



Erva-mate sombreada: sistemas para a recomposição do dossel e da diversidade via manejo da regeneração natural



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 376

**Erva-mate sombreada: sistemas para a recomposição do
dossel e da diversidade via manejo da regeneração natural**

André Eduardo Biscaia de Lacerda

Embrapa Florestas
Estrada da Ribeira, km 111, Guaraituba,
Caixa Postal 319
83411-000, Colombo, PR, Brasil
Fone: (41) 3675-5600
www.embrapa.br/florestas
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações da
Embrapa Florestas

Presidente
Patrícia Póvoa de Mattos

Vice-Presidente
José Elidney Pinto Júnior

Secretária-Executiva
Neide Makiko Furukawa

Membros
Anneté Bonnet
Cristiane Aparecida Fioravante Reis
Elenice Fritzsos
Krisle da Silva
Marcelo Francia Arco Verde
Marilice Cordeiro Garrastazu
Susete do Rocio Chiarello Penteado
Valderês Aparecida de Sousa

Supervisão editorial e revisão de texto
José Elidney Pinto Júnior

Normalização bibliográfica
Francisca Rasche
Valéria de Fátima Cardoso

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Neide Makiko Furukawa

Fotos texto e capa
Andre Eduardo Biscaia de Lacerda

1ª edição
Publicação digital (2022): PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Florestas

Lacerda, André Eduardo Biscaia de

Erva-mate sombreada: sistemas para a recomposição do dossel e da diversidade
via manejo da regeneração natural / André Eduardo Biscaia de Lacerda - Colombo :
Embrapa Florestas, 2022.

PDF (32 p.) : il. color. - (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958 ; 376)

1. *Ilex paraguariensis*. 2. Mate. 3. Manejo. 4. Regeneração natural. 5. Floresta. I.
Título. II. Série.

CDD: 634.974 (21. ed.)

Valéria de Fátima Cardoso (CRB 9/1188)

© Embrapa 2022

Autor

André Eduardo Biscaia de Lacerda

Engenheiro florestal, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR.

Apresentação

A produção tradicional de erva-mate (sombreada) é um sistema produtivo tipicamente florestal baseado em um conjunto de conhecimentos empíricos sobre as espécies e sobre as comunidades florestais que, em conjunto, possibilitam ao produtor rural decidir sobre quais as ações de manejo devem ser aplicadas.

Dentre as ações de manejo, a roçada é uma das práticas adotadas mais comuns nos ervais sombreados tradicionais. A roçada tem como foco a redução da abundância dos indivíduos arbustivos e herbáceos e as plântulas e indivíduos arbóreos jovens, priorizando-se a manutenção das espécies de interesse, e tem como objetivo permitir a livre circulação e, ou aumento da insolação às plantas de erva-mate. Enquanto a condução de roçadas sistemáticas em florestas com populações estáveis tem efeitos de longo prazo limitados, sua continuidade indefinida pode gerar desbalanços na demografia das espécies arbóreas e, como consequência, a gradual redução da cobertura do dossel e da diversidade. Tais desbalanços também podem ocorrer em florestas jovens como os bracingais nos quais a roçada impede o desenvolvimento de espécies de ciclo de vida longo, além de clareiras abertas por incêndios florestais e ventanias de maiores dimensões.

Visando a manutenção de florestas saudáveis no longo prazo, no contexto de sistemas de produção agroflorestais, neste documento são apresentadas estratégias de restauração do dossel em áreas sob sistema de produção de erva-mate sombreada, mediante manejo da regeneração natural. As informações discutidas contribuem para dar suporte técnico-científico para a manutenção dos sistemas tradicionais de erva-mate os quais têm profunda aderência aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) especialmente quanto à proteção dos recursos hídricos a partir da manutenção de florestas (ODS 6), na manutenção do patrimônio cultural e natural (ODS 11), na proteção, recuperação e uso sustentável dos recursos naturais (ODS 12 e 15), e no incentivo ao diálogo participativo (ODS 17).

