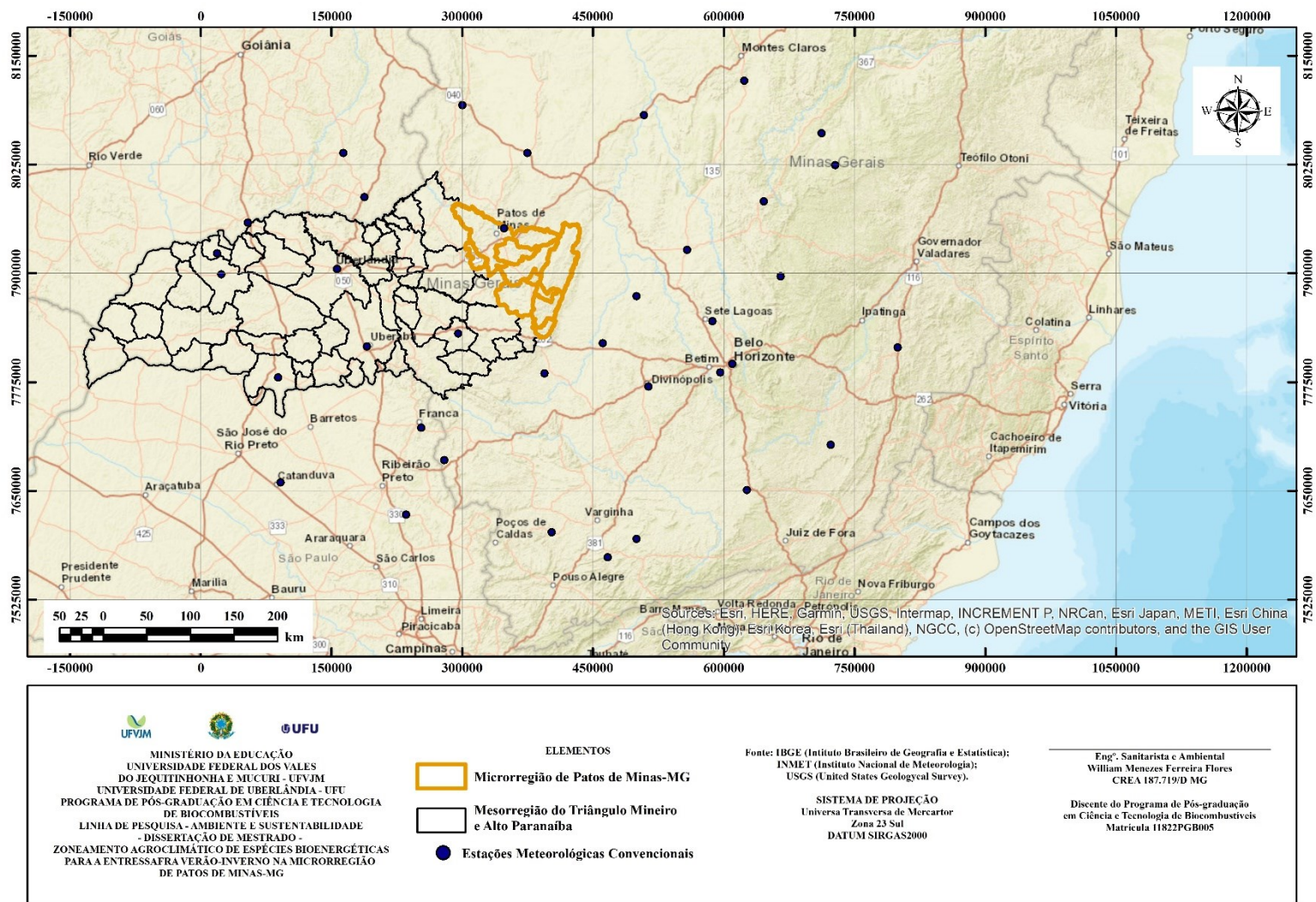


Figura 5 – Mapa de localização espacial das estações climáticas utilizadas no estudo (vide ANEXO I).

Tabela 8 – Normal Climática para Temperatura Média Mínima Mensal (°C) das Estações Meteorológicas Convencionais utilizadas no estudo.

	Temperatura Média Mínima Mensal (°C)												
Nome da Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
OMM 83526 – Catalão	19,6	19,7	19,5	18,6	16,2	14,7	14,6	16,1	18,1	19,4	19,4	19,5	18,0
OMM 83522 – Ipameri	19,8	19,6	19,6	18,0	15,2	13,0	12,9	14,4	17,7	19,4	19,8	20,0	17,5
OMM 83523 – Itumbiara	21,2	20,9	20,7	18,9	15,5	14,1	13,7	15,7	19,1	20,4	20,9	21,3	18,5
OMM 83579 – Araxá	18,7	18,7	18,5	17,4	15,0	13,9	13,8	15,0	16,5	17,8	18,0	18,4	16,8
OMM 83384 – Arinos	20,9	21,2	21,0	20,3	17,7	15,1	14,6	15,7	19,0	21,0	21,0	21,0	19,0
OMM 83582 – Bambuí	18,8	18,5	17,9	15,9	12,1	9,2	8,6	9,7	13,4	16,4	18,0	18,8	14,8
OMM 83689 – Barbacena	16,8	16,6	16,3	14,7	12,2	10,6	10,2	10,9	12,7	14,5	15,6	16,4	14,0
OMM 83587 – Belo Horizonte	19,8	19,9	19,7	18,6	16,4	15,0	14,7	15,7	17,1	18,5	18,9	19,4	17,8
OMM 83533 – Bom Despacho	19,3	19,0	18,5	16,7	13,4	10,9	10,5	11,7	14,3	16,7	18,0	18,8	15,7
OMM 83589 – C. do Mato Dentro	18,7	18,3	18,3	16,5	13,7	11,2	10,3	10,6	13,5	16,4	18,1	18,8	15,4
OMM 83514 – Capinópolis	20,8	20,6	20,6	19,4	16,6	15,5	15,3	16,9	19,0	20,3	20,5	20,8	18,9
OMM 83592 – Caratinga	19,4	19,4	19,0	17,3	14,7	12,9	12,6	13,7	15,7	17,8	18,6	19,1	16,7
OMM 83485 – Carbonita	18,3	18,3	18,2	16,6	14,0	11,9	11,0	11,8	14,5	16,8	17,9	18,4	15,6
OMM 83536 – Curvelo	19,1	19,0	18,6	17,0	14,2	12,1	11,6	12,9	15,8	18,2	18,7	19,1	16,4
OMM 83538 – Diamantina	16,8	16,7	16,6	15,6	13,6	11,9	11,3	11,8	13,6	15,3	15,9	16,5	14,6
OMM 83635 – Divinópolis	19,1	18,9	18,5	16,4	12,7	10,7	10,4	11,7	15,0	17,3	18,2	19,0	15,7
OMM 83574 – Frutal	21,6	21,5	21,2	19,7	16,6	15,4	15,3	16,9	19,1	20,7	21,0	21,5	19,2
OMM 83632 – Ibirité	18,1	17,6	17,6	15,5	12,7	10,1	9,7	11,4	14,4	16,1	17,1	17,9	14,9
OMM 83488 – Itamarandiba	17,9	17,7	17,8	16,4	14,0	11,9	11,7	11,9	14,0	16,1	17,2	17,9	15,4
OMM 83521 – Ituiutaba	21,1	21,0	20,5	19,1	15,4	14,2	13,9	15,2	18,6	20,0	20,6	20,9	18,4
OMM 83481 – João Pinheiro	19,8	19,8	19,6	18,9	17,0	15,4	15,0	16,1	18,2	19,3	19,3	19,1	18,1
OMM 83032 – Lambari	16,9	16,4	15,6	12,9	9,1	6,4	6,0	6,4	10,5	13,3	14,8	16,2	12,0
OMM 83687 – Lavras	18,3	18,3	17,8	16,1	13,3	11,6	11,1	12,1	14,3	16,2	17,2	18,0	15,4
OMM 83683 – Machado	18,4	18,1	17,7	15,4	11,9	9,7	9,5	10,3	13,4	15,7	16,9	17,9	14,6
OMM 83437 – Montes Claros	19,8	19,7	19,6	18,3	16,0	14,0	13,6	14,5	17,4	19,5	20,0	20,0	17,7
OMM 83479 – Paracatu	20,4	20,5	20,2	19,2	16,7	14,8	14,7	15,9	18,6	20,3	20,2	20,3	18,5
OMM 83531 – Patos de Minas	18,6	18,4	18,3	16,9	14,4	12,9	13,0	14,4	16,5	18,0	18,4	18,6	16,5

Temperatura Média Mínima Mensal (°C)													
Nome da Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
OMM 83483 – Pirapora	20,9	21,0	20,8	19,1	16,4	14,0	13,6	15,3	18,6	20,8	20,9	21,0	18,5
OMM 83570 – Pompéu	19,9	19,6	19,2	17,5	14,4	12,4	12,3	13,9	16,4	18,8	19,5	19,8	17,0
OMM 83631 – São Sebastião do Paraíso	18,3	18,1	17,6	15,8	12,4	11,0	10,7	12,0	14,8	16,6	17,6	18,0	15,2
OMM 83586 – Sete Lagoas	18,9	18,7	18,5	16,8	14,0	12,2	12,0	13,3	15,7	17,7	18,5	18,8	16,3
OMM 83577 – Uberaba	19,4	19,2	19,0	17,2	14,0	12,7	12,5	14,0	16,7	18,2	18,8	19,3	16,8
OMM 83527 – Uberlândia	19,6	19,5	19,4	18,2	15,7	14,3	13,9	15,3	17,5	18,7	19,1	19,2	17,5
OMM 83428 – Unai	20,5	20,5	20,4	19,1	16,7	13,9	13,3	14,7	18,0	20,3	20,5	20,7	18,2
OMM 83642 – Viçosa	18,9	18,7	18,4	16,6	13,7	11,5	11,1	11,8	14,1	16,5	17,9	18,7	15,7
OMM 83676 – Catanduva	20,9	20,7	20,4	18,8	15,9	14,8	14,5	15,9	17,5	19,2	19,9	20,6	18,3
OMM 83630 – Franca	18,8	18,9	18,7	17,5	15,2	14,1	13,9	15,4	16,5	17,6	18,1	18,4	16,9
OMM 83669 – São Simão	20,1	19,9	19,4	17,3	13,9	12,1	11,9	13,4	16,1	17,9	18,7	19,7	16,7

Fonte: Adaptado do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Normais Climáticas do Brasil 1981-2010.

Tabela 9 – Normal Climática para Temperatura Média Máxima Mensal (°C) das Estações Meteorológicas Convencionais utilizadas no estudo.

Temperatura Média Máxima Mensal (°C)													
Nome da Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
OMM 83526 – Catalão	29,0	29,5	29,3	28,9	27,6	27,0	27,3	29,1	30,5	30,6	29,4	28,8	28,9
OMM 83522 – Ipameri	29,5	29,9	29,5	29,4	27,9	27,4	27,6	29,5	30,8	31,1	29,8	29,3	29,3
OMM 83523 – Itumbiara	31,1	31,7	31,2	31,0	29,3	28,9	29,9	31,9	33,8	33,6	32,3	31,3	31,3
OMM 83579 – Araxá	28,0	28,4	28,1	27,6	25,8	25,1	25,2	27,2	28,4	28,8	27,9	27,5	27,3
OMM 83384 – Arinos	32,5	33,0	32,5	32,4	31,3	30,5	30,7	32,3	34,3	34,8	32,2	31,5	32,3
OMM 83582 – Bambuí	29,9	30,1	29,9	29,3	27,3	26,4	26,8	28,4	29,7	30,4	29,5	29,4	28,9
OMM 83689 – Barbacena	27,1	27,7	26,8	25,5	23,3	22,8	22,7	24,0	24,4	25,7	25,7	26,4	25,2
OMM 83587 – Belo Horizonte	28,4	29,0	28,5	27,7	25,8	24,8	24,7	26,1	27,4	28,1	27,7	27,8	27,2
OMM 83533 – Bom Despacho	30,6	31,1	30,6	30,0	28,0	27,2	27,5	29,1	30,3	31,0	30,1	30,0	29,6
OMM 83589 – C. do Mato Dentro	29,8	30,5	29,9	28,6	26,4	25,3	25,4	26,9	28,1	29,2	28,8	29,2	28,2
OMM 83514 – Capinópolis	30,7	31,1	31,2	31,3	29,3	28,7	29,4	31,6	32,7	33,2	31,9	31,1	31,0
OMM 83592 – Caratinga	28,9	30,0	29,4	27,9	26,1	25,2	25,5	26,4	27,2	28,1	28,0	28,5	27,6

Temperatura Média Máxima Mensal (°C)													
Nome da Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
OMM 83485 – Carbonita	29,7	30,5	29,6	28,3	26,9	25,6	25,7	27,3	28,8	29,8	28,7	28,8	28,3
OMM 83536 – Curvelo	31,2	32,1	31,6	31,1	29,4	28,4	28,5	30,1	32,0	32,3	30,8	30,3	30,7
OMM 83538 – Diamantina	25,8	26,0	25,6	24,6	23,0	21,9	21,4	22,9	24,5	25,5	24,5	24,9	24,2
OMM 83635 – Divinópolis	30,1	30,7	30,1	29,4	27,1	26,5	26,8	28,5	29,7	30,4	29,1	29,4	29,0
OMM 83574 – Frutal	31,2	31,8	31,5	31,5	29,0	29,0	29,4	31,7	32,3	33,1	32,0	31,4	31,2
OMM 83632 – Ibirité	29,7	30,4	30,0	29,0	27,2	26,1	26,3	27,7	28,7	29,9	29,6	29,2	28,7
OMM 83488 – Itamarandiba	27,9	28,6	27,8	26,4	25,0	24,0	23,7	25,1	26,6	27,4	27,1	27,4	26,4
OMM 83521 – Ituiutaba	31,5	31,9	31,7	31,5	29,6	29,0	29,8	31,8	33,3	33,1	32,1	31,4	31,4
OMM 83481 – João Pinheiro	29,6	30,5	30,0	29,8	28,6	27,8	27,8	29,5	31,3	31,7	30,0	29,3	29,7
OMM 83032 – Lambari	29,5	30,1	29,4	28,2	25,5	24,3	24,8	26,8	27,6	28,8	29,2	29,0	27,8
OMM 83687 – Lavras	28,5	29,3	28,6	27,6	25,2	24,5	24,8	26,7	27,6	28,1	27,9	27,9	27,2
OMM 83683 – Machado	29,0	29,5	28,9	27,9	25,4	24,5	24,8	26,8	27,6	28,7	28,5	28,6	27,5
OMM 83437 – Montes Claros	30,1	30,7	30,2	30,0	29,1	28,0	28,0	29,3	31,2	32,1	29,9	29,2	29,8
OMM 83479 – Paracatu	30,5	30,9	30,4	30,3	28,7	28,0	28,3	29,9	31,8	32,4	30,5	29,8	30,1
OMM 83531 – Patos de Minas	28,5	29,2	28,7	28,5	27,0	26,3	26,6	28,5	29,8	30,2	28,6	28,1	28,3
OMM 83483 – Pirapora	31,3	32,2	31,8	31,2	30,1	29,3	29,4	31,0	32,7	33,4	31,5	30,8	31,2
OMM 83570 – Pompéu	30,3	31,1	30,6	30,0	28,0	27,3	27,6	29,2	30,9	31,6	30,2	29,7	29,7
OMM 83631 – São Sebastião do Paraíso	28,7	29,2	29,0	28,6	26,2	25,4	25,8	27,8	29,2	29,5	28,8	28,3	28,0
OMM 83586 – Sete Lagoas	29,6	30,2	29,6	28,8	27,1	26,4	26,7	28,2	29,6	30,1	29,0	28,7	28,7
OMM 83577 – Uberaba	29,7	30,3	30,1	29,9	27,7	27,2	27,7	29,7	30,8	31,4	30,2	29,7	29,5
OMM 83527 – Uberlândia	29,4	29,9	29,5	29,2	27,5	26,8	27,0	29,3	30,6	30,8	29,6	29,1	29,1
OMM 83428 – Unaí	31,4	31,8	31,5	31,2	30,4	29,5	29,8	31,3	33,1	33,6	31,3	30,7	31,3
OMM 83642 – Viçosa	28,5	29,5	28,6	27,3	25,1	24,2	24,3	25,6	26,3	27,3	27,4	27,9	26,8
OMM 83676 – Catanduva	30,2	30,6	30,5	30,0	27,2	26,6	27,2	29,3	30,0	31,0	30,9	30,3	29,5
OMM 83630 – Franca	27,0	27,5	27,2	26,4	24,5	23,9	24,3	26,3	27,4	27,9	27,4	26,9	26,4
OMM 83669 – São Simão	30,4	31,0	30,7	29,7	27,0	26,6	27,0	29,1	30,0	30,9	30,5	30,2	29,4

Fonte: Adaptado do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Normais Climáticas do Brasil 1981-2010.

Tabela 10 – Normal Climática para Precipitação Acumulada (mm) das Estações Meteorológicas Convencionais utilizadas no estudo.

Código OMM	Precipitação Acumulada Mensal (mm)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
OMM 83526 – Catalão	282,9	196,2	224,6	70,2	34,8	8,1	5,3	15,4	41,0	115,7	178,0	277,4	1.449,6
OMM 83522 – Ipameri	286,3	204,1	206,6	79,4	34,0	7,9	5,6	13,9	53,2	112,3	193,9	296,0	1.493,2
OMM 83523 – Itumbiara	267,8	201,1	179,1	71,9	30,4	12,7	4,6	7,2	50,3	84,8	193,1	255,3	1.358,3
OMM 83579 – Araxá	304,3	215,3	192,1	78,0	49,1	11,4	9,6	17,6	67,7	123,6	193,1	292,4	1.554,2
OMM 83384 – Arinos	186,6	142,3	170,6	65,8	15,1	2,9	5,1	10,5	16,5	69,5	215,0	280,7	1.180,6
OMM 83582 – Bambuí	296,8	195,3	155,4	71,1	42,3	14,9	11,2	18,1	62,4	113,7	177,5	306,8	1.465,5
OMM 83689 – Barbacena	290,6	156,0	178,2	65,0	38,8	17,7	11,9	18,5	76,1	126,7	208,8	269,7	1.458,0
OMM 83587 – Belo Horizonte	329,1	181,4	198,0	74,7	28,1	9,7	7,9	14,8	55,5	104,7	239,8	358,9	1.602,6
OMM 83533 – Bom Despacho	280,1	170,1	142,3	48,7	36,5	8,9	7,6	13,2	52,0	115,3	196,1	314,0	1.384,8
OMM 83589 – C. do Mato Dentro	259,6	128,5	182,3	75,9	24,2	10,2	8,7	10,4	30,1	85,3	236,9	331,8	1.383,9
OMM 83514 – Capinópolis	287,6	224,7	183,8	72,6	38,1	18,3	6,3	13,8	47,9	122,2	168,1	251,3	1.434,7
OMM 83592 – Caratinga	220,8	96,7	143,8	70,6	25,6	12,5	6,5	15,5	41,6	80,4	209,1	278,6	1.201,7
OMM 83485 – Carbonita	162,5	99,4	139,4	44,3	11,8	3,8	5,0	5,6	19,3	90,2	193,8	245,9	1.021,0
OMM 83536 – Curvelo	208,8	116,3	154,6	43,1	18,7	6,6	6,2	11,7	19,0	67,8	191,0	250,2	1.094,0
OMM 83538 – Diamantina	236,7	142,7	185,0	76,6	22,9	6,3	4,7	13,2	33,1	118,5	232,7	302,9	1.375,3
OMM 83635 – Divinópolis	300,2	167,3	157,0	51,2	27,3	13,6	7,9	17,3	52,0	109,7	208,4	296,2	1.408,1
OMM 83574 – Frutal	325,1	209,8	209,8	78,7	38,6	20,0	9,4	16,3	65,4	110,0	157,8	232,6	1.473,5
OMM 83632 – Ibirité	286,0	165,4	175,3	67,6	29,9	11,7	5,7	13,2	53,3	121,5	205,3	349,9	1.484,8
OMM 83488 – Itamarandiba	185,9	104,3	135,7	46,9	12,9	4,1	5,8	8,0	24,3	98,7	222,5	227,0	1.076,1
OMM 83521 – Ituiutaba	305,4	193,5	191,9	83,9	37,0	16,8	6,5	14,0	49,0	127,3	161,5	235,4	1.422,2
OMM 83481 – João Pinheiro	261,6	170,6	203,8	63,2	27,9	3,4	6,3	11,0	28,1	90,2	217,7	276,9	1.360,7
OMM 83032 – Lambari	319,2	205,0	196,2	89,6	60,4	31,7	25,1	19,2	95,2	121,3	189,3	302,1	1.654,3
OMM 83687 – Lavras	272,9	209,5	168,3	57,2	45,7	20,3	11,1	12,9	70,8	114,7	187,7	290,7	1.461,8
OMM 83683 – Machado	309,1	218,1	199,6	76,3	64,1	18,8	21,9	16,5	83,6	117,1	173,8	257,0	1.555,9
OMM 83437 – Montes Claros	191,8	108,7	154,1	38,6	8,8	4,4	0,8	2,0	20,2	83,1	224,4	249,5	1.086,4
OMM 83479 – Paracatu	276,9	196,0	208,3	78,1	20,5	7,3	4,2	14,0	32,5	105,7	203,1	346,3	1.492,9

Precipitação Acumulada Mensal (mm)													
Código OMM	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
OMM 83531 – Patos de Minas	287,0	187,2	209,8	62,5	32,1	10,6	2,9	12,1	43,6	94,0	210,6	311,8	1.464,2
OMM 83483 – Pirapora	216,2	111,6	139,1	51,1	15,0	3,7	4,7	6,6	23,2	83,5	218,9	244,5	1.118,1
OMM 83570 – Pompéu	250,3	156,2	167,8	49,3	27,2	8,0	7,4	12,7	30,2	63,7	190,2	276,3	1.239,3
OMM 83631 – São Sebastião do Paraíso	335,5	245,4	203,9	77,0	65,9	23,7	18,0	19,8	68,9	148,2	209,8	328,4	1.744,5
OMM 83586 – Sete Lagoas	260,6	143,3	168,7	51,6	27,8	4,5	6,1	13,1	39,5	87,9	210,4	321,3	1.334,8
OMM 83577 – Uberaba	323,7	238,2	234,6	88,7	45,3	16,6	9,7	20,1	54,6	137,8	180,2	287,2	1.636,7
OMM 83527 – Uberlândia	299,0	201,8	225,5	83,1	33,9	19,2	7,8	15,3	46,4	116,3	215,1	342,7	1.606,1
OMM 83428 – Unai	221,0	184,6	208,0	90,4	21,8	6,9	3,5	13,3	31,0	97,1	244,8	289,3	1.411,7
OMM 83642 – Viçosa	255,3	132,1	165,9	55,0	29,2	14,5	7,5	13,1	50,7	104,6	207,8	253,3	1.289,0
OMM 83676 – Catanduva	274,6	209,9	158,7	61,7	66,2	25,4	24,1	25,4	53,0	96,8	111,8	208,4	1.316,0
OMM 83630 – Franca	323,2	243,8	207,5	77,7	57,5	17,9	18,4	21,6	67,2	161,4	189,0	287,4	1.672,6
OMM 83669 – São Simão	271,6	204,3	156,7	66,3	63,3	24,1	20,0	25,6	68,6	129,1	165,2	255,7	1.450,5

Fonte: Adaptado do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Normais Climáticas do Brasil 1981-2010.

Tabela 11 – Normal Climática para Evapotranspiração Potencial – Mensal (mm) das Estações Meteorológicas Convencionais utilizadas no estudo.

Evapotranspiração Potencial Mensal (mm)													
Código OMM	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
OMM 83526 – Catalão	149,2	130,4	134,7	113,9	97,6	78,6	88,4	122,2	142,3	164,1	150,2	150,6	126,9
OMM 83522 – Ipameri	144,5	125,4	127,3	111,5	92,4	73,7	83,7	110,5	139,5	157,8	144,3	150,7	121,8
OMM 83523 – Itumbiara	171,2	145,2	146,0	127,4	104,0	85,1	96,5	135,1	169,6	203,7	179,5	187,1	145,9
OMM 83579 – Araxá	138,1	117,2	118,2	101,8	85,3	71,7	77,3	105,0	122,0	135,2	131,6	130,6	111,2
OMM 83384 – Arinos	184,8	168,4	165,0	145,1	123,1	92,5	99,8	135,8	185,0	219,5	194,1	187,1	158,4
OMM 83582 – Bambuí	146,4	125,8	122,1	103,6	83,7	59,9	66,1	81,3	105,8	131,0	133,6	140,2	108,3
OMM 83689 – Barbacena	122,7	104,6	106,7	88,7	73,0	60,9	64,3	81,5	94,0	112,0	111,5	117,6	94,8
OMM 83587 – Belo Horizonte	154,3	131,8	133,0	112,0	94,8	75,7	81,3	105,8	125,4	146,9	141,1	149,9	121,0
OMM 83533 – Bom Despacho	152,0	128,1	128,9	109,4	86,9	68,8	73,4	92,1	114,9	145,9	140,2	145,3	115,5
OMM 83589 – C. do Mato Dentro	140,7	124,7	125,4	101,5	85,0	63,5	66,5	81,0	106,1	134,3	132,3	143,4	108,7
OMM 83514 – Capinópolis	157,5	134,3	140,6	126,2	103,0	84,6	94,5	130,7	157,0	187,1	166,8	167,6	137,5

Evapotranspiração Potencial Mensal (mm)													
Código OMM	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
OMM 83592 – Caratinga	142,3	129,2	129,4	106,0	88,3	67,0	74,1	92,2	112,9	141,4	138,4	143,6	113,7
OMM 83485 – Carbonita	138,2	124,0	123,8	104,4	88,9	69,7	70,4	89,7	113,1	138,4	134,2	140,4	111,3
OMM 83536 – Curvelo	160,8	147,2	146,1	122,1	103,8	79,1	85,3	107,4	136,0	167,1	162,0	159,5	131,4
OMM 83538 – Diamantina	116,6	102,6	100,7	87,5	79,2	64,2	67,8	82,3	101,1	116,9	110,5	113,0	95,2
OMM 83635 – Divinópolis	157,5	133,6	132,9	108,9	83,0	62,6	70,1	95,0	118,8	146,2	138,9	147,5	116,3
OMM 83574 – Frutal	196,8	170,7	171,3	149,3	119,9	95,0	107,6	150,1	181,3	218,1	201,7	196,8	163,2
OMM 83632 – Ibirité	138,6	122,4	126,5	102,6	84,4	70,7	71,2	92,5	113,3	137,9	142,6	138,0	111,7
OMM 83488 – Itamarandiba	124,1	111,9	113,5	96,0	83,1	65,3	65,5	81,9	100,6	124,4	120,6	126,9	101,2
OMM 83521 – Ituiutaba	183,5	152,0	157,3	131,4	100,6	86,2	101,5	126,7	163,8	192,7	179,7	180,1	146,3
OMM 83481 – João Pinheiro	164,7	148,3	147,7	125,7	110,2	87,3	95,5	128,7	154,8	184,5	167,1	166,5	140,1
OMM 83032 – Lambari	131,7	109,9	110,9	91,3	70,7	53,6	52,8	66,9	86,8	110,6	119,2	128,1	94,4
OMM 83687 – Lavras	137,8	119,0	119,1	97,6	78,5	61,2	65,2	88,8	106,9	123,5	124,5	132,1	104,5
OMM 83683 – Machado	135,9	115,5	117,8	96,9	76,3	57,6	62,2	81,7	100,1	122,4	126,6	132,7	102,1
OMM 83437 – Montes Claros	149,6	134,6	131,4	114,8	100,8	80,1	83,9	111,4	143,7	176,7	158,6	151,6	128,1
OMM 83479 – Paracatu	164,4	147,2	142,1	122,2	105,2	79,2	90,9	119,2	154,1	187,9	167,8	165,2	137,1
OMM 83531 – Patos de Minas	130,2	114,1	114,1	100,0	83,8	69,3	77,8	104,7	127,6	147,0	132,5	133,6	111,2
OMM 83483 – Pirapora	174,0	157,6	153,7	127,1	111,0	82,0	90,8	124,4	161,1	206,8	185,7	178,7	146,1
OMM 83570 – Pompéu	160,7	142,4	140,3	117,1	93,5	71,8	80,8	107,3	139,8	168,9	159,9	160,3	128,6
OMM 83631 – São Sebastião do Paraíso	135,8	114,4	120,6	101,0	78,9	64,2	69,0	91,8	112,7	130,8	129,3	131,8	106,7
OMM 83586 – Sete Lagoas	140,0	121,8	123,3	101,7	82,8	66,3	72,0	94,9	121,8	143,0	139,1	139,7	112,2
OMM 83577 – Uberaba	146,6	129,5	128,4	110,5	89,8	71,5	80,0	107,0	129,6	153,4	146,6	147,9	120,1
OMM 83527 – Uberlândia	146,6	126,0	127,7	112,8	92,9	75,4	81,2	110,5	136,2	152,6	146,7	145,2	121,2
OMM 83428 – Unai	173,9	154,6	151,0	130,9	114,6	87,4	94,8	130,9	172,6	209,7	182,9	178,2	148,5
OMM 83642 – Viçosa	135,3	117,2	117,2	98,4	78,6	61,2	63,8	79,3	97,5	122,5	125,1	133,0	102,4
OMM 83676 – Catanduva	180,4	152,0	157,4	132,9	105,8	83,6	93,7	124,6	153,9	188,2	184,6	181,6	144,9
OMM 83630 – Franca	135,2	116,0	118,0	101,6	85,8	72,7	81,4	109,2	125,5	139,8	134,8	130,1	112,5
OMM 83669 – São Simão	160,7	135,1	137,3	115,7	89,1	74,0	79,8	108,5	133,4	160,0	156,9	155,5	125,5

Fonte: Adaptado do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Normais Climáticas do Brasil 1981-2010.

Tabela 12 – Normal Climática para Balanço Hídrico – Mensal (mm) das Estações Meteorológicas Convencionais utilizadas no estudo.

Balanço Hídrico Mensal (mm)												
Nome da Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
OMM 83526 – Catalão	133,7	65,8	89,9	-43,7	-62,8	-70,5	-83,1	-106,8	-101,3	-48,4	27,8	126,8
OMM 83522 – Ipameri	141,8	78,7	79,3	-32,1	-58,4	-65,8	-78,1	-96,6	-86,3	-45,5	49,6	145,3
OMM 83523 – Itumbiara	96,6	55,9	33,1	-55,5	-73,6	-72,4	-91,9	-127,9	-119,3	-118,9	13,6	68,2
OMM 83579 – Araxá	166,2	98,1	73,9	-23,8	-36,2	-60,3	-67,7	-87,4	-54,3	-11,6	61,5	161,8
OMM 83384 – Arinos	1,8	-26,1	5,6	-79,3	-108,0	-89,6	-94,7	-125,3	-168,5	-150,0	20,9	93,6
OMM 83582 – Bambuí	150,4	69,5	33,3	-32,5	-41,4	-45,0	-54,9	-63,2	-43,4	-17,3	43,9	166,6
OMM 83689 – Barbacena	167,9	51,4	71,5	-23,7	-34,2	-43,2	-52,4	-63,0	-17,9	14,7	97,3	152,1
OMM 83587 – Belo Horizonte	174,8	49,6	65,0	-37,3	-66,7	-66,0	-73,4	-91,0	-69,9	-42,2	98,7	209,0
OMM 83533 – Bom Despacho	128,1	42,0	13,4	-60,7	-50,4	-59,9	-65,8	-78,9	-62,9	-30,6	55,9	168,7
OMM 83589 – C. do Mato Dentro	118,9	3,8	56,9	-25,6	-60,8	-53,3	-57,8	-70,6	-76,0	-49,0	104,6	188,4
OMM 83514 – Capinópolis	130,1	90,4	43,2	-53,6	-64,9	-66,3	-88,2	-116,9	-109,1	-64,9	1,3	83,7
OMM 83592 – Caratinga	78,5	-32,5	14,4	-35,4	-62,7	-54,5	-67,6	-76,7	-71,3	-61,0	70,7	135,0
OMM 83485 – Carbonita	24,3	-24,6	15,6	-60,1	-77,1	-65,9	-65,4	-84,1	-93,8	-48,2	59,6	105,5
OMM 83536 – Curvelo	48,0	-30,9	8,5	-79,0	-85,1	-72,5	-79,1	-95,7	-117,0	-99,3	29,0	90,7
OMM 83538 – Diamantina	120,1	40,1	84,3	-10,9	-56,3	-57,9	-63,1	-69,1	-68,0	1,6	122,2	189,9
OMM 83635 – Divinópolis	142,7	33,7	24,1	-57,7	-55,7	-49,0	-62,2	-77,7	-66,8	-36,5	69,5	148,7
OMM 83574 – Frutal	128,3	39,1	38,5	-70,6	-81,3	-75,0	-98,2	-133,8	-115,9	-108,1	-43,9	35,8
OMM 83632 – Ibirité	147,4	43,0	48,8	-35,0	-54,5	-59,0	-65,5	-79,3	-60,0	-16,4	62,7	211,9
OMM 83488 – Itamarandiba	61,8	-7,6	22,2	-49,1	-70,2	-61,2	-59,7	-73,9	-76,3	-25,7	101,9	100,1
OMM 83521 – Ituiutaba	121,9	41,5	34,6	-47,5	-63,6	-69,4	-95,0	-112,7	-114,8	-65,4	-18,2	55,3
OMM 83481 – João Pinheiro	96,9	22,3	56,1	-62,5	-82,3	-83,9	-89,2	-117,7	-126,7	-94,3	50,6	110,4
OMM 83032 – Lambari	187,5	95,1	85,3	-1,7	-10,3	-21,9	-27,7	-47,7	8,4	10,7	70,1	174,0
OMM 83687 – Lavras	135,1	90,5	49,2	-40,4	-32,8	-40,9	-54,1	-75,9	-36,1	-8,8	63,2	158,6
OMM 83683 – Machado	173,2	102,6	81,8	-20,6	-12,2	-38,8	-40,3	-65,2	-16,5	-5,3	47,2	124,3
OMM 83437 – Montes Claros	42,2	-25,9	22,7	-76,2	-92,0	-75,7	-83,1	-109,4	-123,5	-93,6	65,8	97,9
OMM 83479 – Paracatu	112,5	48,8	66,2	-44,1	-84,7	-71,9	-86,7	-105,2	-121,6	-82,2	35,3	181,1

Balanço Hídrico Mensal (mm)												
Nome da Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
OMM 83531 – Patos de Minas	156,8	73,1	95,7	-37,5	-51,7	-58,7	-74,9	-92,6	-84,0	-53,0	78,1	178,2
OMM 83483 – Pirapora	42,2	-46,0	-14,6	-76,0	-96,0	-78,3	-86,1	-117,8	-137,9	-123,3	33,2	65,8
OMM 83570 – Pompéu	89,6	13,8	27,5	-67,8	-66,3	-63,8	-73,4	-94,6	-109,6	-105,2	30,3	116,0
OMM 83631 – São Sebastião do Paraíso	199,7	131,0	83,3	-24,0	-13,0	-40,5	-51,0	-72,0	-43,8	17,4	80,5	196,6
OMM 83586 – Sete Lagoas	120,6	21,5	45,4	-50,1	-55,0	-61,8	-65,9	-81,8	-82,3	-55,1	71,3	181,6
OMM 83577 – Uberaba	177,1	108,7	106,2	-21,8	-44,5	-54,9	-70,3	-86,9	-75,0	-15,6	33,6	139,3
OMM 83527 – Uberlândia	152,4	75,8	97,8	-29,7	-59,0	-56,2	-73,4	-95,2	-89,8	-36,3	68,4	197,5
OMM 83428 – Unai	47,1	30,0	57,0	-40,5	-92,8	-80,5	-91,3	-117,6	-141,6	-112,6	61,9	111,1
OMM 83642 – Viçosa	120,0	14,9	48,7	-43,4	-49,4	-46,7	-56,3	-66,2	-46,8	-17,9	82,7	120,3
OMM 83676 – Catanduva	94,2	57,9	1,3	-71,2	-39,6	-58,2	-69,6	-99,2	-100,9	-91,4	-72,8	26,8
OMM 83630 – Franca	188,0	127,8	89,5	-23,9	-28,3	-54,8	-63,0	-87,6	-58,3	21,6	54,2	157,3
OMM 83669 – São Simão	110,9	69,2	19,4	-49,4	-25,8	-49,9	-59,8	-82,9	-64,8	-30,9	8,3	100,2

Fonte: Adaptado do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Normais Climáticas do Brasil 1981-2010.

