



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO PARA A SILVICULTURA DE EUCALIPTO NO
MUNICÍPIO DE MANGA – MG COM UTILIZAÇÃO DE GEOPROCESSAMENTO**

Helder Giovanni Guimarães Câmara Junior

**Belo Horizonte
2022**

Helder Giovanni Guimarães Câmara Junior

**AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO PARA A SILVICULTURA DE EUCALIPTO NO
MUNICÍPIO DE MANGA – MG COM UTILIZAÇÃO DE GEOPROCESSAMENTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista

Orientador: Prof. Dr. Carlos Wagner

Coorientador: Prof. Dr. Daniel Brianezi

Belo Horizonte

2022

Helder Giovanni Guimarães Câmara Junior

**AValiação MULTICRITÉRIO PARA A SILVICULTURA DE EUCALIPTO NO
MUNICÍPIO DE MANGA – MG COM UTILIZAÇÃO DE GEOPROCESSAMENTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Aprovado em 01 de Julho de 2022

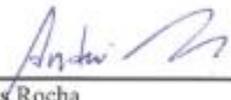
Banca examinadora:



Prof. Carlos Wagner G Andrade Coelho - Orientador



Prof. Daniel Brianezi – Co Orientador



Prof. Prof. Andre Luiz Marques Rocha



Prof. Evandro Carrusca de Oliveira

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus que sempre me protegeu e guiou durante esses 11 períodos cursados no CEFET-MG, sem sua sustentação nada disso seria possível. Agradeço também ao corpo docente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária por todo esforço e competência ao ministrar os conteúdos que embasam o conhecimento que adquiri durante a graduação. Não posso esquecer da minha família, meus pais Helder e Gisele, que sempre acreditaram e me apoiaram na busca do meu sonho, sem seus sábios conselhos nada disso seria possível. Não seria justo esquecer do meu irmão Guilherme, que foi um grande exemplo de determinação e foco, cruciais para concluir esse ciclo. Aos maiores credores deste sonho faltam palavras, conviver diariamente com meus avós paternos, Edna e Sandoval desde a infância me capacitou, através do exemplo de superação e resiliência que foi a vida deles, chegar até aqui. Agradeço também a minha avó materna, dona Olga, por todo apoio e crença na realização deste sonho.

Não seria justo não lembrar de todos os meus tios, Lilian, Luis David, Helton, Hilton, Letícia, Robinson e Jailson por todo apoio e motivação recebidos durante este período. Agradeço também a todos meus amigos, seja os que fiz durante o período escolar, seja os que fiz durante meu tempo na UNIFEI, os do curso de engenharia Elétrica e também os quais compartilhei moradia por quatro anos, grandes amigos da República Ninho do Urubu; mas principalmente aos que fiz durante meu tempo no CEFET-MG, pois vocês acompanharam os episódios diários dessa batalha e me ajudaram a crescer e finalizar meu período de graduação da melhor forma que eu poderia. Agradeço aos meus orientadores, Carlos e Daniel, pela paciência e auxílio na confecção do presente trabalho.

RESUMO

CÂMARA JR., H. G. G. **Avaliação Multicritério para a silvicultura de Eucalipto no município de Manga-Mg com utilização de geoprocessamento.** 2022. 48p. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

No decorrer das últimas décadas, a silvicultura tem se mostrado uma atividade com grande participação no PIB brasileiro, principalmente no estado de Minas Gerais. Isso, devido a concentração do maior quantitativo de plantação de *Eucalyptus* do Brasil. O trabalho em questão objetiva conhecer através de pesquisas, as áreas mais propícias ao cultivo de duas espécies de *Eucalyptus* no município de Manga, norte do Estado de Minas Gerais. Em complemento, utilizou-se técnicas de análise espacial, mais especificamente álgebra de mapas e de hierarquização pelo método AHP. Continuando, após a hierarquização, foram definidas as variáveis em forma classificada de acordo com grau de influência sobre o cultivo analisado. Os resultados encontrados apontaram as áreas mais favoráveis ao cultivo de *Eucalyptus Grandis* e *Eucalyptus Urophilla*, sob os pilares principais: tipo de solo, altitude, temperatura média e precipitação. Observou-se pelos resultados, que na cidade estudada, tem extensa área propícia ao cultivo de *Eucalyptus*, sendo esta região com característica de Latossolo. Concluindo, os objetivos previstos quanto a identificação das áreas de cultivo e de aprimoramento de conhecimentos foram atingidos.

Palavras chave: *Eucalipto*, Manga-MG, Cultivo, Silvicultura.

ABSTRACT

CÂMARA JR., H. G. G. **Multicriteria Evaluation for Eucalyptus Forestry in the municipality of Manga-Mg using geoprocessing**. 2022. 48p. Monograph (Graduate in Environmental and Sanitary Engineering) – Department of Environmental Science and Technology, Federal Center for Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

Over the last decades, forestry has an activity with a large share of the Brazilian GDP, mainly in the state of Minas Gerais. This is due to the concentration of the largest possible number of Eucalyptus plantations in Brazil. The work in question aims through research, as areas to know more favorable to the cultivation of two species of eucalyptus in the municipality of Manga, north of the State of Minas Gerais. In addition, spatial analysis techniques were used, more specifically map algebra and hierarchy by the AHP method. Continuing, after a ranking, were considered as variables in the form according to the degree of influence on the study study. Found the pillars of soil, altitude, pointed as the main areas of reach and the main results. Observe, dare the results, which in the city, has an extensive area conducive to the cultivation of eucalyptus, which is characteristic of Latosol. In conclusion, the foreseen objectives regarding the identification of areas and cultivation and the improvement of knowledge were achieved.

Key words:. Eucalyptus, Manga-MG, Cultivation, Forestry.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	14
2- OBJETIVOS	16
3- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 Zoneamento Florestal	17
3.2 Sistemas de Informações Geográficas	18
<i>3.2.1 Principais áreas de atuações dos SIGs</i>	18
3.3 Analytic Hierarchy Process	19
3.4 Características das Espécies	20
3.5 Tipos de solos	24
<i>3.5.1 Latossolos</i>	25
<i>3.5.2 Argissolos</i>	25
<i>3.5.3 Neossolos</i>	25
<i>3.5.4 Plintossolos</i>	25
<i>3.5.5 Cambissolos</i>	26
<i>3.5.6 Gleissolos</i>	26
<i>3.5.7 Chernossolos</i>	26
<i>3.5.8 Espodossolos</i>	26
<i>3.5.9 Luvisolos</i>	27
<i>3.5.10 Nitossolos</i>	27
<i>3.5.11 Organossolos</i>	27
<i>3.5.12 Planossolos</i>	27
<i>3.5.13 Vertissolos</i>	28
<i>3.5.14 Solos mais propícios ao cultivo de Eucalipto</i>	28
4- METODOLOGIA	30
4.1 Caracterização	30
4.2 Parâmetros Analisados	32
4.3 Acesso aos dados	32
4.4 Software QGIS	33

4.5 Hierarquia de dados	33
4.6 Geração de Mapas	34
5- RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
5.1 Classificação AHP	37
5.2 Tratamento de dados	38
5.3 Apresentação de Mapas	41
6- CONCLUSÕES	45
7- RECOMENDAÇÕES	47
8- REFERÊNCIAS	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Exemplo de processo hierárquico decisório	20
Figura 3.2: Foto de <i>Eucalyptus Urophylla</i>	24
Figura 3.3: Foto de <i>Eucalyptus Grandis</i>	24
Figura 4.1: Localização do município de Manga.	31
Figura 4.2: Painel de comando “Calculadora <i>Raster</i> ” modelar dados para <i>Eucalyptus Grandis</i>	35
Figura 4.3: Painel de comando “Calculadora <i>Raster</i> ” modelar dados para <i>Eucalyptus Urophylla</i>	35
Figura 5.1: Representação de altitude de Manga-MG	38
Figura 5.2: Representação de solos de Manga-MG	39
Figura 5.3: Representação de temperatura média anual de Manga-MG	40
Figura 5.4: Representação de precipitação anual de Manga-MG	40
Figura 5.1: Representação de Área mais propícia ao cultivo de <i>Eucalyptus Grandis</i>	42
Figura 5.2: Representação de Área mais propícia ao cultivo de <i>Eucalyptus Urophylla</i>	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Escala Fundamental de Saaty	21
Gráfico 3.1: Distribuição e evolução da área com plantios de eucalipto por estado.	22
Tabela 3.2 – Estimativa do número de empregos diretos, indiretos e do efeito renda mantidos pelos segmentos associados à plantação de florestas no Brasil:	25
Gráfico 3.2: Evolução da Produtividade do Eucalipto no Brasil	25
Tabela 4.1 - Características edafoclimáticas exigidas pelas espécies:	32
Tabela 5.1: Hierarquia de Importância de Variáveis Ambientais	37

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AHP: Analytic Hierarchy Process

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística UC: Unidades de Conservação

IDE-Sisema: Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente
e Recursos Hídricos

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia MDE: Modelo Digital de Elevação

SIG: Sistemas de Informações Geográficas

1. INTRODUÇÃO

Os biomas brasileiros são muito similares, e segundo IBGE, são classificados em:

- ✓ Amazônia;
- ✓ Cerrado;
- ✓ Pantanal;
- ✓ Caatinga;
- ✓ Mata Atlântica;
- ✓ Pampas.

No estado de Minas Gerais ocorrem três fitofisionomias dos biomas brasileiros citados, são eles a caatinga, Mata atlântica e Cerrado. Já no município de Manga-mg, fruto deste estudo, os biomas característicos são o do Cerrado e o da Caatinga.

O avanço tecnológico dos últimos tempos vem possibilitando um melhor estudo para o aproveitamento das áreas de cultivo físico, principalmente com o crescimento populacional desenfreado das últimas décadas, onde a ocupação territorial vem aumentando significadamente (KURASZ, 2005).

