



**SISTEMA DE INFORMAÇÕES  
PARA PLANEJAMENTO FLORESTAL  
NO CERRADO BRASILEIRO**

**VOLUME I**



**SISTEMA DE INFORMAÇÕES  
PARA PLANEJAMENTO FLORESTAL  
NO CERRADO BRASILEIRO**

DOI: 10.11606/9788586481703

**VOLUME I**

2019

**ORGANIZADORES:**

LUCIANA DUQUE SILVA

ANTONIO RIOYEI HIGA

DANIEL DE CASTRO VICTORIA

COORDENAÇÃO:

**USP**



**Embrapa**

*Informática Agropecuária*

APOIO:

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



## Universidade de São Paulo

Reitor Vahan Agopyan  
Vice-reitor Antonio Carlos Hernandes

### Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Diretor Durval Dourado Neto  
Vice-diretor João Roberto Spotti Lopes

Revisão e Edição Luciana Duque Silva  
Capa José Adilson Milanêz  
Diagramação Maria Clarete Sarkis Hyppolito  
Impressão e Acabamento Serviço de Produções Gráficas - ESALQ  
Tiragem 1.000 exemplares

Livro disponível nas versões impressa e eletrônica:

<https://www.esalq.usp.br/biblioteca/portais-de-pesquisa/livros-abertos-da-esalq>

<http://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP>

<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/publicacoes-de-plano-abc>

#### Dados de Catalogação na Publicação DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

---

Sistema de informações para planejamento florestal no cerrado brasileiro : v.1  
[recurso eletrônico] / organização de Luciana Duque Silva, Antonio Riroyei  
Higa e Daniel de Castro Victoria. - - Piracicaba: ESALQ/USP, 2019.  
168 p. : il.

Projeto SiFlor Cerrado  
ISBN: 978-85-86481-70-3  
DOI: 10.11606/9788586481703

1. Cerrado - Brasil 2. Planejamento florestal 3. Povoamento florestal 4. Sistema de  
informação I. Silva, L.D., org II. Higa, A.R. org III Victoria, D. de C., org IV. Título

CDD 634.92

---

Elaborada por Maria Angela de Toledo Leme - CRB-8/3359

“Esta obra é de acesso aberto. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e a autoria e respeitando a Licença Creative Commons indicada.”



# Apresentação

Esse primeiro volume do Livro SiFlor Cerrado apresenta, algumas, das informações técnicas que fizeram parte das inúmeras reuniões realizadas para a definição das metodologias a serem utilizadas no projeto “Sistema de Informações para Planejamento Florestal no Cerrado Brasileiro” - (SiFlor Cerrado), que tem como objetivo auxiliar produtores rurais, extensionistas, profissionais da área florestal e outros interessados, na tomada de decisões sobre a escolha de espécies arbóreas para implantação de florestas comerciais, na forma de sistemas de produção de monocultura ou de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) no Bioma Cerrado. O projeto é coordenado pela ESALQ/USP, UFPR e Embrapa Informática Agropecuária, tem o apoio do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA dentro do Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC).

O primeiro Capítulo desse livro contextualiza historicamente os eventos importantes que ocorreram no Brasil e no Mundo sobre temas ambientais e agrícolas. Além disso, explica as motivações e objetivos do Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura: o Plano ABC, ponto de partida desse trabalho.

O Capítulo 2 apresenta um enfoque a nível genético sobre a escolha do material genético para plantio em áreas do Bioma Cerrado. Abordando três aspectos atuais relacionados a essa decisão: a) mudanças climáticas na região de plantio; b) adaptação genética nas plantações florestais; e c) minimização dos riscos futuros da eucaliptocultura no Bioma Cerrado.

O Capítulo 3 trata dos aspectos fisiológicos do Eucalipto em relação ao principal fator limitante para o crescimento de cultivos no Bioma Cerrado: a água. Junto com ele, os autores também exploram temas diretamente relacionados, como a importância do desenvolvimento radicular das árvores e as condições físico-químicas encontradas nos solos do Bioma Cerrado.

O Capítulo 4 foi elaborado para trazer as principais etapas do “Projeto SiFlor Cerrado” que conta com materiais genéticos do gênero *Eucalyptus* sp e *Corymbia citriodora*, Cedro australiano, Mogno africano, Pinus e Teca. Apresentando a metodologia de desenvolvimento do trabalho (coleta de dados, amostragem), um modelo de subdivisões do Bioma Cerrado, chamado de “Dendrozonas de Coleta de Dados”, metodologias aplicadas na prospecção e no processamento de dados, síntese da prospecção de campo e apresentação da metodologia da classificação de aptidão das espécies/clones.



# Sumário

## CAPÍTULO 1

<b>Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura - Plano ABC</b> .....	7
Referências bibliográficas .....	18

## CAPÍTULO 2

<b>Considerações genéticas sobre restauração de paisagens florestais no Bioma Cerrado</b> .....	19
2.1 Introdução .....	19
2.2 Mudanças climáticas na região de plantio .....	20
2.3 Adaptação genética das plantações florestais aos novos ambientes .....	21
2.4 Minimização dos riscos futuros da eucaliptocultura no Bioma Cerrado .....	23
Referências bibliográficas .....	23

## CAPÍTULO 3

<b>Aspectos fisiológicos de <i>Eucalyptus</i> spp. frente às adversidades hídricas do Cerrado</b> .....	26
3.1 Introdução .....	26
3.2 Aspectos fisiológicos da tolerância à seca .....	27
3.3 O comprimento radicular é um fator determinante para a aquisição de água no cerrado .....	29
3.4 A alta densidade da madeira pode contribuir para maior tolerância à seca .....	30
3.5 Plantas isoídricas são menos produtivas, porém, mais tolerantes à seca .....	30
3.6 A elevada acidez dos solos intensifica o problema da restrição hídrica no Cerrado .....	31
3.7. O projeto Tolerância à Seca abre possibilidades para o aumento da produtividade de eucalipto no Cerrado .....	33

3.8. Considerações finais .....	34
Referências bibliográficas .....	34

## **Capítulo 4**

### **Sistema de Informações para Planejamento Florestal no Cerrado Brasileiro -**

<b>“SiFlor Cerrado”</b> .....	42
4.1 Metodologia .....	42
4.1.1 Definição das espécies .....	44
4.1.2 Delimitação do Bioma Cerrado em Dendrozonas de Coleta de Dados .....	49
4.1.3 Critérios para a distribuição das parcelas amostrais.....	68
4.1.4 Contato com parceiros, reuniões e prospecções para planejamento de Coleta de Dados .....	68
4.1.5 Prospecções de dados em campo, aplicação de questionário e amostragem em campo .....	68
4.1.6 Processamento dos Dados .....	77
4.2 Síntese das prospecções de campo .....	97
4.3 Classificação de aptidão das Espécies/Clones .....	138
Referências Bibliográficas .....	140
ANEXO I .....	144
ANEXO II .....	146
ANEXO III .....	152
ANEXO IV .....	155
ANEXO V .....	158
ANEXO VI .....	163
ANEXO VII .....	166

# Capítulo I

## Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura - Plano ABC

*AFFA Eng. Agrônomo Elvison Nunes Ramos<sup>1</sup>*

Para compreender como surgiu o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC), é importante observar o momento histórico que precedeu a sua idealização, como também o aspecto do desenvolvimento tecnológico da agropecuária em construção no Brasil.

Por ser um Plano Setorial, ele precisou absorver as demandas do setor produtivo, tanto em termos da produção, produtividade e elevação da renda do produtor rural, como também do momento ambiental, surgido com a discussão do novo código florestal e das exigências de consumo de uma sociedade cada vez mais exigente, o que ao mesmo tempo explica e justifica como e porque o Brasil, um país de dimensões continentais chegou ao Plano ABC.

No período seguinte a segunda grande guerra mundial, especialmente a partir da década de 1950, o termo “desenvolvimento rural”, segundo Navarro (2001), passou a ser debatido nos mais diversos segmentos da sociedade e na política, estendendo-se até o final dos anos 70. Neste período, a produção rural sofreu uma grande transformação advinda do

movimento denominado de “Revolução Verde” ou modernização da agricultura, como foi chamado à época. Esse movimento pretendeu e conseguiu elevar os índices de produção e produtividade, por meio do incentivo ao uso intensivo de insumos químicos industrializados, principalmente fertilizantes e agrotóxicos, máquinas e equipamentos, aliados ao monocultivo em extensas áreas.

Conforme Veiga (2001), o modelo de desenvolvimento rural estabelecido posteriormente à revolução verde passou a ser questionado pela sociedade e pelo meio científico. A cientista americana Rachel Carson, ainda em 1962, com a publicação do livro “Primavera Silenciosa”, na qual mostra que o atual modelo, além não ter promovido a superação das mazelas sociais existentes no campo, ainda desencadeou uma lenta mas progressiva deterioração do meio ambiente, pelo uso de tecnologias importadas, não desenvolvidas localmente e nem tão pouco adaptadas às condições edafoclimáticas das regiões brasileiras.

Após a realização da Conferência de Estocolmo, em 1972, o questionamento acerca do conceito de desenvolvimento rural foram intensificados, numa tentativa de buscar novos caminhos e alternativas

---

[1] Engº Agrônomo e Auditor Fiscal Federal Agropecuário  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

para alcançar o modelo de desenvolvimento que incorporasse outros aspectos ao processo produtivo agrícola, que conforme Veiga (2006), não poderia ser voltado simplesmente para o crescimento econômico.

Com a evolução dos debates a cerca desse tema e a crescente percepção da sociedade sobre os impactos surgidos após o padrão de crescimento adotado no período pós-segunda guerra, inclusive no setor agrícola, nasceu o termo “desenvolvimento sustentável”, buscando incorporar a compreensão das chamadas “dimensões ambientais e sociais”.

A expressão sustentabilidade foi publicamente utilizada pela primeira vez em 1979, no Simpósio das Nações Unidas sobre Inter-relações entre Recursos, Ambiente e Desenvolvimento, no texto intitulado - “A busca de padrões sustentáveis de desenvolvimento”, citado por Veiga (2006). Assim surgiu a conjugação do termo “desenvolvimento rural sustentável”, que estabeleceu o cenário para uma nova mudança de paradigma do processo produtivo agrossilvipastoril.

Segundo Schneider (2006), o desenvolvimento rural é um processo que resulta de ações articuladas, que visam induzir mudanças sócio-econômicas, políticas e ambientais no meio rural. Após a virada do século XXI (Júnior - 2007), profundas mudanças ocorreram no mundo, melhorando as relações do homem com o meio ambiente, bem como promovendo o termo desenvolvimento sustentável como instrumento de políticas públicas.

Nesse caminho, de promover e fixar esse novo paradigma no meio rural, é que surgiu a Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Agricultura ABC), como o resultado do esforço do setor no sentido de obter uma maior produção e produtividade, elevação da renda e do bem estar no campo, tendo como base os sistemas, técnicas e métodos de produção com elevado grau de sustentabilidade.

Essa proposta de produção mais conservadora dos recursos naturais, mais tecnificada e integradora, somente foi

alcançada a partir de um trabalho intenso da pesquisa agropecuária brasileira, envolvendo a academia, as instituições de pesquisa, de transferência e difusão de tecnologias.

A agricultura brasileira vem sendo desenvolvida no Brasil a mais de 30 anos, e teve como marco referencial e histórico a criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), que ocorreu em 26 de abril de 1973. A Embrapa é uma empresa pública de pesquisa vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que juntamente com outras instituições públicas federais, estaduais, universidades, empresas privadas e fundações, realizam a melhoria da produção agropecuária brasileira.

Como resultado dessa conjugação de esforços se teve a “tropicalização” do processo produtivo agrícola. Como exemplo mais expressivo, temos o cultivo da soja em regiões do Brasil ainda consideradas inadequadas para tal finalidade, como é o caso do Bioma Cerrado. Essa conquista revolucionou a história da produção mundial desse grão e da agricultura brasileira, pois, o Brasil passou a produzir a soja num período chave para o comércio internacional, ou seja, na entressafra da produção dos Estados Unidos da América do Norte.

Não obstante a esse grande salto da produção agrícola nacional ocorrida com a incorporação do Bioma Cerrado ao processo produtivo nacional, a domesticação da soja às nossas condições de solo e clima, entre outros avanços, além da incorporação da sustentabilidade aos seus processos produtivos. A pesquisa agropecuária nacional precisava também enviar esforços para atender as exigências de uma sociedade cada vez mais globalizada e ávida por resultados em termos das mudanças climáticas.

Conforme citado por CORDEIRO (2015) e GARNETT (2013), os apelos globais para que seja difundida a concepção da agricultura mais sustentável e resiliente às mudanças climáticas é a cada dia mais intenso. Nesse sentido, o termo “inten-

sificação sustentável” ganhou destaque, pois remete a uma forma de produzir mais eficiente, com maior produtividade, porém com menos uso de recursos naturais e, adicionalmente, menos emissores de gases de efeito estufa e mais resilientes.

O Brasil, inserido nesse cenário de possuir alternativas produtivas em bases sustentáveis para o setor agropecuário, bem como reconhecendo a importância do tema em torno das mudanças climáticas, assumiu um compromisso voluntário de redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) para agropecuária brasileira, projetado para 2020. Esse compromisso ocorreu durante a 15ª Conferência das Partes (COP-15), realizada em meados dezembro de 2009 em Copenhague, pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC).

Em 29 de dezembro de 2009, o governo brasileiro instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), mediante a publicação da Lei nº 12.187/2009. Dessa forma, o Brasil oficializou seu compromisso voluntário de redução das emissões entre 36,1% e 38,9% de GEE, projetadas para 2020, o que corresponde a um valor em torno de 1 bilhão de t de CO<sub>2</sub> eq..

No âmbito da PNMC, em atendimento ao Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010, que regulamentou a Lei nº 12.187/2009, foi então definida a elaboração do Plano ABC.

A construção do Plano ABC se iniciou com a formação de um Grupo de Trabalho (GT), sob a coordenação da Casa Civil da Presidência da República do Brasil. O GT foi composto por representantes de todos os seguimentos que de uma forma ou de outra participam do setor agropecuário. Dentre os principais representantes de entidades se tem: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA); Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA); Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA); Ministério da Fazenda (MF); Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI); Ministério do Meio Ambiente (MMA). Além da esfera

governamental, também participaram representantes do Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas (FBMC), Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), Confederação Nacional dos Trabalhadores na Agricultura (Contag), Organização das Cooperativas do Brasil (OCB), Central Única dos Trabalhadores (CUT), Instituto de Estudos Socioeconômicos (Inesc), Conservação Internacional e WWF – Brasil, entre outras.

O Plano ABC foi aprovado em maio do ano de 2011, em reunião ordinária do Grupo Executivo do Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (Gex/CIM) e tem como objetivo principal garantir um melhor retorno econômico para o setor, maior resiliência dos sistemas produtivos aos impactos das mudanças climáticas e o aperfeiçoamento contínuo e sustentado de práticas de uso e manejo dos recursos produtivos que reduzam as emissões de GEE e que permitam conciliar a produção de alimentos, madeira, fibras, biomassa e energia.

Dessa forma, o Plano visa fomentar práticas que aumentem a fixação atmosférica de CO<sub>2</sub> na vegetação e no solo dos setores da agricultura nacional, cujo potencial de mitigação das emissões estão em torno de 133 a 162 milhões t CO<sub>2</sub> eq., bem como desenvolver ações que promovam à adaptação de sistemas produtivos e de suas comunidades rurais e o estabelecimento de novas cultivares mais resistentes ao estresse hídrico.

Assim, a expectativa do setor agrossilvipastoril é de que mediante a implementação do Plano ABC, tanto a mitigação dos impactos negativos das mudanças climáticas causados no desenvolvimento das atividades do setor, como a adaptação às alterações decorrentes destas e a resiliência, ocorreram de forma gradativa, como resultado da adoção das tecnologias definidas no Plano, tais como: a Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD); a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF); Sistema Plantio Direto (SPD); Fixação Biológica de Nutrientes (FBN); Florestas Plantadas (FP) e Tratamento de Dejetos de Animais (TDA).

É neste sentido, que em cada programa do Plano ABC, o MAPA propõe um elenco de ações para viabilização das metas estabelecidas até 2020, visando assegurar a redução das emissões de GEE (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O) e, ao mesmo tempo, aumentar a renda dos produtores rurais. Para tanto, são necessárias à execução das seguintes medidas: (i) fortalecimento das organizações de assistência técnica e extensão rural oficial; (ii) capacitação, treinamento e informação; (iii) estratégias de transferência de tecnologia, tais como, dias-de-campo, palestras, seminários, oficinas, implantação de Unidades de Referência Tecnológica (URTs) ou de teste e Demonstração (UTD); (iv) estabelecimento de estudos e mapeamentos de áreas prioritárias e de pastagens degradadas; entre outras.

O desenvolvimento das referidas ações passa também por disponibilizar aos produtores rurais o acesso a recursos financeiros, para fins da implementação das tecnologias previstas no Plano ABC. Os recursos estão disponíveis via o Plano Agrícola e Pecuário, ou seja, mediante uma linha de crédito específica denominada de Programa ABC.

Para implementação do Plano ABC em todo território nacional, frente às dimensões continentais do nosso país e a pouca oferta de recursos orçamentários e financeiros do governo federal, foi preciso desenvolver uma estratégia que priorizasse a realização das ações e, ao mesmo tempo, motivasse cada região, mais especificamente, os estados e municípios a aderirem a essa grande iniciativa brasileira, que é única e altamente desafiadora. Nesse sentido, foi previsto que a implementação ocorreria de forma descentralizada, ou seja, cada Estado da federação deveria aderir Plano ABC Nacional voluntariamente, percebendo a sua relevância para o processo produtivo, social, econômico e ambiental da região. Para que a adesão fosse concretizada era fundamental que a unidade da federação elaborasse o Plano ABC Estadual, de maneira a incorporar suas especificidades, necessidades e oportunidades locais.

Na Figura 1, está representado a estratégia de implementação do Plano ABC Nacional, que contou com o estabelecimento de Grupos Gestores Estaduais, unidades responsáveis pela elaboração e implementação dos planos estaduais.

Tabela 1. Compromissos do Plano ABC.

Processo Tecnológico	Compromisso	Potencial de Mitigação (milhões Mg CO <sub>2</sub> eq)
	(aumento de área/ uso)	
Recuperação de Pastagens Degradadas <sup>1</sup>	15,0 milhões ha	83 a 104
Integração Lavoura-Pecuária-Floresta <sup>2</sup>	4,0 milhões ha	18 a 22
Sistema Plantio Direto	8,0 milhões ha	16 a 20
Fixação Biológica de Nitrogênio	5,5 milhões ha	10
Florestas Plantadas <sup>3</sup>	3,0 milhões ha	-
Tratamento de Dejetos Animais	4,4 milhões m <sup>3</sup>	6,9
<b>Total</b>		<b>133,9 a 162,9</b>

<sup>1</sup> Por meio do manejo adequado e adubação.

<sup>2</sup> Incluindo Sistemas Agroflorestais (SAFs).

<sup>3</sup> Não está computado o compromisso brasileiro relativo ao setor da siderurgia; e, não foi contabilizado o potencial de mitigação de emissão de GEE.

## Estratégia de implementação do Plano ABC

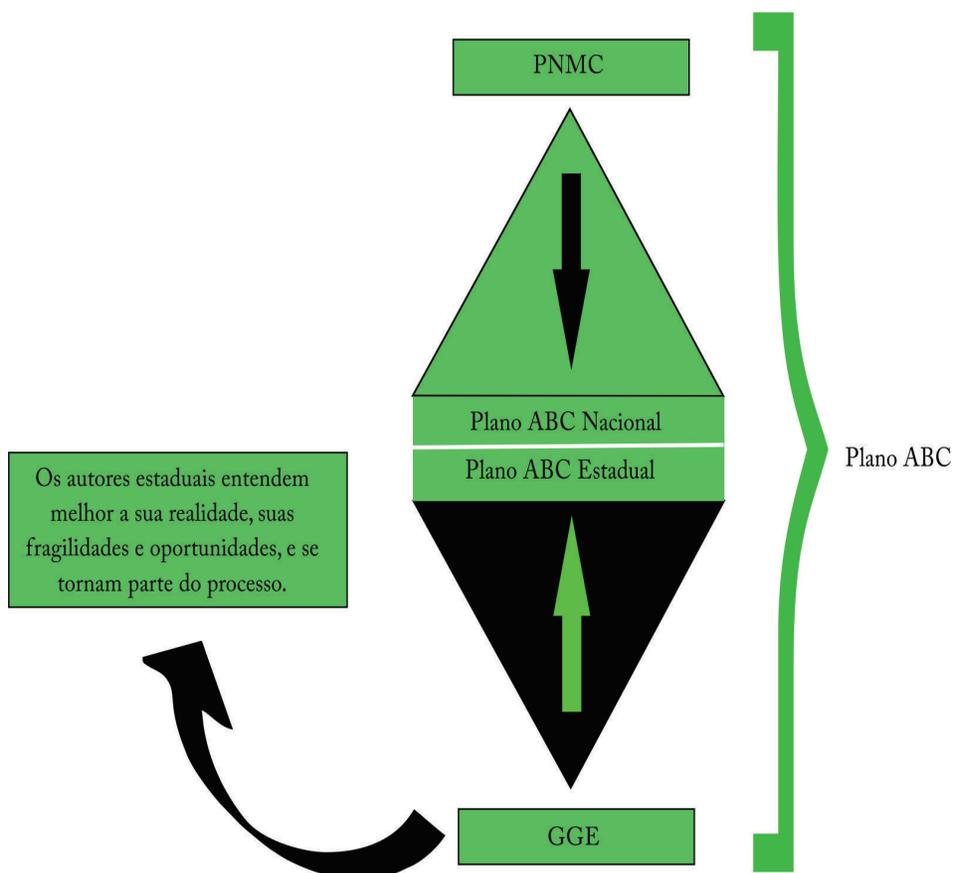


Figura 1 | Estratégia de Implementação do Plano ABC Nacional.  
Fonte: MAPA

Na Figura 2, é apresentado o detalhamento dessa estratégia, mostrando que o Plano Estadual é decorrente de um processo de construção altamente participativo, envolvendo todos os atores locais envolvidos com a produção agropecuária.

Na construção do Plano ABC foi previsto o estabelecimento de um arranjo institucional para promover o efetivo cumprimento das metas e monitoramento da redução das emissões de GEE e da dinâmica do estoque de carbono (C) na agropecuária brasileira. Para cumprimento

das metas, a responsabilização pela implementação das ações foi compartilhada com outras instituições, tais como: o Ministério do Meio Ambiente (MMA), Ministério da Fazenda (MF), entre outros.

Já para o monitoramento das ações do Plano, no que tange à quantificação de carbono no solo e na biomassa do setor, bem como do apoio tecnológico foi previsto um arranjo institucional entre o MAPA e a Embrapa. Este arranjo institucional recebeu o nome de Plataforma Multi-institucional de Monitoramento

das Reduções de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Agropecuária (Plataforma ABC). A efetivação da Plataforma, tanto em termos da estrutura física quanto da sua operacionalização, ficou a cargo da Embrapa. No ano de 2013, mediante uma parceria firmada entre o MAPA e o Ministério do Meio Ambiente (MMA), foi possível construir, dentro das dependências da Embrapa Meio Ambiente em Jaguariúna/SP, a estrutura física da Plataforma.

Posteriormente, em maio de 2015, um projeto especial da Embrapa estabeleceu a base operacional da referida estrutura, que foi finalizada em dezembro de 2015 e apresentada ao MAPA. Em 21 de março de 2016 a Plataforma ABC foi inaugurada dentro da Embrapa Meio Ambiente. Contudo, ainda faltava a formalização da criação do Comitê Diretor da Plataforma ABC, que ocorreu somente em 13 de novembro de 2017, com a publicação da Portaria MAPA nº 2.277.

O Comitê tem a prerrogativa de estabelecer as diretrizes macroestratégicas; contribuir para a elaboração de agenda estratégica de ação e de relacionamento

institucional; propor, coordenar e garantir a execução das políticas de sua implantação e manutenção; e acompanhar a execução de suas atividades, entre outras funções. O referido fórum atualmente está constituído por representantes de governo, instituições públicas e privadas, de ensino e pesquisa e sociedade civil, tornando seu perfil bastante amplo.

Por fim, cabe destacar que a Plataforma ABC tem um papel de extrema importância para a concretização do Plano ABC e para o atingimento de suas metas até 2020, bem como para o cumprimento da Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) brasileira, que foi prevista a partir da COP 21 realizada em Paris/França.

O Plano ABC é uma política pública de grande sucesso, pois, já vem sendo implementada em todo o território nacional, com resultados significativos em termos da expansão das tecnologias e sistemas sustentáveis de produção agropecuárias e de mitigação de GEE. A Figura 3 mostra o mapa com detalhamento da abrangência do Plano em todo o território nacional.

## Estratégia de Construção do GCE e do Plano Estadual ABC



Figura 2 | Construção do Plano Estadual.  
Fonte: MAPA

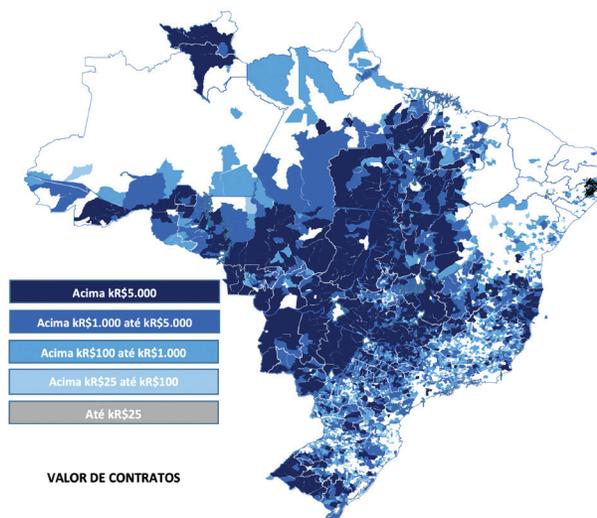


Figura 3 | Mapa de adesão do Plano ABC no território nacional.  
Fonte: MAPA

Em termos de difusão das tecnologias previstas no Plano, já foram capacitados em torno de 37 mil pessoas, sendo 2% Estudantes, 30% Produtores, 70% Técnicos, em todo o território nacional. O reflexo dessa atuação pode-se observar em termos do montante de recursos já utilizados da linha de crédito – Programa ABC, para adoção das tecnologias previstas no Plano, cujo valor está em torno de R\$ 15,1 bilhões de reais, envolvendo cerca de 31,5 mil contratos firmados com produtores rurais.

Com os dados do Programa ABC fornecidos pelo SICOR (Banco Central do Brasil) e analisados pelo MAPA, de janeiro de 2013 a fevereiro de 2018, pode-se aferir que a região sudeste é a que mais contratou as tecnologias do Plano ABC, com cerca de 9,2 mil contratos firmados, totalizando cerca de R\$ 3,6 bilhões de reais investidos. Na sequência, destaca-se os Estados da região centro-oeste, que realizaram cerca de 6 mil contratos, totalizando um montante de recurso da ordem de R\$ 3,9 bilhões de reais. Ainda em termos de contratos firmados as regiões ficaram na seguinte ordem: Sul, Norte e Nordeste, com valores de contratos de 3,7 mil, 2,5 mil e

1,8 mil, respectivamente. Na Tabela 2 é apresentado um resumo geral da evolução do Plano ABC nas regiões brasileiras.

No entanto, para os últimos quatro meses, de novembro de 2017 a fevereiro de 2018 (Figura 4), a região Norte se destacou fortemente, pois contratou o mesmo volume de recursos que a região Sudeste, mostrando claramente o avanço da adoção das tecnologias do Plano ABC para as regiões que necessitam promover o desenvolvimento de uma agropecuária mais sustentável de forma a contribuir com a redução do desmatamento ilegal.

A iLPF é uma das tecnologias com grande potencial de mitigar e fixar carbono, pois se refere a estratégias de produções sustentáveis, que integram atividades agrícolas, pecuárias e florestais, e suas combinações como lavoura-pecuária, lavoura-floresta, pecuária-floresta e lavoura-pecuária-floresta, realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado, e busca efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema (BALBINO et al., 2011a; 2011b; 2012). Na Figura 5, pode-se observar o avanço desta tecnologia no território nacional.

Tabela 2. Resumo geral da evolução do Plano ABC por região.

Análise dos contratos por UF para as tecnologias financiadas			
Todos contratos - Período: JAN/2013 a FEV/2018			
UF	Contratos	Valor de contratos (R\$)	Área (ha)
Norte	2.504,00	1.602.972,809,62	626.575,30
Nordeste	1.841,00	1.216.146.787,89	667.053,27
Sudeste	9.167,00	3.595.788.539,84	926.483,78
Sul	3.777,00	1.335.207.742,01	1.287.447,63
Centro-Oeste	6.110,00	3.970.089.681,87	2.826.216,09
Total	23.399,00	11.720.205.561,23	6.333.776,07

Fonte: MAPA

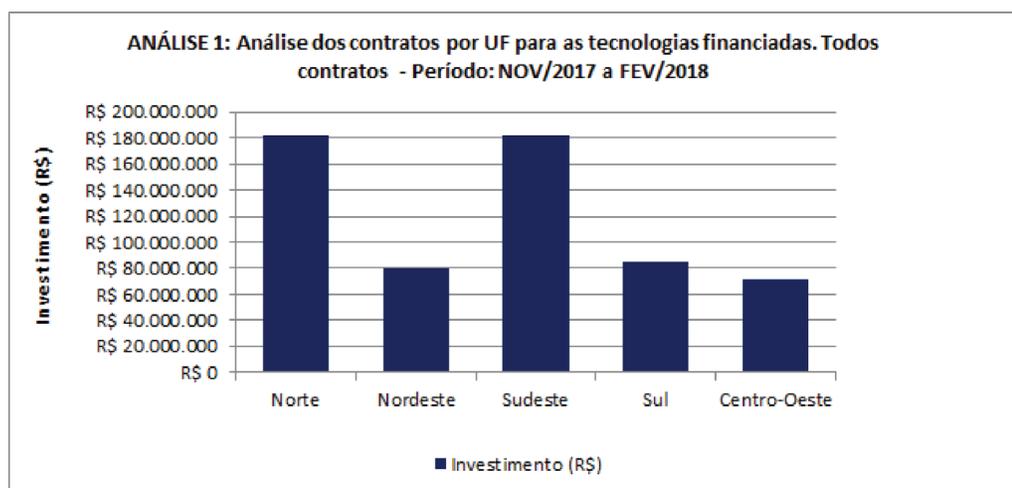


Figura 4 | Tabela de investimentos do Programa ABC para as regiões brasileiras  
 Fonte: MAPA

**Análise 1: iLPF - Integração lavoura-Pecuária-Floresta e SAF - Período: JAN/2013 a NOV/2019**

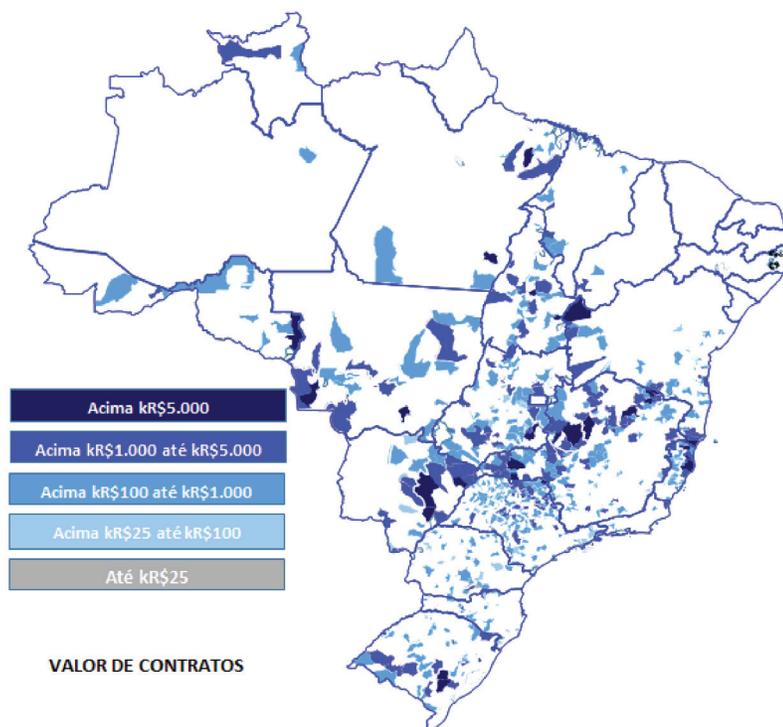


Figura 5 | Implementação da iLPF no Brasil.  
Fonte: MAPA

Atualmente, com dados divulgados pela Embrapa, mediante pesquisa da Rede de Fomento iLPF e Kleffmann Group, a área com iLPF está em torno de 11 milhões de hectares, sendo 6 milhões somente a partir de 2010 a 2015, conforme mostra a Figura 6.

Conforme a Figura 6 é possível perceber claramente como a política pública pode fortalecer a adoção de uma tecnologia, pois em 2010, ano em que o Plano ABC iniciou suas atividades, a adoção teve um grande incremento.

Para florestas plantadas, atualmente o Brasil possui cerca de 10 milhões de hectares medidos pelo IBGE (Fonte: <http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/as-florestas-plantadas>). Dentro do Plano ABC, a partir de 2010 a 2017, a área expandiu cerca de 1,5 milhão de hectares. Na Figura 7, está representado o avanço da floresta plantada no território nacional, conforme dados do Plano ABC.

Por fim, até o ano de 2020, o Brasil fez um compromisso voluntário de redução das emissões de GEE. No entanto, a partir da COP-22, realizada no Marrakesh/Marrocos, no ano de 2016, o Brasil formalizou sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, sigla em inglês), passando de um compromisso voluntário, até 2020,

para outros novos e obrigatórios frente à UNFCCC, de redução das emissões de GEE em 37% abaixo dos níveis de 2005, com prazo até 2025, e de 43% abaixo dos níveis de 2005, com prazo até 2030.

As principais ações sugeridas nesta nova fase para o setor agropecuário foram em termos do fortalecimento do Plano ABC, da recuperação e reflorestamento de 12 milhões de hectares de florestas (APP e RL), promover o desmatamento ilegal zero, recuperar 15 milhões de hectares de pastagens degradadas e aumentar a área com iLPF em 5 milhões de hectares.

O Brasil novamente definiu um grande desafio até 2030 em termos de redução das emissões de GEE, acreditando que os setores da economia nacional possuem todas as condições de cumprir as referidas metas. Nesse sentido, o setor agropecuário vem trabalhando fortemente não somente reduzir suas emissões de GEE, como também, para aumentar a fixação do carbono no solo e na biomassa, além de, concomitantemente, vem promovendo o desenvolvimento rural sustentável, agregando valor ao produto da agropecuária brasileira, elevando a renda do produtor rural e respeitando os critérios de produção e de conservação ambiental.

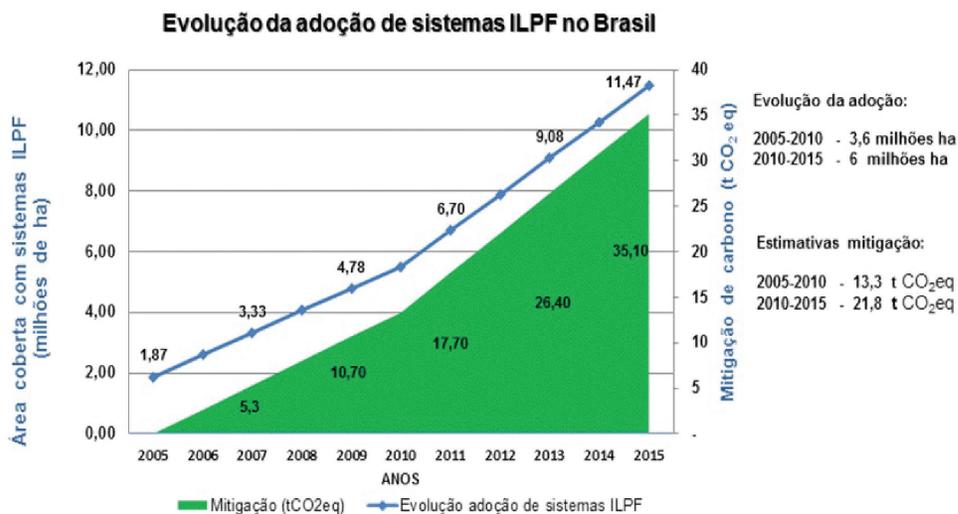


Figura 6 | Área de iLPF no Brasil.  
 Fonte: Rede de Fomento iLPF e Kleffmann Group

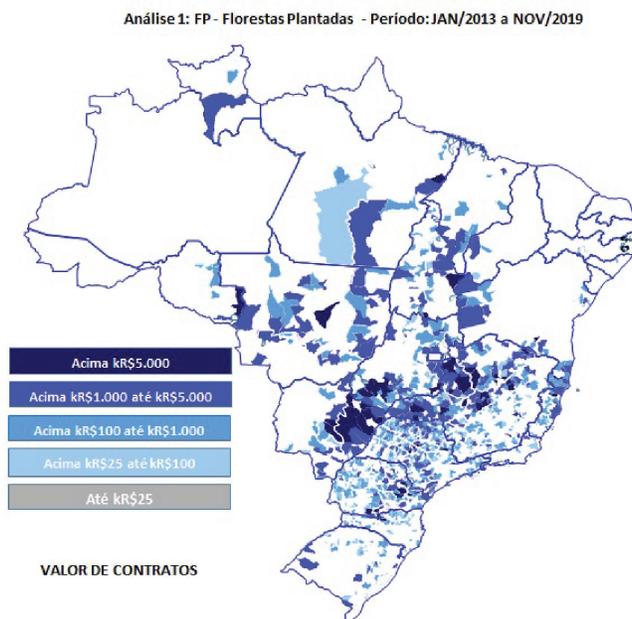


Figura 7 | Representação gráfica do avanço das Florestas Plantadas.  
 Fonte: MAPA

## Referências bibliográficas

BRASIL; Serviço Florestal Brasileiro; SNIF – Serviço Nacional de Informação Florestal, **Recursos Florestais**, 2018. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/as-florestas-plantadas>>. Acesso em 21 mar. 2018.

CENSO DEMOGRÁFICO 2010. **Características da população e dos domicílios: resultados do universo**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Acompanha 1CD-ROM. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas\\_da\\_populacao/resultados\\_do\\_universo.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/resultados_do_universo.pdf)>. Acesso em: mar. 2013.

CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Integração Lavoura-Pecuária e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: estratégias para intensificação sustentável do uso do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 32, n. 1/2, p. 15-43, jan./ago. 2015 (a).

CORDEIRO, L. A. M.; BALBINO, L. C.; GALERANI, P. R.; DOMIT, L. A.; SILVA, P. C.; KLUTHCOUSKI, J.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; SKORUPA, L. A.; WRUCK, F. J. **Transferência de Tecnologias para Adoção da Estratégia de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta**. In: CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. (Ed.). **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2015 (b). p. 377-393. (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas).

GARNETT, T.; APPLEBY, M. C.; BALMFORD, A.; BATEMAN, I. J.; BENTON, T. G.; BLOOMER, P.; BURLINGAME, B.; DAWKINS, M.; DOLAN, L.; FRASER, D.; HERRERO, M.; HOFFMANN, L.; SMITH, P.; THORNTON, P. K.; TOULMIN, C.; VERMEULEN, S. J.; GODFRAY, H. C. J. Sustainable Intensification in Agriculture: premises and policies. **Science**, v. 341, p.33-34, July 2013.

JÚNIOR RISSARDI, D. J.; SHIKIDA, P. F. A. Agroindústria canavieira do Paraná pós-desregulamentação: uma abordagem neochumpeteriana. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 45, n. 2, abr./jun.2007, p.445-473.

NAVARRO, Z. Desenvolvimento rural no Brasil: os limites do passado e os caminhos do futuro. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v.15, n.43, Set./Dez.2001, p.83-100.

SCHNEIDER, S.; MATTOS, E. J. de. **A pluriatividade no Meio Rural Gaúcho. Caracterização e desafios para o desenvolvimento rural sustentável**. Extensão Rural e Desenvolvimento Sustentável. EMATER/RS, Porto Alegre, v.2, n.1/2, jan./ago. 2006.

VEIGA, J. E. da. **Desenvolvimento sustentável: O Desafio do Século XXI**. 2.ed.Rio de Janeiro: Garamond, 2006.

VEIGA, J. E. da. O Brasil rural ainda não encontrou seu eixo de desenvolvimento. **Revista de Estudos Avançados**, 5(43) 2001, p. 101-119.

# Capítulo 2

## Considerações genéticas sobre restauração de paisagens florestais no Bioma Cerrado

*Rafael Kuster de Oliveira<sup>1</sup>*

*Antonio Rioyei Higa<sup>2</sup>*

*Ingrid Michelotto<sup>3</sup>*

*Vanessa Ishibashi<sup>4</sup>*

### 2.1. Introdução

O Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC) possui abrangência nacional e período de vigência de 2010 a 2020. Entre as suas metas estão: I) recuperar 15 milhões ha de pastagens degradadas; II) ampliar a adoção de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) em 4 milhões ha; e III) expandir florestas plantadas (destinadas à produção de fibras, madeira e celulose) em 3 milhões ha.

O Bioma Cerrado é de particular importância para o Plano ABC. Possui aproximadamente 60 milhões ha de pastagens (MMA, 2015), dos quais estima-se que 80% apresentam algum grau de degradação (ZIMMER; MACEDO; KICHEL, 2012). Além de vastas áreas de pastagens pouco produtivas, a topografia e o solo são, de modo geral, propícios para a mecanização das atividades agrícolas e florestais (LAPOLA; MARTINELLI; PERES et al., 2014). Em função disso, as plantações de eucaliptos expandiram significativamente no Bioma Cerrado nessas últimas duas décadas, principalmente em regiões com déficit hídrico.

A escolha do material genético, adequado para plantio nessas áreas, deve ser baseada em resultados de uma rede experimental de testes de espécies/ procedências/ progênies, no caso de uso de mudas originadas de sementes, ou testes clonais, no caso de florestas clonais. Os resultados dessas pesquisas devem, por sua vez, serem relacionados com médias históricas e dados climáticos coletados no período de crescimento das árvores nas áreas onde a rede experimental foi instalada.

No entanto, na maioria dos casos, essa recomendação não é observada. Amostragens de campo realizados pela equipe técnica do Projeto SiFlor Cerrado indicam que mais de 60% dos plantios de eucaliptos foram realizados com menos de dez clones. Uma das razões dessa restrita variabilidade observada nos plantios é, sem dúvida, a limitada oferta de clones adaptados às diferentes condições de déficit hídrico.

Este capítulo aborda três aspectos relacionados a esta problemática: a) mu-

[1] Professor da Pontifícia Universidade Católica (PUC-PR).

[2] Professor da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

[3] Eng<sup>o</sup> Florestal pela Universidade Federal do Paraná.

[4] Eng<sup>o</sup> Florestal, Bióloga e Mestre pela Universidade Federal do Paraná.

danças climáticas na região de plantio; b) adaptação genética das plantações florestais; c) minimização dos riscos futuros da eucaliptocultura no Bioma Cerrado.

## 2.2. Mudanças climáticas na região de plantio

Os modelos de circulação gerais (MCG), uma das principais ferramentas matemáticas do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), operam sob dois grandes focos de incertezas: a) futuros níveis de emissões de gases de efeito estufa e b) as respostas climáticas planetárias. Quanto ao segundo foco, pouco se sabe se o aumento das nuvens, uma das consequências do aquecimento global, acentuará ou a abrandará tal aquecimento por meio de laços de retroalimentação (IPCC, 2013).

No entanto, para três dos quatro cenários de emissões do IPCC, é provável que a temperatura aumente em ao menos 1,50C - em comparação ao período de 1850-1900 - até o final do século 21 (IPCC, 2013). Ressalta-se que pequenas alterações na temperatura média global representam mudanças muito maiores na temperatura de várias regiões. De fato, a diferença de temperatura média global entre os períodos mais quentes e mais frios dos últimos 150 mil anos - os picos interglacial e glacial - foi de apenas 5°C (TURNER; GARDENER, 2015). Os modelos do IPCC também projetam alterações nos regimes de precipitações: as regiões úmidas receberão mais chuvas; as regiões secas, ainda menos chuvas. Além disso, a frequência e a intensidade de eventos climáticos extremos (como secas, enchentes e ondas de calor) deverão aumentar em função do aquecimento global (IPCC, 2013).

As projeções climáticas dos MCG, e mesmo àquelas de modelos climáticos regionais (MCR), possuem sérias limitações espaciais e temporais para a avaliação dos impactos climáticos sobre ecossistemas florestais (LINDNER; FITZGERALD; ZIMMER-

MANN et al., 2014). Enquanto o tamanho do pixel pode ser muito grande para a avaliação florestal em nível local, um valor médio de temperatura ou precipitação geralmente não possui grande significado ecológico e fisiológico (LINDNER; FITZGERALD; ZIMMERMANN et al., 2014). Por exemplo, o número de dias com estresse hídrico severo durante o ano é muito mais relevante do que o valor médio anual de precipitação para explicar as dinâmicas florestais, como o crescimento ou mortalidade de árvores. Embora seja possível modelar as mudanças climáticas para escalas espaciais e temporais menores, as incertezas inerentes às projeções tornam-se muito maiores (IPCC, 2013). Basta lembrar que os modelos de previsão de tempo (os quais possuem muitas similaridades com os modelos climáticos) fazem projeções confiáveis apenas dentro de um intervalo de poucos dias (IPCC, 2007).