7.2.3.1 Geoestatística e Krigagem Ordinária Multivariada

Após a organização dos dados climáticos em arquivo compatível de entrada no sistema operacional do ArcGis, realizou-se os procedimentos computacionais para obtenção dos mapas de caracterização mensal das variáveis climáticas na área de estudo.

Inicialmente, realizou-se a entrada dos dados no SIG e na ferramenta *Geoestatistical Analyst* realizou todas as análises de Krigagem Ordinária Multivariada. As variáveis principais, ou seja, as variáveis climáticas, apresentaram tendências em seus dados e distribuição normal, portanto foi aplicado o Polinômio de Segundo Grau para remoção das tendências. Já as variáveis secundárias (altitude dos pontos observados) apresentaram não tendenciosos e com distribuição não-normal, sendo utilizado a conversão na base log para obter distribuição normal dos dados.

Após as análises geoestatística mensais, gerou-se um único raster com a combinação de todos os dados obtidos pelas variáveis climáticas, onde posteriormente foi realizado a reclassificação deste raster, ou seja, os dados originais servem de base para a delimitação dos dados das exigências climáticas das culturas de forma espacializada na microrregião de Patos de Minas-MG, podendo ser melhor visualizado o procedimento por meio do fluxograma simplificado da Figura 6.

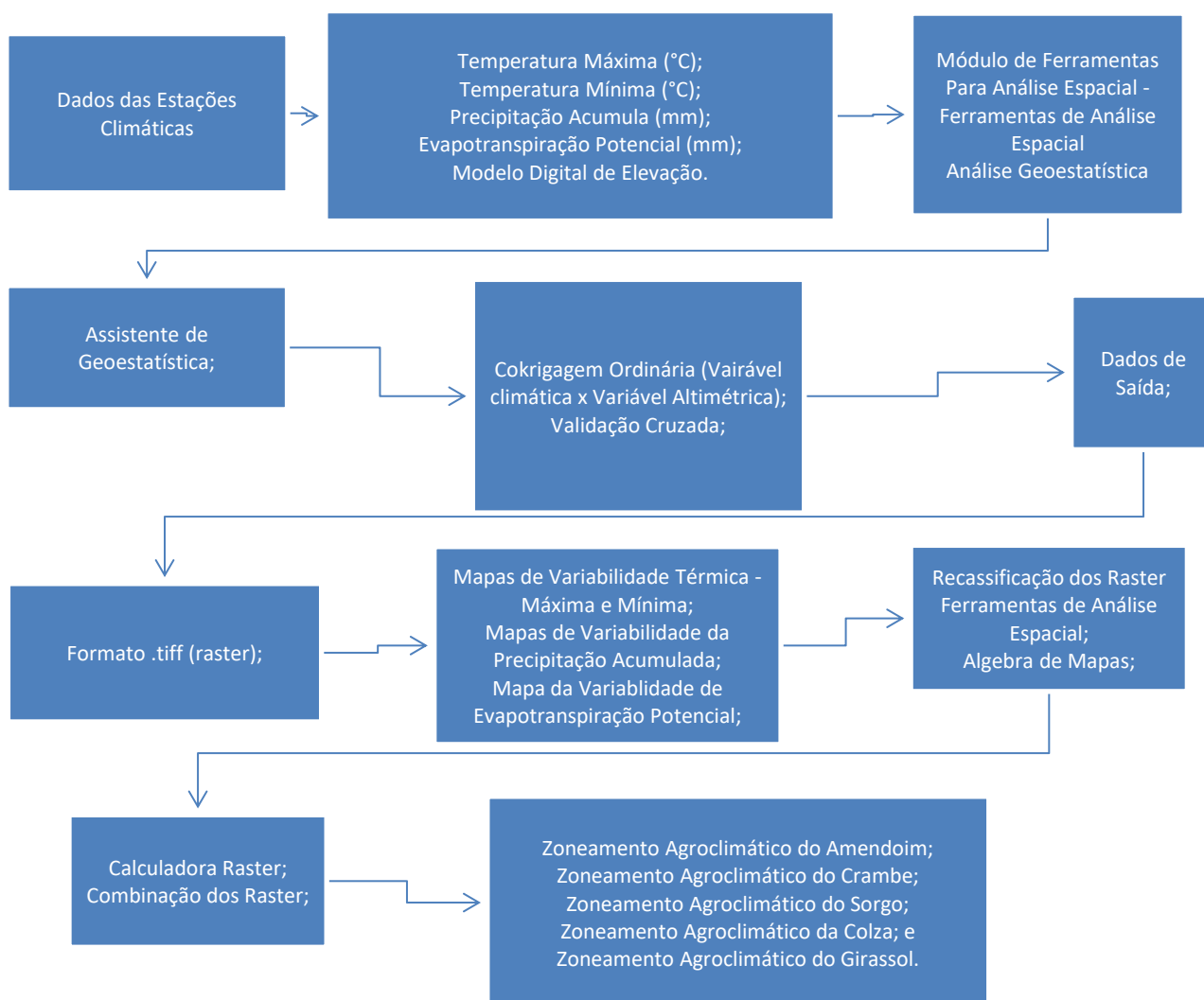


Figura 6 – Fluxograma simplificado dos comandos e resultados processados no software ArcGis, versão 10.5 de teste.

Para as análises geoestatística dos dados climáticos através do interpolador por Cokrigagem Ordinária, foi realizado a validação cruzada dos dados por meio do semivariograma e de parâmetros de validação cruzada dentro da ferramenta *Geostatistical Analyst*, permitindo analisar a acurácia dos modelos utilizados e sua precisão na predição dos dados interpolados para locais não medidos dos semivariogramas de modelos Esférico, Circular, Gaussiano e Exponencial, que melhor se adequam aos dados espaciais.

Definidos os modelos que se adequaram melhor para cada variável, foi realizada a geoestatística multivariada dos dados climáticos com os dados obtidos do Modelo Digital de Elevação, extraído da missão SRTM, seguindo a metodologia proposta por Chaves, Conceição e Guerrero (2018).

Todos os dados climáticos foram processados e analisados pelos métodos de semivariograma esférico, circular, gaussiano e exponencial, buscando assim a validação destes que melhor se adequam a cada variável climática estudada por meio dos métodos já executados pela ferramenta *Geoestatistical Analyst*, sendo estes parâmetros de validação o Erro Médio (EM), Erro Quadrático Médio (EQM), Erro Padrão Médio (EPM), Erro Normalizado Médio (ENM) estando-os mais próximos possíveis de zero (0) e Erro Quadrático Normalizado Médio (EQNM) o mais próximo possível de um (1).

7.3 Balanço Hídrico

O balanço hídrico, como definido por Tucci et al. (2015), é a caracterização das entradas e saídas dentro da unidade de planejamento, ou seja, a precipitação é o *input* e a vazão nos corpos hídricos o *output* permitindo assim realizar o balanço hídrico de todo o processo do ciclo hidrológico.

Porém, o objetivo da pesquisa é determinar o balanço hídrico que irá permitir o estabelecimento ou não da cultura durante seu ciclo vegetativo na área de estudo, portanto, o balanço hídrico adotado no estudo é o balanço hídrico simplificado, onde a P (precipitação) e a ETPo (evapotranspiração potencial) é o nosso *input* e o resultado da subtração entre estes valores o nosso *output*, conforme demonstrado pelas Tabela 10, Tabela 11 e Tabela 12, sendo assim um balanço hídrico estimado de água potencialmente disponível no solo para produção agrícola.

7.4 Exigências Climáticas das Espécies Vegetais

Conforme já abordado no decorrer desta pesquisa, fatores importantes para o estabelecimento de quaisquer culturas agrícolas estão intimamente relacionados com as condições climáticas de determinada região geográfica, podendo favorecer ou não ao desenvolvimento da cultura.

Na Tabela 13 é possível observar quais as exigências climáticas de cada cultivo adotado nesta pesquisa, dados estes coletados durante a elaboração da fundamentação teórica e agrupados agora em formato de planilha que foi processado no ArcGis versão 10.5 de teste para determinação das áreas com Aptidão, Restrição e/ou Inaptidão à produção agrícola das respectivas biomassas energéticas levantadas neste estudo.

Tabela 13 – Exigências climáticas das culturas vegetais com potencial bioenergético para produção de biocombustíveis.

Biomassa Energética	Faixa de Temperatura Ideal (°C)	Necessidade hídrica (mm)
<i>Helianthus annuus</i> L.	$8 \leq 34^1$	200,0 a 900,0 ¹
<i>Arachis hypogea</i> L.	$25 \leq 35^2$	450,0 a 700,0 ²
<i>Crambe abyssinica</i> Hochst	$15 \leq 25^3$	150,0 a 200,0 ³
<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	$16 \leq 38^4$	380,0 a 700,0 ⁴
<i>Brassica napus</i> L.	$5 \leq 25^5$	200,0 a 400,0 ⁵

Fonte: Adaptado de – ¹ Castro et al. (1996) e Sunflower Production Guidline (2010); ² Nogueira e Tavora (2005), Cato et al. (2008) e Assunção e Escobedo (2009); ³ Roscoe et al. (2010) e Reginato et al. (2013); ⁴ Sans et al. (2003), Landau e Schafertt (2011) e Magalhães et al. (2014); ⁵ Tomm (2007) e Angelotti-Mendonça et al. (2016).

Para delimitação das áreas que apresentam potencial de aptidão e/ou inaptidão climática para a produção de biomassa energética foi adotado para categorização das classes de Aptidão, Restrição e/ou Inaptidão climática os critérios de condições ideais para o estabelecimento das culturas conforme pode ser observado pela Tabela 14.

Como o objetivo principal do estudo é a realização do zoneamento climático focado na entressafra verão-inverno, todos os dados climáticos que foram utilizados para confecção dos mapas temáticos de distribuição das temperaturas, precipitação e evapotranspiração contemplaram os meses de referência de fevereiro a julho.

Tabela 14 – Categorização das classes de Aptidão, Restrição e/ou Inaptidão climática da região de estudo para a culturas bioenergéticas considerando as temperaturas como indicador.

Cultura Vegetal	Faixa de Temperatura (°C)	Classificação Número de Aptidão	Cor da Categoria de Aptidão
<i>Helianthus annuus</i> L. ¹	8 ≤ 34 (Aptidão)	Aptidão = 1	Verde
	5 ≤ 8 e 34 < 40 (Restrição)		
	< 5 e ≥ 40 (Inaptidão)		
<i>Arachis hypogaea</i> L. ²	25 ≤ 35 (Aptidão)	Restrição = 2	Amarelo
	18 < 25 (Restrição)		
	< 18 e > 35 (Inaptidão)		
<i>Crambe abyssinica</i> Hochst. ³	15 ≤ 25 (Aptidão)	Inaptidão = 3	Vermelho
	10 < 15 e 25 < 32 (Restrição)		
	< 10 e > 32, (Inaptidão)		
<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench ⁴	16 ≤ 38 (Aptidão)		
	< 16 e > 38 (Inaptidão)		
<i>Brassica napus</i> L. ⁵	5 ≤ 25 (Aptidão)		
	< 5 e > 25 (Inaptidão)		

Fonte: Adaptado de – ¹ Castro et al. (1996), Catiglioni et al. (1997), Sunflower Production Guidline (2010); ² Nogueira e Tavora (2005), Cato et al. (2008) e Assunção e Escobedo (2009); ³ Glaser (1996) e Reginato et al. (2013); ⁴ Magalhães et al. (2014); ⁵ Tomm (2007) e Angelotti-Mendonça et al. (2016).

Outro fator importante para a determinação dos critérios acima abordados é o relacionado com a disponibilidade hídrica para a planta durante o seu ciclo vegetativo, estando este dado intimamente relacionado com a P e a ETPo, tornando-se assim uma estimativa da água que poderá estar disponível no solo para o estabelecimento da cultura. Com isso, adotou-se os mesmos critérios de Aptidão, Restrição e/ou Inaptidão tendo como base a disponibilidade hídrica potencial no solo, o que pode ser observado pela Tabela 15 as demandas hídricas ideais para cada cultura estudada.

Tabela 15 – Categorização das classes de Aptidão, Restrição e/ou Inaptidão climática da região de estudo para a culturas bioenergéticas considerando as lâminas hídricas como indicador.

Cultura Vegetal	Necessidade Hídrica (mm)	Classificação Número de Aptidão	Cor da Categoria de Aptidão
<i>Heliantus annus</i> L. ¹	200,0 ≤ 900,0 (Apta Sem Irrigação)	Apta Sem Irrigação = 1	Verde
	< 200,0 (Apta com Irrigação Obrigatória)		
	> 900,0 (Inapta)		
<i>Arachis hypogaea</i> L. ²	450,0 ≤ 700,0 (Apta Sem Irrigação)	Apta com Irrigação Obrigatória = 2	Amarelo
	< 450,0 (Apta com Irrigação Obrigatória)		
	> 700,0 (Inapta)		
<i>Crambe abyssinica</i> Hochst. ³	150,0 ≤ 200,0 (Apta Sem Irrigação)	Inapta = 3	Vermelho
	< 150,0 (Apta com Irrigação Obrigatória)		
	> 200,0 (Inapta)		
<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench ⁴	380,0 ≤ 700,0 (Apta Sem Irrigação)	Inapta = 3	Vermelho
	< 380,0 (Apta com Irrigação Obrigatória)		
	> 700,0 (Inapta)		
<i>Brassica napus</i> L. ⁵	200,0 ≤ 450,0 (Apta Sem Irrigação)	Inapta = 3	Vermelho
	< 200,0 (Apta com Irrigação Obrigatória)		
	> 450,0 (Inapta)		

Fonte: Adaptado de – ¹ Castro et al. (1996); ² Cato et al. (2008) e Assunção e Escobedo (2009); ³ Roscoe et al. (2010); ⁴ Sans et al. (2003) e Landau e Schafertt (2011); ⁵ Angelotti-Mendonça et al. (2016).

Por fim, foi elaborado o produto final através de todas as informações climáticas das estações que abrangem a área de estudo e as exigências climáticas das culturas pelas suas interrelações, a espacialização dos dados climáticos foram elaborados conforme metodologia proposta por Santos et al. (2015b), originando assim o Zoneamento Agroclimático pela metodologia proposta por Santos et al. (2015a) para as culturas do amendoim forrageiro (*Arachis hypogaea* L.), crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), girassol (*Heliantus annus* L.), colza (*Brassica napus* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench).

7.5 Zoneamento Agroclimático

Para a elaboração do zoneamento agroclimático para as culturas, foi necessário inicialmente elaborar mapas temáticos com informações de temperaturas, precipitação e evapotranspiração potencial para a região de estudo, conforme demonstrado pela Tabela 16.

Tabela 16 – Descrição metodológica de elaboração do zoneamento agroclimático.

Etapas	Descrição Metodológica
01	Delimitação das faixas climáticas ideais de cada cultura;
02	Representação espacial da caracterização climática da região de estudo;
03	Reclassificação especializada das características climáticas da região com base às exigências climáticas;
04	Elaboração do mapa do zoneamento agroclimático com a delimitação das áreas com aptidão, restrição ou inaptidão agroclimática para cultivo das espécies bioenergéticas.

Fonte: Adaptado de Santos et al. (2015a).

A espacialização das informações climáticas foi executada para todas as variáveis climáticas durante todo o ano climático, gerando aproximadamente cinco mapas detalhados anualmente que foram reunidos e fundidos em um único mapa com as características de aptidão, restrição ou inaptidão agroclimática dos cultivos bioenergéticos, classes essas descritas pela Tabela 17.

Tabela 17 – Definição das classes de composição do zoneamento agroclimático.

Etapas	Descrição Metodológica
Apta	Quando as condições térmicas e hídricas da área se apresentam favoráveis para o bom desenvolvimento e produção da cultura em escala comercial.
Restrita	Quando a área apresenta restrições hídricas e/ou térmicas que podem eventualmente prejudicar as fases de desenvolvimento das culturas, repercutindo negativamente em sua produção.
Inapta	Quando as características normais do clima não apresentam adequadas à exploração comercial cultura, por apresentarem limitações severas quanto aos fatores hídricos e/ou térmicos, necessitando de práticas agrícolas dispendiosas e onerosas, inviabilizando economicamente o estabelecimento comercial da cultura.

Fonte: Adaptado de Santos et al. (2015a).

Durante o procedimento de zoneamento agroclimático de cada cultura, foi necessário, para a projeção final das áreas que apresentem alguma das características mencionadas, realizar uma reclassificação das imagens raster geradas para temperatura média e balanço hídrico com as

exigências climáticas de cada cultura, portanto, a classificação final dos mapas de zoneamento agroclimático para cada cultivo seguiu a definição adotada pela Tabela 18, cruzando as informações térmicas e hídricas das culturas com as características da microrregião de Patos de Minas-MG.

Tabela 18 – Caracterização das legendas adotadas nos zoneamentos agroclimáticos de cada cultivar.

Classificação Numérica	Combinação do Zoneamento (Temperatura e Balanço Hídrico)	Descrição Final	Cor de Verificação
1	1 e 1	Aptidão Térmica e Hídrica	Verde
	1 e 2	Aptidão Térmica com Irrigação Obrigatória	Amarela
	1 e 3	Aptidão Térmica e Inaptidão Hídrica	Vermelha
2	2 e 1	Restrição Térmica com Aptidão Hídrica	Amarela
	2 e 2	Restrição Térmica com Irrigação Obrigatória	Amarela
	2 e 3	Restrição Térmica e Inaptidão Hídrica	Vermelha
3	3 e 1	Inaptidão Térmica e Aptidão Hídrica	Vermelha
	3 e 2	Inaptidão Térmica com Irrigação Obrigatória	Vermelha
	3 e 3	Inaptidão Térmica e Hídrica	Vermelha

Fonte: Adaptado de Santos et al. (2015a).

8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

8.1 Geoestatística – Validação de Semivariogramas

De acordo com Bastos (2017) o modelo de semivariograma a ser adotado depende diretamente de sua adequabilidade, estando diretamente relacionado com a precisão e acurácia das predições do modelo, sendo esta, a fase mais importante para realização da krigagem multivariada, pois pode indicar se o modelo escolhido é robusto aos dados ou se é necessário determinar outros métodos para melhor se adequarem aos dados.

A acurácia mensura a capacidade do modelo em prever valores verdadeiros e a precisão mede a capacidade do modelo prever valores semelhantes aos reais de maneira consistente e validada (BASTOS, 2017).

Visto isso, realizou-se a análise dos modelos de semivariogramas Esférico, Circular, Gaussiano e Exponencial, através da extensão Geoestadistical Analyst do ArcGis pelos métodos de validação cruzada do Erro Médio (EM), Erro Quadrático Médio (EQM), Erro Padrão Médio (EPM), Erro Normalizado Médio (ENM) e Erro Quadrático Normalizado Médio (EQNM) pela krigagem ordinária multivariada, resultando nos dados apresentados pelas Tabela 19, Tabela 20, Tabela 21 e Tabela 22.

De acordo com a Tabela 19, é possível observar que para a variável climática Temperatura Média Mínima Mensal (°C), o método que melhor se adequou, ou seja, que apresentou a melhor precisão e acurácia obtida pelos parâmetros de validação cruzada foi o modelo Gaussiano para todos os meses com dados levantados. O mesmo não ocorreu para a variável Temperatura Média Máxima Mensal (°C) (Tabela 20) que melhor obteve resultado de validação cruzada para o modelo Exponencial em praticamente todos os meses.

Os modelos escolhidos para realização da krigagem multivariada das variáveis climáticas de temperatura média mínima mensal (°C) e máxima mensal (°C) corrobora com os resultados obtidos por meio da validação cruzada em estudos de caracterização climática, destacando os trabalhos apresentados por Ramos et al. (2017) e Chaves, Conceição e Guerrero (2018), para os Estados de Mato Grosso e Bahia, respectivamente.

Já para as variáveis climáticas Precipitação Acumulada (mm) e Evapotranspiração Potencial (mm), o modelo que melhor se ajustou, para ambas, foi o modelo Esférico, conforme observado pelos resultados dos parâmetros de validação cruzada das Tabela 21 e Tabela 22, respectivamente corroborando os estudos de Cunha et al. (2013) e Mello e Oliveira (2016).

Tabela 19 – Validação Cruzada para a Temperatura Média Mínima Mensal (°C) dos semivariogramas pelos parâmetros de validação cruzada Erro Quadrático Médio (EQM), Erro Padrão Médio (EPM), Erro Normalizado Médio (ENM) e Erro Quadrático Normalizado Médio (EQNM) da extensão *Geoestatistical Analyst* no ArcGis.

Validação Cruzada dos Modelos de Semivariogramas																
Temperatura Média Mínima Mensal																
Mês	Circular				Exponencial				Gaussiano				Esférico			
	EQM	EPM	ENM	EQNM	EQM	EPM	ENM	EQNM	EQM	EPM	ENM	EQNM	EQM	EPM	ENM	EQNM
Jan	0,76	0,02	0,84	0,91	0,75	-0,018	0,82	0,92	0,78	-0,001	0,78	0,99	0,94	-0,006	1,06	0,90
Fev	0,85	0,038	0,88	0,96	0,90	-0,014	0,90	1,00	0,84	-0,000	0,85	0,99	0,82	0,02	0,87	0,95
Mar	0,83	0,03	0,85	0,97	0,87	-0,02	0,86	1,01	0,82	0,003	0,82	0,99	0,81	0,03	0,85	0,96
Abr	0,97	0,026	0,94	1,04	0,98	0,014	0,95	1,03	0,97	0,012	0,93	1,03	0,97	0,026	0,94	1,03
Mai	1,20	0,03	1,15	1,05	1,33	-0,002	1,17	1,13	1,20	0,03	1,15	1,04	1,25	0,02	1,16	1,08
Jun	1,59	-0,000	1,40	1,13	1,59	-0,000	1,40	1,13	1,59	-0,000	1,40	1,13	1,60	-0,000	1,40	1,13
Jul	1,58	0,013	1,52	1,04	1,66	0,005	1,52	1,09	1,54	0,03	1,52	1,01	1,61	0,013	1,53	1,06
Ago	1,61	0,02	1,60	1,01	1,70	0,025	1,64	1,03	1,62	0,05	1,60	1,01	1,68	0,03	1,60	1,06
Set	1,18	0,04	1,16	1,01	1,20	0,004	1,17	1,02	1,23	0,026	1,16	1,05	1,23	0,008	1,16	1,06
Out	1,04	0,03	1,03	1,01	1,06	-0,005	1,05	1,00	1,03	0,013	1,02	1,01	1,025	0,031	1,00	1,00
Nov	0,87	-0,008	0,92	0,95	0,90	-0,007	0,94	0,96	0,87	-0,01	0,89	0,98	0,88	0,016	0,94	0,94
Dez	0,80	0,006	0,86	0,92	0,78	-0,009	0,86	0,91	0,80	-0,01	0,82	0,99	0,79	0,001	0,88	0,90

Tabela 20 – Validação Cruzada para a Temperatura Média Máxima Mensal (°C) dos semivariogramas pelos parâmetros de validação cruzada Erro Quadrático Médio (EQM), Erro Padrão Médio (EPM), Erro Normalizado Médio (ENM) e Erro Quadrático Normalizado Médio (EQNM) da extensão *Geoestatistical Analyst* no ArcGis.

Validação Cruzada dos Modelos de Semivariogramas																
Temperatura Média Máxima Mensal																
Mês	Circular				Exponencial				Gaussiano				Esférico			
	EQM	EPM	ENM	EQNM	EQM	EPM	ENM	EQNM	EQM	EPM	ENM	EQNM	EQM	EPM	ENM	EQNM
Jan	0,91	-0,016	1,03	0,90	0,78	-0,008	1,08	0,74	0,94	-0,01	1,05	0,91	0,79	-0,01	1,05	0,77
Fev	0,91	-0,008	1,12	0,83	0,80	-0,003	1,13	0,73	0,99	-0,006	1,14	0,90	0,86	-0,009	1,13	0,77
Mar	0,85	-0,000	1,10	0,80	0,78	-0,005	1,09	0,74	0,93	-0,009	1,11	0,87	0,82	-0,009	1,12	0,75
Abr	1,05	-0,03	1,11	0,97	0,94	-0,017	1,20	0,79	1,06	-0,015	1,13	0,96	0,96	-0,013	1,14	0,86
Mai	1,00	-0,014	1,08	0,96	0,93	-0,007	1,16	0,81	1,05	-0,007	1,08	0,98	0,94	-0,004	1,12	0,85

Validação Cruzada dos Modelos de Semivariogramas																
Temperatura Média Máxima Mensal																
Mês	Circular				Exponencial				Gaussiano				Esférico			
	EQM	EPM	ENM	EQNM	EQM	EPM	ENM	EQNM	EQM	EPM	ENM	EQNM	EQM	EPM	ENM	EQNM
Jun	0,95	-0,015	1,11	0,86	0,77	0,013	1,16	0,69	1,00	-0,015	1,09	0,95	0,89	-0,012	1,09	0,84
Jul	1,06	-0,02	1,24	0,85	1,00	-0,01	1,28	0,80	1,11	-0,015	1,21	0,93	1,00	-0,012	1,24	0,81
Ago	1,09	-0,02	1,22	0,89	1,02	-0,008	1,26	0,81	1,09	-0,006	1,20	0,90	1,03	-0,016	1,22	0,85
Set	1,05	-0,007	1,22	0,87	1,00	-0,007	1,30	0,77	1,14	-0,003	1,26	0,92	1,01	-0,006	1,24	0,82
Out	1,32	-0,013	1,33	0,99	0,99	-0,003	1,28	0,79	1,07	-0,006	1,25	0,87	1,32	0,004	1,36	0,98
Nov	1,00	-0,005	1,15	0,90	0,90	0,004	1,17	0,80	1,09	-0,007	1,16	0,95	0,94	-0,006	1,18	0,80
Dez	0,82	-0,004	1,02	0,84	0,73	-0,001	1,05	0,71	0,91	-0,007	1,03	0,91	0,78	-0,005	1,06	0,75

Tabela 21 – Validação Cruzada para a Precipitação Acumulada (mm) dos semivariogramas pelos parâmetros de validação cruzada Erro Quadrático Médio (EQM), Erro Padrão Médio (EPM), Erro Normalizado Médio (ENM) e Erro Quadrático Normalizado Médio (EQNM) da extensão *Geo statistical Analyst* no ArcGis.

Validação Cruzada dos Modelos de Semivariogramas																
Precipitação Acumulada																
Mês	Circular				Exponencial				Gaussiano				Esférico			
	EQM	EPM	ENM	EQNM	EQM	EPM	ENM	EQNM	EQM	EPM	ENM	EQNM	EQM	EPM	ENM	EQNM
Jan	22,00	0,0038	19,57	1,13	22,00	0,0038	19,57	1,13	22,00	0,0038	19,57	1,13	22,00	0,0038	19,57	1,13
Fev	14,34	0,0073	16,00	0,90	14,67	0,0096	16,34	0,90	14,79	0,0043	16,30	0,92	14,19	0,040	15,96	0,89
Mar	16,02	0,044	17,96	0,90	16,51	0,04	18,69	0,89	16,70	0,054	17,30	0,98	15,97	0,036	18,34	0,87
Abr	10,72	0,011	11,25	0,95	10,64	0,03	11,25	0,94	10,71	0,017	11,25	0,95	10,64	0,013	11,10	0,96
Mai	4,42	-0,068	4,12	1,04	4,42	-0,057	4,43	0,98	4,49	-0,077	4,22	1,04	4,42	-0,073	4,09	1,05
Jun	2,83	0,023	2,46	1,14	2,76	-0,04	2,47	1,12	2,84	0,025	2,45	1,15	2,76	-0,014	2,47	1,12
Jul	2,70	-0,043	2,31	1,16	2,73	-0,025	2,32	1,17	2,69	-0,034	2,32	0,15	2,68	-0,043	2,31	1,15
Ago	2,95	-0,033	2,42	1,19	3,14	-0,024	2,49	1,21	2,96	-0,036	2,39	1,20	3,00	-0,040	2,43	1,20
Set	7,74	0,043	7,00	1,09	7,79	0,02	6,95	1,10	7,77	0,036	7,09	1,08	7,55	-0,019	6,96	1,07
Out	14,42	0,063	16,38	0,87	13,52	0,065	16,14	0,84	14,79	0,058	16,55	0,89	15,02	0,12	15,43	0,94
Nov	16,95	0,090	16,41	1,03	16,36	0,025	16,93	0,96	17,16	0,076	16,40	1,03	16,40	-0,002	16,53	1,00
Dez	28,42	-0,012	27,25	1,05	27,76	0,090	29,33	0,95	27,72	-0,018	27,72	1,00	28,08	0,099	26,90	1,065

Tabela 22 – Validação Cruzada para a Evapotranspiração Potencial (mm) dos semivariogramas pelos parâmetros de validação cruzada Erro Quadrático Médio (EQM), Erro Padrão Médio (EPM), Erro Normalizado Médio (ENM) e Erro Quadrático Normalizado Médio (EQNM) da extensão *Geostatistical Analyst* no ArcGis.

Validação Cruzada dos Modelos de Semivariogramas																
Evapotranspiração Potencial																
Mês	Circular				Exponencial				Gaussiano				Esférico			
	EQM	EPM	ENM	EQNM	EQM	EPM	ENM	EQNM	EQM	EPM	ENM	EQNM	EQM	EPM	ENM	EQNM
Jan	14,15	-0,012	13,25	0,93	10,54	-0,014	13,41	0,80	11,86	-0,014	12,50	0,96	11,64	0,002	13,90	0,84
Fev	10,49	-0,000	10,99	0,97	9,48	-0,026	11,13	0,89	11,11	-0,026	10,80	1,04	10,38	0,003	11,30	0,93
Mar	9,85	0,01	10,31	0,97	8,94	-0,014	10,66	0,87	10,62	-0,0086	10,18	1,04	9,90	0,005	10,73	0,93
Abr	7,62	-0,012	7,62	1,00	8,57	-0,039	8,95	0,95	8,18	-0,02	7,57	1,07	7,62	-0,014	7,77	0,99
Mai	7,14	-0,000	6,86	1,05	6,78	0,015	7,17	1,02	7,11	-0,01	6,72	1,07	6,59	0,000	6,88	0,98
Jun	5,10	0,0018	5,32	0,98	4,93	0,013	5,24	1,01	4,93	0,027	5,26	0,96	4,85	0,027	5,23	0,96
Jul	5,91	0,016	6,35	0,94	5,91	0,016	6,67	0,92	5,96	0,014	6,32	0,95	5,82	0,019	6,43	0,92
Ago	9,43	0,027	9,77	0,98	9,49	0,018	9,97	0,99	9,83	0,024	9,81	1,00	9,31	0,03	9,78	0,97
Set	10,95	-0,06	10,94	1,01	10,21	-0,003	11,90	0,89	10,32	-0,014	10,36	1,00	9,92	0,000	10,73	0,96
Out	13,87	-0,04	13,63	1,03	12,12	-0,024	15,38	0,79	14,33	-0,09	12,24	1,27	12,40	-0,019	13,98	0,91
Nov	11,77	-0,026	11,80	1,02	9,73	-0,02	13,53	0,71	11,93	-0,032	11,25	1,08	10,70	-0,03	12,21	0,91
Dez	11,06	0,007	11,83	0,98	9,15	-0,022	12,43	0,78	12,40	-0,022	11,64	1,09	11,29	-0,007	11,98	0,99

8.2 Caracterização Térmica e Hídrica da Área de Estudo

A microrregião de Patos de Minas foi detalhada com as inversões climáticas contidas das estações meteorológicas convencionais para o formato digital, obtendo assim os mapas de temperaturas máximas e mínimas mensalmente, bem como também os mapas de precipitação acumulada e evapotranspiração potencial, utilizados para visualização das condições climáticas da região de maneira segmentada e detalhada.

Além disso, todas as variáveis foram analisadas em conjunto com as informações geomorfológicas da região pelo processamento de imagens do *Shuttle Radar Topographic Mission* – SRTM, com resolução espacial de 30,0 m que são disponíveis pelo projeto Brasil em Relevo, da EMBRAPA, através do site <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/download/index.htm>.

Para as variáveis climáticas Temperatura Mínima Mensal e Temperatura Máxima Mensal, pode-se observar que a área de estudo apresentou uma variação de 18,82 °C a 29,94 °C para o mês de janeiro (Figura 7 – A e B); 18,62 °C a 30,78 °C para o mês de fevereiro (Figura 8 – A e B); 18,38 °C a 28,94 °C para o mês de março (Figura 9 – A e B); 16,63 °C a 29,89 °C para o mês de abril (Figura 10 – A e B); 14,17 °C a 28,29 °C para o mês de maio (Figura 11 – A e B); 10,75 °C a 27,76 °C para o mês de junho (Figura 12 – A e B); 11,51 °C a 27,1 °C para o mês de julho (Figura 13 – A e B); 12,97 °C a 29,28 °C para o mês de agosto (Figura 14 – A e B); 14,8 °C a 30,45 °C para o mês de setembro (Figura 15 – A e B); 17,08 °C a 31,26 °C para o mês de outubro (Figura 16 – A e B); 18,03 °C a 30,17 °C para o mês de novembro (Figura 17 – A e B); e de 18,62 °C a 29,38 °C para o mês de dezembro (Figura 18 – A e B); respectivamente, onde constata-se que os meses mais frios do ano na área de estudo são de abril a setembro e que os meses mais quentes são de outubro a março (Tabela 8 e Tabela 9).

Quanto as temperaturas médias mínimas e médias máximas, estas variaram entre 15,46 a 17,89 °C e 27,85 a 29,61 °C, respectivamente, demonstrando que a região de estudo tem uma variabilidade térmica entre as médias mínimas e máximas em torno de 12 °C aproximadamente (Figura 19 – A e B).