O Eucalipto, devido ao seu grande potencial no fornecimento de matérias-primas para diferentes setores da indústria brasileira, obteve grande destaque na atividade de Silvicultura em meados do século XIX. Neste período, foi introduzido no Brasil tal cultivo e inicialmente era bastante utilizado para se fabricar dormentes para trilhos (SPERANDIO, CAMPANHARO, CECÍLIO, NAPPO, 2010).

O zoneamento agroecológico visando a melhor utilização de recursos edáficos, biológicos e climáticos dos ecossistemas alterados pelo ser humano, é conceituado como organização ecológica e paisagística de determinado espaço. Sendo assim, pode-se considerar que é uma técnica comumente utilizada para delimitação de regiões propícias à implantação de culturas em condições ambientais e econômicas favoráveis (SANCHEZ, 1992, apud SPERANDIO, CAMPANHARO, CECÍLIO, NAPPO, 2010).

Nos dias de hoje, o geoprocessamento tem feito parte do dia a dia dos profissionais da área ambiental auxiliando e facilitando seu trabalho e atuação em campo. De custo relativamente baixo, em alguns casos gratuitos, estudantes e profissionais ambientais vêm buscando e se aprimorando em técnicas ligadas a informações espaciais, como Sistema de Informações Geográficas (IBRACAM, 2020).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Certificação Ambiental, o geoprocessamento é composto geralmente pelos Sistema Informação Geográfica (SIG), um acessório que utiliza variados softwares à metodologias, informações e banco de dados. Essas ferramentas são utilizadas para associar mapas georreferenciados, com elevado grau de especificidade, oferecendo a possibilidade de associar diversas variáveis físicas aos mapas gerados, como por exemplo, o mapeamento de problemas ou ocorrências urbanas e/ou questões ambientais (IBRACAM, 2020).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é o mapeamento de áreas susceptíveis ao cultivo de Eucalipto no município de Manga-MG.

2.2 Objetivos Específicos

Além do objetivo geral proposto, destacam-se os seguintes objetivos específicos:

- Mapear as variáveis ambientais que contribuem para o cultivo do eucalipto no município de Manga;
- Conhecer e estudar as variáveis para o cultivo do Eucalipto na região de Manga-mg;
- Utilizar técnicas de SIG para identificação das melhores áreas de cultivo;
- Mapear áreas susceptíveis ao cultivo de eucalipto no município de Manga-MG.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Zoneamento Florestal

Um zoneamento ecológico pode ser entendido como processo utilizado para identificação de áreas com características distintas e únicas; a caracterização acerca de clima, solo e relevo (fatores físicos), vegetação e fauna (fatores biológicos) e a avaliação com relação à adaptação e aptidão de utilização sustentável para determinados tipos de uso da terra. De acordo com a finalidade do zoneamento e das informações disponibilizadas, a utilização do solo pode ser discriminada por espécies, ou seja, estes tipos de solo são definidos para cultivos específicos (COUTO, 1999, APUD FERREZ, 2006).

É indispensável implementar um diagrama de ordenamento da terra que demonstre com pequeno grau de erro, ou seja, alto grau de segurança, áreas onde as espécies arbóreas analisadas tenham grandes probabilidades de se desenvolver de maneira satisfatória. Sendo que para obter o estabelecimento de cultivos promissores de longa vida, como o cultivo de *Eucalyptus*, se faz necessária uma análise criteriosa das condições ambientais do ambiente selecionado para implantá-las.

Um erro muito comum é a utilização do método de “tentativa e erro”, esta prática é muito comum em cultivos anuais, mas já foi comprovada sua ineficácia para cultivos com ciclos longos, como no caso de cultivos florestais, sendo que é extremamente arriscada a repetição dessa prática, podendo ocasionar prejuízos irreversíveis para as condições do solo da propriedade utilizada para realização do método (FERREZ, 2006, APUD ECHEVERRÍA & JOBBAGY, 2006).

Já é de conhecimento da comunidade científica mundial, uma série de métodos seguidos nos dois hemisférios do planeta para selecionar espécies para cultivo, o qual foca o clima, solo e topografia, como condicionantes para a aptidão do território analisado. Sendo que, é observado que a vegetação local pode ser um ótimo termômetro para o estudo, como indicador das condições ambientais da região. Os autores concluíram que, a combinação entre a duração da estação de seca e a intensidade do regime de chuvas da região,

especificamente sua distribuição, em conjunto com as médias de temperatura da região, são fundamentais para observar quais espécies terão crescimento e desenvolvimento satisfatório na área de implantação do cultivo. Adaptações da composição do solo, e de sua capacidade de retenção de águas, podem influenciar positivamente o sucesso do cultivo desejado (FAO, 1959, APUD FERREZ, 2006).

3.2 Sistemas de Informações Geográficas

Existem várias definições para os Sistemas de Informações Geográficas, sendo que Teixeira os define como “conjunto de programas, equipamentos, metodologias, dados e usuários, perfeitamente integrados, de forma a realizar a coleta, o armazenamento, o processamento e a análise de dados georreferenciados, bem como a produção de informações a partir de sua utilização” (TEIXEIRA, 1995 APUD KURASZ, 2005).

De acordo com BERRY 1995 apud KURASZ 2005, atualmente o SIG engloba a modelagem espacial associada a modelos estatísticos ou operações analíticas avançadas. Sendo classificado em três categorias distintas:

- modelagem de previsão: geralmente é necessária coleta de dados, na maioria das vezes é utilizada a amostragem. Estes dados por sua vez são inseridos em modelos matemáticos já conhecidos com o intuito de identificar alguma característica peculiar do objeto de análise.
- exploração de dados: em busca de obter relações entre variáveis mapeadas e derivações de modelos empíricos, é utilizado os SIGs para identificar e analisar correlações presentes.
- simulação dinâmica: possibilita uma interação entre modelo espacial e usuário com a finalidade de obter previsões de situações específicas em área estudada.

3.2.1 Principais áreas de atuações dos SIGs

Atualmente os Sistemas de informações Geográficas estão sendo aplicados em diversas áreas em consequência da evolução tecnológica dos dispositivos de coleta de dados e facilidades geradas pelo avanço dos sistemas computacionais em geral. (KIMMERLING, 1995 APUD KURASZ, 2005).

Vários autores classificaram as aplicações dos SIGs, sendo que Maguire as separou em três classes:

- sócio econômicas: utiliza a terra, mão de obra humana e a infraestrutura presente no local (MAGUIRE, 1993);
- ambientais: utilização de recursos naturais e análise ambiental (MAGUIRE, 1993);
- gerenciamento: se faz necessário realização de estudos e até projeções para identificar localização e maneiras de como alocar recursos com a finalidade de remediar problemas ou buscar evitar problemas e garantir preservação de características específicas (MAGUIRE, 1993).

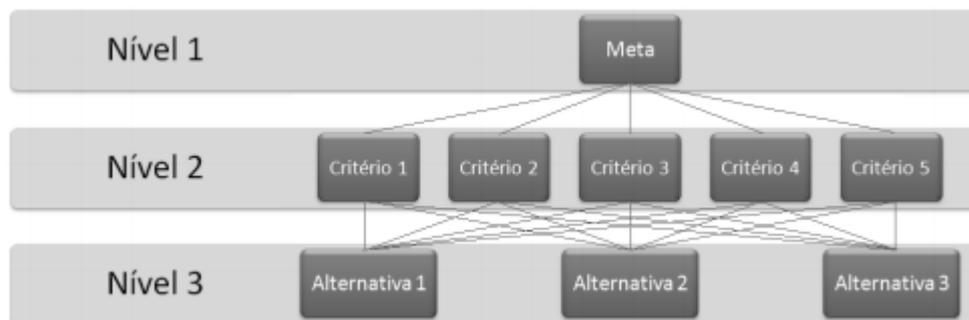
A classe de aplicação do SIG define qual escala utilizar, fonte de dados a ser selecionada e objetivamente funções de análise para obter resultados esperados. Sendo que aplicações sócio econômicas costumam fazer a utilização de escalas elevadas, geralmente entre 1:200 a 1:20.000, analisando problemas pontuais.

Já as aplicações ambientais geralmente utilizam escalas menores que 1:20.000. As escalas podem ser adaptadas para cada situação ou estudo em questão, sendo que a regra não é sempre viável, ou seja, a escala é determinada de acordo com o objetivo do estudo ou pesquisa realizados. (CÂMARA, et al. 1996).

3.3 Analytic Hierarchy Process

O *Analytic Hierarchy Process* é utilizado a partir da decomposição do objetivo ou meta em uma hierarquia de critérios determinados e que exerçam influência à meta. Após a definição da hierarquia lógica, os usuários, ou seja, tomadores de decisões, poderão avaliar as opções por meio da comparação, de duas a duas variáveis acerca de cada critério determinado. (SAATY, 2008). A seguir apresenta-se o fluxograma com exemplo de processo decisório hierárquico. Na figura 3.1 abaixo, exemplos de processos:

Figura 3.1: Exemplo de processo hierárquico decisório



Fonte: (LEUNG E CAO, 2001 APUD GOMEDE, BARROS, 2012)

Geralmente nos estudos empíricos o AHP é utilizado para transformar as comparações em valores numéricos que serão utilizados para processar e comparar as variáveis. Sendo que a principal vantagem deste recurso é a possibilidade de transformar dados empíricos em modelos matemáticos.

A escala geralmente utilizada para analisar as importâncias relativas dos dados, na maioria das vezes entre duas alternativas, é a “escala fundamental de Saaty”. São atribuídos valores de 1 a 9 as variáveis considerando as relativas influências exercidas por uma variável sobre a outra. (SAATY 2005 APUD GOMEDE, BARROS, 2012). Na tabela a seguir observa-se um exemplo de aplicação da escala fundamental de Saaty.