Cogita-se ainda, que o aumento da temperatura e da concentração atmosférica de dióxido de carbono poderá favorecer o crescimento da vegetação em regiões atualmente frias, mas desde que não acompanhados por déficit hídrico (LINDNER; MAROSCHEK; NETHERER et al., 2010; FAO, 2012; LINDNER; FITZGERALD; ZIMMERMANN et al., 2014). Contudo, estudos de enriquecimento artificial de dióxido de carbono (*Free Air Carbon-dioxide Enrichment - FACE*) apontam que o efeito fertilizante do CO<sub>2</sub> sobre a vegetação atenua com o tempo (AINSWORTH; LONG, 2005; JONES; SCULLION; OSTLE et al., 2014).

Por outro lado, as mudanças climáticas influenciarão os distúrbios abióticos (como secas, tempestades e incêndios) e bióticos (como doenças e infestações de insetos) (LINDNER; MAROSCHEK; NETHERER et al., 2010; FAO, 2012). Os eventos climáticos extremos, tais quais secas prolongadas ou tempestades muito severas, poderão ser acompanhadas por infestações de insetos, doenças ou incêndios e, os impactos ecológicos sinérgicos poderão ser colossais (DAVIDSON; ARAÚJO; ARTAXO et al., 2012; FAO, 2012).

Ressalta-se que eventos climáticos extremos possivelmente também façam parte das dinâmicas de todos os ecossistemas naturais ou seminaturais. Contudo, possuem intervalos de retorno bem longos (isto é, baixa probabilidade de ocorrência) (TURNER; ROMME; GARDNER et al., 1993; PERRY, 2002). Em suma, um ecossistema natural ou seminatural está adaptado a um regime de distúrbio, o qual é necessário para a sua manutenção. Mas esse regime de distúrbio deverá ser alterado pelas mudanças climáticas.

Para um mesmo tipo de distúrbio (como incêndios ou o tombamento de árvores por tempestades), as pesquisas ecológicas ainda não desvendaram satisfatoriamente a relação temporal entre eventos. Isto é, em que extensão e sob quais condições a ocorrência de um distúrbio influencia a probabilidade de ocorrência de outros distúrbios (ATTIWILL, 1994; PERRY, 2002). As possíveis conexões entre diferentes tipos de distúrbios tornam ainda mais complexa a previsão dos impactos das mudanças climáticas (ATTIWILL, 1994; BENGTTSSON; NILSSON; FRANC et al., 2000; DALE; JOYCE; MCNULTY et al., 2001).

### 2.3. Adaptação genética das plantações florestais aos novos ambientes

A capacidade de adaptação das plantações florestais às novas condições ambientais depende da existência de uma ampla diversidade genética. Diversidade genética envolve variações genéticas em nível de espécies, entre populações (procedências) dentro de espécies, entre famílias dentro de populações e entre indivíduos dentro de famílias.

As plantações florestais brasileiras para fins industriais são destaques mundiais pela elevada produtividade. Ocupam cerca de oito milhões de hectares (menos de um por cento do território nacional), mas suprem 91% da madeira nacional para

fins industriais (IBA, 2017). Os plantios de eucaliptos representam mais de 90% da área das plantações florestais no bioma Cerrado.

A exploração da diversidade genética entre espécies foi iniciada no começo do século passado, por Edmundo Navarro de Andrade, para plantios comerciais no Estado de São Paulo. Esses plantios tinham como objetivo fornecer madeira para e lenha, dormentes e postes para ferrovias. Em função desse objetivo, as espécies selecionadas foram o *Eucalyptus grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla* (chamado de forma equivocada de *E. alba*) e *Corymbia citriodora*. A área plantada, que até a década de 1960 era de aproximadamente 600.000 hectares, é hoje superior a cinco milhões de hectares.

Com o advento de incentivos fiscais (Lei no 5.106/1966), os reflorestamentos expandiram-se principalmente para o Bioma Cerrado, onde havia disponibilidade de terras baratas. O novo ambiente apresentava condições edafoclimáticas muito diferentes. O problema de acidez e fertilidade do solo foi logo resolvido por meio do uso de calcário e adubos químicos. No entanto, a expansão da eucaliptocultura para ambientes com déficit hídrico mais prolongado demandou material genético mais adaptado, pois árvores estressadas apresentaram doenças, como o “cancro”, causado principalmente pelo fungo *Cryphonectria cubensis*.

Nesse contexto, explorou-se a diversidade genética entre procedências das espécies tradicionalmente usadas, como por exemplo, o *E. grandis*, *E. urophylla*, assim como novas espécies do gênero, tais quais o *E. camaldulensis*, *E. brassiana*, *E. exserta*, *E. crebra*, *E. tereticornis*, e *E. tessellaris*.

Uma das espécies que apresentava maiores potencialidades era o *E. camaldulensis*. Esta espécie ocorre naturalmente em áreas secas da Austrália e tem capacidade de sobreviver a longos períodos de seca em seu ambiente natural. No entanto, no Brasil, mostrou-se susceptível à “vespada-galha”, causada pela praga *Leptocybe*

*invasa* e pelo percevejo-bronzeado (*Thaumastocoris peregrinus*).

A maioria dos plantios industriais com eucaliptos estabelecida nesses últimos 30 anos é originada de poucos clones de híbridos inter-específicos e, a maior parte dos 1,6 milhões de hectares com pinus é oriundo de sementes produzidas em poucos pomares clonais. Por conseguinte, essas plantações florestais apresentam base genética restrita e estarão altamente susceptíveis às mudanças climáticas, o que configura um grande risco futuro para o abastecimento nacional de madeira.

Mas, qual a situação atual dessas plantações sob o ponto de vista genético? As árvores são organismos de vida longa. Por conseguinte, possivelmente já teriam desaparecido do planeta se não apresentassem uma extraordinária plasticidade fenotípica, ou capacidade de resposta às condições de estresse ambiental. A plasticidade fenotípica está associada a capacidade do genótipo em expressar diferentes fenótipos sob condições ambientais distintas (HAMRICK, 2004). Em outras palavras, a plasticidade fenotípica de uma espécie ou população remete à sua flexibilidade morfológica, fisiológica e fenológica para se desenvolver sob diferentes condições ambientais (PIGLIUCCI; MURREN, 2003; DE JONG, 2005). Acredita-se que toda árvore possui algum nível de plasticidade fenotípica. Mas grandes variações são observadas entre os níveis genéticos (espécies, populações dentro de espécies, famílias dentro de populações, indivíduos dentro de famílias) (ALFARO; GIUSEPPE; FADY et al., 2014). Espécies como o *Pinus pinea* L. possuem uma base genética extremamente restrita, mas plasticidade fenotípica muito expressiva (SAEZ-LAGUNA; GUEVARA; DÍAS et al., 2014).

Mais recentemente, a epigenética vem sendo proposta como um dos principais mecanismos por trás da plasticidade fenotípica entre populações florestais (BRAUTIGAM; VINING; LAFON-PLACETTE et al., 2013). A epigenética se refere às modificações hereditárias que não são

resultantes de alterações na sequência do DNA (BONASIO; TU; REINBERG, 2010). São decorrentes de uma série de processos moleculares capazes de ativar, reduzir ou desabilitar completamente a expressão de genes.

As modificações epigenéticas podem ser acionadas por condições de estresse ambiental. Essas modificações podem resultar em efeitos fenotípicos adaptativos em relação ao estresse ambiental em questão. Ressalta-se que tais modificações podem ser hereditárias e reversíveis. Em certa medida, é possível medi-las em testes laboratoriais, o que permite comparar as variações epigenéticas dentro de diferentes níveis genéticos, como entre espécies e populações (BOSSDORF; RICHARDS; PIGLIUCCI, 2008; BRAUTIGAM; VINING; LAFON-PLACETTE et al., 2013).

Existem poucos estudos sobre variações epigenéticas em plantas (BOSSDORF; RICHARDS; PIGLIUCCI, 2008). Além disso, os estudos florestais foram limitados a gimnospermas (YAKOVLEV; FOSSDAL; ASANTE et al., 2011; BRAUTIGAM; VINING; LAFON-PLACETTE et al., 2013; SAEZ-LAGUNA; GUEVARA; DÍAS et al., 2014). Apesar de poucos, essas pesquisas convergem para as mesmas conclusões: existem variações epigenéticas consideráveis dentro das populações, e essas variações se correlacionam com variações fenotípicas. Considerando que as modificações epigenéticas podem ser reversíveis, uma questão intrigante remete a estabilidade delas entre gerações. A epigenética talvez sirva como um tamponamento temporário contra mudanças climáticas, de tal modo a permitir que o genótipo tenha mais tempo para “alcançar” as novas condições ambientais (AITKEN; YEAMAN; HOLLIDAY et al., 2008). Ou talvez a epigenética seja estável o suficiente para participar do processo evolutivo das espécies (BRAUTIGAM; VINING; LAFON-PLACETTE et al., 2013).

Em resumo, apesar da plasticidade fenotípica ser considerada um importante mecanismo de resposta das populações arbóreas às mudanças ambientais, a co-

munidade científica ainda conhece muito pouco acerca deste mecanismo.

## 2.4. Minimização dos riscos futuros da eucaliptocultura no Bioma Cerrado

O estabelecimento de plantações no Bioma Cerrado enfrenta vários desafios LAMB; ERSKINE; PARROTTA (2005) e CHAZDON (2008), por exemplo, relacionam algumas ações que poderiam minimizar os riscos futuros das plantações florestais, que poderiam ser usadas como exemplo:

- a) fornecer assistência ao proprietário rural em relação à escolha das espécies, suas silviculturas e potenciais econômicos;
- b) aumentar a rentabilidade dos sistemas florestais adotados;
- c) fortalecer a adaptabilidade climática desses sistemas;
- d) propiciar assistência logística e favorecer o acesso à mercados;
- e) planejar a plantação florestal em diferentes escalas espaciais (isto é, sob uma perspectiva de paisagem, de modo a conciliar a biodiversidade, a provisão de serviços ecossistêmicos e os interesses dos proprietários rurais);
- f) incentivar a adesão dos proprietários rurais a programas voluntários de reflorestamentos (créditos rurais e programas de pagamento por serviços ambientais (PSA)).

Diante do exposto, a mera abertura de créditos florestais ou criação de PSA (sem avançar nos cinco primeiros objetivos) não é suficiente para promover o sucesso das plantações florestais e o bem-estar dos proprietários rurais.

Por fim, as mudanças climáticas ameaçam agravar as condições de déficit hídrico no Bioma Cerrado. Por conseguinte, algumas empresas florestais, universidades e instituições de pesquisa estão trabalhando na geração de novos clones para áreas com déficit hídrico pronunciado. Uma das iniciativas é o projeto em desenvolvimento pela SIF/UFV (Sociedade de Investigações

Florestais em parceria com a Universidade Federal de Viçosa), o qual será abordado no Capítulo 3. O objetivo desse projeto é desenvolver novos clones mais resistentes às secas dentro de um prazo de 15 anos. Para isso, os melhores clones de 13 empresas florestais estão sendo cruzados de forma controlada para gerar novos híbridos, os quais serão testados e selecionados em condições de laboratório e campo. Também existem iniciativas nacionais para o uso de ferramentas biotecnológicas. Em particular, a Embrapa Florestas está desenvolvendo clones transgênicos para a tolerância-resistência à seca com base na tecnologia **DREB (Dehydration Responsive Element Binding Protein)**.

Nas condições tecnológicas atuais, visando a sustentabilidade das plantações florestais, recomenda-se usar material genético com ampla diversidade genética, podendo ser até na forma de plantios de dezenas de clones em mosaicos, ou plantios multiclonais mistos.

## Referências bibliográficas

AINSWORTH, E. A.; LONG, S. P. What have we learned from 15 years of free-air CO<sub>2</sub> enrichment (FACE)? A meta-analytic review of the responses of photosynthesis, canopy. **New Phytologist**, v. 165, n. 2, p. 351-371, Feb 2005

AITKEN, S. N.; YEAMAN, S.; HOLLIDAY, J. A.; WANG, T.; CURTIS-MCLANE, S. Adaptation, migration or extirpation: climate change outcomes for tree populations. **Evolutionary Applications**, v. 1, n. 1, p. 95-111, Feb 2008.

ALFARO, R. I.; GIUSEPPE, V. G.; FADY, B.; DAWSON, I. K. The role of forest genetic resources in responding to biotic and abiotic factors in the context of anthropogenic climate change. **Forest Ecology and Management**, v. 333, p. 76-87, Dec 2014.

- ATTIWILL, P. M. The disturbance of forest ecosystems - the ecological basis for conservative management. **Forest Ecology and Management**, v. 63, n. 2-3, p. 247-300, Feb 1994.
- BENGTSSON, J.; NILSSON, S. G.; FRANC, A.; MENOZZI, P. Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests. **Forest Ecology and Management**, v. 132, n. 1, p. 39-50, Jun 2000.
- BONASIO, R.; TU, S. J.; REINBERG, D. Molecular Signals of Epigenetic States. **Science**, v. 330, n. 6004, p. 612-616, Oct 2010.
- BOSSDORF, O.; RICHARDS, C. L.; PIGLIUCCI, M. Epigenetics for ecologists. **Ecology Letters**, v. 11, n. 2, p. 106-115, Feb 2008.
- BRAUTIGAM, K.; VINING, K. J.; LAFON-PLACETTE, C.; FOSSDAL, C. G.; MIROUZE, M.; GUTIÉRREZ MARCOS, J.; FLUCH, S.; FERNÁNDEZ FRAGA, M.; GUEVARA, M. A.; ABARCA, D.; JOHNSEN, Ø.; MAURY, S.; STRAUSS, S. H.; CAMPBELL, M. M.; ROHDE, A.; DÍAZ-SALA, C.; CERVERA, M. T. Epigenetic regulation of adaptive responses of forest tree species to the environment. **Ecology and Evolution**, v. 3, n. 2, p. 399-415, Feb 2013.
- BRASIL. Lei nº 5.106, de 2 de setembro de 1966. Dispõe sobre os incentivos fiscais concedidos a empreendimentos florestais. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 145, 2set. 1966.
- CHAZDON, R. L. Beyond deforestation: Restoring forests and ecosystem services on degraded lands. **Science**, v. 320, n. 5882, p. 1458-1460, Jun 2008.
- DALE, V. H.; JOYCE, L. A.; MCNULTY, S.; NEILSON, R. P.; AYRES, M. P.; FLANNINGAN, M. D.; HANSON, P. H.; IRLAND, L. C.; LUGO, A. E.; PETERSON, C. J.; SIMBERLOFF, D.; SWANSON, F. J.; STOCKS, B. J.; WOTTON, M. Climate change and forest disturbances. *Bioscience*, v. 51, n. 9, p. 723-734, Sep 2001.
- DAVIDSON, E. A.; ARAÚJO, A. C. de; ARTAXO, P.; BALCH, J. K.; BROWN, I. F.; BUSTAMANTE, M. M. C.; COE, M. T. et al. The Amazon basin in transition (vol 481, pg 321, 2012). **Nature**, v. 483, n. 7388, p. 232-232, Mar 8, 2012.
- DE JONG, G. Evolution of phenotypic plasticity: patterns of plasticity and the emergence of ecotypes. **New Phytologist**, v. 166, n. 1, p. 101-117, Apr 2005.
- FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2012. Forest management and climate change: a literature review. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/015/md012e/md012e00.pdf> Acessado em: 22 jul. 2017
- HAMRICK, J. L. Response of forest trees to global environmental changes. **Forest Ecology and Management**, v. 197, n. 1-3, p. 323-335, Aug 2004.
- IBA - Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório IBA 2017**. IBA, Brasília, 80p., 2017.
- IPCC. PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Climate models and their evaluation. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge: Cambridge University Press, 2007. Disponível em: <https://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter8.pdf>. Acessado em: 22 jul. 2017.
- IPCC. PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge: Cambridge University

Press, 2013. Disponível em: [http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5\\_SPM\\_FINAL.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf). Acessado em: 22 jul. 2017.

JONES, A. G.; SCULLION, J.; OSTLE, N.; LEVY, P. E.; GWYNN-JONES, D. Completing the FACE of elevated CO<sub>2</sub> research. **Environment International**, v. 73, p. 252-258, Dec 2014.

LAMB, D.; ERSKINE, P. D.; PARROTTA, J. A. Restoration of degraded tropical forest landscapes. **Science**, v. 310, n. 5754, p. 1628-1632, Dec 2005.

LAPOLA, D. M.; MARTINELLI, L. A.; PERES, C. A.; OMETTO, J. P. H. B.; FERREIRA, M. E.; NOBRE, C. A.; AGUIAR, A. P. D.; BUSTAMANTE, M. M. C.; CARDOSO, M. F.; COSTA, M. H. Pervasive transition of the Brazilian land-use system. **Nature Climate Change**, v. 4, n. 1, p. 27-35, Jan 2014.

LINDNER, M.; FITZGERALD, J. B.; ZIMMERMANN, N. E.; REYER, C.; DELZON, S.; VAN DER MAATEN, E.; SCHELHAAS, M. J.; LASCH, P.; EGGERS, J.; VAN DER MAATEN-THEUNISSEN, M.; SUCKOW, F.; PSOMAS, A.; POULTER, B.; HANEWINKEL, M. Climate change and European forests: What do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management? **Journal of Environmental Management**, v. 146, p. 69-83, Dec 2014.

LINDNER, M.; MAROSCHEK, M.; NETHERER, S.; KREMER, A.; BARBATI, A.; GARCIA-GONZALO, J. et al. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 4, p. 698-709, Feb 2010.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Mapeamento do Uso e Cobertura do Cerrado: Projeto TerraClass Cerrado 2013**. Brasília: MMA, 2015.

PERRY, G. L. W. Landscapes, space and equilibrium: shifting viewpoints. **Progress in Physical Geography**, v. 26, n. 3, p. 339-359, Sep 2002.

PIGLIUCCI, M.; MURREN, C. J. Perspective: Genetic assimilation and a possible evolutionary paradox: Can macroevolution sometimes be so fast as to pass us by? **Evolution**, v. 57, n. 7, p. 1455-1464, Jul 2003.

SAEZ-LAGUNA, E.; GUEVARA, M-A.; DÍAS, L-M.; SÁNCHEZ-GÓMEZ, D.; COLLADA, C.; ARANDA, I.; CERVERA, M-A. Epigenetic Variability in the Genetically Uniform Forest Tree Species *Pinus pinea* L. **Plos One**, v. 9, n. 8, Aug 2014.

TURNER, M. G.; ROMME, W. H.; GARDNER, R. H.; O'NEILL, R. V.; KRATZ, T. K. A revised concept of landscape equilibrium - disturbance and stability on scaled landscapes. **Landscape Ecology**, v. 8, n. 3, p. 213-227, Sep 1993.

TURNER, M. G.; GARDNER, R. H. **Landscape Ecology in Theory and Practice**. New York: Springer-Verlag, 2015. 499 p.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; de ALMEIDA, R. G. Degradação, recuperação e renovação de pastagens. **Embrapa Gado de Corte-Documentos (INFOTECA-E)**, 2012.

YAKOVLEV, I. A.; FOSSDAL, C. G.; ASANTE, D. K. A.; JUNTILA, O.; JOHNSEN, O. Differential gene expression related to an epigenetic memory affecting climatic adaptation in Norway spruce. **Plant Science**, v. 180, n. 1, p. 132-139, Jan 2011.

# Capítulo 3

## Aspectos fisiológicos de *Eucalyptus* spp. frente às adversidades hídricas do Cerrado

Alice Pita-Barbosa<sup>1</sup>

Gleison Augusto dos Santos<sup>2</sup>

Os plantios florestais de *Eucalyptus* spp. tem se expandido para o Cerrado brasileiro, bioma caracterizado por longos períodos de baixa precipitação pluviométrica (principal fator limitante da produção florestal no Brasil), solos ácidos e pouco férteis. Neste capítulo serão abordadas as possíveis estratégias morfofisiológicas de tolerância à seca em *Eucalyptus* frente às adversidades hídricas do Cerrado, com foco em caracteres potencialmente alvo para o melhoramento genético.

Apesar dos longos períodos sem chuva, o Cerrado apresenta grandes reservatórios de águas profundas, sugerindo que genótipos mais eficientes em produzir raízes longas e com alta proporção de raízes finas sejam mais adequados para cultivo nesse bioma. A elevada densidade da madeira (característica conspícua entre as espécies nativas deste bioma) também parece ser uma característica preponderante para tolerância às condições edáficas do Cerrado.

Os genótipos selecionados para cultivo no Cerrado devem apresentar alta plasticidade em resposta às mudanças sazonais na disponibilidade hídrica, por meio de controle estomático eficiente, juntamente com ajustes osmótico, elástico e hidráulico, a fim de evitar a murcha foliar e quedas drásticas da fotossíntese. Um importante efeito da alta acidez do solo do Cerrado é o aumento dos teores de alumínio disponível, metal altamente fitotóxico, inibidor do alongamento radicular, o que pode dificultar ainda mais o acesso à água pelas

plantas. Assim, espera-se também que genótipos mais tolerantes ao alumínio sejam mais adequados para cultivo no Cerrado.

Tendo em vista os altos índices de perda de produtividade florestal em decorrência da seca em diversas regiões do Brasil, o projeto Tolerância à Seca busca identificar bioindicadores de tolerância, bem como desenvolver novos genótipos mais tolerantes à deficiência hídrica. O projeto é desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa/UFV como fruto da parceria entre a Sociedade de Investigações Florestais/SIF e várias empresas do setor florestal de todo o Brasil. Assim, espera-se reduzir a taxa de mortalidade em florestas de eucalipto cultivadas neste bioma e nas demais regiões cuja produtividade das florestas é prejudicada pela seca.

### 3.1. Introdução

Os plantios florestais de *Eucalyptus* spp. tem se expandido para o Cerrado brasileiro, região com solos de baixa fertilidade e longos períodos de baixa precipitação pluviométrica (OLIVEIRA NETO et al. 2010). O clima deste bioma é sazonal, com invernos secos e verões chuvosos. Os solos são, geralmente, muito intemperizados, profundos e bem drenados, mas com baixa disponibilidade de nutrientes devido o pH ácido. Conseqüentemente, os teores de ferro e alumínio são elevados, aumentando sua permeabilidade e capacidade para a fixação do fósforo, além de proporcionar

[1] Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.

[2] Universidade Federal de Viçosa - UFV.

baixa saturação de bases e baixos teores de matéria orgânica (HARIDASAN, 2001; GAZOLA et al. 2015).

A água é um recurso determinante da produtividade das florestas de eucalipto. Sua escassez resulta em perdas de produtividade ainda maiores que aquelas causadas por deficiência nutricional (STAPE et al. 2010). Algumas espécies de eucalipto apresentam mecanismos de tolerância à seca que possibilitam melhor desempenho e, ou maior taxa de sobrevivência sob restrição hídrica (MERCHANT et al. 2007; WARREN et al. 2012; MCKIERNAN et al. 2017). Pelo fato do estresse promovido pela seca ser um processo multifatorial (resultante da interação entre vários aspectos intrínsecos da planta e do ambiente em que se encontra), as estratégias de tolerância configuram-se como um conjunto integrado de respostas aclimatativas em níveis morfológico, anatômico, fisiológico, bioquímico e molecular, as quais podem variar entre diferentes genótipos.

Neste capítulo serão abordadas as possíveis estratégias morfofisiológicas de tolerância à seca em *Eucalyptus*, frente às adversidades hídricas do Cerrado, com foco em caracteres potencialmente alvo para o melhoramento genético. Também será discutido como a elevada acidez do solo - que tem como consequência teores elevados de alumínio disponível - pode potencialmente afetar a capacidade das plantas de tolerar a escassez hídrica no bioma em questão.

### **3.2. Aspectos fisiológicos da tolerância à seca**

As principais consequências da deficiência hídrica em plantas arbóreas são o esgotamento de reservas de carbono e a falha na condutividade hidráulica (Figura 1). O esgotamento de reservas ocorre quando o período de seca é longo o bastante para reduzir drasticamente as taxas fotossintéticas, devido à redução da condutância estomática, levando à depleção das reservas de carbono na planta.

Já a falha na condutividade hidráulica relaciona-se mais com a intensidade da seca, a qual deve ser severa o suficiente para aumentar a tensão nos vasos do xilema - gerada pela transpiração excessiva ou redução no conteúdo de água da planta - a ponto de promover embolismo (expansão de bolhas de ar nos vasos) e cavitação (rompimento da coluna d'água) (MCCULLOH e SPERRY 2005; MCDOWELL et al. 2008).

Quando as plantas são submetidas à seca intensa por períodos prolongados, é comum a ocorrência dos dois processos mencionados acima. Ressalta-se que as espécies arbóreas são mais propensas a apresentar falha hidráulica que as plantas de menor porte, devido à ação da gravidade e à maior distância percorrida pela água para atingir os tecidos localizados na parte superior da planta, onde há também maior resistência ao fluxo hídrico devido às elevadas tensões (MCDOWELL et al. 2008; MITCHELL et al. 2013).

A capacidade de uma planta manter o turgor celular é imprescindível para a tolerância à seca, sendo condição essencial para evitar a murcha exagerada das folhas e ápices caulinares, o que pode resultar na morte do meristema apical do caule e perda da dominância apical. O potencial hídrico é o fator que rege o movimento da água na forma líquida entre compartimentos separados por membranas (como a célula vegetal), o qual ocorre no sentido de maior para menor potencial hídrico (solo > raiz > caule > folha > atmosfera) e é resultante de quatro componentes: potencial osmótico, potencial de pressão, potencial mátrico e potencial gravitacional. Nas células vegetais, o potencial hídrico é afetado, principalmente, pelos dois primeiros componentes. Assim, a maior tolerância de alguns materiais genéticos a ambientes secos deve-se, em grande parte, à capacidade de realizar ajustes osmótico, elástico e hidráulico (CHAVES et al. 2003; MERCHANT et al. 2007; ZHANG et al. 2016):

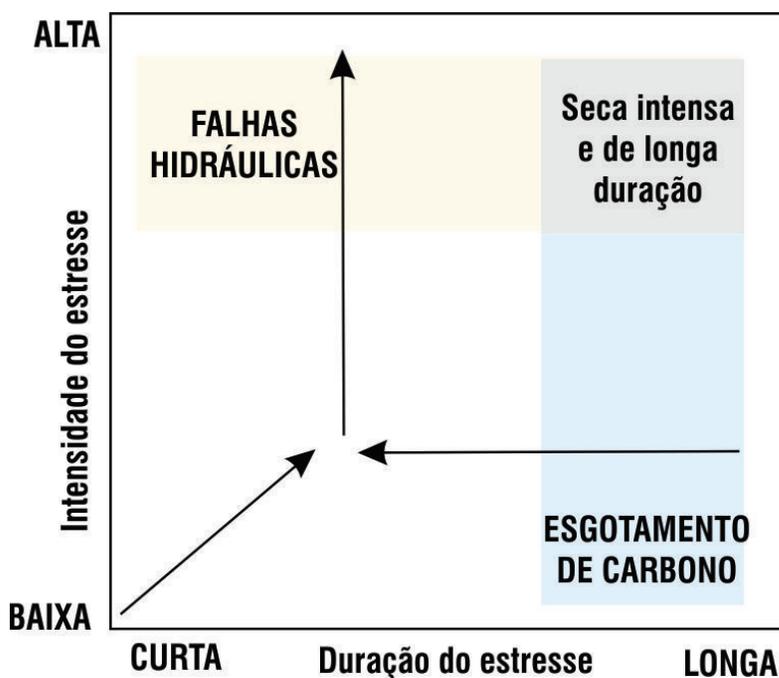


Figura 1 | Relação entre a duração e a intensidade da seca em plantas arbóreas. O esgotamento de carbono ocorre quando a duração da seca é suficientemente longa a ponto de reduzir a atividade fotossintética, culminando na depleção das reservas de carbono da planta. As falhas hidráulicas ocorrem quando a intensidade da seca é suficiente para gerar elevada tensão nos vasos do xilema, resultando em embolismo e cavitação. Quando a seca é intensa e de longa duração os dois problemas ocorrem em conjunto (adaptado de McDowell et al. 2008).

- O ajuste osmótico está relacionado à capacidade de produção/remobilização de osmólitos ativos no citosol, capazes de forçar a redução do potencial osmótico e, conseqüentemente, do potencial hídrico das células. Este processo otimiza a absorção de água de solos com baixo teor de umidade (que sem tal ajuste estaria indisponível) e a hidratação dos tecidos foliares, proporcionando maior turgor celular (CHAVES et al. 2003).
- O ajuste elástico relaciona-se com o potencial de pressão e as propriedades da parede celular (ex.: módulo de elasticidade). Folhas com paredes celulares mais elásticas apresentam menor módulo de elasticidade, sendo mais eficientes em acompanhar as reduções do volume do protoplasto promovidas pela desidratação, resultando em maior capacidade de manutenção do turgor celular sob déficit hídrico. Em outras, palavras, isso retarda a murcha foliar. Há uma tendência de plantas de ambientes xéricos apresentarem parede celular mais elástica (WHITE et al. 2000) e uma tendência de aumento da elasticidade da parede celular em função da seca, conforme observado por MERCHANT et al. (2007) em diferentes espécies de eucalipto.
- O ajuste hidráulico corresponde às alterações nas características dos vasos condutores de água do xilema, de forma a aumentar a eficiência de transporte e, ou reduzir os riscos de ocorrência de falha hidráulicas. Em *E. urophylla*, o ajuste hidráulico em resposta à seca sazonal resultou em redução média de 55% na condutividade hidráulica durante a estação seca, em relação à chuvosa,

sendo as maiores reduções detectadas em árvores maiores (ZHANG et al. 2016). Esse mesmo mecanismo de proteção contra falhas hidráulicas foi evidenciado em clones de *E. urograndis* cultivados na África do Sul (CROUS et al. 2017). Apesar de reduzir a eficiência do transporte de água, a redução do diâmetro de vasos é um mecanismo importante na prevenção da ocorrência de cavitação e embolia, conferindo maior tolerância à seca.

### 3.3. O comprimento radicular é um fator determinante para a aquisição de água no cerrado

Plantas submetidas à seca comumente apresentam aumento na alocação de foto-assimilados para a raiz em detrimento da parte aérea, acarretando maior produção de biomassa radicular o que, em geral, se traduz em aquisição de água mais eficiente (COSTA E SILVA et al. 2004; VALDÉS et al. 2012). Porém, tal afirmação precisa ser interpretada com cautela, visto que a absorção de água é um fenômeno associado à superfície radicular, e não ao volume ou massa deste órgão. Assim, o aumento da biomassa/volume radicular como fator condicionante de tolerância à seca deve estar associado ao aumento na proporção de raízes finas e longas, e não somente ao de massa ou volume radicular.

O Cerrado é o bioma cujas espécies nativas apresentam maior média de profundidade radicular ( $15 \pm 5,4$  m) (CANADELL et al. 1996), as quais contribuem significativamente com o balanço hídrico do bioma por possibilitar acesso à grande quantidade de água estocada em camadas mais profundas do solo (ROSSATTO et al. 2012), viabilizando a sobrevivência durante períodos de baixa precipitação e elevada demanda evapotranspiratória (MEINZER et al. 1999; OLIVEIRA et al. 2005;). Durante muito tempo, estudos sobre a dinâmica solo-água eram restritos a medições realizadas nos primeiros 50 cm de solo.

Entretanto, mais recentemente, vem-se atribuindo às plantas com raízes mais longas importantes implicações funcionais para o ecossistema do Cerrado, sendo as camadas subsuperficiais dos solos um “universo” a ser explorado neste bioma (JACKSON et al. 2000). Isso porque o compartimento de solos mais profundos (a partir de 1 m de profundidade) contribui com cerca de 83% da água total utilizada pelas plantas durante a estação seca (OLIVEIRA et al. 2005).

A produção de raízes subsuperficiais é uma estratégia que possibilita a absorção não só da água estocada em camadas subsuperficiais do solo, como também o acesso ao lençol-freático, o qual pode ser crítico para a sobrevivências das árvores durante períodos de déficit hídrico severo (CHRISTINA et al. 2017). Apesar de sua pequena biomassa, raízes maiores tendem a ter um forte efeito na ecologia funcional dos ecossistemas florestais (SCHENK; JACKSON, 2002), como por exemplo aumentando a sobrevivência de plantas jovens a períodos prolongados de seca (PADILLA; PUGNAIRE, 2007). Esta estratégia de tolerância à seca (de colonização rápida de camadas subsuperficiais do solo) é um fator determinante dos picos de crescimento em *Eucalyptus*, geralmente observada no segundo ano após o plantio (STAPE et al. 2010). Apesar da aquisição de águas subterrâneas representar uma pequena porção da transpiração do dossel, a proporção de água absorvida nas proximidades do lençol freático é muito maior durante os períodos secos, ressaltando a importância das águas profundas em tamponar a sazonalidade da distribuição de chuvas, possibilitando a manutenção do crescimento e sobrevivência de árvores durante os períodos secos (OLIVEIRA et al. 2005; CHRISTINA et al. 2017).

Considerando-se o conhecimento acerca da dinâmica radicular das plantas nativas do cerrado, em adição aos aspectos aqui destacados, sugere-se que a capacidade de formar raízes longas seja um importante aspecto a ser levado em

consideração durante a seleção de genótipos de eucalipto para cultivo no Cerrado.

### **3.4. A alta densidade da madeira pode contribuir para maior tolerância à seca**

A seca contínua promove redução do número e tamanho das células do caule, tornando o tecido mais compacto, reduzido as perdas de água às expensas da limitação no crescimento (SHAO et al. 2008). Aumentos na densidade do caule são observados em resposta à deficiência hídrica em *Eucalyptus* (CORRÊA et al. 2017) e devem-se ao rearranjo das fibras do lenho e à redução do diâmetro dos vasos, como demonstrado em plantas de outros gêneros (MENEZES-SILVA et al. 2015). A densidade da madeira de espécies nativas do Cerrado aumenta em função da redução do potencial hídrico do solo na estação seca (BUCCI et al. 2004), assim como observado em genótipos de *Eucalyptus* (CORRÊA et al. 2017), reforçando a importância deste caráter na seleção de genótipos destinados ao cultivo nesse bioma. Os padrões de alocação dos recursos frequentemente resultam na melhoria de uma função biológica em detrimento de outra, particularmente em ambientes com limitação de recursos, como água e nutrientes.

Em geral, madeiras mais densas apresentam maior resistência ao embolismo e cavitação (HACKE et al. 2001), devido à redução no calibre dos vasos; porém, apresentam menor capacitância (capacidade de estoque de água nos condutos) (STRATTON et al. 2000; MEINZER, 2003). Isso resulta em menor condutividade hidráulica (STRATTON et al. 2000), uma vez que pequenas reduções no diâmetro dos vasos refletem em grandes quedas na condutividade hidráulica (LEWIS; BOOSE, 1995). Dessa forma, se a capacidade de estocar água e a eficiência de transporte de água estão negativamente correlacionadas à densidade da madeira, é de se es-

perar que espécies do cerrado com madeiras mais densas experimentem maiores flutuações no status hídrico, requerindo maior alocação de recursos para realização de ajuste osmótico para manutenção do turgor celular (MEINZER, 2003).

Os padrões de absorção de água e o acesso à água do solo durante a estação seca parecem ser os principais determinantes da densidade da madeira, levando a convergências funcionais nos cerrados (BUCCI et al. 2004). Portanto, é de se esperar uma relação inversa entre a densidade da madeira e a profundidade das raízes nas plantas de cerrado, resultando em mecanismos distintos, mas funcionalmente similares, uma vez que ambos conferem maior tolerância à seca. A presença dessas duas estratégias como algo importante na adaptação das espécies de Cerrado sugere sua importância no combate ao déficit hídrico neste bioma.

O efeito da densidade dos tecidos na tolerância à seca também foi estudado em folhas de eucalipto, nas quais se observa que o maior adensamento das células do mesófilo confere maior tolerância à seca no clone 1277 (*E. grandis* x *E. camaldulensis*), em relação aos clones 1404 e 1407 (*E. urophylla* x *E. grandis*) (GOMES, 2013), uma vez que reduz a área superficial no interior da folha (na interface parede celular – espaço intercelular), diminuindo as perdas de vapor de água para a atmosfera.

### **3.5. Plantas isoídricas são menos produtivas, porém, mais tolerantes à seca**

Apesar dos amplos reservatórios de água subterrânea, os períodos com baixa ou nenhuma pluviosidade no Cerrado são longos e caracterizados por elevado Déficit de Pressão de Vapor (DPV) (DALMAGRO et al. 2014). O DPV apresenta relação direta com a temperatura e inversa à umidade relativa do ar, sendo a força motriz determinante das taxas transpiratórias, além de afetar o controle estomático (CARINS-MURPHY et al. 2014; BLACKMAN et al.

2017), o qual possui relação direta com a eficiência fotossintética e a produtividade vegetal. Um controle estomático eficiente é fundamental para evitar perdas excessivas de água nas plantas de ambientes que apresentam longos períodos de seca, tanto no solo quanto na atmosfera (condição de alto DPV), como ocorre no Cerrado. Durante períodos de seca muito intensa e, ou de longa duração, plantas que apresentam rápido fechamento estomático em resposta ao alto DPV na atmosfera e à redução do grau de hidratação dos tecidos foliares (queda do potencial hídrico) apresentam maiores chances de sobrevivência, mesmo isso refletindo em quedas na produtividade (MCDOWELL et al. 2008).

Plantas que apresentam este tipo de resposta estomática frente à redução da disponibilidade de água no ambiente são denominadas isoídricas, uma vez que são capazes de manter o potencial hídrico foliar relativamente estável mesmo quando a umidade do solo e do ar atingem valores baixos. Ressalta-se que esta estratégia promove economia de água, contribuindo para a sobrevivência do indivíduo; entretanto, pode resultar em baixa produtividade, visto que a entrada de CO<sup>2</sup> através dos poros estomáticos é reduzida, promovendo quedas na fotossíntese e na produção de fotoassimilados, essenciais para o crescimento vegetal.

### **3.6. A elevada acidez dos solos intensifica o problema da restrição hídrica no Cerrado**

No Cerrado, a falta de água nas camadas mais superficiais do solo no período seco afeta a absorção de vários nutrientes, principalmente aqueles cujo movimento se dá por fluxo de massa. Portanto, a deficiência nutricional acaba sendo um efeito aditivo da seca em plantas cultivadas neste bioma. Elementos como boro, cálcio, potássio e nitrogênio tem se mostrado importantes na mitigação dos danos causados pela restrição hídrica. Por

este motivo, uma nutrição mineral adequada é frequentemente relatada como essencial para a aquisição de tolerância à seca (HODECKER et al. 2015; CORRÊA et al. 2017; BATTIE-LACLAU et al. 2014; 2016; NAEEM et al. 2017; MÜLLER et al. 2017). Um estudo recente demonstra que, sob restrição hídrica, clones mais tolerantes à seca geralmente apresentam elevada eficiência de absorção e baixa eficiência de uso dos nutrientes, enquanto que nos clones sensíveis, ambas as variáveis apresentaram valores baixos para formação de raízes, e elevada eficiência de absorção para formação de folhas (MÜLLER et al. 2017).

Além da seca reduzir drasticamente a disponibilidade de nutrientes, outra característica intrínseca dos solos do Cerrado contribui para a sua reduzida fertilidade: a elevada acidez (HARIDASAN 2001) - principal responsável pelos baixos teores de fósforo, potássio e matéria orgânica (SILVEIRA; GAVA, 2004), e pelos teores elevados de alumínio trocável (KOCHIAN, 1995; HAYNES; MOKOLOBATE, 2001). O eucalipto apresenta elevada demanda nutricional, observando-se a seguinte ordem de acúmulo de nutrientes na parte aérea: N ≥ Ca > K > Mg > P (ANDRADE et al. 2006; FARIA et al. 2008; VIEIRA et al. 2012). Apesar do fósforo ser o macronutriente menos requisitado, os baixos teores afetam significativamente a produtividade do eucalipto (GAZOLA et al. 2015).

O teor de matéria orgânica presente nos solos tem grande importância no suprimento de nitrogênio às plantas (GAMA-RODRIGUES et al. 2005), sendo a recomendação de doses de N para eucalipto baseada no teor de matéria orgânica nos solos - assumindo-se que o estoque de nitrogênio é menor em solos com baixo teor de matéria orgânica (GONÇALVES et al. 1997), como é o caso dos solos do Cerrado. Ressalta-se que em áreas de cultivo de eucalipto há a possibilidade de se observar elevados teores de matéria orgânica, dado o grande volume de serrapilheira e maior ciclagem de nutrientes (PULROLNIK et al. 2009).

Um estudo realizado em um plantio de *Eucalyptus* no Cerrado demonstrou os efeitos dos baixos teores de matéria orgânica na produtividade das árvores. A fertilização com nitrogênio promoveu aumentos de baixa magnitude no crescimento em *Eucalyptus*, enquanto que a fertilização com fósforo, o menos requisitado entre os macronutrientes, promoveu melhores resultados (GAZOLA et al. 2015). Já a fertilização com potássio, um dos elementos que mais limitam a produtividade de eucalipto no Brasil (SILVEIRA; MALAVOLTA, 2000), apresentou os maiores aumentos em produtividade, sob condição de baixo teor de matéria orgânica, em comparação à fertilização com nitrogênio e fósforo (GAZOLA et al. 2015).

O teor elevado de alumínio trocável nos solos do Cerrado é um importante aspecto limitante do crescimento e desenvolvimento de plantas não adaptadas a estas condições (HAYNES; MOKOLOBATE, 2001). A solubilidade do alumínio na solução do solo é extremamente dependente do pH: sob condições neutras ( $\text{pH} > 5,5$ ), o alumínio encontra-se na forma de aluminossilicato ( $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ ), óxidos de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ou gibbsita [ $\text{Al}(\text{OH})_3$ ], não estando disponível para absorção pelas plantas; sob condições ácidas ( $\text{pH} < 5,5$ ), os altos teores de  $\text{H}^+$  contribuem para a liberação de íons  $\text{Al}^{+3}$  dos minerais do solo (KOCHIAN 1995; LEITE et al. 2011), os quais podem atingir níveis fitotóxicos à medida que o pH desce. A fitotoxicidade do alumínio no ambiente pode flutuar em função da lixiviação do solo e mudanças na especiação (ARRUDA; AZEVEDO 2009). Portanto, períodos de fitotoxicidade leve a moderada podem ser seguidos por períodos de toxidez aguda, em que os teores de alumínio trocável encontram-se elevados (ALCÂNTARA et al. 2015). Diante disso, destaca-se a importância de seleção de genótipos que apresentam alta tolerância ao alumínio e rápida resposta de aclimação às condições adversas do cerrado.

Considerando que o principal objetivo deste capítulo é discutir os mecanismos de

tolerância à seca desejáveis em plantas de *Eucalyptus*, para cultivo no Cerrado brasileiro, uma importante questão vem à tona: *qual a relação entre a maior disponibilidade do Al nos solos do Cerrado com a restrição hídrica e tolerância à seca em eucalipto?* De forma geral, espécies vegetais sensíveis ao alumínio acumulam este elemento nos ápices radiculares, o que rapidamente inibe o crescimento da raiz (KOPITKE et al. 2015), assim como a formação de novas raízes laterais; o alumínio também promove redução da densidade de pêlos radiculares (BARCELÓ; POSCHENRIEDER, 2002), o que prejudica a absorção de água e nutrientes, principalmente sob condições de baixa disponibilidade hídrica (HARTWIG et al. 2007). Nas folhas, é comum observar problemas na formação e funcionamento dos cloroplastos (MOUSTAKAS et al. 1996; Peixoto et al 2002) e redução nos teores de clorofila *b* (MITTLER, 2002), culminando em queda da eficiência fotossintética (MOUSTAKAS et al. 1996; PEIXOTO et al. 2002).

Genótipos de *Eucalyptus* apresentam tolerância diferencial ao alumínio, relacionada à capacidade variável das raízes de destoxificar o elemento e, ou evitar sua translocação para a parte aérea. Dessa forma, materiais genéticos mais tolerantes apresentam menores teores de Al nos tecidos (SILVA et al. 2017), o que permite a manutenção do crescimento radicular, característica essencial para a aquisição de água a partir das camadas de solo mais profundas do Cerrado.

A exclusão do alumínio das raízes é um processo importante na aquisição de tolerância a este metal (NGUYEN et al. 2003; TAHARA et al. 2008). Contudo, a quelação do alumínio com ânions de ácidos orgânicos, como o citrato, oxalato e o malato, é um dos mecanismos mais bem caracterizados de resistência ao alumínio em plantas (WATANABE; OSAKI, 2002; DELHAIZE et al. 2012). Os ácidos orgânicos podem formar complexos não-tóxicos com o alumínio, tanto dentro, quanto fora das raízes, de forma que a liberação dos ácidos orgânicos das raízes na rizosfera evita que

o metal adentre as raízes, enquanto os ácidos orgânicos internos destoxificam o alumínio efetivamente absorvido.

*E. camaldulensis* apresenta boa capacidade de crescimento em solos muito ácidos (pH<3,5) (OSAKI et al. 1998), os quais propiciam a ocorrência de níveis elevados de alumínio trocável na solução do solo (van BREEMEN; PONS, 1978). Essa espécie apresenta grande potencial de aclimação ao alumínio, permitindo a manutenção do crescimento radicular após exposição ao metal (TAHARA et al. 2005; 2008), como observado no híbrido 1277 (ALCÂNTARA et al. 2015). Um mecanismo de tolerância ao alumínio já descrito para *E. camaldulensis* é a secreção de ácidos orgânicos pela raiz (NGUYEN et al. 2003; TAHARA et al. 2008), estabilizando-o na rizosfera e impedindo sua absorção, conforme descrito acima. Porém, a quantidade secretada parece ser muito pequena para explicar a forte tolerância apresentada pela espécie, sugerindo a existência de outros compostos ou mecanismos de tolerância (TAHARA et al. 2008).