Marcílio José Thomazini

Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Florestas

Sumário

| | |
|--|----|
| Introdução..... | 9 |
| A regeneração natural e a manutenção das florestas..... | 10 |
| O manejo da regeneração natural da erva-mate sombreada..... | 12 |
| Estratégias para o manejo da regeneração natural | 14 |
| Recomposição do dossel: sistema Radar – Recomposição Acelerada do Dossel por Ampla Regeneração..... | 16 |
| Planejamento e instalação do sistema Radar | 16 |
| O manejo da regeneração natural no sistema Radar..... | 20 |
| Experiências com o sistema Radar | 23 |
| Recomposição de clareiras: sistema Amar – Áreas de Manejo Ativo da Regeneração..... | 25 |
| Planejamento e instalação do sistema Amar | 25 |
| O manejo da regeneração natural no sistema Amar..... | 27 |
| Experiências com o sistema Amar | 28 |
| Sugestões adicionais | 31 |
| Referências | 31 |

Introdução

A manutenção de plantas de erva-mate sob sombreamento da floresta, típico dos sistemas tradicionais de produção, está atrelada à percepção de melhor qualidade, tanto em relação ao seu sabor, quanto seus atributos culturais, sociais e ambientais. A produção tradicional de erva-mate (sombreada) é um sistema produtivo tipicamente florestal, cujas práticas silviculturais não estão focadas unicamente nesta espécie, mas inclui um conjunto de conhecimentos específicos sobre as espécies e sobre as comunidades florestais, que possibilitam ao agricultor decidir empiricamente sobre quais as ações de manejo devem ser aplicadas. Tipicamente, florestas sob manejo tradicional de erva-mate possuem alta diversidade que, avaliadas em nível de paisagem, conservam expressiva diversidade das espécies arbóreas encontradas atualmente na Floresta com Araucária (Chaimsohn; Souza, 2013). Embora a produção tradicional de erva-mate tenha características apropriadas para a sua inserção em cadeias de produção de maior valor agregado, como os de produtos orgânicos, agroecológicos, comércio justo, *slow food*, o consumidor, de maneira geral ainda desconhece este tipo de sistema.

No sistema de produção de erva-mate em ambiente florestal, diversas atividades são conduzidas, tais como a coleta de lenha, criação de animais, produção de mel, aproveitamento de madeira, além da própria colheita da erva-mate. Neste contexto, o manejo da “regeneração natural” é prática comum, cujas áreas onde se encontram os indivíduos arbustivos e herbáceos são roçadas e as plântulas e indivíduos arbóreos jovens têm a sua abundância geral reduzida, priorizando-se a manutenção das espécies de interesse. Neste caso, a prática se refere mais ao manejo da vegetação do sub-bosque, a fim de permitir a livre circulação e, ou aumento da insolação às plantas de erva-mate, do que o manejo unicamente da regeneração natural.

Por outro lado, quando o manejo da regeneração natural não propicia as condições necessárias para a renovação da população adulta que eventualmente entra em senilidade, pode ocorrer a degradação do dossel com árvores mais esparsas e clareiras mais frequentes e maiores, podendo descaracterizar a própria produção tradicional de erva-mate em ambiente florestal. Embora pareça haver um entendimento geral quanto à necessidade de se manter uma dinâmica populacional mediante manejo da regeneração natural que renove o dossel, ainda não foram desenvolvidas técnicas sistematizadas que venham a atender a necessidade de manutenção de ambiente florestal biodiverso, com provisão de serviços ambientais e produtivos.

Aqui são apresentadas as bases para a tomada de decisão, verificando a necessidade e as estratégias de restauração do dossel em áreas sob sistema de produção de erva-mate sombreada, mediante manejo da regeneração natural. Tais informações são oportunas tendo em vista o gradual reconhecimento da qualidade da erva-mate tradicional como um produto de alta qualidade e típico de cadeias de maior valor agregado, mas que possuem critérios ambientais, legais, sociais, culturais e de produção. Desta forma, as informações contidas neste documento poderão contribuir para a criação de um arcabouço técnico que venha apoiar a manutenção dos sistemas tradicionais de erva-mate.