Tabela 3.1: Escala Fundamental de Saaty

ESCALA	AVALIAÇÃO RECÍPROCO		COMENTÁRIO
Igual importância	1	1	Os dois critérios contribuem igualmente para os objetos
Importância moderada	3	1/3	A experiência e o julgamento favorecem um critério levemente sobre outro
Mais importante	5	1/5	A experiência e o julgamento favorecem um critério fortemente sobre outro
Muito importante	7	1/7	Um critério é fortemente favorecido em relação a outro e pode ser demonstrado na prática
Importância extrema	9	1/9	Um critério é favorecido em relação a outro com o mais alto grau de certeza
Valores Intermediários	2.4.6 e 8		Quando se procura condições de compromisso entre duas definições.

Fonte: SAATY, 2008 APUD GOMEDE, BARROS, 2012.

3.4 Características das Espécies

O Brasil é um país que possui áreas extensas cobertas por florestas, em alguns casos inexploradas pelo ser humano. Desta área brasileira, apenas um percentual muito pequeno é destinado a florestas plantadas, sendo que desta área, a parte destinada à plantação de *Eucalyptus* é de 6.970.000 ha, 28,% desta área está localizada em território mineiro, que possuía em 2019 a maior área de plantação de *Eucalyptus* do território nacional, em torno de 1.951.600 ha, entre florestas associadas e não associadas ao Instituto Brasileiro de Árvores (IBÁ) (IBÁ, 2019).

Nenhum outro gênero foi tão cultivado no mundo como o *Eucalyptus*, de acordo com levantamentos feitos pelo IBGE, no ano de 2013 havia cerca de 5,43 milhões de hectares de florestas de eucaliptos espalhadas pelo território nacional, já em 2014 chegou 5,56 milhões

de hectares, segundo a Instituição Brasileira de Árvores o Brasil teve uma produtividade superior a muitos países, circulando por volta de 39m³/ha/ano. Em 2017 foi observada uma área de 7,4 milhões de hectares, ocupando 75,6% da área nacional de florestas. (IBGE 2017, FIGUEIREDO 2016, APUD EMBRAPA 2019).

Abaixo segue gráfico que ilustra o histórico e distribuição de área de plantios de *Eucalyptus* no Brasil:

Gráfico 3.1: Distribuição e evolução da área com plantios de eucalipto por estado.



Fonte: IBÁ, FGV (2020).

As espécies do gênero *Eucalyptus* são perenifólias e em geral possuem porte arbóreo. O primeiro registro que o ser humano obteve destes exemplares foi na região da Oceania, principalmente na Austrália, onde são encontradas em regiões com características edafoclimáticas muito similares, uma vez que são encontradas em terrenos semiáridos e em terrenos de climas frios e úmidos. (HIGA, WREGGE, MATTEI, 2009).

O nome da espécie é uma composição de duas palavras gregas, EU e CALYPTUS, cujo significados são coberto, protegido que fazem referência ao opérculo da flor desta árvore.

Em geral, costumam apresentar de 10 a 50 metros de altura, sendo que já foram registrados indivíduos com 100m de altura (PRYOR,1976 APUD HIGA, WREGE, MATTEI, 2009).

As faixas classificadas como ideais para um número elevado de espécies estão entre 24 a 32°C em áreas com climas tropicais; suportando níveis baixos de temperaturas de 3 a 17°C nos meses mais frios do ano. É válido ressaltar que a temperatura média anual ideal está entre 14 a 22° C (BOOTH; PRYOR, 1991; POYTON,1979 APUD HIGA, WREGE, MATTEI, 2010).

Em decorrência da ampla adaptação das espécies de *Eucalyptus*, crescimento acelerado e alta produtividade quando comparado a outras espécies, este gênero se tornou o mais plantado no mundo (BOOTH ,PRYOR,1991 APUD HIGA, WREGE, MATTEI, 2010). Grande parte das espécies do gênero *Eucalyptus* apresenta grande sensibilidade a geadas, estas que podem ocasionar danos graves ao indivíduo ou até a morte.

Este é um fator que limita a produção de Eucalipto em regiões que apresentam climas temperados. Um número elevado de espécies consegue suportar temperaturas do ar menores que 0° C e um número bem reduzido sobrevive a temperaturas inferiores a -18°C (TURNBULL; ELDRIDGE, 1983 APUD HIGA, WREGE, MATTEI, 2010).

De acordo com a Revista da Madeira, no Brasil foram cultivadas mais de 100 espécies de Eucalipto, sendo que dentre todas essas três obtiveram grande destaque por possuírem restrições climáticas que se parecem com características do nosso clima tropical, ocasionando grande produtividade com essas 3 espécies, que são *Eucalyptus Grandis*, com 55% da área total; *Eucalyptus Saligna* com 17% da área e *Eucalyptus Urophylla* com 9% da área total de floresta de Eucalipto (Revista da Madeira, 2007).

Levando estes dados em consideração, optou-se por estudar duas destas espécies mais cultivadas em território nacional, além de uma terceira espécie, de presença menos comum em território brasileiro.

As espécies que foram analisadas neste trabalho, são: *Eucalyptus Grandis*, e *Eucalyptus Urophylla*. Como a grande maioria das espécies, a primeira é comumente encontrada em países localizados na Oceania, em faixas de 450 a 1250 metros de altitude, onde se desenvolvem com temperaturas médias entre 17° a 23°. O volume acumulado de chuvas necessárias varia entre 550 a 1800 mm durante o ano (ELDRIDGE et al., 1994 apud HIGA, WREGE, MATTEI, 2010).

Já a segunda espécie também é muito utilizada em território brasileiro, principalmente a espécie híbrida que resulta do cruzamento desta espécie com a *Eucalyptus Grandis*; Além de estar presente em vários países situados em locais diferentes do globo terrestre, como: Estados Unidos, Austrália, Índia e África do Sul.

Apresentam desenvolvimento satisfatório em altitudes de até 800m no Brasil. Apresentam ótimo desenvolvimento em níveis de temperatura situados entre 18 a 24° C, a precipitação necessária situa-se em média entre 1000 e 2600 mm, sendo ideal para obter um desenvolvimento satisfatório das culturas (CORREIA, p. TAMIREZ, 2014).

Abaixo, algumas imagens das espécies que foram analisadas:

Figura 3.2: Foto de *Eucalyptus Urophylla*



Fonte: A.A. CLAYTON (2009)

Figura 3.3: Foto de *Eucalyptus Grandis*



Fonte: Barnard (2013).

Pesquisas da ABRAF constataram que em 2012 foram mantidos 4,4 milhões de empregos vinculados ao setor de plantações florestais; sendo que do total 0,6 milhões foram empregos diretamente ligados ao setor, 2,4 milhões resultantes do efeito renda e 1,3 milhões de empregos indiretos (ABRAF, 2012). Os dados são apresentados na tabela abaixo:

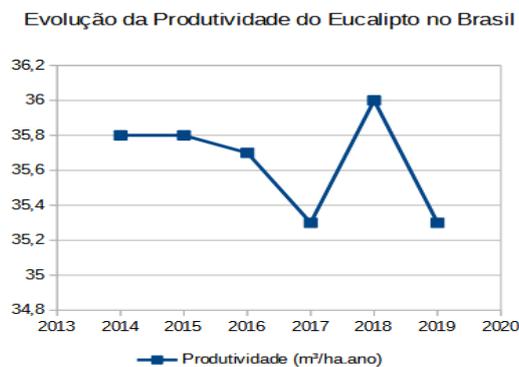
Tabela 3.2 – Estimativa do número de empregos diretos, indiretos e do efeito renda mantidos pelos segmentos associados à plantação de florestas no Brasil:

SEGMENTO	GERAÇÃO DE EMPREGOS-SETOR DE FLORESTAS PLANTADAS			
	Diretos	Indiretos	Efeito Renda	Total
Silvicultura	139.614	569.194	365.143	1.073.951
Siderurgia Carvão Vegetal	14.956	157.036	575.797	747.789
Madeira	196.526	147.395	270.224	614.145
Móveis	113.418	85.064	155.950	354.432
Celulose e Papel	156.988	361.073	1.051.821	1.569.882
TOTAL	621.502	1.319.762	2.418.935	4.360.199

Fonte: ABRAF, 2012, apud CAGED, 2012.

Abaixo pode-se observar no gráfico o panorama da produtividade de Eucalipto nos últimos anos em território nacional.

Gráfico 3.2: Evolução da Produtividade do Eucalipto no Brasil



FONTE: IBA (2021).

3.5 Tipos de solos

Abaixo temos uma breve definição de 13 tipos de solos presentes em território nacional, sendo que a representação é apenas a demonstração dos tipos de solos que estão presentes em mais de 0,1% do território brasileiro.

3.5.1 Latossolos

Latossolos são solos que geralmente apresentam boa drenagem, ou seja, não possuem problemas com excessos de água. Outra característica importante é que são profundos, bastante intemperizados e normalmente de baixa fertilidade (LIMA, 2015).

Segundo a EMBRAPA, este solo está presente em 39% do território nacional, sendo que os minerais predominantes na fração argila são caulinita e óxidos de ferro e alumínio.

3.5.2 Argissolos

São solos que possuem material mineral em sua composição com argila acumulada ao longo do horizonte B, sendo que o horizonte A possui mais areia que o horizonte superficial. Este tipo de solo está presente em aproximadamente 24% do território nacional. É um solo que apresenta pouca capacidade de retenção de nutrientes e geralmente é comum a ocorrência de erosões (LIMA, 2015).

3.5.3 Neossolos

São solos em estado inicial de evolução, normalmente não apresentando o horizonte B, justificando o fato de serem rasos. Costuma estar presente em locais extremamente frágeis e estudos indicam que esteja presente em 15% do território nacional (EMBRAPA, 2015).