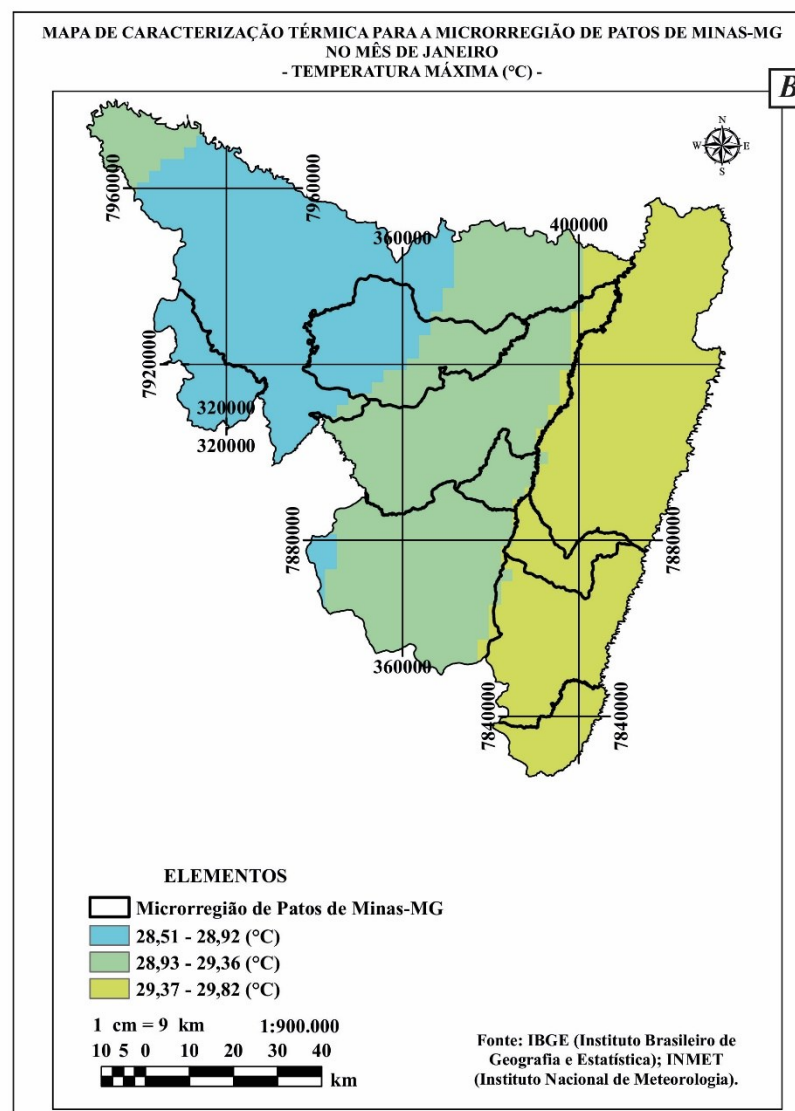
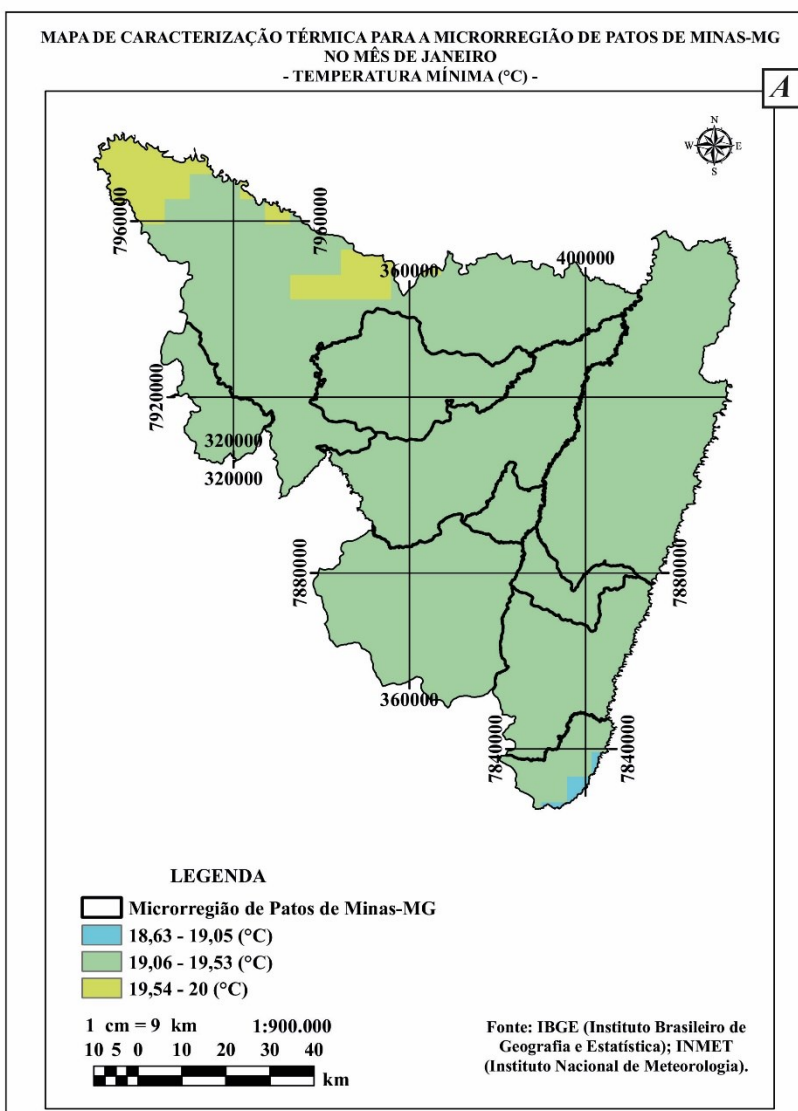


Figura 7 – Caracterização térmica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de janeiro. A) Temperatura Mínima; B) Temperatura Máxima.

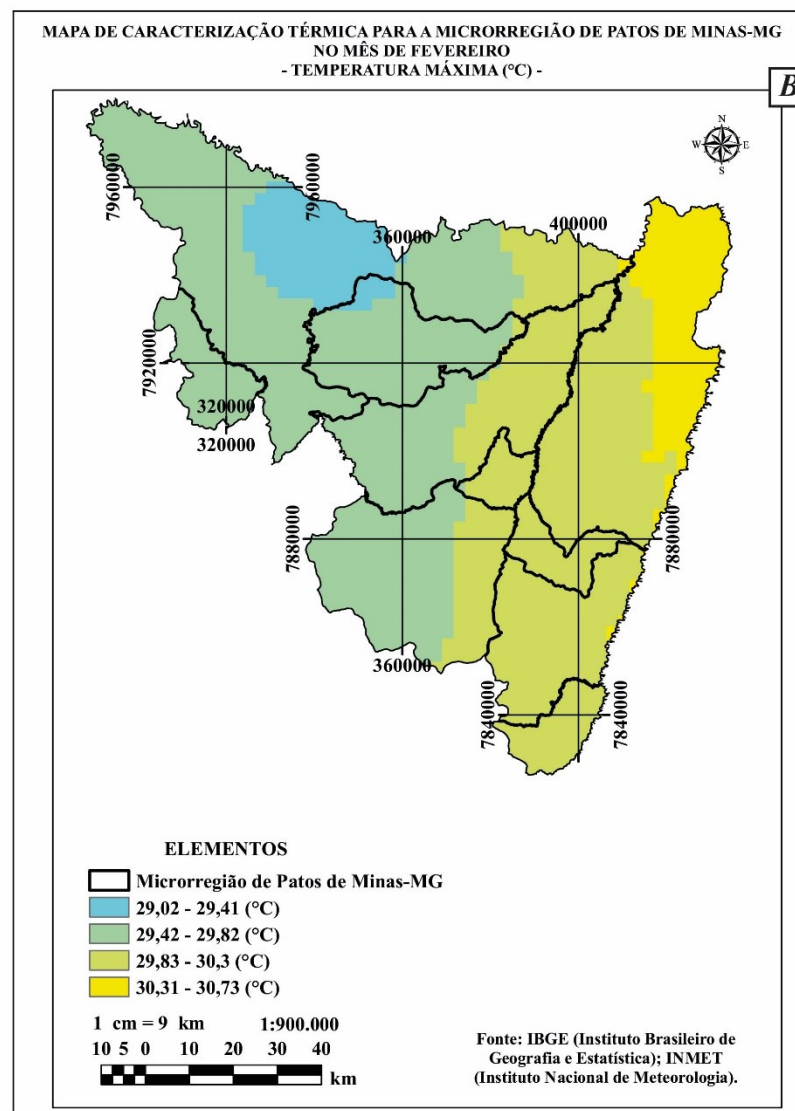
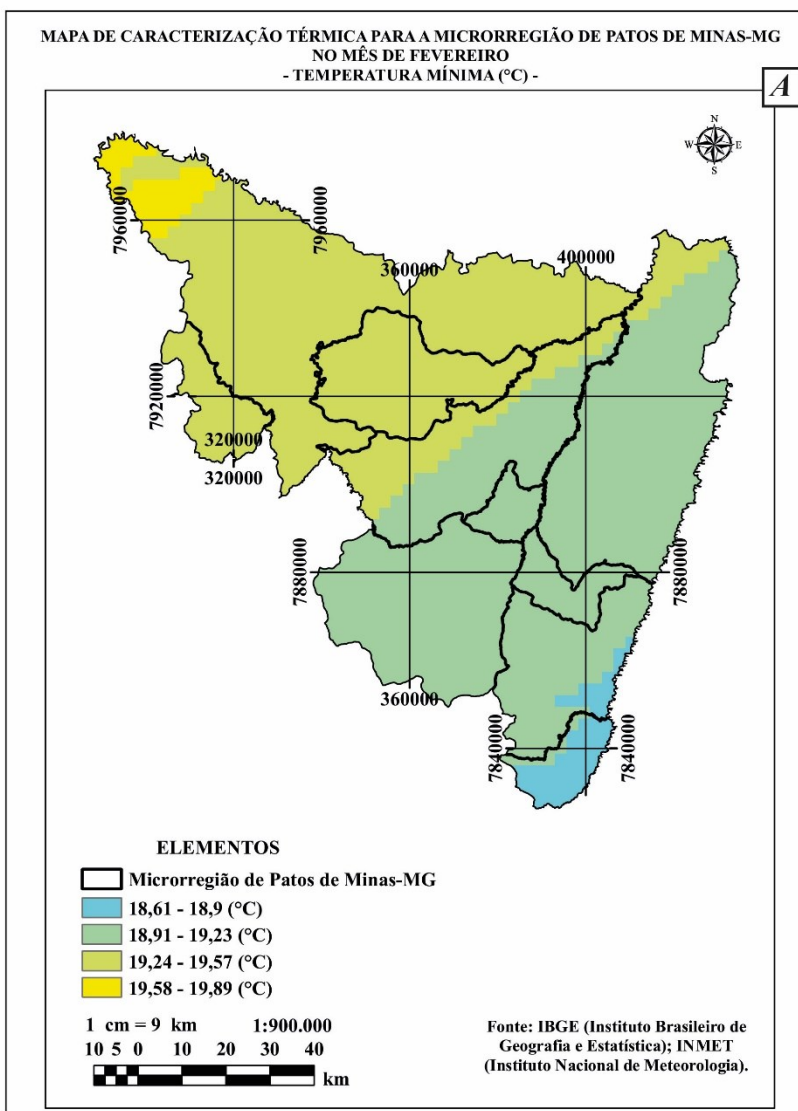


Figura 8 – Caracterização térmica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de fevereiro. A) Temperatura Mínima; B) Temperatura Máxima.

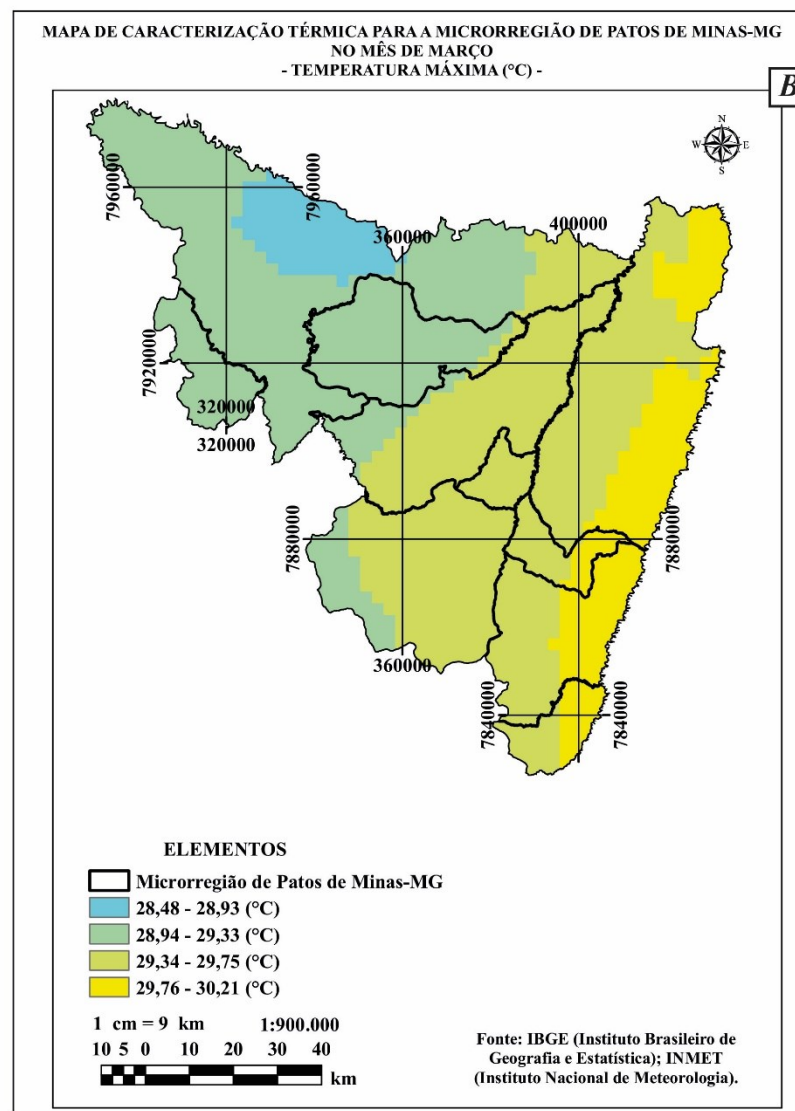
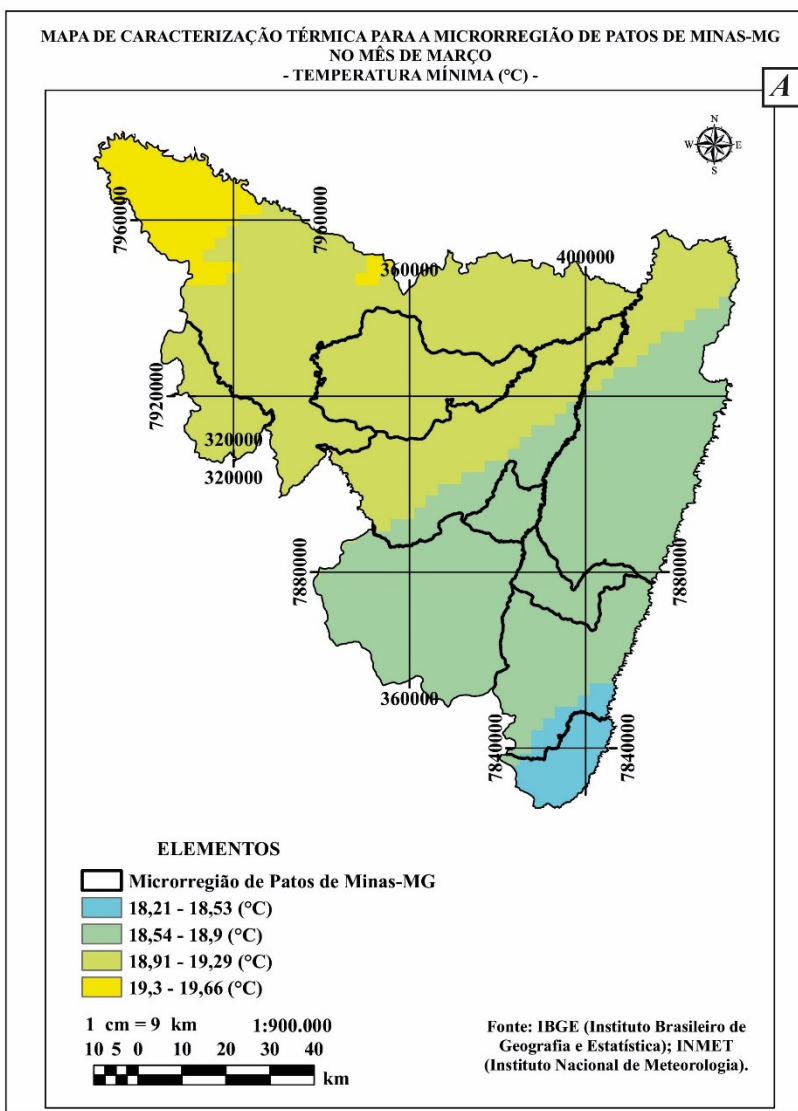


Figura 9 – Caracterização térmica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de março. A) Temperatura Mínima; B) Temperatura Máxima.

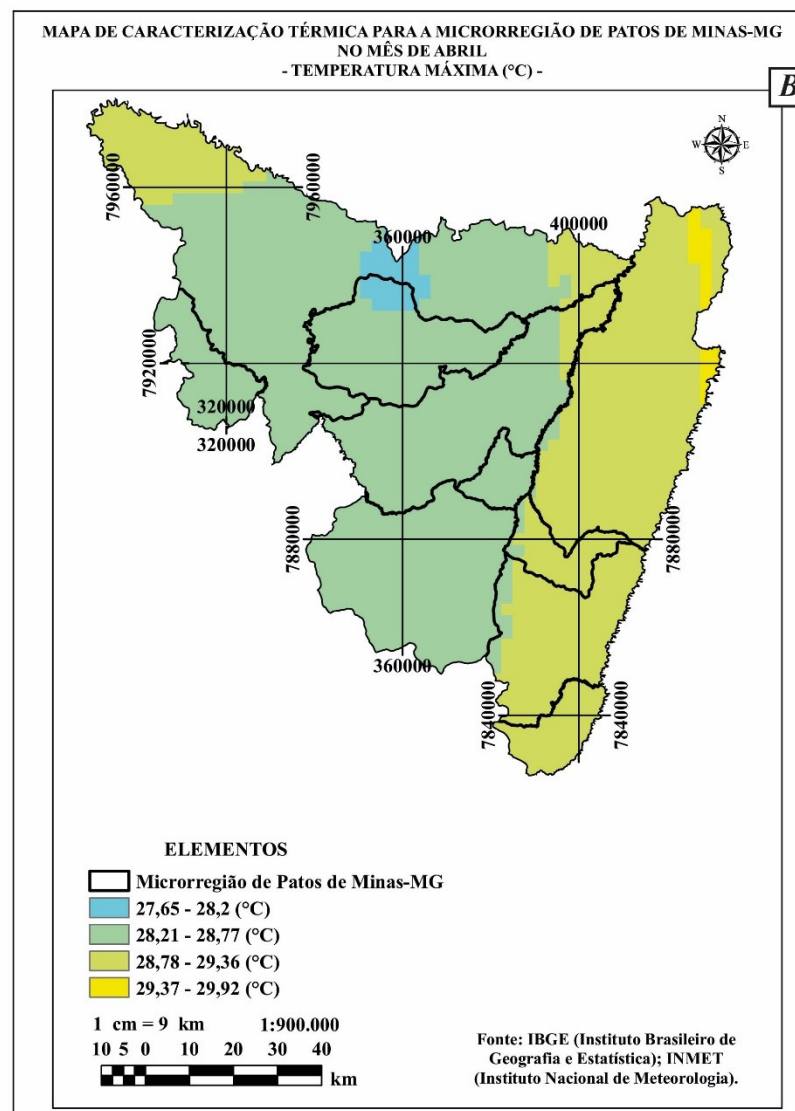
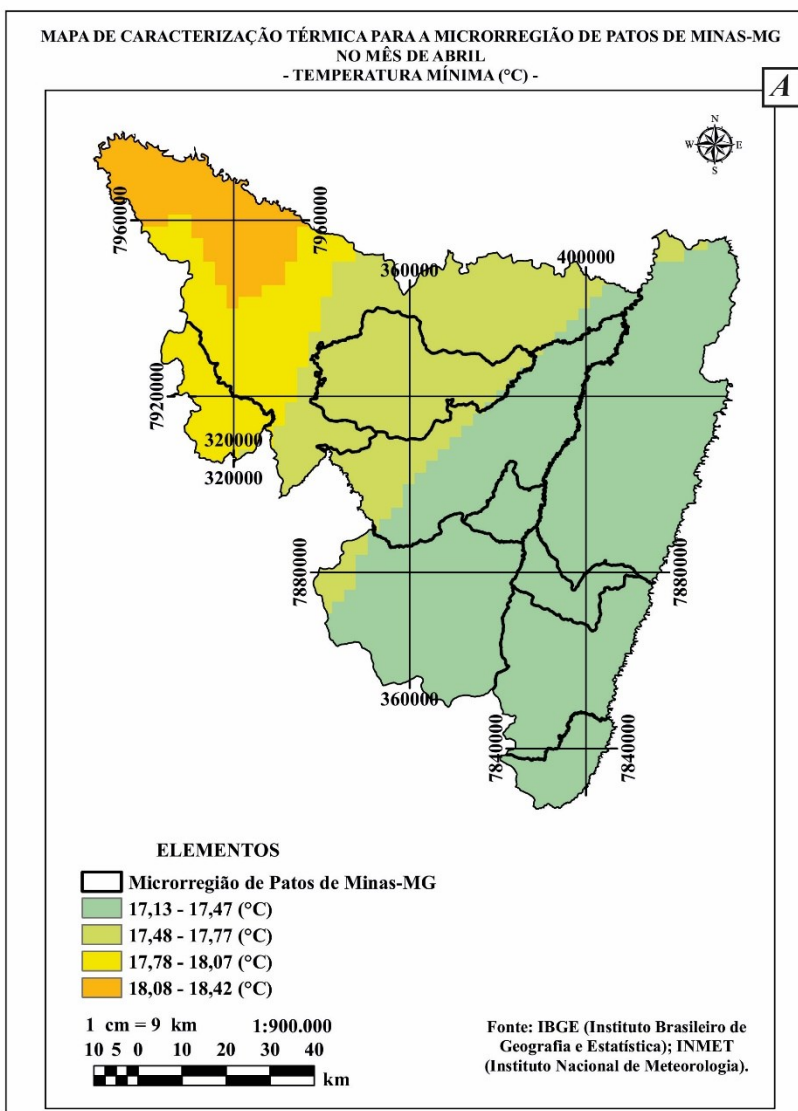


Figura 10 – Caracterização térmica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de abril. A) Temperatura Mínima; B) Temperatura Máxima.

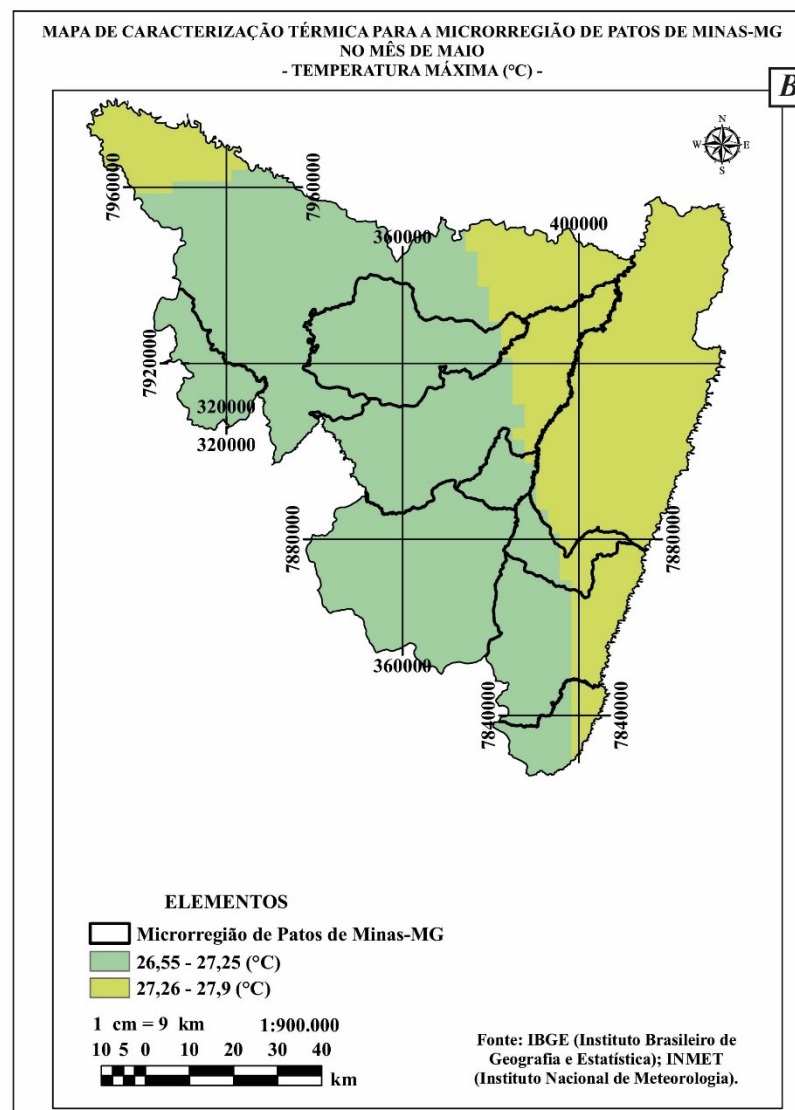
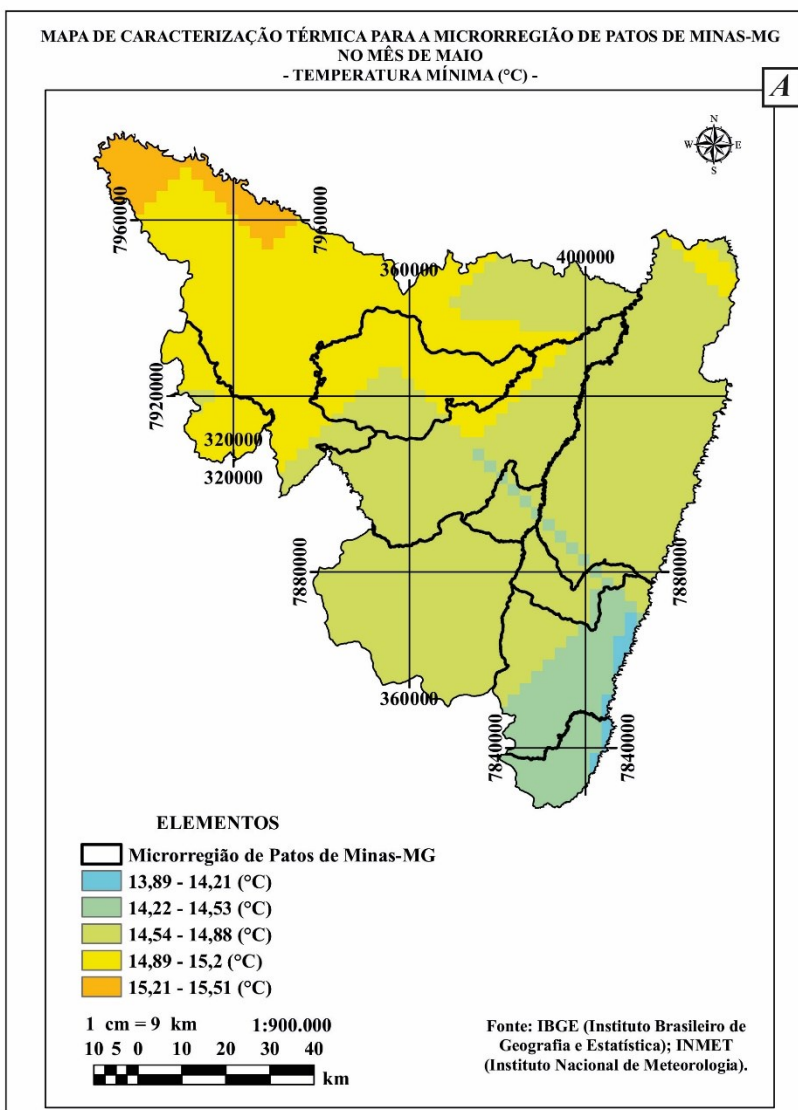


Figura 11 – Caracterização térmica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de maio. A) Temperatura Mínima; B) Temperatura Máxima.

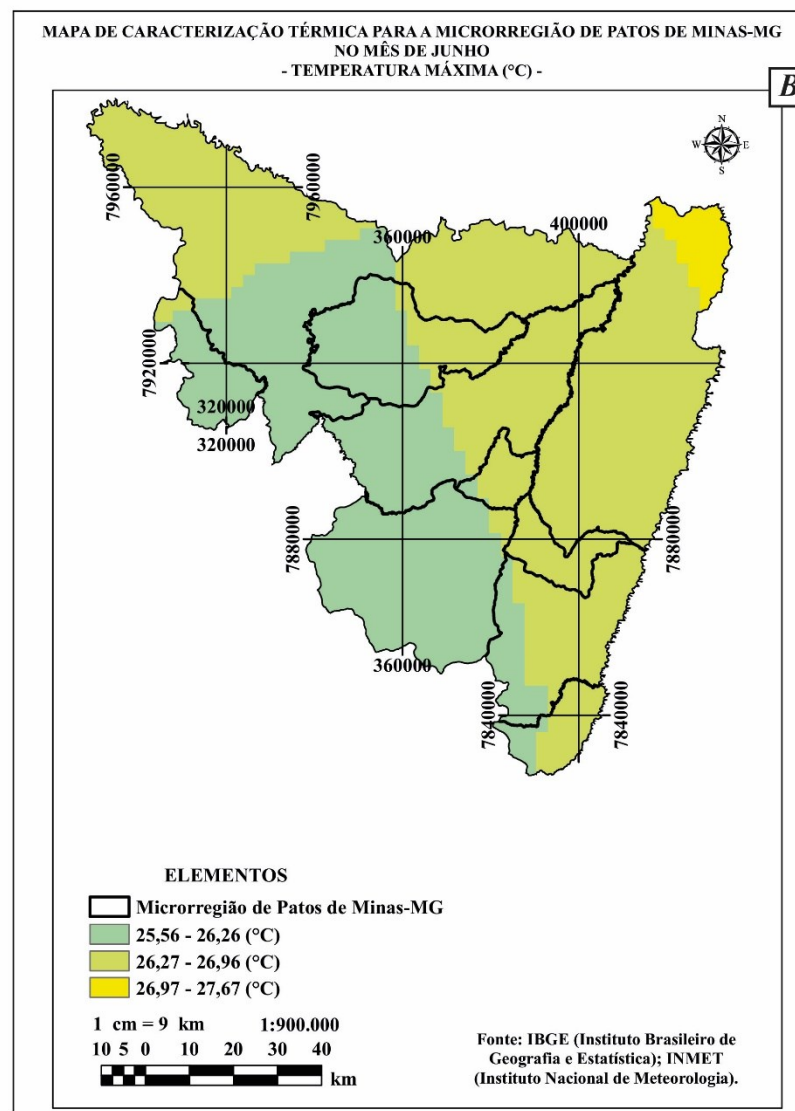
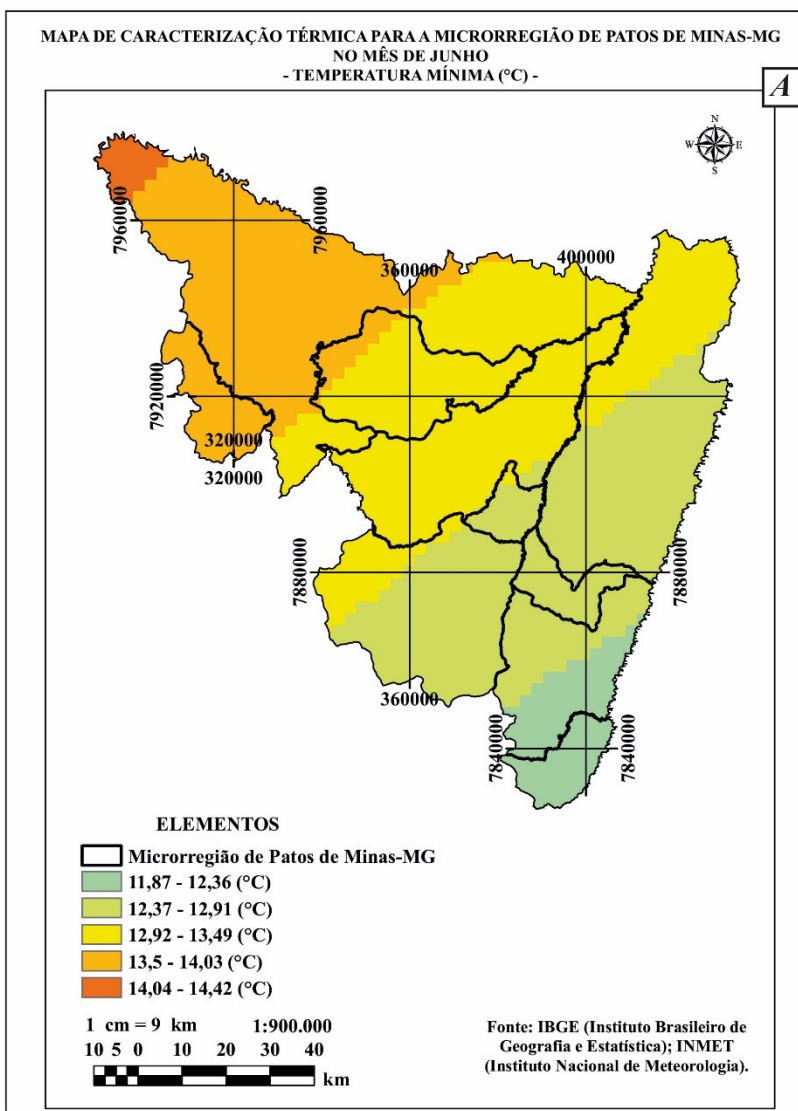


Figura 12 – Caracterização térmica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de junho. A) Temperatura Mínima; B) Temperatura Máxima.

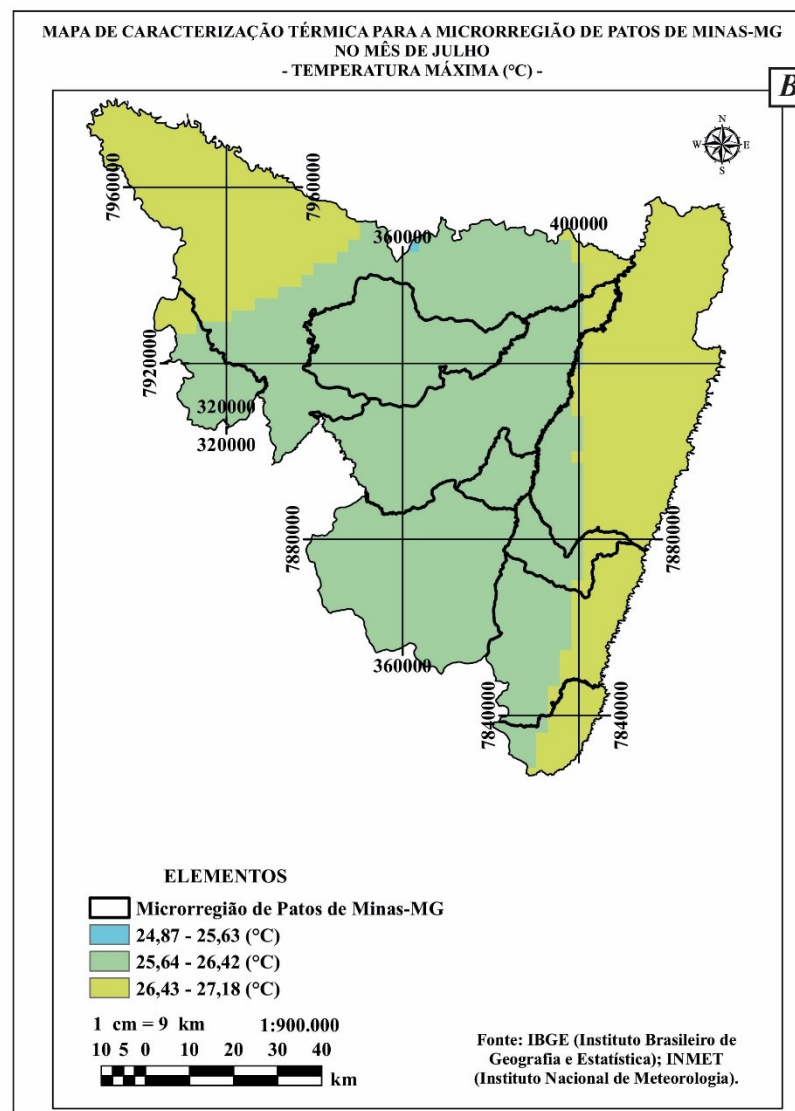
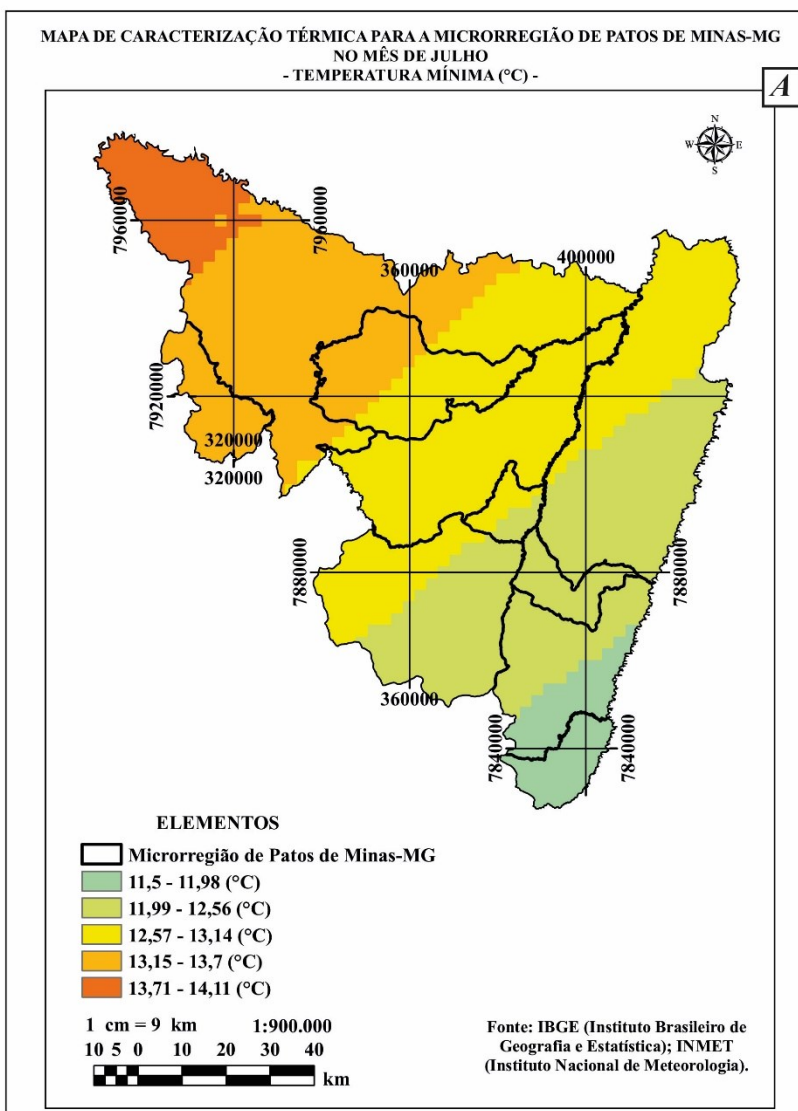


Figura 13 – Caracterização térmica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de julho. A) Temperatura Mínima; B) Temperatura Máxima.