A regeneração natural e a manutenção das florestas

Como plantas embrionárias, as sementes têm a reprodução como função principal, fato que não necessariamente resulta em aumento do número de indivíduos de uma espécie (Fenner; Thompson, 2005). Embora comumente ocorra a produção de muitos descendentes, a maioria perece antes de atingir a maturidade; em realidade, em uma população estável, um adulto é eventualmente substituído por outro adulto. O recrutamento de plântulas, processo pelo qual novos indivíduos estabelecem ou são adicionados a uma população, inclui três processos (etapas) básicos: germinação de sementes, sobrevivência e crescimento de plântulas (Eriksson; Ehrlén, 2008). Tais processos definem as transições entre os diferentes estágios da vida da planta, que incluem: a) germinação, a transição de uma semente dormente em uma semente germinada; b) emergência, a transição de uma semente germinada em uma plântula emergente; c) estabelecimento, transição entre uma semente recentemente emergida em uma plântula autotrófica; e d) sobrevivência de plântulas, persistência inicial de plântulas estabelecidas (Larson et al., 2015). O sucesso no recrutamento, certamente a fase mais sensível no ciclo de vida de uma planta, permite que indivíduos jovens possam continuar competindo por recursos e crescer para, eventualmente, se desenvolverem até chegar ao estágio adulto, quando eles mesmos passam, então, a serem produtores de sementes. Ao processo de substituição de indivíduos (geralmente) ocorrendo por via da produção e germinação de sementes, recrutamento de plântulas e desenvolvimento de indivíduos jovens que potencialmente podem se desenvolver exitosamente até a maturidade é que se denomina regeneração natural.

Do ponto de vista demográfico, a manutenção de uma população está condicionada a uma contínua reposição de indivíduos adultos mortos, por novas gerações. No contexto florestal, o processo de regeneração natural é avaliado a partir da presença de indivíduos jovens, genericamente identificados por meio de classes de tamanho arbitrárias (ex. plântulas são indivíduos entre 0,15 m e 1,3 m de altura; arvoretas são indivíduos até 3 m de altura etc). A partir da observação de indivíduos jovens e plântulas (isto é, a regeneração natural) são feitas avaliações sobre a capacidade de uma ou várias espécies em manterem uma população, ou seja, possuírem um número de indivíduos em certo equilíbrio no tempo e não serem, desta forma, eliminadas da comunidade florestal. Assim, a presença de indivíduos de variadas idades (tamanhos) das distintas espécies é um indicador genérico para se avaliar o potencial de sucesso de uma comunidade florestal em se manter indefinidamente. Sob tal lógica, a simples presença de plântulas e indivíduos jovens é suficiente para se considerar a regeneração natural como adequada; inversamente, sua ausência ou presença insuficiente demonstra a insustentabilidade de uma comunidade ou espécie.

Embora atraente pela facilidade, a avaliação da saúde de uma comunidade florestal a partir da observação pontual de sua regeneração não necessariamente gera informações suficientes sobre o processo de renovação de uma floresta. Exatamente pela restrição à uma única ocasião, as flutuações populacionais que ocorrem ao longo do tempo, que têm componentes biológicos e ambientais, são ignoradas. Ademais, uma avaliação restrita na área dificulta a captura da variabilidade demográfica, comprometendo uma avaliação mais completa da diversidade de espécies e de suas inter-relações, não representando, portanto, a comunidade florestal, mas somente um retrato restrito dela.

Devido à inerente condição transicional das florestas secundárias que dominam a Floresta com Araucária no Sul do Brasil, onde a substituição de grupos funcionais, cujos atributos de suas histórias de vida (síndromes de dispersão, longevidade, tamanho etc.) é fato contínuo, somente análises multitemporais podem retratar adequadamente a dinâmica dos padrões temporais de substituição

e colonização (Van Breugel et al., 2007). Adicionalmente, a dinâmica sucessional está atrelada intimamente às condições locais como o uso do solo e consequentes efeitos sobre os solos, a disponibilidade e proximidade de fontes de semente, entre outros. De forma geral, as espécies pioneiras e tolerantes à sombra estão presentes desde o início da sucessão florestal, embora as pioneiras sejam muito mais abundantes (Gomez-Pompa; Vazquez-Yanes, 1981; Finegan, 1996).