3.5.4 Plintossolos

O ferro geralmente está presente em algum horizonte destes solos, gerando o endurecimento em concentrações cascalheiras. É comum a baixa fertilidade química e o excesso de água pode ocasionar problemas, devido às camadas inferiores que são endurecidas (LIMA, 2015).

3.5.5 Cambissolos

Geralmente são solos que possuem pequenas espessuras e horizonte B reduzido. Apresentam pequenos índices de profundidade e baixa fertilidade química natural (LIMA, 2015). De acordo com Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SiBCS), são solos com desenvolvimento incipiente, apresentando pouca diferenciação dos horizontes nas características morfológicas, especialmente pela cor e textura.

3.5.6 Gleissolos

São solos que apresentam coloração cinza nos horizontes B e C, devido a perda de ferro que sofreram ao decorrer das décadas. São solos que com sistemas eficazes de drenagem podem ser propícios para várias atividades agrícolas. São ocorrentes em locais susceptíveis a inundações (LIMA, 2015).

3.5.7 Chernossolos

São solos que apresentam horizonte superficial pertinentemente espesso, escuro, apresentando boa agregação e presença de argilominerais, com isso são solos muito férteis, uma vez que apresentam altos teores de carbono e altos teores de cálcio e magnésio (EMBRAPA, 2015).

3.5.8 Espodossolos

São solos que apresentam horizonte superficial com acúmulo de alumínio ou matéria orgânica, podendo ou não apresentar acúmulo de ferro. Geralmente a granulometria apresenta o predomínio da fração areia, sendo solos muito pobres e ácidos. O horizonte B costuma apresentar cor cinza ou avermelhada. (EMBRAPA, 2015).

3.5.9 Luvisolos

São solos que geralmente apresentam estrutura bem desenvolvida e alta fertilidade química natural. São caracterizados por serem normalmente rasos, com coloração avermelhada ou amarelada, apresentando estrutura bem desenvolvida do tipo blocos ou prismas em subsuperfície. Estima-se que este solo esteja presente em 3% do território nacional (EMBRAPA, 2015).

3.5.10 Nitossolos

São solos que apresentam textura argilosa ou muito argilosa, sendo que na profundidade apresentam baixos níveis de argila com estrutura em blocos ou prismas. Geralmente são profundos, sendo que possuem coloração de vermelho a bruno, sendo difícil identificar diferenciação de cores entre seus horizontes (EMBRAPA, 2015).

3.5.11 Organossolos

São solos que apresentam elevados teores de matéria orgânica, originada da decomposição e acúmulo de resíduos vegetais, com ou sem a presença de minerais. Apresentam elevados níveis de carbono e coloração preta, resultante da decomposição da matéria orgânica, estes solos são raros no território nacional (EMBRAPA, 2015).

3.5.12 Planossolos

Estes solos costumam ocorrer em regiões com relevo plano ou suave ondulado, sendo que ocorrem em 2% do território nacional. Geralmente apresentam textura arenosa em superfície, com alto nível de argila em superfície com mudança abrupta de textura (EMBRAPA, 2015).

3.5.13 Vertissolos

Este tipo de solo está presente em aproximadamente 2% do território nacional. Costumam apresentar baixo grau de desenvolvimento pedogenético e altos teores de argila. Apresentam coloração acinzentada ou preta, sendo que não é possível a diferenciação no teor de argila entre a parte superior e a subsuperficial do solo. Geralmente possuem alta fertilidade química (EMBRAPA, 2015).

3.5.14 Solos mais propícios ao cultivo de Eucalipto

Segundo a Embrapa, o eucalipto não costuma se desenvolver em solos rasos, sendo que estes solos podem apresentar fatores dificultantes como: camadas com superfícies compactas, pedregulhos e com afloramentos de rochas.

Em solos que são encharcados facilmente a planta tem grandes dificuldades para se desenvolver independente do cultivo utilizando. Sendo assim, fica evidente que estes dois fatores são limitantes para o bom desenvolvimento da cultura, com isso a partir dos conceitos listados acima o Latossolo pode ser considerado como mais apto ou favorável ao cultivo de Eucalipto devida a sua profundidade e boa drenagem (EMBRAPA, 2015).

4 METODOLOGIA

Neste capítulo pode-se observar as técnicas e ferramentas que foram utilizadas no trabalho.

4.1 Caracterização

Localizado na região sudeste do território nacional, o estado de Minas Gerais apresenta clima tropical em grande parte do seu território, que possui regiões com variações específicas e distintas (tropical de altitude e tropical úmido), principalmente devido a diferentes níveis de altitude.

Já a região norte do estado apresenta um clima semiárido em função da baixa incidência de chuvas. O estado possui uma área de 586.852,35 km², habitado por 19.597.330 indivíduos que estão distribuídos em 853 municípios. As médias de temperatura registradas no estado são superiores a 18°C em quase todo território, com exceção dos planaltos mais elevados da região sul, onde são registradas médias inferiores a 18° C (GOV MG, 2020).

O município de Manga apresenta clima tropical com transição para semiárido, que é comum na região norte de Minas Gerais, sendo que o município apresenta uma grande amplitude térmica, com temperatura máxima de 38°C, já a temperatura mínima registrada é de 12,6°C e a média anual fica entre 26°C e 30°C.

As chuvas neste município costumam ser escassas, concentradas e irregulares no verão, ou seja, entre os meses de outubro e março. A cidade que é habitada por 19.813 mineiros, apresenta topografia plana com leves ondulações, já a vegetação é xeromorfa, que são plantas adaptadas à seca devido aos solos com deficiência de água (PREFEITURA DE MANGA, 2020).

Figura 4.1: Localização do município de Manga.



FONTE: (PREFEITURA DE MANGA, 2020).

Minas Gerais apresenta produto interno bruto (PIB) de R\$287 Bilhões, sendo que deste valor, uma parcela elevada é provida pelo cultivo de Eucalipto. Este ramo da economia proporciona muitos empregos, sejam diretos ou indiretos para a população mineira, sendo um importante componente das fontes de arrecadação do governo.

O PIB da cidade de Manga no ano de 2014, segundo o IBGE, foi de R\$175.362.323,00 milhões e no ano de 2019 a cidade produziu 1500m³ de lenha provenientes do Eucalipto, representando a grande participação da silvicultura na composição do PIB do município.

Obteve-se dados climáticos oriundos de estações pluviométricas localizadas no estado de Minas Gerais, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Após análise minuciosa dos dados coletados utilizou-se técnicas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), dentre elas *Analytic Hierarchy Process* (AHP) e álgebra de mapas, para correlacionar as variáveis ambientais adquiridas, em segundo momento, ainda com auxílio de ferramentas de SIG, gerou-se mapas que ilustram áreas mais qualificadas a receber o cultivo de 2 espécies de Eucalipto, que são: *Eucalyptus Urophylla* e *Eucalyptus Grandis*. A tabela 3 demonstra as características edafoclimáticas consideradas ideais para melhor aproveitamento do cultivo das espécies:

Tabela 4.1 - Características edafoclimáticas exigidas pelas espécies:

Variáveis	<i>Eucalyptus Grandis</i>	<i>Eucalyptus Urophylla</i>
Temperatura (°C)	13-24	18-24
Precipitação (mm)	1000-2600	1000-2600
Altitude (m)	0-2000	0-800
Solo	Latossolo	Latossolo

FONTE: (CORREIA, P. TAMÍRES 2014).

4.2 Parâmetros Analisados

Com base na revisão bibliográfica feita durante a confecção do presente trabalho, destacou-se a necessidade de estudar os parâmetros que possam ser correlacionados para a identificação das áreas mais propícias para o cultivo de cada uma das espécies analisadas, parâmetros esses como: tipo de solo, temperatura média anual, precipitação média anual e níveis de altitude da cidade de Manga-MG.

4.3 Acesso aos dados

Após a definição dos critérios, fez-se necessário o *download* dos documentos georreferenciados, que abordaram os parâmetros escolhidos para estudo, em formato *raster* ou vetorial.

Os dados climatológicos (precipitação anual), foram obtidos a partir do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), e pelos dados de Modelo Digital de Elevação (MDE) e tipologia dos solos, estes arquivos foram tratados para elaboração de mapas que

representam as áreas propícias aos cultivos, sendo que o MDE foi disponibilizado pelo site da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

4.4 Software QGIS

Obteve-se dados que foram tratados e organizados por meio do software QGIS, onde realizou-se a sobreposição de mapas, de modo a encontrar as áreas que apresentam condições mais propícias ao cultivo das 2 espécies analisadas no município de Manga-MG.

4.5 Hierarquia de dados

Os parâmetros selecionados formaram a matriz como representado pela tabela abaixo, para posterior aplicação do método AHP. Fez-se a hierarquização das variáveis segundo a bibliografia revisada, que relata que o solo apresentar maior relevância e influência na qualidade e maturidade do cultivo de Eucalipto, independentemente da espécie cultivada; logo o tipo de solo obteve classificação de importância dobrada em relação às demais variáveis, conforme Tabela 4.2:

Tabela 4.2 : Hierarquia de Importância de Variáveis Ambientais

Variáveis	Solo (tipo)	Precipitação (mm)	Temperatura(C°)	Altitude (m)
Solo (tipo)	1	3	5	7
Precipitação (mm)	1/3	1	3	5
Temperatura(°C)	1/5	1/3	1	3

Altitude (m)	1/7	1/5	1/3	1
---------------------	-----	-----	-----	---

FONTE: Adaptado de AHP-OS, G.D. KLAUS, BPMSG (2022).