Alguns compostos fenólicos também podem formar complexos com  $Al^{+3}$ , contribuindo no processo de destoxificação na planta (KIDD et al. 2001; BARCELÓ; POSCHENRIEDER, 2002; TAHARA et al. 2008). TAHARA et al. (2008) verificaram altos teores de compostos fenólicos solúveis nas raízes de *E. camaldulensis*, sugerindo que estes compostos possam contribuir para a tolerância da espécie. Posteriormente, TAHARA et al. (2014) identificaram um novo tipo de ligante destoxificante de alumínio nas raízes de *E. camaldulensis*: a oenoteína B (OeB), um tanino hidrolizável dimérico pertencente ao grupo dos compostos fenólicos (HATANO et al. 1990). Esta molécula apresenta elevada afinidade com o Al, formando complexos solúveis e insolúveis no simplasto da raiz, onde outros ligantes, citrato e oxalato, também estão presentes (TAHARA et al. 2014; ZHANG et al. 2016). Um experimento realizado com extrato de raízes de *E. camaldulensis* em solução contendo alumínio mostrou que

OeB tem maior afinidade com o alumínio que os ácidos orgânicos citrato e oxalato, suportando a hipótese de que OeB é o principal responsável pela destoxificação interna do metal no simplasto das raízes de *E. camaldulensis*, responsável pela tolerância (TAHARA et al. 2017).

A alta tolerância de *E. camaldulensis* a solos ácidos e, conseqüentemente, ricos em alumínio, pode ter relação com sua alta tolerância à seca (REIS et al. 2006, THUMMA et al. 2012; HODECKER et al. 2018), conforme proposto por MARSCHNER (1991) e ALCÂNTARA et al. (2015). A tolerância ao alumínio parece ser um processo que favorece a tolerância à seca em solos ácidos, pois permite a manutenção do crescimento da raiz, possibilitando a aquisição de águas estocadas em camadas mais profundas do solo - o que pode definir a diferença entre a vida e a morte de florestas de eucalipto no Cerrado, visto que neste bioma os dois agentes estressores - seca e alumínio - ocorrem em conjunto. ALCÂNTARA et al. (2015) recomendam o uso do híbrido 1277, ou mesmo de genótipos que tenham *E. camaldulensis* na linhagem parental, como fonte genética de tolerância concomitante à seca e ao alumínio. Mais estudos sobre a relação entre tolerância à seca e ao alumínio em *E. camaldulensis* no Cerrado precisam ser realizados, tendo em vista as lacunas existentes a respeito dos mecanismos de tolerância à seca e ao alumínio nesse clone, bem como no gênero *Eucalyptus*, como um todo.

### **3.7. O projeto Tolerância à Seca abre possibilidades para o aumento da produtividade de eucalipto no Cerrado**

O projeto Tolerância à Seca, iniciado em 2017, tem como objetivo a identificação de biomarcadores de tolerância e o desenvolvimento de genótipos mais tolerantes à restrição hídrica. O projeto está sendo desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa (UFV), sendo fruto da parceria entre

a Sociedade de Investigações Florestais (SIF) e várias empresas do setor florestal de todo o Brasil.

A partir de dados fenotípicos de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes regiões do Brasil acometidas por períodos prolongados de restrição hídrica, as empresas envolvidas no projeto elaboraram um ranking dos materiais genéticos potencialmente mais tolerantes, muitos dos quais estão sendo objeto de estudo do projeto. Em um primeiro momento, os experimentos estão sendo conduzidos com plantas jovens, em casa de vegetação, mas todos os genótipos utilizados estão sendo também cultivados em condições de campo. Isso permitirá validar os resultados encontrados na primeira fase do projeto, bem como verificar se as estratégias de tolerância observadas nas plantas jovens se mantêm na fase adulta. Se isso confirmado, o projeto **Tolerância à Seca** também contribuirá para o procedimento de seleção precoce de clones mais tolerantes à seca.

Considerando-se a forma sazonal da distribuição dos períodos de chuva no Cerrado, resultando em vários meses consecutivos de restrição hídrica, espera-se reduzir a taxa de mortalidade de plantas de eucalipto cultivadas neste bioma, aumentando a produtividade por meio da seleção precoce e desenvolvimento de materiais genéticos mais tolerantes à seca.

### 3.8. Considerações finais

Tendo em vista a importância do bioma Cerrado como berço de águas subterrâneas do Brasil, estudos sobre os potenciais impactos do cultivo de *Eucalyptus* neste bioma devem ser realizados, de forma a definir as regiões em que as plantações podem ser estabelecidas, bem como as estratégias de mitigação e manejo dos possíveis impactos causados.

Recentemente a SIF, juntamente com a Associação Mineira da Indústria Florestal

(AMS) tem procurado promover sinergia entre as empresas que atuam no Cerrado de Minas Gerais, visando à instalação de microbacias em pontos estratégicos do norte do estado, que possam apoiar o maior conhecimento da dinâmica hidrológica na região e trazer informações técnicas que possam apoiar o desenvolvimento econômico, social e ambiental da região.

Nas regiões de Cerrado adequadas para o cultivo de eucalipto, aspectos morfofisiológicos como produção de raízes longas, elevada densidade da madeira, comportamento isoídrico e tolerância ao alumínio são desejáveis em genótipos designados para o Cerrado. Ademais, espera-se, em um futuro próximo, maior rapidez e eficácia no processo de seleção precoce de novos genótipos de *Eucalyptus* desenvolvidos pelos programas de melhoramento genético, com auxílio dos bioindicadores de tolerância identificados pelo *Projeto Tolerância à Seca*.

### Referências bibliográficas

ALCÂNTARA, B. K.; PIZZAIA, D.; PIOTTO, F. A.; BORGIO, L.; BRONDANI, G. E.; AZEVEDO, R. A. Temporal dynamics of the response to al stress in *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 87: 1063-1070, 2015.

ALMEIDA A.C.; SOARES J.V.; LANDSBERG J.J.; REZENDE G.D. Growth and water balance of *Eucalyptus grandis* hybrid plantations in Brazil during a rotation for pulp production. **Forest Ecology and Management** 251: 10-21, 2007.

ANDRADE, G. C.; BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D.; RIZZI, N. E.; GAVA, J. L. Acúmulo de nutrientes na biomassa e na serrapilheira de *Eucalyptus grandis* em função da aplicação de lixo urbano e de nutrientes minerais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, 53: 109-136, 2006.

- ARRUDA, MAZ.; AZEVEDO, R. A. Metallomics and chemical speciation: towards a better understanding of metal-induced stress in plants. **Annals of Applied Biology**, 155: 301-307, 2009.
- BARCELÓ, J.; POSCHENRIEDER, C. Fast root growth responses, root exudates, and internal detoxification as clues to the mechanisms of aluminium toxicity and resistance: a review. **Environmental and Experimental Botany**, 48: 75-92, 2002.
- BATTIE-LACLAU, P.; LACLAU, J. P.; DOMEQ, J. C.; CHRISTINA, M.; BOUILLET, J. P.; PICCOLO, M. C.; GONÇALVES, J. L. M.; MOREIRA, R. M.; KRUSCHE, A. V.; BOUVET, J. M.; NOUVELLON, Y. Effects of potassium and sodium supply on drought-adaptive mechanisms in *Eucalyptus grandis* plantations. **New Phytologist**, 203: 401-413, 2014.
- BATTIE-LACLAU, P.; DELGADO-ROJAS J. S.; CHRISTINA, M.; NOUVELLON, Y.; BOUILLET, J. P.; PICCOLO, M. C.; MOREIRA, M. Z.; GONÇALVES, J. L. M.; ROUPSARD, O.; LACLAU, J. P. Potassium fertilization increases water-use efficiency for stem biomass production without affecting intrinsic water-use efficiency in *Eucalyptus grandis* plantations. **Forest Ecology and Management**, 364: 77-89, 2016.
- BLACKMAN, C. J.; ASPINWALL, M. J.; TISSUE, D. T.; RYMER, P. D. Genetic adaptation and phenotypic plasticity contribute to greater leaf hydraulic tolerance in response to drought in warm climates. **Tree Physiology**, 37: 583-592, 2017.
- BUCCI, S. J.; GOLDSTEIN, G.; MEINZER, F. C.; SCHOLZ, F. G.; FRANCO, A. C.; BUSTAMANTE, M. Functional convergence in hydraulic architecture and water relations of tropical savannah trees: from leaf to whole plant. **Tree Physiology**, 24: 891-899, 2004.
- CANADELL, J.; JACKSON, R. B.; EHLERINGER, J. R.; MOONEY, H. A.; SALA, O. E.; SCHULZE, E.-D. Maximum rooting depth of vegetation types at the global scale. **Oecologia**, 108: 583-595, 1996.
- CARINS-MURPHY, M. R.; JORDAN, G. J.; BRODRIBB, T. J. Acclimation to humidity modifies the link between leaf size and the density of veins and stomata. **Plant, Cell and Environment**, 37: 124-131, 2014.
- CHAVES, M. M.; MAROCO, J. P.; PEREIRA, J. S. Understanding plant responses to drought -from genes to the whole plant. **Functional Plant Biology**, 30: 239-264, 2003.
- CORRÊA, T. R.; PICOLI, E. A. T.; SOUZA, G. A.; CONDÉ, S. A.; SILVA, N. M.; LOPES-MATTOS, K. L. B.; RESENDE, M. D. V.; ZAUZA, E. A. V.; ODA, S. Phenotypic markers in early selection for tolerance to dieback in *Eucalyptus*. **Industrial Crops & Products**, 107: 130-138, 2017.
- COSTA E SILVA, F.; SHVALEVA, A.; MAROCO, J. P.; ALMEIDA, M. H.; CHAVES, M. M.; PEREIRA, J. S. Responses to water stress in two *Eucalyptus globulus* clones differing in drought tolerance. **Tree Physiology**, 24: 1165-1172, 2004.
- CHRISTINA M.; NOUVELLON Y.; LACLAU J. P.; STAPE J. L.; BOUILLET J. P.; LAMBAIS G. R.; LE MAIRE G.; Importance of deep water uptake in tropical eucalypt forest. **Functional Ecology**, 31: 509-519, 2017.
- CROUS, C. J.; GREYLING, I.; WINGFIELD, M. J. Dissimilar stem and leaf hydraulic traits suggest varying drought tolerance among co-occurring *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* clones. **Southern Forests** (no prelo), 2017.
- DALMAGRO H. J.; LOBO F. A.; VOURLITIS G. L.; DALMOLIN A. C.; ANTUNES JR. M. Z.; ORTIZ C. E. R.; NOGUEIRA J. S.; The physiological light response of two tree species across a hydrologic gradient in Brazilian savanna (Cerrado). **Photosynthetica** 52: 22-35, 2014.
- DELHAIZE, E.; MA, J. F.; RYAN, P. R. Transcriptional regulation of aluminium tolerance genes. **Trends in Plant Science**, 17: 341-348, 2012.

- FARIA, G. E.; BARROS, N. F.; CUNHA, V. L. P.; MARTINS, I. S.; MARTINS, R. C. C. Avaliação da produtividade, conteúdo e eficiência de utilização de nutrientes em genótipos de *Eucalyptus* spp. no Vale do Jequitinhonha, MG. **Ciência Florestal**, 18: 363-373, 2008.
- GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; SANTOS, G. A. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29: 893-901, 2005.
- GAZOLA, R. N.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; DINALLI, R. P. de.; MORAES, M. L. T.; CELESTRINO, T. S. da.; SILVA, P. H. M.; DUPAS, E. Doses of N, P and K in the cultivation of eucalyptus in soil originally under Cerrado vegetation. **Semina: Ciências Agrárias**, 36: 1895-1912, 2015.
- GOMES, L. M. L. Características morfofisiológicas associadas à restrição hídrica em clones de eucalipto. **Dissertação** (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2013. 26 p.
- GONÇALVES, J. L. M.; RAIJ, B. VAN.; GONÇALVES, J. C. FLORESTAIS. IN: RAIJ B VAN, CANTARELLA H, QUAGGIO JA, FURLANI AMC. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. 247-260 p.
- HACKE, U. G.; SPERRY, J. S.; POCKMAN, W. T.; DAVIS, S. D.; MCCULLOH, K. A. Trends in wood density and structure are linked to prevention of xylem implosion by negative pressure. **Oecologia**, 126: 457-461, 2001.
- HARIDASAN, M. Nutrient cycling as a function of landscape and biotic characteristics in the cerrados of Central Brazil. In: McClain ME, Victoria RL, Richey JE (Eds). **The Biogeochemistry of the Amazon Basin**. Oxford University Press, New York, USA, 2001. 68-83 p.
- HARTWIG, I.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, F. I. F.; BERTAN, I.; SILVA, J. A. G.; SCHMIDT, D. A. M.; VALÉRIO, I. P.; MAIA, L. C.; FONSECA, D. A. R.; REIS, C. E. S. dos. Associated mechanisms of aluminum tolerance in plants. **Semina: Ciências Agrárias**, 28: 219-228, 2007.
- HATANO, T.; YASUHARA, T.; MATSUDA, M.; YAZAKI, K.; YOSHIDA, T.; OKUDA, T. Oenothrin B, a dimeric, hydrolyzable tannin with macrocyclic structure, and accompanying tannins from *Oenothera erythrosepala*. **Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions**, 1: 2735-2743, 1990.
- HAYNES, R. J.; MOKOLOBATE, M. S. Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: A critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, 59: 47-63, 2001.
- HODECKER, B. E. R.; BARROS, N. F.; SILVA, I. R.; DIOLA, V.; SARKIS, J. E. S.; LOUREIRO, M. E. Boron delays dehydration and stimulates root growth in *Eucalyptus urophylla* (Blake, S.T.) under osmotic stress. **Plant and Soil**, 384: 185-199, 2014.
- HODECKER, B. E. R.; PITA-BARBOSA, A.; BARROS, N. F.; MERCHANT, A. Water availability preceding long-term drought defines the tolerance of *Eucalyptus* to water restriction. **New Forests**, 49: 173-195, 2018.
- JACKSON, R. B.; SCHENK, H.; JOBBÁGY, E.; CANADELL, J.; COLELLO, G. D.; DICKINSON, R. E.; FIELD, C. B.; FRIEDLINGSTEIN, P.; HEIMANN, M.; HIBBARD, K.; KICKLIGHTER, D. W.; KLEIDON, A.; NEILSON, R. P.; PARTON, W. J.; SALA, O. E.; SYKES, M. T. Belowground consequences of vegetation change and their treatment in models. **Ecological Applications**, 10: 470-483, 2000.
- KIDD, P. S.; LLUGANY, M.; POSCHENRIEDER, C.; GUNSE, B.; BARCELÓ, J. The role of root exudates in aluminium resistance and silicon-induced amelioration of aluminum

toxicity in three varieties of maize (*Zea mays* L.). **Journal of Experimental Botany**, 52: 1339-1352, 2001.

KOCHIAN, L. V. Cellular mechanisms of aluminum toxicity and resistance in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, 46: 237-260, 1995.

KOPITTKE, P. M.; MOORE, K. L.; LOMBI, E.; GIANONCELLI, A.; FERGUSON, B. J.; BLAMEY, F. P. C.; MENZIES, N. W.; NICHOLSON, T. M.; MCKENNA, B. A.; WANG, P.; GRESSHOFF, P. M.; KOUROUSIAS, G.; WEBB, R. I.; GREEN, K.; TOLLENAERE, A. Identification of the primary lesion of toxic aluminium in plant roots. **Plant Physiology**, 167: 1402-1411, 2015.

LEITE, D. C.; CUNHA, A. C. B.; BIZANI, D. Analysis of macro and micronutrients in a comparative study of inert soil to bioremediation processes. **Revista de Ciências Ambientais**, 5: 93-102, 2011.

LEWIS, A. M.; BOOSE, E. R. Estimating volume flow rates through xylem conduits. **American Journal of Botany**, 82: 1112-1116, 1995.

MARSCHNER, H. Mechanisms of adaptation of plants to acid soils. **Plant and Soil**, 134: 1-20, 1991.

MCCULLOH, K. A.; SPERRY, J. S. Patterns in hydraulic architecture and their implications for transport efficiency. **Tree Physiology**, 25: 257-267, 2005.

MCDOWELL, N.; POCKMAN, W. T.; ALLEN, C. D.; BRESHEARS, D. D.; COBB, N.; KOLB, T.; PLAUT, J.; SPERRY, J.; WEST, A.; WILLIAMS, D. G.; YEPEZ, E. A. Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought? **New Phytologist**, 178: 719-739, 2008.

MCKIERNAN, A. B.; POTTS, B. M.; HOVENDEN, M. J.; BRODRIBB, T. J.; DAVIES, N. W.; RODEMANN, T.; MCADAM, S.;

O'REILLY-WAPSTRA, J. M. A water availability gradient reveals the deficit level required to affect traits in potted juvenile *Eucalyptus globulus*. **Annals of Botany**, 119: 1043-1052, 2017.

MEINZER, F. C.; GOLDSTEIN, G.; FRANCO, A. C.; BUSTAMANTE, M.; IGLER, E.; JACKSON, P.; CALDAS, L.; RUNDEL, P. W. Atmospheric and hydraulic limitations on transpiration in Brazilian cerrado woody species. **Functional Ecology**, 13: 273-282, 1999.

MEINZER FC, JAMES SA, GOLDSTEIN G, WOODRUFF D. 2003. Whole-tree water transport scales with sapwood capacitance in tropical forest canopy trees. **Plant, Cell & Environment**, 26: 1147-1155.

MENEZES-SILVA, P. E.; CAVATTE, P. C.; MARTINS, S. C. V.; REIS, J. V.; PEREIRA, L. F.; ÁVILA, R. T.; ALMEIDA, A. L.; VENTRELLA, M. C.; DAMATTA, F. M. Wood density, but not leaf hydraulic architecture, is associated with drought tolerance in clones of *Coffea canephora*. **Trees**, 29: 1687-1697, 2015.

MERCHANT, A.; CALLISTER, A.; ARNDT, S.; TAUSZ, M.; ADAMS, M. Contrasting physiological responses of six *Eucalyptus* species to water deficit. **Annals of Botany**, 100: 1507-1515, 2007.

MITCHELL, P. J.; O'GRADY, A. P.; TISSUE, D. T.; WHITE, D. A.; OTTENSCHLAEGER, M. L.; PINKARD, E. A. Drought response strategies define the relative contributions of hydraulic dysfunction and carbohydrate depletion during tree mortality. **New Phytologist**, 197: 862-872, 2013.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant Science**, 7: 405-410, 2002.

MOUSTAKAS, M.; OUZOUNIDOU, G.; ELEFThERIOU, E. P.; LANNOYE, R. Indirect effects of aluminium stress on the function of the photosynthetic apparatus. **Plant Physiology and Biochemistry**, 34: 553-560, 1996.

- MÜLLER, C.; HODECKER, B. E. R.; MERCHANT, A.; BARROS, N. F. Nutritional efficiency of eucalyptus clones under water stress. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 41: e0160528. 2017.
- NAEEM, M.; NAEEM, M. S.; AHMAD, R.; IHSAN, M. Z.; ASHRAF, M. Y.; HUSSAIN, Y.; FAHAD, S. Foliar calcium spray confers drought stress tolerance in maize via modulation of plant growth, water relations, proline content and hydrogen peroxide activity. **Archives of Agronomy and Soil Science**, 64: 116-131, 2017.
- NGUYEN, N. T.; NAKABAYASHI, K.; THOMPSON, J.; FUJITA, K. Role of exudation of organic acids and phosphate in aluminum tolerance of four tropical woody species. **Tree Physiology**, 23: 1041-1050, 2003.
- OLIVEIRA, R. S.; BEZERRA, L.; DAVIDSON, E. A.; PINTO, F.; KLINK, C. A.; NEPSTAD, D. C.; MOREIRA, A. Deep root function in soil water dynamics in cerrado savannas of central Brazil. **Functional Ecology**, 19: 574-581, 2005.
- OLIVEIRA NETO, S. N.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; LEITE, H. G.; NEVES, J. C. L. Crescimento e distribuição diamétrica de *Eucalyptus camaldulensis* em diferentes espaçamentos e níveis de adubação na região de cerrado de Minas Gerais. **Floresta**, 40: 755-762. 2010.
- OSAKI, M.; WATANABE, T.; ISHIZAWA, T.; NILNOND, C.; NUYIM, T.; SITTIBUSH, C.; TADANO, T. Nutritional characteristics in leaves of native plants grown in acid sulfate, peat, sandy podzolic, and saline soils distributed in Peninsular Thailand. **Plant and Soil**, 201: 175-182, 1998.
- PEIXOTO, H. P.; MATTA F. M. da.; MATTA, J. C. da. Responses of the photosynthetic apparatus to aluminum stress in two sorghum cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, 25: 821-832, 2002.
- PULROLNIK, K.; BARROS, N. F.; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; BRANDANI, C. B. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no Vale do Jequitinhonha – MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33: 1125-1136, 2009.
- REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; FONTAN, I. C. I.; MONTE, M. A.; GOMES, A. M.; OLIVEIRA, C. H. R. Performance of *Eucalyptus* spp. clones under different levels of soil water availability in the field-root and aboveground growth. **Revista Árvore**, 30: 921-931, 2006.
- SILVA, L. F. F.; LIMA, M. D. R.; LIMA, E. J. A.; CASTRO, A. R. S.; JUNIOR BARROS, U. O.; LOBATO, A. K. S. Differential behaviours in two species of *Eucalyptus* exposed to aluminium. **Indian Journal of Plant Physiology**, 22: 107-113, 2017.
- SILVEIRA, R. L. V. A.; GAVA, J. L. Nutrição e adubação fosfatada em eucalipto. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: **POTAFOS**, 2004. p. 495-536.
- SILVEIRA, R. L. V. A.; MALAVOLTA, E. Nutrição e adubação potássica em *Eucalyptus*. Piracicaba: **POTAFOS**, 2000. 12 p. (Informações Agrônomicas, n. 91).
- SHAO HB, CHU LY, JALEEL CA, ZHAO CX. 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, 331: 215-225.
- STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; RYAN, M. G.; FONSECA, S.; LOOS, R. A.; TAKAHASHI, E. N.; SILVA, C. R.; SILVA, S. R.; HAKAMADA, R. E.; FERREIRA, J. M. A.; LIMA, A. M. N.; GAVA, J. L.; LEITE, F. P.; ANDRADE, H. B.; ALVES, J. M.; SILVA, G. G. C.; AZEVEDO, M. R. The Brazil *Eucalyptus* Potential Productivity Project: influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. **Forest Ecology and Management**, 259: 1684-1694, 2010.

- STONE EL, KALISZ P.J. On the maximum extent of tree roots. **Forest Ecology and Management**, 46: 59-102, 1991.
- STRATTON, L.; GOLDSTEIN, G.; MEINZER, F. C. Stem water storage and efficiency of water transport: their functional significance in a Hawaiian dry forest. **Plant, Cell & Environment**, 23: 99-106, 2001.
- TAHARA, K.; NORISADA, M.; HOGETSU, T.; KOJIMA, K. Aluminum tolerance and aluminum-induced deposition of callose and lignin in the root tips of *Melaleuca* and *Eucalyptus species*. **Journal of Forestry Research**, 10: 325-333, 2005.
- TAHARA, K.; NORISADA, M.; YAMANOSHITA, T.; KOJIMA, K. Role of aluminum-binding ligands in aluminum resistance of *Eucalyptus camaldulensis* and *Melaleuca cajuputi*. **Plant and Soil**, 302: 175-187, 2008.
- TAHARA, K.; HASHIDA, K.; OTSUKA, Y.; OHARA, S.; KOJIMA, K.; SHINOHARA, K. Identification of an hydrolyzable tannin, oenothien B, as an aluminium-detoxifying ligand in a highly aluminium-resistant tree, *Eucalyptus camaldulensis*. **Plant Physiology**, 164: 683-693, 2014.
- TAHARA, K.; HIRADATE, S.; HASHIDA, K.; SHINOHARA, K. An aluminum resistance mechanism in *Eucalyptus camaldulensis*: complexation between aluminum and oenothien B in presence of organic acids *in vitro*. **Journal of Forestry Research**, 22: 261-264, 2017.
- THUMMA, B.R.; SHARMA, N.; SOUTHERTON, S. G. Transcriptome sequencing of *Eucalyptus camaldulensis* seedlings subjected to water stress reveals functional single nucleotide polymorphisms and genes under selection. **BMC Genomics**, 13: 364-385, 2012.
- VALDÉS, A. E.; IRAR, S.; MAJADA, J. P.; RODRÍGUEZ, A.; FERNÁNDEZ, B.; PAGÈS, M. Drought tolerance acquisition in *Eucalyptus globulus* (Labill.): A research on plant morphology, physiology and proteomics. **Journal of Proteomics**, 79: 263-276, 2013.
- VAN BREEMEN, N.; PONS, L. J. Acid sulfate **soils and rice**. In.: Soils and Rice. Ed. International Rice Research Institute, Los Baños, pp 739-761, 1978.
- VIEIRA, M.; BONACINA, D. M.; SCHUMACHER, M. V.; CALIL, F. N.; CALDEIRA, M. V. W.; WATZLAWICK, L. F. Biomassa e nutrientes em povoamento de *Eucalyptus urograndis* na Serra do Sudeste -RS. **Semina: Ciências Agrárias**, 33: 2481-2490, 2012.
- WARREN, C. R.; ARANDA, I.; CANO, F. J. Metabolomics demonstrates divergent responses of two *Eucalyptus* species to water stress. **Metabolomics**, 8: 186-200, 2012.
- WATANABE, T.; OSAKI, M. Mechanisms of adaptation to high aluminum condition in native plant species growing in acid soils: A review. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 33: 1247-1260, 2002.
- WHITE, D. A.; TURNER, N. C.; GALBRAITH, J. H. Leaf water relations and stomatal behaviour of four allopatric *Eucalyptus species* planted in Mediterranean southwestern Australia. **Tree Physiology**, 20: 1157-1165, 2000.
- ZHANG, L.; LIU, R.; GUNG, B. W.; TINDALL, S.; GONZALEZ, J. M.; HALVORSON, J. J.; HAGERMAN, A. E. Polyphenol-aluminum complex formation: implications for aluminum tolerance in plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 64: 3025-3033, 2016.
- ZHANG, Z.; ZHAO, P.; MCCARTHY, H. R.; OUYANG, L.; NIU, J.; ZHU, L.; NI, G.; HUANG, Y. Hydraulic balance of a *Eucalyptus urophylla* plantation in response to periodic drought in low subtropical China. **Frontiers in Plant Science**, 7: 1346, 2016.

# Capítulo 4

## Sistema de Informações para Planejamento Florestal no Cerrado Brasileiro - “SiFlor Cerrado”

*Luciana Duque Silva<sup>1</sup>*

*Antonio Rioyei Higa<sup>2</sup>*

*Daniel de Castro Victoria<sup>3</sup>*

*João Luís Ferreira Batista<sup>4</sup>*

*Hellen Patricia Pecchi Leite<sup>5</sup>*

*Fabiana Gonçalves Bastos<sup>5</sup>*

*Luís Valentino Freire<sup>5</sup>*

As regiões compreendidas pelo Bioma Cerrado, vem atraindo o interesse do setor florestal, devido à disponibilidade de terras, a um custo acessível e de fácil mecanização. Isso resulta na expansão das áreas com florestas plantadas nessa região, seja em monocultivo ou Integração Lavoura Pecuária e Floresta - iLPF. Com o propósito de reduzir riscos dos investimentos florestais nessas regiões, vem sendo realizado o Projeto SiFlor Cerrado.

O Projeto SiFlor Cerrado (Sistema de Informações para Planejamento Florestal no Cerrado Brasileiro), tem como objetivo recomendar espécies/clones para implantação de cultivos florestais em monocultivo e iLPF no Bioma Cerrado. O projeto é coordenado pela ESALQ/USP, UFPR e Embrapa Informática Agropecuária e conta com o apoio do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA, por meio do Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono).

O Plano ABC vem sendo desenvolvido no Bioma Cerrado, está distribuído em uma área de 204 milhões de hectares o que corresponde 24% de todo o território brasileiro (SNIF, 2016). É uma região de grande biodiversidade e também o habitat de muitas espécies endêmicas. De acordo com o ICMBio (2019), O Bioma Cerrado apresenta um alto grau de endemismo, sendo mais de 40% das espécies de plantas lenhosas e 50% das abelhas endêmicas.

No bioma localizam-se as cabeceiras das principais bacias hidrográficas brasileiras, como a do Paraná/Paraguai, São Francisco, Araguaia/Tocantins e Amazonas. (SNIF, 2016). Em relação ao uso de solo do Bioma Cerrado, aproximadamente 30% corresponde à áreas de pastagem, 8% são ocupados por culturas anuais, 3% por culturas perenes e menos de 2% são áreas usadas para silvicultura (BRASIL, 2015), como observado na Figura 1.

[1] Professora da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP).

[2] Professor da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

[3] Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária.

[4] Professor da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP).

[5] Engº Florestal pela Universidade de São Paulo (ESALQ/USP).

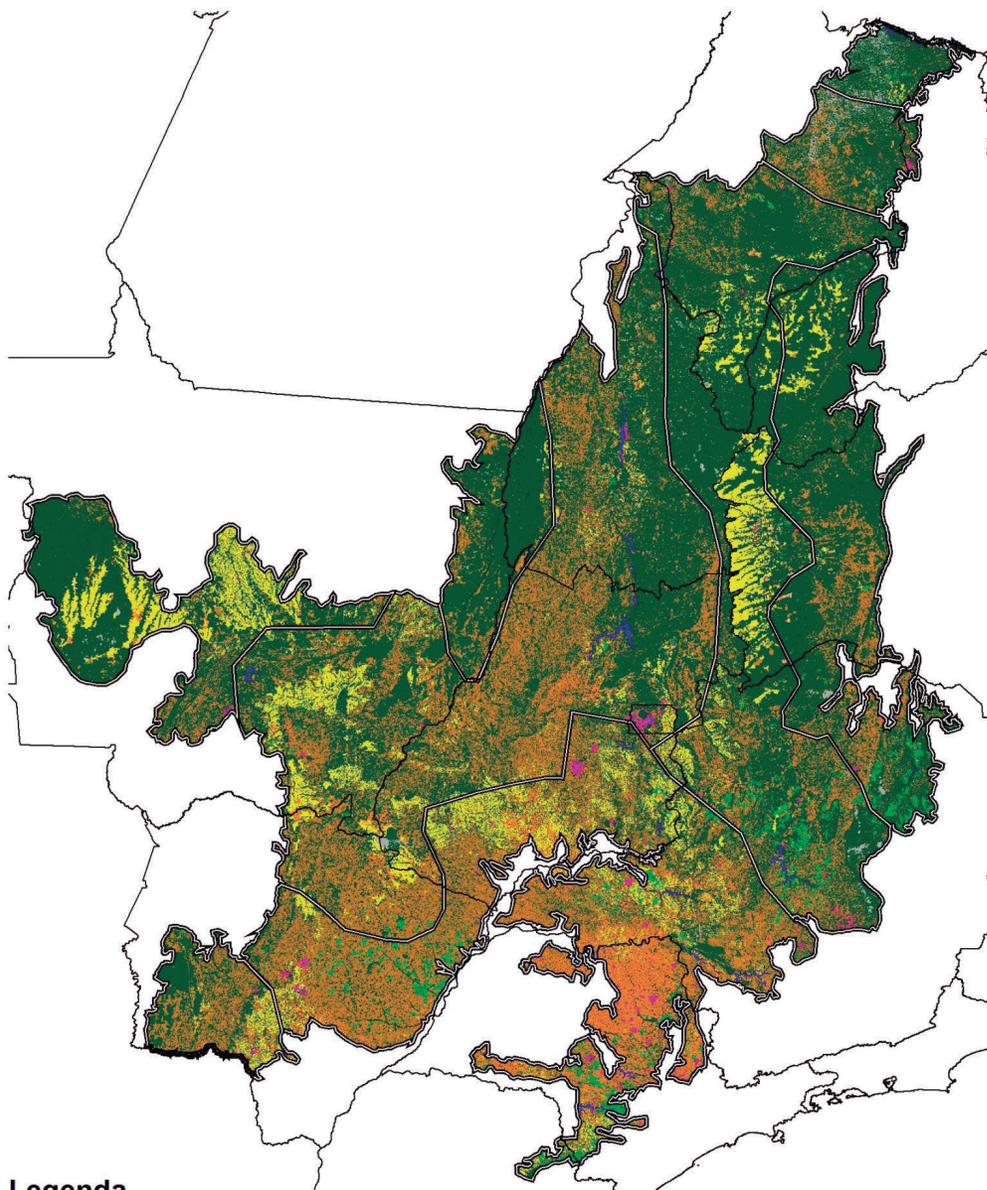


Figura 1 | Mapa de uso e cobertura da terra do Cerrado.  
 Fonte: BRASIL (2015)

Dentre as áreas destinadas à pastagem, estima-se que 60% a 70% apresentem algum grau de degradação (EMBRAPA, 2016), tornando-as desfavoráveis para a atividade pecuária. Isso sugere a necessidade de recuperação dessas áreas, como também incentiva à produção em iLPF, a fim de reduzir a pressão pela abertura de novas fronteiras sobre as regiões com vegetação natural.

O Bioma Cerrado apresenta grande potencial para a implantação de florestas em monocultivo e iLPF, considerado dessa forma, estratégico para ampliação da área florestal pelo Plano ABC. Porém, apresenta grandes desafios, como:

- concentração das chuvas no verão, com forte estiagem no inverno e ocorrência de veranicos;
- baixa fertilidade natural,
- toxidez de alumínio para culturas mais sensíveis.

Apesar do desafio de implantar florestas em locais com alguns fatores de restrições, o Brasil possui grande experiência nesse setor e conta atualmente com uma área de 9,85 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo 75,2% de eucalipto e 20,6% de pinus, as demais espécies representam 4,2% do total de áreas plantadas no território (IBGE, 2017). Os Estados com as maiores áreas de florestas em mono-

cultivo são respectivamente Minas Gerais (19,85% desse total), seguido por Paraná (16,14%), Mato Grosso do Sul (11,4%) e São Paulo (11%) (IBGE, 2017). Dentre esses Estados, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e São Paulo apresentam consideráveis áreas plantadas em monocultivo no Bioma Cerrado.

Em relação às florestas em iLPF estima-se que o Brasil possui 11,5 milhões de hectares de área plantada no sistema de iLPF em 2015, desse total, 17% corresponde à área com componente florestal e os Estados com as maiores áreas em iLPF estão o Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e São Paulo (EMBRAPA, 2019).

Em vista dos dados citados, nota-se que o país possui amplas áreas de cultivos em monocultivo e iLPF, entretanto segue o desafio de expansão dos cultivos das culturas florestais no cerrado. E, portanto, a seleção, o desenvolvimento e a adaptação de materiais genéticos para as diversas regiões geográficas, edáficas e climáticas do Bioma Cerrado são fundamentais para expansão de cultivos florestais em monocultivo e iLPF.

#### **4.1. Metodologia**

O fluxograma do projeto desde a definição das estratégias de ação (Figura 2).

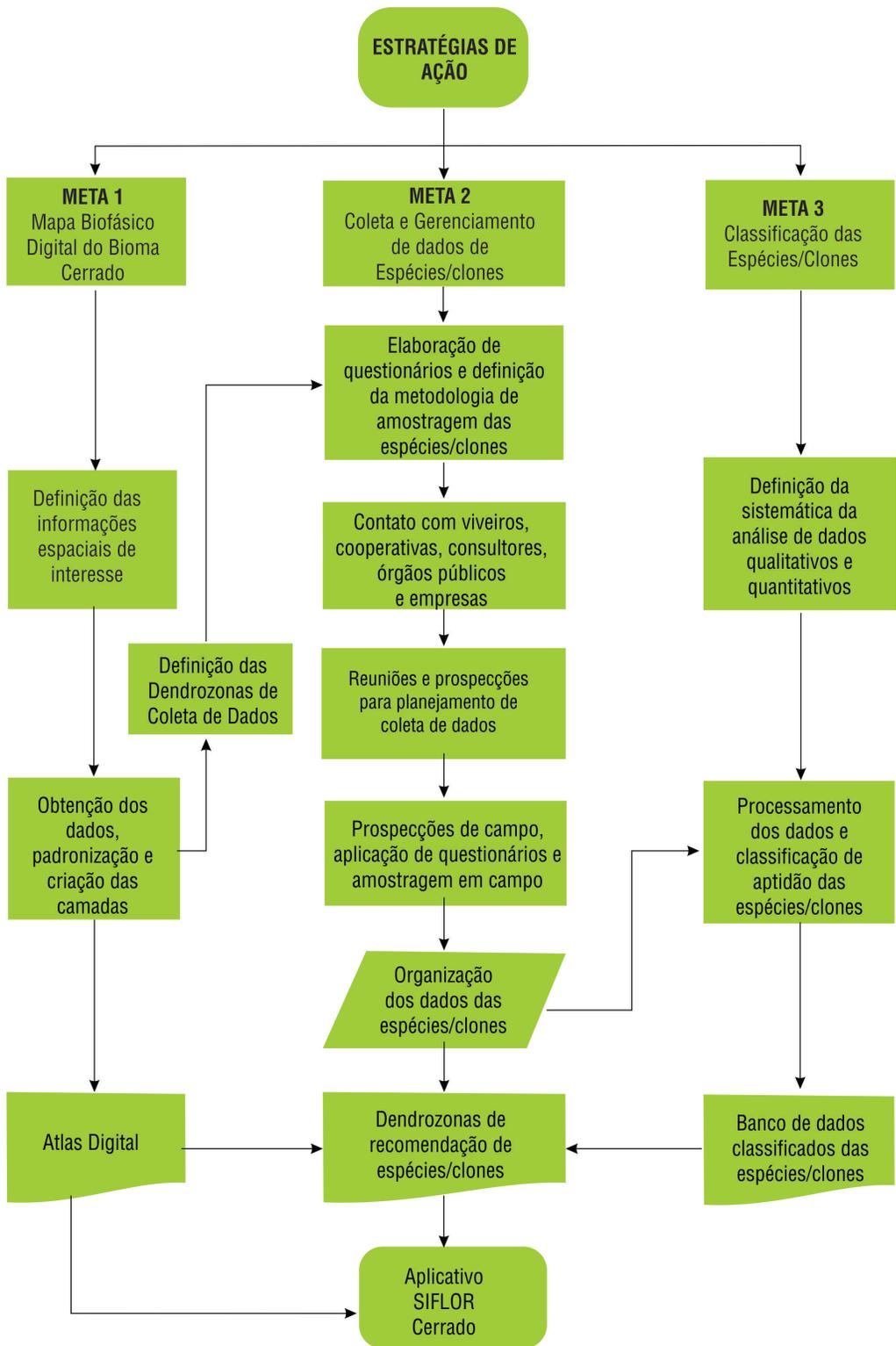


Figura 2 | Fluxograma com as fases do projeto SiFlor Cerrado.

### 4.1.1. Definição das espécies

A primeira fase para o estabelecimento de uma plantação florestal é a escolha do material genético a ser plantado (espécies/clones). Trata-se de uma decisão de extrema importância, já que árvores utilizadas para a implantação de sistemas silviculturais, tanto na forma de monocultivo ou iLPF, possuem ciclos longos que podem levar anos ou décadas para atingirem a maturidade e fornecerem o produto desejado. Uma escolha inadequada durante a fase inicial poderá trazer prejuízos durante todo o ciclo de cultivo, interferindo assim no uso final pretendido.

Existem então, quatro fatores que precisam ser observados na escolha das espécies. De acordo com Higa et al. (2000), primeiramente deve-se escolher a espécie em relação à finalidade do uso do produto, ou seja, qual o destino terão os produtos desta espécie seja para carvão, celulose, serraria, mourões, chapas, biomassa em geral, ou produtos não madeireiros; em segundo lugar deve-se observar os fatores de adaptação da espécie quanto ao clima, solo, ocorrência de pragas e doenças no local de cultivo; em terceiro está o conhecimento silvicultural que refere-se as técnicas para o cultivo e as operações de manutenção que a espécie vai exigir, por exemplo: plantio, preparo de solo, controle de formiga, controle de daninhas, poda e desbaste; e por fim, a rentabilidade da espécie, o quanto é sua produtividade e valor de seu produto no mercado.

Para o produtor iniciar seu cultivo, ele necessita de sementes e/ou mudas florestais e para isso, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento estabeleceu regulamentações para garantir a identidade, qualidade da produção e comercialização

de mudas e sementes. Dentro desse processo de regulamentação, foi criado o Registro Nacional de Cultivares (RNC), que tem como princípio habilitar as cultivares e espécies para produção no País. Atualmente, o RNC é regido pela Lei nº 10.711, de 05 de agosto de 2003 (BRASIL, 2003), e regulamentado pelo Decreto nº 5.153, de 23 de julho de 2004 (BRASIL, 2004).

Caso a cultivar possua proteção, ela também terá um número de registro referente a proteção de cultivar (CP). O processo de proteção de uma Cultivar foi sancionado pela Lei nº 9.456, em abril de 1997. A Lei faz referência aos direitos da propriedade intelectual da cultivar, a proteção garante ao titular o direito de comercialização e reprodução durante o período de proteção, atualmente 18 anos no Brasil, vedando dessa forma que terceiros possam comercializar ou propagar esse material sem a autorização formal do obtentor (BRASIL, 1997).

Para a escolha das espécies/clones parte do escopo do projeto, foram considerados dois dos quatro fatores descritos anteriormente, à adaptação em relação às características do Bioma Cerrado e ao conhecimento silvicultural de florestas em monocultivo e iLPF. Os seguintes gêneros/espécies foram selecionados:

- Eucaliptos (Gênero *Eucalyptus* e espécie *Corymbia citriodora*);
- Gênero *Pinus*;
- Cedro australiano (*Toona ciliata*);
- Mogno africano (*Khaya* spp.),
- Teca (*Tectona grandis*).

Na Tabela 1, segue a lista de todos os materiais amostrados juntamente com os seus respectivos números de Registro Nacional de Cultivares e de Cultivar Protegida, quando os tiverem.

Tabela 1 | Lista de todas as espécies/clones amostradas em campo, composta por Eucaliptos, gênero Pinus, Cedro australiano, Mogno africano e Teca. Estão descritos para cada espécie/clone o RNC (Registro Nacional de Cultivares) e CP (Cultivar Protegida), quando os tiverem.

Espécie/Clone	RNC	CP	Nome científico
4624			
0 52			
0 58			
0 74			
0 78			
A08			
A211			
A217			
A58			
AEC 0020	32371	20140045	<i>Eucalyptus cloeziana</i> F. Muell.
AEC 0042	21868	-	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
AEC 0043	28579	20140084	<i>Corymbia citriodora</i> (Hook.) K.D. Hill x <i>Corymbia torelliana</i> (F. Muell.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson
AEC 0144	21874	-	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
AEC 0182			
AEC 0224	21876	-	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
AEC 1528	27064	20090063	<i>Eucalyptus</i> spp.
AEC 2034	32369	20140050	( <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh. x <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden) x <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
AEC 2111	32375	20140051	( <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh. x <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden) x <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
AEC 2197	32374	20140054	( <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh. x <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden) x <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
AEC 2233	35932	20160099	( <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh. x <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden) x <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
AEC 2475	35933	20160127	<i>Eucalyptus pellita</i> F. Muell. x <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
AG14			
C219	-	-	-
CMM58			
CO0321	25236	-	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden x <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
CO1277			
CO1407	25244	-	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
<i>Acetalyptus</i> 1404	30546	-	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
<i>Corymbia citriodora</i>	-	-	<i>Corymbia citriodora</i> Hill & Johnson
EC01	33346	-	<i>Eucalyptus</i> spp.