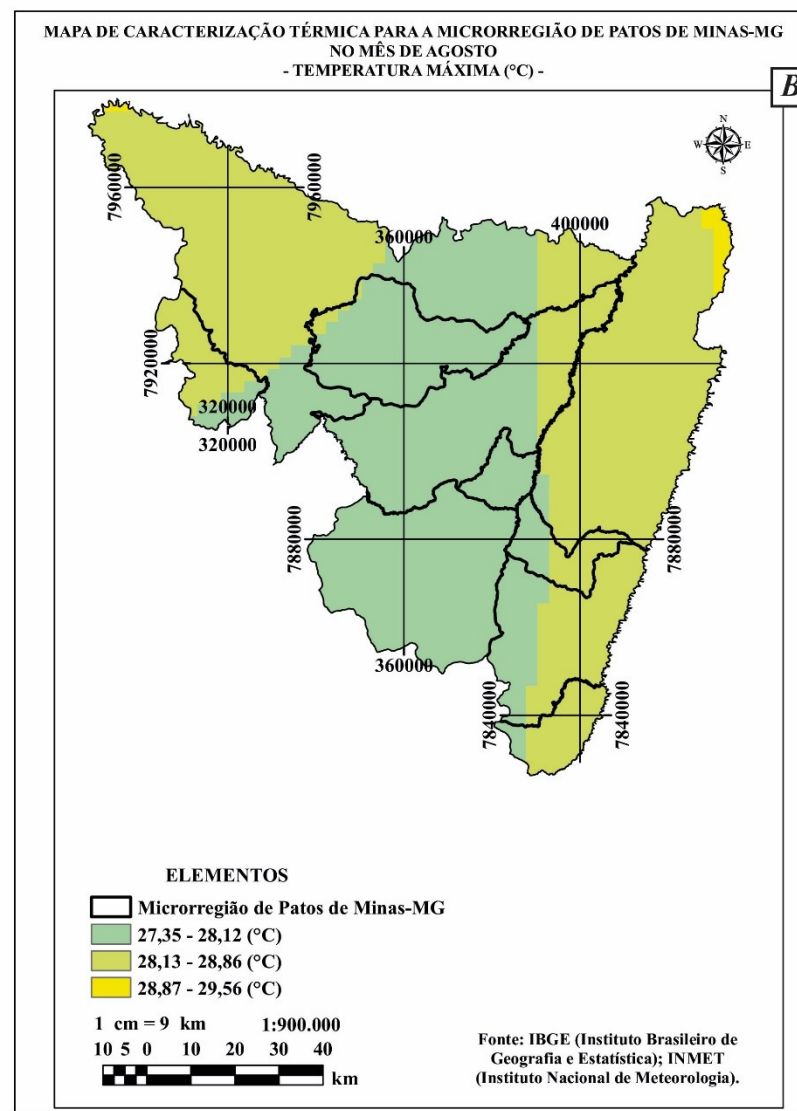
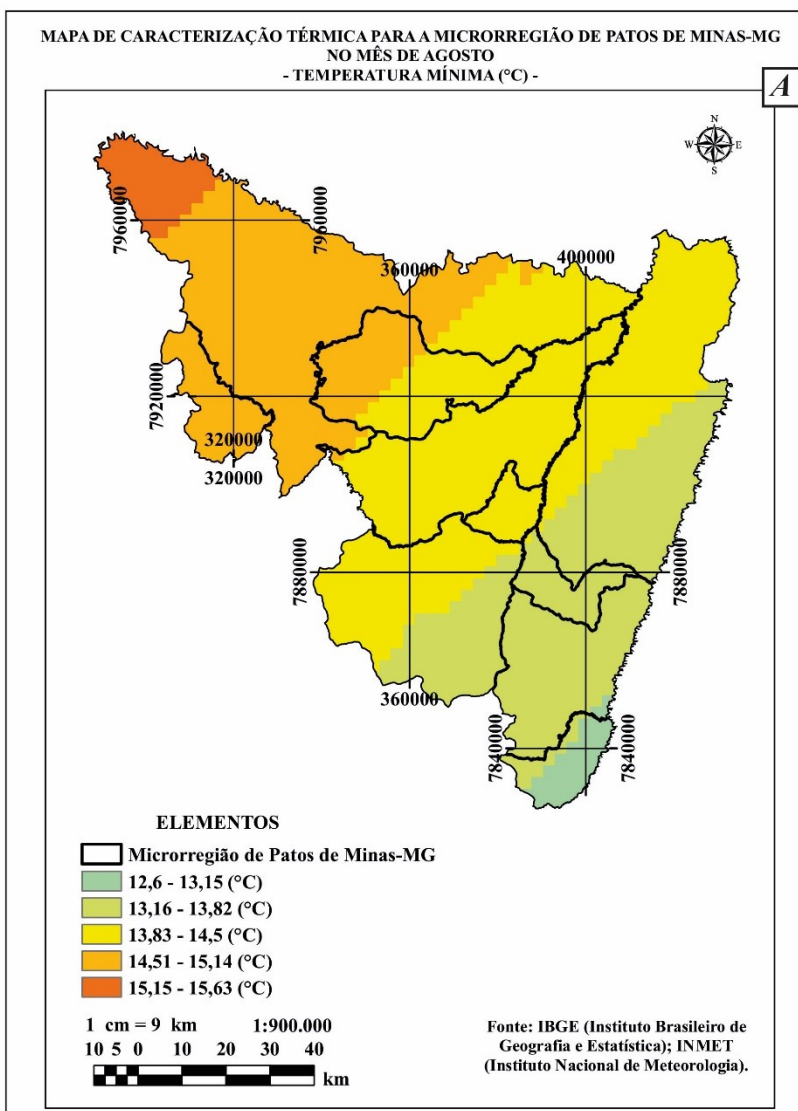


Figura 14 – Caracterização térmica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de agosto. A) Temperatura Mínima; B) Temperatura Máxima.

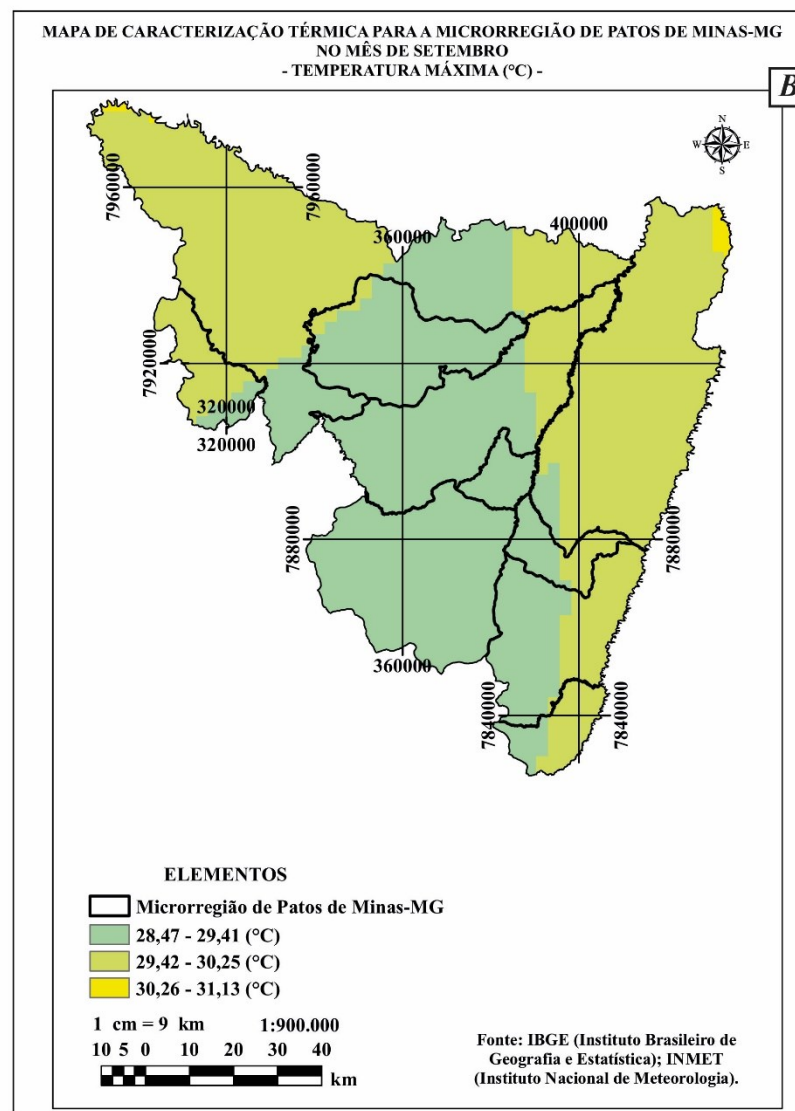
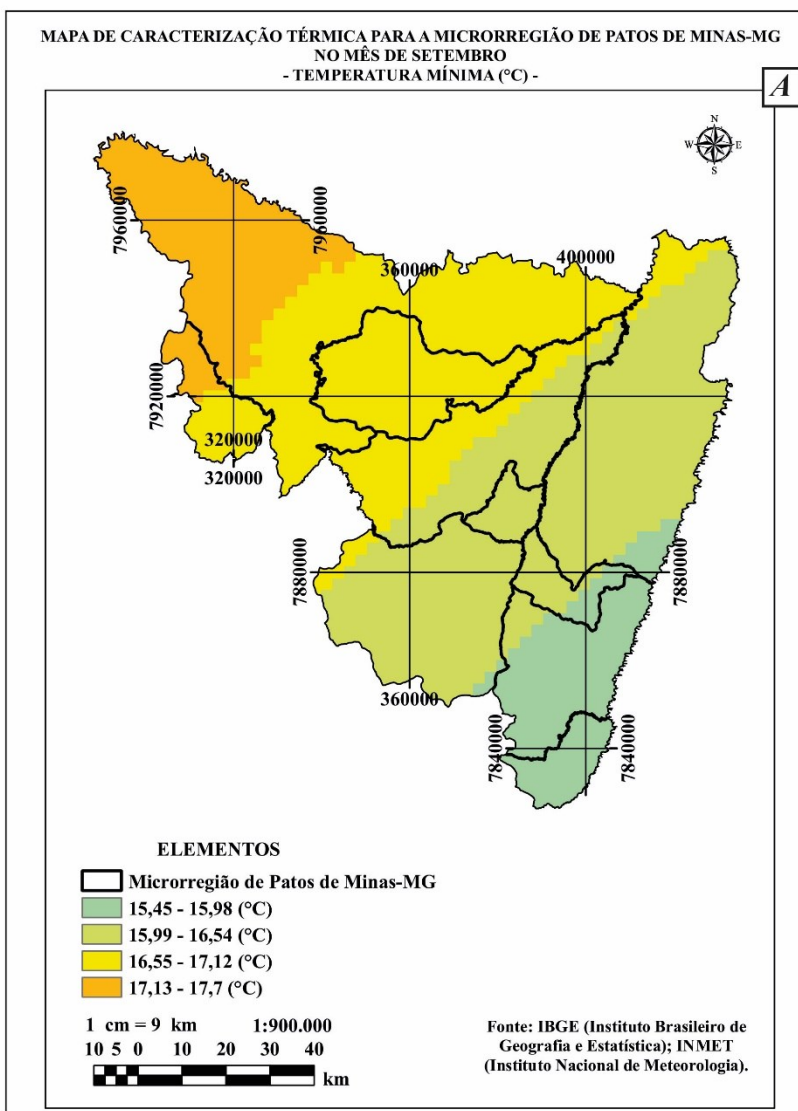


Figura 15 – Caracterização térmica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de setembro. A) Temperatura Mínima; B) Temperatura Máxima.

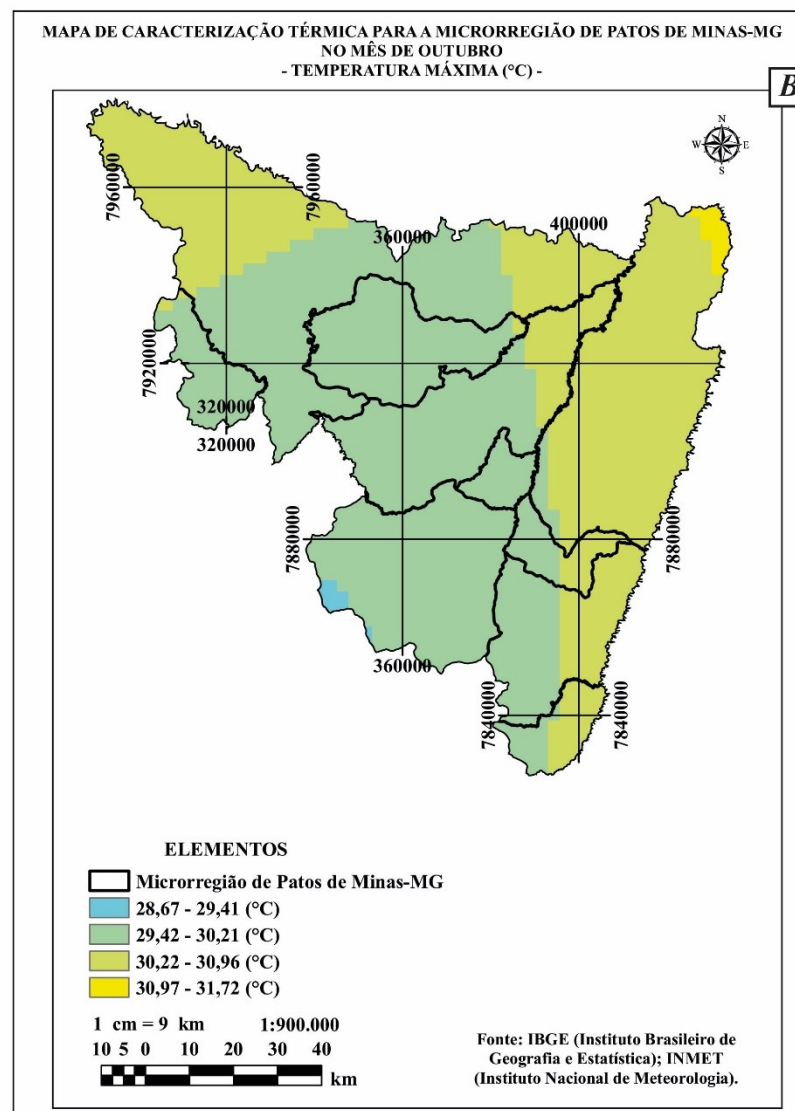
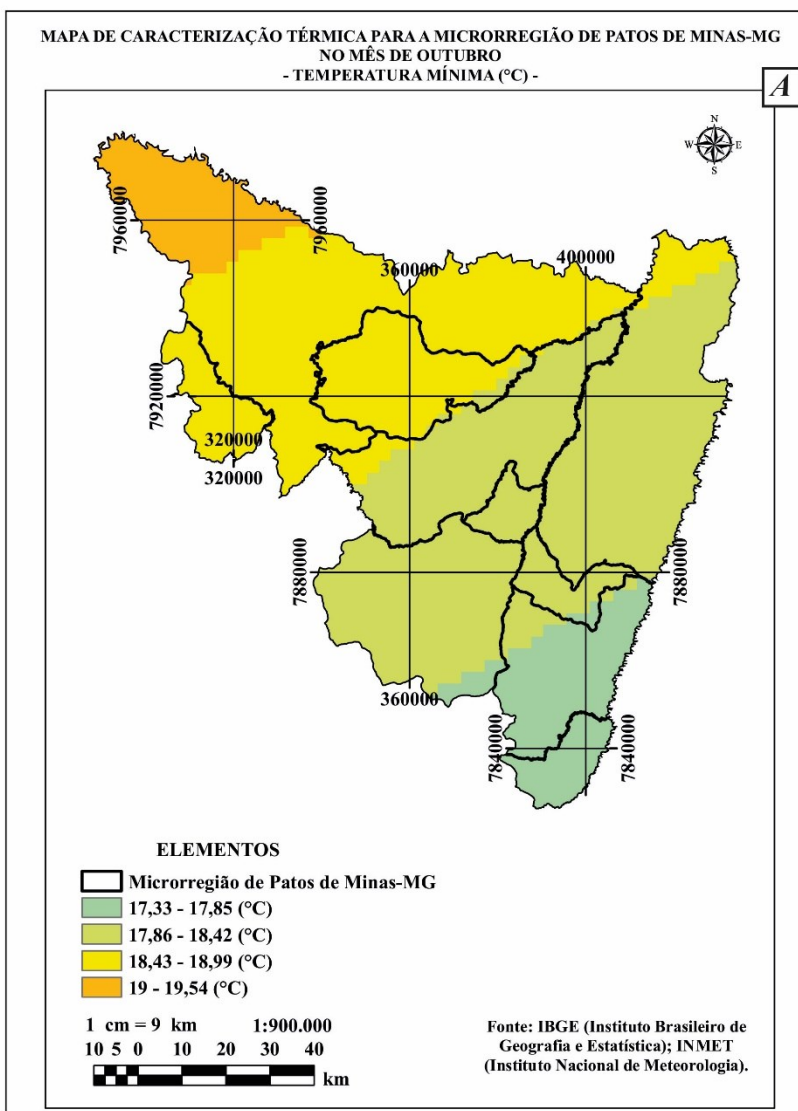


Figura 16 – Caracterização térmica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de outubro. A) Temperatura Mínima; B) Temperatura Máxima.

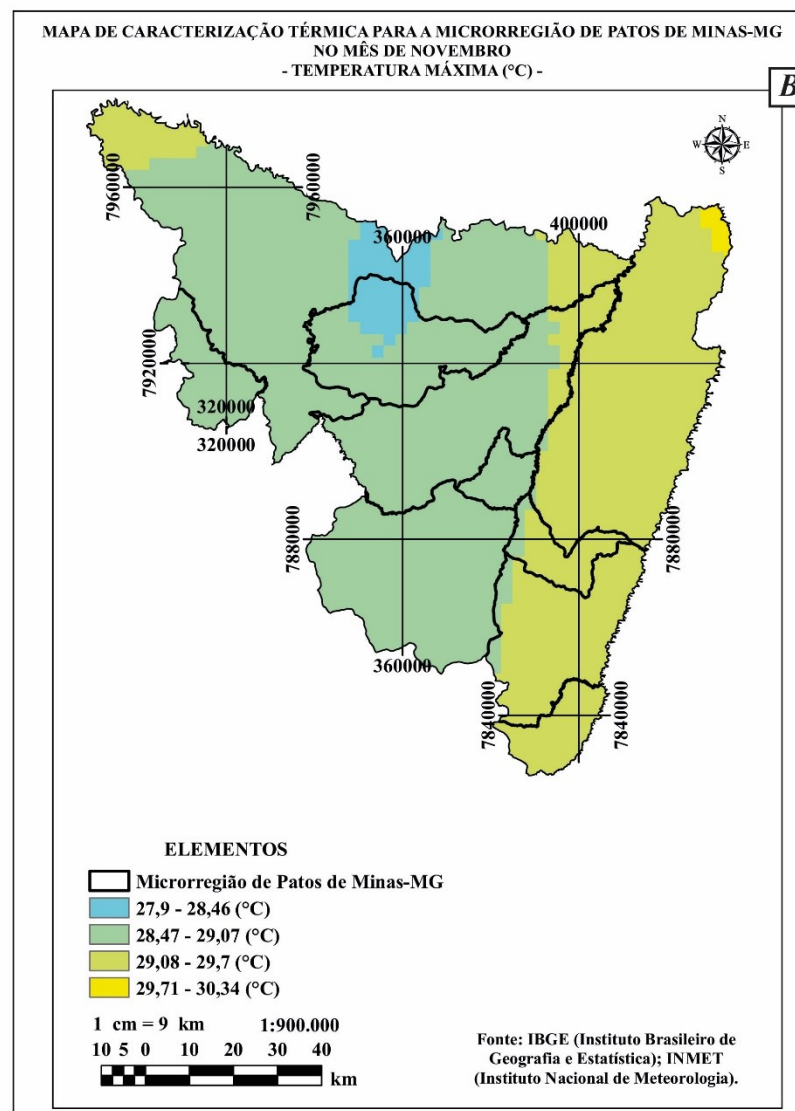
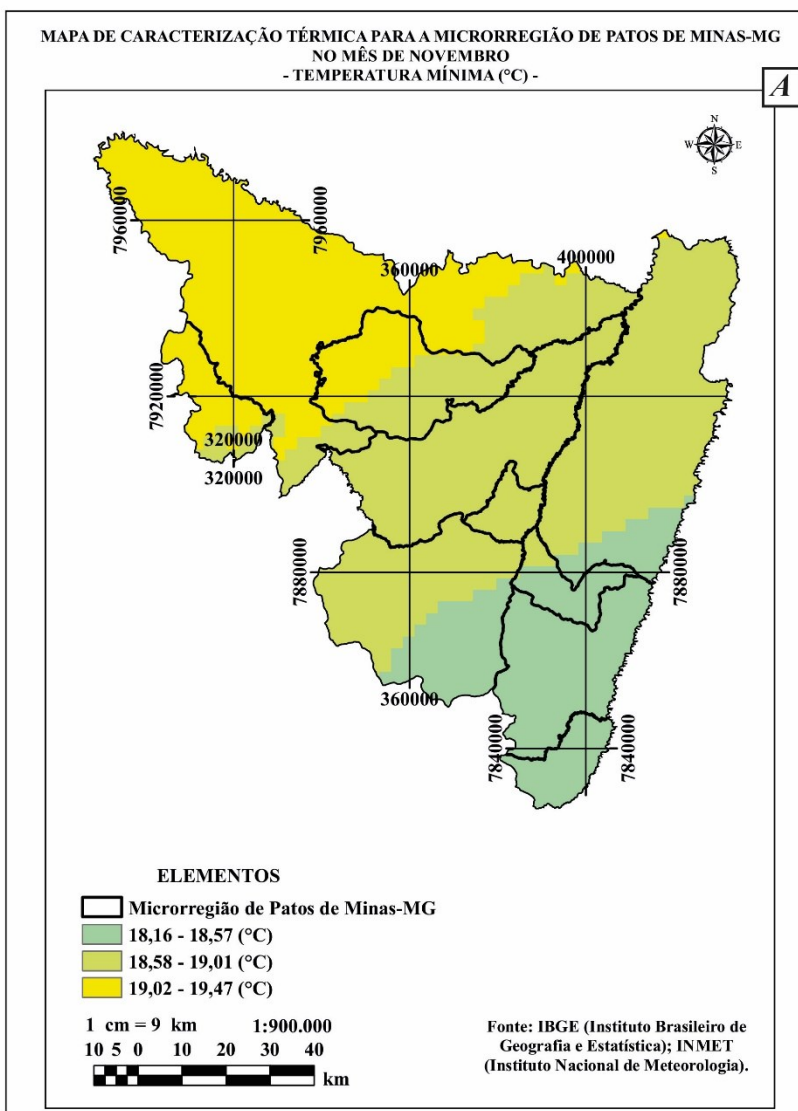


Figura 17 – Caracterização térmica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de novembro. A) Temperatura Mínima; B) Temperatura Máxima.

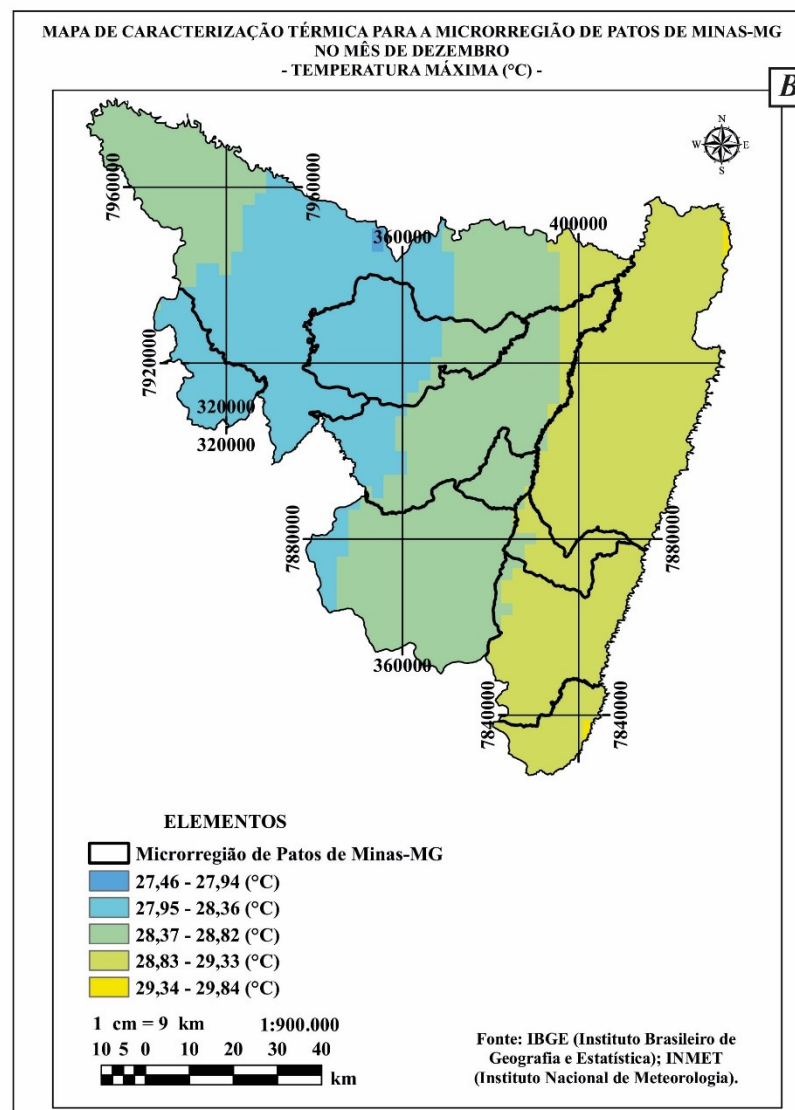
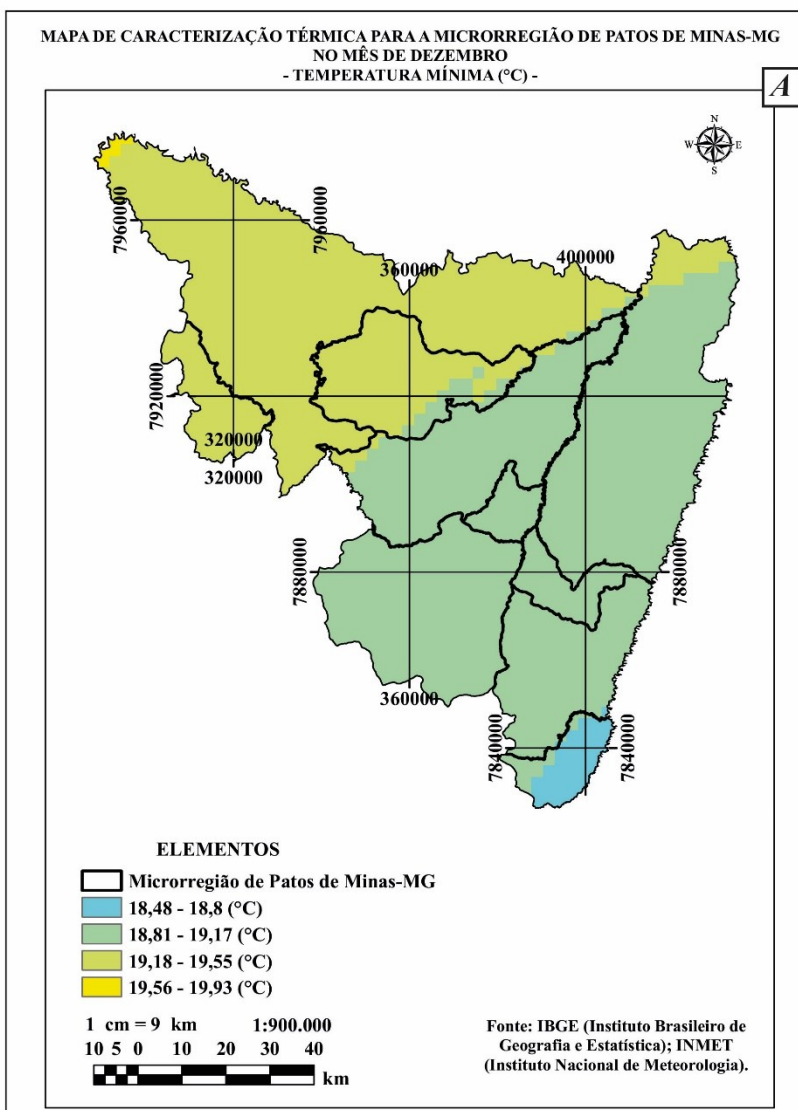


Figura 18 – Caracterização térmica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de dezembro. A) Temperatura Mínima; B) Temperatura Máxima.

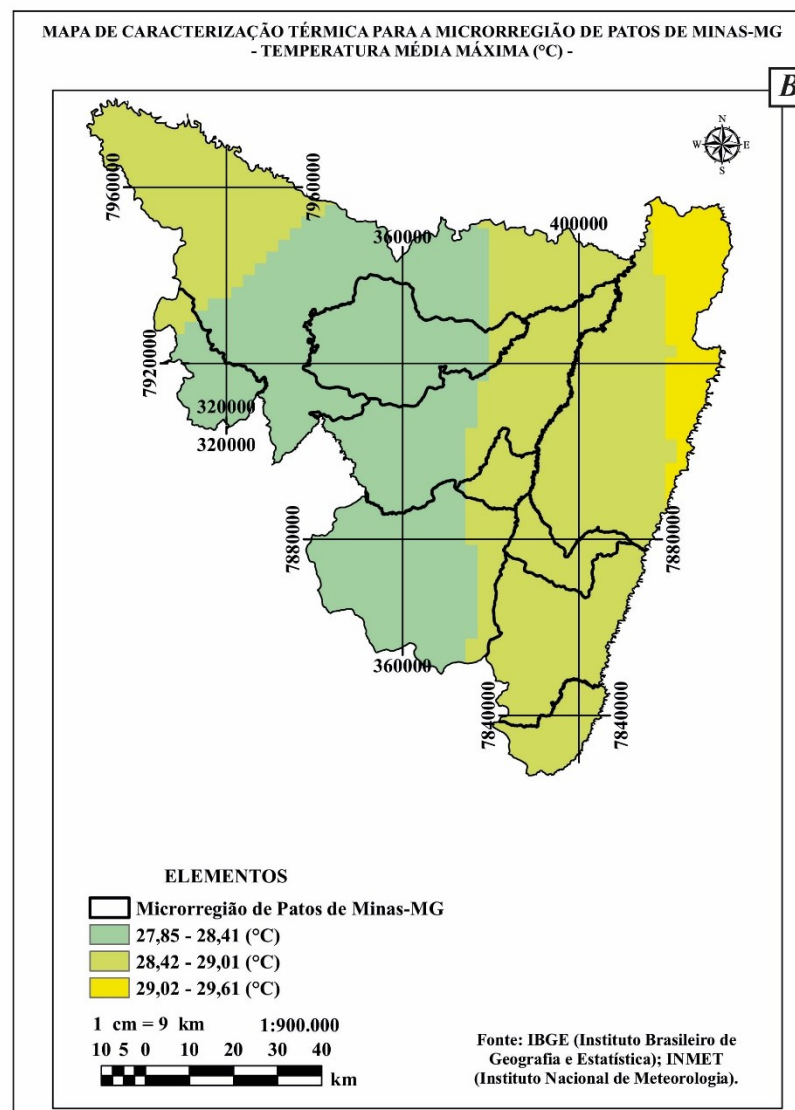
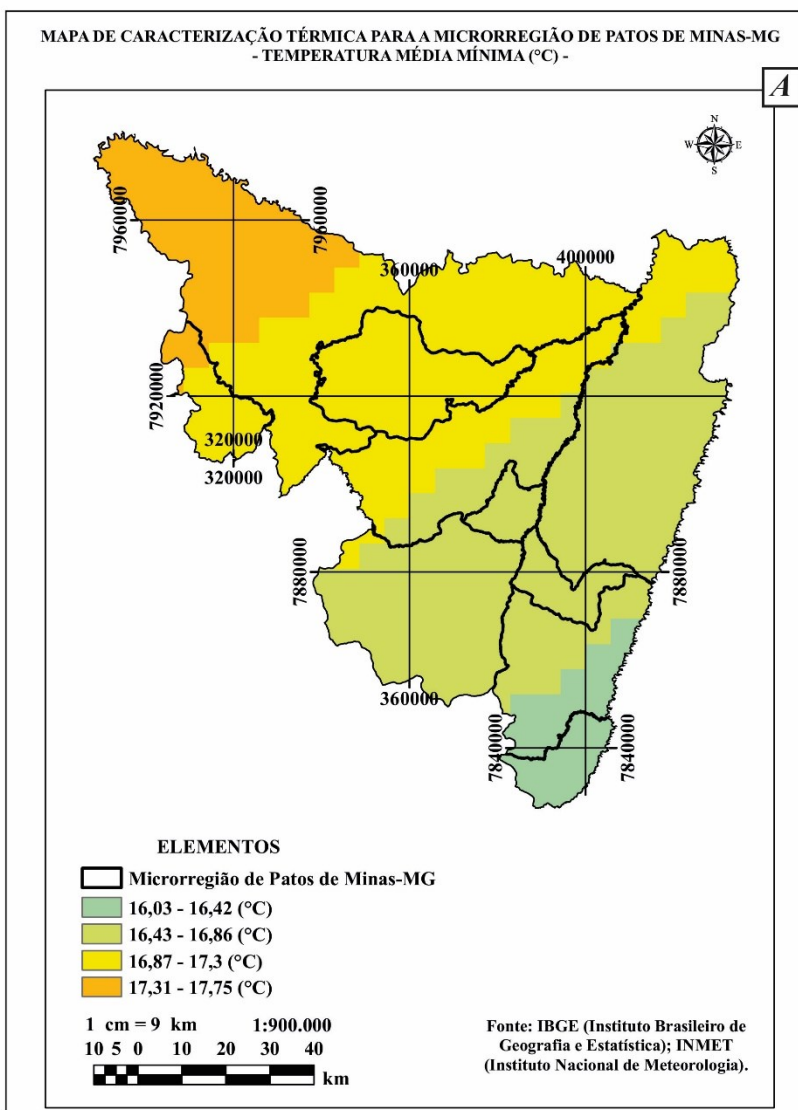


Figura 19 – Caracterização das temperaturas médias mínimas e máximas da microrregião de Patos de Minas-MG. A) Temperatura Média Mínima; B) Temperatura Média Máxima.

A distribuição de precipitação acumulada (mm) e a evapotranspiração potencial (mm) na área de estudo durante o ano é caracterizada com estações chuvosa e seca bem definidas, ou seja, dos meses de outubro a março e de abril a setembro, respectivamente.

Seguindo a mesma análise realizada para as temperaturas, notou-se que os meses de maiores precipitações acumuladas (mm) e evapotranspiração potencial (mm), foram os meses de outubro a março, demonstrando o efeito direto da temperatura e umidade entre as duas variáveis, visto que os meses de maiores temperaturas também são os meses de maiores índices pluviométricos e consequentemente, evapotranspirativos também, conforme observado pelas imagens das Figura 20 até a Figura 31 e pelas Tabela 9, Tabela 10 e Tabela 11.