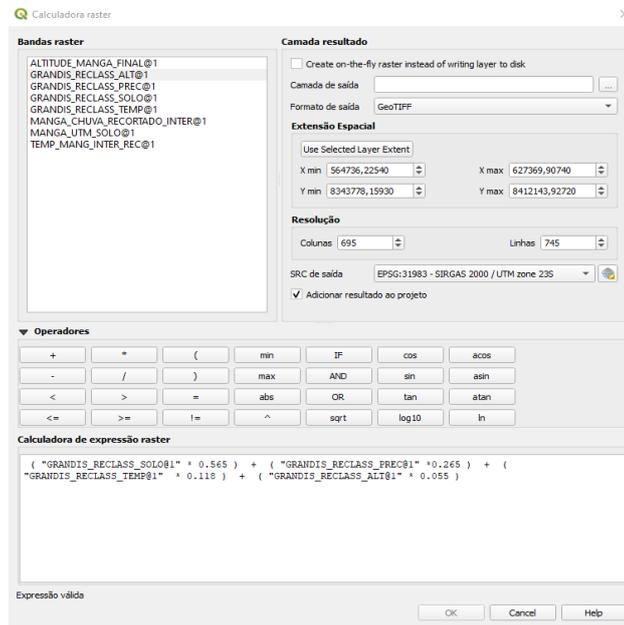
4.6 Geração de Mapas

A partir dos 4 arquivos *vetor*, retirados das fontes acima informadas e posteriormente convertidos de *vetor* para *raster*, fez-se possível a geração de outros 4 arquivos *raster* com as características relevantes para a análise proposta pelo estudo, sendo cada arquivo relacionado a uma única espécie de Eucalipto.

Dando sequência ao processo, com o auxílio da calculadora *raster* e técnica AHP, utilizada para criação de critérios hierárquicos entre variáveis, gerou-se um único mapa em formato *raster* que apresentará as áreas mais adequadas para os cultivos de cada espécie de *Eucalyptus* no município de Manga.

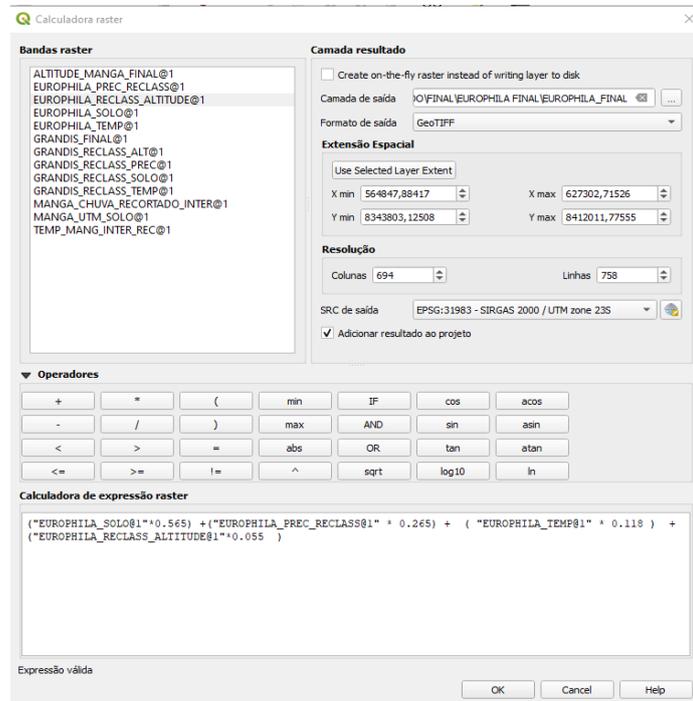
Considerou-se que o solo apresenta a maior relevância sobre o desenvolvimento da planta, com isso, a criação foi realizada considerando os pesos distribuídos anteriormente, de acordo com o método SATTY para as prioridades, ou seja, para correlacionar as variáveis. Então após completar a matriz que representará o AHP, fez-se a inserção das constantes no painel da “calculadora *raster*” com o intuito de executar a “álgebra de mapas”, e então obter a área propícia para cultivo de cada espécie no município de Manga, a partir da análise das quatro variáveis ambientais. Abaixo segue painel da “calculadora *raster*” para ilustrar o procedimento:

Figura 4.2: Painel de comando “Calculadora Raster” para modelar dados para *Eucaliptus Grandis*



FONTE: Adaptado pelo autor de Qgis (2022).

Figura 4.3: Painel de comando “Calculadora Raster” para modelar dados para *Eucaliptus Urophylla*



FONTE: Adaptado pelo autor de Qgis (2022).

O processo acima listado foi realizado uma vez para cada espécie de Eucalipto e resultou em um mapa que ilustra as áreas mais adequadas ao cultivo da respectiva espécie analisada.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível obter através das técnicas de geoprocessamento analisando variáveis ambientais corretas a identificação das áreas mais propícias para o plantio e cultivo do Eucalipto na cidade de Mangá, a seguir serão apresentados os resultados que foram obtidos para apresentar os dados:

5.1 Classificação AHP

Para aferir a hierarquia das variáveis importantes na obtenção das áreas propícias para o cultivo das duas espécies de *Eucalyptus* no município de Manga, utilizou-se a técnica estatística, *Analytic Hierarchy Process*(AHP), as variáveis foram analisadas quanto a relevância de importância que uma delas exerce sobre a outra, ou seja, analisadas em duplas. Dessa forma as relevâncias foram apresentadas em uma tabela, sendo que as hierarquias consideradas seguiram os valores da escala fundamental de Satty, como o modelo a seguir:

Tabela 5.1: Hierarquia de Importância de Variáveis Ambientais

Variáveis	Solo (tipo)	Precipitação (mm)	Temperatura (C°)	Altitude (m)
Solo (tipo)	1	3	5	7
Precipitação (mm)	1/3	1	3	5
Temperatura(°C)	1/5	1/3	1	3
Altitude (m)	1/7	1/5	1/3	1

FONTE: Adaptado de AHP-OS, G.D. KLAUS, BPMSG (2022).

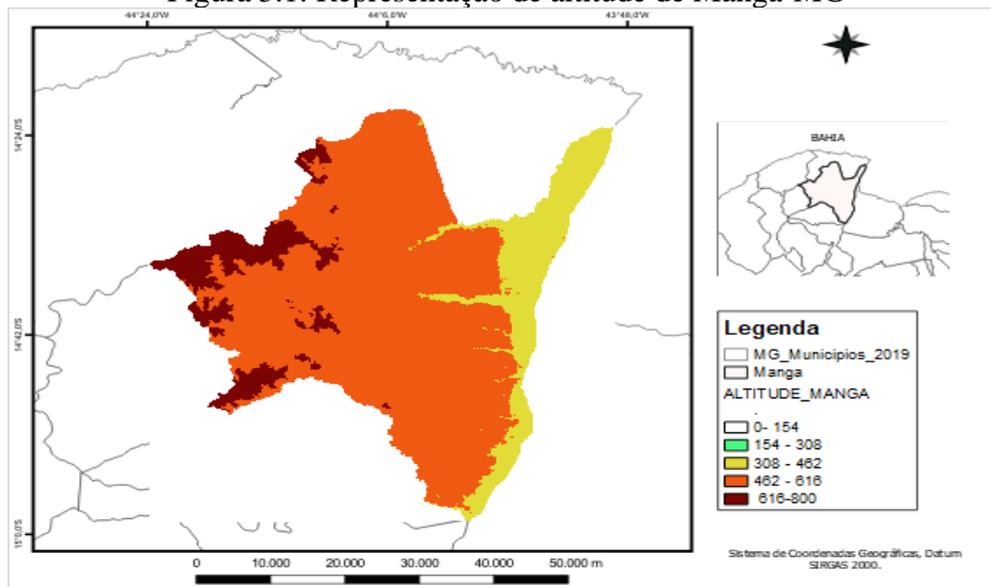
5.2 Tratamento de Dados

Após tratamento dos arquivos *shapefile*, com o auxílio das ferramentas "interpolação IDW", "recortar por camada de máscara" e "r.reclass" do Qgis, gerou-se arquivos *raster* que carregam as características do modelo digital de elevação(altitude), temperaturas médias, níveis pluviométricos e tipos de solo presentes no município.

Com o intuito de correlacionar as variáveis, gerou-se arquivos *raster*, através da ferramenta "calculadora *raster*", encontrada no *software* Qgis, utilizou-se uma técnica de álgebra de mapas, representando as áreas mais propícias ao cultivo de duas espécies de eucalipto, considerou-se as quatro variáveis propostas neste trabalho.

A partir de arquivos *raster* de declividade, um modelo digital de elevação (MDE), disponibilizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), que possibilitou a representação dos diferentes níveis de altitude presentes no território municipal de Manga, posteriormente realizou-se a modelagem através das ferramentas "recortar por camada de máscara" e "r.reclass" do *software* Qgis com a finalidade de correlacionar as variáveis geradas com estes dados às outras variáveis posteriormente levantadas neste estudo. Segue imagem *raster* que representa os níveis de Altitude:

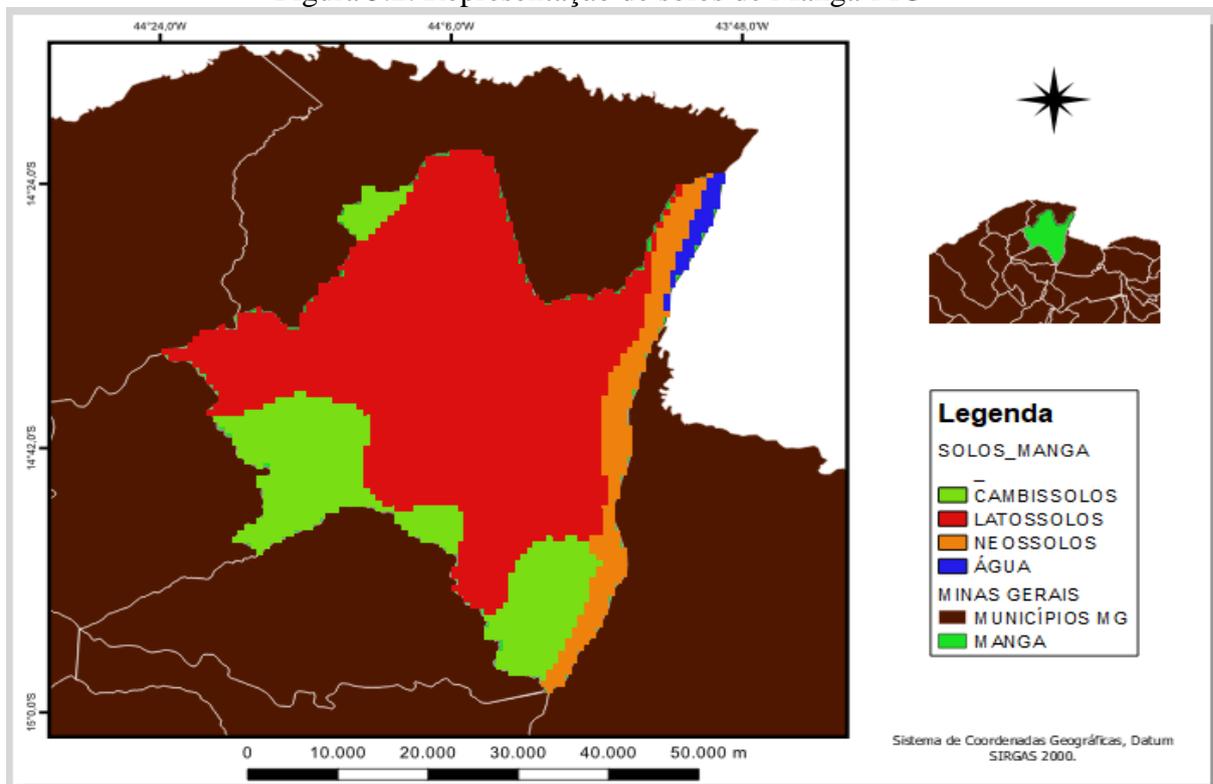
Figura 5.1: Representação de altitude de Manga-MG



FONTE: de autoria própria (CÂMARA, 2022).

A partir de um arquivo *shapefile* disponibilizado pela EMBRAPA contendo os tipos de solo presentes em Minas Gerais, fez-se possível a identificação dos tipos de solos presentes no município de Manga. Com o auxílio das ferramentas “recortar por camada de máscara” e “*rasterizar*” gerou-se um arquivo contendo as características do solo do município. Categorizou-se este arquivo de acordo com a aptidão para cultivo de Eucalipto. Segue imagem para ilustrar o resultado obtido após a tratativa dos dados:

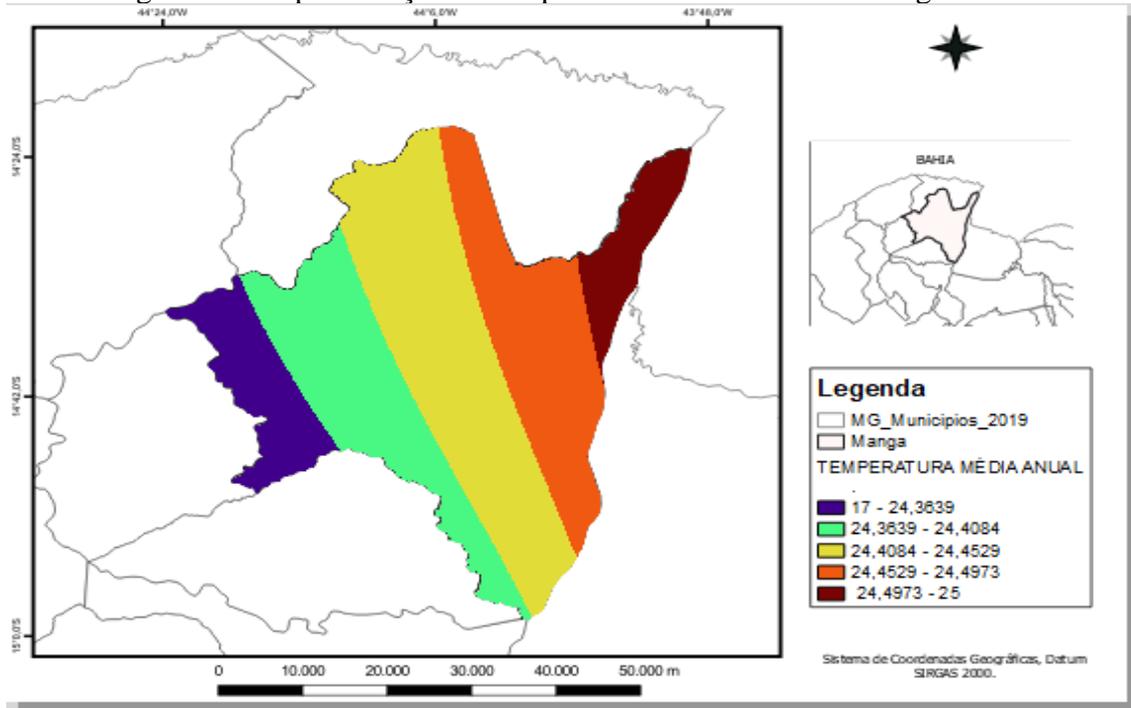
Figura 5.2: Representação de solos de Manga-MG



FONTE: de autoria própria (CÂMARA, 2022).

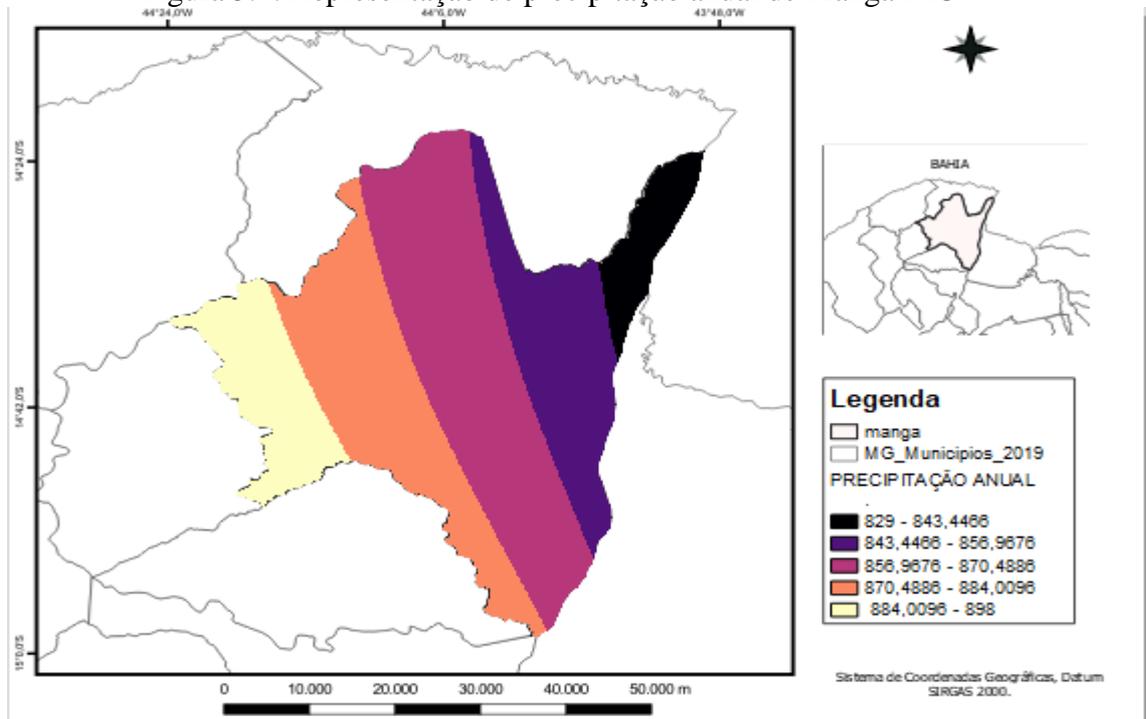
A coleta e registro de dados possibilitou analisar as médias de temperatura e níveis de precipitação do estado de Minas Gerais, fez-se necessário acessar o banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com a finalidade de obter arquivos *shapefile*, com medições de média anual de temperatura e níveis de precipitação, considerou-se a média anual de 2014 do município de Manga. Seguem imagens para ilustrar os dados de precipitação e temperatura média após a readequação dos dados:

Figura 5.3: Representação de temperatura média anual de Manga-MG



FONTE: de autoria própria (CÂMARA, 2022).

Figura 5.4: Representação de precipitação anual de Manga-MG



FONTE: de autoria própria (CÂMARA, 2022).

Anteriormente aos procedimentos listados, desenvolveu-se uma hierarquia dos dados através da *Analytic Hierarchy Process (AHP)*, a Análise Hierárquica do Processo que permitiu colocar as variáveis em ordem de importância. Após análise das bibliografias listadas acima, dentre as variáveis analisadas neste trabalho, chegou-se à conclusão de que o solo era a variável que exerceria maior influência no desenvolvimento das plantas, logo buscou-se o cenário ideal para cultivo de cada espécie no município de Manga.

Então a partir da técnica de álgebra de mapas e com auxílio da ferramenta “calculadora *raster*”, as variáveis foram cruzadas cada qual com seu peso de importância, para a identificação das áreas mais susceptíveis ao cultivo do objeto de estudo deste trabalho. Conseqüentemente, confeccionou-se mapas que possibilitaram analisar a adequação da região ao cultivo das espécies verificadas neste projeto.

Após criar a hierarquia adotada no projeto, a partir do AHP, foi necessária a utilização da ferramenta “calculadora *raster*” para executar a álgebra de mapas proposta, presente no *software* Qgis, executando o modelo criado anteriormente, e então, resultou-se em dois mapas utilizados para identificar as áreas mais propícias para os cultivos das duas espécies analisadas neste trabalho.