Espécie/Clone	RNC	CP	Nome científico
EC02			
EUCA 103	20521	-	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden x <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
EUCA 105	20522	-	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden x <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
EUCA 433	20535	-	
EUCA 608	20610	-	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden x <i>Eucalyptus resinifera</i> Sm.
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	-	-	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn
<i>Eucalyptus cloesiana</i>	-	-	<i>Eucalyptus cloesiana</i> F. Muell
<i>Eucalyptus grandis</i>	-	-	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden
<i>Eucalyptus urophylla</i>	-	-	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
<i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i>	-	-	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake x <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn
<i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	-	-	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden x <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
F8 Copener			
F11 Copener			
F45 Copener			
GG100	21277	-	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
GG157	21273	-	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
GG680	21274	-	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden x <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
H23			
IPB15	25105		<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden x <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
IPB1	15533	413	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
IPB2	15534	414	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
KL102	33338	-	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake x <i>Eucalyptus</i> spp.
KL103	33339	-	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake x <i>Eucalyptus</i> spp.
KL104	33340	-	<i>Eucalyptus</i> spp.
KL105	33342	-	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden x <i>Eucalyptus</i> spp.
MA2000	22949	20120196	<i>Eucalyptus</i> spp.
MA2001	22950	20120197	<i>Eucalyptus</i> spp.
PL 3487	22369	-	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
S23			
SUZMA2015	27418	20100162	<i>Eucalyptus saligna</i> Sm. x <i>Eucalyptus tereticornis</i> Sm.
SUZMA2022	27410	20130174	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden x <i>Eucalyptus</i> spp.
SUZA1250	33147	-	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden x <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
VCC865	22124	-	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden x <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
VCC975	22126	-	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden x <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake

Espécie/Clone	RNC	CP	Nome científico
EC02			
EUCA 103	20521	-	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden x <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
EUCA 105	20522	-	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden x <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
EUCA 433	20535	-	
EUCA 608	20610	-	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden x <i>Eucalyptus resinifera</i> Sm.
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	-	-	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn
<i>Eucalyptus cloesiana</i>	-	-	<i>Eucalyptus cloesiana</i> F. Muell
<i>Eucalyptus grandis</i>	-	-	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden
<i>Eucalyptus urophylla</i>	-	-	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
<i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i>	-	-	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake x <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn
<i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	-	-	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden x <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
F8 Copener			
F11 Copener			
F45 Copener			
GG100	21277	-	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
GG157	21273	-	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
GG680	21274	-	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden x <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
H23			
IPB15	25105		<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden x <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
IPB1	15533	413	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
IPB2	15534	414	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
KL102	33338	-	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake x <i>Eucalyptus</i> spp.
KL103	33339	-	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake x <i>Eucalyptus</i> spp.
KL104	33340	-	<i>Eucalyptus</i> spp.
KL105	33342	-	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden x <i>Eucalyptus</i> spp.
MA2000	22949	20120196	<i>Eucalyptus</i> spp.
MA2001	22950	20120197	<i>Eucalyptus</i> spp.
PL 3487	22369	-	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
S23			
SUZMA2015	27418	20100162	<i>Eucalyptus saligna</i> Sm. x <i>Eucalyptus tereticornis</i> Sm.
SUZMA2022	27410	20130174	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden x <i>Eucalyptus</i> spp.
SUZA1250	33147	-	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden x <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
VCC865	22124	-	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden x <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
VCC975	22126	-	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden x <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake

Espécie/Clone	RNC	CP	Nome científico
VE38	27361	20160122	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh. x <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
VE41	27363	20160121	<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden x <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
VM01	20766	-	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh. x <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
VM02	25797	-	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
VM05	25799	20120142	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake
VM58			
VS50	-	-	-
Clone 58	21394	-	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.
Clone 62	21395	-	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	-	-	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>
<i>Pinus elliottii</i>	-	-	<i>Pinus elliottii</i> Engelm var. <i>elliottii</i>
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>Hondurensis</i> x <i>Pinus elliottii</i>	16656	-	<i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>hondurensis</i> (Sénéclauze) W. H. G. Barrett & Golfari x <i>Pinus elliottii</i> Engelm
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>Hondurensis</i> x <i>Pinus tecunumanii</i>	-	-	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> x <i>Pinus tecunumanii</i>
BV 1110	31617	20180137	<i>Toona ciliata</i> M. Roem. var. <i>australis</i>
BV 1120	31618	20180138	<i>Toona ciliata</i> M. Roem. var. <i>australis</i>
BV 1121	31616	20180139	<i>Toona ciliata</i> M. Roem. var. <i>australis</i>
BV 1210	31614	20180141	<i>Toona ciliata</i> M. Roem. var. <i>australis</i>
BV 1321	31613	20180142	<i>Toona ciliata</i> M. Roem. var. <i>australis</i>
<i>Toona ciliata</i>	-	-	<i>Toona ciliata</i> M. Roem. var. <i>australis</i>
<i>Khaya anthotheca</i>	28715	-	<i>Khaya anthotheca</i> (Welw.) C. DC.
<i>Khaya ivorensis</i>	24942	-	<i>Khaya ivorensis</i> A. Chev.
<i>Khaya senegalensis</i>	21419	-	<i>Khaya senegalensis</i> A. Juss
<i>Tectona grandis</i>	6632	-	<i>Tectona grandis</i> L.f.

#### 4.1.2. Delimitação do Bioma Cerrado em Dendrozonas de Coleta de Dados

Para fins de amostragem, o Bioma Cerrado foi estratificado em sub-regiões que apresentassem condições homogêneas em uma escala macro.

Como o principal fator limitante para o desenvolvimento das espécies no Bioma Cerrado é a restrição hídrica, foram selecionadas variáveis climáticas relacionadas com a disponibilidade de água, além do tipo de vegetação original que é reflexo direto das condições ambientais e de solo de cada local.

Para delimitar essas sub-regiões, denominadas Dendrozonas de Coleta de Dados, foram utilizadas quatro variáveis:

1. Precipitação anual (**Figura 3**);
2. Precipitação no trimestre mais seco (**Figura 4**);
3. Vegetação original do bioma cerrado (**Figura 5**),
4. Textura do solo (**Figura 6**);

Os dados utilizados para delimitação das Dendrozonas de Coleta de Dados, assim como para sua posterior caracterização estão apresentados na Tabela 2.

As Dendrozonas de Coleta de Dados, foram definidas com o auxílio do pro-

grama de geoprocessamento ArcGis, e o modelo final passou por ajuste, considerando experiências de membros do projeto em áreas de abrangência do Bioma Cerrado. Assim, o Bioma Cerrado foi estratificado em nove Dendrozonas de Coleta de Dados (Figura 7).

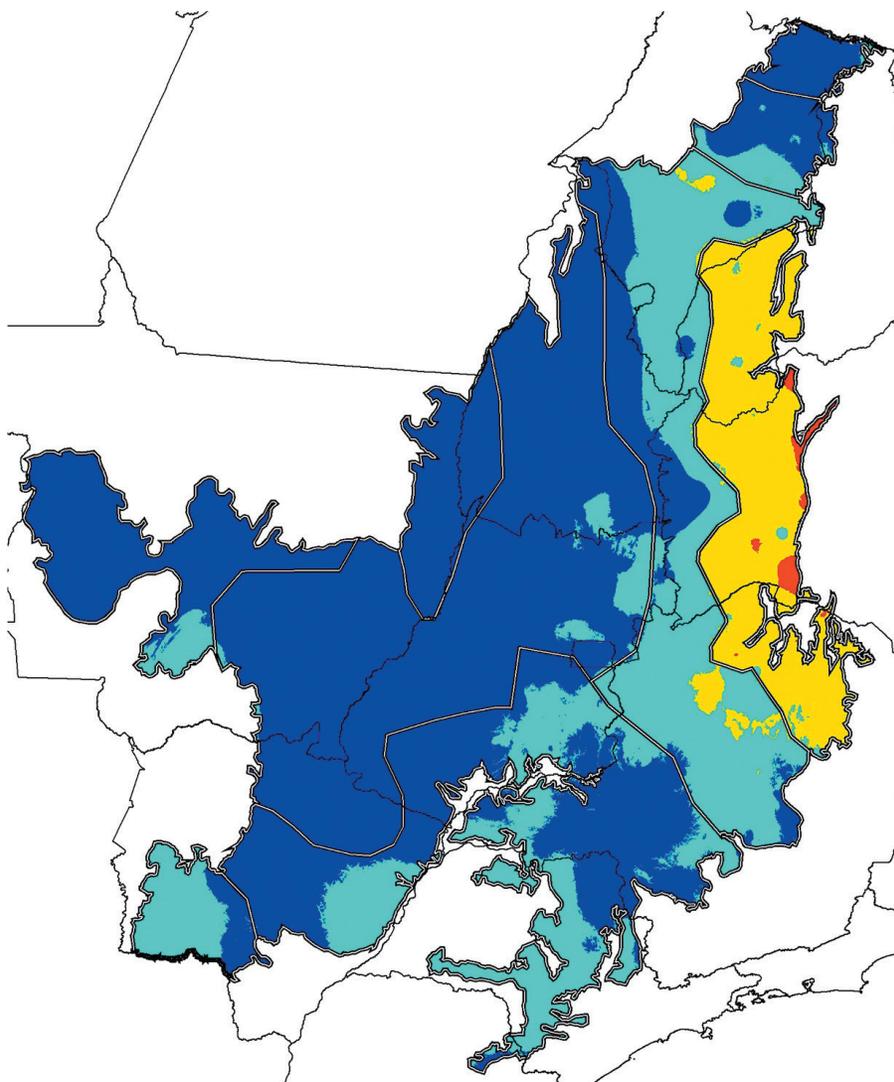
É importante ressaltar que em parte do Bioma Cerrado, dentro das áreas delimitadas pelas Dendrozonas de Coleta de Dados, existem áreas que são protegidas por Lei devido à suas características naturais relevantes. Sendo essas áreas caracterizadas como: Estação Ecológica, Floresta Estadual, Floresta Nacional, Monumento Natural, Parque Estadual, Parque Nacional, Parque Natural Municipal, Refúgio de Vida Silvestre, Reserva Biológica, Reserva Extrativista, Reserva Particular do Patrimônio Natural, Reserva de Desenvolvimento Sustentável, Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico e Terras Indígenas. Na Tabela 3 estão as áreas totais de cada Dendrozona de Coleta de Dados e, respectivamente, a extensão de suas áreas protegidas, as mesmas demonstradas na Figura 8. Essas áreas são Unidades de Conservação e foram delimitadas a partir da base de dados do patrimônio mundial da humanidade (UNESCO, 2018), e para fins de amostragem e recomendações das espécies/clones, foram excluídas, pois são áreas onde não pode ocorrer o cultivo com espécies exóticas e que fogem do escopo da política do Plano ABC.

Tabela 2 | Fonte de dados espaciais utilizadas para delimitação e caracterização das Dendrozonas de Coleta de Dados.

Camada	Fonte	Ano	Escala
Dendrozona de Coleta de Dados	SIFLOR	2016	
Altitude	USGS/SRTM	2011	1 arcseg (~30m)
Áreas Protegidas	UNEP/WCMC	2017	1:250.000
Biomassas	IBAMA	2010	1:5.000.000
Vegetação	IBGE/RADAM	1992	1:5.000.000
Precipitação	HIJMANS et al., 2005 (WORLDCLIM)	1970-2000	30 arcseg (~1 km)
Temperatura	HIJMANS et al., 2005 (WORLDCLIM)	1970-2000	30 arcseg (~1 km)
Área Plantada	IBGE	2015	
Estados	IBGE	2015	1:250.000
Municípios	IBGE	2015	1:250.000
Solos	IBGE	2012	1:250.000
Solos	FEAM/MG	2010	1:650.000
Solos	SEPLAN/MS	1985	1:250.000
Solos	OLIVEIRA et al., 1999 (IAC)	1999	1:500.000
Uso da Terra	BRASIL/TERRACLASS	2013	1:250.000

Tabela 3 | Área total das Dendrozonas de Coleta de Dados e área protegida em quilômetros quadrados.

Dendrozona	Área total (km <sup>2</sup> )	Área protegida (km <sup>2</sup> )	Proporção
1	31.779	14.199	45%
2	58.121	1.694	3%
3	594.119	77.984	13%
4	241.516	25.117	10%
5	403.193	63.826	16%
6	84.505	34.285	41%
7	154.879	36.923	24%
8	415.696	20.964	5%
9	56.247	6.374	11%



**Legenda**

< 784

784 - 1.100

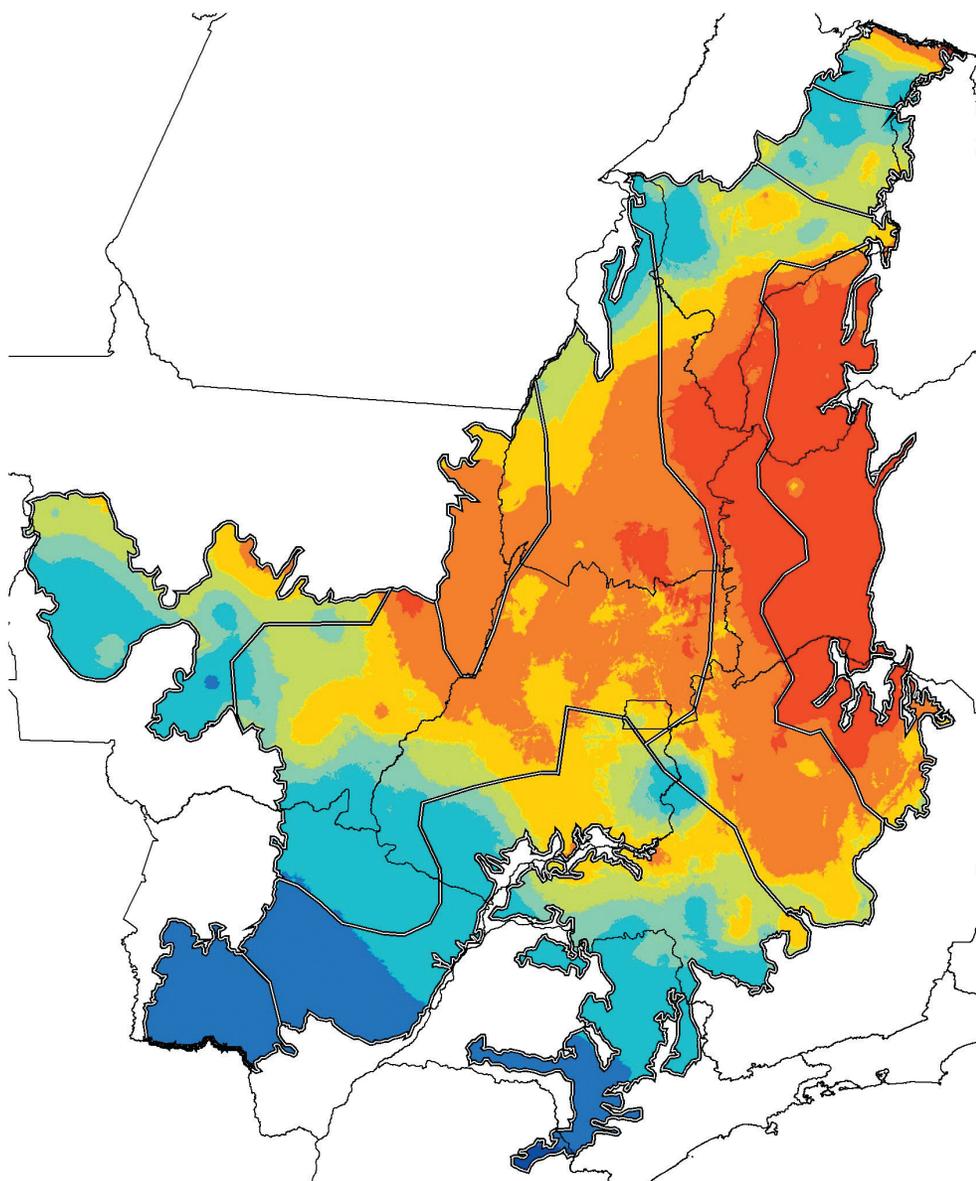
1.100 - 1.400

> 1.400

Dendrozonas

Limites UF

Figura 3 | Precipitação anual em milímetros com delimitação do Bioma Cerrado e das Dendrozonas de Coleta de Dados. Fonte: HUMANS et al, 2005 (WORLDCLIM).



**Legenda**



Figura 4 | Precipitação do trimestre mais seco em milímetros com delimitação do Bioma Cerrado e das Dendrozonas de Coleta de Dados. Fonte: HUMANS et al, 2005 (WORLDCLIM).

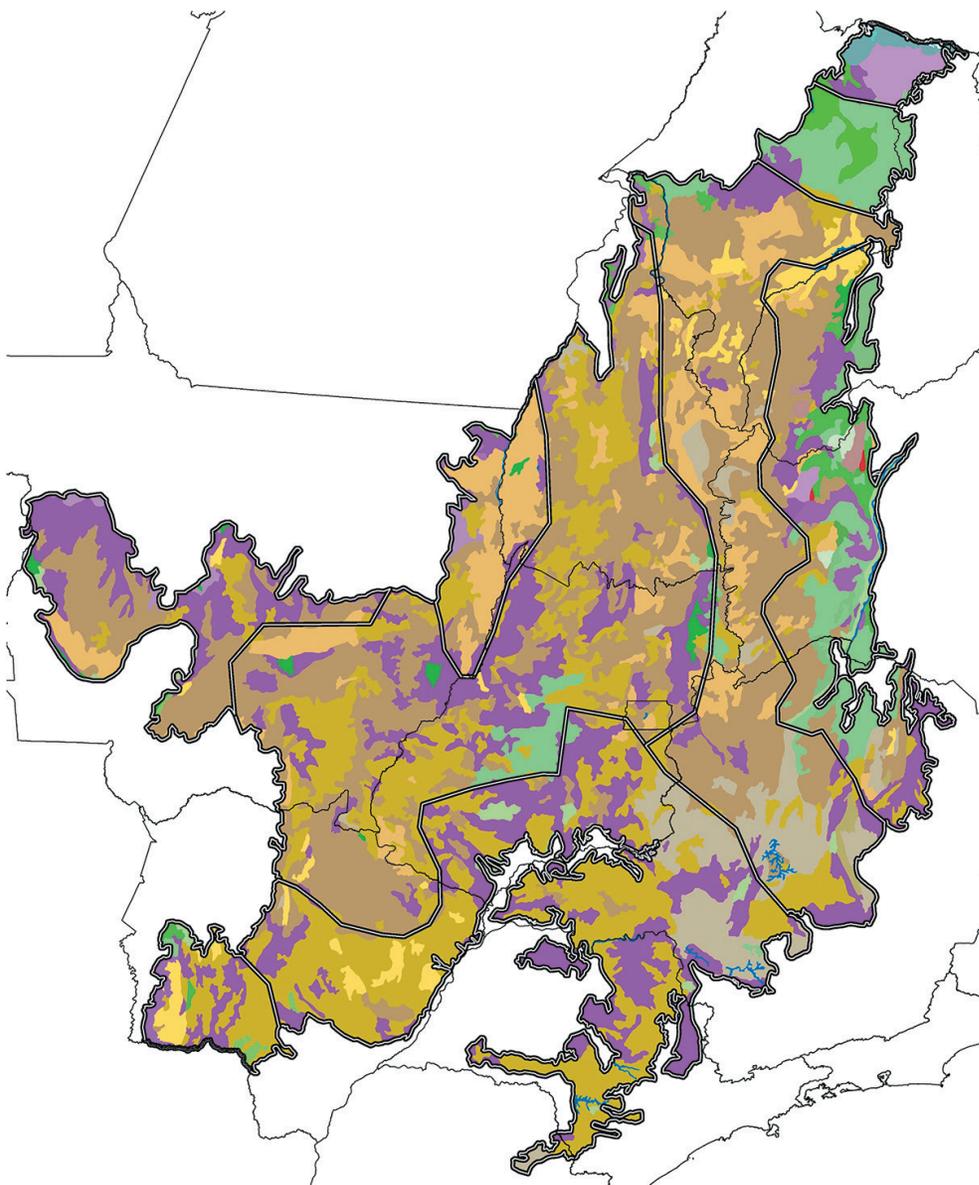


Figura 5 | Vegetação do Brasil com delimitação do Bioma Cerrado e das Dendrozonas de Coleta de Dados. Fonte: IBGE/RADAM, 1992 .

## Legenda

	Áreas das Formações Pioneiras com Atividades Agrícolas		Floresta Estacional Decidual com Vegetação Secundária e Atividades Agrícolas
	Áreas das Formações Pioneiras com Influência Fluvial		Floresta Estacional Semidecidual, Aluvial
	Áreas das Formações Pioneiras com Influência Fluviomarinha		Floresta Estacional Semidecidual, Montana
	Áreas das Formações Pioneiras com Influência Marinha		Floresta Estacional Semidecidual, Submontana
	Áreas de Tensão Ecológica entre Estepe e Floresta Estacional		Floresta Estacional Semidecidual, Terras Baixas
	Áreas de Tensão Ecológica entre Floresta Ombrofila e Floresta Estacional		Floresta Estacional Semidecidual com Vegetação Secundária e Atividades Agrícolas
	Áreas de Tensão Ecológica entre Savana Estépica e Floresta Estacional		Floresta Ombrofila Aberta, Submontana
	Áreas de Tensão Ecológica entre Savana e Floresta Estacional		Floresta Ombrofila Aberta com Vegetação Secundária e Atividades Agrícolas
	Áreas de Tensão Ecológica entre Savana e Floresta Ombrofila		Floresta Ombrofila Densa com Vegetação Secundária e Atividades Agrícolas
	Áreas de Tensão Ecológica entre Savana e Floresta Ombrofila Densa		Floresta Ombrofila Mista com Vegetação Secundária e Atividades Agrícolas
	Áreas de Tensão Ecológica entre Savana e Savana Estépica		Não classificado
	Áreas de Tensão Ecológica entre Savana e Estepe		Refúgio Ecológico, Montana
	Caatinga, Arborea		Rios e Lagos
	Caatinga, Arborea		Savana, Arborea
	Caatinga com Atividades		Savana, Arborea
	Floresta Estacional Decidual, Montana		Savana com Atividades
	Floresta Estacional Decidual, Submontana		Savana, Gramíneo-lenhosa
	Floresta Estacional Decidual, Terras Baixas		Savana, Parque

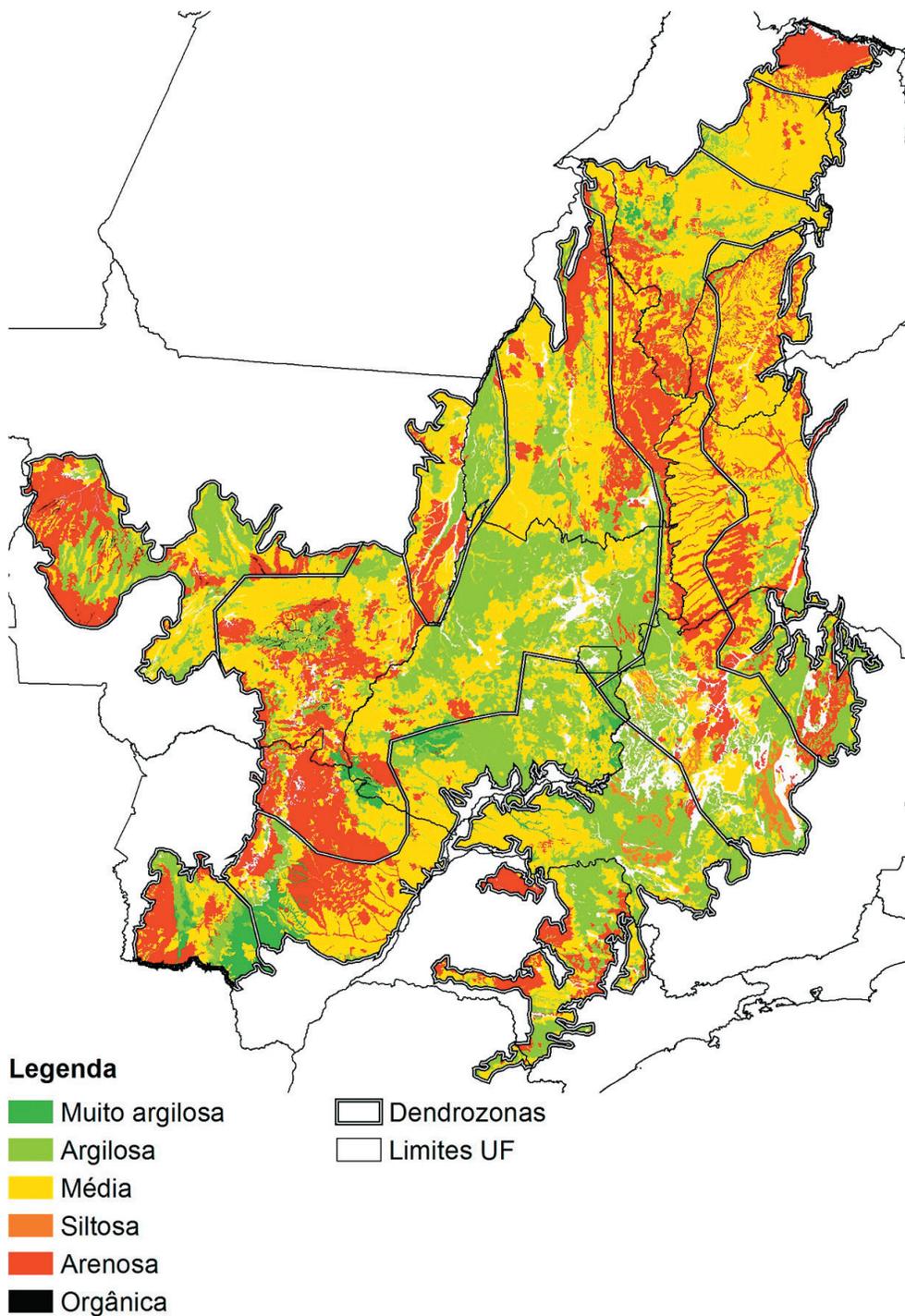


Figura 6 | Textura do solo com delimitação do Bioma Cerrado e das Dendrozonas de Coleta de Dados. Fonte: IBGE/RADAM, 2012.

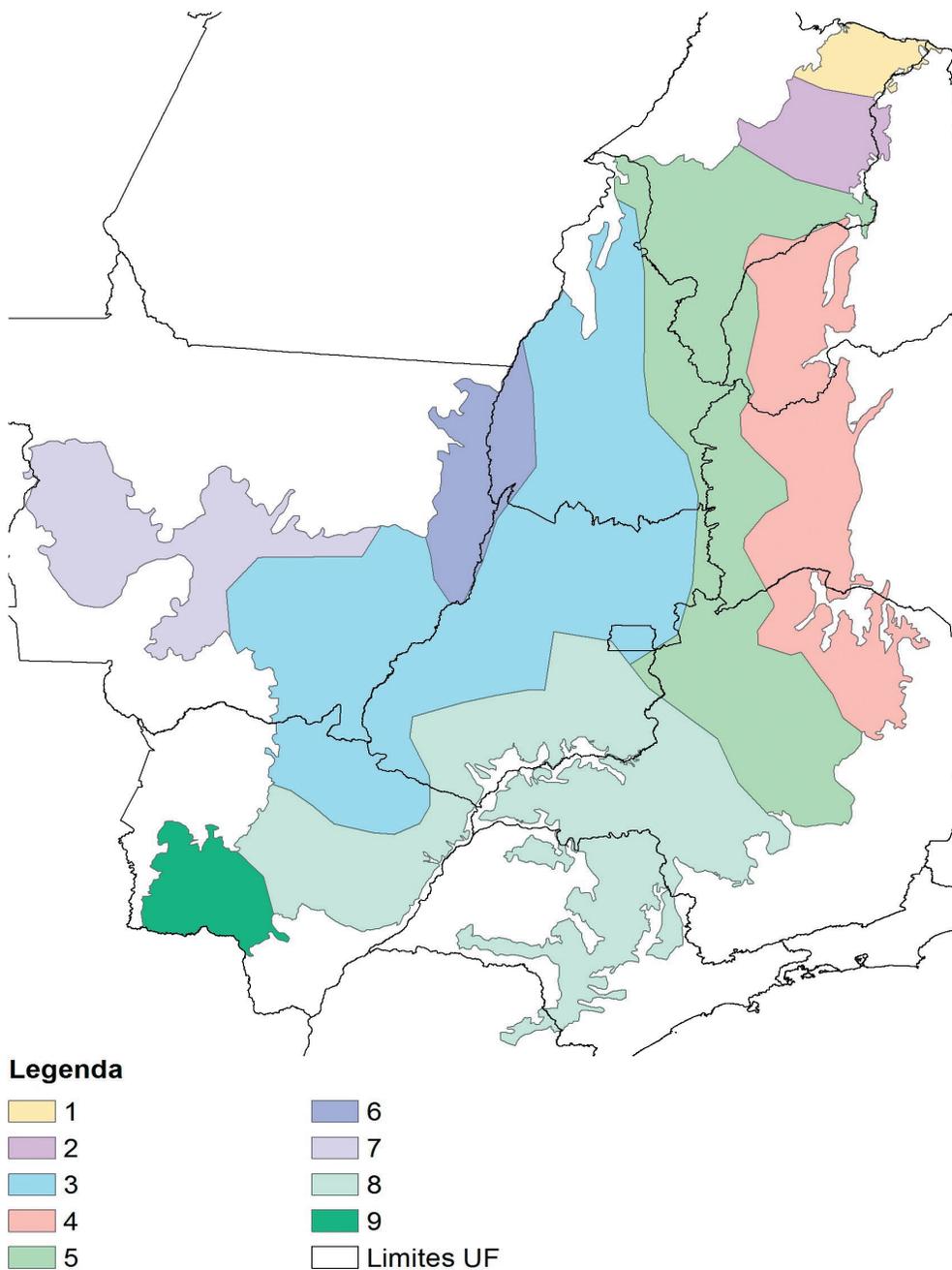


Figura 7 | Delimitação das Dendrozonas de Coleta de Dados no Bioma Cerrado.  
 Fonte: SIFLOR, 2016

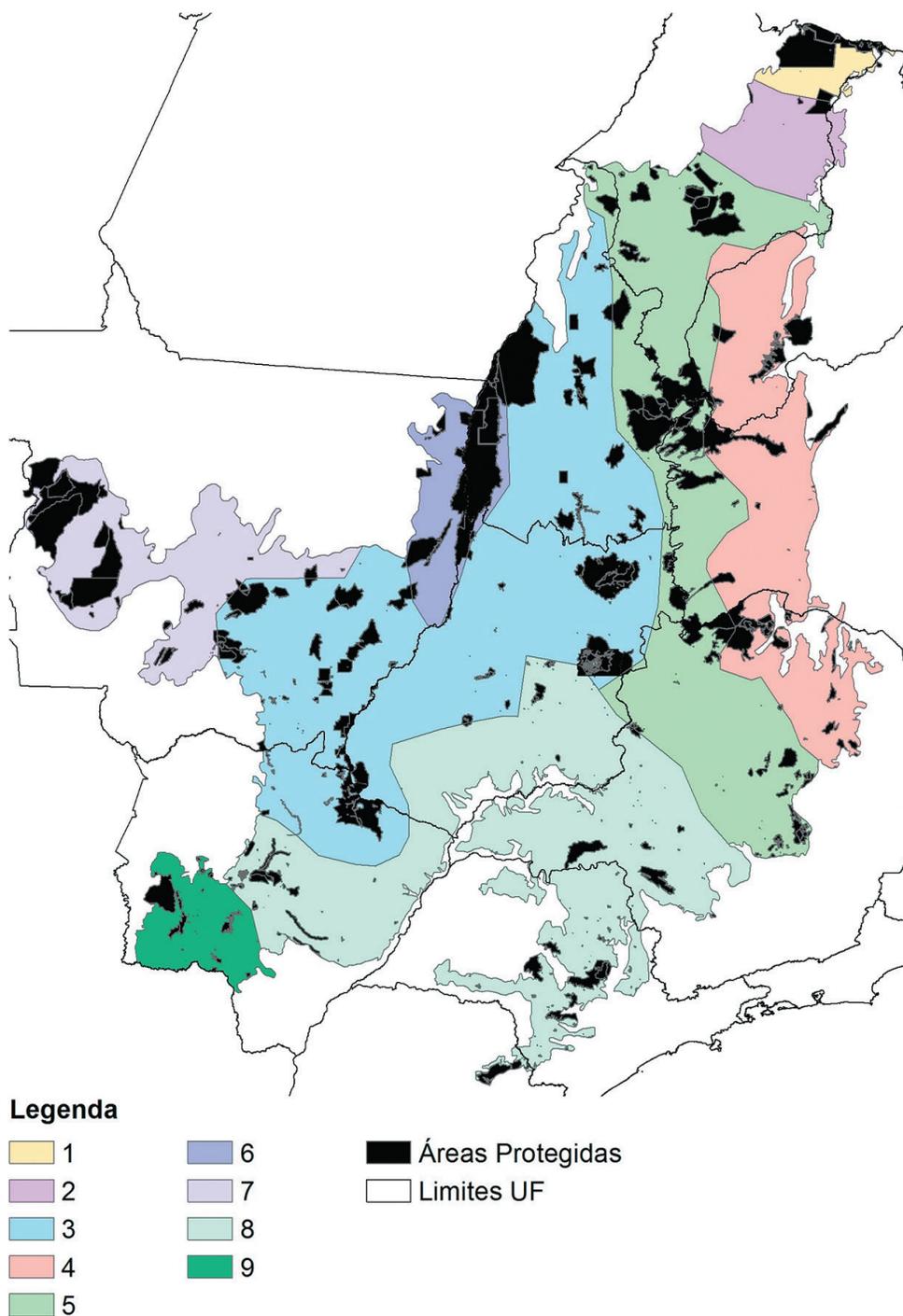


Figura 8 | Áreas protegidas com delimitação do Cerrado e das Dendrozonas de Coleta de Dados. Fonte: UNEP/WCMC, 2017.

A Tabela 4 apresenta a proporção da área de Cerrado de cada Estado em cada uma das nove Dendrozonas de Coleta de Dados dentro dos Estados que compõem o Bioma Cerrado.

A partir desses dados, é possível observar como foram realizadas as prospecções para o planejamento de coleta de dados. O Distrito Federal e os Estados de Goiás e Tocantins, são os territórios que contêm as maiores proporções de cerrado em sua cobertura, e essas áreas, assim como a de outros Estados, se distribui por mais de uma dendrozona. Destaque é dado para o Estado do Maranhão, que contém suas

áreas de Cerrado em um maior número de Dendrozonas de Coleta de Dados, abrangendo cinco delas devido a grande variação edafoclimática local. Excessão se faz para o Estado do Paraná e São Paulo, que contêm suas áreas de Cerrado em somente uma única Dendrozona de Coleta de Dados. Todos esses aspectos foram considerados no planejamento das amostragens das prospecções realizadas em campo.

A seguir, encontram-se as características e algumas observações referentes a cada uma das nove Dendrozonas de Coleta de Dados.

Tabela 4 | Proporção dos Estados por Dendrozona de Coleta de Dados.

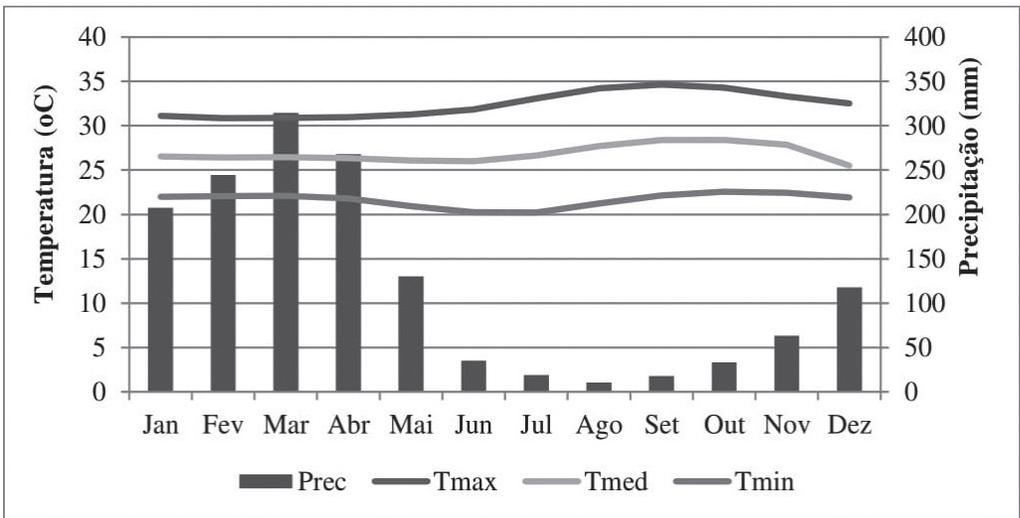
	Estado	Dendrozona									Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Proporção (%)	BA				16,9	9,9					26,8
	DF			94,2		0,2			5,6		100
	GO			61,3		3,8	0,8		31,3		97,3
	MA	9,2	16,3	0,6	1,8	36,8					64,6
	MG			0,2	11,4	24,9			21,3		57,7
	MS			16,7					28,1	15,8	60,6
	MT			16,6			6,7	17,9			41,2
	PI	0,6	1,6		29,2	5,8					37,1
	PR								1,9		1,9
	SP								32,7		32,7
	TO			60,8		20,3	9,9				91

# Dendrozona de Coleta de Dados

1



Estados: Maranhão e Piauí  
Altitude média: 59 metros  
Variação: 0-143 metros  
Precipitação anual: 1633 mm  
Precipitação trimestre seco: 43 mm (agosto a outubro)  
Temp. média: 26,9°C  
Temp. máxima: 33,3°C (outubro)  
Temp. mínima: 21,4°C (julho)



**Principais Tipos de Solo:** RQ - Neossolo Quartzarênico (39,9%); LA - Latossolo Amarelo (21,1%); FF - Plintossolo Pétrico (20,7%).

**Principais Texturas do Solo:** Arenosa (59%) e Média (29,9%).

**Uso da Terra:** Natural (70,4%); Pastagem (6,2%); Agricultura (1,9%); Silvicultura (1,1%).

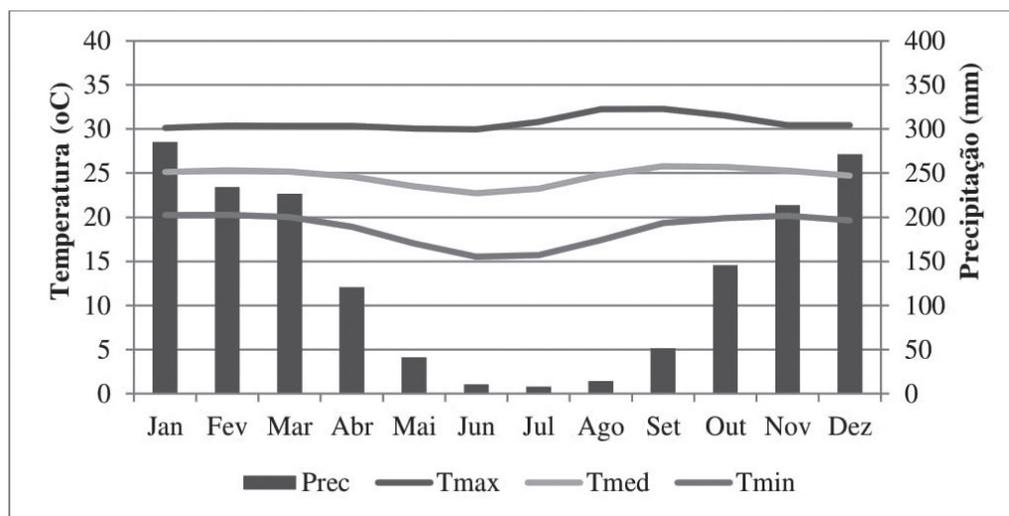
**Principais Tipos de Vegetação:** Áreas de Tensão Ecológica/Floresta Estacional (48,0%); Áreas das Formações Pioneiras/ Influência Marinha (23,0%); Áreas de Tensão Ecológica/Floresta Estacional (12,6%).

## Dendrozona de Coleta de Dados

2



**Estados:** Maranhão e Piauí  
**Altitude média:** 123 metros  
**Varição:** 0-421 metros  
**Precipitação anual:** 1461 mm  
**Precipitação trimestre seco:** 46,7 mm (julho a setembro)  
**Temp. média:** 26,9°C  
**Temp. máxima:** 34,6°C (setembro)  
**Temp. mínima:** 20,2°C (jun e jul)



**Principais Tipos de Solo:** LA - Latossolo Amarelo (26,4%); FF - Plintossolo Pétrico (22,1%); PVA - Argissolo Vermelho-Amarelo (14,5%).

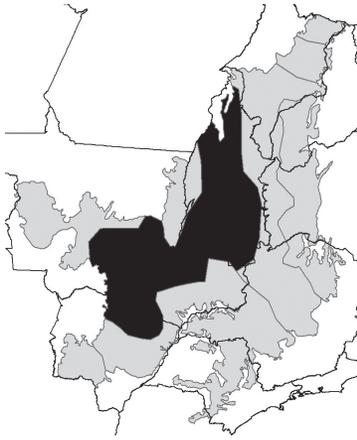
**Principais Texturas do Solo:** Média (88,2%) e Arenosa (6,3%).

**Uso da terra:** Natural (60,6%); Pastagem (25,1%); Agricultura (1,0%); Área Urbanizada (0,8%).

**Principais Tipos de Vegetação:** Floresta Estacional Decidual/Vegetação Secundária e Atividades Agrícolas (65,6%); Floresta Ombrófila Densa/Vegetação Secundária e Atividades Agrícolas (21,4%); Áreas de Tensão Ecológica/Savana-Floresta Estacional (7,2%).

## Dendrozona de Coleta de Dados

3



**Estados:** Distrito Federal, Goiás, Tocantins, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Maranhão e Minas Gerais.

**Altitude média:** 471 metros

**Varição:** 128-1674 metros

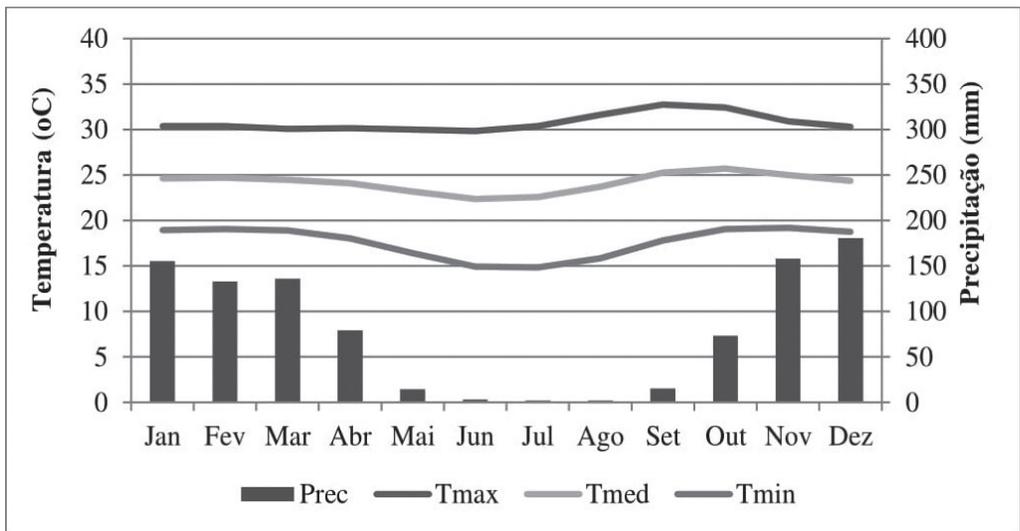
**Precipitação anual:** 1623 mm

**Precipitação trimestre seco:** 32,4 mm (junho a agosto)

**Temp. média:** 24,7°C

**Temp. máxima:** 32,3°C (setembro)

**Temp. mínima:** 15,5°C (junho)



**Principais Tipos de Solo:** RQ - Neossolo Quartzarênico (15,6%); LV - Latossolo Vermelho (15,5%); CX - Cambissolo Háplico (14,9%).

**Principais Texturas do Solo:** Média (43,4%) e Argilosa (30%).

**Uso da terra:** Natural (51,4%); Pastagem (38,2%); Agricultura (8,1%); Silvicultura (0,4%).

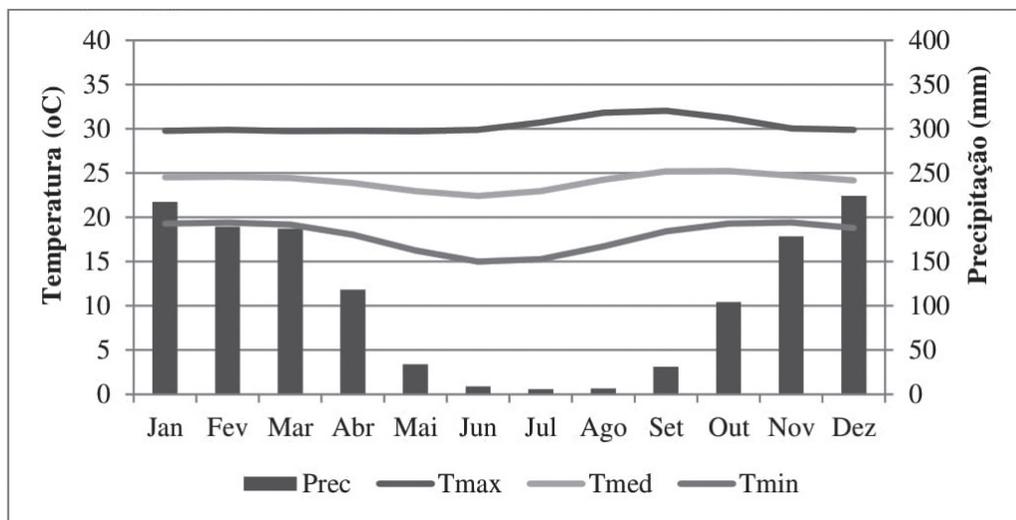
**Principais Tipos de Vegetação:** Savana/Arbórea Aberta (41,6%); Savana/Atividades Agrícolas (25,5%); Áreas de Tensão Ecológica/Savana-Floresta Estacional (9,8%).

## Dendrozona de Coleta de Dados

4



**Estados:** Piauí, Bahia, Minas Gerais e Maranhão  
**Altitude média:** 565 metros  
**Variação:** 100-1801 metros  
**Precipitação anual:** 952 mm  
**Precipitação trimestre seco:** 7,4mm (junho a agosto)  
**Temp. média:** 24,2°C  
**Temp. máxima:** 32,7°C (agosto)  
**Temp. mínima:** 14,8°C (julho)



**Principais Tipos de Solo:** LA - Latossolo Amarelo (30,4%); LVA - Latossolo Vermelho-Amarelo (12,1%); RL - Neossolo Litólico (10,5%).

**Principais Texturas do Solo:** Média (52,5%) e Arenosa (24,2%).

Uso da terra: Natural (74,9%); Pastagem (18,5%); Agricultura (3,3%); Silvicultura (1,8%).

**Principais Tipos de Vegetação:** Savana/Arbórea Aberta (27,9%); Floresta Estacional Decidual/Vegetação Secundária e Atividades Agrícolas (15,4%); Áreas de Tensão Ecológica/Savana - Floresta Estacional (12,4%).