Através da análise espacial e visual da distribuição das variáveis precipitação acumulada (mm) e evapotranspiração potencial (mm), é possível realizar o balanço hídrico simples, considerando os dados de *input* e *output* para avaliação dos meses com excedente ou déficit hídrico estimado para produção agrícola. Constatou-se que entre meses de abril a outubro (estação seca) apresentou déficit hídrico em toda a área de estudo e que entre os meses de novembro a março (estação chuvosa), apresentou excedente hídrico, conforme já apresentado pela Tabela 12.

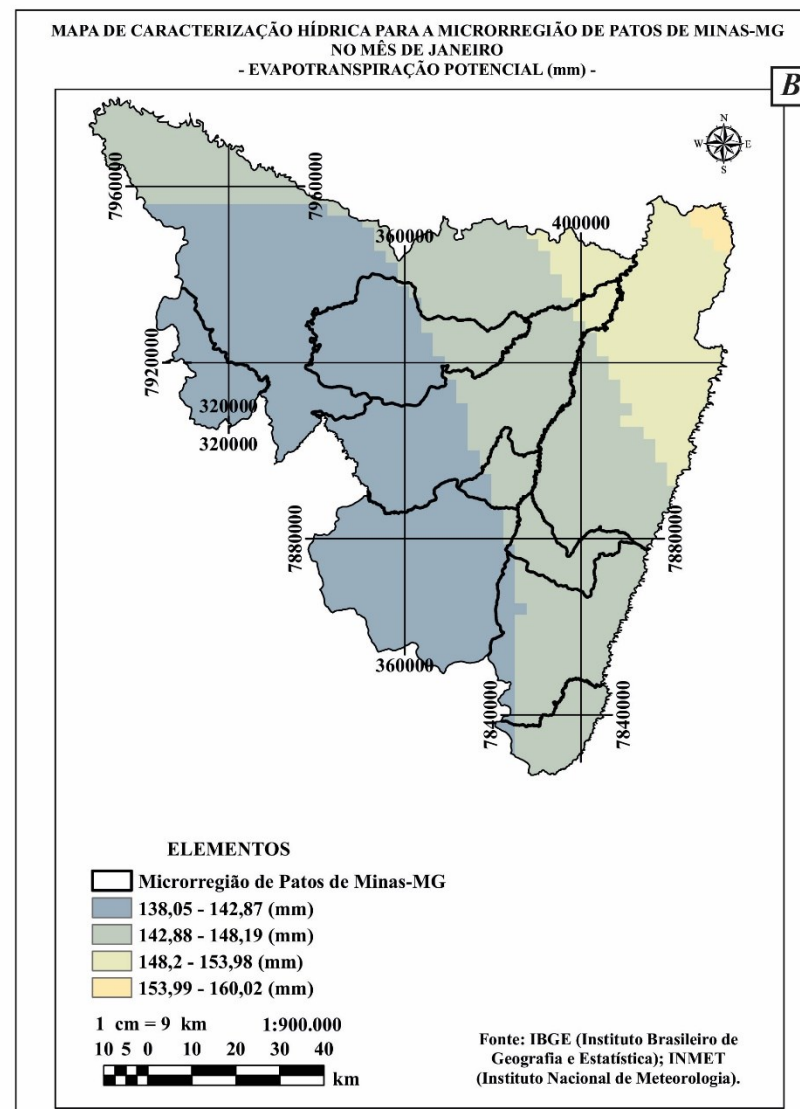
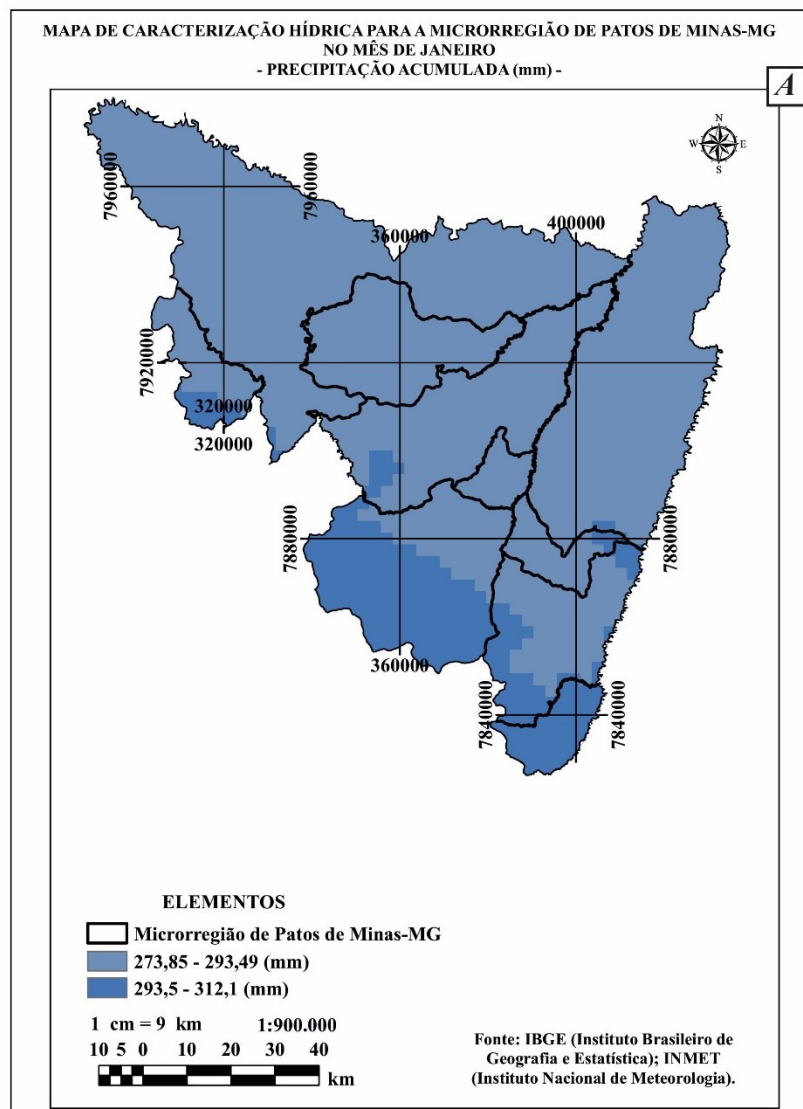


Figura 20 – Caracterização hídrica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de janeiro. A) Precipitação Acumulada (mm); B) Evapotranspiração Potencial (mm).

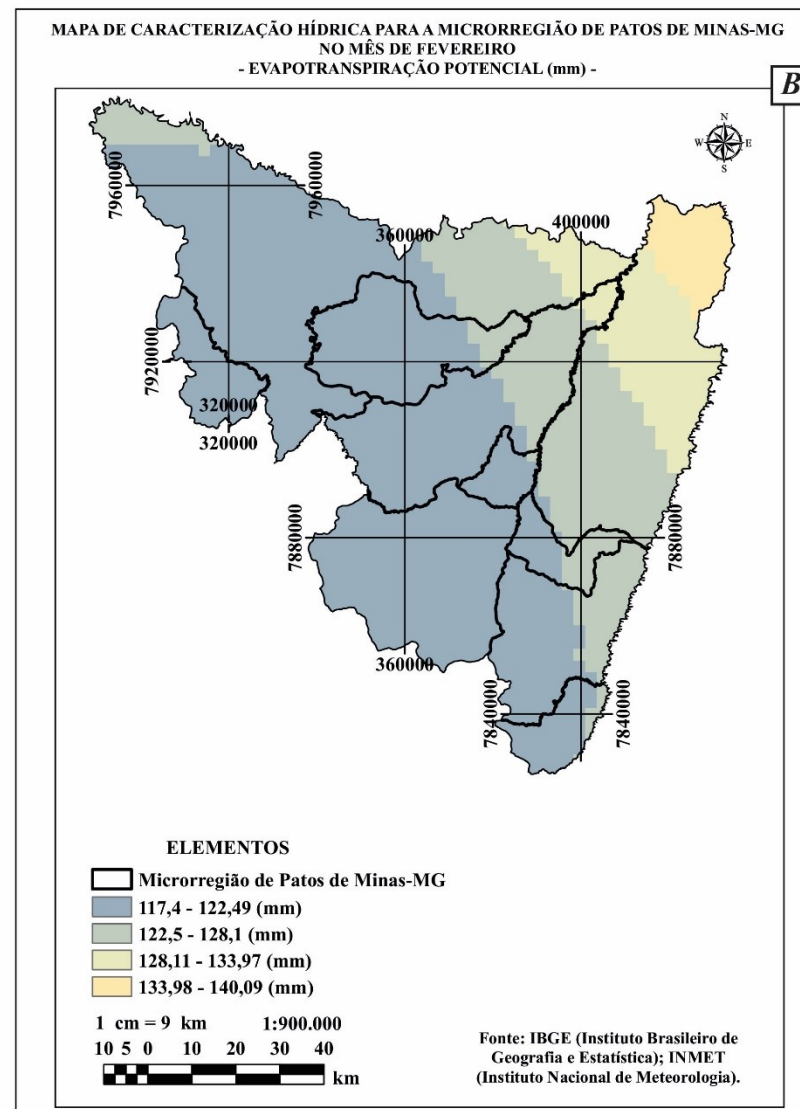
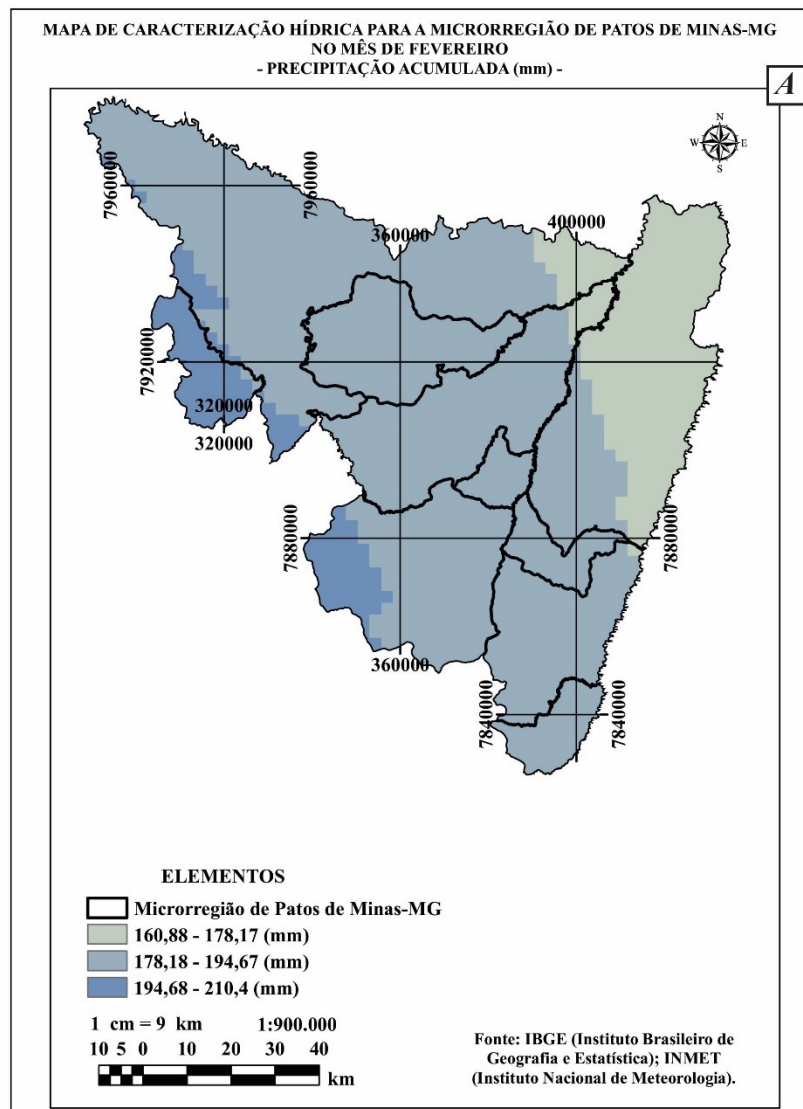


Figura 21 – Caracterização hídrica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de fevereiro. A) Precipitação Acumulada (mm); B) Evapotranspiração Potencial (mm).

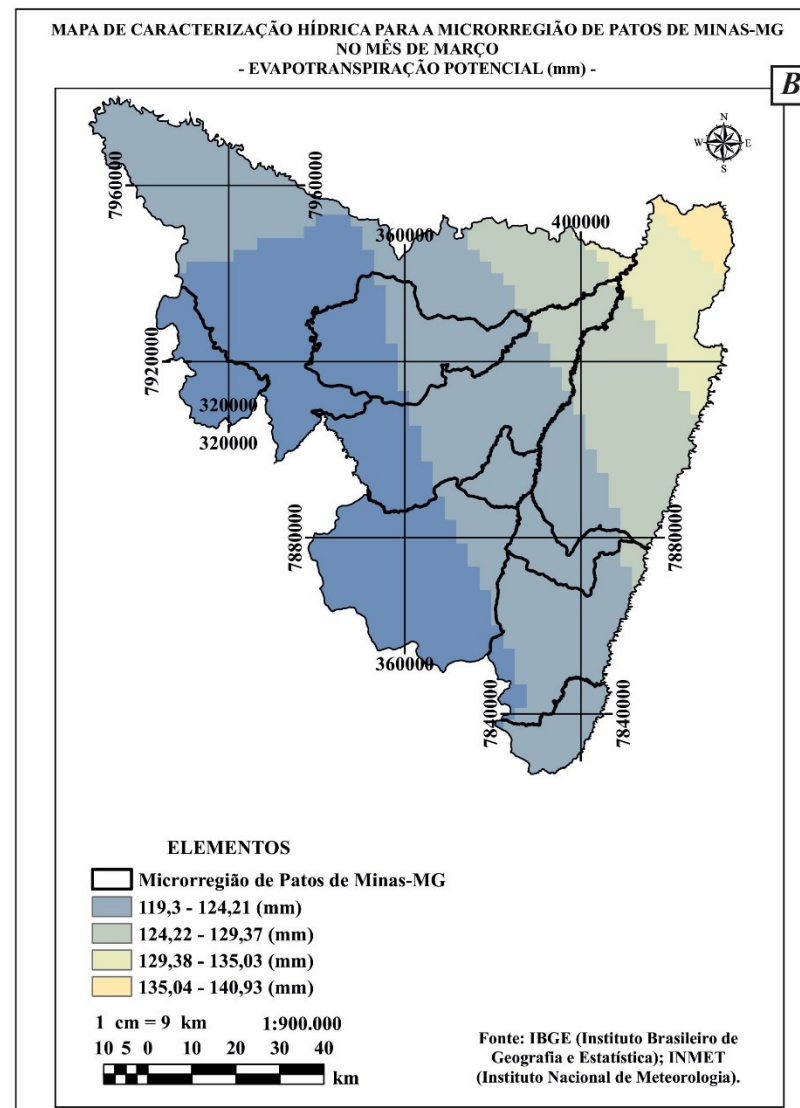
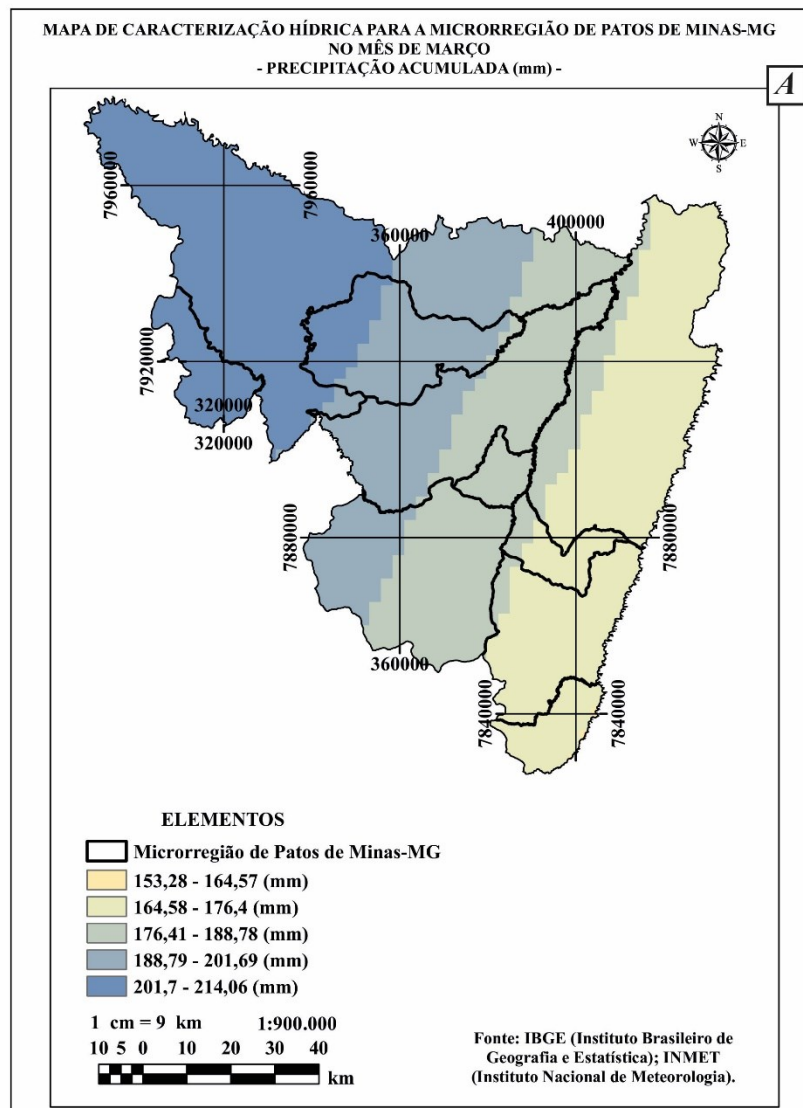


Figura 22 – Caracterização hídrica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de março. A) Precipitação Acumulada (mm); B) Evapotranspiração Potencial (mm).

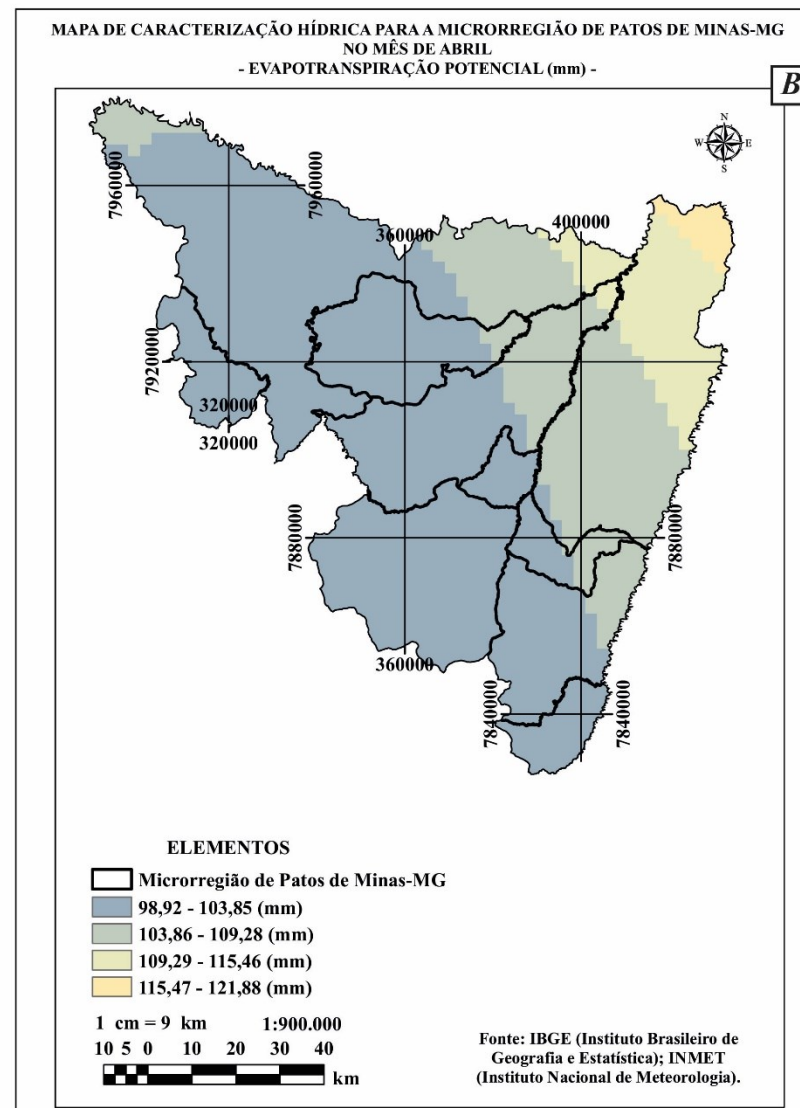
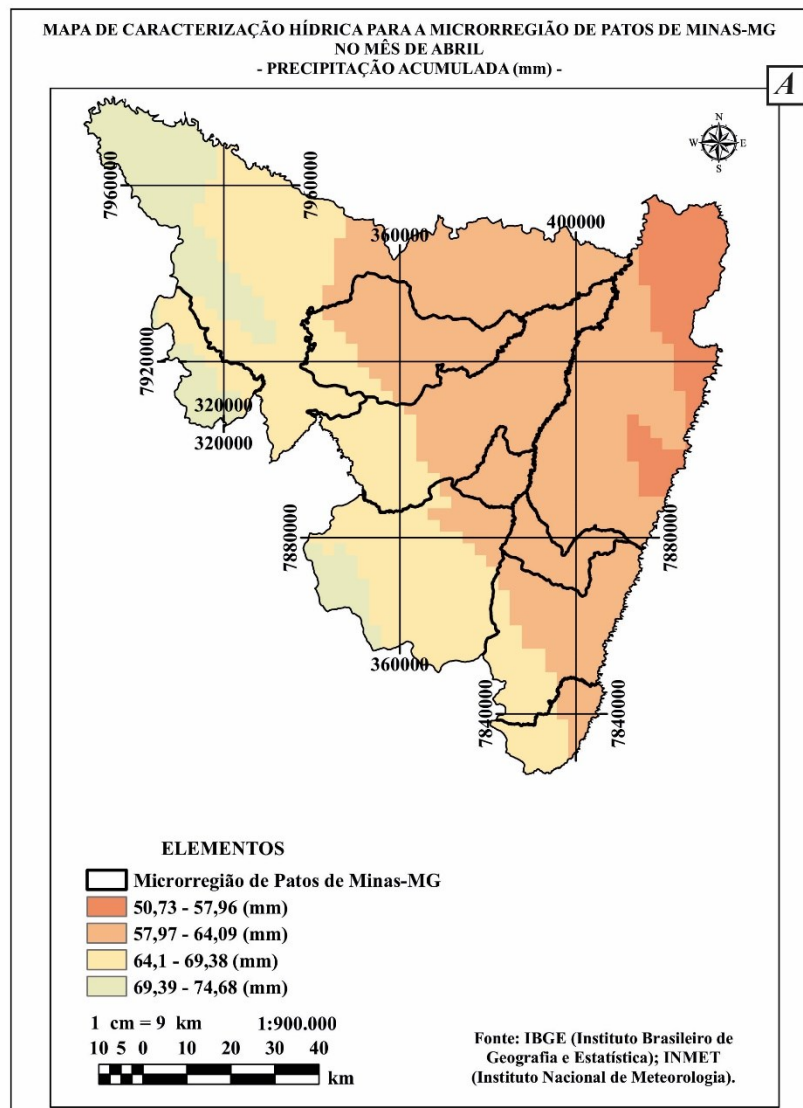


Figura 23 – Caracterização hídrica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de abril. A) Precipitação Acumulada (mm); B) Evapotranspiração Potencial (mm).

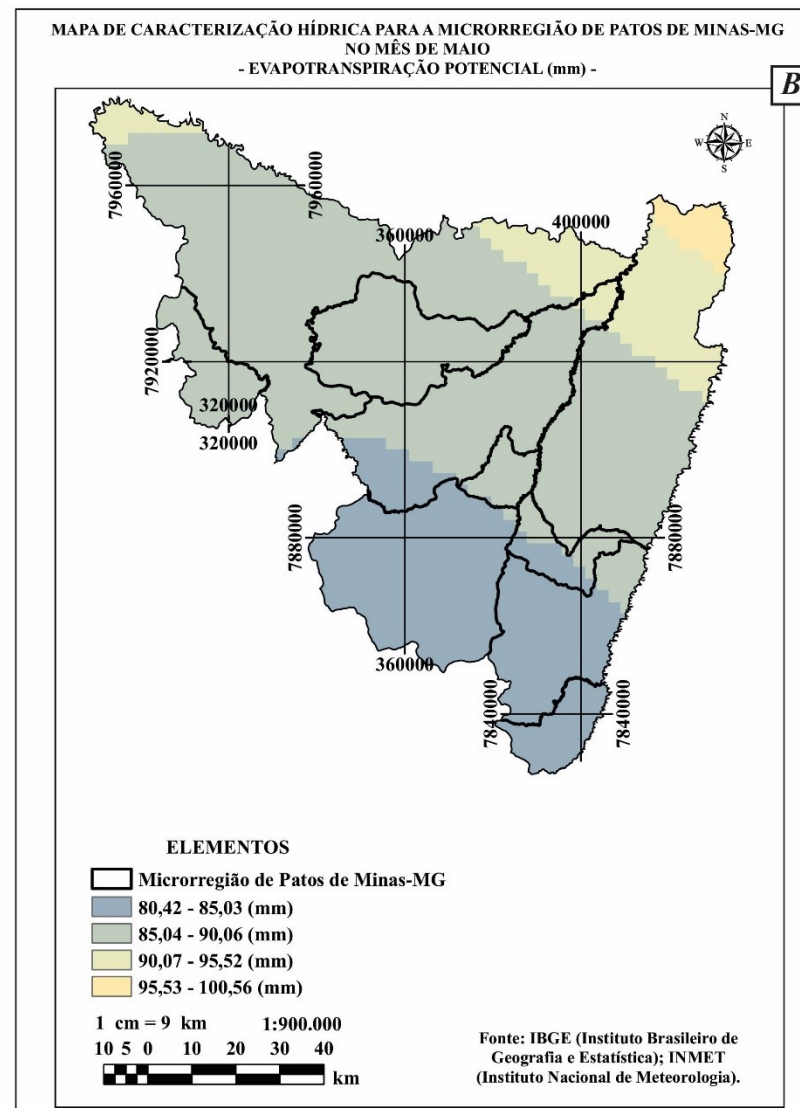
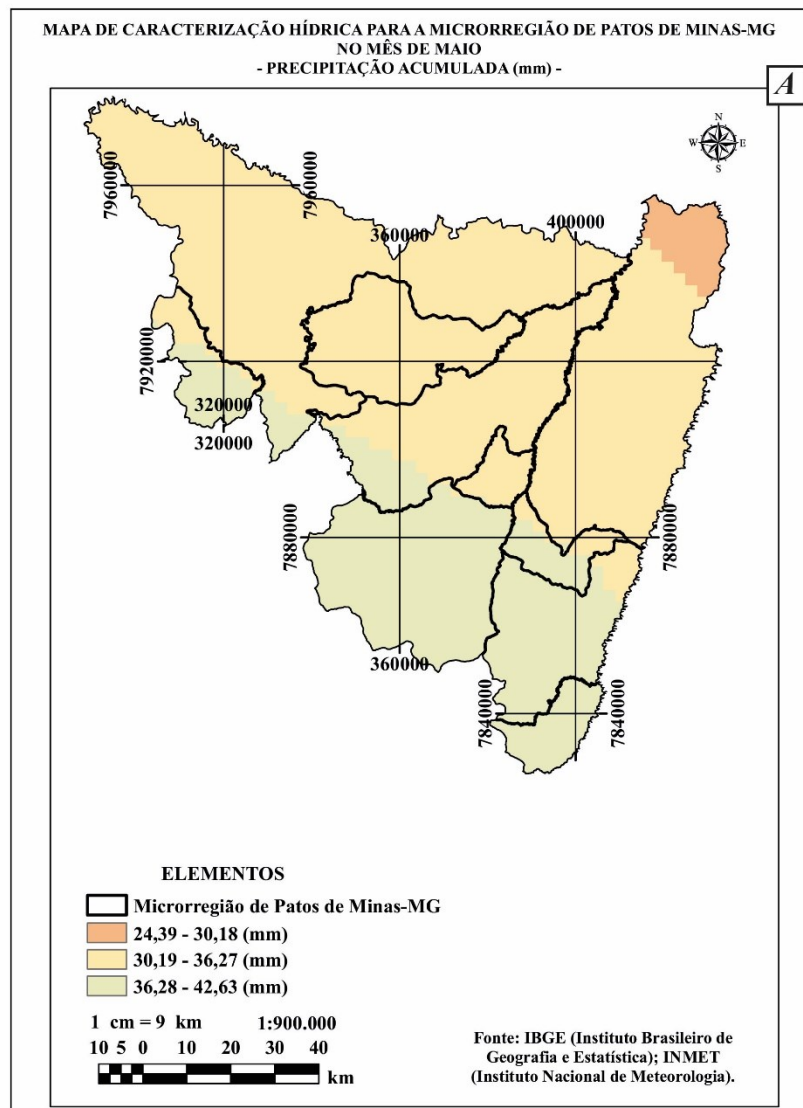


Figura 24 – Caracterização hídrica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de maio. A) Precipitação Acumulada (mm); B) Evapotranspiração Potencial (mm).

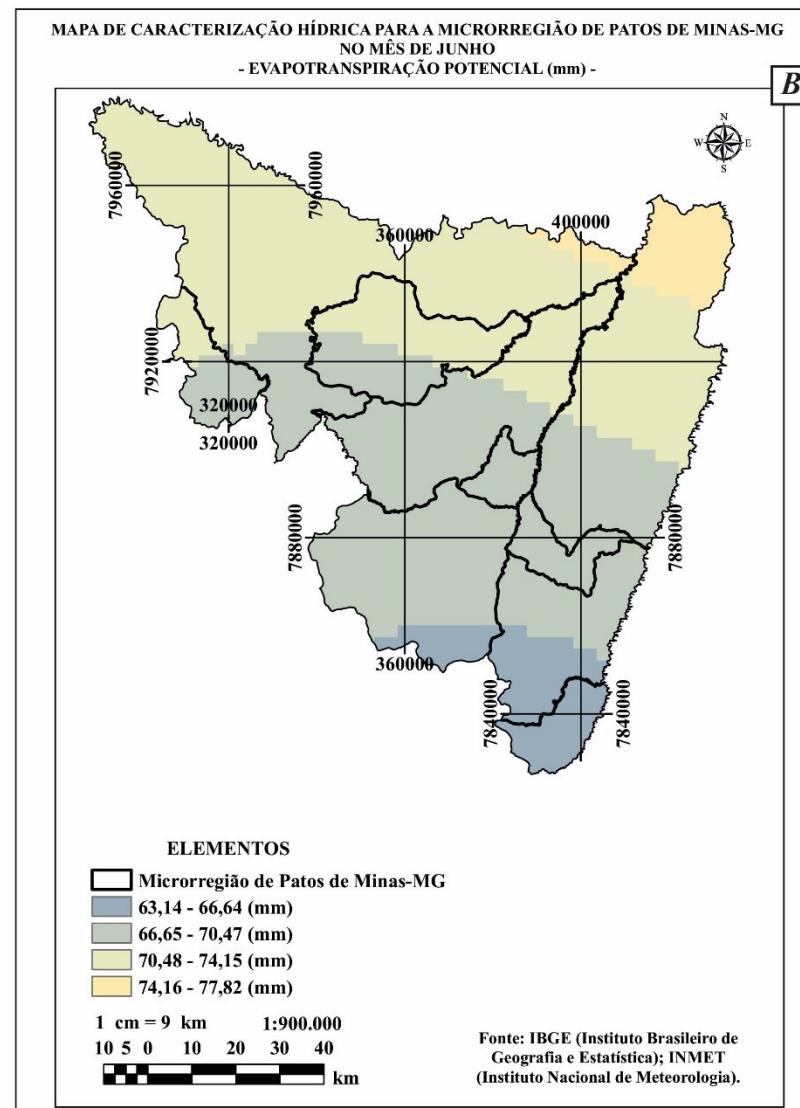
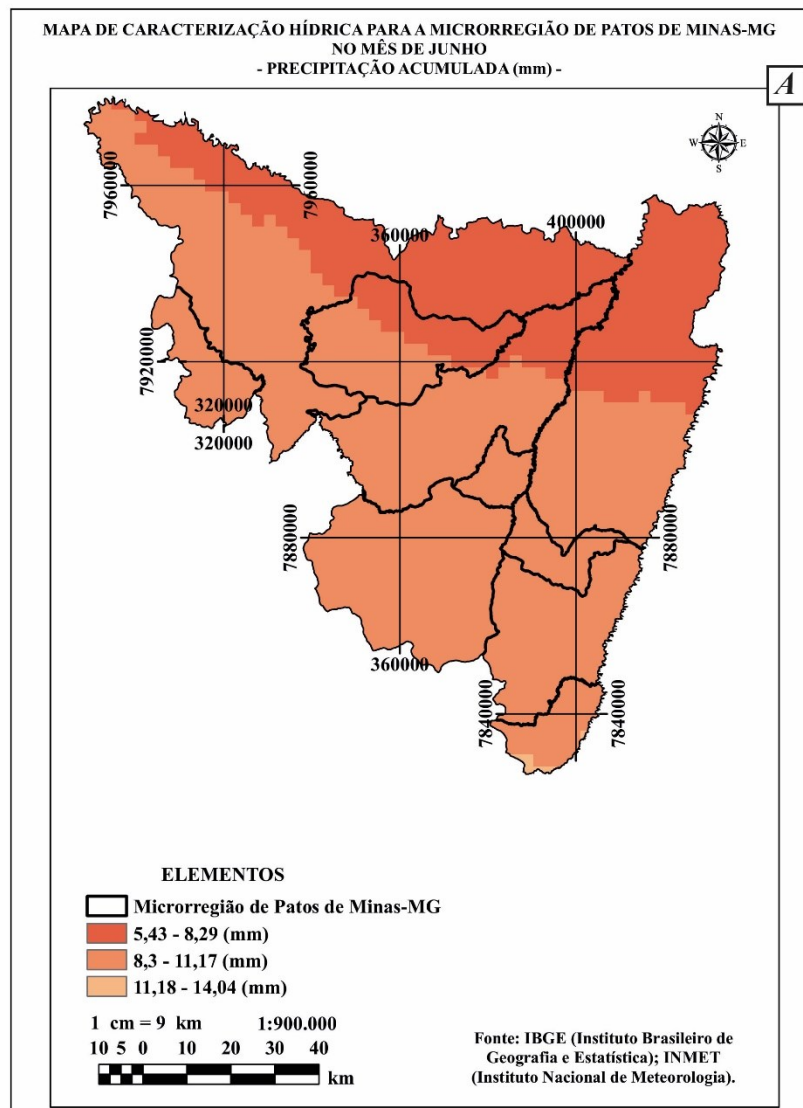


Figura 25 – Caracterização hídrica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de junho. A) Precipitação Acumulada (mm); B) Evapotranspiração Potencial (mm).