5.3 Apresentação de Mapas

5.3.1 *Eucalyptus Grandis*

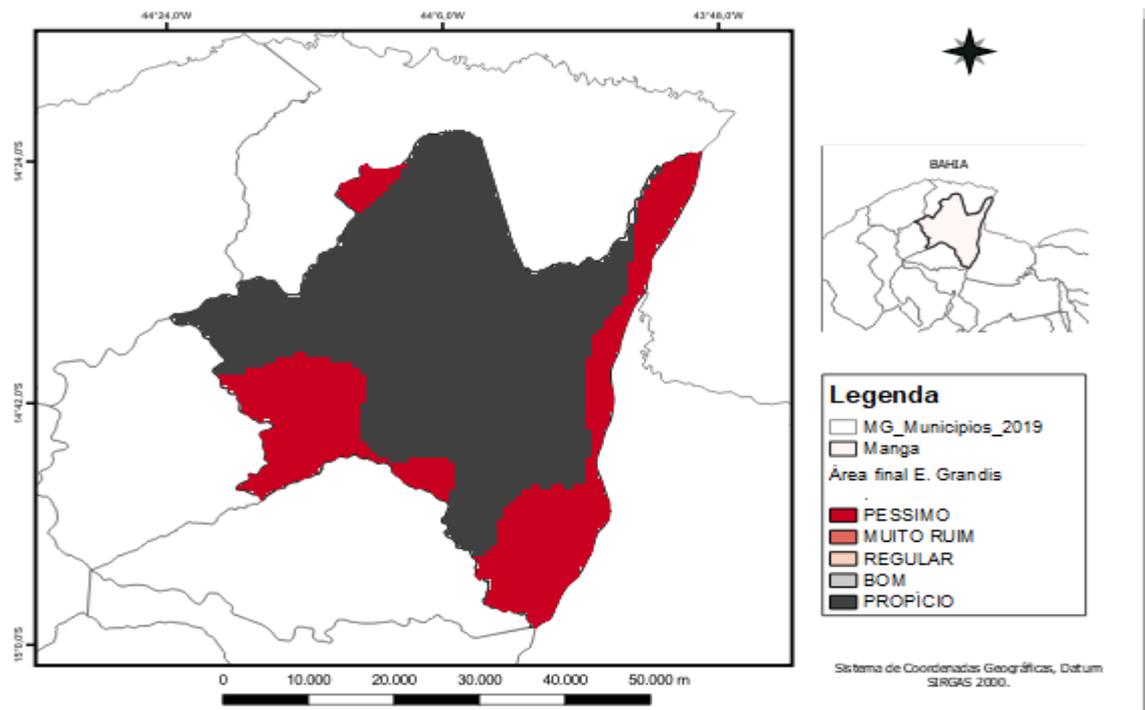
Ao todo, gerou-se dois mapas, sendo que cada um deles apresenta as áreas mais propícias para uma única espécie para o município de Manga. Utilizou-se a álgebra de mapas para correlacionar as 4 variáveis analisadas (altitude, tipo de solo, temperatura média do ar, precipitação); com esta ação fez-se possível aglutinar todas as influências em um único mapa e finalmente averiguar as áreas mais propícias segundo o método proposto para cultivar cada uma das espécies na área analisada.

Gerou-se o mapa abaixo considerando toda a matriz apresentada na tabela 5.1, os dados foram importados de diversos portais listados acima, como é possível observar na

Metodologia. Para a classificação da legenda utilizou-se o método discreto com distribuição de valores em intervalos iguais, classificou-se o resultado em 5 intervalos;

Após este procedimento correlacionou-se aos intervalos características referentes às condições de cultivo da espécie *Eucalyptus Grandis*, sendo representado de "Péssimo" a "Propício", este último apresentando condicionantes ambientais extremamente favoráveis ao cultivo analisado. Para a espécie *Eucalyptus Grandis* encontrou-se o seguinte resultado, apresentado no mapa abaixo:

Figura 5.5: Representação de Área mais propícia ao cultivo de *Eucalyptus Grandis*



FONTE: de autoria própria (CÂMARA, 2022).

Na Figura 5.5, pode-se perceber que os locais favoráveis estão representados de cinza escuro e claro, já a coloração vermelha representa as regiões pouco favoráveis ao cultivo. Ressalta-se a importância de estudos mais aprofundados a respeito de áreas de preservação ambiental, uso e ocupação do solo, incluindo áreas de preservação permanente, o que inviabilizaria o cultivo de Eucalipto, devido a supressão da vegetação nativa se quase inviável, uma vez que deve ser autorizada pela autoridade competente.

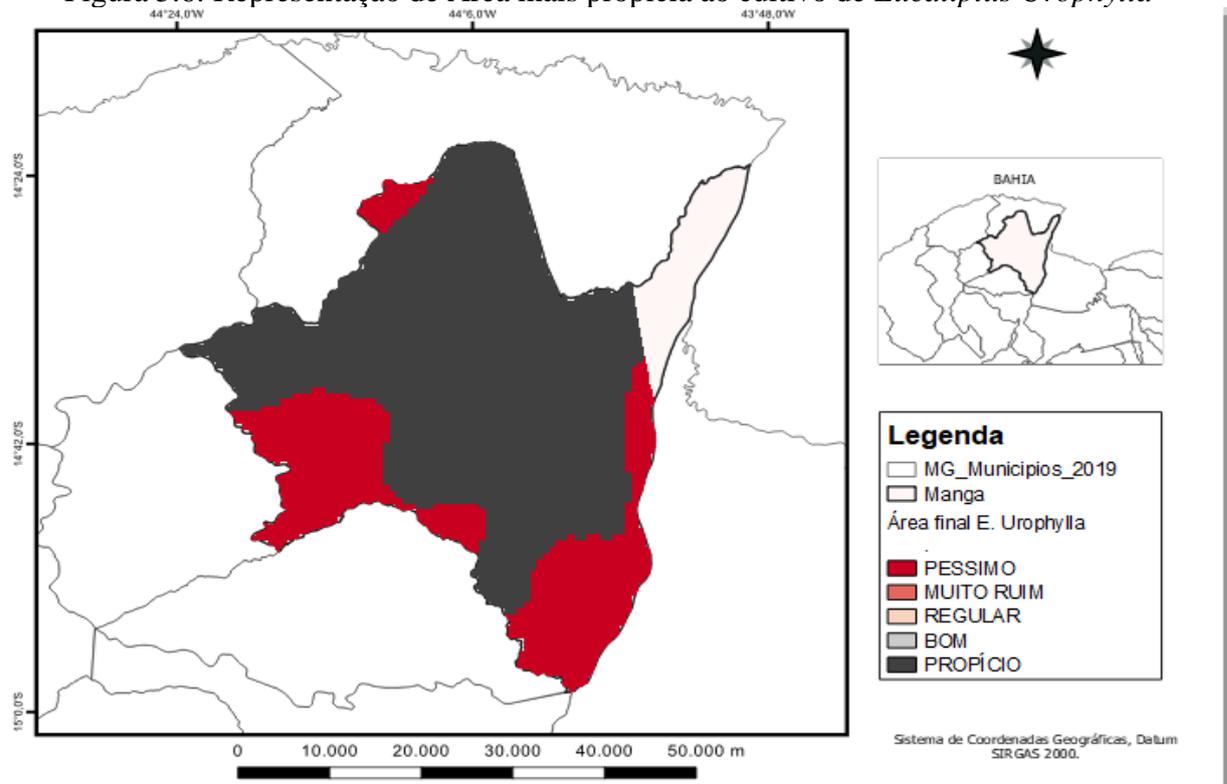
Em princípio, a vegetação que existe na APP não pode ser suprimida, a não ser nos casos de utilidade pública e de interesse social previstos na legislação.

5.3.2 *Eucalyptus Urophylla*

Gerou-se o mapa abaixo considerando toda a matriz apresentada na tabela 5.1, os dados foram importados de diversos portais citados acima, como descrito na Metodologia. Para a classificação da legenda utilizou-se o método discreto com distribuição de valores em intervalos iguais, resultando em 5 classes;

Após este procedimento foi correlacionado aos intervalos características referentes às condições de cultivo da espécie *Eucalyptus Urophylla*, sendo representado de "Péssimo" a "Propício", este último apresentando condicionantes ambientais extremamente favoráveis ao cultivo analisado. O resultado está representado na imagem 5.6 abaixo:

Figura 5.6: Representação de Área mais propícia ao cultivo de *Eucalyptus Urophylla*



FONTE: de autoria própria (CÂMARA, 2022).

Na Figura 5.6, pode-se perceber que os locais favoráveis estão representados de cinza escuro; e a coloração vermelha representa as regiões pouco favoráveis ao cultivo. Ressalta-

se a importância de estudos mais aprofundados a respeito de áreas de preservação ambiental, uso e ocupação do solo, incluindo áreas de preservação permanente, o que inviabilizaria o cultivo de Eucaliptos, devido a supressão da vegetação nativa ser quase inviável, uma vez que deve ser autorizada pela autoridade competente. Em princípio, a vegetação que existe na APP não pode ser suprimida, a não ser nos casos de utilidade pública e de interesse social previstos na legislação.

Devido a grande influência que o solo exerce sobre o cultivo de Eucalipto, dentre as variáveis analisadas neste trabalho, independentemente da espécie analisada, as áreas mais propícias ao cultivo se localizaram onde foi observado a presença de Latossolo, um solo que apresenta grande profundidade e drenagem eficaz, fatores que beneficiam o desenvolvimento da planta.

6 CONCLUSÕES

O presente trabalho apresenta-se como um mecanismo capaz de identificar espacialmente regiões propícias para cultivo de qualquer espécie de Eucaliptos, de acordo com as variáveis ambientais analisadas: Tipologia de solo, Altitude, Temperatura média e níveis de precipitação anual; à partir do conjunto de ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas com técnicas de análise hierárquica de dados. Através da revisão na bibliografia e estudo do cultivo de Eucaliptos, foi possível definir quais as variáveis mais relevantes para a identificação dessas áreas na região municipal de Manga - MG.