## Dendrozona de Coleta de Dados

5



**Estados:** Bahia, Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Minas Gerais, Piauí e Tocantins

**Altitude:** 563 metros

**Variação:** 64-1826 m

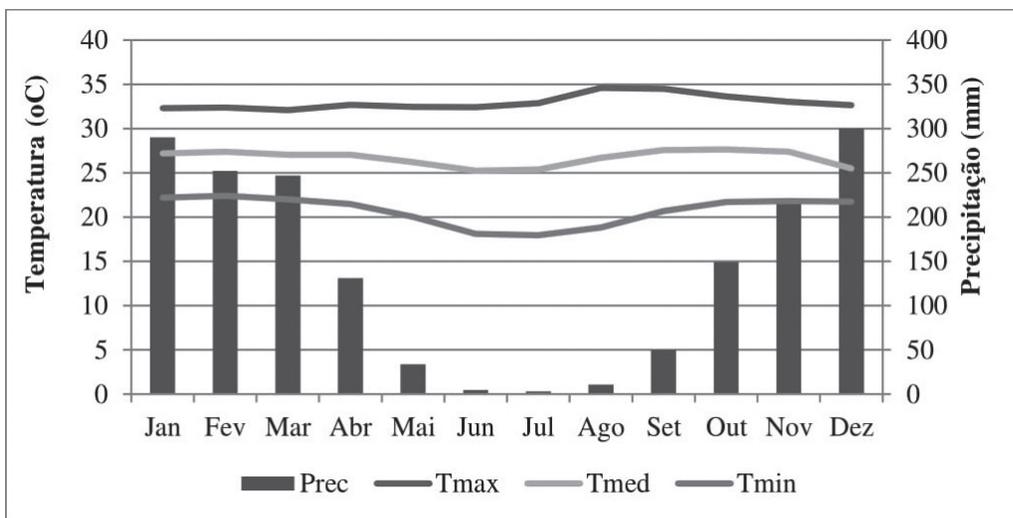
**Precipitação anual:** 1306 mm

**Precipitação trimestre seco:** 21,3 mm (junho a agosto)

**Temp. média:** 24,1°C

**Temp. máxima:** 32,0°C (setembro)

**Temp. mínima:** 15,0°C (junho)



**Principais Tipos de Solo:** LVA - Latossolo Vermelho-Amarelo (24,1%); RQ - Neossolo Quartzarênico (16,0%); RL - Neossolo Litólico (14,3%).

**Principais Texturas do Solo:** Média (47,1%) e Arenosa (22%).

**Uso da terra:** Natural (67,1%); Pastagem (18,3%); Agricultura (9,8%); Silvicultura (2,1%).

**Principais Tipos de Vegetação:** Savana/Arbórea Aberta (46,3%); Savana/Parque (16,5%); Savana/Gramíneo-lenhosa (10,8%).

## Dendrozona de Coleta de Dados

6



**Estados:** Tocantins, Minas Gerais e Goiás

**Altitude média:** 220 metros

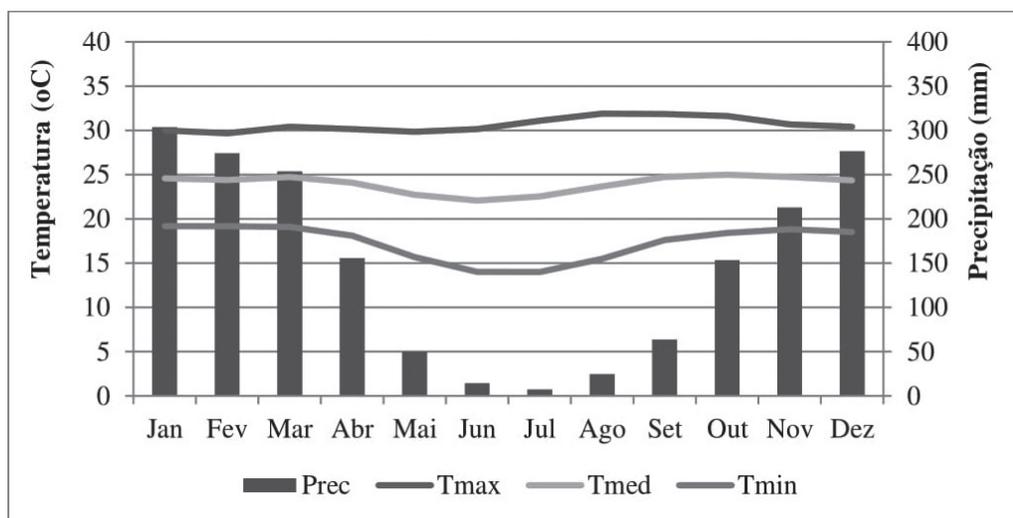
**Variação:** 124-546 metros

**Precipitação anual:** 1688 mm

**Precipitação trimestre seco:** 18,6 mm (junho a agosto)

**Temp. média:** 26,7°C

**Temp. máxima:** 34,6°C (agosto) **Temp. mínima:** 18,0°C (julho)



**Principais Tipos de Solo:** FT - Plintossolo Argilúvico (42,4%); FX - Plintossolo Háplico (16,9%); LVA - Latossolo Vermelho-Amarelo (12,2%).

**Principais Texturas do Solo:** Média (40,2%) e Argilosa (31,2%).

**Uso da terra:** Natural (79,3%); Pastagem (16,6%); Agricultura (1,3%)

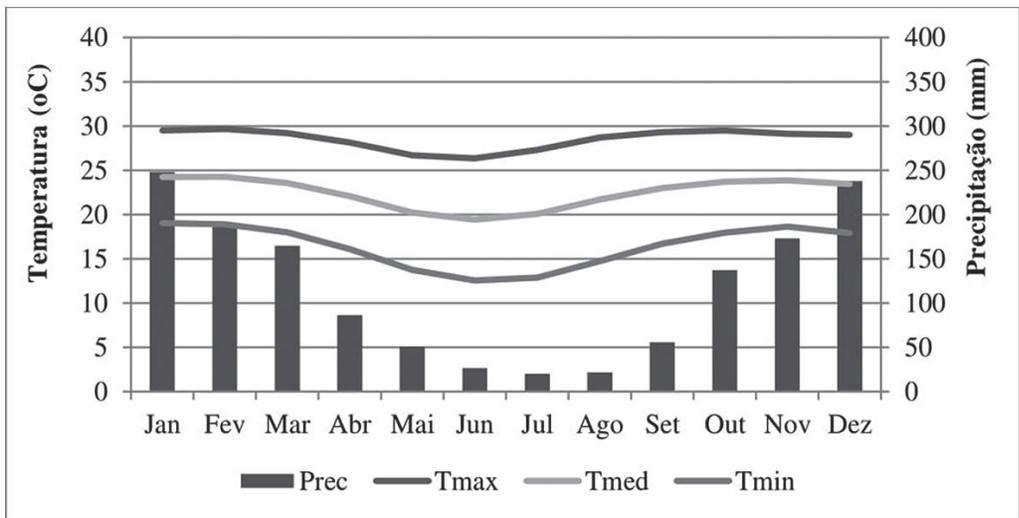
**Principais Tipos de Vegetação:** Savana/Parque (51,8%); Savana/Arbórea Aberta (16,2%); Savana/Atividades Agrícolas (10,4%).

## Dendrozona de Coleta de Dados

7



**Estados:** Mato Grosso  
**Altitude média:** 430 metros  
**Varição:** 112-944 metros  
**Precipitação anual:** 1791 mm  
**Precipitação trimestre seco:** 46,9 mm (junho a agosto)  
**Temp. média:** 24,0°C  
**Temp. máxima:** 31,9°C (ago e set)  
**Temp. mínima:** 14,0°C (jun e jul)



**Principais Tipos de Solo:** RQ - Neossolo Quartzarênico (30,4%); LVA - Latossolo Vermelho-Amarelo (26,5%); LV - Latossolo Vermelho (24,4%)

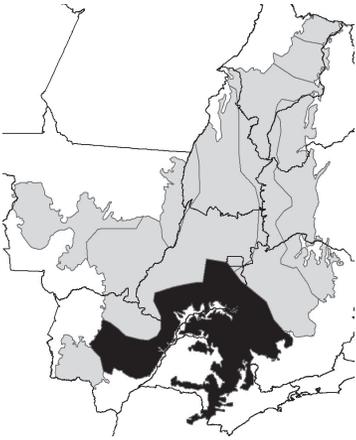
**Principais Texturas do Solo:** Média (33,3%) e Argilosa (31,6%).

**Uso da terra:** Natural (63,1%); Agricultura (22,2%); Pastagem (13,2%); Área Urbana (0,3%)

**Principais Tipos de Vegetação:** Savana/Arbórea Aberta (41,8%); Áreas de Tensão Ecológica/Savana-Floresta Estacional (36,5%); Savana/Parque (6,4%).

## Dendrozona de Coleta de Dados

8



**Estados:** São Paulo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Distrito Federal e Paraná

**Altitude média:** 651 metros

**Variação:** 127-1509 metros

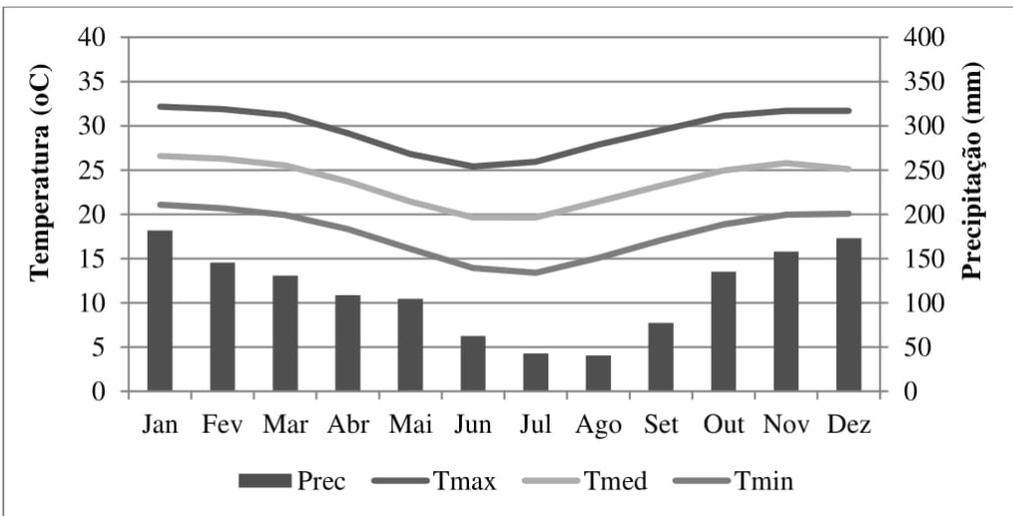
**Precipitação anual:** 1412 mm

**Precipitação trimestre seco:** 68,3 mm (junho a agosto)

**Temp. média:** 22,5°C

**Temp. máxima:** 29,7°C (fevereiro)

**Temp. mínima:** 12,5°C (junho)



**Principais Tipos de Solo:** LV - Latossolo Vermelho (38,8%); CX - Cambissolo Háplico (8,4%); RQ - Neossolo Quartzarênico (7,3%).

**Principais Texturas do Solo:** Média (38,3%) e Argilosa (35,8%).

**Uso da terra:** Pastagem (43,9%); Natural (26,1%); Agricultura (23,9%); Silvicultura (3,5%); Área Urbanizada (1,3%).

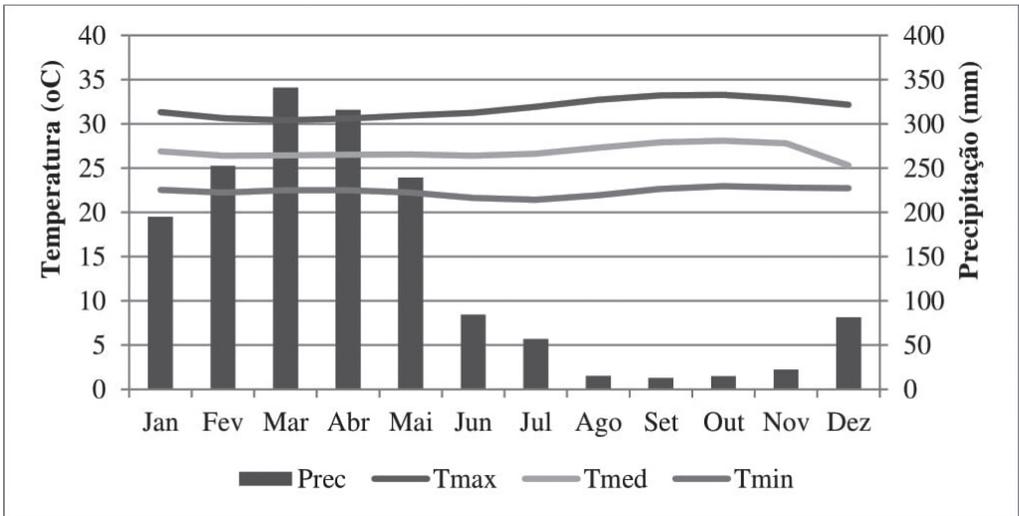
**Principais Tipos de Vegetação:** Savana/Atividades Agrícolas (45,4%); Áreas de Tensão Ecológica/Savana-Floresta Estacional (28,0%); Savana/Gramíneo-lenhosa (11,4%).

## Dendrozona de Coleta de Dados

9



**Estados:** Mato Grosso do Sul  
**Altitude média:** 316 metros  
**Variação:** 74-843 metros  
**Precipitação anual:** 1360 mm  
**Precipitação trimestre seco:** 145,8 mm (junho a agosto)  
**Temp. média:** 23,6°C  
**Temp. máxima:** 32,2°C (janeiro)  
**Temp. mínima:** 13,4°C (julho)



**Principais Tipos de Solo:** LV - Latossolo Vermelho (26,5%); SN - Planossolo Nátrico (9,5%); PVA - Argissolo Vermelho-Amarelo (9,0%).

**Principais Texturas do Solo:** Arenosa (32,6%) e Média (24,3%).

**Uso da terra:** Natural (44,7%); Pastagem (41,9%); Agricultura (11,9%); Área Urbana (0,6%).

**Principais Tipos de Vegetação:** Savana/Atividades Agrícolas (44,7%); Áreas de Tensão Ecológica/Savana - Floresta Estacional (16,2%); Savana/Arbórea Densa (14,5%).

### 4.1.3. Critérios para a distribuição das parcelas amostrais

Depois de elaboradas e definidas as Dendrozonas de Coleta de Dados, para a escolha dos locais em que seriam realizadas a distribuição das parcelas amostrais, utilizou-se a base de dados de distribuição dos povoamentos florestais do gênero *Eucalyptus*, *Pinus* e de outras espécies no Brasil (IBGE, 2015).

A partir da elaboração de um mapa com os limites das Dendrozonas de Coleta de Dados e as áreas dos povoamentos florestais (em hectares), foi possível localizar as áreas em que haviam cultivos e, portanto, onde deveriam ser alocadas as parcelas amostrais.

A distribuição dos povoamentos florestais por município, com base no censo agropecuário do IBGE do ano de 2015, é apresentada na Figura 9. Os Estados com as maiores áreas de povoamentos florestais em municípios do Bioma Cerrado são Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e São Paulo. Todos esses Estados compõem grande parte da Dendrozona de Coleta de Dados 8 (Tabela 5).

Uma das consequências é que nessa Dendrozona de Coleta de Dados 8, se concentram as maiores áreas com povoamentos florestais. Os gêneros mais cultivados nesta Dendrozona são *Eucalypto* e *Pinus* (Tabelas 6 e 7).

Os plantios das espécies mogno africano, cedro australiano e teca, em função de suas exigências ecofisiológicas, acabam se concentrando nos estados do Mato Grosso, Tocantins, Minas Gerais e Goiás. (Tabela 8).

### 4.1.4. Contato com parceiros, reuniões e prospecções para planejamento de coleta de dados

A coordenação e a equipe técnica do projeto se reuniu de forma a identificar

estratégias que possibilitassem a coleta de campo. Para isso, foram identificados parceiros regionais, como pessoas ligadas à viveiros, instituições públicas e privadas, cooperativas e consultores ligados ao setor florestal que pudessem auxiliar no planejamento de campo.

Juntos realizaram reuniões e prospecções de campo onde eram discutidos os principais desafios do setor na região e como o projeto poderia auxiliar nessas questões, bem como o levantamento de produtores e empresas que tinham plantações alvo: idade do povoamento superior a 3 anos; diferentes clones/espécies; boas práticas silviculturais; localização em diferentes dendrozonas de coleta de dados ao longo do estado, e que pudesse receber a equipe para que esta organizasse as coletas de dados.

### 4.1.5. Prospecção de dados em campo, aplicação de questionário e amostragem em campo

A prospecção de dados foi realizada nas Dendrozona de Coleta de Dados como um transecto no estado, para amostrar o máximo de materiais genéticos, agrupando áreas consideradas, nesse trabalho, como semelhantes em relação às condições edafoclimáticas.

Ao chegar na propriedade, para a realização da amostragem de campo, o primeiro passo era a aplicação do questionário com o produtor rural ou responsável, a fim de identificar quais materiais genéticos havia na área, seu histórico de uso, quais as práticas silviculturais aplicadas, dentre outras informações constantes no Anexo II. Ao fim do preenchimento, a equipe técnica dava início a instalação das parcelas para coleta dos dados quantitativos e qualitativos.

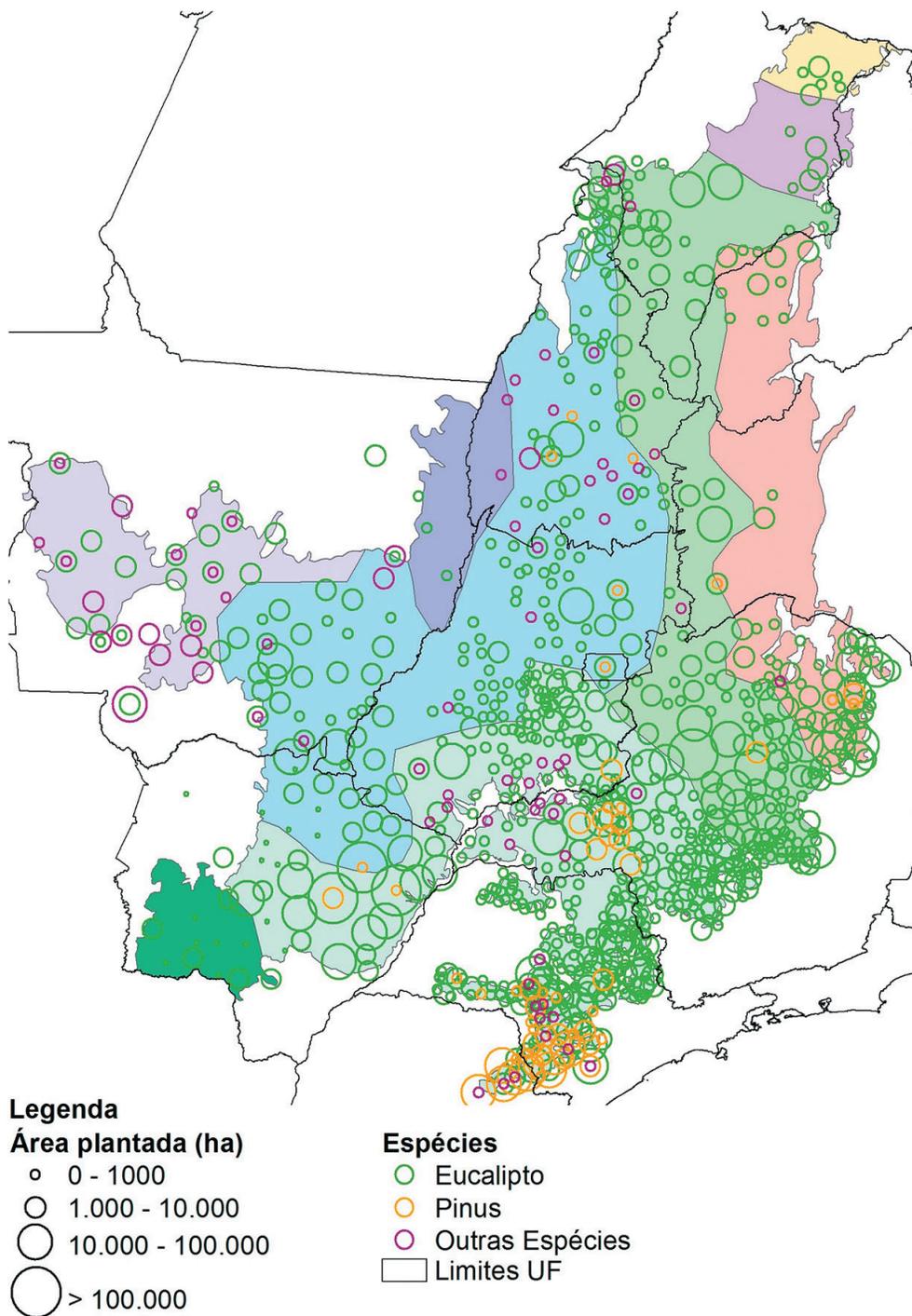


Figura 9 | Área com povoadamentos florestais em hectares por município com delimitação do Bioma Cerrado e das Dendrozonas de Coleta de Dados. Fonte: IBGE, 2015.

Tabela 5 | Área com povoamentos florestais em hectares por Dendrozona de Coleta de Dados.

Estado	Dendrozona									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
BA				5.659	31.476					37.135
GO			58.634		1.945	36		83.773		144.389
MA	12.160	16.624	21	1.587	98.501					128.893
MG			110	259.618	525.122			364.665		1.149.514
MS			182.671					646.374	17.785	846.830
MT			113.427			1.362	67.938			182.727
PI		198		10.850	269					11.316
PR								148.642		148.642
SP								458.089		458.089
TO			77.032		37.418	1.070				115.520
<b>Total</b>	<b>12.160</b>	<b>16.822</b>	<b>431.895</b>	<b>277.714</b>	<b>694.731</b>	<b>2.468</b>	<b>67.938</b>	<b>1.701.543</b>	<b>17.785</b>	<b>3.223.055</b>

Tabela 6 | Área com povoamentos de eucalipto em hectares por Dendrozona de Coleta de Dados.

Estado	Dendrozona									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
BA				5.371	31.089					36.460
GO			57.398		1.423	36		75.580		134.437
MA	12.160	16.624	21	1.587	98.490					128.882
MG			110	251.472	523.922			339.444		1.114.947
MS			182.073					641.682	17.785	841.540
MT			107.494			1.199	54.229			162.922
PI		198		10.850	269					11.316
PR								37.877		37.877
SP								412.161		412.161
TO			73.789		34.721	678				109.188
<b>Total</b>	<b>12.160</b>	<b>16.822</b>	<b>420.885</b>	<b>269.280</b>	<b>689.914</b>	<b>1.913</b>	<b>54.229</b>	<b>1.506.744</b>	<b>17.785</b>	<b>2.989.730</b>

Tabela 7 | Área com povoamentos de Pinus em hectares por Dendrozona de Coleta de Dados.

Estado	Dendrozona									Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
BA				288	387					675
GO			1.015		2			7.698		8.715
MG				8.100	1.200			24.010		33.310
MS			598					4.692		5.290
PR								110.519		110.519
SP								45.418		45.418
TO			743		117					860
<b>Total</b>			<b>2.356</b>	<b>8.388</b>	<b>1.706</b>			<b>192.337</b>		<b>204.787</b>

Tabela 8 | Área com outras espécies florestais em hectares por Dendrozona de Coleta de Dados.

Estado	Dendrozona									Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
GO			221		520			495		1.237
MA					11					11
MG				46				1.212		1.258
MT			5.933			163	13.709			19.805
PR								247		247
SP								510		510
TO			2.499		2.580	392				5.472
<b>Total</b>			<b>8.653</b>	<b>46</b>	<b>3.111</b>	<b>555</b>	<b>13.709</b>	<b>2.464</b>		<b>28.540</b>

### A) Instalação das parcelas

A amostragem foi feita preferencialmente em espécies/clones de domínio público, em cultivos com idade superior a três anos, momento em que as plantas já se encontram em competição e começam a apresentar sintomas relacionados à restrição hídrica. Os cultivos amostrados foram caracterizados por material genético, idade, espaçamento, sistema silvicultural, dendrozona de coleta de dados, tipos e texturas de solo, relevo, município e propriedade rural. Foram instaladas duas parcelas temporárias em cada situação.

#### Monocultivo

Cada parcela amostral foi alocada no interior do talhão para evitar o efeito de borda. Foram adotadas inicialmente parcelas retangulares de 17,5m x 23 m, como ilustrado na Figura 10, porém como foram encontrados espaçamentos

muito distintos, houve a necessidade de adaptação do tamanho da parcela, em alguns casos.

#### iLPF

Quando a espécie florestal, compunha um sistema iLPF, foram amostradas em torno de 60 árvores por parcela e o número de árvores por linha dependeu do modelo do iLPF. Dessa forma, o tamanho da parcela variou, porém, a quantidade de árvores amostradas foi mantida constante.

Nos modelos de iLPF com uma única linha, a parcela instalada continha três renques com aproximadamente 20 árvores em cada um deles (Figura 11). No caso de modelos constituídos por renques com duas ou três linhas, a parcela abrangia dois renques, com 15 e 10 árvores em cada linha respectivamente, como mostram as Figuras 12 e 13.

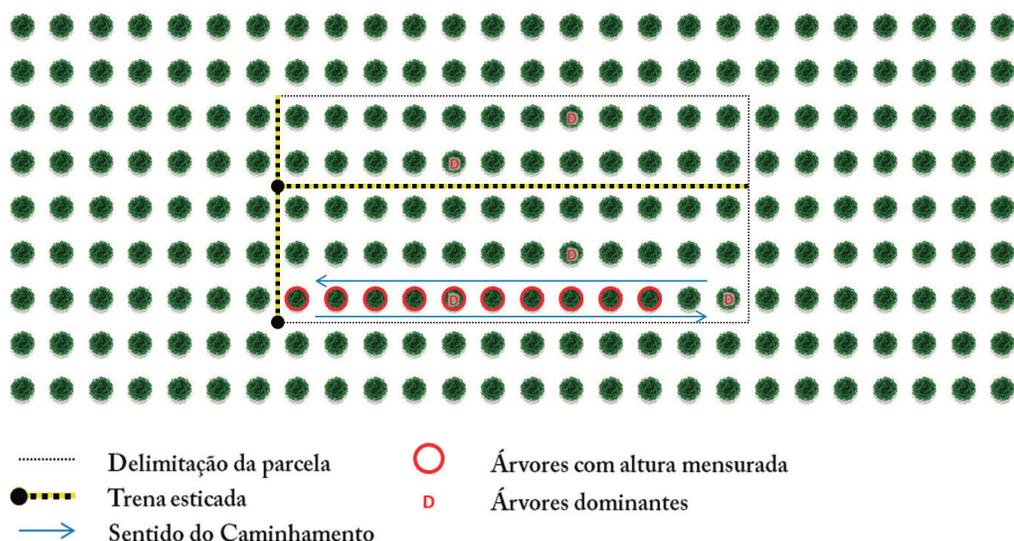


Figura 10 | Cultivo adensado ou monocultivo.

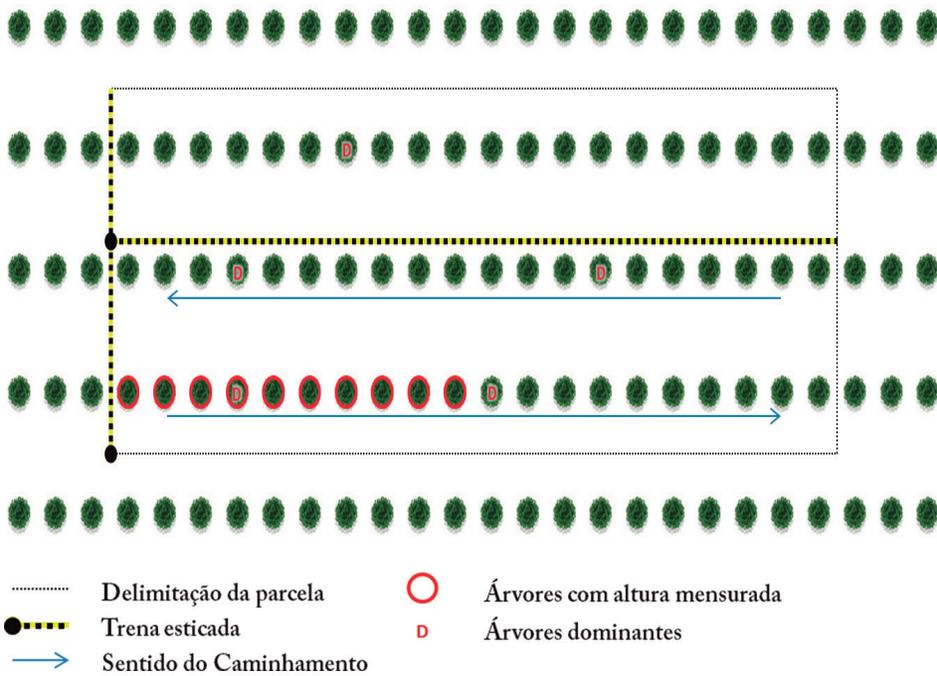


Figura 11 | iLPF com linhas simples.

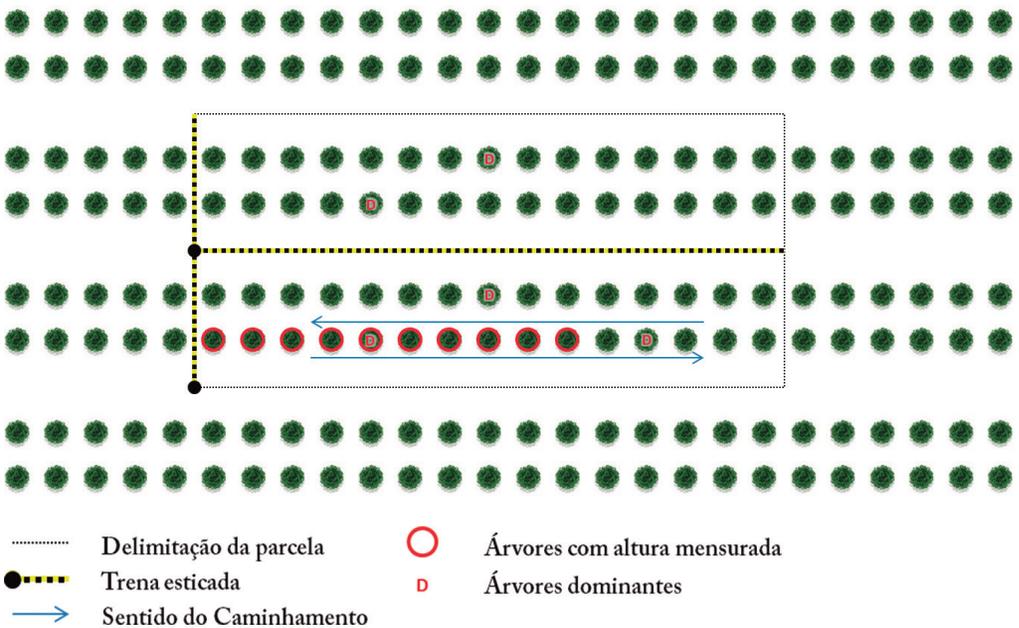


Figura 12 | iLPF com linhas duplas.

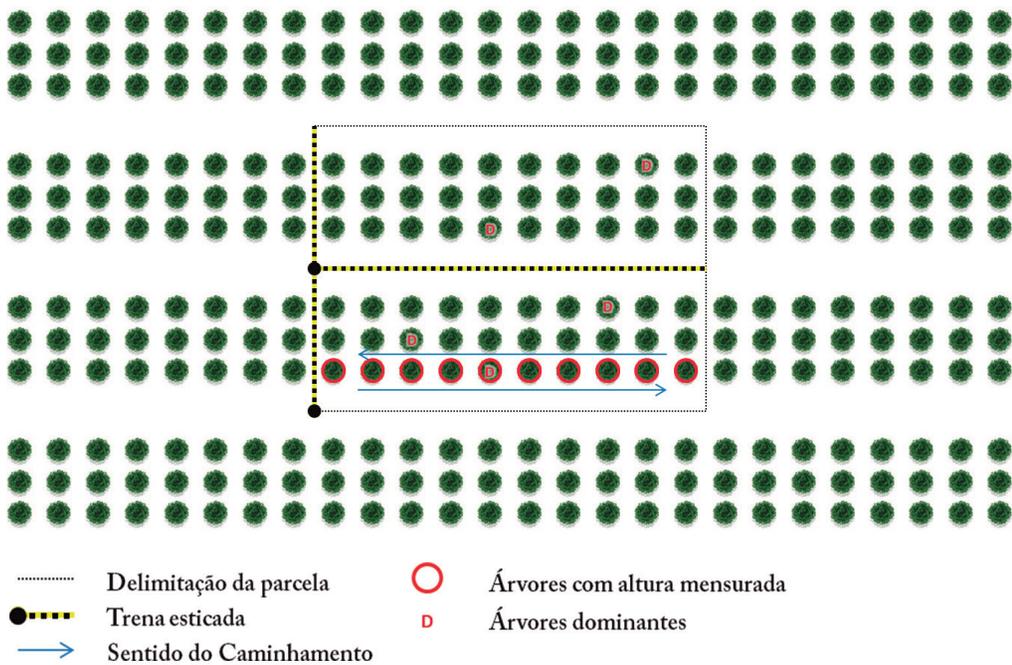


Figura 13 | iLPF com linhas triplas.

## B) Coleta de dados

Após a instalação da parcela amostral em campo, os dados coletados basearam-se em variáveis quantitativas e qualitativas. Para anotação dessas variáveis, utilizou-se uma planilha de campo (Anexo I), em que foram preenchidas as informações: unidade da federação, município, fazenda, data da avaliação, data do plantio, sistema silvicultural, talhão, coordenadas geográficas, material genético, espaçamento, número da parcela, tamanho da parcela (iLPF) e outras observações relevantes.

Para a coleta das variáveis quantitativas foram mensuradas dentro da parcela o diâmetro à altura do peito (DAP) de todas as árvores utilizando uma suta, as alturas totais das 10 primeiras árvores e das 5 árvores dominantes (ASSMANN, 1970) da parcela com o auxílio de um hipsômetro Vertex IV. No caso de alguma das árvores dominantes estar entre as 10 primeiras árvores já mensuradas, não era necessário

mensurar a altura de outras árvores, mensurava-se apenas as 10 primeiras árvores, e as demais dominantes.

Para a coleta das variáveis qualitativas todas as árvores dentro da parcela amostral foram avaliadas em relação à presença de anormalidades: como pragas, doenças, características que pudessem caracterizar o surgimento de um estresse hídrico em algum momento do desenvolvimento das plantas - como as bifurcações e formas de fuste, entre outros que somaram 48 variáveis observadas nas fichas de campo (Anexo I).

Concomitantemente a amostragem foi realizada a aplicação do questionário (Anexo II) de forma a conhecer melhor o manejo da propriedade e histórico dos povoamentos.

A Tabela 9 apresenta a lista das variáveis qualitativas de maior ocorrência, que representaram 90% dos problemas encontrados em campo.

Tabela 9 | Lista dos códigos de maior ocorrência e suas descrições para avaliação qualitativa da parcela.



1

### Falha

Ausência de árvore ou toco na linha de plantio.



2

### Bifurcada abaixo do DAP

Subdivisão do fuste principal abaixo do DAP.



3

### Torta acima do DAP

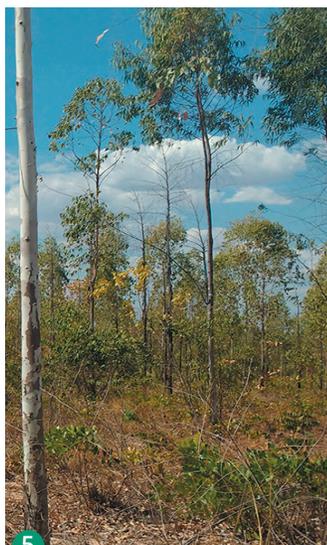
Perda de dominância apical e estabelecimento de novo fuste.



4

### Torta na copa

Tortuosidade na ponta da copa.



5

### Morta

Árvore presente em estado de decomposição.



6

### Torta abaixo do DAP

Brotações de galhos na parte inferior do tronco, causando angulação.



7

### Bifurcada na copa

Subdivisão do fuste principal na copa viva.



8

### Menor que 1,30

Indivíduos com altura inferior a 1,30m.



9

### Cancro

Morte dos tecidos da casca, por lesão margeada de calos.



10

### Tombada

Angulação diferente da vertical, geralmente pela ação dos ventos.



11

### Pau preto

Doença com presença de fissuras e escurecimento do tronco, com exsudação de líquido marrom-escuro, kino.



12

### Trifurcada acima da copa

Subdivisão do fuste principal em dois ou mais, na copa viva.

#### 4.1.6. Processamento dos Dados

A recomendação de espécies/clones para implantação de culturas florestais em monocultivo e iLPF no Bioma Cerrado foi baseada nos dados quantitativos e qualitativos coletados nas parcelas amostradas. Para tanto, os dados quantitativos provenientes do inventário foram processados e se obteve a predição da produção de cada espécie/clone em cada Dendrozona de Coleta de Dados.

Dentre as fases necessárias para o processamento do inventário, antes do início do processamento foi organizado um banco de dados com os dados qualitativos e quantitativos, bem como as informações referentes ao local da amostragem. O banco de dados foi elaborado no formato de planilha do Microsoft Excel contendo informações referente ao local e aos dados quantitativos e qualitativos, de acordo com os dados descritos no Anexo I.

Para a realização do processamento do inventário e consequentemente a predição da produção, foram realizadas quatro fases de processamento: (1) predição das alturas; (2) predição do volume; (3) predição do índice de sítio; e (4) predição da produção.

A Figura 14 apresenta o fluxograma de como os dados quantitativos foram agrupados em cada fase do processamento. As Fases 1 e 2 foram dadas, inicialmente, pela divisão à nível de espécie: eucaliptos, mogno africano, teca, cedro australiano e pinus. Posteriormente, a subdivisão continuou com base no método de coleta, sendo eles: método de coleta do projeto SiFlor (MC SiFlor, descrito no item 4.1.5) para os dados coletados pela equipe SiFlor em áreas de parceiros e, os demais métodos de coleta (MC 1, MC2, MC3, MC4 e MC5) para os dados cedidos

diretamente por parceiros. Por fim, no caso das espécies/clones de eucalipto foi também considerado o sistema silvicultural, devido o grande volume de dados e a maior variação do espaçamento por planta encontradas em áreas de monocultivo e iLPF amostradas.

Para as espécies mogno africano, cedro australiano, teca e pinus não houve necessidade de novos agrupamentos ou subdivisões nas demais fases, entretanto, para as espécies de eucaliptos, devido a maior quantidade de materiais genéticos (espécies/clones), volume de dados e a grande amplitude de espaçamento por planta, os dados foram reorganizados nas Fases 3 e 4, conforme a característica do processamento, a fim de melhorar a predição das variáveis.

Para o processamento dos dados na Fase 3, os oito subgrupos de eucalipto (Fases 1 e 2) foram agrupados em três grupos, considerando o sistema silvicultural e espaçamento de plantio, sendo eles: Euca 1 - parcelas de eucalipto em monocultivo com espaçamento de 4,5m<sup>2</sup> a 9m<sup>2</sup>; Euca 2 - parcelas de eucalipto em monocultivo com espaçamento de 9,03m<sup>2</sup> a 25m<sup>2</sup>; e Euca 3 - parcelas de eucalipto em iLPF.

Para a predição da produção (Fase 4) os grupos, denominados Euca 1 e Euca 3 na Fase 3, foram subdivididos considerando o material genético, da seguinte forma: a) individualmente por espécie/clone de eucalipto, quando os mesmos foram amostrados em pelo menos 30 parcelas e; b) os demais materiais amostrados, em menos de 30 parcelas, foram agrupados e chamado de "outros". No caso do Euca 2 (Fase 3), nenhum material ocorreu em pelo menos 30 parcelas, então não houve subdivisão para o processamento na Fase 4.

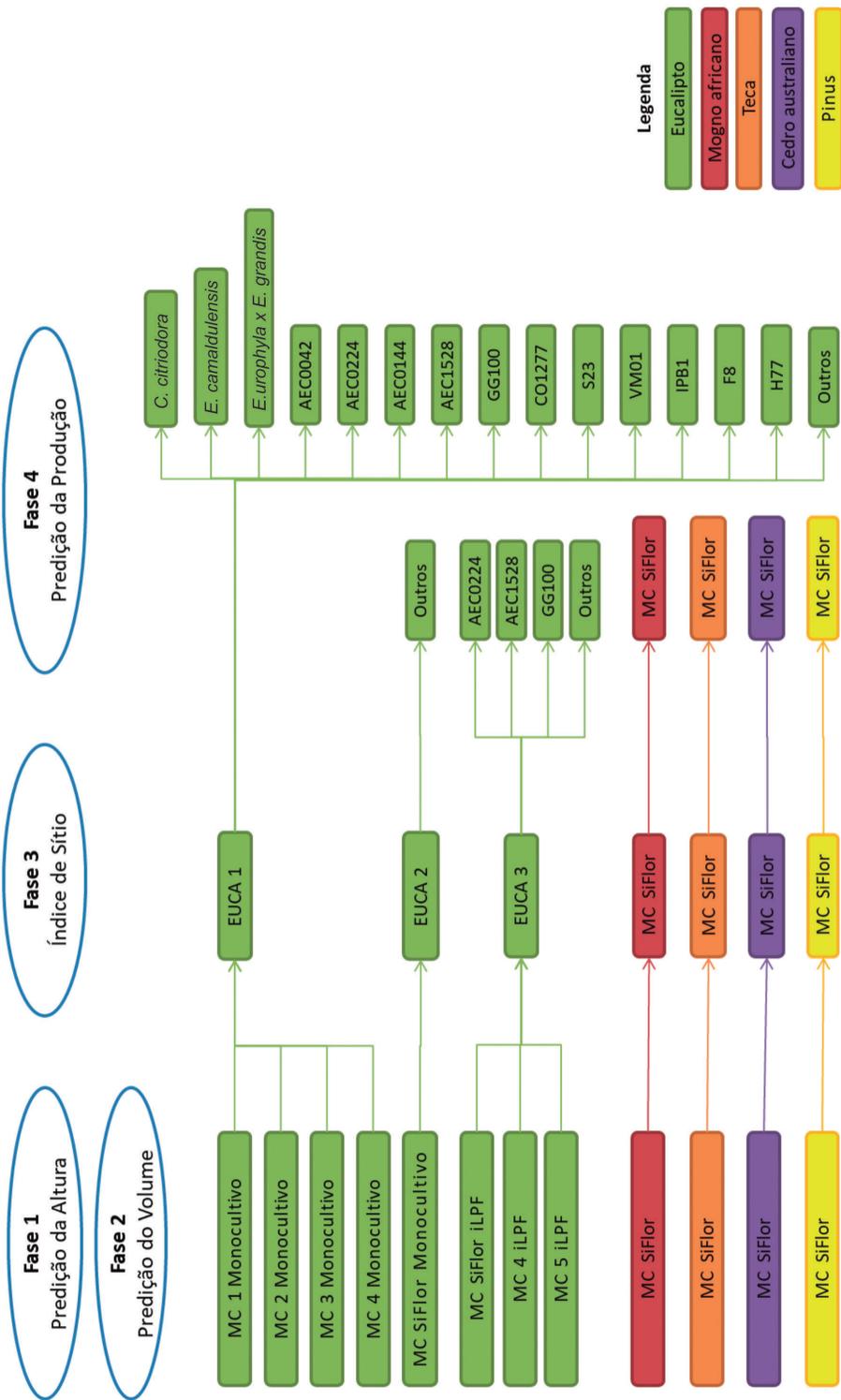


Figura 14 | Fluxograma referente à organização do processamento dos dados quantitativos.

## A. Fase 1: Predição das alturas

Na realização da amostragem foram mensuradas as 10 primeiras árvores de cada parcela e as 5 árvores dominantes, conforme descrito no item 4.1.5. Para estimar as alturas das demais árvores realizou-se a predição das alturas a partir de equações hipsométricas.

Os dados foram divididos em doze grupos (Figura 14), e as predições das alturas foram realizadas com o auxílio do Software estatístico R (2017). Para cada um dos doze grupos ajustou-se o melhor

modelo de relação hipsométrica, observando como cada modelo se comportava na dispersão dos dados, em relação ao  $R^2$  e erro padrão, quando necessário foi realizada a exclusão de dados discrepantes. Na Tabela 10, estão os modelos utilizados para a predição da altura.

No Anexo III está descrito o Script 1, utilizado para o processamento da predição das alturas dos grupos. Na Tabela 11 estão os modelos de relação hipsométrica escolhido para cada um dos grupos,  $R^2$  e erro padrão respectivamente.

Tabela 10 | Lista dos modelos de relação hipsométrica utilizados para a predição das alturas.

Modelos de Relação Hipsométrica	Equação
Polinômio de 1º grau	$h = \beta_0 + \beta_1 * d + \varepsilon$
Polinômio de 2º grau	$h = \beta_0 + \beta_1 * d + \beta_2 * d^2 + \varepsilon$
Hiperbólico 3	$1/h = \beta_0 + \beta_1 (1/d) + \beta_2 (1/d^2) + \varepsilon$
Potência 1	$\ln(h) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(d) + \varepsilon$
Potência 3	$\ln(h) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(d/(1+d)) + \varepsilon$
Exponencial	$\ln(h) = \beta_0 + \beta_1 (1/d) + \varepsilon$
Semilogarítmico	$h = \beta_0 + \beta_1 * \ln(d) + \varepsilon$

Tabela 11 | Modelos de relação hipsométrica, R<sup>2</sup> e Erro Padrão para cada grupo no processamento de predição das alturas.