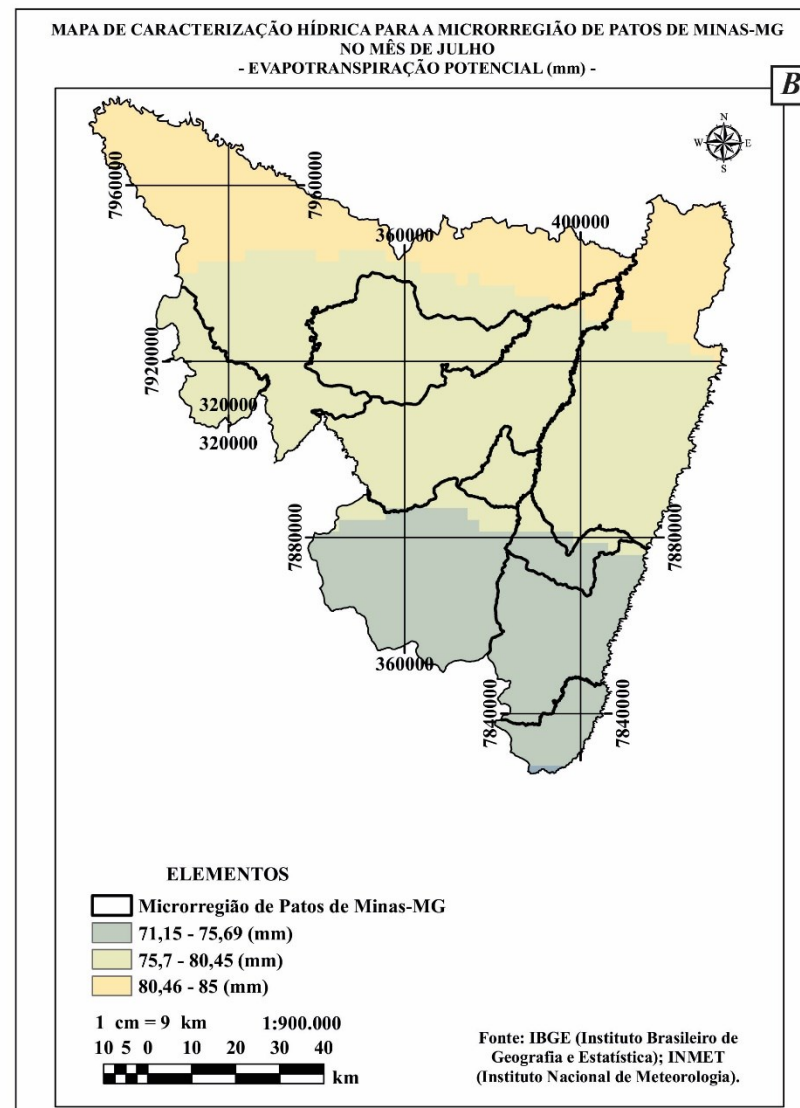
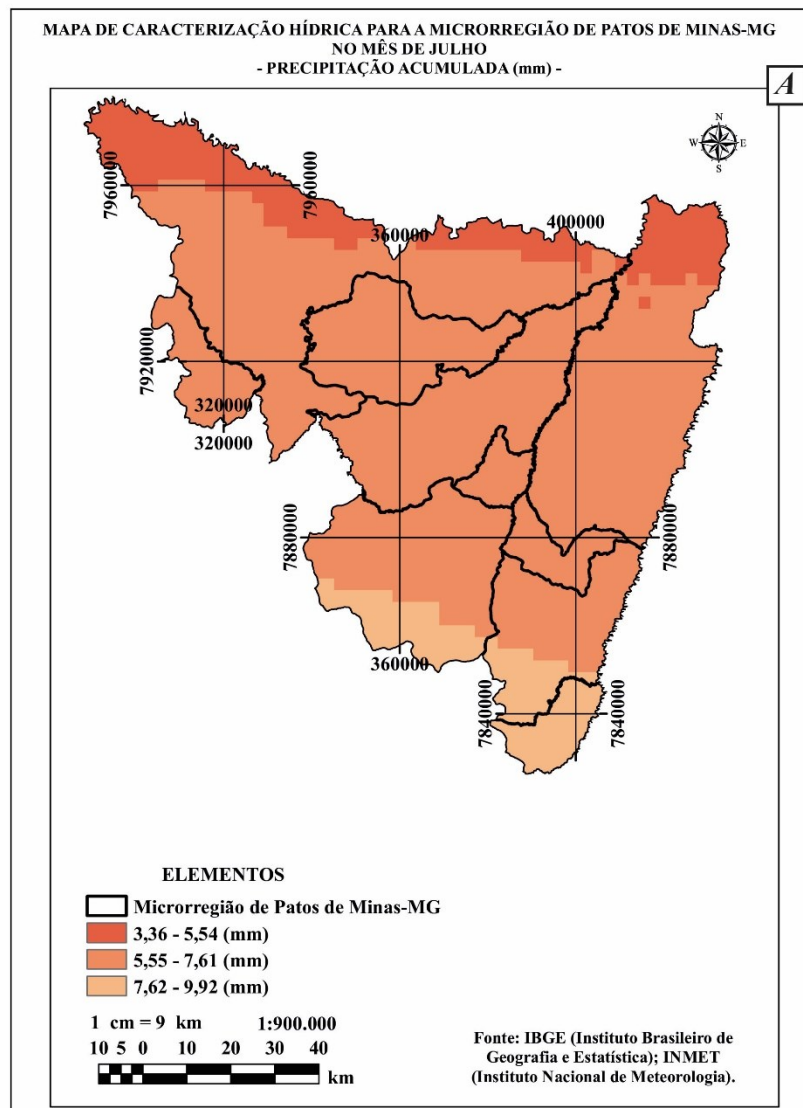


Figura 26 – Caracterização hídrica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de julho. A) Precipitação Acumulada (mm); B) Evapotranspiração Potencial (mm).

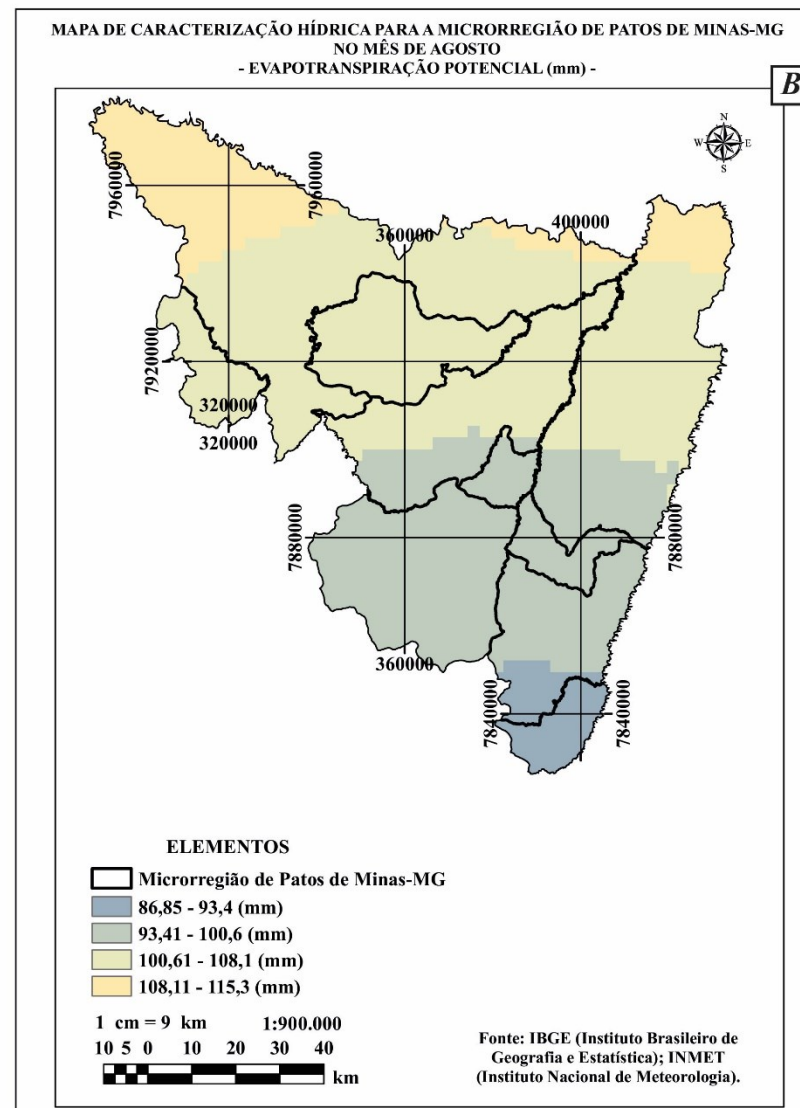
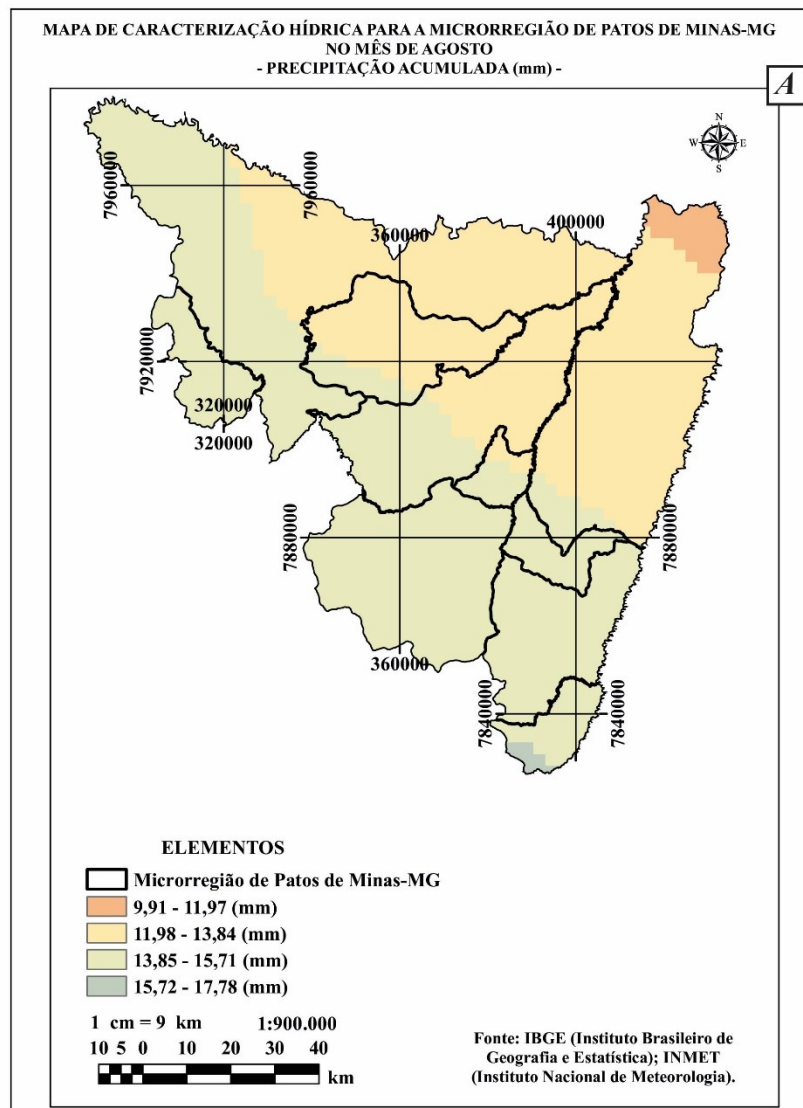


Figura 27 – Caracterização hídrica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de agosto. A) Precipitação Acumulada (mm); B) Evapotranspiração Potencial (mm).

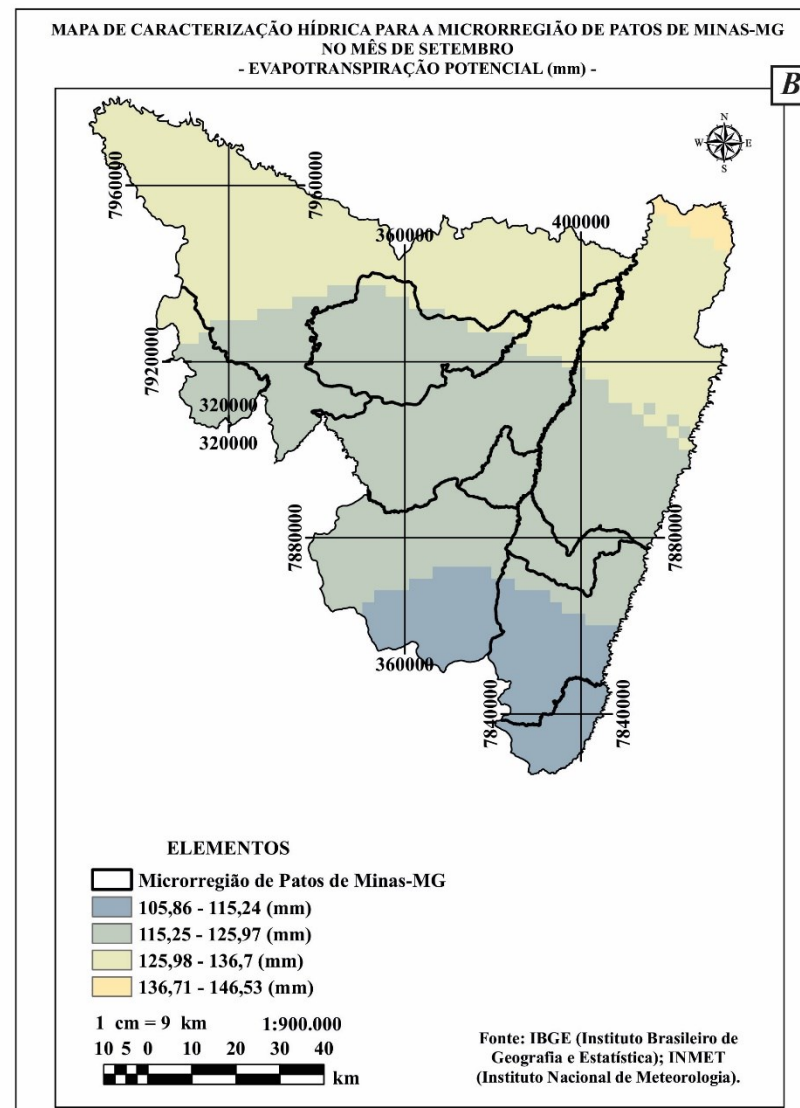
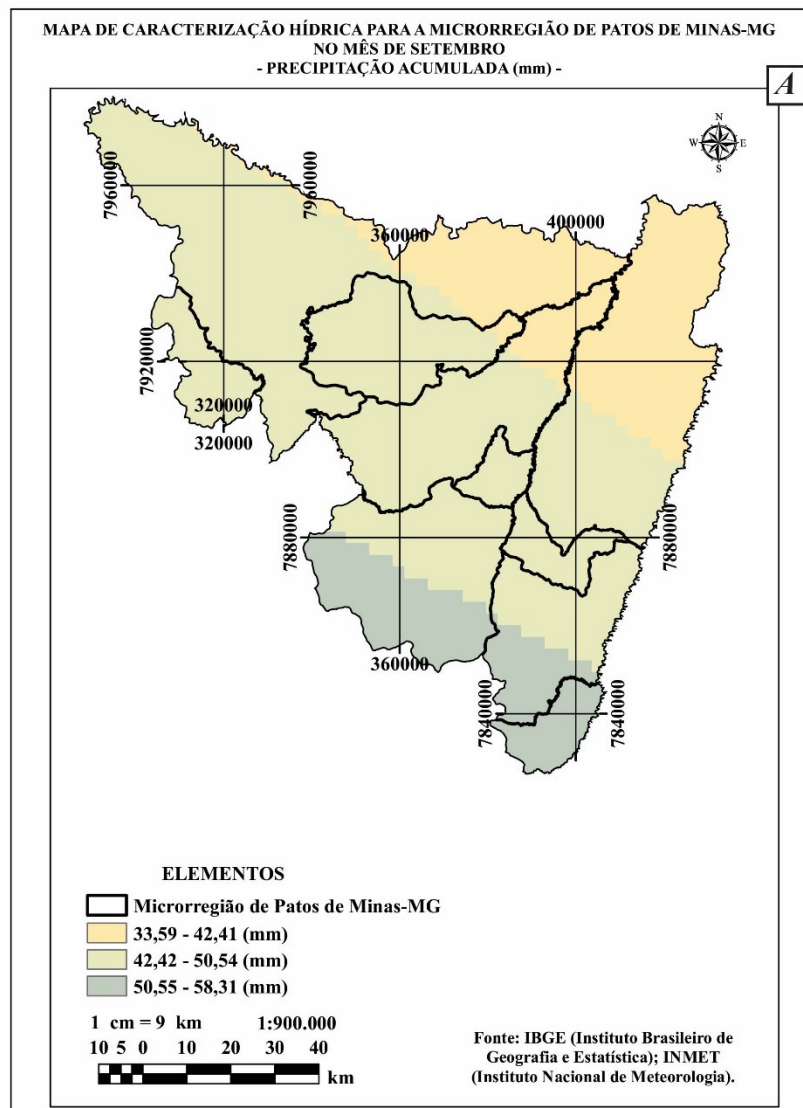


Figura 28 – Caracterização hídrica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de setembro. A) Precipitação Acumulada (mm); B) Evapotranspiração Potencial (mm).

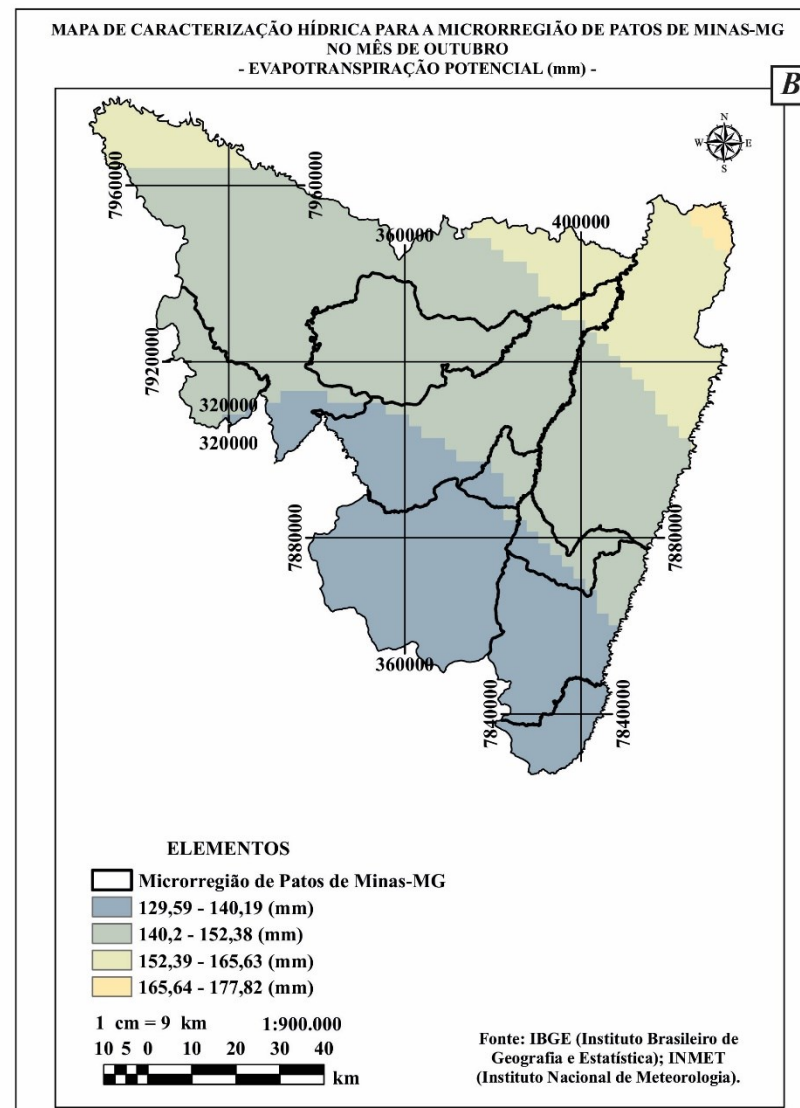
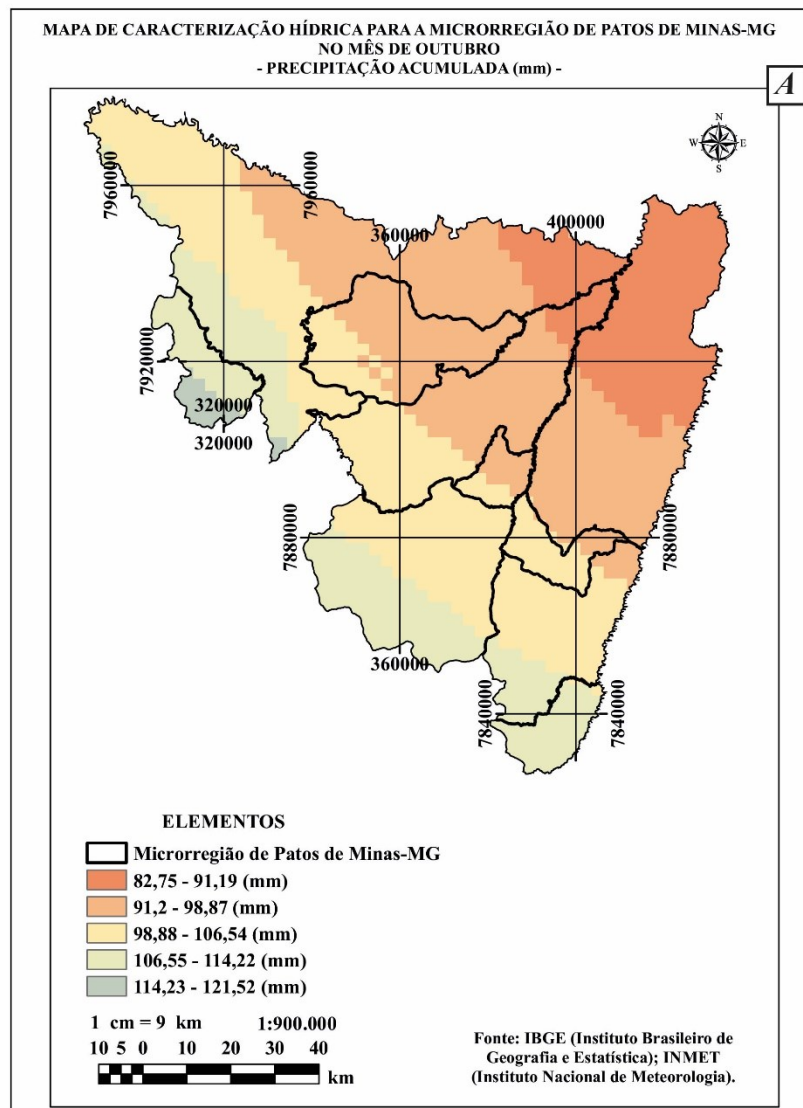


Figura 29 – Caracterização hídrica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de outubro. A) Precipitação Acumulada (mm); B) Evapotranspiração Potencial (mm).

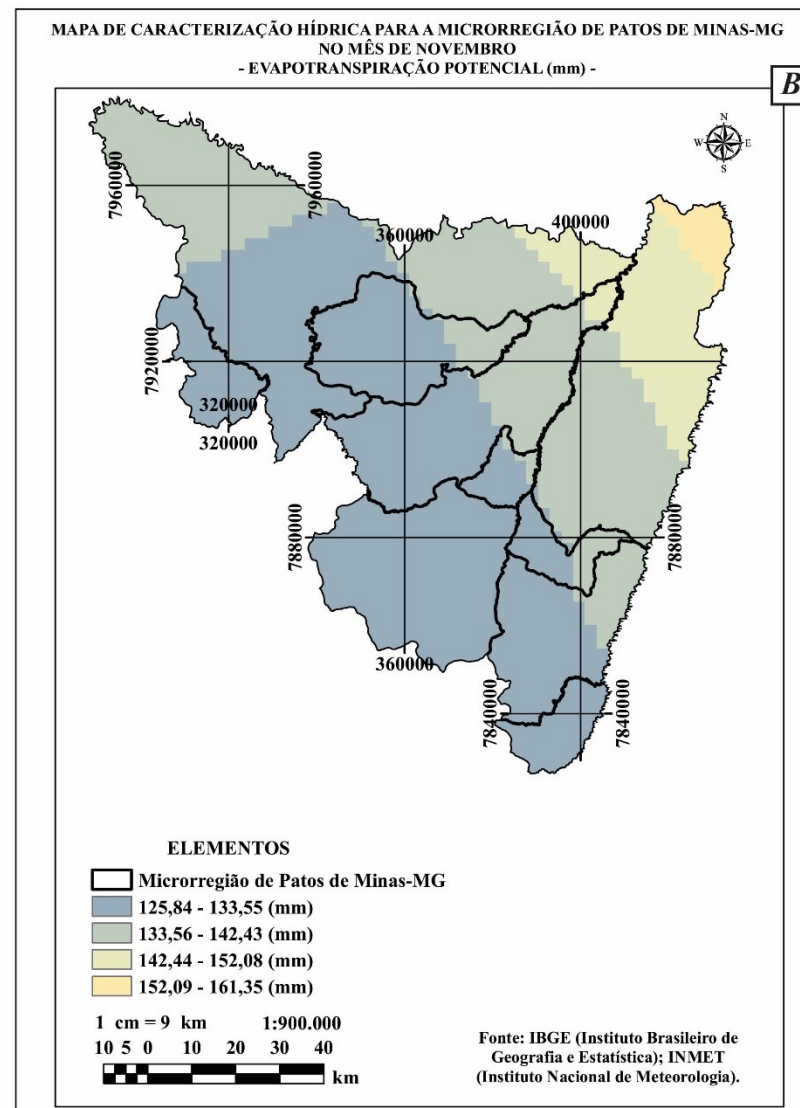
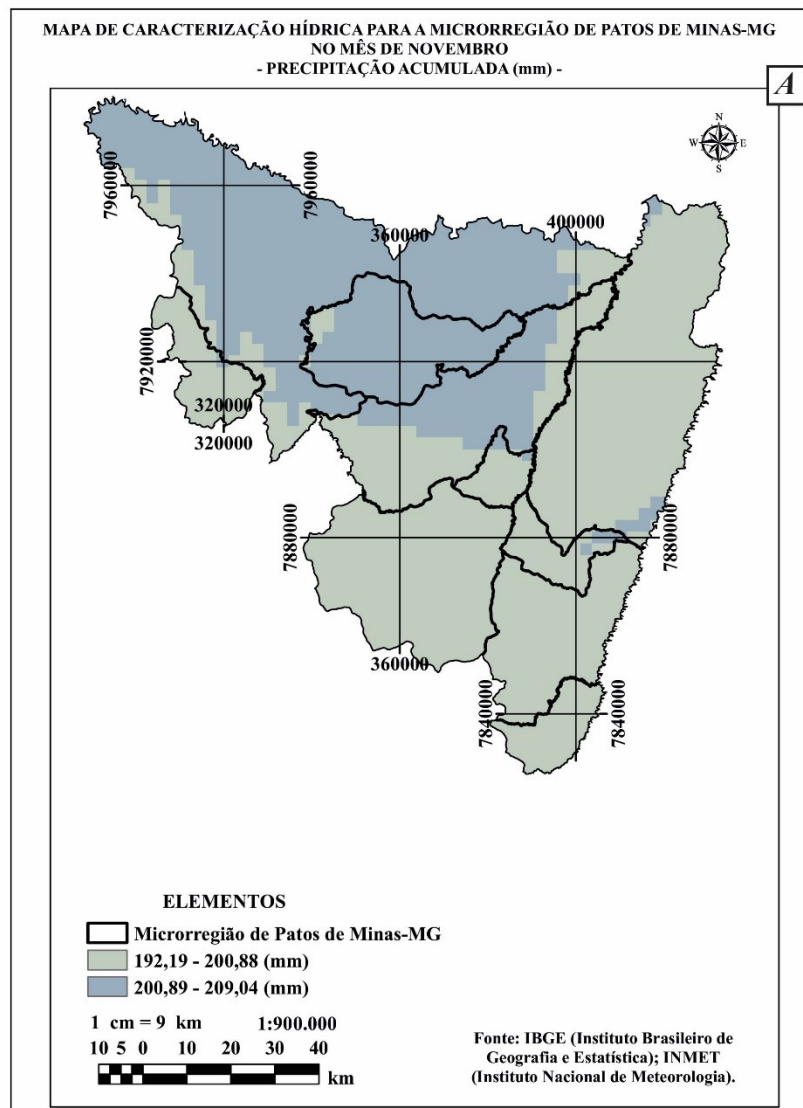


Figura 30 – Caracterização hídrica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de novembro. A) Precipitação Acumulada (mm); B) Evapotranspiração Potencial (mm).

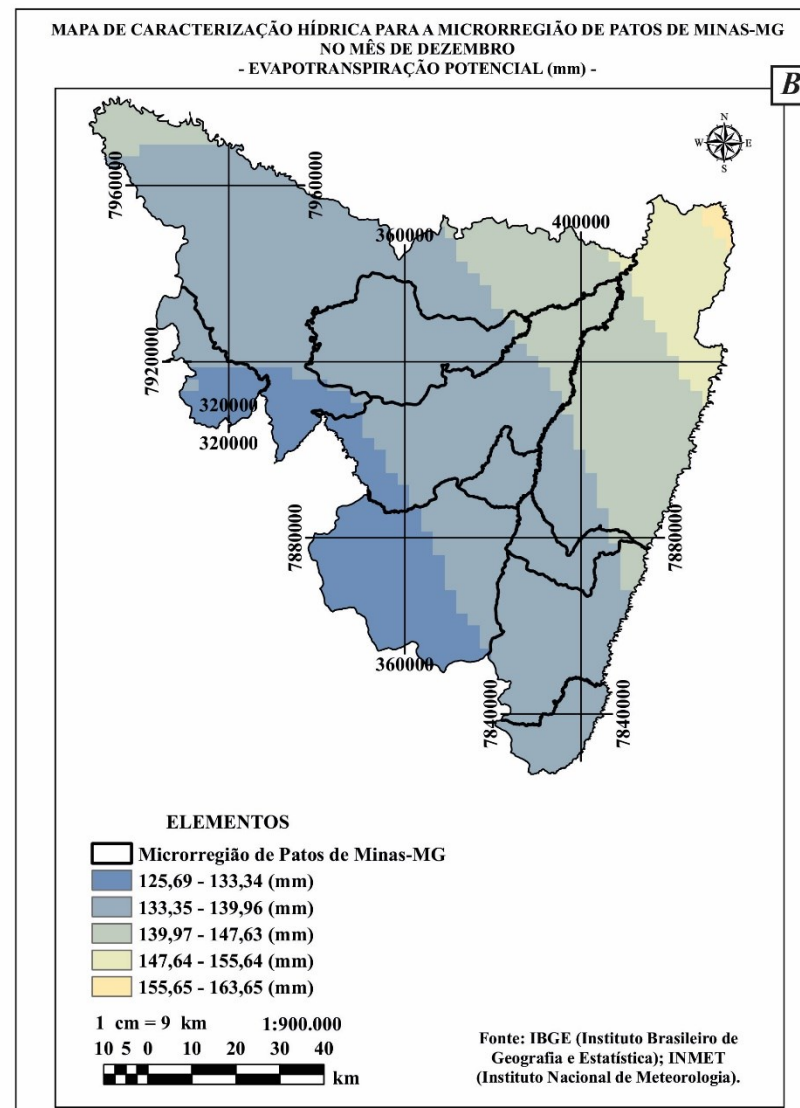
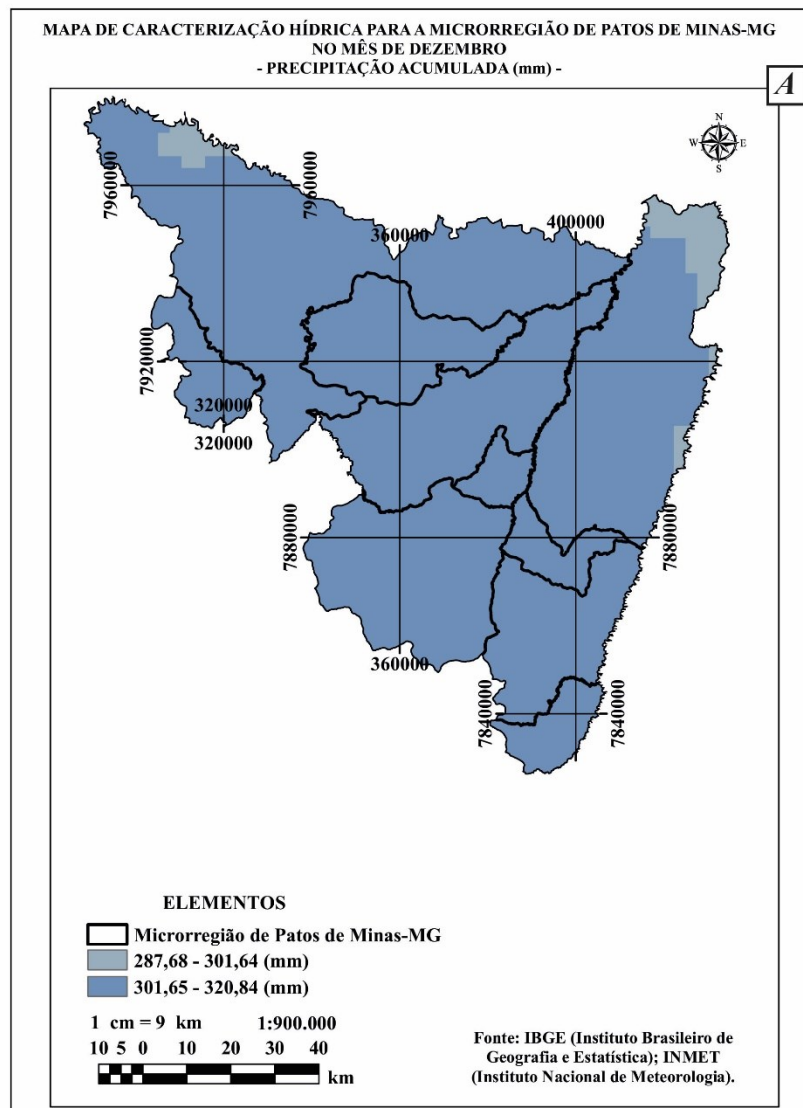


Figura 31 – Caracterização hídrica da microrregião de Patos de Minas-MG para o mês de dezembro. A) Precipitação Acumulada (mm); B) Evapotranspiração Potencial (mm).

8.3 Zoneamento Agroclimático das Espécies Vegetais com Potencial Bioenergético para Produção de Biocombustíveis

O desenvolvimento do zoneamento agroclimático para os cultivos estudados foi realizado conforme a metodologia adotada por Santos et al. (2015b) para cada uma das espécies vegetais, mostrando assim as áreas aptas, restritas e inaptas de cada cultivo dentro da área de estudo, abordando também o potencial territorial da microrregião de Patos de Minas-MG em inserir os respectivos cultivos nas propriedades rurais que já possuem cadastro na base de dados do Cadastro Ambiental Rural – CAR dos municípios integrantes da área de estudo.

A microrregião de Patos de Minas-MG, após o processamento geoestatístico dos dados observados para as variáveis climáticas, apresentou uma faixa de temperatura média entre 27,4 °C e 29,3 °C. Já a precipitação acumulada (mm) e evapotranspiração potencial (mm) apresentaram-se com balanço hídrico (mm) entre -41,55 mm de déficit e 2,17 mm de excedente hídrico, conforme observados na Figura 32, valores bem aquém dos necessários para o bom estabelecimento de todas as culturas aqui estudadas.