A realização do presente trabalho teve como objetivo principal verificar quais áreas eram mais propícias ao cultivo de *Eucalyptus Grandis* e *Eucalyptus Urophylla* – duas espécies com exigência edafoclimáticas bem singulares; foi analisada a área de Mangá, cidade localizada no norte de Minas Gerais – Também buscou-se analisar dados disponíveis e propor recomendações para esse tipo de cultivo.

Para correlacionar as variáveis, o método escolhido foi o AHP (*Analytic Hierarchy Process*), que se mostrou muito eficaz para representar os pesos propostos, ajudando a executar as operações necessárias, uma vez que este apresenta fácil manuseio e alta precisão, ou seja, quando utilizado da maneira correta proporciona resultados condizentes com o cenário real.

É válido ressaltar que este método utilizado neste estudo, oferecerá grande ajuda na escolha de futuras áreas de cultivo, mas também é importante considerar a inclusão de outras variáveis tão importantes quanto as analisadas neste estudo, como radiação, uso e ocupação do solo, umidade relativa do ar e composição química do solo, uma vez que o procedimento seja realizado no total para estas 8 variáveis, o resultado apresentará ainda mais exatidão e confiança para tomadas de decisões.

Contudo, todavia o resultado obtido neste trabalho ainda pode ser utilizado por agricultores para auxílio na escolha de áreas de cultivo de Eucalipto no município de Manga-MG.

A partir dos conhecimentos adquiridos durante a confecção deste presente trabalho foi possível identificar analisando: níveis de precipitação, altitude, tipos de solo e temperatura média; as áreas mais adequadas para cultivar as espécies *Eucalyptus Urophylla* e *Eucalyptus Grandis* no município de Manga-MG, que foram apresentadas através de 2 mapas temáticos confeccionados no software QGIS.

Foi possível verificar, a partir do trabalho, que as áreas com a presença de latossolo, coincidiram com as áreas consideradas propícias para o cultivo das duas espécies de Eucalipto, analisadas anteriormente. Fato que se dá pelas características de alta profundidade e drenagem apropriada destes solos, que são características que mais influenciam o desenvolvimento das plantas de Eucalipto, segundo a EMBRAPA.

7 RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se refazer o processo com dados empíricos, ou seja, a partir de dados coletados e mensurados em área, ou seja, é necessário tempo, uma vez que a média para corte de Eucalipto é 7 anos. Outra recomendação seria a inclusão de 4 novas variáveis ao estudo, que são: Radiação, composição química do solo, umidade relativa do ar e o uso e ocupação do solo. Sendo possível a análise de um ciclo do cultivo, seria possível correlacionar as variáveis analisadas neste presente trabalho com mais precisão, adicionando mais confiança ao método utilizado.

O método de análise utilizado, o *Analytic Hierarchy Process* revelou-se um grande aliado utilizado para correlacionar as devidas importâncias das variáveis ambientais analisadas, é um recurso de fácil manuseio e alta precisão, se utilizado de maneira correta, proporciona resultados condizentes com o cenário real.

Sendo assim, recomenda-se estudos mais aprofundados, com um maior número de parâmetros, talvez até estudos de campo visando comprovar ou levantar parâmetros para as variáveis ambientais analisadas neste presente trabalho, porém o resultado obtido pode ser utilizado por agricultores para auxílio na escolha de áreas de cultivo de Eucalipto no município de Manga-MG.

8 REFERÊNCIAS

ABRAF-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. Anuário estatístico da ABRAF do Ano de 2012. Disponível:<<http://www.abraflor.org.br>> Acesso em 01 de janeiro de 2021.

Aspectos geoambientais da eucaliptocultura no Vale do Paraíba Paulista / Marco Antonio Ferreira Gomes, Lauro Charlet Pereira, Anderson Soares Pereira, Ricardo Antonio Almeida Pazianotto. – Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2019.

CAMPANHARO, A. W., CECÍLIO, A. R., NAPPO E. M. e SPERANDIO V. H. - ZONEAMENTO AGROECOLÓGICO PARA ESPÉCIES DE EUCALIPTO NO ESPÍRITO SANTO. - CAMINHOS DE GEOGRAFIA - disponível em: <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>.

Dunn's White gum, white gum. Disponível em: <https://apps.lucidcentral.org/euclid/text/entities/eucalyptus_dunnii.htm>. Acesso em: 01 de fevereiro de 2021.

Edward L. Barnard, Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Disponível em <Bugwood.org>. Acesso em 01 de fevereiro de 2021.

EMBRAPA - Paludzyszyn Filho, E; Santos, P. E. T. - Disponível em <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/eucalipto/arvore/CONT000h0181hfg02wx7ha07d3364snejv43.html#:~:text=Por%20outro%20lado%2C%20umidade%20e,do%20eucalipto%20\(Puccinia%20psidii\).](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/eucalipto/arvore/CONT000h0181hfg02wx7ha07d3364snejv43.html#:~:text=Por%20outro%20lado%2C%20umidade%20e,do%20eucalipto%20(Puccinia%20psidii).>)> Acesso em 01 de fevereiro de 2021.

EMBRAPA-Organização: Joel Penteadro Edição: Katia Pichelli e Simone Soares - Disponível em: <<https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/eucalipto/perguntas-e-respostas>> Acesso em 05 de fevereiro de 2021.

EMBRAPA, SOLOS DO BRASIL. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/eucalipto/perguntas-e-respostas>> Acesso em 30 de abril de 2022.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006.

Ferez, Ana Paula. (2006). Zoneamento Edafoclimático de Aptidão para Espécies Florestais em Cenários de Mudança Climática: Um Estudo de Caso na Costa Rica. 10.13140/RG.2.2.17724.23686.

Governo de Minas, Dados e Estatísticas Geográficas. Disponível em:<<https://www.mg.gov.br/conheca-minas/geografia>>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2021.

GOMEDE, E. e BARROS, M. R. - UTILIZANDO O MÉTODO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) PARA PRIORIZAÇÃO DE SERVIÇOS DE TI: UM ESTUDO DE CASO. Departamento de Computação – Universidade Estadual de Londrina – UEL Caixa Postal 6001 – 86051-990 – Londrina – PR – Brazil

Higa, R.C.V.; Mora, A.L.; Higa, A.R. Plantio de eucalipto na pequena propriedade rural. Colombo: Embrapa

Florestas, 2000. 31p. (Embrapa Florestas. Documentos, 54).

HIGA, R. C. V.; WREGE, M. S. Zoneamento climático de *Eucalyptus grandis* para a região Sul do Brasil. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. (Embrapa Florestas. Documentos, 209). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/39479/1/Doc209.pdf>.

IBRACAM - Disponível em: <<https://ibracam.com.br/blog/o-que-e-geoprocessamento-e-qual-sua-importancia#:~:text=O%20geoprocessamento%2C%20juntamente%20com%20o,planejam%20ambientais%20urbanos%20e%20rurais.>> Acesso em 15 de fevereiro de 2021.

IBGE <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/manga/panorama>

Introdução ao QGIS e à análise espacial/ Carlos Wagner Andrade Gonçalves Coelho - Belo Horizonte: CEFETMG, 2019.

J. Antúnez Glez, Fotografia de *Eucalyptus Globulus Labill*, Disponível em <<https://biodiversidade.eu/especie/eucalyptus-globulus-labill/?lang=pt>>. Acesso em 01 de fevereiro de 2021.

KURASZ, G. , (2005), SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADO AO ZONEAMENTO AMBIENTAL DA RESERVA FLORESTAL EMBRAPA/EPAGRI, CAÇADOR/SC - UFPR - CURITIBA.

LEUNG, L. C. e CAO, D. (2001), On the efficacy of modeling multi-attribute decision problems using AHP and Sinarchy. *European Journal of Operational Research*, v. 132, n. 1, p. 39-49.

LIMA, R. MARCELO (2015). Principais classes de solos do Brasil - UFPR - Departamento de solos e engenharia - Curitiba - PR.

NAPPO, E. M. e NAPPO, E. A. (2005), ZONEAMENTO ECOLÓGICO DE PEQUENA ESCALA PARA NOVE ESPÉCIES ARBÓREAS DE INTERESSE FLORESTAL NO ESTADO DE MINAS GERAIS.

Revista da Madeira - Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1141&subject=E%20mais&title=Plantio%20de%20eucalipto%20na%20pequena%20propriedade%20rural> Acesso em 05 de fevereiro de 2021.

SAATY, T. L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill International.

SAATY, T. L. (2005), *Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs, and Risks*. Pittsburgh: RWS Publications

SAATY, T. L. (2008), *Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors - The Analytic Hierarchy/Network Process*. Madrid: Review of the Royal Spanish Academy of Sciences, Series A, Mathematics. Disponível em <<http://www.rac.es/ficheros/doc/00576.PDF>>. Acesso em 07 de março de 2021.

SÁNCHEZ, R. O. *O Zoneamento Agroecológico do Estado de Mato Grosso. Ordenamento Ecológico-Paisagístico do Meio Natural e Rural*. SPCG. 1992. Cuiabá, MT

Perguntas e respostas - Portal Embrapa - Organização: PENTEADO, JOEL. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/eucalipto/perguntas-e-respostas>> . Acesso em: 23 de abril de 2022.

Transferência de tecnologia florestal: cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda / Emiliano Santarosa, Joel Ferreira Penteado Júnior, Ives Clayton Gomes dos Reis Goulart, editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2014.

Zoneamento agroclimático do eucalipto para o Estado do Rio Grande do Sul e edafoclimático na região do Corede Sul – RS / editado por Carlos Alberto Flores; José Maria Filippini Alba e Marcos Silveira Wrege – Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009.