Espécie	Grupo	Modelos de Relação Hipsométrica	R <sup>2</sup>	E
Eucalipto	MC 1 Monocultivo	Semi-logarítmico	0,95	1,036
	MC 2 Monocultivo	Semi-logarítmico	0,9111	1,569
	MC 3 Monocultivo	Potência 1	0,9881	0,0468
	MC 4 Monocultivo	Semi-logarítmico	0,8649	1,607
	MC SiFlor Monocultivo	Semi-logarítmico	0,9563	1,479
	MC SiFlor iLPF	Semi-logarítmico	0,9151	1,859
	MC 4 iLPF	Exponencial	0,9247	0,04754
	MC 5 iLPF	Exponencial	0,9695	0,06894
Mogno africano	MC SiFlor	Semi-logarítmico	0,947	1,048
Teca	MC SiFlor	Semi-logarítmico	0,7754	0,9835
Cedro australiano	MC SiFlor	Exponencial	0,9499	0,04855
Pinus	MC SiFlor	Polinômio de 2º grau	0,9683	1,268

## B. Fase 2: Volume predito

A predição do volume por hectare foi estimada na Fase 2 de processamento de dados, considerando as alturas estimadas na Fase 1 e os dados de diâmetro (DAP) mensurados em campo. Nesta Fase de processamento, manteve-se a mesma divisão dos dados, que na Fase anterior e o processamento foi realizado individualmente por parcela.

A seleção das equações de volume foi realizada com base em levantamentos bibliográficos (FIGUEIREDO FILHO et al., 2014), considerando os estudos realizados nas áreas correspondentes às Dendrozonas de Coleta de Dados e, quando disponível, para os materiais genéticos amostrados. Os critérios para adoção de uma equação de volume para as estimativas da parcela foram: 1) estar na mesma Dendrozona de Coleta de Dados; 2) distância relativa entre o local de estudo à parcela de campo; e 3) correspondência entre material genético (espécie/clone) do estudo e o material genético (espécie/clone) amostrado em campo.

Exceções na análise dos dados foram encontradas: 1) casos em que foram cedidos dados de cubagem rigorosa por parceiros do projeto SiFlor, e a partir destes, foi possível estimar os parâmetros e ajustar as equações de volume; 2) quando nenhuma equação da literatura se encaixava na situação amostrada foi utilizada a equação que considera o fator de forma; e 3) para as espécies *Khaya spp.*, *Tectona grandis* e *Toona ciliata*, em que não se encontrou em literatura equações específicas, foram utilizadas equações de volume provenientes dos softwares da Família SIS, produzidos pela EMBRAPA Florestas (EMBRAPA, 2019).

As equações utilizadas para a predição do volume estão na Tabela 12.

A equação de volume utilizada no processamento de dados respeitou as semelhanças entre as parcelas amostradas em campo, desta forma, uma mesma equação pode ter sido aplicada em diferentes grupos de parcelas.

Na Tabela 13 estão todos os grupos de dados que foram analisados com os respectivos códigos numéricos das equações que foram escolhidas para cada situação.

Tabela 12| Equações de volume utilizadas para predição do volume por hectare para cada grupo, com seus respectivos códigos, localidade e referência.

Código Equação	Modelo da Equação	Equação	Local	Autor do Ajuste da Equação
1	Volumétrico - Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,51703 + 1,90859 * \ln(d) + 1,22537 * \ln(h)$	Vitoria da Conquista, BA	Azevedo et al (2011)
2	Volumétrico - Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,00205 + 1,77697 * \ln(d) + 1,12096 * \ln(h)$	Região Nordeste da BA	Miranda (2012)
3	Volumétrico - Schumacher e Hall	$v = 0,00004 * d^{1,69978} * h^{1,21340}$	Rio Verde, GO	Leal (2013)
4	Volumétrico - Stoate	$v = 0,00466 + 0,00018 * d^2 + 0,00002 * d^2 * h - 0,00066 * h$	Cuiabá, MT	Silva (1999)
6	Volumétrico - Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -1,41061 + 1,81093 * \ln(d/100) + 0,99336 * \ln(h)$	Carbonita, MG	Guimarães (1985)
8	Volumétrico - Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,2202838444444 + 1,9335160888888 * \ln(d) + 1,05346946666667 * \ln(h)$	Martinho Campos, Carbonita, Coronel Fabriciano e Ponte Alta, MG	Oliveira (2007)
10	Schumacher e Hall (logarítmica)	$\ln(v) = -10,028 + 1,7767 * \ln(d) + 1,1336 * \ln(h)$	Nova Canaã do Norte, MT	Miranda, Junior & Gouveia (2015)
12	Naslund (modificado)	$v = 0,04273 + 0,0007396(d^2) - 0,01247 * \ln(h * d^2) + 0,00000122(d * h^2) + 0,000131(h^2)$	Dueré, TO	Andrade & Freitas (2014)
13	Logarítmica - Schumacher e Hall	$\ln(V) = -10,0286 + 1,7767 * \ln(dap) + 1,1336 * \ln(ht)$	Nova Canaã do Norte, MT	Miranda et al (2015)
14	Equação Sis Cedro	$V = 7,854E-5 * d^2 * 0,50 * h$		Sis Cedro
15	Volumétrico Meyer	$v = -0,003457 + 0,003951d - 0,000208d^2 + 0,000255dh + 0,000037d^2h + 0,00387h$	Itararé, Itapeva, Itaberá, Coronel Macedo, Apiaí - SP	Fiates (1983)
16	Volumétrico Schumacher e Hall	$V = (0,00005d^{1,964469}) + (h^{0,973634})$	Região Sudoeste - SP	Scolforo (1990)
17	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,5484 + 2,0453 \ln(d) + 0,9399 \ln(h)$	Nova Ponte - MG	Carvalho (2010)
18	Equação Sis Teca	$V = 7,854E-5 * d^2 * 0,42 * h$		Sis Teca
19	Equação Sis Mogno	$V = 7,854E-5 * d^2 * 0,5428 * h$		Sis Mogno
20	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,83068813802475 + 1,64129393895181 \ln(d) + 1,17265111360763 \ln(h)$	Santa Rita do Trivelato - MT	Cubagem Parceiro 2
21	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -11,3699333769869 + 2,03735706800957 \ln(d) + 1,30328098428744 \ln(h)$	Santa Rita do Trivelato - MT	SiFlor
22	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,7185 + 1,795903 \ln(d) + 0,994564 \ln(h)$	Santa Rita do Trivelato - MT	SiFlor
23	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,6032 + 1,995722 \ln(d) + 0,808866 \ln(h)$	Santa Rita do Trivelato - MT	SiFlor
24	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,95059765736062 + 2,06739117119717 \ln(d) + 0,833618892322993 \ln(h)$	Santa Rita do Trivelato - MT	SiFlor
25	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,1459 + 1,708299 \ln(d) + 1,227245 \ln(h)$	Santa Rita do Trivelato - MT	SiFlor

Código Equação	Modelo da Equação	Equação	Local	Autor do Ajuste da Equação
26	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,74042884383547 + 1,71524555028082 \ln(d) + 1,09090656469018 \ln(h)$	Dom Aquino - MT	SiFlor
27	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,93136065943854 + 1,92230970124981 \ln(d) + 0,976147935500794 \ln(h)$	Dom Aquino - MT	SiFlor
28	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,3912224320109 + 1,76192764518934 \ln(d) + 0,934488912592719 \ln(h)$	Dom Aquino - MT	SiFlor
29	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,98336 + 1,825581 \ln(d) + 1,08681 \ln(h)$	Dom Aquino - MT	SiFlor
30	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,92358711630068 + 1,80234689126028 \ln(d) + 1,06050684181052 \ln(h)$	Dom Aquino - MT	SiFlor
31	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,9570176495332 + 1,81753699330253 \ln(d) + 1,36699125087461 \ln(h)$	Dom Aquino - MT	SiFlor
32	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,4054306529997 + 1,96410831246806 \ln(d) + 1,07983814177886 \ln(h)$	Dom Aquino - MT	SiFlor
33	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,4586355168403 + 2,00603475278012 \ln(d) + 1,07469516958839 \ln(h)$	Dom Aquino - MT	SiFlor
34	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,1271259925194 + 1,70752968671753 \ln(d) + 1,2125053687773 \ln(h)$	Dom Aquino - MT	SiFlor
35	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,93246350313522 + 1,75487070019387 \ln(d) + 1,11163303981051 \ln(h)$	Dom Aquino - MT	SiFlor
36	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,82495654305917 + 1,59202380097456 \ln(d) + 1,2176436935981 \ln(h)$	Dom Aquino - MT	SiFlor
37	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,3512307294984 + 1,72367808789081 \ln(d) + 1,27402404228636 \ln(h)$	Dom Aquino - MT	SiFlor
38	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,0045346400507 + 1,94261054672754 \ln(d) + 0,980653812089026 \ln(h)$	Dom Aquino - MT	SiFlor
39	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,2736120063007 + 1,7669881674528 \ln(d) + 1,21658165019792 \ln(h)$	Dom Aquino - MT	SiFlor
40	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,69200706239801 + 1,80870027247751 \ln(d) + 0,990287107485609 \ln(h)$	Dom Aquino - MT	SiFlor
41	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,683582825292 + 1,12745510692463 \ln(d) + 1,92358872029797 \ln(h)$	Dom Aquino - MT	SiFlor
42	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,50809229232902 + 1,95841621525017 \ln(d) + 0,784068301560998 \ln(h)$	Dom Aquino - MT	SiFlor
43	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,0202512689548 + 1,75255870478827 \ln(d) + 1,14658138593003 \ln(h)$	Dom Aquino - MT	SiFlor
44	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,0630378817696 + 1,83994598260061 \ln(d) + 1,09246498041314 \ln(h)$	Sinop - MT	SiFlor

Código Equação	Modelo da Equação	Equação	Local	Autor do Ajuste da Equação
45	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,64803060058389 + 1,82068899117546 \ln(d) + 0,983358917863206 \ln(h)$	Sinop - MT	SiFlor
46	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,47867 + 1,908909 \ln(d) + 0,839437 \ln(h)$	Sto. Antonio do Leverger - MT	SiFlor
47	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,50085502104415 + 1,20698457454769 \ln(d) + 1,49551513775885 \ln(h)$	Sto. Antonio do Leverger - MT	SiFlor
48	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,67974608544699 + 1,79432970072089 \ln(d) + 1,01325860987475 \ln(h)$	Sto. Antonio do Leverger - MT	SiFlor
49	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,3436616656585 + 2,19690416666191 \ln(d) + 0,849544558710069 \ln(h)$	Rosário Oeste - MT	SiFlor
50	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,68094501458679 + 1,59555441238542 \ln(d) + 1,16205931674061 \ln(h)$	Rosário Oeste - MT	SiFlor
51	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,1582862940727 + 1,99366058024477 \ln(d) + 0,97744834546026 \ln(h)$	Rosário Oeste - MT	SiFlor
52	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,77544979084997 + 1,9838113308177 \ln(d) + 0,876013609927947 \ln(h)$	Rosário Oeste - MT	SiFlor
53	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -11,5856012164613 + 2,18157508943719 \ln(d) + 1,24011016994318 \ln(h)$	Rosário Oeste - MT	SiFlor
54	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,0451072116615 + 1,9249650587069 \ln(d) + 1,01787938493147 \ln(h)$	Rosário Oeste - MT	SiFlor
55	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,5177042559235 + 2,03971477763349 \ln(d) + 1,05343340885312 \ln(h)$	Rosário Oeste - MT	SiFlor
56	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,8545099520891 + 1,67253341120468 \ln(d) + 1,13136483682741 \ln(h)$	Rosário Oeste - MT	SiFlor
57	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,8971851356242 + 1,69962916995011 \ln(d) + 1,46328986191665 \ln(h)$	Rosário Oeste - MT	SiFlor
58	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,76627826033829 + 1,89802138298157 \ln(d) + 0,925299097313886 \ln(h)$	Rosário Oeste - MT	SiFlor
59	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,53909616209174 + 1,6058243960825 \ln(d) + 1,1138895671269 \ln(h)$	Rosário Oeste - MT	SiFlor
60	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,6275884108187 + 1,99675922495338 \ln(d) + 0,806294528095327 \ln(h)$	Rosário Oeste - MT	SiFlor
61	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,8557611882706 + 2,04954951876366 \ln(d) + 1,14520838614233 \ln(h)$	Rosário Oeste - MT	SiFlor
62	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,92376262289676 + 1,753227480034 \ln(d) + 1,12209558807833 \ln(h)$	Rosário Oeste - MT	SiFlor
63	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,86937695698289 + 1,88911336075158 \ln(d) + 0,98370017689657 \ln(h)$	Rosário Oeste - MT	SiFlor

Código Equação	Modelo da Equação	Equação	Local	Autor do Ajuste da Equação
64	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,42880598217879 + 1,76108717874471 \ln(d) + 0,953350980403689 \ln(h)$	Cáceres, MT	SiFlor
65	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,7725441445272 + 1,69152125358354 \ln(d) + 1,12184907948712 \ln(h)$	Cáceres, MT	SiFlor
66	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,4108665364003 + 1,96772848436421 \ln(d) + 1,10195879733838 \ln(h)$	Cáceres, MT	SiFlor
67	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,29146 + 1,884461 \ln(d) + 0,799398 \ln(h)$	Cáceres, MT	SiFlor
68	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,4146076568917 + 1,94950418091631 \ln(d) + 1,11202070431955 \ln(h)$	Cáceres, MT	SiFlor
69	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,4758428753521 + 2,00130801223038 \ln(d) + 1,05473616734208 \ln(h)$	Cáceres, MT	SiFlor
70	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,0002 + 1,865047 \ln(d) + 1,038078 \ln(h)$	Cáceres, MT	SiFlor
71	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,1782021957934 + 1,46021310674001 \ln(d) + 1,45246717850574 \ln(h)$	Cáceres, MT	SiFlor
72	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,417292004696 + 1,92785252938048 \ln(d) + 1,11121670065238 \ln(h)$	Cáceres, MT	SiFlor
73	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,3246683601208 + 1,85898477054208 \ln(d) + 1,15823427479377 \ln(h)$	Cáceres, MT	SiFlor
74	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,0688532824902 + 2,18358554183469 \ln(d) + 0,774187945526774 \ln(h)$	Cáceres, MT	SiFlor
75	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,0613597404227 + 1,81484306018435 \ln(d) + 1,09864787203889 \ln(h)$	Cáceres, MT	SiFlor
76	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,58293054553376 + 1,86497367560553 \ln(d) + 0,90157445009415 \ln(h)$	Cáceres, MT	SiFlor
77	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,2093407921985 + 1,90215188992585 \ln(d) + 1,09686062789027 \ln(h)$	Cáceres, MT	SiFlor
78	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,72831509144784 + 1,87652219784786 \ln(d) + 0,933684511151091 \ln(h)$	Cáceres, MT	SiFlor
79	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,1680171201127 + 1,65985481400078 \ln(d) + 1,26754862325732 \ln(h)$	Cáceres, MT	SiFlor
80	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,86411 + 1,816645 \ln(d) + 1,038376 \ln(h)$	Cáceres, MT	SiFlor
81	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,47263132544891 + 1,82103594631264 \ln(d) + 0,909419799100529 \ln(h)$	Tapurah, MT	SiFlor
82	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,81835265206552 + 1,89931663663923 \ln(d) + 0,96485049657823 \ln(h)$	Chapada dos Guimarães, MT	SiFlor

Código Equação	Modelo da Equação	Equação	Local	Autor do Ajuste da Equação
83	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,83812192800393 + 1,79668806729903 \ln(d) + 1,07016194712624 \ln(h)$	Brasnorte, MT	SiFlor
84	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,3546332933991 + 1,75099248543983 \ln(d) + 1,26757766042229 \ln(h)$	Correntina, BA	SiFlor
85	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,9489131602144 + 1,70015297179231 \ln(d) + 1,52990028060265 \ln(h)$	Correntina, BA	SiFlor
86	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,55392685938043 + 1,53525221436401 \ln(d) + 1,19464227368914 \ln(h)$	Correntina, BA	SiFlor
87	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,4921236926783 + 1,47378589035487 \ln(d) + 1,59681523696052 \ln(h)$	Correntina, BA	SiFlor
88	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -13,8887567820179 + 0,900813299920499 \ln(d) + 3,10216537354483 \ln(h)$	Correntina, BA	SiFlor
89	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -13,4712438956174 + 2,75304825904583 \ln(d) + 1,37380776736287 \ln(h)$	Correntina, BA	SiFlor
90	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,541 + 1,902 \ln(d) + 1,199 \ln(h)$	Correntina, BA	SiFlor
91	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,29508707040098 + 1,89432203190719 \ln(d) + 0,767352937726571 \ln(h)$	Correntina, BA	SiFlor
92	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,41271416547415 + 1,63218557729425 \ln(d) + 1,08285942601892 \ln(h)$	Correntina, BA	SiFlor
93	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -7,79778499362314 + 2,12073371529941 \ln(d) + 0,063604329057579 \ln(h)$	Correntina, BA	SiFlor
94	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -7,96579430058373 + 2,12430979918001 \ln(d) + 0,106619425075306 \ln(h)$	Correntina, BA	SiFlor
95	Volumétrico - Spurr (Logarítmico)	$\ln(v) = -4,18447 + 0,899995 * \ln(d^2 * h)$	Santa Rita do Passa Quatro, SP	Garcia Corradine e Alvarenga (1991)
96	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = 0,000034 + 1,714549 \ln(d) + 1,26014 \ln(h)$	Altinópolis, SP	Silva (2005)
97	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,049 + 1,86365 \ln(d) + 1,0436 \ln(h)$	Mogi Guaçu, SP	Hakamada (2012)
98	Spurr (Variável combinada)	$v = 0,001 * (-24,3846 + 0,03589 d^2 * h)$	Itapetininga, Angatuba, Itatinga, Bofete, Botucatu e Pardinho	Couto e Bastos (1987)
99	Modelo 22 (Stepwise)	$v = 0,001 * (-38,9699 + 0,02206 d^2 h + 0,36273 d^2 h)$	Itapetininga, Angatuba, Itatinga, Bofete, Botucatu e Pardinho	Couto e Bastos (1987)
100	Modelo 30 (Stepwise)	$v = 0,001 * (-72,1906 + 5,55969 d + 0,03029 d^2 h)$	Itapetininga, Angatuba, Itatinga, Bofete, Botucatu e Pardinho	Couto e Bastos (1987)
101	Modelo 33 (Stepwise)	$v = 0,001 * (-29,8913 + 0,04063 d^2 h)$	Sarapuí, Salto de Pirapora, São Miguel Arcanjo, Pilar do Sul, Angatuba, Itapetininga	Couto e Bastos (1987)

Código Equação	Modelo da Equação	Equação	Local	Autor do Ajuste da Equação
102	Modelo 34 (Stepwise)	$v = 0,001 * (-26,0636 + 0,03752 d^{\wedge}2 h)$	Sarapui, Salto de Pirapora, São Miguel Arcanjo, Pilar do Sul , Angatuba, Itapetininga	Couto e Bastos (1987)
103	Modelo 41 (Stepwise)	$v = 0,001 * (-77,5979 + 5,72869 d + 0,03183 d^{\wedge}2 h)$	Itapetininga, Angatuba, Itatinga, Bofete, Botucatu e Pardinho	Couto e Bastos (1987)
104	Modelo 42 (Stepwise)	$v = 0,001 * (-83,1733 + 7,11447 d + 0,0291 d^{\wedge}2 h)$	Sarapui, Salto de Pirapora, São Miguel Arcanjo, Pilar do Sul , Angatuba, Itapetininga	Couto e Bastos (1987)
105	Volumétrico - Spurr (Variável combinada)	$v = 0,01512 + 0,00001 (d^{\wedge}2 * h)$	Brasília, DF	Ribeiro (2011)
106	Volumétrico - Takata	$v = (d^{\wedge}2 * h) / (24858,7 + 94,578 * d)$	Rio Verde, GO	Miguel et al. (2010)a
107	Volumétrico - Takata	$v = (d^{\wedge}2 * h) / (29466,24 + 10,97597 * d)$	Niquelândia, GO	Miguel (2009)
108	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,286 + 1,7531 \ln(d) + 1,20149 \ln(h)$	Mineiros, GO	Leite et al. (2011)
109	Volumétrico Schumacher e Hall	$v = 0,00004 * d^{\wedge}1,69978 * h^{\wedge}1,2134$	Rio Verde, GO	Leal, Miguel e Matricardi (2011)
110	Volumétrico Schumacher e Hall	$v = 0,000029 * d^{\wedge}1,91777 * h^{\wedge}1,12102$	Paraopeba, MG	Carvalho (2010)
111	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -11,7201680678081 + 1,71676971629889 \ln(d) + 1,66660252758349 \ln(h)$	Jaciara, MT	SiFlor
112	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -8,1645348356343 + 1,79894647886437 \ln(d) + 0,58684724406822 \ln(h)$	Jaciara, MT	SiFlor
113	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -7,0052417118113 + 1,68450012778008 \ln(d) + 0,330865256525498 \ln(h)$	Jaciara, MT	SiFlor
114	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -8,99592559558845 + 1,93494346150282 \ln(d) + 0,649770457979927 \ln(h)$	Jaciara, MT	SiFlor
115	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -8,34738768346036 + 1,86090002238649 \ln(d) + 0,587106718344832 \ln(h)$	Jaciara, MT	SiFlor
116	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,085381290909 + 1,60214823459684 \ln(d) + 1,3122111333486 \ln(h)$	Jaciara, MT	SiFlor
117	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,5134269081544 + 1,60638333807749 \ln(d) + 1,42442405863832 \ln(h)$	Jaciara, MT	SiFlor
118	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,5134269081544 + 1,60638333807749 \ln(d) + 1,42442405863832 \ln(h)$	Itatinga, SP	SiFlor
119	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,9706918859855 + 1,72052711817237 \ln(d) + 1,52971785183422 \ln(h)$	Itatinga, SP	SiFlor
120	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,8793534643356 + 1,68253435392271 \ln(d) + 1,51212866671203 \ln(h)$	Itatinga, SP	SiFlor
121	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -11,1575361554776 + 1,67894073403614 \ln(d) + 1,61614457667157 \ln(h)$	Itatinga, SP	SiFlor

Código Equação	Modelo da Equação	Equação	Local	Autor do Ajuste da Equação
122	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,9334341160202 + 2,00995561280569 \ln(d) + 0,923435343461698 \ln(h)$	Itatinga, SP	SiFlor
123	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -8,6225667517758 + 2,36350040266856 \ln(d) + 0,139631573179875 \ln(h)$	Itatinga, SP	SiFlor
124	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -11,1899938541372 + 1,50847557655215 \ln(d) + 1,79001573870381 \ln(h)$	Itatinga, SP	SiFlor
125	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,44484185431364 + 2,00878659014608 \ln(d) + 0,703086122413427 \ln(h)$	Itatinga, SP	SiFlor
126	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,8684395162631 + 1,41677522907384 \ln(d) + 1,75438208076419 \ln(h)$	Itatinga, SP	SiFlor
127	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,34756661948639 + 2,12718893790452 \ln(d) + 0,571753203890255 \ln(h)$	Itatinga, SP	SiFlor
128	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,2680563357161 + 1,80121628321316 \ln(d) + 1,18425740018071 \ln(h)$	Itatinga, SP	SiFlor
129	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,5740274782661 + 1,10281487814813 \ln(d) + 1,88235918880088 \ln(h)$	Itatinga, SP	SiFlor
130	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,90468601970306 + 1,72189474434915 \ln(d) + 1,12855288111449 \ln(h)$	Itatinga, SP	SiFlor
131	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,95188825654101 + 1,79562942935509 \ln(d) + 1,08784888990511 \ln(h)$	Itatinga, SP	SiFlor
132	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,1529210547883 + 2,01287897487339 \ln(d) + 0,967297030454473 \ln(h)$	Itatinga, SP	SiFlor
133	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,7735582517063 + 1,82765808701598 \ln(d) + 1,34054579302744 \ln(h)$	Itatinga, SP	SiFlor
134	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,6663743995952 + 1,66148116681979 \ln(d) + 1,46227718908276 \ln(h)$	Itatinga, SP	SiFlor
135	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,7079570806569 + 1,80472830585966 \ln(d) + 1,34110941589631 \ln(h)$	Itatinga, SP	SiFlor
136	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -9,46569949380544 + 1,75891499184617 \ln(d) + 0,916288102793075 \ln(h)$	Itatinga, SP	SiFlor
137	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,0365799282185 + 1,9134563194891 \ln(d) + 1,00905068146743 \ln(h)$	Itatinga, SP	SiFlor
138	Volumétrico Schumacher e Hall (Linearizado)	$\ln(v) = -10,15905427875 + 1,84914554270853 \ln(d) + 1,11188517788465 \ln(h)$	Itatinga, SP	SiFlor
999	Fator de Forma	$3,14159265359/40000 * d^2 * h * 0,43$		SiFlor

Tabela 13 | Código das equações de volume utilizadas para predição do volume por hectare para cada grupo.

Grupo	Sistema Silvicultural	Estado	Espécie	Materiais Genéticos	Códigos das equações
MC1	Monocultivo	GO	Eucalipto	AEC0144	116
MC1	Monocultivo	GO	Eucalipto	AEC0182	117
MC1	Monocultivo	GO	Eucalipto	AEC1528	117
MC1	Monocultivo	GO	Eucalipto	CO1277	30
MC1	Monocultivo	GO	Eucalipto	CO1407	3
MC1	Monocultivo	GO	Eucalipto	EUCA103	26
MC1	Monocultivo	GO	Eucalipto	GG100	31
MC1	Monocultivo	GO	Eucalipto	IPB1	29
MC1	Monocultivo	GO	Eucalipto	IPB2	3
MC2	Monocultivo	MT	Eucalipto	AEC0042	32, 54
MC2	Monocultivo	MT	Eucalipto	AEC0144	40, 61
MC2	Monocultivo	MT	Eucalipto	AEC0224	41, 62
MC2	Monocultivo	MT	Eucalipto	C219	36, 57
MC2	Monocultivo	MT	Eucalipto	CO1277	30, 68, 111
MC2	Monocultivo	MT	Eucalipto	<i>Corymbia citriodora</i>	22, 34, 70
MC2	Monocultivo	MT	Eucalipto	EUCA103	26, 49
MC2	Monocultivo	MT	Eucalipto	EUCA105	27, 50, 64
MC2	Monocultivo	MT	Eucalipto	EUCA608	51
MC2	Monocultivo	MT	Eucalipto	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	4, 44, 56
MC2	Monocultivo	MT	Eucalipto	<i>Eucalyptus urophylla</i>	33, 81
MC2	Monocultivo	MT	Eucalipto	<i>Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis</i>	10, 13, 46, 76
MC2	Monocultivo	MT	Eucalipto	F11 Copener	38, 59, 73
MC2	Monocultivo	MT	Eucalipto	F8 Copener	37, 58, 72
MC2	Monocultivo	MT	Eucalipto	GG100	31, 53, 69
MC2	Monocultivo	MT	Eucalipto	H77	39, 60
MC2	Monocultivo	MT	Eucalipto	IPB1	29, 52, 67
MC2	Monocultivo	MT	Eucalipto	S23	20, 28, 66
MC2	Monocultivo	MT	Eucalipto	VM01	21, 42, 75
MC3	Monocultivo	MS	Eucalipto	A08	117
MC3	Monocultivo	MS	Eucalipto	A217	117
MC3	Monocultivo	MS	Eucalipto	AEC0144	116
MC3	Monocultivo	MS	Eucalipto	AEC0042	32

Grupo	Sistema Silvicultural	Estado	Espécie	Materiais Genéticos	Códigos das equações
MC3	Monocultivo	MS	Eucalipto	AEC0224	41, 108
MC3	Monocultivo	MS	Eucalipto	AEC1528	117
MC3	Monocultivo	MS	Eucalipto	Acetalyptus 1404	117
MC3	Monocultivo	MS	Eucalipto	C219	117
MC3	Monocultivo	MS	Eucalipto	CO1277	68, 117
MC3	Monocultivo	MS	Eucalipto	CO1407	108
MC3	Monocultivo	MS	Eucalipto	F45	117
MC3	Monocultivo	MS	Eucalipto	GG100	108
MC3	Monocultivo	MS	Eucalipto	GG157	108
MC3	Monocultivo	MS	Eucalipto	H77	117
MC3	Monocultivo	MS	Eucalipto	IPB1	29, 108
MC3	Monocultivo	MS	Eucalipto	IPB2	108
MC3	Monocultivo	MS	Eucalipto	VCC865	117
MC3	Monocultivo	MS	Eucalipto	VCC975	117
MC3	Monocultivo	MS	Eucalipto	VE41	76
MC3	Monocultivo	MS	Eucalipto	VM01	114
MC3	Monocultivo	MS	Eucalipto	VM05	108
MC4	Monocultivo	MT	Eucalipto	AEC0144	61
MC4	Monocultivo	MT	Eucalipto	CO1277	68
MC4	Monocultivo	MT	Eucalipto	IPB1	52
MC4	Monocultivo	MT	Eucalipto	GG100	53
MC4	Monocultivo	MT	Eucalipto	VM02	63
MC SiFlor	Monocultivo	GO	Eucalipto	A08	117
MC SiFlor	Monocultivo	GO	Eucalipto	A58	117
MC SiFlor	Monocultivo	GO	Eucalipto	AEC0042	3
MC SiFlor	Monocultivo	GO	Eucalipto	AEC0144	85, 116
MC SiFlor	Monocultivo	GO	Eucalipto	AEC0224	41, 86, 105
MC SiFlor	Monocultivo	GO	Eucalipto	AEC1528	84, 117
MC SiFlor	Monocultivo	GO	Eucalipto	CO1277	90, 117
MC SiFlor	Monocultivo	GO	Eucalipto	<i>Corymbia citriodora</i>	117
MC SiFlor	Monocultivo	GO	Eucalipto	GG100	3, 31, 88
MC SiFlor	Monocultivo	GO	Eucalipto	GG157	107
MC SiFlor	Monocultivo	GO	Eucalipto	IPB1	3, 29
MC SiFlor	Monocultivo	GO	Eucalipto	PL3487	117
MC SiFlor	Monocultivo	GO	Eucalipto	VM58	90

Grupo	Sistema Silvicultural	Estado	Espécie	Materiais Genéticos	Códigos das equações
MC SiFlor	Monocultivo	MA	Eucalipto	EC01	63, 80
MC SiFlor	Monocultivo	MA	Eucalipto	EC02	63
MC SiFlor	Monocultivo	MA	Eucalipto	KL102	80
MC SiFlor	Monocultivo	MA	Eucalipto	KL103	80
MC SiFlor	Monocultivo	MA	Eucalipto	KL104	63
MC SiFlor	Monocultivo	MA	Eucalipto	KL105	63
MC SiFlor	Monocultivo	MA	Eucalipto	MA2000	80
MC SiFlor	Monocultivo	MT	Eucalipto	A211	117
MC SiFlor	Monocultivo	MT	Eucalipto	A217	117
MC SiFlor	Monocultivo	MT	Eucalipto	AEC0144	40, 61, 116
MC SiFlor	Monocultivo	MT	Eucalipto	CO1277	30
MC SiFlor	Monocultivo	MT	Eucalipto	GG157	3
MC SiFlor	Monocultivo	MT	Eucalipto	GG680	117
MC SiFlor	Monocultivo	MT	Eucalipto	IPB1	3, 29, 52
MC SiFlor	Monocultivo	MT	Eucalipto	VM01	21, 42
MC SiFlor	Monocultivo	MG	Eucalipto	AEC0020	8
MC SiFlor	Monocultivo	MG	Eucalipto	AEC0043	6
MC SiFlor	Monocultivo	MG	Eucalipto	AEC0144	8, 85
MC SiFlor	Monocultivo	MG	Eucalipto	AEC0224	1, 8, 86
MC SiFlor	Monocultivo	MG	Eucalipto	AEC1528	6
MC SiFlor	Monocultivo	MG	Eucalipto	AEC2034	8
MC SiFlor	Monocultivo	MG	Eucalipto	AEC2111	110
MC SiFlor	Monocultivo	MG	Eucalipto	AEC2197	110
MC SiFlor	Monocultivo	MG	Eucalipto	AEC2233	110
MC SiFlor	Monocultivo	MG	Eucalipto	AEC2475	8
MC SiFlor	Monocultivo	MG	Eucalipto	CMM58	8
MC SiFlor	Monocultivo	MG	Eucalipto	<i>Corymbia citriodora</i>	117
MC SiFlor	Monocultivo	MG	Eucalipto	<i>Eucalyptus cloesiana</i>	8
MC SiFlor	Monocultivo	MG	Eucalipto	GG100	8, 88
MC SiFlor	Monocultivo	PI	Eucalipto	EC01	8, 80, 999
MC SiFlor	Monocultivo	PI	Eucalipto	EC02	999
MC SiFlor	Monocultivo	PI	Eucalipto	KL102	8, 999
MC SiFlor	Monocultivo	PI	Eucalipto	KL103	8, 999
MC SiFlor	Monocultivo	PI	Eucalipto	MA2000	8, 999
MC SiFlor	Monocultivo	PI	Eucalipto	MA2001	80, 999

Grupo	Sistema Silvicultural	Estado	Espécie	Materiais Genéticos	Códigos das equações
MC SiFlor	Monocultivo	PI	Eucalipto	SUZMA2015	999
MC SiFlor	Monocultivo	PI	Eucalipto	SUZMA2022	8, 999
MC SiFlor	Monocultivo	SP	Eucalipto	<i>Eucalyptus grandis</i>	103
MC SiFlor	Monocultivo	SP	Eucalipto	<i>Eucalyptus grandis</i>	103, 128
MC SiFlor	Monocultivo	SP	Eucalipto	GG100	118
MC SiFlor	Monocultivo	SP	Eucalipto	AEC0224	120
MC SiFlor	Monocultivo	SP	Eucalipto	AG14	121
MC SiFlor	Monocultivo	SP	Eucalipto	AEC0042	122
MC SiFlor	Monocultivo	SP	Eucalipto	H77	123
MC SiFlor	Monocultivo	SP	Eucalipto	074	124
MC SiFlor	Monocultivo	SP	Eucalipto	058	125
MC SiFlor	Monocultivo	SP	Eucalipto	4624	126
MC SiFlor	Monocultivo	SP	Eucalipto	<i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	127
MC SiFlor	Monocultivo	SP	Eucalipto	CO1277	129
MC SiFlor	Monocultivo	SP	Eucalipto	C219	130
MC SiFlor	Monocultivo	SP	Eucalipto	EUCA608	131
MC SiFlor	Monocultivo	SP	Eucalipto	EUCA433	132
MC SiFlor	Monocultivo	SP	Eucalipto	AEC0144	133
MC SiFlor	Monocultivo	SP	Eucalipto	078	134
MC SiFlor	Monocultivo	SP	Eucalipto	052	135
MC SiFlor	Monocultivo	SP	Eucalipto	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	136
MC SiFlor	Monocultivo	SP	Eucalipto	CO0321	137
MC SiFlor	Monocultivo	SP	Eucalipto	<i>Eucalyptus sp.</i>	138
MC SiFlor	Monocultivo	SP	Eucalipto	H23	97
MC SiFlor	Monocultivo	SP	Eucalipto	IPB1	97, 119
MC SiFlor	Monocultivo	TO	Eucalipto	A217	94
MC SiFlor	Monocultivo	TO	Eucalipto	AEC0144	80, 85
MC SiFlor	Monocultivo	TO	Eucalipto	AEC0224	86
MC SiFlor	Monocultivo	TO	Eucalipto	CO0321	80
MC SiFlor	Monocultivo	TO	Eucalipto	CO1277	80, 117
MC SiFlor	Monocultivo	TO	Eucalipto	<i>Corymbia citriodora</i>	12
MC SiFlor	Monocultivo	TO	Eucalipto	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	80, 90
MC SiFlor	Monocultivo	TO	Eucalipto	<i>Eucalyptus urophylla</i>	107

Grupo	Sistema Silvicultural	Estado	Espécie	Materiais Genéticos	Códigos das equações
MC SiFlor	Monocultivo	TO	Eucalipto	<i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>	90
MC SiFlor	Monocultivo	TO	Eucalipto	MA2001	80, 94
MC SiFlor	Monocultivo	TO	Eucalipto	SUZA1250	80
MC SiFlor	Monocultivo	TO	Eucalipto	VM01	89
MC SiFlor	iLPF	MT	Eucalipto	AEC0144	61
MC SiFlor	iLPF	MT	Eucalipto	IPB1	52
MC SiFlor	iLPF	GO	Eucalipto	AEC0042	3
MC SiFlor	iLPF	TO	Eucalipto	A217	90
MC SiFlor	iLPF	TO	Eucalipto	AEC0144	85
MC SiFlor	iLPF	TO	Eucalipto	<i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>	80
MC SiFlor	iLPF	TO	Eucalipto	GG100	91
MC SiFlor	iLPF	TO	Eucalipto	VE38	90
MC SiFlor	iLPF	TO	Eucalipto	VM01	89
MC4	iLPF	MT	Eucalipto	CO1277	68
MC4	iLPF	MT	Eucalipto	IPB1	52
MC4	iLPF	MT	Eucalipto	VM02	63
MC5	iLPF	BA	Eucalipto	AEC0042	107
MC5	iLPF	BA	Eucalipto	AEC0144	85
MC5	iLPF	BA	Eucalipto	AEC0224	86 e 93
MC5	iLPF	BA	Eucalipto	AEC1528	84 e 92
MC5	iLPF	BA	Eucalipto	Clone 58	94
MC5	iLPF	BA	Eucalipto	Clone 62	87
MC5	iLPF	BA	Eucalipto	GG100	88 e 91
MC5	iLPF	BA	Eucalipto	V550	94
MC SiFlor	Monocultivo	MG	Cedro	BV1110	14
MC SiFlor	Monocultivo	MG	Cedro	BV1120	15
MC SiFlor	Monocultivo	MG	Cedro	BV1121	16
MC SiFlor	Monocultivo	MG	Cedro	BV1210	17
MC SiFlor	Monocultivo	MG	Cedro	BV1321	18
MC SiFlor	Monocultivo	MG	Cedro	<i>Toona ciliata</i>	19
MC SiFlor	iLPF	MT	Teca	<i>Tectona grandis</i>	18
MC SiFlor	Monocultivo	GO	Teca	<i>Tectona grandis</i>	18
MC SiFlor	Monocultivo	GO	Mogno	<i>Khaya ivorensis</i>	19
MC SiFlor	Monocultivo	MT	Mogno	<i>Khaya ivorensis</i>	19

Grupo	Sistema Silvicultural	Estado	Espécie	Materiais Genéticos	Códigos das equações
MC SiFlor	Monocultivo	MT	Mogno	<i>Khaya senegalensis</i>	19
MC SiFlor	iLPF	MT	Mogno	<i>Khaya anthotheca</i>	19
MC SiFlor	iLPF	MT	Mogno	<i>Khaya ivorensis</i>	19
MC SiFlor	iLPF	MT	Mogno	<i>Khaya senegalensis</i>	19
MC SiFlor	Monocultivo	MG	Mogno	<i>Khaya ivorensis</i>	19
MC SiFlor	iLPF	MG	Mogno	<i>Khaya ivorensis</i>	19
MC SiFlor	iLPF	MG	Mogno	<i>Khaya senegalensis</i>	19
MC SiFlor	Monocultivo	TO	Mogno	<i>Khaya senegalensis</i>	19
MC SiFlor	Monocultivo	MG	Pinus	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	17
MC SiFlor	Monocultivo	SP	Pinus	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> x <i>Pinus elliotii</i>	15
MC SiFlor	Monocultivo	SP	Pinus	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> x <i>Pinus tecunumanii</i>	17
MC SiFlor	Monocultivo	SP	Pinus	<i>Pinus elliotii</i>	15

Os volumes foram preditos com o auxílio do Software R (2017) conforme descrito no Script 2 (Anexo IV), bem como determinadas as informações que caracterizam as parcelas, para posterior análise (Tabela 14).

Tabela 14 | Relação das informações geradas por parcela suas respectivas unidades.

Caracterização das parcelas	Unidade
Número de Árvores	árvore
Volume	m <sup>3</sup>
Média do DAP	cm
Desvio Padrão do DAP	cm
Média das Alturas	m
Área Basal	m <sup>2</sup>
Altura Média das Árvores Dominante	m
Número de Árvores por hectare	árvore/ha
Volume por hectare	m <sup>3</sup> /ha
Área Basal por hectare	m <sup>2</sup> /ha

### C. Fase 3: Índice de Sítio

Após a predição dos volumes por hectare, a próxima fase do processamento foi a predição do Índice de Sítio, Fase 3. Os dados foram agrupados em sete grupos de acordo com a espécie, sistema silvicultural e espaçamentos de plantio, Figura 14.

Após a divisão dos grupos para o processamento do Índice de Sítio, foram estabelecidas as idades de referência para cada um dos grupos. Essas idades, descritas na Tabela 15, foram baseadas no ciclo de rotação de cada espécie que compõem o escopo do projeto.

Tabela 15. | Idade referência para predição do Índice de Sítio de cada grupo.

Grupo	Idade referência (anos)
Cedro	10
Teca	15
Pinus	15
Mogno	12
EUCA 1	5
EUCA 2	5
EUCA 3	5

Para as estimativas dos Índices de Sítio, considerando os grupos citados na Tabela 15, assumiu-se como modelo mais indicado o modelo de Shumacher (SCHUMACHER; HALL, 1933):

$$\ln(H_d) = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1}{I}\right)$$

Ajustada para a expressão:

$$\ln(S) = \ln(H_d) \beta_1 + \left(\frac{1}{I} - \frac{1}{I_R}\right)$$

$(H_d)$  = Média das alturas dominantes

$I$  = Idade em anos;

$I_R$  = Idade referência

O passo seguinte foi ajustar os dados ao método da curva-guia, para expressar a capacidade produtiva dos locais. Portanto, a predição do Índice de Sítio foi calculada através do Script 3 (Anexo V) utilizando o Software R (2017).

#### D. Fase 4: Modelos de Produção

A predição da produção é realizada seguindo a organização ilustrada na Fase 4 do fluxograma, Figura 14. Para tal, utilizou-se o Índice de Sítio calculado na Fase 3, juntamente com as idades de corte, baseadas no ciclo de rotação de cada espécie que compõem o escopo do projeto, Tabela 16.

Dessa forma, os dados projetados de índice de sítio, juntamente com a idade de corte e área basal por hectare de cada parcela (estimadas na Fase 2) foram utilizados no modelo de Shumacher (Tabela 17).

Os dados foram então ajustados e, após a eliminação de observações influentes (dados que influenciam de forma negativa a predição, superestimando-a ou subestimando-a) projetou-se a área basal (Tabela 17), na idade de corte de cada espécie, estimando o Incremento Médio Anual (IMA). O processamento foi realizado no Software R conforme o Script 4, Anexo VI.

#### E. Dados Qualitativos

Os dados qualitativos observados em campo foram organizados em planilha formato Excel, a nível de árvore, seguindo os códigos e suas respectivas observações, conforme apresentado na Tabela 18. Os valores foram importados e agregados à nível de parcela e foram calculadas as porcentagens de cada ocorrência utilizando o Software R (2017).

Tabela 16 | Idade de corte para predição da produção de cada grupo.

Grupo	Idade de corte (anos)
Cedro	12
Teca	20
Pinus	20
Mogno	20
EUCA 1	7
EUCA 2	7
EUCA 3	7

Tabela 17 | Equações utilizadas para a predição da produção e IMA para cada espécie. Sendo: S: Índice de Sítio; G: Área Basal; I: Idade de corte.

Equações para Predição da Produção	
Modelo Schumacher	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 S + \beta_2 \ln(G) + \beta_3 (1/I)$
Área Basal	$\ln(G) = \beta_0 + \beta_1 \ln(1/I)$

Tabela 18 | Lista com os códigos e as descrições de cada observação realizada a nível de árvore, em campo.

Código	Observação Qualitativa
1	Falha
2	Morta
3.1	Bifurcada abaixo do DAP
3.2	Bifurcada acima do DAP
3.3	Bifurcada na copa
4.1	Trifurcada abaixo do DAP
4.2	Trifurcada acima do DAP
4.3	Trifurcada na copa
5.1	Polifurcada abaixo do DAP
5.2	Polifurcada acima do DAP
5.3	Polifurcada na copa
6.1	Quebrada abaixo do DAP
6.2	Quebrada acima do DAP
6.3	Quebrada na copa (ponteiro)
7	Tombada
8	Caída
9	Rebrota
10	Replântio
10.1	Replântio na entrelinha
11	Retorcida
12.1	Torta abaixo do DAP
12.2	Torta acima do DAP
12.3	Torta na copa
12.4	Torta ao longo do fuste
13	Dano mecânico
14	Fissura
15	Troca de clone
16	Seca de ponteiro
17	Deficiência nutricional
18.1	Pau preto
18.2	Cancro
18.3	Outra doença
19.1	Percevejo bronzeado
19.2	Psilídeo de concha
19.3	Vespa da galha
19.4	Cupim de solo
19.5	Cupim arborícola
19.6	Lagarta desfolhadora
19.7	Bicho do cesto
19.8	Formiga
19.9	Besouro Amarelo
19.10	Gorgulho do eucalipto
20	Herbivoria
21	Desbaste

## 4.2. Síntese das prospecções de campo

O Projeto SiFlor Cerrado gerou um banco de dados para as espécies arbóreas eucalipto, pinus, mogno africano, cedro australiano e teca amostradas no Bioma Cerrado. A partir das prospecções de campo realizadas foram amostradas 1.796 parcelas, resultando em um conjunto de informações quantitativas e qualitativas de 88 espécies/clones. Dados estes coletados em 66 municípios entre os Estados da Bahia, Goiás, Maranhão, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Piauí, São Paulo e Tocantins.

Dentre as 1.796 parcelas que compõem o banco de dados, o Estado do Mato Grosso apresenta 39,3% desse total, com 706 parcelas amostradas, seguido pela Bahia e Goiás, com 14,6% e 14,2% de parcelas amostradas respectivamente.