Após seu desenvolvimento, os indivíduos adultos das espécies pioneiras, agora dominando o dossel, passam a sombrear o interior da floresta, limitando seu próprio recrutamento, fato que beneficia espécies mais tolerantes à sombra (Swaine; Whitmore, 1988). Tipicamente, tais florestas jovens possuem altas taxas de mortalidade (Davies, 2001) que podem estar associadas a incrementos significativos na diversidade de espécies, detectável inicialmente na regeneração natural e posteriormente como indivíduos adultos, quando, então, tais florestas tendem a ter uma estrutura mais complexa e diversidade incrementada (Budowski, 1965; Saldarriaga et al., 1988; Finegan, 1996). Justamente pelas alterações contínuas às quais as florestas secundárias estão sujeitas, o entendimento da dinâmica populacional não deve ser avaliado de forma simplista por meio de uma análise pontual de seus indivíduos adultos e, tampouco, apenas por sua regeneração natural. De forma complementar, é imprescindível a compreensão do papel que o ser humano possui na dinâmica populacional, haja visto que a maioria absoluta dos fragmentos florestais da Floresta com Araucária ocorrentes em propriedades rurais estão sob algum tipo de manejo, independentemente do tipo de uso.

Entre os casos mais interessantes de interação das florestas e dos seres humanos estão os sistemas agroflorestais tradicionais. Dos diversos sistemas agroflorestais tradicionais do Sul do Brasil, a produção de erva-mate em florestas (erva-mate sombreada), os faxinais e as caívas, podem ser vistos como sistemas produtivos que ativamente manejam o ambiente florestal, de forma a manter as condições adequadas para a manutenção de suas atividades; nestes sistemas, os conhecimentos tradicionais ecológicos e as experiências acumuladas formam um arcabouço de práticas desenvolvidas e repassadas por diversas gerações.

**“A ausência pontual de regeneração natural
não necessariamente indica a insustentabilidade
de uma comunidade florestal.”**

As práticas de manejo do sub-bosque florestal em sistemas agroflorestais tradicionais são frequentemente consideradas insustentáveis, a partir da não detecção de regeneração natural (ex. Struminski; Strachulski, 2012). Embora a ausência de regeneração seja um critério relevante para estabelecer a capacidade natural de regeneração de uma floresta, é indispensável que sejam considerados outros fatores tradicionais das áreas de silvicultura, manejo e ecologia florestal, tais como: a) as espécies; b) as idades das árvores; c) a distribuição espacial das árvores; d); as densidades das espécies; e) as características de vida das espécies (longevidade, caducifolia, taxa de crescimento, arquitetura de copa, rebrota, síndrome de dispersão etc); f) as práticas de manejo utilizadas; g) as variações no tempo dos fatores anteriores. Somente de posse deste conjunto de informações é que se pode avaliar conclusivamente a capacidade de sustentabilidade de uma comunidade florestal e, por consequência, quais as ações necessárias de manejo. Desta forma, a observação pontual da ausência ou aparente insuficiência de regeneração natural não necessariamente indica

a insustentabilidade de uma comunidade florestal, mas um indicador dentre outros a serem observados com amplitude suficiente de tempo e de área.

O manejo de uma floresta, por meio de práticas focadas tanto na regeneração natural como em indivíduos adultos, é pertinente não somente para os sistemas agroflorestais, mas também quando o foco é puramente a conservação ambiental. Caso emblemático da necessidade de manejo com objetivo de restaurar a capacidade regenerativa são as florestas dominadas por bambus, situação típica e de ampla distribuição no Sul do Brasil (Vibrans et al., 2013; Greig et al.; 2018). Relatos de alguns trabalhos mostraram que a ocupação de bambus nativos impede o desenvolvimento da regeneração natural em florestas jovens no Sul do Brasil, mantendo a comunidade florestal em ciclo restrito às populações arbóreas pioneiras atreladas à dinâmica populacional dos próprios bambus (Kellermann; Lacerda, 2017, 2019; Lacerda; Kellermann, 2019). Neste caso, ações de manejo são indispensáveis para o controle das populações de bambus, a fim de restaurar a capacidade regenerativa da floresta. Este caso ilustra ainda as práticas de manejo florestal conduzidas em sistemas agroflorestais tradicionais onde as populações de bambu são controladas pelos agricultores, possibilitando tanto a melhora dos atributos ambientais e ecológicos da floresta, como a capacidade produtiva mediante a produção de erva-mate, em ambiente florestal (Lacerda et al., 2020).