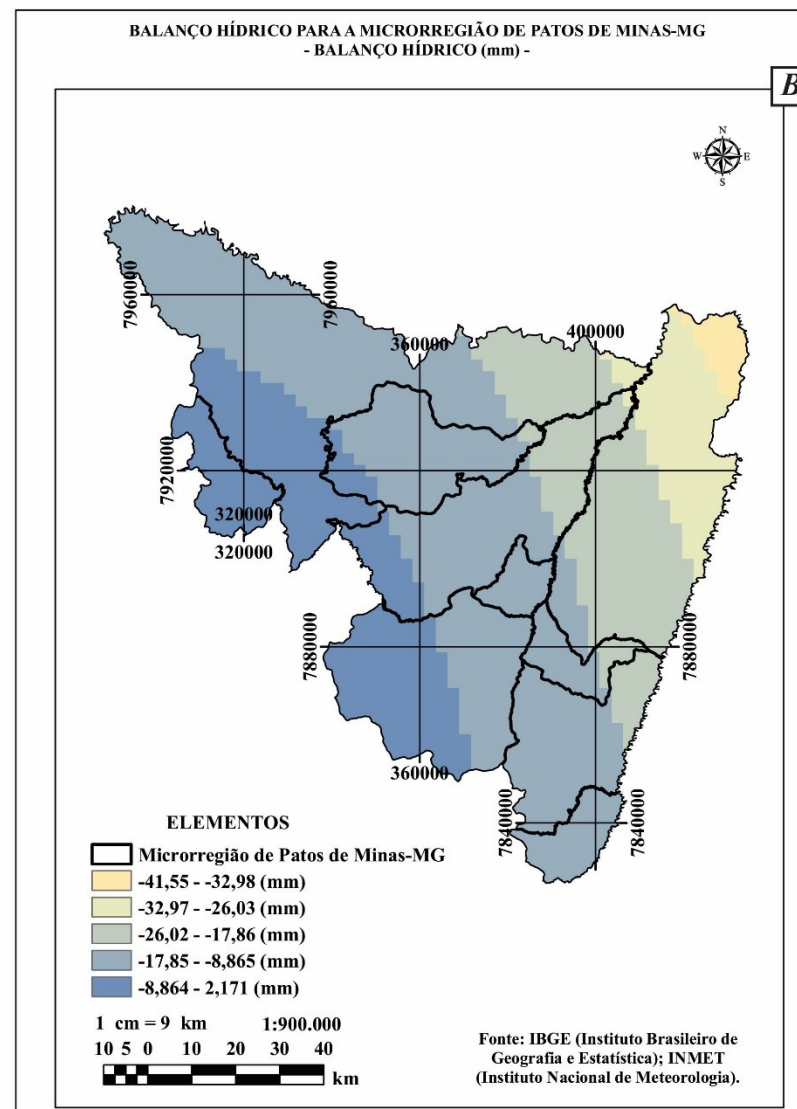
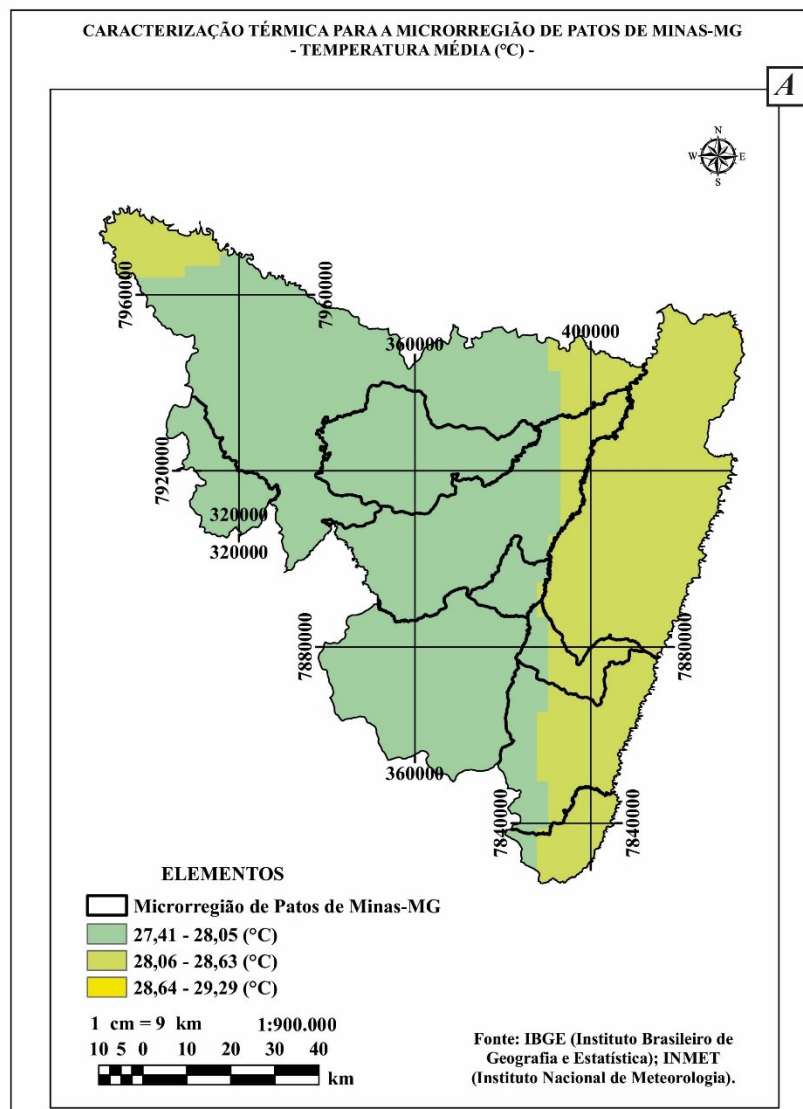


Figura 32 – Caracterização climática para a microrregião de Patos de Minas-MG durante o período de entressafra (fevereiro a junho). A) Caracterização Térmica da microrregião de Patos de Minas-MG; B) Caracterização Hídrica da microrregião de Patos de Minas-MG.

Para tanto, o Zoneamento Agroclimático do Amendoim Forrageiro (*Arachis hypogaea* L.) apresentou aptidão térmica e restrição hídrica, ou seja, a espécie vegetal apresenta faixa térmica ideal dentro da faixa térmica característica da microrregião e faixa hídrica acima da disponível. Para a cultura, a microrregião de Patos de Minas-MG apresentou aptidão térmica e restrição hídrica (Figura 33 – A) para o estabelecimento do cultivo, visto que a faixa de temperatura ideal do cultivo é entre 25,0 e 35,0 °C e a necessidade hídrica da cultura estar entre 450,0 e 700,0 mm.

Além do amendoim forrageiro (*Arachis hypogaea* L.), as espécies vegetais girassol (*Helianthus annuus* L.) (Figura 33 – C) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) (Figura 33 – E) também demonstraram que na microrregião há aptidão térmica e restrição hídrica para ambos, onde a faixa térmica ideal do girassol é entre 8,0 e 34,0 °C e para o sorgo entre 16,0 e 32,0 °C e a restrição hídrica tanto pro girassol quanto para o sorgo é justificado pela faixa de necessidade hídrica destes estarem acima da disponibilidade hídrica potencial na microrregião de Patos de Minas-MG.

A cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) (Figura 33 – B) apresenta uma faixa térmica ideal entre 15,0 e 25,0 °C, porém, esta cultura pode ser implementada em regiões onde ocorra uma variação média entre 10,0 e 32,0 °C, portanto, a microrregião de Patos de Minas-MG apresentou classificação de Restrição Térmica para a cultura em função da amplitude térmica geral da cultura. Quanto a classificação hídrica, esta seguiu a classificação do zoneamento agroclimático das demais culturas já citadas, em virtude de sua faixa hídrica ideal estar acima da disponível potencial.

Destaca-se, portanto, que para as culturas do amendoim (*Arachis hypogaea* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), a microrregião de Patos de Minas-MG teve uma classificação de Aptidão Térmica e Restrição Hídrica em 100,0% das áreas agrícolas inseridas na região. Além disso, para a cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), a região de estudo demonstrou ter restritividade térmica e hídrica em 100,0% das áreas agrícolas para o estabelecimento da cultura, devendo ser necessários a realização de estudos mais detalhados para melhor caracterização de épocas de plantio favoráveis às exigências climáticas ideais da cultura.

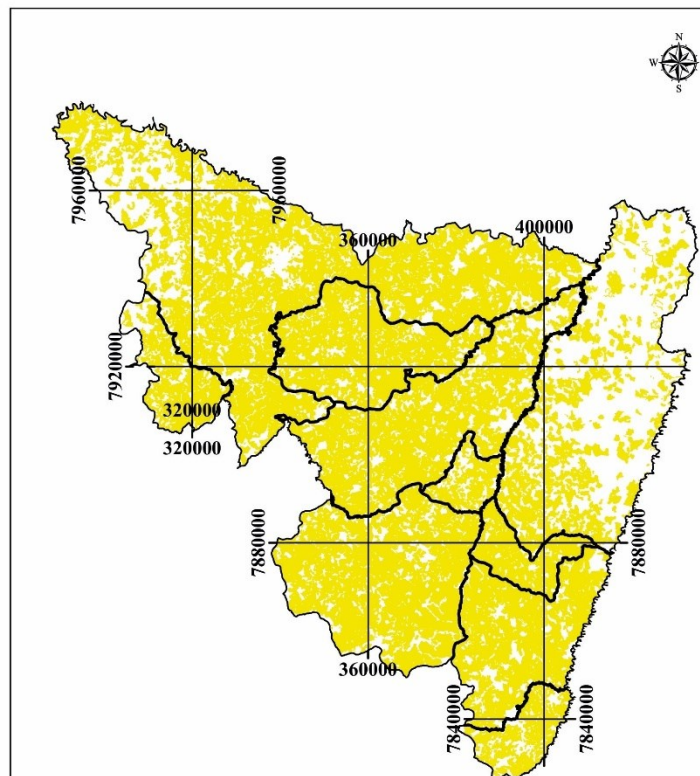
Salienta-se que a microrregião de Patos de Minas-MG demonstrou ser inapta termicamente para o estabelecimento da colza (Figura 33 – D) em função de sua faixa ideal de

temperatura ser entre 5,0 e 25,0 °C, visto que esta espécie vegetal é caracterizada por ser um cultivo de inverno, portanto durante o período analisado (fevereiro a julho), a região não tem aptidão para o estabelecimento desta cultura.

Em suma, todas as cultivares apresentaram restrição hídrica para seu estabelecimento na microrregião de Patos de Minas-MG devido a caracterização de déficit hídrico se encontrar em boa parte territorial da região, demonstrando que para o estabelecimento destas culturas, será necessário a adoção de tecnologias irrigantes, visando o suprimento dos usos consuntivos das culturas.

ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DO AMENDOIM FORRAGEIRO (*Arachis hypogaea* L.)
PARA A MICRORREGIÃO DE PATOS DE MINAS-MG

A



ELEMENTOS

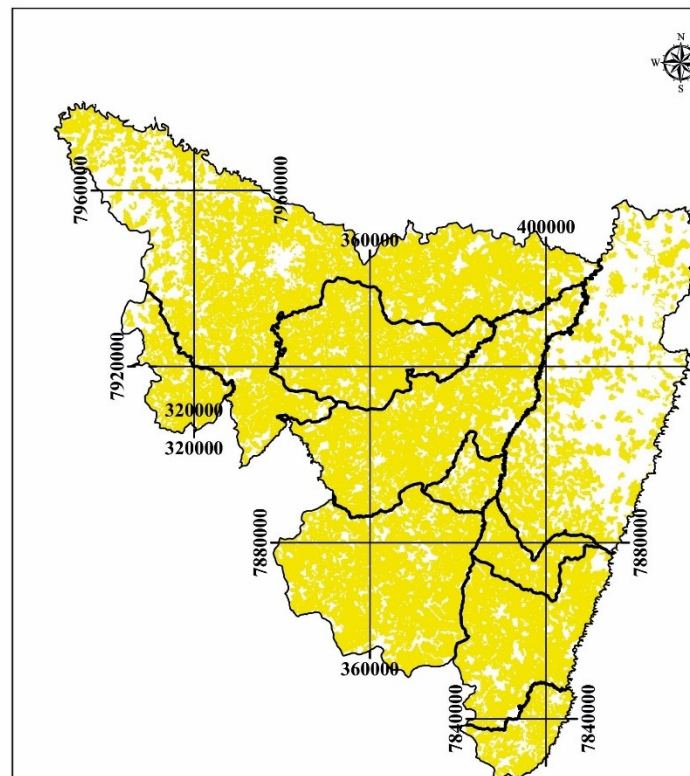
- Microrregião de Patos de Minas-MG
- Aptidão Térmica com Irrigação Obrigatória

1 cm = 9 km 1:900.000
10 5 0 10 20 30 40
 km

Fonte: CAR (Cadastro Ambiental Rural);
IBGE (Instituto Brasileiro de
Geografia e Estatística); INMET
(Instituto Nacional de Meteorologia).

ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DO CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst)
PARA A MICRORREGIÃO DE PATOS DE MINAS-MG

B



ELEMENTOS

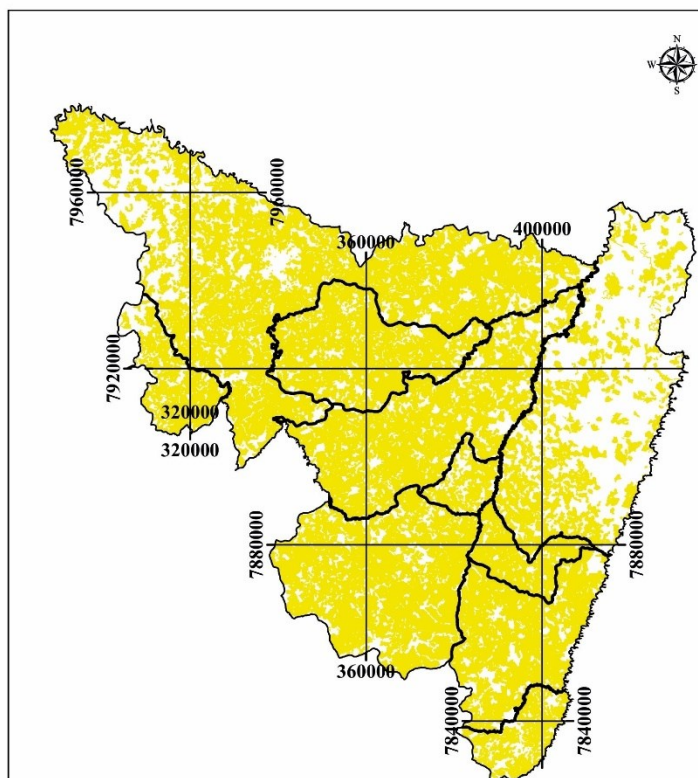
- Microrregião de Patos de Minas-MG
- Restrição Térmica com Irrigação Obrigatória

1 cm = 9 km 1:900.000
10 5 0 10 20 30 40
 km

Fonte: CAR (Cadastro Ambiental Rural);
IBGE (Instituto Brasileiro de
Geografia e Estatística); INMET
(Instituto Nacional de Meteorologia).

ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DO GÍASSOL (*Heliantus annus L.*)
PARA A MICRORREGIÃO DE PATOS DE MINAS-MG

C



ELEMENTOS

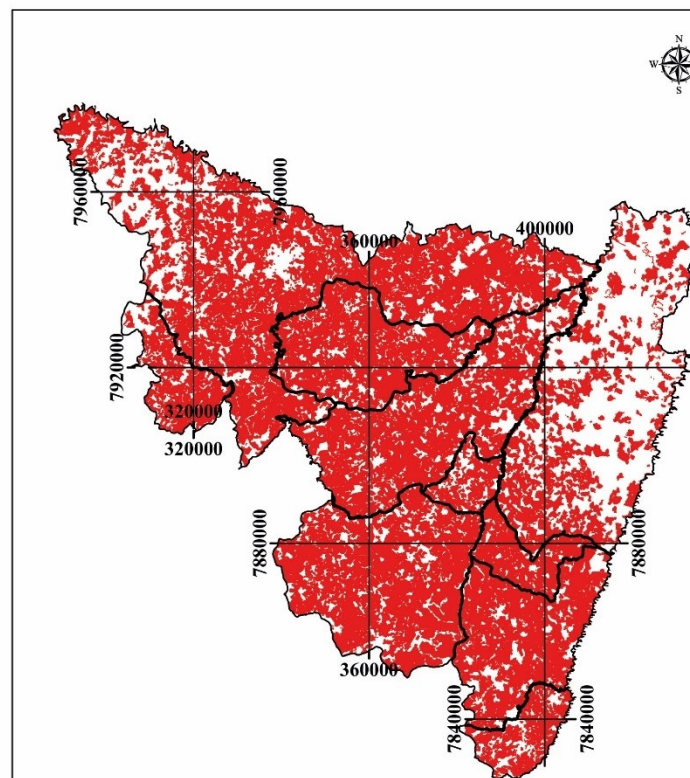
- Microrregião de Patos de Minas-MG
- Aptidão Térmica com Irrigação Obrigatória

1 cm = 9 km 1:900.000
10 5 0 10 20 30 40
 km

Fonte: CAR (Cadastro Ambiental Rural);
IBGE (Instituto Brasileiro de
Geografia e Estatística); INMET
(Instituto Nacional de Meteorologia).

ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DA COLZA (*Brassica napus L.*)
PARA A MICRORREGIÃO DE PATOS DE MINAS-MG

D



ELEMENTOS

- Microrregião de Patos de Minas-MG
- Inaptidão Térmica com Irrigação Obrigatória

1 cm = 9 km 1:900.000
10 5 0 10 20 30 40
 km

Fonte: CAR (Cadastro Ambiental Rural);
IBGE (Instituto Brasileiro de
Geografia e Estatística); INMET
(Instituto Nacional de Meteorologia).

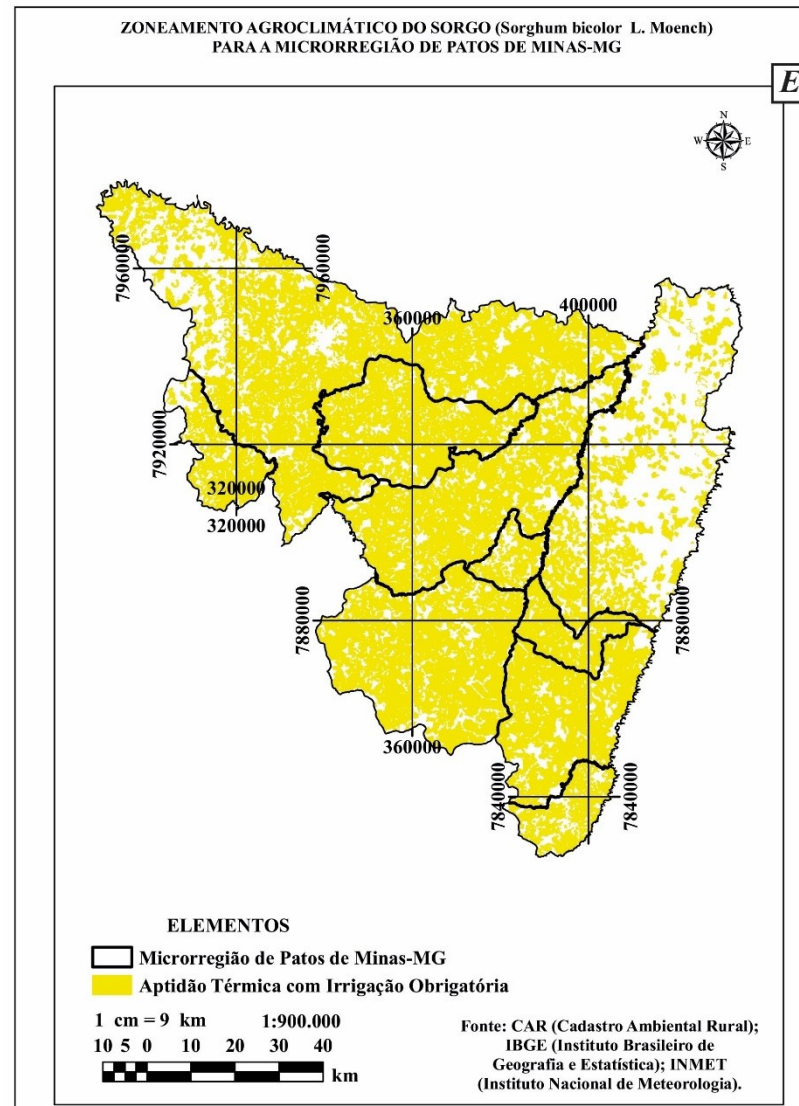


Figura 33 – Zoneamentos agroclimáticos dos cultivos estudados para o período da entressafra (fevereiro a junho) na microrregião de Patos de Minas-MG. A) Zoneamento Agroclimático do Amendoim Forrageiro (*Arachis hypogaea* L.); B) Zoneamento Agroclimático do

Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst); C) Zoneamento Agroclimático do Girassol (*Helianthus annuus* L.); D) Zoneamento Agroclimático da Colza (*Brassica napus* L.); E) Zoneamento Agroclimático do Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench).

Observa-se que em todos os mapas de zoneamento agroclimático apresentados existem áreas não preenchidas (fundo branco) sendo correspondentes às regiões onde o uso e ocupação do solo é restrito, ou seja, áreas prioritárias à conservação da biodiversidade (veredas, topos de morro, inclinação de terreno acima de 45°, áreas de preservação permanente, reserva legal, cursos hídricos, áreas alagadas e reservas ecológicas) e áreas caracterizadas como ocupação urbana (manchas urbanas).

Além destes fatores supracitados, parte destas áreas sem preenchimento nos mapas são explicadas por serem empreendimentos agrícolas ainda não cadastrados na plataforma eletrônica do Cadastro Ambiental Rural – CAR do Estado de Minas Gerais, visto que esta obrigatoriedade atualmente se encontra estabelecida por tempo indeterminado, conforme descrito no Art. 29, § 3º da Lei Federal 12.651/2012 (BRASIL, 2012).

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produtividade agrícola está relacionada diretamente com as características climáticas de cada região do país, tornando-se possível a produtividade de diversas biomassas vegetais no território nacional. Com isso, a utilização da ferramenta de análise geoestatística inserida no software ArcGis, versão de teste 10.5, contribui consideravelmente o ramo da climatologia agrícola em função da escassez de dados climáticos que abrangem microescalas com as definições de normais climáticas, possibilitando assim uma utilização dos dados climáticos disponíveis com um refino melhor em consideração da geomorfologia do terreno.

Foi possível diagnosticar que a área de estudo apresenta grande potencial agrícola para as culturas do amendoim forrageiro (*Arachis hypogaea* L.), do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), do girassol (*Helianthus annuus* L.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), como fonte de matérias-primas destinadas a produção de biocombustíveis destinados a matriz energética brasileira.

Em função da colza (*Brassica napus* L.) ser uma cultura de inverno, esta não apresentou aptidão térmica para a microrregião de Patos de Minas-MG durante o período estudado (fevereiro a julho), impossibilitando assim a sua inserção como uma cultura agrícola na entressafra verão-inverno, visto que a temperatura média da região está em torno de 27,4 a 29,3 °C.

Considerando o potencial agrícola da microrregião de Patos de Minas-MG que conta com aproximadamente 557.670,40 hectares de terras agricultáveis, a inserção destas culturas tem campo de abrangência e oportunidades dentro do cenário agroenergético nacional, principalmente para o crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) que apresenta alto teor de óleo e é uma cultura inapta ao consumo humano e animal.

É possível que a rotação de culturas seja realizada com alguma dessas espécies vegetais, visto os benefícios da rotação de cultura na conservação do solo e da água, na redução de incidência de pragas na área e a redução dos custos com fertilidade do solo visto que os restos culturais da cultura anterior estarão cobrindo o solo durante o plantio da nova espécie, por meio da tecnologia do plantio direto.

Outro fator importante é quanto a possibilidade de ter culturas em sucessão de gramíneas ou leguminosas cultivadas na região, as com maior expressividade de área plantada na região sendo o milho e a soja na primeira safra (outubro a fevereiro), como é o caso do amendoim em sucessão ao milho e o sorgo/crambe em sucessão a soja, onde, os maquinários agrícolas utilizados na colheita do milho e soja podem ser adaptados para a colheita de amendoim e sorgo/crambe, reduzindo a necessidade de aquisição de maquinários novos para essa atividade.

Também pode-se correlacionar o plantio e colheita desses vegetais com a mão de obra abundante na região, visto que esta é uma região de característica econômica agrícola e pecuária, não ocorrendo um déficit de recurso humano para o manejo durante o ciclo vegetativo de cada espécie, bem como também, possibilitando um período maior de trabalho estendido dessa mão de obra por cerca de três a quatro meses.

Cabe salientar também que a inserção destas novas culturas não é fator exclusivo para produção de biocombustíveis, visto a potencialidade das mesmas serem alternativas para utilização como ração animal (exceto o crambe), exemplo do sorgo, do amendoim que podem ser introduzidos como silagem e forragem para pastejo, respectivamente, caso o mercado de biocombustíveis não esteja atrativo em determinados períodos do ano.

Também deve-se levantar o fato da microrregião de Patos de Minas-MG já explorar dois dos cultivos aqui estudados, sendo estes o amendoim (*Arachis hypogaea* L.) e o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), dando suporte aos resultados encontrados pela predição dos dados

climáticos pela geoestatística, gerando o zoneamento agroclimático de cada cultivo, visto sua consolidação exploratória na área de estudo.

Com isso, o zoneamento agroclimático se torna ferramenta de suporte e apoio aos empreendedores rurais que buscam novas fontes de renda e uso dos solos agricultáveis, se tornando essencial para uma avaliação detalhada e criteriosa na tomada de decisões do setor agroenergético na microrregião de Patos de Minas-MG.

Diversos outros fatores devem ser levados em consideração para o definitivo estabelecimento de cultivos em regiões culturalmente atuantes na produção agrícola de monoculturas vegetais, necessitando assim de um detalhamento aprofundado quanto as características do meio físico (geodiversidade) e uso e ocupação do solo; genéticas dos cultivos; e climáticas; fisiológicas vegetais; incidência de pragas; dentre outros fatores.

Cabe salientar que não obstante, demais fatores podem sim influenciar o estabelecimento destas culturas na microrregião de Patos de Minas-MG, dentre estes a situação atual dos solos (classificação, conservação, fertilidade), potencial irrigante de cada empreendimento, genótipos melhor adaptáveis a região, logística de escoamento da produção agrícola e custos operacionais de manejo da cultura durante seu ciclo vegetativo.

Por fim, é importante elencar que o estudo baseou-se no plantio de todas as culturas para o mês de fevereiro e a colheita nos meses subsequentes ao plantio de acordo com o ciclo vegetativo de cada espécie vegetal abordada neste estudo, porém, com o aporte dos dados utilizados nas análises geoestatísticas, é possível realizar estudos detalhados para cada cultivo em outras épocas do ano, buscando assim, estabelecer quais os melhores períodos para plantio considerando a caracterização climática detalhada da região, as exigências climáticas e o ciclo vegetativo de cada uma das espécies vegetais apresentadas.

10 CONCLUSÕES

Dentre todos os cultivos analisados, somente a colza (*Braasica napus* L.) apresentou inaptidão agrícola na região de estudo em função de ser uma cultura de inverno com faixa de temperatura ideal de cultivo entre 5,0 e 25,0 °C, estando abaixo das faixas térmicas encontradas na região. Além disso, as demais culturas apresentaram aptidão térmica com restrição hídrica, ou

seja, a lâmina d'água potencial disponível está muito aquém da demanda exigida por cada cultura durante seu ciclo vegetativo, indicando que para o bom estabelecimento destas culturas é necessário a inserção de tecnologia irrigada que venha a suprir as necessidades hídricas das mesmas.

As demais espécies vegetais demonstraram potencialidade climática para seu estabelecimento na região, desde que, para o período analisado, é indispensável a utilização de tecnologias voltadas à irrigação obrigatória destes cultivos, com adoção de sistemas eficientes no uso dos recursos hídricos destinados à parte da atividade produtiva das respectivas espécies vegetais.

Por fim, pode-se elencar a importância do zoneamento agroclimático como ferramenta prévia no estudo de inserção de novas culturas em regiões agrícolas que culturalmente são caracterizadas por monoculturas agrícolas de gramíneas e leguminosas predominantes, como o milho e a soja, quebrando assim paradigmas de que somente estas culturas anuais tem potencial de estabelecimento satisfatório nestas áreas.

11 LITERATURA CONSULTADA

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D. et al. **Crop evapotranspiration**. Rome: FAO, 1998. 297p (FAO Irrigation and Dainage Paper, 56) Disponível em: <http://www.fao.org/3/X0490E/X0490E00.htm>. Acesso em 23 de abril de 2019.

ALVES, J. E. D. Sustentabilidade, Aquecimento Global e o Decrescimento Demo-econômico. **Revista Espinhaço**, 2014, 3 (1): 4-16.

ANGELOTTI-MENDONÇA, J.; RIBOLDI, L. B.; SOARES, C. D. F.; CASTRO, R. R. de C. e; KLUGE, R. A. **Canola (*Brassica napus* L.)**. Piracicaba, ESALQ. 32 f. 2016. (Série Produtor Rural, nº 61).

ANP. **Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/dados-estatisticos>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2020.

ANP. **Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/dados-estatisticos>. Acesso em: 8 de fevereiro de 2020.

ANTES, F. C.; DUARTE, F. A.; Flores, E.L. M.; PANIZ, J. N. G.; FLORES, W. M. M.; Dressler, V. L. Preparo de amostras de combustíveis fósseis por piroidrólise para determinação de flúor e cloro. **Química Nova**, vol. 33, nº 5, 2010. Pág. 1130-1134. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000500024>. Acesso em 06 de novembro de 2019.

AQUINO, A. F.; BIDÔ, É. S.; GALVÃO, M. L. M.; OLIVEIRA, V. N. O etanol da cana-de-açúcar: possibilidades energéticas da região de Ceará-Mirim – RN. **Revista HOLOS**, vol. 1, Ano 30, 2014. Pág. 105-125. Disponível em: <https://doi.org/10.15628/holos.2014.713>. Acesso em 26 de outubro de 2019.

ARAYA, A.; KEESSTRA, S. D.; STROOSNIJDER, L. a new agro-climatic classification for crop suitability zoning in northern semi-arid Ethiopia. **Agricultura and Forest Meteorology**, vol. 150, p. 1057-1064. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2010.04.003>. Acesso em 03 de junho de 2020.

ASSUNÇÃO, H. F. da; ESCOBEDO, J. F. Estimativa da exigência hídrica do amendoim usando um modelo agrometeorológico. **Revista Irriga**, Botucatu, vol. 14, nº 3, p. 325-335, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.15809/irriga.2009v14n3p325-335>. Acesso em 14 de dezembro de 2019.

BARBIZAN, T. **Parâmetros agronômicos de crambe cultivado no sudoeste do Paraná**. 2014. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014

BASTOS, R. L. **Métodos para seleção de modelos de semivariograma em campos aleatórios gaussianos**. 2017. 136 f. Tese (Doutorado em Estatística Espacial) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2017.

BELLÉ, L. N. **Obtenção de biodiesel a partir de óleo de amendoim refinado por transesterificação metílica em meio básico**. 2016. 50 f. Monografia (Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

BERTIOLI, D. J.; SEIJO, G.; FREITAS, F. O.; VALLS, J. F. M.; LEAL-BERTIOLI, S. C. M.; MORETZSOHN, M. C. An overview of peanut and its wild relatives. **Plant Genetic Resources**, Cambridge, vol. 9, n° 1, p.134-149, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S1479262110000444>. Acesso em 8 de novembro de 2019.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo, Editora Ícone. 355 f. 2012. - 8ª edição.

BIODIESELBR_b. Pró-Álcool. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/proalcool/proalcool/programa-etanol.htm> . Acesso em: abril, 2019.

BIODIESELBR_b. Pró-Álcool. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/proalcool/proalcool/programa-etanol.htm> . Acesso em: abril, 2019.

BORÉM, A.; PIMENTEL, L.; PARRELLA, R. **Sorgo do plantio à colheita**. Viçosa, Editora UFV. 275 f. 2014.

BRAGA, L. P. V. **Introdução à geoestatística: com programas em R**. Rio de Janeiro, E-papers. 2018. Disponível em: http://www.e-papers.com.br/produtos.asp?codigo_produto=2598. Acesso em 1 de abril de 2020.

BRASIL. Lei 10.203. Altera a redação dos art. 9º e 12 da Lei 8.723/1993. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília-DF, nº 63-E, p. 1, 30 mar. 2001.

BRASIL. Lei 11.097. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília-DF, nº 10, p. 8-9, 14 jan. 2005.

BRASIL. Lei 12.651. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília-DF, nº 102, p. 1-8, 28 mai. 2012.

BRASIL. Lei 13.263. Altera a Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, para dispor sobre os percentuais de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado no território nacional. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília-DF, nº 57, p. 1, 24 mar. 2016.

BRASIL. Lei 13.576. Institui a Política Nacional de Biocombustíveis (Renovabio). **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília,DF, nº 247, p. 4-5, 26 dez. 2017.

BRASIL. Lei 8.723. Dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília-DF, nº 207, p. 16313-16314, 29 out. 1993.

BRILHA, J.; PEREIRA, D.; PEREIRA, P. **Geodiversidade: valores e usos**. Braga: Universidade do Minho, 2008.

CAR. **Imóveis Rurais Cadastrados**. Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural, 2020. Disponível em: <http://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>. Acesso em 23 de março de 2020.

CARLIN, H. L. S. **Estimação dos parâmetros de semivariogramas utilizando algoritmos genéticos**. 2010. 70 f. Monografia (Ciência da Computação) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2010.

CARLSON, A. S.; CLAYTON, D. SALENTIJN, E. TOONEN, M. **Oil crop platforms for industrial uses**. New York. University of York. 158 f. 2007. Disponível em: http://www.rapsolja.info/frotidning/komplmat/SFT_2009_nr7_0704OilCropsReport.pdf. Acessado em 17 de dezembro de 2019.

CARVALHO, J. F. de. Combustíveis Fósseis e Insustentabilidade, **Revista Cien. Cult.** vol. 60, nº 3, p. 30-33. São Paulo. 2008.

CARVALHO, L. C.; BUENO, R. C. O. de F.; CARVALHO, M. M.; FAVORETO, A. L.; GODOY, A. F. Cana-deaçuçar e álcool combustível: históricom sustentabilidade e segurança energética. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v.9, N.16; 2013. p. 530-543.

CASEIRO, C. A produção e o consumo de biocombustíveis no mundo atual: questões-chave para analisar a sua sustentabilidade. **Revista de Geografia Agrária**, vol. 6, nº 12, p. 6-31, ago., 2011.

CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A. CASTRO, C. de; SILVEIRA, J. M. **Fases de desenvolvimento da planta de girassol**. Londrina. EMBRAPA-CNPSO, 24 f. 1997.

CASTRO, C. de; CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A.; LEITE, R. M. V. B. de C.; KARAM, D.; MELLO, H. C.; GUEDES, L. C. A.; FARIAS, J. R. B. **A cultura do girassol**. Londrina, EMBRAPA-CNPSO. 38 f. 1996.

CASTRO, C. de; FARIAS, J.R.B. Ecofisiologia do girassol. In: **GIRASSOL NO BRASIL**. LEITE, R.M.V.B.C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. de (Ed.) – Londrina: Embrapa soja, 2005. p.163-218.

CATO, S. C.; ALBERT, L. H. B.; MONTEIRO, A. C. B. A. Amendoazeiro. In.: CASTO, P. R. **C. Manual de Fisiologia Vegetal: Fisiologia de Cultivos**. Piracicaba: Editora Ceres, 2008.

CHAVES, M. E. D.; CONCEIÇÃO, K. V. da; GUERRERO, J. V. R. Geoestatística no monitoramento da temperatura no Estado da Bahia. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, vol. 13, nº 5, p.652-660, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v13i5.6203>. Acesso em 3 de abril de 2020.

COLODETTI, T. V.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N.; BRINATE, S. V. B.; TOMAZ, M. A. Crambe: aspectos gerais da produção agrícola. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer – Goiânia, vol. 8, nº 14, 2012. p. 258-269.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, Companhia Nacional de Abastecimento. vol. 6, safra 2018/19, nº 12, 126 f, 2019.

CONCEIÇÃO, M. A. F; MAIA, J. D.G. Cultivo da Videira Niágara Rosada em Regiões Tropicais do Brasil. **Sistema de Produção**, nº5, EMBRAPA Uva e Vinho. Versão eletrônica. 2003. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvaNiagaraRosadaRegioesTropicais/clima.htm>. Acesso em 12 de jan de 2020.

CORTEZ, L. A. B.; CRUZ, C. H. de B.; SOUZA, G. M.; CANTARELLA, H.; VAN-SLUYS, M.; FILHO, R. M. **Universidades e empresas: 40 anos de ciência e tecnologia para o etanol brasileiro**. São Paulo, Editora Blucher. 224 f. 2016.

CRUPELATI, A. L. F.; GARCIA, A.; GARCIA, L. C. G. Aptidão climática e época de semeadura do girassol para a região de Ituverava-SP. **Revista Nucleus**, Jaboticabal, vol. 9, nº 2, p. 269-274, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.3738/1982.2278.731>. Acesso em 07 de dezembro de 2019.

CUNHA, A. de M.; LANI, J. L.; SANTOS, G. R. dos; FILHO, E. I. F.; TRINDADE, F. S.; SOUZA, E. de. Espacialização da precipitação pluvial por meio de Krigagem e Cokrigagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, nº. 9, p. 1179-1191, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000900001>. Acesso em 11 de março de 2020.

DALMAGO, G. A.; CUNHA, G. D. da; TOMM, G. O.; PIRES, J. L. F.; SANTI, A.; PASINATO, A.; SCHWEIG, E.; MÜLLER, A. L. **Zoneamento agroclimático de canola para o Rio Grande do Sul**. Embrapa Trigo, Passo Fundo. 35 f. 2008. (Comunicado Técnico).

DURÃES, F. O. M. Sorgo sacarino: desenvolvimento de tecnologia agrônômica. **Agroenergia em Revista**, ANO 2, Nº 3, p. 7. 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/903302/sorgo-sacarino-tecnologia-agronomica-e-industrial-para-alimentos-e-energia>. Acesso em 6 de outubro de 2019.

ECA. **O sistema da EU para certificação de biocombustíveis sustentáveis**. União Europeia, Tribunal de Conta Europeu. 62 f. 2016. Disponível em:

https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR16_18/SR_BIOFUELS_PT.pdf. Acesso em 12 de dezembro de 2019.

EMBRAPA TRIGO – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/canola/aspectos_nutricionais.htm. Acesso em: 23 abril de 2019.