A Tabela 19 apresenta os percentuais de parcelas amostradas por gênero/espécie nos sistemas silviculturais mo-

nocultivos e iLPF. É visto que a maior parte dos cultivos estão em monocultivo, o que reflete as amostragens realizadas. Destaque deve ser dado às culturas do cedro australiano e pinus, em que 100% das áreas prospectadas estão em monocultivos.

Com relação ao número de parcelas por gênero/espécie, foram amostradas seis espécie/clones de Cedro australiano, três espécies de Mogno africano, dois híbridos e duas espécies de Pinus e a espécie *Tectona grandis* (Teca), nas proporções de parcelas apresentadas na Tabela 20.

Entre os eucaliptos, nove espécies/clones representam 60% das parcelas amostradas do gênero, as demais 65 espécies/clones amostradas representam 40% do número de parcelas (Tabela 21). Demonstrando que poucos materiais são plantados em larga escala no país, sendo que os mais encontrados ao longo das prospecções de campo foram: AEC0144, AEC1528, AEC0224, GG100, IPB1, Corymbia citriodora, CO1277, VM01 e AEC0042.

Tabela 19 | Distribuição percentual das parcelas amostradas por gênero/espécie nos sistemas silviculturais: monocultivo e iLPF.

Gênero/Espécie	iLPF	Monocultivo	Total Geral
Cedro australiano	**	100,0%	100,0%
Eucalipto	18,8%	81,2%	100,0%
Mogno africano	23,8%	76,2%	100,0%
Pinus	**	100%	100,0%
Teca	60,0%	40,0%	100,0%
<b>Total Geral</b>	<b>18,0%</b>	<b>82,0%</b>	<b>100,0%</b>

\*\* Não possui dados nesse sistema silvicultural.

Tabela 20 | Distribuição percentual das parcelas por espécie (Cedro australiano, Mogno africano, Pinus e Teca) e seus respectivos materiais genéticos inventariados.

Espécie	Espécie/Clone	Parcelas (%)
Cedro australiano	BV 1321	29,4%
	BV 1110	29,4%
	BV 1120	23,5%
	BV 1210	5,9%
	<i>Toona ciliata</i> M. Roem.	5,9%
	BV 1121	5,9%
	<b>Total</b>	<b>100%</b>
Mogno africano	<i>Khaya anthotheca</i> C. DC.	1,6%
	<i>Khaya ivorensis</i> A. Chev.	65,1%
	<i>Khaya senegalensis</i> A. Juss	33,3%
	<b>Total</b>	<b>100%</b>
Pinus	<i>Pinus elliottii</i>	53,5%
	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> x <i>Pinus elliottii</i>	19,7%
	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> x <i>Pinus tecunumanii</i>	14,1%
	<i>Pinus caribaea</i> var <i>hondurensis</i>	12,7%
	<b>Total</b>	<b>100%</b>
Teca	<i>Tectona grandis</i>	100%
	<b>Total</b>	<b>100%</b>

Tabela 21 | Distribuição percentual das parcelas amostradas de eucalipto.

Espécie/Clone	Parcelas (%)
AEC0144	11,56%
AEC1528	10,03%
AEC0224	8,93%
GG100	7,28%
IPB1	7,28%
<i>Corymbia citriodora</i>	4,77%
CO1277	3,85%
VM01	2,81%
AEC0042	2,69%
<i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>	2,45%
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	2,32%
IPB15	2,26%
ARA 37219	2,02%
S23	1,96%
<i>Eucalyptus urophylla</i>	1,90%
EUCA608	1,83%
F8 Copener	1,83%
EUCA105	1,77%
F11 Copener	1,71%
EUCA103	1,53%
VS62	1,41%
<i>Eucalyptus grandis</i>	1,22%
MA2000	1,22%
A08	1,16%
CO1407	0,92%
VS58	0,73%
A217	0,67%
IPB2	0,67%
KL102	0,67%
EC01	0,61%
MA2001	0,55%

Espécie/Clone	Parcelas (%)
VM02	0,49%
AEC2111	0,43%
CO0321	0,43%
GG157	0,43%
KL103	0,43%
AEC0182	0,37%
4624	0,31%
0 52	0,31%
0 58	0,31%
0 74	0,31%
0 78	0,31%
AG14	0,31%
EUCA433	0,31%
<i>Eucalyptus urophylla x Eucalyptus camaldulensis</i>	0,31%
VM58	0,31%
VS50	0,31%
PL3487	0,24%
SUZMA2022	0,24%
VE41	0,24%
AEC2197	0,18%
AEC2233	0,18%
H23	0,18%
VCC865	0,18%
VE38	0,18%
A58	0,12%
AEC0020	0,12%
AEC2034	0,12%
CO1404	0,12%
EC02	0,12%
GG680	0,12%
KL104	0,12%

Espécie/Clone	Parcelas (%)
KL105	0,12%
SUZA1250	0,12%
SUZMA2015	0,12%
A211	0,06%
AEC0043	0,06%
AEC2475	0,06%
CMM58	0,06%
<i>Eucalyptus cloesiana</i>	0,06%
F45	0,06%
VCC975	0,06%
VM05	0,06%

Devido a divisão do Bioma Cerrado em Dendrozonas de Coleta de Dados, a maior parte das parcelas alocadas para o inventário foram nas Dendrozonas de Coleta de Dados 3 e 8 representando respectivamente 15,4% e 42,0% das parcelas em relação ao total geral, Tabela 22. Em relação à menores amostragem estão respectivamente as Dendrozonas de Coleta de Dados 1 e 2 representando 2,7% e 2,1% do total geral de parcelas. Essas áreas com a menor fração de parcelas podem estar relacionadas à menor quantidade de cultivos florestais existentes nesses locais, devido à menor adaptação das espécies às áreas de maior restrição hídrica.

A Dendrozona de Coleta de Dados 8 além de ser o local com mais parcelas amostradas, corrobora com os dados do IBGE, que indica que os maiores cultivos florestais do país estão localizados nessa região. As Dendrozonas de Coleta de Dados 6 e 9 não apresentam amostragem por serem áreas protegidas e portanto,

não podem haver cultivos florestais.

Destaque para as espécies de cedro australiano e teca que possui amostragem em poucas Dendrozonas de Coleta de Dados, indicando que as espécies não possuem tantas áreas com cultivos como também, podem não estar adaptadas à áreas de restrição hídrica ou aos solos muito pobres em nutrientes como no Bioma Cerrado. O pinus também possui dados em uma Dendrozona de Coleta de Dados, entretanto, trata-se de uma espécie amplamente plantada na região sul do Brasil, havendo poucos cultivos no Bioma Cerrado.

O mogno africano apresenta amostragem em diferentes locais do Bioma Cerrado, com amostragens presentes em cinco Dendrozonas de Coleta de Dados. O eucalipto, por se tratar da espécie florestal mais plantada no país apresenta amostragem em todas as Dendrozonas de Coleta de Dados, evidenciando a plasticidade da espécie e de seus clones.

Tabela 22. Distribuição percentual das parcelas dos gêneros/espécies por Dendrozona de Coleta de Dados.

Gênero/ Espécie	Dendrozona de Coleta de Dados									Total Geral
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Cedro australiano	**	**	**	**	**	**	**	100,00%	**	<b>100,00%</b>
Eucalipto	3,2%	2,4%	16,7%	16,5%	7,8%	**	15,6%	37,8%	**	<b>100,00%</b>
Mogno africano	**	**	8,9%	5,3%	26,8%	**	30,9%	28,0%	**	<b>100,00%</b>
Pinus	**	**	**	**	**	**	**	100,00%	**	<b>100,00%</b>
Teca	**	**	73,3%	**	**	**	26,7%	**	**	<b>100,00%</b>
<b>Total Geral</b>	<b>2,7%</b>	<b>2,1%</b>	<b>15,4%</b>	<b>14,4%</b>	<b>8,2%</b>	<b>**</b>	<b>15,2%</b>	<b>42,0%</b>	<b>**</b>	<b>100,00%</b>

\*\* Não possui amostragem na Dendrozona de Coleta de Dados. As Dendrozona de Coleta de Dados que não apresentam coleta de dados de nenhuma espécie são a 6 que trata-se de uma área protegida e 9 pois não possui cultivos florestais.

# Descrições das espécies/clones

Espécies/clones mais amostrados dentre os Gêneros Eucalipto e *Corymbia*, Pinus, Cedro australiano, Teca e Mogno africano.

## AEC 0144 (RNC 21874)

Clone híbrido espontâneo de *Eucalyptus urophylla* desenvolvido pela empresa Aperam Bioenergia LTDA (REIS et al., 2014). Os mantenedores registrados no Ministério da Agricultura são a Aperam Bioenergia LTDA, GOS Florestal LTDA, Minas Verde Mudas Florestais LTDA e Tecnoplant Viveiro de Mudas LTDA (BRASIL, 2020).

As parcelas amostradas do material foram encontradas tanto em sistema monocultivo quanto em iLPF distribuídas em cinco Dendrozonas de Coleta de Dados (3, 4, 5, 7, 8), em sete estados (BA, GO, MG, MS, MT, SP, TO), totalizando 11,35% das parcelas amostradas de eucalipto. É um dos clones de eucalipto mais cultivados no Brasil, considerado um material plástico devido a sua adaptação em diferentes condições edafoclimáticas. Nas prospecções de campo foi possível verificar que o clone apresenta problemas de tombamento em regiões com ocorrência de ventos fortes. Nas Dendrozonas de Coleta de Dados 1 e 2 os parceiros regionais apontaram que o clone não se adaptou a região.

A Figura 15 apresenta imagens obtidas em campo do tronco (A), cultivo (B) e dossel (C) do clone AEC 0144.

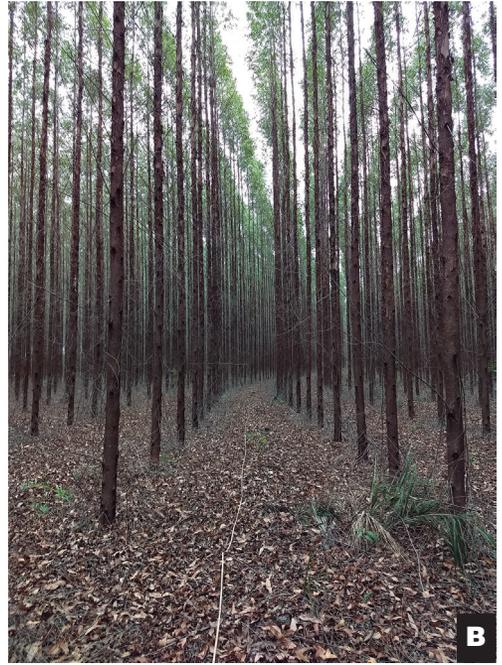


Figura 15 | Imagens do clone AEC 0144, em diferentes estados brasileiros no Bioma Cerrado, (A) tronco; (B) cultivo e (C) dossel.

## **AEC 1528 (RNC 27064)**

### **Cultivar Protegida 20090063**

O clone é um híbrido resultante de uma polinização controlada entre *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* desenvolvido pela empresa Aperam Bioenergia LTDA (PALUDZYSZYN FILHO; SANTOS, 2013), no norte do estado de Minas Gerais na região do Vale do Jequitinhonha (APERAM BIOENERGIA, 2019). A Aperam Bioenergia LTDA é a mantenedora registrada no Ministério da Agricultura (BRASIL, 2020).

As parcelas amostradas do material foram encontradas tanto em sistema monocultivo quanto em iLPF distribuídas em três Dendrozonas de Coleta de Dados (3, 4, 8), em quatro estados (BA, GO, MG, MS), totalizando 9,85% das parcelas amostradas de eucalipto. De forma geral, o clone apresentou um bom desenvolvimento diamétrico, entretanto, frequentemente avistou-se no tronco das árvores exudações, conhecida popularmente por “pau-preto”, inviabilizando o uso final da madeira para fins nobres. Nas Dendrozonas de Coleta de Dados 1 e 2 os parceiros regionais apontaram que o clone não se adaptou as condições edafoclimáticas locais.

A Figura 16 apresenta imagens obtidas em campo do tronco (A), cultivo (B) e dossel (C) do clone AEC 1528.



Figura 16 | Imagens do clone AEC 1528, em diferentes estados brasileiros no Bioma Cerrado, (A) tronco; (B) cultivo e (C) dossel.

## **AEC 0224 (RNC 21876)**

O clone de *Eucalyptus urophylla* desenvolvido pela empresa Aperam Bioenergia LTDA (BRASIL, 2020). Os mantenedores registrados no Ministério da Agricultura são a Aperam Bioenergia LTDA, GOS Florestal LTDA, Minas Verde Mudanças Florestais LTDA e Tecnoplant Viveiro de Mudanças LTDA (BRASIL, 2020).

As parcelas amostradas do material foram encontradas tanto em sistema monocultivo quanto em iLPF distribuídas em cinco Dendrozonas de Coleta de Dados (3, 4, 5, 7, 8), em sete estados (BA, GO, MG, MS, MT, SP, TO), totalizando 8,77% das parcelas amostradas de eucalipto. É considerado um clone plástico amplamente cultivado, embora seja menos tolerante ao déficit hídrico quando comparado ao clone AEC 0144, situação que pôde ser verificada pela equipe técnica.

A Figura 17 apresenta imagens obtidas em campo do tronco (A), cultivo (B) e dossel (C) do clone AEC 0244.



Figura 17 | Imagens do clone AEC 0224, em diferentes estados brasileiros no Bioma Cerrado, (A) tronco; (B) cultivo e (C) dossel.

## **GG100 (RNC 21277)**

Clone de *Eucalyptus urophylla* desenvolvido pela Empresa Gerdau Aços Longos S.A. (BRASIL, 2020), com cultivos encontrados em diferentes regiões do Brasil, devido a sua plasticidade de adaptação. Os mantenedores registrados no Ministério da Agricultura são a Gerdau Aços Longos S.A., GOS Florestal LTDA, Minas Verde Mudas Florestais LTDA e Tecnoplant Viveiro de Mudas LTDA (BRASIL, 2020).

As parcelas amostradas do material foram encontradas tanto em sistema monocultivo quanto em iLPF distribuídas em cinco Dendrozonas de Coleta de Dados (3, 4, 5, 7, 8), em sete estados (BA, GO, MG, MS, MT, SP, TO), totalizando 7,15% das parcelas amostradas de eucalipto. É considerado um clone plástico amplamente plantado embora, seja menos tolerante ao déficit hídrico quando comparado ao clone AEC 0144, situação que pôde ser verificada pela equipe técnica.

A Figura 18 apresenta imagens obtidas em campo do tronco (A), cultivo (B) e dossel (C) do clone GG100.

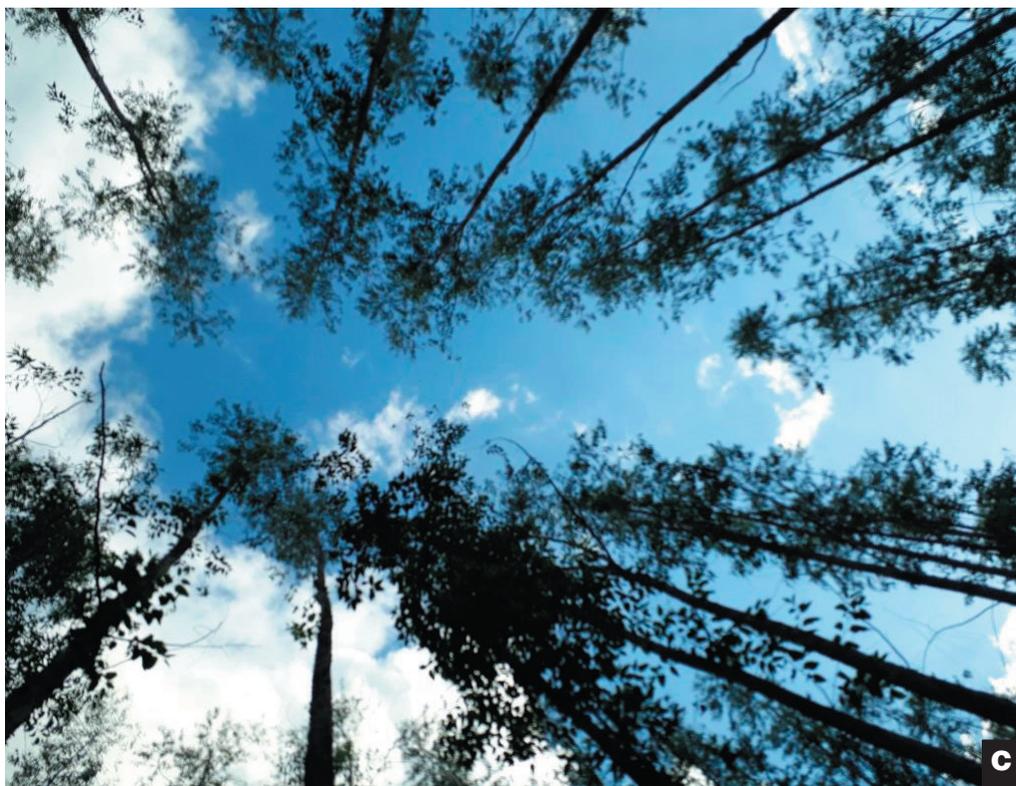


Figura 18 | Imagens do clone GG100, em diferentes estados brasileiros no Bioma Cerrado, (A) tronco; (B) cultivo e (C) dossel.

## **IPB1 (RNC 15533)**

### **Cultivar Protegida 413**

Clone de *Eucalyptus urophylla* desenvolvido pela empresa Internacional Paper do Brasil, que também é a mantenedora registrada no Ministério da Agricultura (BRASIL, 2020). Esse clone é também conhecido como H13 e famoso por ter sido muito cultivado no passado.

As parcelas amostradas do material foram encontradas tanto em sistema monocultivo quanto em iLPF distribuídas em três Dendrozonas de Coleta de Dados (3, 7, 8), em quatro estados (GO, MS, MT, SP), totalizando 7,15% das parcelas amostradas de eucalipto. Foi visto com frequência pela equipe técnica problemas de qualidade do fuste relacionado ao déficit hídrico. Nas Dendrozonas de Coleta de Dados 1 e 2 os parceiros regionais apontaram que o clone não se adaptou as condições edafoclimáticas locais.

A Figura 19 apresenta imagens obtidas em campo do tronco (A), cultivo (B) e dossel (C) do clone IPB1.

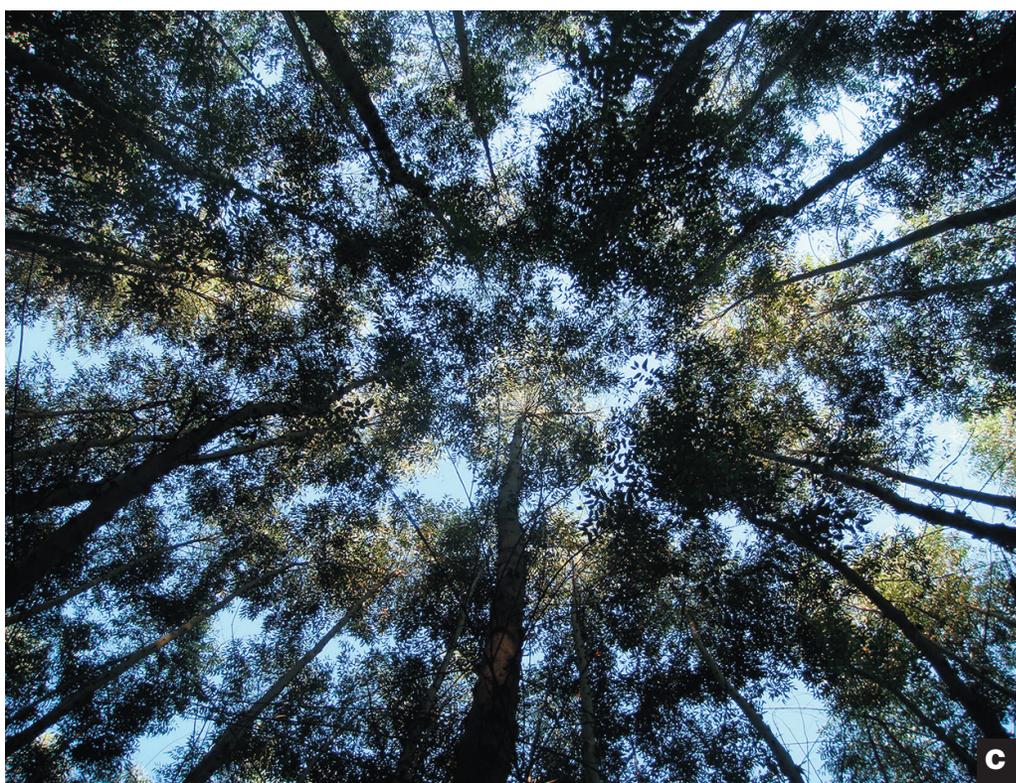


Figura 19 | Imagens do clone IPB1, em diferentes estados brasileiros no Bioma Cerrado, (A) tronco; (B) cultivo e (C) dossel.

## ***Corymbia citriodora***

*Corymbia citriodora* ocorre naturalmente na zona costeira de Queensland, sendo o seu principal centro em Maryborough na Austrália (FERREIRA et al., 1993). De acordo com Vieira (2004), a espécie é muito utilizada para a extração de óleos essenciais e para usos múltiplos devido a sua alta densidade da madeira, quando comparada à alguns materiais de eucalipto.

As parcelas amostradas da espécie foram encontradas em sistema de monocultivo distribuídas em quatro Dendrozonas de Coleta de Dados (3, 5, 7, 8), em quatro estados (GO, MG, MT, TO), totalizando 4,68% das parcelas amostradas de eucalipto. Grande parte dos produtores, onde foram amostradas essa espécie, tinham como objetivo a produção de óleo essencial. Durante as amostragens realizadas pela equipe técnica foram vistos poucos casos relacionados a seca de ponteiro, mas é um problema que vem sendo relatado por produtores, em alguns locais.

A Figura 20 apresenta imagens obtidas em campo do tronco (A), cultivo (B) e dossel (C) do *Corymbia citriodora*.

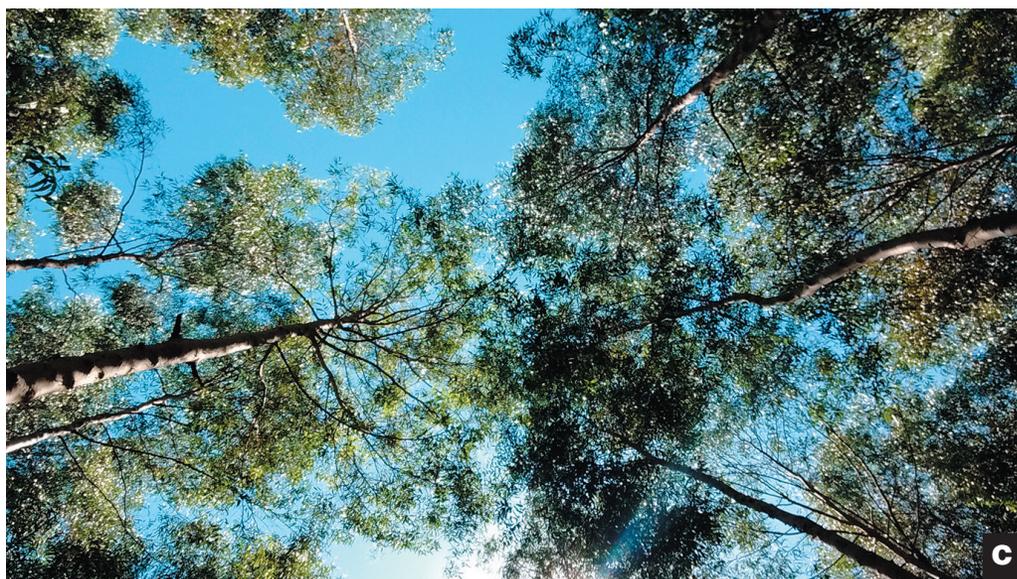


Figura 20 | Imagens do *Corymbia citriodora* em diferentes estados brasileiros no Bioma Cerrado, (A) tronco; (B) cultivo e (C) dossel.

## CO1277

Clone híbrido entre o *Eucalyptus grandis* com o *Eucalyptus camaldulensis*, desenvolvido pela empresa Copener Florestal (REIS et al., 2014).

As parcelas amostradas do material foram encontradas tanto em sistema monocultivo quanto em iLPF distribuídas em quatro Dendrozonas de Coleta de Dados (3, 5, 7, 8), em cinco estados (GO, MS, MT, SP, TO), totalizando 3,78% das parcelas amostradas de eucalipto. O clone é muito utilizado em sistemas de integração (iLPF) por apresentar copa reduzida, se mostra resistente ao déficit hídrico, entretanto apresenta alta susceptibilidade a *Leptocybe invasa* (vespa-da-galha), que provoca deformações em folhas e brotações prejudicando o crescimento das árvores e muitas vezes causando sua morte (PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, 2013), informações que também foram observadas em campo pela equipe técnica.

A Figura 21 apresenta imagens obtidas em campo do tronco (A), cultivo (B) e dossel (C) do clone CO1277.

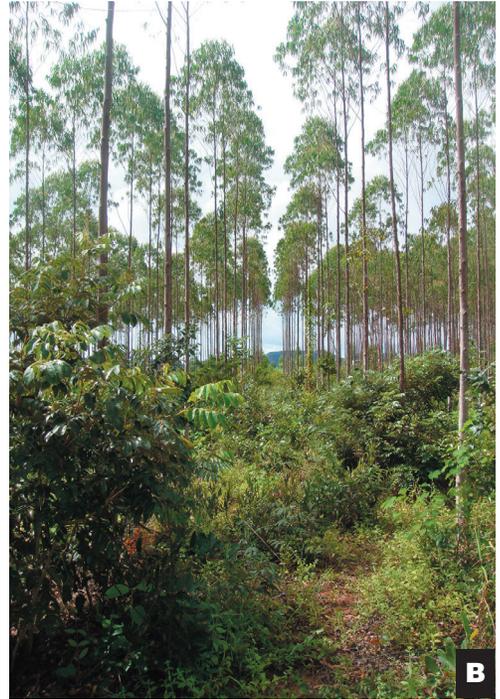


Figura 21 | Imagens do clone CO1277, em diferentes estados brasileiros no Bioma Cerrado, (A) tronco; (B) cultivo e (C) dossel.

## VM01 (RNC 20766)

Clone híbrido do cruzamento entre o *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus urophylla*, o mantenedor registrado no Ministério da Agricultura é a empresa Vallourec Florestal LTDA (BRASIL, 2020).

As parcelas amostradas do material foram encontradas tanto em sistema monocultivo quanto em iLPF distribuídas em quatro Den-drozonas de Coleta de Dados (3, 5, 7, 8), em três estados (MS, MT, TO), totalizando 2,76% das parcelas amostradas de eucalipto. Em campo foi visto pela equipe técnica problemas relacionados a qualidade do fuste, tais como bifurcações e tortuosidades, e presença de cupim.

A Figura 22 apresenta imagens obtidas em campo do tronco (A), cultivo (B) e dossel (C) do clone VM01.



Figura 22 | Imagens do clone VM01, em diferentes estados brasileiros no Bioma Cerrado, (A) tronco; (B) cultivo e (C) dossel.

## **AEC 0042 (RNC 21868)**

Clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* desenvolvido pela empresa Aperam Bioenergia LTDA, que também é a mantenedora registrada no Ministério da Agricultura (BRASIL, 2020).

As parcelas amostradas do material foram encontradas tanto em sistema monocultivo quanto em iLPF distribuídas em quatro Dendrozonas de Coleta de Dados (3, 4, 7, 8), em cinco estados (BA, GO, MS, MT, SP), totalizando 2,64% das parcelas amostradas de eucalipto. Em alguns locais da Dendrozona de Coleta de Dados 8 o clone apresentou baixa produtividade. Parceiros regionais relataram que o clone apresenta dificuldade no desenvolvimento do sistema radicular, acredita-se ser esse um dos motivos pelo qual foi observado alto índice de falhas em plantios.

A Figura 23 apresenta imagens obtidas em campo do tronco (A), cultivo (B) e dossel (C) do clone AEC 0042.

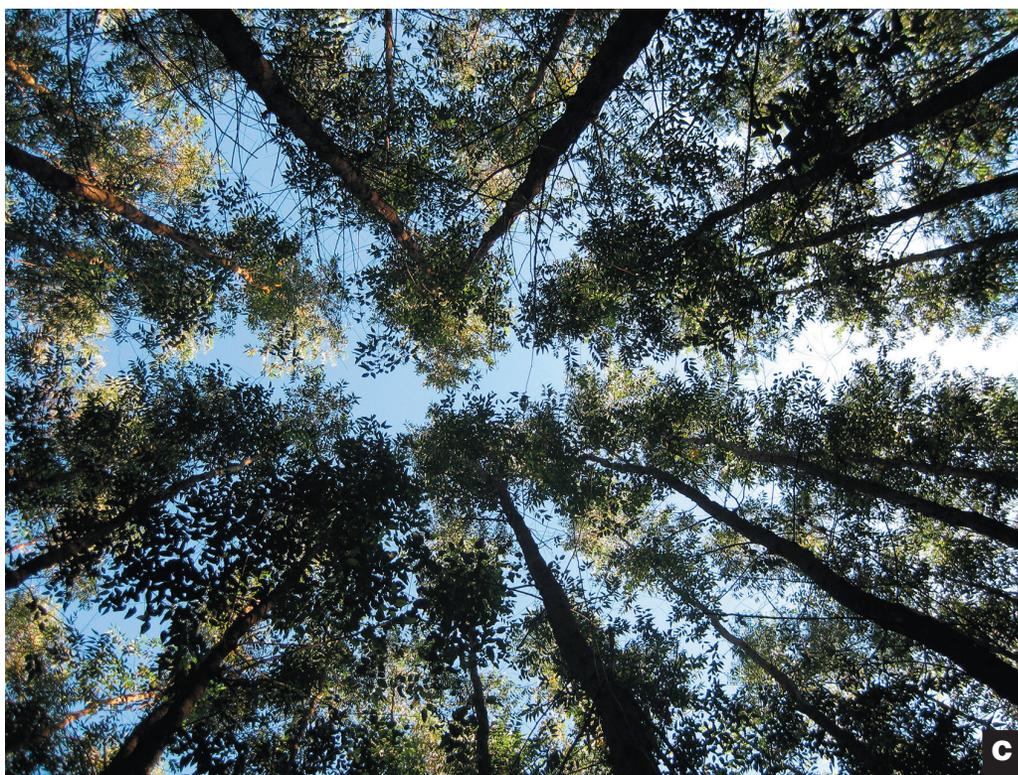


Figura 23 | Imagens do clone AEC 0042, em diferentes estados brasileiros no Bioma Cerrado, (A) tronco; (B) cultivo e (C) dossel.

## ***Pinus elliottii* Engel.**

Tem sua ocorrência natural no sul e sudeste dos Estados Unidos (DORMAN; SQUILLACE, 1974 apud SHIMIZU; SEBBENN, 2008). Grande parte dos cultivos da espécie no Brasil são destinadas para a extração de resina, sendo cultivadas principalmente nas regiões Sul e Sudeste. Em locais de ocorrência do Bioma Cerrado, nessas regiões do país, onde as temperaturas são mais altas, por períodos prolongados favorecendo o maior rendimento na extração de resina (AGUIAR et al., 2014).

As parcelas amostradas da espécie foram em sistema monocultivo com a finalidade de produção de goma-resina, os plantios se concentram na Dendrozona de Coleta de Dados 8, estado de São Paulo, totalizando 53,5% das parcelas amostradas de pinus.

A Figura 24 apresenta imagens obtidas em campo do tronco (A), cultivo (B) e dossel (C) do *Pinus elliottii*.



Figura 24 | Imagens do *Pinus elliotii* no estado de São Paulo, (A) tronco; (B) cultivo e (C) dossel.

## *Pinus caribaea* **var.** *hondurensis* x *Pinus elliottii* (HE)

Híbrido resultante do cruzamento entre *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus elliottii*, de origem tropical e subtropical respectivamente, teve seu cultivo no início na década de 80 na Austrália e, nos anos 2000 no Brasil (ALMEIDA, 2011). O híbrido apresenta maior volume quando comparado às populações comerciais de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus elliottii* (AGUIAR et al., 2011).

As parcelas amostradas do híbrido foram no sistema monocultivo, na Dendrozona de Coleta de Dados 8, no sul do estado de São Paulo, totalizando 19,7% das parcelas amostradas de pinus. Onde se concentram cultivos com objetivo de produção de goma-resina, curioso que devido a baixa produção de resina o híbrido deixou de ser plantado no local.

A Figura 25 apresenta imagens obtidas em campo do tronco (A), cultivo (B) e dossel (C) do *Pinus caribaea* var. *hondurensis* x *Pinus elliottii*.



Figura 25 | Imagens do *Pinus caribaea* var. *hondurensis* x *Pinus elliottii* no estado de São Paulo, (A) tronco; (B) cultivo e (C) dossel.

*Pinus caribaeae* **var.** *hondurensis* x  
*Pinus tecunumanii* (HT)

Híbrido resultante do cruzamento entre *Pinus caribaeae* var. *hondurensis* com *Pinus tecunumanii*, ambos de origem tropical, apresenta maior crescimento e densidade quando comparado às espécies parentais (SHIMIZU, 2006).

As parcelas amostradas do híbrido foram no sistema monocultivo, na Dendrozona de Coleta de Dados 8, no sul do estado de São Paulo, totalizando 14,1% das parcelas amostradas de Pinus. Onde se concentram cultivos com objetivo de produção de goma-resina, curioso que devido a baixa produção de resina o híbrido deixou de ser plantado no local.

A Figura 26 apresenta imagens obtidas em campo do tronco (A), cultivo (B) e dossel (C) do *Pinus caribaeae* var. *hondurensis* x *Pinus tecunumanii*.

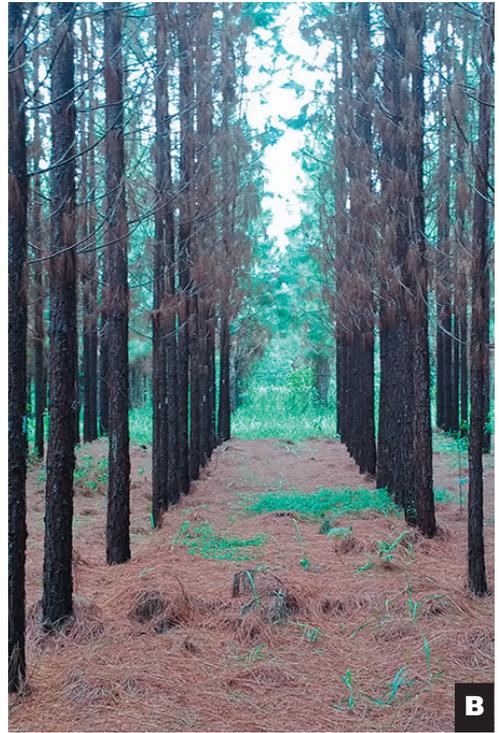


Figura 26 | Imagens do *Pinus caribaea* var. *hondurensis* x *Pinus tecunumanii* no estado de São Paulo, (A) tronco; (B) cultivo e (C) dossel.

### ***Pinus caribaea* var. *hondurensis***

*Pinus caribaea* var. *hondurensis* ocorre naturalmente na América Central, no Brasil, seu cultivo comercial tem sido recomendado para as regiões Sudeste, Centro-Oeste e até mesmo para algumas áreas das regiões Norte e Nordeste, exceto no Semiárido brasileiro (GOLFARI, 1967 apud SHIMIZU; SEBBENN, 2009; AGUIAR et al., 2014).

Apresenta madeira de densidade moderada podendo também ser utilizado para a exploração de resina (GOLFARI, 1967 apud SHIMIZU; SEBBENN, 2009; AGUIAR et al., 2014; AGUIAR et al., 2014).

As parcelas amostradas da espécie foram no sistema monocultivo, na Dendrozona de Coleta de Dados 8, especificamente na região do triângulo mineiro, totalizando 12,7% das parcelas amostradas de pinus. Os produtores que receberam a equipe técnica do projeto tinham como principal finalidade a produção de madeira serrada.

A Figura 27 apresenta imagens obtidas em campo do tronco (A), cultivo (B) e dossel (C) do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

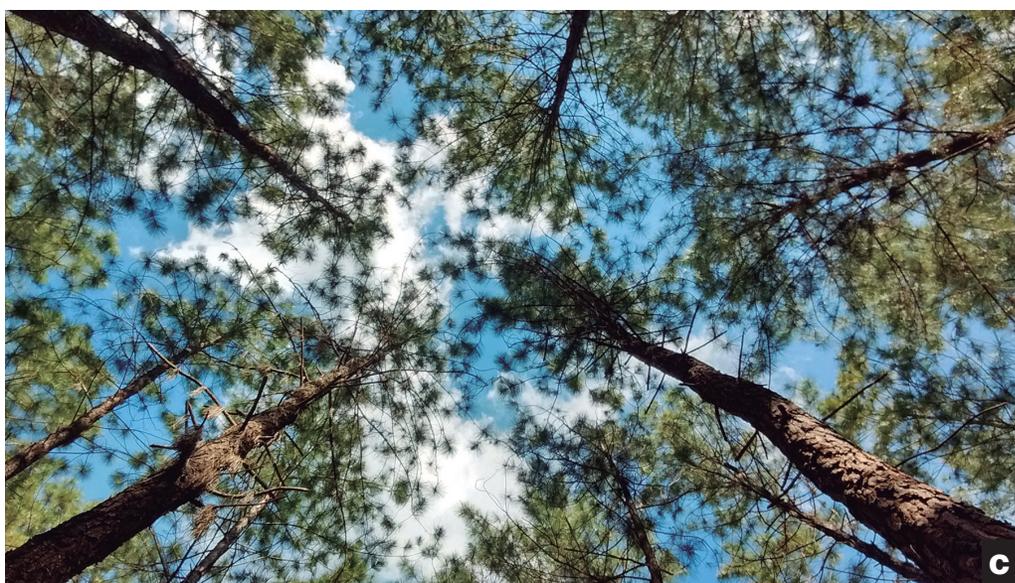


Figura 27 | Apresenta respectivamente (A) tronco; (B) cultivo e (C) dossel do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

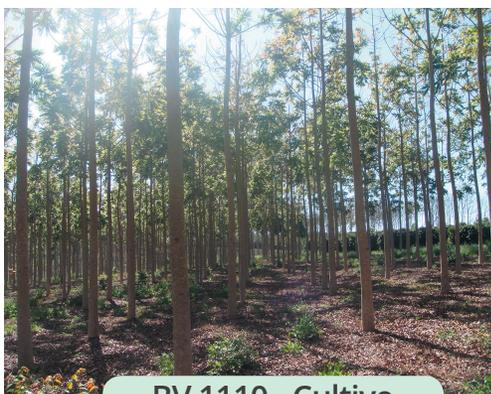
*Toona ciliata* **var. australis** M. Roem.

**BV 1110 (RNC 31617 / CP 20180137); BV 1120 (RNC 31618 / CP 20180138); BV 1121 (RNC 31616 / CP 20180139); BV 1210 (RNC 31614 / CP 20180141); BV 1321 (RNC 31613 / CP 20180142)**

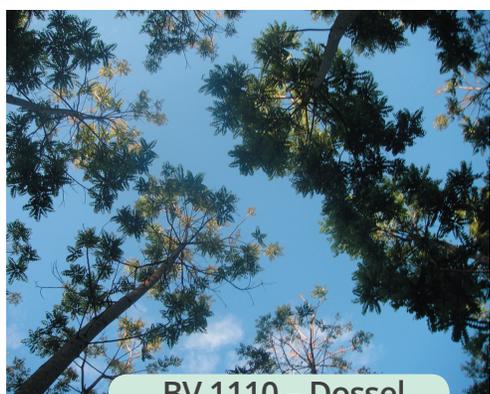
*Toona ciliata* (cedro australiano) ocorre naturalmente na Índia, Malásia, Mianmar até o norte da Austrália (SOUZA et al., 2009). Os plantios da espécie no Brasil iniciaram na Zona da Mata de Minas Gerais, Bahia e Espírito Santo, possui madeira de boa qualidade principalmente para serraria (KALIL FILHO; WENDLING, 2012).

Os clones da espécie foram desenvolvidos pela empresa Bela Vista Gestão Florestal LTDA-ME, que também é a mantenedora registrada no Ministério da Agricultura (BRASIL, 2020). As parcelas amostradas da espécie foram no sistema monocultivo na Dendrozona de Coleta de Dados 8, no estado de Minas Gerais. A equipe técnica não se deparou com nenhum problema significativo de crescimento ou adaptação.

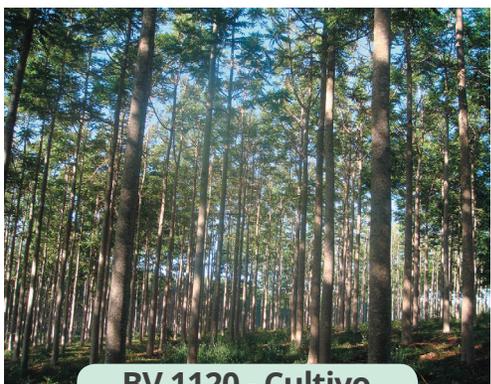
A Figura 28 apresenta imagens obtidas do cultivo e dossel de cedro australiano.



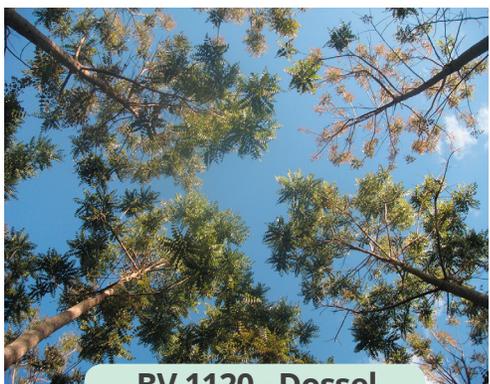
**BV 1110 - Cultivo**



**BV 1110 - Dossel**



**BV 1120 - Cultivo**



**BV 1120 - Dossel**

Figura 28 | Imagens respectivamente do cultivo e dossel do cedro australiano no Estado de Minas Gerais.

*continuação*

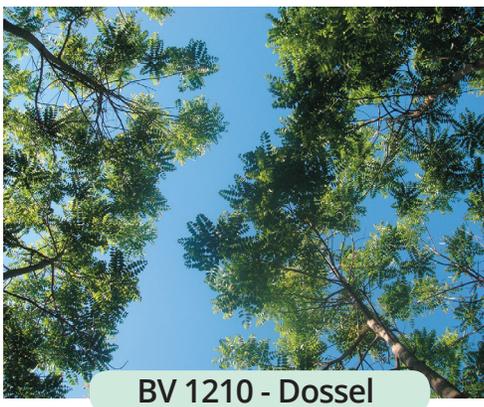
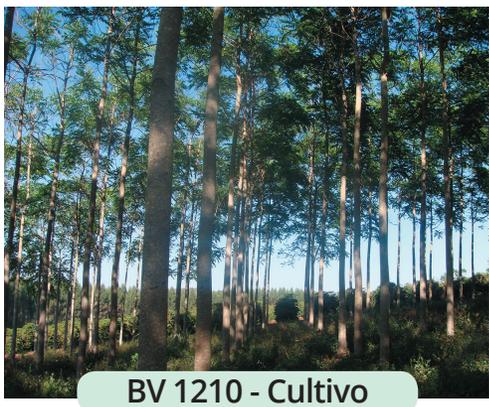
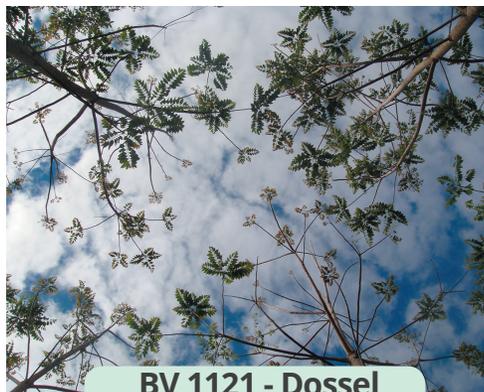
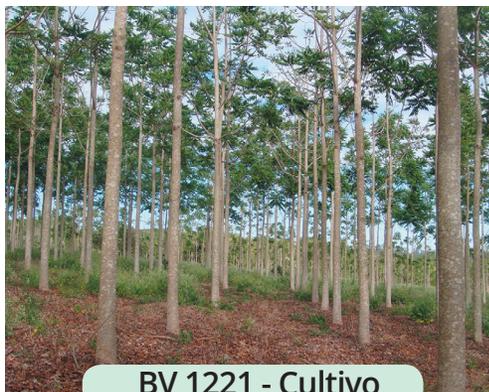
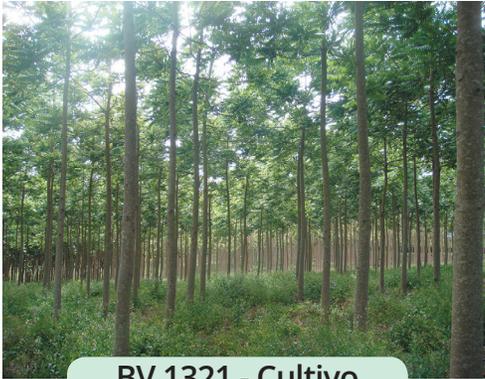
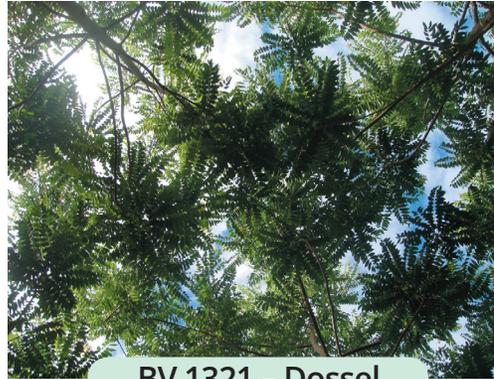


Figura 28 | Imagens respectivamente do cultivo e dossel do cedro australiano no Estado de Minas Gerais.

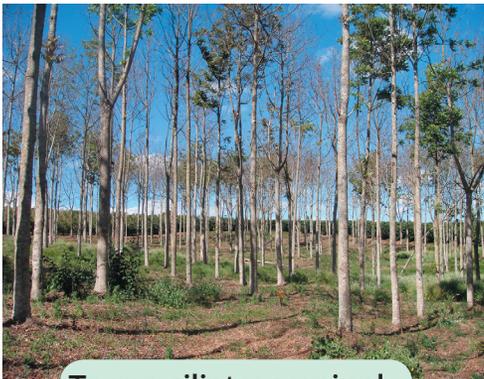
continuação



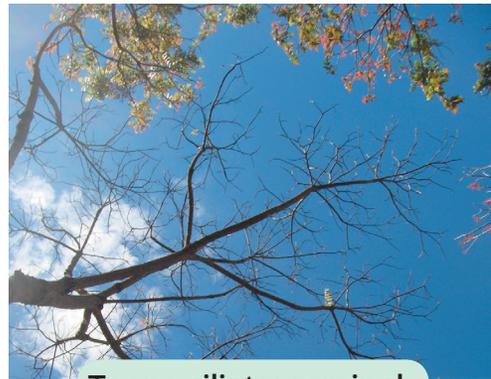
BV 1321 - Cultivo



BV 1321 - Dossel



Toona ciliata: seminal -  
Cultivo



Toona ciliata: seminal -  
Dossel

Figura 28 | Imagens respectivamente do cultivo e dossel do cedro australiano no Estado de Minas Gerais.

*Khaya ivorensis*  
**(RNC 24942)**

O *Khaya ivorensis* tem sua origem na costa ocidental do continente africano, da Costa do Marfim, Gana, Togo, Benim, Nigéria e sul de Camarões (FALESI; BAENA, 1999). No Brasil, as primeiras áreas cultivadas com a espécie ocorreram em 1976 na região Norte e segundo Reis et al. (2019), estima-se que no ano de 2018 havia 37 mil hectares plantados do gênero no país.

As parcelas amostradas da espécie foram encontradas tanto em sistema monocultivo quanto em iLPF distribuídas em cinco Dendrozonas de Coleta de Dados (3, 4, 5, 7, 8), em três estados (GO, MG, MT), totalizando 66,1% das parcelas amostradas de mogno africano. Em campo a equipe técnica não encontrou cultivos comerciais com idade superior a sete anos, o que demonstra um interesse comercial recente pela cultura. Verificou-se em campo uma alta incidência de cancro nos cultivos, entretanto, já existem protocolos para tratamento que surtem resultados.

A Figura 29 apresenta imagens obtidas em campo do tronco (A), cultivo (B) e dossel (C) de *Khaya ivorensis*.



Figura 29 | Imagens do *Khaya ivorensis*, em diferentes estados brasileiros no Bioma Cerrado, (A) tronco; (B) cultivo e (C) dossel.

### ***Khaya senegalensis*** **(RNC 21419)**

O *Khaya senegalensis* tem sua origem na África tropical do oceano Atlântico ao oceano Índico ocorrendo em 19 países (VASCONCELOS, 2016). Segundo Reis et al. (2019), o cultivo da espécie tem se destacado em sítios com solos arenosos e déficit hídrico, e estima-se que no ano de 2018 havia 37 mil hectares plantados do gênero no país.

As parcelas amostradas da espécie foram encontradas tanto em sistema monocultivo quanto em iLPF distribuídas em três Dendrozonas de Coleta de Dados (5, 7, 8), em três estados (MG, MT, TO), totalizando 33,9% das parcelas amostradas de mogno africano. Em campo a equipe técnica não encontrou cultivos comerciais com idade superior a cinco anos de idade, o que demonstra um interesse comercial recente pela cultura. Verificou-se a necessidade de realização de poda para a obtenção de madeira livre de nós.

A Figura 30 apresenta imagens obtidas em campo do tronco (A), cultivo (B) e dossel (C) de *Khaya senegalensis*.



Figura 30 | Imagens do *Khaya senegalensis*, em diferentes estados brasileiros no Bioma Cerrado, (A) tronco; (B e C) cultivo.

***Tectona grandis* L.f.**  
**(RNC 06632)**

Espécie popularmente conhecida como Teca, é originária do Leste Asiático ocorrendo em uma ampla variedade de ambientes (TROUP, 1921 apud SCHUHLLI; PALUDZYSZYN FILHO, 2010). No Brasil, seu principal uso é para serraria (IPT, 2019). O mantenedor registrado no Ministério da Agricultura é a Pró Sementes Produção e Comércio de Sementes LTDA (BRASIL, 2020).

Para o cultivo de Teca recomenda-se que o solo tenha uma boa fertilidade, seja profundo e de textura média (CACERES FLORESTAL, 2006). As condições de clima, solo e tratos silviculturais, contribuíram para que o ciclo de cultivo da Teca na região de Cáceres-MT fosse de 25 anos (TSUKAMOTO et al., 2003), região essa onde a teca foi inicialmente introduzida no Brasil.

As parcelas amostradas da espécie foram encontradas tanto em sistema monocultivo quanto em iLPF distribuídas em duas Dendrozonas de Coleta de Dados (3, 7), em dois estados (GO, MT). A equipe técnica não se deparou com nenhum problema significativo de crescimento ou adaptação em locais com adequadas características físico-químicas do solo.

A Figura 31 apresenta imagens obtidas em campo do tronco (A), cultivo (B) e dossel (C) de *Tectona grandis*.



Figura 31 | Imagens de *Tectona grandis*, em diferentes estados brasileiros no Bioma Cerrado, (A) tronco; (B) cultivo e (C) dossel.

### 4.3. Classificação de aptidão das Espécies/Clones

Todas as espécies/clones amostrados pelo SiFlor Cerrado passaram por uma metodologia de classificação dividida em quatro classes relacionada ao nível de adaptação do material: Inapto, Apto com Ressalvas, Apto e Apto Superior.

**Inapto:** Espécies/clones que se enquadram em uma ou mais das seguintes condições que prejudicam a produtividade madeireira: elevada taxa de mortalidade, presença de pragas, doenças e estresses abióticos provenientes de inaptidão ao clima e solo.

**Aptos com Ressalvas:** Espécies/clones que apresentam potencial produtivo, mas que, em algumas condições, são afetadas negativamente por estresses bióticos e abióticos, podendo ser manejados sem comprometer o cultivo. Por exemplo, a suscetibilidade à quebra por ventos e a

suscetibilidade à adubação ou quando a espécie/clone foi amostrada em poucas parcelas.

**Apto:** Espécies/clones indicada para cultivo, por apresentar produtividade madeireira em torno da média da região e não apresentar registros de doenças bióticas e/ou abióticas que comprometam significativamente a produtividade.

**Apto superior:** Espécies/clones que apresentam produtividade acima da média definida para a região, boas condições de homogeneidade e boa qualidade de fuste, não apresentando registros de doenças bióticas e/ou abióticas que comprometam significativamente a produtividade.

Os resultados oriundos dessa classificação estarão disponíveis no segundo volume deste livro.

## Referências Bibliográficas

AGUIAR, A. V.; SOUZA, V. A.; FRITZSONS, E.; PINTO JÚNIOR, J. E. Programa de melhoramento de *pinus* da Embrapa Florestas. Embrapa Florestas. Colombo/PR. 2011. 83p.

AGUIAR, A. V.; SOUSA, V. A.; SHIMIZU, J. Y. Espécies de *pinus* mais plantadas no Brasil. 2014. Disponível em: < [https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistemasdeproducaolf6\\_1ga1ceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_-76293187\\_sistemaProducaold=3715&p\\_r\\_p\\_-996514994\\_topicold=3229](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaold=3715&p_r_p_-996514994_topicold=3229)>. Acesso em 29 jun 2018.

ALMEIDA, N. F. de. Avaliação da qualidade da madeira de um híbrido de *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para produção de lâminas e manufatura de compensados. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2011, 115 p.

APERAM BIONERGIA. Resumo Público do Plano de Manejo Florestal 2019. Disponível em: < <https://aperambioenergia.com.br/wp-content/uploads/2019/04/Resumo-P%C3%BAblico-do-Plano-de-Manejo-%E2%80%93ano-2019-%E2%80%93-vers%C3%A3o-13a.pdf>>. Acesso em 04 dez 2019.

ASSMANN, E. The principles of forest yield study. New York: Pergamon Press, 1970, 506 p.

BRASIL. Lei Nº 9.456, de 25 de abril de 1997. Institui a Lei de Proteção de Cultivares e dá outras providências. Brasília, 1997. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9456.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9456.htm)>. Acesso em 25 set 2019.

BRASIL. Lei Nº 10.711, de 5 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças e dá outras providências. Brasília, 2003. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/2003/L10.711.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2003/L10.711.htm)>. Acesso em 27 set 2019.

BRASIL. Decreto Nº 5.153, de 23 de julho de 2004. Aprova o Regulamento da Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças - SNSM, e dá outras providências. Brasília, 2004. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5153.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5153.htm)>. Acesso em 27 set 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Mapeamento do Uso e Cobertura do Cerrado: Projeto TerraClass Cerrado 2013. Brasília: MMA, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Serviço nacional de proteção de cultivares (SNPC). Brasília, 2015. Disponível em < [http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares\\_protegidas.php](http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_protegidas.php) >. Acesso em: 11 de dez. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Cultivares Protegidas. Brasília, 2017. Disponível em < <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/protacao-de-cultivar/cultivares-protegidas>>. Acesso em: 23 de jan. 2020.

CACERES FLORESTAL. Manual do cultivo da Teca. Publicação de janeiro de 2006. Disponível em: < [http://www.caceresflorestal.com.br/Manual\\_do\\_cultivo\\_da\\_teca-Caceres\\_Florestal.pdf](http://www.caceresflorestal.com.br/Manual_do_cultivo_da_teca-Caceres_Florestal.pdf)>. Acesso em 18 dez 2019.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Pesquisador faz palestra sobre recursos hídricos

na Câmara Legislativa do DF. 2016. Disponível em <<https://www.embrapa.br/web/portal/cerrados/busca-de-noticias/-/noticia/13516964/pesquisador-faz-palestra-sobre-recursos-hidricos-na-camara-legislativa-do-df>>. Acesso em 25 jun. 2018.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Softwares para manejo de precisão e análise econômica. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/software-florestais>>. Acesso em 20 jan. 2019.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. ILPF em números. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/rede-ilpf/ilpf-em-numeros>>. Acesso em 23 set. 2019.

FALESI, I. C.; BAENA, A. R. C. Mogno africano *Khaya ivorensis* A. Chev. Em sistema silvipastoril com leguminosa e revestimento natural do solo. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999, 52 p.

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. Mapa de solos do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. 49p. Disponível em: <<http://www.feam.br/noticias/1/949-mapas-de-solo-do-estado-de-minas-gerais>>. Acesso em 26 abr. 2018.

FERREIRA, M.; SIMOES, J. W.; SCANAVACA JÚNIOR, L.; SANTOS, P. E. T. Variação entre procedências, raças locais e progênes de *E. citriodora* Hook e suas implicações no melhoramento genético. Série Científica. IPEF/ESALQ, v. 1, 1993, 1-19 p.

FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S.A.; MIRANDA, R.O.V.; RETSLAFF, F.A.S. Compêndio de equações de volume e de afilamento de espécies florestais plantadas e nativas para as regiões fitogeográficas do Brasil. Curitiba, 2014, 306 p.

HIGA, R. C. V.; MORA, A. L.; HIGA, A. R. Plantio de Eucalipto na Pequena Propriedade Rural. Embrapa Florestas. Curitiba/PR, 2000.

HIJMANS, R.J., CAMERON, S.E., PARRA, J.L., JONES, P.G. JARVIS, A. WorldClim - Global Climate Data. 2005. Disponível em: <<http://www.worldclim.org/>>. Acesso em 26 abr. 2018.

IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente. Biomas nacionais. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/zoneamento-ambiental>>. Acesso 17 ago. 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Base Cartográfica Contínua do Brasil. 2015. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas\\_e\\_mapas/bases\\_cartograficas\\_continuas/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/)>. Acesso em 26 abr. 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da extração vegetal e da silvicultura. 2015. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/tabelas>>. Acesso em 30 mar 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da extração vegetal e da silvicultura. 2017. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=774>>. Acesso em 26 mar 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Carta Temática Vetorial 1:250.000 - Pedologia - Unidade De Mapeamento De Solo. 2012. Disponível em: Disponível em: <<http://www.visualizador.inde.gov.br/>>. Acesso em 26 abr. 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa de Vegetação do Brasil. 1992. Disponível em: <<http://www.visualizador.inde.gov.br/>>. Acesso em 26 abr. 2018.

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Biodiversidade do Cerrado. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cbc/conservacao-da-biodiversidade/biodiversidade.html>>. Acesso em 20 dez. 2019.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Teca: Informações sobre madeiras. Disponível em: <[http://www.ipt.br/informacoes\\_madeiras3.php?madeira=78](http://www.ipt.br/informacoes_madeiras3.php?madeira=78)>. Acesso em 18 dez. 2019.

KALIL FILHO, A. N.; WENDLING, I. Produção de mudas de cedro australiano. Embrapa Florestas. Comunicado Técnico: Colombo/PR. 2012. 5p.

MATO GROSSO DO SUL. Secretária de Planejamento e Coordenação Geral Projeto. Estudos Integrados do Potencial dos Recursos Naturais de MS. Mapa Potencial Geoambiental. SEPLAN/MS: Campo Grande/MS, 1985.

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M. CALDERANO FILHO, B. Mapa pedológico do Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 1999, 64 p.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. Escolha de cultivares de eucaliptos em função do ambiente e do uso. EMBRAPA: Circular Técnica. Colombo/PR, 2013, 11 p.

REIS, C. A. F.; SANTOS, P. E. T.; PALUDZYSZYN FILHO, E. Avaliação de clones de eucalipto em Ponta Porã, Mato Grosso do Sul. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v. 34, n. 80, 2014. 263-269 p.

REIS, C. A. F.; OLIVEIRA, E. B. de.; SANTOS, A. M. Mogno-africano (*Khaya* spp.): atualidades e perspectivas do cultivo no Brasil. Brasília, DF: Embrapa, 2019.

RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C.; SCOLFORO, J. R. O Cultivo do Mogno Africano (*Khaya* spp.) e o Crescimento da Atividade no Brasil. Floresta e Ambiente. v. 24. 2017. 11 p.

SCHUHLI, G. S.; PALUDZYSZYN FILHO, E. O cenário da silvicultura de teca e perspectivas para o melhoramento genético. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v. 30, n. 63, 2010, 217-230 p.

SHIMIZU, J. Y. Pinus na silvicultura brasileira. REMADE: Revista da Madeira, set/2006, ed. 99. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=952&subject=Es](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=952&subject=Es)>. Acesso em 17 dez. 2019.

SHIMIZU, J. Y.; SEBBENN, A. M. Espécies de Pinus na Silvicultura Brasileira. In: Pinus na Silvicultura Brasileira. EMBRAPA Florestas, Colombo/PR, 2008, 223 p.

SNIF - Sistema Nacional de Informações Florestais. Os Biomas e suas Florestas. 2016. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/os-biomas-e-suas-florestas>. Acesso em 11 abr. 2018.

SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. S. Logarithmic expression of timber-tree volume. Journal of Agricultural Research, v.47, n.9, 1933, 719-734 p.

SOUZA, J. C. A. V. de.; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A.; TEIXEIRA, S. L.; BALBINOT, E. propagação vegetativa de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roemer) por miniestaquia. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.33, n.2, 2009, 205-213 p.

TSUKAMOTO FILHO, A. A.; SILVA, M. L.; COUTO, L.; MÜLLER, M. D. Análise econômica de um plantio de teca submetido a desbastes. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.27, n.4, 2003, 487-494 p.

UNEP-WCMC - Environment Programme World Conservation Monitoring Centre. Protected Planet. Disponível em: <<https://www.unep-wcmc.org/>>. Acesso em 30 jun. 2017.

UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. World Heritage. Disponível em: <https://whc.unesco.org/en/list/> >. Acesso em 30 maio 2018.

USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. Shuttle Radar Topography Mission. 2011. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 26 abr. 2018.

R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

VASCONCELOS, R. T. Adubação Fosfatada e Potássica na Implantação de *Khaya senegalensis* A. Juss. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista: Campus de Jaboticabal. Jaboticabal, 2016. 65 p.

VIEIRA, I. G. Estudo de caracteres silviculturais e de produção de óleo essencial de progênie de *Corymbia citriodora* (Hook) K.D.Hill & L.A.S. Johnson procedente de Anhembi SP Brasil EX. Atherton QLD – Austrália. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2004. 100 p.

# ANEXO I

## PLANILHA DE CAMPO

Fazenda:			DATA PLANTIO:			Esp.:		Nº	
Estado:			TALHÃO:			SIST.:			
Município:			MAT. GEN.:			OBS.:			
GPS:			Equipe:			Data:			
Nº arv.	L	DAP (cm)	H (m)	COD.	Nº arv.	L	DAP (cm)	H (m)	COD.
1					38				
2					39				
3					40				
4					41				
5					42				
6					43				
7					44				
8					45				
9					46				
10					47				
11					48				
12					49				
13					50				
14					51				
15					52				
16					53				
17					54				
18					55				
19					56				
20					57				
21					58				
22					59				
23					60				
24					61				
25					62				
26					63				
27					64				
28					65				
29					66				
30					67				
31					68				
32					69				
33					70				
34					71				
35					72				
36					73				
37					74				
0 - Normal			6.1 - Quebrada abaixo do DAP		12.4 - Torta ao longo do fuste		19.4 - Cupim de solo		
1 - Falha			6.2 - Quebrada acima do DAP		13 - Dano mecânico		19.5 - Cupim arborícola		
2 - Morta			6.3 - Quebrada na copa (ponteiro)		14 - Fissura		19.6 - Lagarta desfolhadora		
3.1 - Bifurcada abaixo do DAP			7 - Tombada		15 - Troca de clone		19.7 - Bicho do cesto		
3.2 - Bifurcada acima do DAP			8 - Caída		16 - Seca de ponteiro		19.8 - Formiga		
3.3 - Bifurcada na copa			9 - Rebrotada		17 - Deficiência nutricional		19.10 - Besouro amarelo		
4.1 - Trifurcada abaixo do DAP			10 - Replântio		18.1 - Pau preto		19.11 - Gorgulho do eucalipto		
4.2 - Trifurcada acima do DAP			10.1 - Replântio na entrelinha		18.2 - Cancro		20 - Herbivoria		
4.3 - Trifurcada copa			11 - Retorcida		18.3 - Outra doença		23 - Menor 1m30cm		
5.1 - Polifurcada abaixo do DAP			12.1 - Torta abaixo do DAP		19.1 - Percevejo bronzeado		24 - Desbaste		
5.2 - Polifurcada acima do DAP			12.2 - Torta acima do DAP		19.2 - Psilídeo de concha				
5.3 - Polifurcada na copa			12.3 - Torta na copa		19.3 - Vespa da galha				

# ANEXO II

## QUESTIONÁRIO AOS PRODUTORES



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



## PROJETO SiFlor - QUESTIONÁRIO PRODUTOR

Entrevistador: *via e-mail*

Nº do questionário:

### 1. Informações básicas

Nome (Fazenda / Entrevistado / Proprietário): \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

Telefone/Celular: \_\_\_\_\_

Cidade: \_\_\_\_\_

Coordenadas GPS: \_\_\_\_\_

Área total da propriedade: \_\_\_\_\_

Área de florestal plantada: \_\_\_\_\_

Fez uso de alguma linha de crédito? Qual? \_\_\_\_\_

Possui seguro florestal? Qual? \_\_\_\_\_

Autoriza coleta de dados em campo? \_\_\_\_\_

### 2. Qual sistema de produção adotado?

( ) Monocultivo    ( ) iLPF (Integração Lavoura-Pecuária-Floresta)

### 3. Qual finalidade econômica do plantio?

*Ex. Produzir madeira para serraria*

*Ex. Produzir madeira para lenha*

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**4. Quais espécies/clones são plantados? (Preencher a tabela)**

<b>Espécie/Clone</b>	<b>Área de plantio</b>	<b>Data plantio (mês/ano)</b>	<b>Histórico da área de plantio (cultura agrícola, florestal, Cerrado)</b>
Exemplo: AEC-144	10 ha	março/2015	Plantação de soja por 6 anos; Clone AEC-224 por 5 anos
Exemplo: Eucalyptus urophylla	20 ha	março/2014	Cerrado

**5. Qual espaçamento de plantio adotado? Ao longo dos anos houve diferença entre espaçamentos adotados? Quais motivos para mudança de espaçamento?**

<b>Espaçamento</b>	<b>Materiais genéticos</b>	<b>Motivos mudança espaçamento (quando houver)</b>

**6. Alguma espécie/clone deixou de ser plantada? Quais os motivos? (Preencher na tabela abaixo, atenção para pragas e doenças)**

Espécie/clone	Motivo
<i>Exemplo: Clone XX</i>	<i>Ocorrência de vespa-da-galha</i>
<i>Exemplo: Espécie XX</i>	<i>Falta de procura</i>
<i>Exemplo: Clone XX</i>	<i>Baixa produtividade</i>

**7. Como foi o preparo do solo?**

- ( ) Aração. Descrever: \_\_\_\_\_
- ( ) Gradagem. Descrever: \_\_\_\_\_
- ( ) Subsolação. Descrever: *Ex. Na linha de plantio, 40 cm de profundidade* \_\_\_\_\_
- ( ) Outro. Descrever: \_\_\_\_\_

**8. Foi aplicado calcário ou gesso agrícola? Descrever.**

*Ex. Calcário dolomítico 5t/ha, em área total antes do plantio.*

**9. Como foram as adubações? Preencher a tabela.**

**10. Como foi feito o controle de plantas daninhas? Preencher a tabela.**

**11. Como foi feito o controle de formigas? Preencher a tabela.**

**12. Foram feitas irrigações? Preencher a tabela.**

Atividade	Época (s)	Formulação/Quantidade	Forma de aplicação/control
<b>Adubação base</b>			
<b>Adubação cobertura</b>			
<b>Controle de plantas daninhas</b>			
<b>Controle de formigas</b>			
<b>Irrigação</b>			



15. Houve incidência de pragas e doenças? Preencher tabela.

Praga/Doença	Época de ataque	Espécie/clone	Como foi combatida/controlada?

16. Houve incidência de pragas e doenças em propriedades vizinhas? Descrever.

---

---

---

---

17. Quais os meses de chuva na região?

---

---

---

18. Houve algum período diferente do comum de estiagem ou chuva nos últimos anos?

---

---

---

---

19. Qual seu nível de satisfação com a produção (florestal, pecuária e agrícola)?

---

---

---

---

20. O que plantará futuramente? Tem interesse em plantar espécies diferentes das já plantadas? Quais os motivos?

---

---

---

---

---

---

---

## **ANEXO III**

### **SCRIPT 1: PREDIÇÃO DAS ALTURAS**

### #1. Leitura dos Dados

```
DadosSiFlor<-read.csv("C:/Users/lefs/Documents/0_Siflor_R/DadosSiFlor.csv", sep=";", dec=".", as.is=T)
head(DadosSiFlor)
```

### #2. Gráfico da Relação Hipsométrica (Altura-DAP)

```
plot(DadosSiFlor$dap, DadosSiFlor$altura)
lines(loess.smooth(DadosSiFlor$dap, DadosSiFlor$altura), col="red")
```

### #3. Exclusão de Observações Problemáticas

```
obs.out <- identify(DadosSiFlor$dap,DadosSiFlor$altura,1:dim(DadosSiFlor)[1])obs.out
DadosSiFlor = DadosSiFlor[ -obs.out, ]
plot(DadosSiFlor$dap,DadosSiFlor$altura)lines(loess.smooth(DadosSiFlor$dap,DadosSiFlor$altura),col="red")
plot(log(DadosSiFlor$dap),log(DadosSiFlor$altura))
lines(loess.smooth(log(DadosSiFlor$dap),log(DadosSiFlor$altura)), col="red")
plot(log(DadosSiFlor$dap), DadosSiFlor$altura)
lines(loess.smooth(log(DadosSiFlor$dap),DadosSiFlor$altura), col="red")
```

### # 4. Ajuste e Verificação de Tendências nos Modelos de Relação Hipsométrica

#### ## 4.1. Polinômio 1o. grau

```
poli.1 <- lm( altura ~ dap* factor(id1),data=DadosSiFlor)
plot(poli.1, which=1)
```

#### ## 4.2. Polinômio 2o. grau

```
poli.2 <- lm( altura ~ dap + l(dap^2)* factor(id1), data=DadosSiFlor)
plot(poli.2, which=1)
```

#### ## 4.3. Hiperbólico 3

```
hiper.3 <- lm((1/altura)~l(1/dap) +l(1/dap^2)* factor(id1), data=DadosSiFlor)
plot(hiper.3, which=1)
```

#### ## 4.4. Potência 1

```
pote.1<-lm(log(altura)~log(dap)+l(log(dap)^2)* factor(id1),data=DadosSiFlor)
plot(pote.1, which=1)
```

#### ## 4.5. Potência 3

```
pote.3<lm(log(altura)~log(dap/(1+dap))*factor(id1), data=DadosSiFlor)
plot(pote.3, which=1)
```

#### ## 4.6. Exponencial (Schumacher)

```
expo<-lm(log(altura)~l(1/dap)*factor(id1), data=DadosSiFlor)
plot(expo, which=1)
```

#### ## 4.7. Semilogaritmico

```
semi<-lm(altura~log(dap)*factor(id1), data=DadosSiFlor)
plot(semi, which=1)
```

### # 5. Verificação da Qualidade do Ajuste dos Modelos de Relação Hipsométrica

```
summary(poli.1)
summary(poli.2)
summary(hiper.3)
summary(pote.1)
summary(pote.3)
summary(expo)
summary(semi)
```

```

# 6. Comparação Gráfica dos Modelos de Relação Hipsométrica
plot(DadosSiFlor$dap, DadosSiFlor$altura, col="grey40")
curve(2.16492 + 1.91708*x -0.04327*x^2, 4, 25, col="darkgreen", add=T, lwd=2)
curve(1/(0.03475 +0.09565/x +1.44764/x^2), 4, 25, col="orange", add=T, lwd=2)
curve(exp(-0.3461) * x^(2.1035 -0.3136*log(x)), 4, 25, col="purple", add=T, lwd=2)
curve(exp(3.492) * ( x/(1+x) )^6.887, 4, 25, col="navy", add=T, lwd=2)
curve(exp(3.468) * exp(-6.305/x), 4, 25, col="red", add=T, lwd=2)

# 7. Aplicação do Modelo Relação Hipsométrica
## 7.2. Predição das alturas com o modelo selecionado
DadosSiFlor$h.pred.poli2<-predict(poli.2,DadosSiFlor)
DadosSiFlor$h.pred.hiper3<-1/(predict(hiper.3,DadosSiFlor))
DadosSiFlor$h.pred.pot1<-exp(predict(pote.1,DadosSiFlor))
DadosSiFlor$h.pred.pot3<- exp(predict(pote.3,DadosSiFlor))
DadosSiFlor$h.pred.exp<- exp(predict(expo,DadosSiFlor))
DadosSiFlor$h.pred.semi<-predict(semi,DadosSiFlor)

#Exportar os dados da Altura Predita
write.csv(DadosSiFlor,file="alturapredita_DadosSiFlor.csv")

```

## **ANEXO IV**

### **SCRIPT 2: VOLUME PREDITO**

```

# 1. Leitura dos dados
DadosSiFlor<-read.csv("C:/Users/lefs/Documents/Siflor/alturapredita_DadosSiFlor.csv", sep=";", dec=".",
as.is=T)
head(DadosSiFlor)
is.numeric(DadosSiFlor$dap)
is.numeric(DadosSiFlor$h.pred)

# 2. Volume
DadosSiFlor$volume <- NA
eq20 <- DadosSiFlor$cod_eq == 20
DadosSiFlor$volume[eq20]<-exp(-9,83068813802475+1,64129393895181*log(DadosSiFlor$dap[eq20])+1,17265111360763*log(DadosSiFlor$h.pred[eq20]))
head(DadosSiFlor)

# 2.1 Área Basal
DadosSiFlor$g <- pi/40000 * DadosSiFlor$dap^2

# 3. Agregação por Parcela
## 3.1. Volume
tmp.vol<-aggregate(data.frame(vol=DadosSiFlor$volume),list(id1=DadosSiFlor$id1), sum, na.rm=TRUE)

# 3.2. DAP Médio
tmp.dap.medio<-aggregate(data.frame(mdap=DadosSiFlor$dap),list(id1=DadosSiFlor$id1), mean, na.rm=TRUE)

# 3.3. DAP Desvio Padrão
tmp.dap.devpad<-aggregate( data.frame(sdap=DadosSiFlor$dap),list(id1=DadosSiFlor$id1), sd, na.rm=TRUE)

# 3.4. Altura Média
tmp.ht.media<-aggregate(data.frame(mht=DadosSiFlor$altura),list(id1=DadosSiFlor$id1), mean, na.rm=TRUE)

# 3.5. Número de Árvores com DAP Medido
tmp.narv<-aggregate(data.frame(n.arv=DadosSiFlor$dap), list(id1=DadosSiFlor$id1),function(x)sum(!is.na(x)))

# 3.6. Altura Média das Dominantes
tmp.ht.arv<-subset(DadosSiFlor, subset=altura.dom==1, select=c("id1","altura"))
tmp.hdom<-aggregate(data.frame("altura.dom"=tmp.ht.arv$altura),list("id1"=tmp.ht.arv$id1),mean,na.rm=TRUE)

# 3.7 Número de Árvores Mortas (código==2)
tmp.arv.morta<-subset(DadosSiFlor, subset=(codigo1==2 | codigo2==2 | codigo3==2),select=c("id1","arvore"))
tmp.n.morta<-aggregate(data.frame(n.morta=tmp.arv.morta$arvore), list(id1=tmp.arv.morta$id1), length)

# 3.8 Área Basal
tmp.area.basal<-aggregate(data.frame(area.basal=DadosSiFlor$g), list(id1=DadosSiFlor$id1), sum, na.rm=TRUE)

# 4 Junção das tabelas temporárias

```

```
DadosSiFlor.parcela <- merge(tmp.narv, tmp.vol)
DadosSiFlor.parcela<-merge(DadosSiFlor.parcela, tmp.dap.medio)
DadosSiFlor.parcela<-merge(DadosSiFlor.parcela, tmp.dap.devpad)
DadosSiFlor.parcela<-merge(DadosSiFlor.parcela, tmp.ht.media)
```

```
DadosSiFlor.parcela<-merge(DadosSiFlor.parcela, tmp.area.basal)
DadosSiFlor.parcela<-merge(DadosSiFlor.parcela, tmp.hdom, all.x=TRUE)
DadosSiFlor.parcela<-merge(DadosSiFlor.parcela, tmp.n.morta, all.x=TRUE)
DadosSiFlor.parcela$n.morta[is.na(DadosSiFlor.parcela$n.morta) ] <-0rm(tmp.vol, tmp.dap.medio, tmp.dap.devpad, tmp.ht.media)
```

# 5. Importa Área da Parcela

```
DadosSiFlor.areapar<-read.csv2("C:/Users/lefs/Documents/Siflor/base_parcelas_DadosSiFlor.csv", sep=";",
dec=".", as.is=T)
DadosSiFlor.parcela<-merge(DadosSiFlor.areapar[ ,c("id1","area.parcela")], DadosSiFlor.parcela)
DadosSiFlor.parcela<-merge(DadosSiFlor.areapar[ , c("id1","idade_meses")], DadosSiFlor.parcela)
```

# 6. Cálculo de variáveis por Hectare

```
DadosSiFlor.parcela$vol.ha<-DadosSiFlor.parcela$vol*10000/ DadosSiFlor.parcela$area.parcela
DadosSiFlor.parcela$n.arv.ha<- DadosSiFlor.parcela$n.arv*10000/ DadosSiFlor.parcela$area.parcela
DadosSiFlor.parcela$area.basal.ha<- DadosSiFlor.parcela$area.basal*10000/ DadosSiFlor.parcela$area.parcela
```

# Exporta os dados

```
write.csv(DadosSiFlor,file="DadosSiFlor_volume_arv.csv")
write.csv(DadosSiFlor.parcela,file="DadosSiFlor_volume_parcela.csv")
```

## **ANEXO V**

### **SCRIPT 3: ÍNDICE DE SÍTIO**

```

DadosSiFlor <- read.csv("C:/Users/lefs/Documents/Siflor/DadosSiFlor.csv", sep=";", dec=".", as.is=T)
head(DadosSiFlor)
dim(DadosSiFlor)

# Gráficos Exploratórios e Exclusão de Observações
scatter.smooth(DadosSiFlor$idade.anos, DadosSiFlor$mhdom, span=0.99, lpars=list(col="red",lwd=2))

# Ajuste do Modelo SCHUMACHER
## Ajuste do Modelo Schumacher
modelo.sitio = lm( log(mhdom) ~ l(1/idade.anos), data=DadosSiFlor)
summary(modelo.sitio)

## Gráficos Diagnósticos na Escala Log
plot(modelo.sitio, which=1) # Dispersão do resíduo
plot(modelo.sitio, which=2) # Normalidade dos resíduos
plot(modelo.sitio, which=3) # Homogeneidade de variância

## Gráfico Diagnóstico na Escala Original: Interpretar o Eixo-Y em metros
### Função para construir o gráfico
plot.resid.logmod <- function(modlog, ...)
{
  yhat <- exp(fitted(modlog))
  y <- exp(fitted(modlog)+residuals(modlog))
  scatter.smooth(yhat, y-yhat, lpars=list(col="red",lwd=2), ...)
  abline(h=0, lty=9)
}

### Diagnóstico
plot.resid.logmod(modelo.sitio)

# Avaliação Gráfica na Escala Original
## Função para desenhar a curva da MHdom em função da Idade segundo o Modelo de Schumacher
# parms são os coeficientes do modelo Schumacher: parms=coef(modelo.sitio)
schumacher.fun <- function(x, parms) exp(parms[1] + parms[2]/x)

## Gráfico da CURVA GUIA
scatter.smooth( DadosSiFlor$idade.anos, DadosSiFlor$mhdom, lpars=list(col="red",lwd=2))
curve(schumacher.fun(x, coef(modelo.sitio)), col="blue", lwd=2, add=TRUE)

# Curvas de Sítio: Comparar o CONJUNTO DAS CURVAS com os DADOS
## Função para desenhar a curva em função do SITIO e IDADE BASE (Modelo Schumacher)
# parms são os coeficientes do modelo Schumacher: parms=coef(modelo.sitio)

```

```

schumacher.curva.sitio <- function(x, sitio, ibase, parms)
  sitio * exp(parms[2]*(1/x - 1/ibase))

## Função para desenhar o CONJUNTO DE CURVAS de ÍNDICE DE SÍTIO
# dados = table de dados das parcelas (variáveis "mhdom" e "idade.anos")
# XLIM = argumento "xlim" limites no Eixo-X
# YLIM = argumento "ylim" limites no Eixo-Y
# IBASE = a idade base
# SITIOS = vetor com os valores "padrão de sitio"
graf.curvas.sitio.schumacher <- function(XLIM = c(0,16),
                                         YLIM = c(0,25),
                                         IBASE,
                                         SITIOS,
                                         dados=DadosSiFlor,
                                         mod=modelo.sitio,
                                         add = FALSE,
                                         ...
                                         )
{
  if( add )
  {
    for(i in 1:length(SITIOS))
    {
      curve(schumacher.curva.sitio(x, sitio=SITIOS[i],
                                  ibase=IBASE, coef(mod)), add=T, ...)
    }
  }
  else
  {
    plot( mhdom ~ idade.anos, data=dados,
          xlab="Idade (anos)", ylab="", las = 1, type="n", cex.axis=1.4, cex.lab=1.6,
          xlim=XLIM, ylim=YLIM, ...
        )
    mtext("Altura Média das Árvores Dominantes (m)", 2, 2.5, cex=1.6)
    abline(v=seq(XLIM[1],XLIM[2],by=1), col="grey70")
    abline(h=seq(YLIM[1],YLIM[2],by=1), col="grey70")
    points( mhdom ~ idade.anos, data=dados, col="grey40", cex=1.5)
    abline(v=IBASE, lty=2, lwd=2)
    for(i in 1:length(SITIOS))
    {
      curve(schumacher.curva.sitio(x, sitio=SITIOS[i],
                                  ibase=IBASE, coef(mod)), add=T, col="red")
    }
    title(main="Modelo de Schumacher",cex.main=2)
  }
}

## Definição dos parâmetros do gráfico das Curvas de Sítio para o eucalipto
xlim.eucalipto <- c(0, 20)
ylim.eucalipto <- c(0,25)
ibase.eucalipto <- 5
sitios.eucalipto <- seq(11,21,by=2)

## Gráfico das Curvas de Sítio para o Eucalipto
graf.curvas.sitio.schumacher(xlim.eucalipto, ylim.eucalipto, ibase.eucalipto, sitios.eucalipto)

```

```

# Predição do Índice de Sítio (Modelo de Schumacher)
## Função de Predição do Índice de Sítio
# idade = idade da parcela ("idade.anos")
# mhdom = altura das dominantes da parcela ("mhdom")
# ibase = idade base do índice de sitio
# modelo = modelo de Schumacher ajustado aos dados
# ROUND = arredondar para número inteiro (altura em metros)
schumacher.indice.sitio <- function(idade, mhdom, ibase, modelo=modelo.sitio, ROUND=TRUE)
{
  parms <- coef(modelo)
  sitio <- mhdom * exp(parms[2]*(1/ibase - 1/idade))
  if( ROUND )
    sitio <- round(sitio,0)
  return(sitio)
}

```

```

## Predição do Índice de Sítio
DadosSiFlor$indice.sitio <- schumacher.indice.sitio(DadosSiFlor$idade.anos, DadosSiFlor$mhdom, ibase=ibase.eucalipto)
head(DadosSiFlor)

```

```

## Mostrando no gráfico das Curvas de Sitio como CADA PARCELA SE POSICIONA
graf.curvas.sitio.schumacher(xlim.eucalipto, ylim.eucalipto, ibase.eucalipto, sitios.eucalipto)
for(i in 1:17)
  arrows(DadosSiFlor$idade.anos[i], DadosSiFlor$mhdom[i], ibase.eucalipto, DadosSiFlor$indice.sitio[i],
         angle=15, col="darkgreen")

```

```

# Eucalipto: Influência da remoção da observação MAIS VELHA: Comparação Gráfica das Curvas
## Eliminando observações interativamente
scatter.smooth(DadosSiFlor$idade.anos, DadosSiFlor$mhdom, span=0.99, lpars=list(col="red",lwd=2))
out <- identify(DadosSiFlor$idade.anos, DadosSiFlor$mhdom, rownames(DadosSiFlor))
## MODO INTERATIVO: clicar no gráfico na posição das observações a serem eliminadas

```

```

DadosSiFlor2 <- DadosSiFlor[-out, ]

```

```

scatter.smooth(DadosSiFlor2$idade.anos, DadosSiFlor2$mhdom, lpars=list(col="red",lwd=2))

## Ajustando o modelo novamente e predizendo o Índice de Sítio
modelo.sitio2 = lm( log(mhdom) ~ I(1/idade.anos), data=parsitio2)
indice.eucalipto <- schumacher.indice.sitio(DadosSiFlor$idade.anos, DadosSiFlor$mhdom, ibase=ibase.
cedro,
                                         modelo= modelo.sitio2)

## Construindo o gráfico ORIGINAL
graf.curvas.sitio.schumacher(xlim.eucalipto, ylim.eucalipto, ibase.eucalipto, sitios.eucalipto )
                        add=TRUE, col="blue")

## Adicionando as curvas com a EXCLUSÃO DA OBSERVAÇÃO
graf.curvas.sitio.schumacher(xlim.teca, ylim.teca, ibase.teca, sitios.teca,
                        mod=modelo.sitio2, add=TRUE, col="blue", lty=2)

# Exportando os Dados com ÍNDICE DE SÍTIO
write.csv2(DadosSiFlor, "eucalipto_indice_de_sitio.csv")

```

## **ANEXO VI**

### **SCRIPT 4: MODELOS DE PRODUÇÃO**

```

# Leitura dos Dados
pardata <- read.csv2("DadosSiflor_sitio.csv",as.is=TRUE)
pardata$idade.corte <- 7

head(DadosSiflor)
dim(DadosSiflor)

# Equação de Produção com g.idade.corte
head(DadosSiflor)
eqprod <- lm( log(vol.ha) ~ indice.sitio + log(area.basal.ha) + I(1/idade.anos), DadosSiflor)
plot(eqprod)
summary(eqprod)

# Modelo de Área Basal
## Gráficos Exploratórios
scatter.smooth(DadosSiflor$idade.anos, DadosSiflor$area.basal.ha, lpars=list(col="red",lwd=2))
scatter.smooth(1/DadosSiflor$idade.anos, log(DadosSiflor$area.basal.ha), lpars=list(col="red",lwd=2))
abline(coef(lm( log(area.basal.ha) ~ I(1/idade.anos), data=DadosSiflor)), col="blue",lwd=2)

## Ajuste
modelo.area.basal <- lm( log(area.basal.ha) ~ I(1/idade.anos), data=DadosSiflor)
plot(modelo.area.basal)
summary(modelo.area.basal)

## Observações Outlier
obs.outlier <- c()

summary(modelo.area.basal)
summary( lm( log(area.basal.ha) ~ I(1/idade.anos), data=DadosSiflor))

scatter.smooth(DadosSiflor$idade.anos, DadosSiflor$area.basal.ha, lpars=list(col="red",lwd=2))
tmp <- DadosSiflor[ obs.outlier, ]
points(tmp$idade.anos, tmp$area.basal.ha, col="red", pch=16, cex=1.8)

scatter.smooth(1/DadosSiflor$idade.anos, log(DadosSiflor$area.basal.ha), lpars=list(col="red",lwd=2))
points(1/tmp$idade.anos, log(tmp$area.basal.ha), col="red", pch=16, cex=1.8)
abline(coef(lm( log(area.basal.ha) ~ I(1/idade.anos), data=DadosSiflor)), col="blue",lwd=2)
abline(coef(lm( log(area.basal.ha)~I(1/idade.anos), data=DadosSiflor)),col="green",lwd=2)

## Reajuste o Modelo
modelo.area.basal <- lm( log(area.basal.ha) ~ I(1/idade.anos), data=DadosSiflor)
plot(modelo.area.basal)
summary(modelo.area.basal)

```

```

## Gráfico da Curva de Área Basal
betas <- coef(modelo.area.basal)
ymax <- exp(predict(modelo.area.basal, data.frame(idade.anos=unique(DadosSiflor$idade.corte))))
plot(DadosSiflor$idade.anos, DadosSiflor$area.basal.ha, lpars=list(col="red",lwd=2),
      ylim=c(0,ymax), xlim=c(0,unique(DadosSiflor$idade.corte)))
warnings()
curve(exp(betas[1] +betas[2]/x),0,unique(DadosSiflor$idade.corte), add=TRUE, col="blue",lwd=2)

## Predição da Área Basal em Idade de Corte
DadosSiflor$g.idade.corte <- exp(predict(modelo.area.basal, data.frame(idade.anos=unique(DadosSiflor$idade.corte))))
head(DadosSiflor)

# Predição da Produção
pardata$vol.pred.gfixa <- exp(predict(eqprod, data.frame(indice.sitio=DadosSiflor$indice.sitio,
                                                       area.basal.ha = DadosSiflor$g.idade.corte,
                                                       idade.anos = unique(DadosSiflor$idade.corte))))
DadosSiflor$ima.idade.corte <- DadosSiflor$vol.pred.gfixa / unique(DadosSiflor$idade.corte)
head(DadosSiflor)

# Avaliação Gráfica das Estimativas de IMA
scatter.smooth(pardata$idade.anos, DadosSiflor$ima.idade.corte, lpars=list(col="red"))

scatter.smooth(DadosSiflor$indice.sitio, DadosSiflor$ima.idade.corte, lpars=list(col="red"))

scatter.smooth(DadosSiflor$area.basal.ha, DadosSiflor$ima.idade.corte, lpars=list(col="red"))

# Exportando os Dados Produção
write.csv2(DadosSiflor, "Dados Siflor_IMA.csv")

```

## **ANEXO VII**

### **SCRIPT 5: DADOS QUALITATIVOS**

```

#Importação dos dados Qualitativos
DadosSiFlor.qual<- read.csv2("C:/Users/lefs/Documents/Siflor/base_qualitativo_DadosSiFlor.csv", sep=";",
dec=".", as.is=T)

#Agrega atributos qualitativos por parcela
qual.n <- aggregate(data.frame(n=DadosSiFlor.qual$id1), list(id1=DadosSiFlor.qual$id1), length)
qual.attrib <- aggregate(DadosSiFlor.qual[-1], list(id1=DadosSiFlor.qual$id1), sum, na.rm=TRUE)
DadosSiFlor.parcela.qual <- merge(qual.n, qual.attrib)
DadosSiFlor.parcela.qual.percent <- DadosSiFlor.parcela.qual
DadosSiFlor.parcela.qual.percent[, -(1:2)] <- DadosSiFlor.parcela.qual[-(1:2)] / DadosSiFlor.parcela.qual[,2] *
100

# Exportando os Dados
write.csv(DadosSiFlor.parcela.qual.percent, file="DadosSiFlor_qualitativo_parcela.csv")

```