ESRI. Environmental Systems Research Institute. Software ArcGis-Trial. Disponível em: <https://www.esri.com/pt-br/home>. Acesso em 16 de março de 2020.

ESTEVEZ, R. L.; DUARTE, J. B.; CHAMBO, A. P. S.; DA CRUZ, M. I. F. A cultura da canola (*Brassica napus* var. oleífera). **Scientia Agraria Paranaensis**, Mal. Cdo. Rondon, vol. 13, nº 01, p-1-9, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v13n1p1-9>. Acesso em 6 de janeiro de 2020.

FERNANDES, T. T. **Krigagem indicativa para elaboração de mapas probabilísticos em agricultura de precisão**. 2014. 81 f. Dissertação (Mestrado em Biometria) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Botucatu, 2014.

FGV ENERGIA. **Caderno Bicombustíveis**. Cadernos FGV Energia. Ano 4. nº 8. 128 f. 2017.

FIORIN, T. T.; DAL ROSS, M. **Climatologia agrícola**. Santa Maria. Universidade Federal de Santa Maria. 82 f. 2015.

FRIEDRICH, F. J. **La energía de la biomassa**. Sociedad Anonima de Publicaciones Técnicas, S.L., 2ª ed., 144 f., 1999.

GALLARDO, A. Geostadística. **Revista Ecosistemas: Revista científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente**, Móstoles, v. 3, n. 15, p. 48-58, set. 2006. Disponível em: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/issue/view/22>. Acesso em: 23 de abril de 2019.

GLASER, L. K. **Crambe: an economic assessment of the feasibility of providing multiple-peril crop insurance**. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA, 50 f. 1996. Disponível em: <https://legacy.rma.usda.gov/pilots/feasible/PDF/crambe.pdf>. Acesso em 06 de dezembro de 2019.

GLEICER, E.; FRAISSE, C. W.; ZOTARELLI, L.; STEVENS, F. r.; PERONDI, D.; BARRETO, D. D.; MALIA, H. A.; ECOLE, C. C.; MONTONE, V.; SOUTHWORTH, J. Influence of El Niño-Southern oscillation (ENSO) on agroclimatic zoning for tomato in Mozambique. **Agricultura and Forest Meteorology**, vol. 248, p. 316-328. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.10.002>. Acesso em 03 de junho de 2020.

GUIMARÃES, E. C. **Geoestatística básica e aplicada**. Uberlândia, Faculdade de Matemática. 78 f. 2004. Disponível em: <https://ecg.webnode.com>. Acesso em 10 de fevereiro de 2020.

IBGE CIDADES. **Censo Agropecuário**. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/24/76693>. Acesso em 13 de abril de 2020.

IBGE CIDADES. **Produtividade Agrícola**. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/11863>. Acesso em 13 de abril de 2020.

IBGE. **Portal Geociências**. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2015(a). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em 10 de fevereiro de 2015.

IBGE. **RPR nº 01/2015**. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2015(b). Disponível em: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/rpr_01_2015_sirgas2000.pdf. Acesso em 11 de fevereiro de 2020.

INMET. **Normais climatológicas do Brasil: período 1982-2010**. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET, 22 f. 2010. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em 15 de janeiro de 2020.

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

KNOTHE, G. Perspectivas históricas de los combustibles diesel basados em aceites vegetales. Revista A&G, 47, Tomo XII, No. 2., 2001.

KNOTHE, G.; GERPEN, J.V.; KRAHL, J.; RAMOS, L.P. Manual de Biodiesel, São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 2006.

LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A. **Cultivo do Sorgo: Clima**. Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, Versão Eletrônica, 4ª ed. 2008. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/491906/4/clima.pdf>. Acesso em 05 de novembro de 2019.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: Editora UNESP, 2003. 2. ed. Rev. E ampl. 253 p.

LEITE, R. M. V. B. C; BRIGHENTI, A. M; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. Londrina. Embrapa Soja, 641 f. 2005.

LI, P.; REN, L. Evaluating the effects of limited irrigation on crop water productivity and reducing deep groundwater exploitation in the North China Plain using an agro-hydrological model: I. Parameter sensitivity analysis, calibration and model validation. **Journal of Hydrology**, vol. 574, p. 497-516. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.04.053>. Acesso em 03 de junho de 2020.

LIU, Y.; LIU, L.; ZHU, A.; LAO, C.; HU, G.; HU, Y. Scenario farmland protection zoning based on production potential: A case study in China. **Land Use Policy**, vol. 95, p. 104581. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104581>. Acesso em 03 de junho de 2020.

LORA, E. E. S.; VENTURINI, O. J. **Biocombustíveis: volumes 1 e 2**. Rio de Janeiro: Interciência, 2012. 1200 p.

MACHADO, M. F.; SILVA, S. F. da. **Geodiversidade do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, CPRM. 131 f. 2010.

MADDISON, A. **Historical Statistics of the World Economy**, 2010. Disponível em: <http://www.ggdc.net/maddison/oriindex.htm>. Acesso em abril de 2020.

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C. de; MAY, A.; FILHO, O. F. de L.; SANTOS, F. C. dos; MOREIRA, J. A. A.; LEITE, C. E. do P.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; FREITAS, R. S. de. Exigências edafoclimáticas e fisiologia da produção. In: BORÉM, A.; PIMENTEL, L.; PARRELLA, R. **Sorgo do plantio à colheita**. Viçosa, Editora UFV. 275f. 2014.

MARCOLINI, M. de P. **Efeito das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático para cultura do eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) no estado do Tocantins**. 2014. 93 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Universidade Federal do Tocantins. Palmas, 2014.

MARINS, A. C. de. **Rendimento de grãos e de óleo do crambe em um latossolo: análise espacial e modelos de correlação**. 2014. 159 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2014.

MARTINS, F. B.; GOZAGA, G.; SANTOS, D. F. dos; REBOITA, M. S. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite para Minas Gerais: Cenário atual e projeções futuras. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, Ano 14, p.129-156, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v1i0.60896>. Acesso em 8 de janeiro de 2020.

MAY, A. [et al.]. Cultivo de sorgo sacarino em áreas de reforma de canaviais. **Circular Técnica**, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 36 f. 2013.

MAY, A.; DURÃES, F. O. M.; FILHO, I. A. P.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. da C. **Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol sistema BRS1G – Tecnologia Qualidade Embrapa**. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 120 f. 2012.

MELO, M. C. de R. e. **Políticas públicas brasileiras de biocombustíveis: estudo comparativo entre os programas de incentivos à produção, com ênfase em etanol e biodiesel**. 2018. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Biocombustíveis) – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2018.

MELO, R. S. de. **Clima e produtividade da agricultura permanente: estudo exploratório para o estado de Pernambuco entre os anos de 2002 e 2012**. 2014. 61 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Economia) – Universidade Federal de Pernambuco, 2014.

MELO, Y. L. **Desempenho agrônomo e caracterização de genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.) quanto a marcadores fenológicos, fisiológicos e bioquímicos em duas microrregiões edafoclimáticas do Rio Grande do Norte**. 2012. 97 f. Dissertação (Mestrado Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2012.

MELLO, Y. R. de; OLIVEIRA, T. M. N. de. Análise estatística e geoestatística da precipitação média para o município de Joinville (SC). **Revista Brasileira de Climatologia**, São Paulo, v. 31, n°. 2, p. 229-239, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-778631220150040>. Acesso em 12 de março de 2020.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo. Oficina de Textos, 194 f. 2007.

MINASPETRO. **Produção de etanol de milho ganha espaço na entressafra da cana**. 2016. Disponível em: <http://minaspetro.com.br/noticia/producao-de-etanol-de-milho-ganha-espaco-na-entressafra-da-cana/>. Acesso em 5 de outubro de 2019.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevô**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em 15 de abril de 2020.

NEGRETTE, R. R. D; NOHATTO, M. A.; TAMIOZZO, T.; DENARDIN, E. L. G.; KÖPP, L. M.; TOESCHER, C. F. Potencial produtivo e rendimento do óleo de um grupo de culturas oleaginosas em Uruguaiana – RS. **R. Bras. Agrocência**, Pelotas, v.17, n.2-4, p.256-260, abr-jun, 2011.

NETO, J. F.; COSTA, C. H. M. da; CASTRO, G. S. A. Ecofisiologia do amendoim. **Revista Scientia Agraria Paranaensis**, vol. 11, n° 4, p. 1-13, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v11n4p1-13>. Acesso em 22 de dezembro de 2019.

NOGUEIRA, J. D. de L.; AMARAL, R. F. do. Comparação entre os métodos de interpolação (*Krigagem e Topo to Raster*) na elaboração da batimetria na área da folha Touros – RN. **XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Anais, p.4117-4123, Natal. 2009.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; TÁVORA, F. J. A. F. Ecofisiologia do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) In: SANTOS, R. C. **O agronegócio do amendoim no Brasil**. Campina Grande. 451 f. EMBRAPA – CNPA, 2005.

OMETTO, A. R. **Avaliação do ciclo de vida do álcool etílico hidratado combustível pelos métodos EDIP, exergia e emergia**. 2005. 209 f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2005.

OMETTO, J. C. *Bioclimatologia Vegetal*. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda. 1981. 440 p.

PETROBRAS. Biocombustíveis: 50 perguntas e respostas sobre este novo mercado. **Comunicação Institucional do Abastecimento da Petrobras**. 46 f. 2007.

PIMENTEL, L.; BORÉM, A. **Girassol do plantio à colheita**. Viçosa. Editora UFV, 240 f. 2018.

PRADO, J. N. do. **Estudo sobre o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB): Uma análise sobre os municípios produtores de soja e as cooperativas de agricultura familiar**. 2015. 103 f. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2015.

RAMOS, H. da C.; DALLACORT, R.; NEVES, S. M. A. da S.; 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**, Ano 13, vol. 20, p. 211-233. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/abclima.v20i0.43762>. Acesso em 8 de janeiro de 2020.

REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L. F.; ALVES, M. A. Aspectos climáticos do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**. Curitiba, Ano 11, vol. 17, p.206-226, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/abclima.v17i0.41493>. Acesso em 8 de janeiro de 2020.

REGINATO, P.; SOUZA, C. M. A. de; SILVA, C. J da; RAFULL, L. Z. L. Desempenho agrônomo e qualidade de sementes de crambe em diferentes épocas e profundidade de semeadura. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, vol. 48, nº 10, p.1410-1413, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013001000013>. Acesso em 22 de fevereiro de 2020.

RIBEIRO JR, P.J. & DIGGLE, P.J. GeoR: A package for geostatistical analysis. **R. News**, 1:14-18, 2001.

ROSCOE, R.; BROCH, D. L.; NERY, W. S. L. Análise de sensibilidade dos modelos agrícola e industrial de utilização do óleo de crambe na cadeia produtiva de biodiesel em Mato Grosso do Sul. **Anais Congresso Brasileiro de Mamona**. Campina Grande. Embrapa Algodão, p. 332-340, 2010.

SÁ JÚNIOR, A. de. **Aplicação da classificação de Köppen para o zoneamento climático do Estado de Minas Gerais**. 2009. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Água e Solo) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2009.

SANS, L. M. A.; DE MOARIS, A. V. de C.; GUIMARÃES, D. P. **Época de plantio de sorgo**. Sete Lagoas, MG: MAPA, 2003. (Comunicado Técnico).

SANTIAGO, B. L. S.; RODRIGUES, F. A. Processamento de biomassa lignocelulósica para produção de etanol: uma revisão. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, vol. 3, nº 7, 2017. Pág. 1011-1022. Disponível em: <https://doi.org/10.18540/jcecvl3iss7pp1011-1022>. Acesso em 18 de fevereiro de 2020.

SANTOS, A. R. dos [et al.]. **Espacialização de Dados Meteorológicos no ArcGis 10.3 Passo a Passo [recurso eletrônico]**. Alegre, ES: CAUFES, 64 f. 2015(b). Disponível em: <http://www.mundogeomatica.com.br/LivroEspDadosMeteor.htm>. Acesso em 10 de janeiro de 2020.

SANTOS, A. R. dos [et al.]. **Zoneamento agroclimático no ArcGis 10.3.1: passo a passo [e book]**. Alegre, ES: CAUFES, 58 f. 2015(a). Disponível em: <http://www.mundogeomatica.com.br/LivroZonAgro.htm>. Acessado dia 10 de janeiro de 2020.

SANTOS, F.; BRASIL, L. M. de M.; FARIA, D.; SILVA, V. S. da; GOMES, L.; VILARES, M.; MACHADO, G.; SOUZA, E. de. Aproveitamento integral do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) em processos de biorrefinarias. **Revista ENGEVISTA**, vol. 20, nº 2, p. 374-393, abril, 2018.

SANTOS, R. F. dos; PLACIDO, H. F.; GARCIA, E. B.; CANTÚ, C.; ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, A. P.; FRIGO, K. D. de A. Sorgo sacarino na produção de agroenergia. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, vol. 04, p. 01-12, 2015(c).

SEDIYAMA, G. C.; MELO JÚNIOR, J. C. F. de.; SANTOS, A. R. dos.; RIBEIRO, A.; COSTA, M. H.; HAMAKAWA, P. J.; COSTA, J. M. N. da.; COSTA, L. C. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, vol. 9, nº 3, p. 501-509, 2001.

SERRANO CAÑADAS, E.; RUIZ FLAÑO, P. Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial: el caso de Tiermes-Caracena (Soria). **Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, La Rioja**, n. 45, p. 79-98, 2007.

SILVA, C. R. da; RAMOS, M. A. B.; PEDREIRA, A. J.; DANTAS, M. E. Começo de tudo. In: SILVA, C. R. da (Ed.). **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro**. Rio de Janeiro: CPRM, 2008a. 264 p. il. p. 11-20.

SILVA, P. A. da; LIMA, B. H. de; LA SCALA JR, N.; PERUZZI, N. J.; CHAVARETTE, F. R.; PANOSSO, A. R. Spatial variation of soil carbon stability in sugarcane crops, central-south of Brazil. **Soil & Tillage Research**, vol. 202, Agosto-2020, 104667. Disponível em; <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104667>. Acesso em 03 de junho de 2020.

SUNFLOWER PRODUCTION GUIDELINE. Department of Agriculture, Floresty and Fishries. Republic o South Africa. 28 f. 2010. Disponível em; <https://www.nda.agric.za/docs/Brochures/prodGuideSunflower.pdf>. Acesso em 3 de janeiro de 2020.

TOMM, G.O. **Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 68p.

TUCCI, C. E. M.; DA SIVLEIRA, A. L. L.; [et al]. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4ª ed. 7ª reimp. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2015.

USDA. **Oilseeds: world markets and trades**. Disponível em; <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>. Acesso em 18 de fevereiro de 2020.

USDA. **United States Department of Agriculture**. Economic Research Service. Disponível em; <https://www.ers.usda.gov/data-products/us-bioenergy-statistics/us-bioenergy-statistics/#Supply%20and%20Disappearance>. Acesso em 18 de abril de 2019.

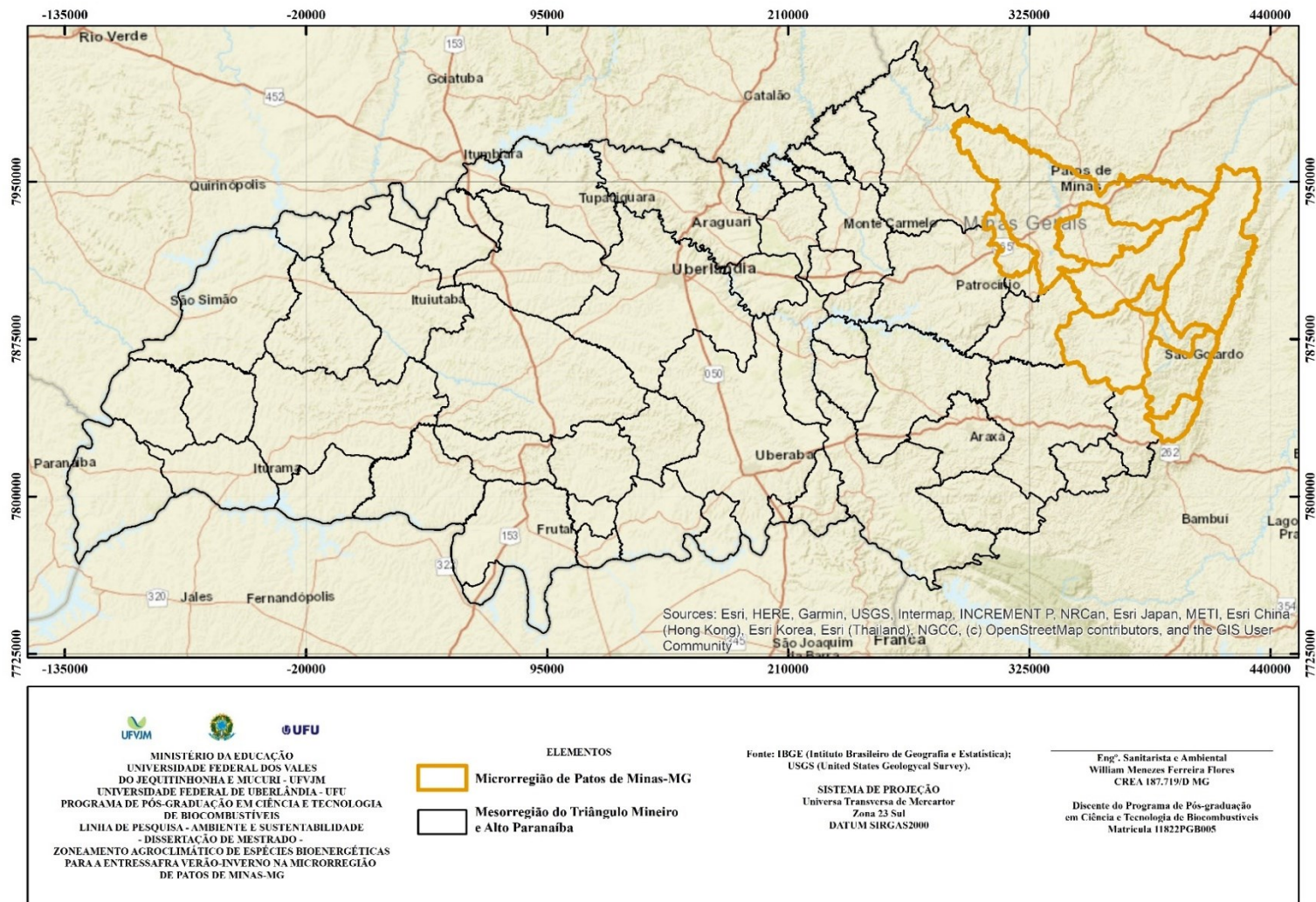
VIDAL, M. de F. Produção e uso de biocombustíveis no Brasil. **Caderno Setorial ETENE**. Ano 4, nº 79, 2019. Pág. 1-13.

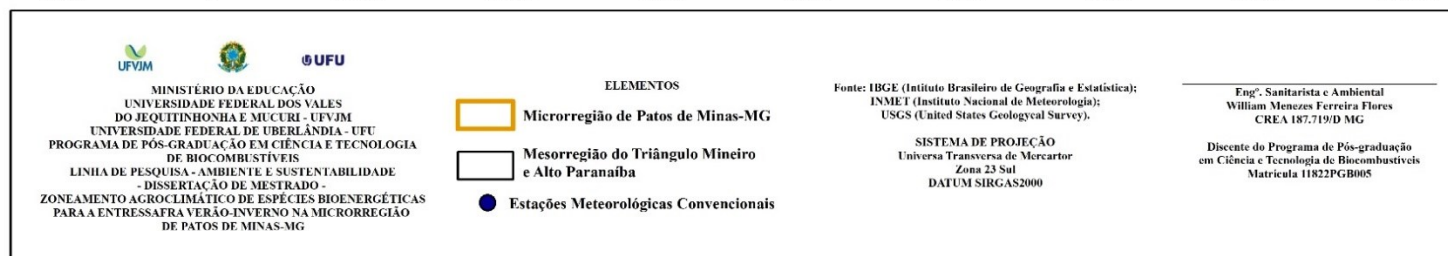
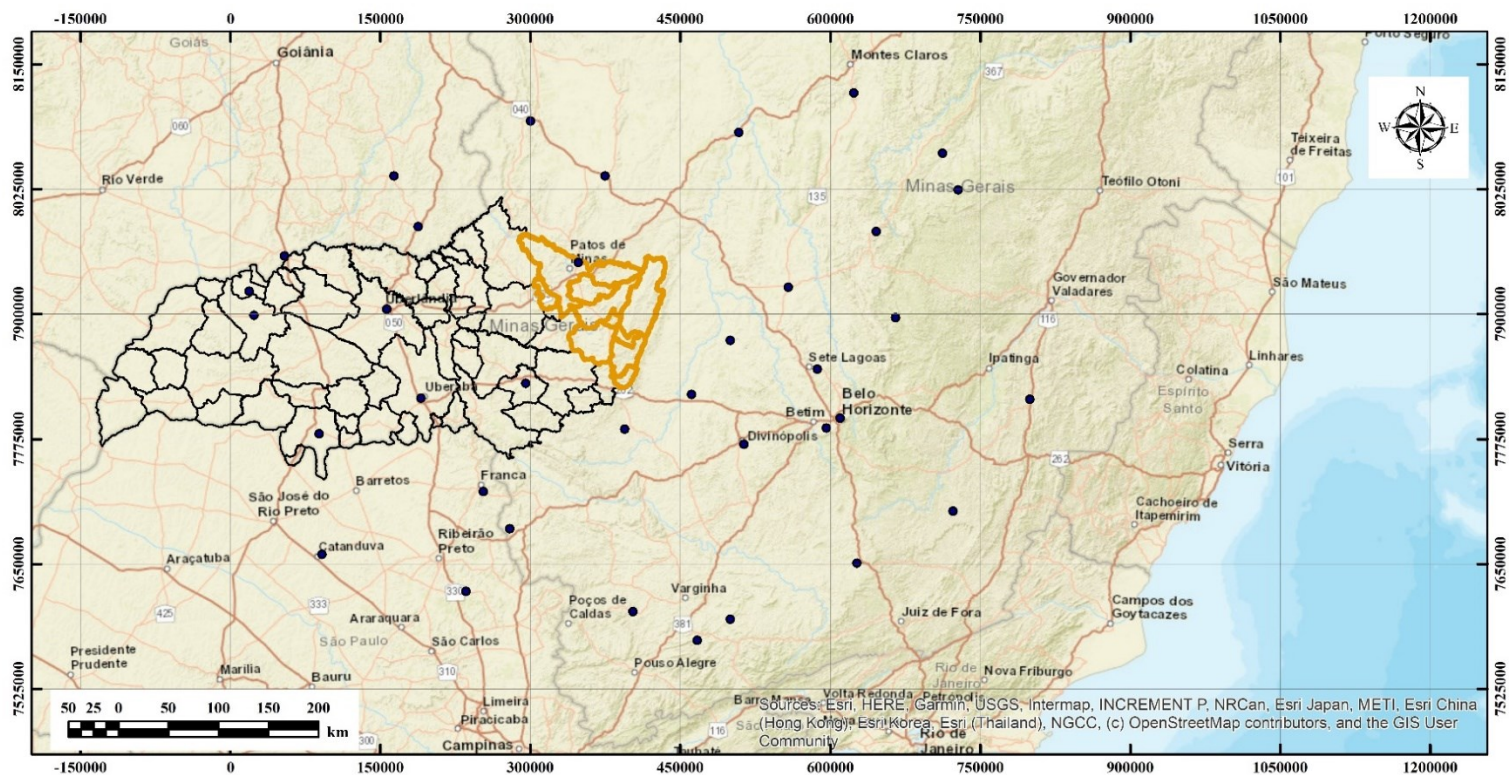
VON PINHO, R. G.; FIORINI, I. V. A.; SANTOS, A. de O. Botânica. In: BORÉM, A.; PIMENTEL, L.; PARRELLA, R. **Sorgo do plantio à colheita**. Viçosa, Editora UFV. 275f. 2014.

WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. Zoneamento agroclimático: linhas de pesquisa e caracterização teórica-conceitual. **Revista Soc & Nat.**, Uberlândia, vol. 25, nº 1, p. 179-190, jan-abr, 2013. Disponível em; <https://doi.org/10.1590/S1982-45132013000100014>. Acesso em 3 de abril de 2020.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística conceitos e aplicações**. São Paulo. Oficina de Textos. 213 f. 2013.

ANEXO I





ANEXO II

Tabela 23 – Caracterização simplificada da geodiversidade da microrregião de Patos de Minas.

DOMINIO	UNIGEO	TEXTURA	RELEVO	DECL	AMPL TOP	GEO_REL
Domínio das Sequências sedimentares Proterozóicas dobradas, metamorfizadas em baixo grau a médio grau	Predomínio de metacalcários, com intercalações subordinadas de metassedimentos siltico-argilosos e arenosos.	Predominantem ente argiloso	Vales Encaixados	10 a 25(>.45)	100 a 300 metros	DSP2mcsaa/R4f
Domínio das Sequências sedimentares Proterozóicas dobradas, metamorfizadas em baixo grau a médio grau	Predomínio de metacalcários, com intercalações subordinadas de metassedimentos siltico-argilosos e arenosos.	Predominantem ente argiloso	Domínio de Morros e de Serras Baixas	15 a 35°	80 a 200 metros	DSP2mcsaa/R4b
Domínio das coberturas Sedimentares e Vulcanossedimentares Mesozóicas e Paleozóicas pouco a moderadamente consolidadas, associadas a grandes e profundas bacias sedimentares do tipo sinéclise	Predomínio de arenitos vulcanoclásticos (Tufos cineríticos).	Variável de arenoso a argilo-siltoso	Planaltos e Baixos Platôs	0 a 5°	20 a 50 metros	DSVMPav/R2b
Domínio dos sedimentos Cenozóicos e Mesozoicos pouco a moderadamente consolidadas associadas a profundas e extensas bacias continentais	Intercalações de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e folhelhos.	Variável de arenoso a argilo-siltoso	Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	5 a 20°	30 a 80 metros	DCMa/R4a2
Domínio dos sedimentos Cenozóicos e Mesozoicos pouco a moderadamente consolidadas associadas a profundas e extensas bacias	Intercalações de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e folhelhos.	Variável de arenoso a argilo-siltoso	Domínio de Morros e de Serras Baixas	15 a 35°	80 a 200 metros	DCMa/R4b

DOMINIO	UNIGEO	TEXTURA	RELEVO	DECL	AMPL_TOP	GEO_REL
continentais						
Domínio dos sedimentos Cenozóicos e Mesozoicos pouco a moderadamente consolidadas associadas a profundas e extensas bacias continentais	Intercalações de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e folhelhos.	Variável de arenoso a argilo-siltoso	Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos	10 a 25°	50 a 200 metros	DCMa/R4e
Domínio das Sequências sedimentares Proterozóicas dobradas, metamorfizadas em baixo grau a médio grau	Predomínio de metacalcários, com intercalações subordinadas de metassedimentos siltico-argilosos e arenosos.	Predominantem ente argiloso	Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos	10 a 25°	50 a 200 metros	DSP2mcsaa/R4e
Domínio das Sequências sedimentares Proterozóicas dobradas, metamorfizadas em baixo grau a médio grau	Predomínio de metacalcários, com intercalações subordinadas de metassedimentos siltico-argilosos e arenosos.	Predominantem ente argiloso	Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	5 a 20°	30 a 80 metros	DSP2mcsaa/R4a2
Domínio das Sequências sedimentares Proterozóicas dobradas, metamorfizadas em baixo grau a médio grau	Predomínio de metacalcários, com intercalações subordinadas de metassedimentos siltico-argilosos e arenosos.	Predominantem ente argiloso	Superfícies Aplainadas Degradadas	0 a 5°	10 a 30 metros	DSP2mcsaa/R3a2
Domínio das coberturas Cenozóicas Detritolateríticas	Depósitos detritolateríticos - Proveniente de processos de laterização em rochas de composições diversas sem a presença de crosta.	Variável na vertical	Chapadas e Platôs	0 a 5°	0 a 20 metros	DCDL/R2c
Domínio das coberturas Cenozóicas Detritolateríticas	Depósitos detritolateríticos - Proveniente de processos de laterização em rochas	Variável na vertical	Superfícies Aplainadas Degradadas	0 a 5°	10 a 30 metros	DCDL/R3a2

DOMÍNIO	UNIGEO	TEXTURA	RELEVO	DECL	AMPL_TOP	GEO_REL
	de composições diversas sem a presença de crosta.					
Domínio das Sequências sedimentares Proterozóicas dobradas, metamorfizadas em baixo grau a médio grau	Intercalações irregulares de metassedimentos arenosos e siltico-argilosos.	Predominantem ente argilo-siltico-arenoso	Planaltos e Baixos Platôs	0 a 5°	20 a 50 metros	DSP2msa/R2b
Domínio das Sequências sedimentares Proterozóicas dobradas, metamorfizadas em baixo grau a médio grau	Intercalações irregulares de metassedimentos arenosos e siltico-argilosos.	Predominantem ente argilo-siltico-arenoso	Domínio de Colinas Amplas e Suaves	3 a 10°	20 a 50 metros	DSP2msa/R4a1
Domínio das Sequências sedimentares Proterozóicas dobradas, metamorfizadas em baixo grau a médio grau	Intercalações irregulares de metassedimentos arenosos, metacalcários, calcossilicáticas e xistos calcíferos.	Predominantem ente argilo-siltoso	Escarpas Serranas	25 a 60°	300 a 2.000 metros	DSP2mcx/R4d
Domínio das Sequências sedimentares Proterozóicas dobradas, metamorfizadas em baixo grau a médio grau	Intercalações irregulares de metassedimentos arenosos e siltico-argilosos.	Predominantem ente argilo-siltico-arenoso	Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos	10 a 25°	50 a 200 metros	DSP2msa/R4e
Domínio das coberturas Sedimentares e Vulcanossedimentares Mesozóicas e Paleozóicas pouco a moderadamente consolidadas, associadas a grandes e profundas bacias sedimentares do tipo sinéclise	Predomínio de arenitos vulcanoclásticos (Tufos cineríticos).	Variável de arenoso a argilo-siltoso	Superfícies Aplainadas Degradadas	0 a 5°	10 a 30 metros	DSVMPav/R3a2
Domínio das coberturas Cenozóicas Detritolateríticas	Depósitos detritolateríticos - Proveniente de processos de laterização em rochas de composições diversas sem a presença de crosta.	Variável na vertical	Planaltos e Baixos Platôs	0 a 5°	20 a 50 metros	DCDL/R2b
Domínio das Sequências	Intercalações irregulares	Predominantem	Vales Encaixados	10 a	100 a 300	DSP2msa/R4f

DOMINIO	UNIGEO	TEXTURA	RELEVO	DECL	AMPL_TOP	GEO_REL
sedimentares Proterozóicas dobradas, metamorfizadas em baixo grau a médio grau	de metassedimentos arenosos e siltico-argilosos.	ente argilo-siltico-arenoso		25(>.45)	metros	
Domínio das coberturas Sedimentares e Vulcanossedimentares Mesozóicas e Paleozóicas pouco a moderadamente consolidadas, associadas a grandes e profundas bacias sedimentares do tipo sinéclise	Predomínio de arenitos vulcanoclásticos (Tufos cineríticos).	Variável de arenoso a argilo-siltoso	Chapadas e Platôs	0 a 5°	0 a 20 metros	DSVMPav/R2c
Domínio das coberturas Sedimentares e Vulcanossedimentares Mesozóicas e Paleozóicas pouco a moderadamente consolidadas, associadas a grandes e profundas bacias sedimentares do tipo sinéclise	Predomínio de arenitos vulcanoclásticos (Tufos cineríticos).	Variável de arenoso a argilo-siltoso	Domínio de Morros e de Serras Baixas	15 a 35°	80 a 200 metros	DSVMPav/R4b
Domínio das coberturas Sedimentares Proterozóicas, não ou muito pouco dobradas e metamorfizadas.	Predomínio de sedimentos siltico-argilosos, com intercalações subordinadas de arenitos e grauvacas.	Variável de arenoso a argilo-siltoso	Domínio de Morros e de Serras Baixas	15 a 35°	80 a 200 metros	DSP1saagr/R4b
Domínio dos sedimentos Cenozóicos inconsolidados ou pouco consolidados, depositados em meio aquoso.	Ambiente de planícies aluvionares recentes - Material inconsolidado e de espessura variável que da base para o topo é formado por cascalho, areia e argila.	Não se aplica	Planícies Fluviais ou fluviolacustres	0 a 3°	Zero	DCa/R1a
Domínio das Sequências sedimentares Proterozóicas dobradas, metamorfizadas	Predomínio de sedimentos siltico-argilosos com intercalações subordinadas	Predominantem ente argilo-siltoso	Domínio de Colinas Amplas e Suaves	3 a 10°	20 a 50 metros	DSP2saa/R4a1

DOMINIO	UNIGEO	TEXTURA	RELEVO	DECL	AMPL_TOP	GEO_REL
em baixo grau a médio grau	de arenitos.					
Domínio das Sequências sedimentares Proterozóicas dobradas, metamorfizadas em baixo grau a médio grau	Intercalações irregulares de metassedimentos arenosos, metacalcários, calcossilicáticas e xistos calcíferos.	Predominantemente argilo-siltoso	Domínio de Morros e de Serras Baixas	15 a 35°	80 a 200 metros	DSP2mcx/R4b
Domínio dos sedimentos Cenozóicos e Mesozoicos pouco a moderadamente consolidadas associadas a profundas e extensas bacias continentais	Intercalações de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e folhelhos.	Variável de arenoso a argilo-siltoso	Vales Encaixados	10 a 25(>.45)	100 a 300 metros	DCMa/R4f
Domínio das Sequências sedimentares Proterozóicas dobradas, metamorfizadas em baixo grau a médio grau	Predomínio de metacalcários, com intercalações subordinadas de metassedimentos siltico-argilosos e arenosos.	Predominantemente argiloso	Domínio de Colinas Amplas e Suaves	3 a 10°	20 a 50 metros	DSP2mcsaa/R4a1
Domínio das coberturas Sedimentares e Vulcanossedimentares Mesozóicas e Paleozóicas pouco a moderadamente consolidadas, associadas a grandes e profundas bacias sedimentares do tipo sinéclise	Predomínio de arenitos vulcanoclásticos (Tufos cineríticos).	Variável de arenoso a argilo-siltoso	Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos	10 a 25°	50 a 200 metros	DSVMPav/R4e
Domínio das coberturas Cenozóicas Detritolateríticas	Depósitos detritolateríticos - Proveniente de processos de laterização em rochas de composições diversas sem a presença de crosta.	Variável na vertical	Domínio de Morros e de Serras Baixas	15 a 35°	80 a 200 metros	DCDL/R4b
Domínio das coberturas Sedimentares e	Predomínio de arenitos vulcanoclásticos (Tufos	Variável de arenoso a	Vales Encaixados	10 a 25(>.45)	100 a 300 metros	DSVMPav/R4f

DOMINIO	UNIGEO	TEXTURA	RELEVO	DECL	AMPL_TOP	GEO_REL
Vulcanossedimentares Mesozóicas e Paleozóicas pouco a moderadamente consolidadas, associadas a grandes e profundas bacias sedimentares do tipo sinéclise	cineríticos).	argilo-siltoso				
Domínio das coberturas Sedimentares Proterozóicas, não ou muito pouco dobradas e metamorfizadas.	Predomínio de sedimentos siltico-argilosos, com intercalações subordinadas de arenitos e grauvas.	Variável de arenoso a argilo-siltoso	Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	5 a 20°	30 a 80 metros	DSP1saagr/R4a2

Fonte: Adaptado do Serviço Geológico Brasileiro/Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais – SGB/CPRM. Levantamento da Geodiversidade do Brasil.

Tabela 24 – Classificação dos solos presentes na área de estudo.

Nova Classificação	Classe	Saturação de Bases
CXe4	Cambissolo	Eutrófico
LVAAd173	Latossolo Variável Una	Distrófico
PVAe12	Podzólico Vermelho-Amarelo	Eutrófico
CXd129	Cambissolo	Distrófico
LVd46	Latossolo Vermelho-Escuro	Distrófico
LVdf17	Latossolo Roxo	Distrófico
CXd33	Cambissolo	Álico
PVAd68	Podzólico Vermelho-Amarelo	Distrófico

Fonte: Adaptado do Departamento de Gestão Territorial/Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais – DEGET/CPRM. Geodiversidade do Brasil.