O manejo da regeneração natural da erva-mate sombreada

Os diferentes modelos baseados no manejo tradicional agroflorestal refletem o conhecimento ecológico tradicional acumulado por gerações e consideram as tradições, o foco produtivo e as variações existentes no ambiente florestal. Fatores como estrutura florestal, diversidade de espécies arbóreas, presença de espécies invasoras, histórico do uso da terra, dentre outros, determinam as ações necessárias para adequar o ambiente a cada sistema produtivo, seja ele baseado na erva-mate, na produção animal, mel, dentre outros, e podem incluir tanto a recuperação da estrutura e diversidade florestal, mediante o manejo da regeneração florestal, como práticas silviculturais distintas, como roçadas, podas, plantios etc. O manejo da regeneração natural é apresentado como prática necessária para a sustentabilidade de sistemas agroflorestais de produção de erva-mate, genericamente conhecido como erva-mate sombreada.

Florestas que não mais possuem uma cobertura contínua de copas precisam de ações de manejo para a sua restauração, para cumprir suas funções ecológicas e produtivas. A degradação de florestas é situação frequente nos fragmentos da Floresta com Araucária e estão atreladas aos fatores de origem naturais e antrópica. Dentre a diversidade de situações observadas nas propriedades rurais, é comum observar florestas dominadas por bambus nativos invasores (especialmente as taquaras – *Merostachys* ssp. Spreng.) os quais mantêm a comunidade florestal em níveis aquém de seu potencial produtivo e de conservação, ao condicionar uma estagnação sucessional (Kellermann; Lacerda, 2017; Lacerda, 2021). Também comum, a degradação florestal pode estar atrelada ao uso da terra, tanto pela exploração direta dos recursos florestais ou pela inobservância de práticas necessárias para a manutenção da cobertura florestal. Independentemente da origem da degradação, todas as situações citadas demandam ações de manejo para a restauração da estrutura e da diversidade da floresta, sendo a formação de um dossel (camada superior de copas) o objetivo inicial das ações a serem implementadas.

Entretanto, a degradação do dossel de fragmentos florestais em áreas de cultivo de erva-mate são cada vez mais frequentes pelo uso de práticas de produção intensiva desenvolvidas para o monocultivo da espécie que, focando na maximização da produção, requerem altos índices de luminosidade não obtidos em ambiente florestal. Desta forma, é indispensável que sejam desenvolvidas técnicas para a manutenção da diversidade e estrutura das florestas que estão sob manejo para a erva-mate; tais técnicas estão baseadas no entendimento que a erva-mate sombreada, cujos princípios estão nos sistemas tradicionais de produção da espécie e conhecimentos ecológicos associados, não se resume em um sistema produtivo onde a erva-mate recebe algum sombreamento a partir de alguma árvore.

“O sistema Erva-mate Sombreada baseia-se na manutenção de florestas com alta diversidade, na maximização da produção de serviços ambientais e nas práticas ecológicas tradicionais.”

De fato, o sistema produtivo agroflorestal conhecido como “erva-mate sombreada” tem como princípios não apenas a produção de erva-mate sob sombreamento, mas a manutenção de um ambiente florestal com altos níveis de diversidade de espécies (não apenas florestais) atrelado à produção de serviços ambientais (água, solo, ar, polinização) e integrados aos conhecimentos ecológicos tradicionais. Complementarmente, o sistema “erva-mate sombreada” é associado às práticas agrícolas agroecológicas conduzidas em toda a propriedade rural que vão além da própria erva-mate, as quais têm importância indiscutível na soberania e segurança alimentar (Lacerda et al., 2020; Nimmo et al., 2020).

A produção de erva-mate sob sombreamento de uma ou poucas espécies arbóreas não adere aos princípios do sistema Erva-mate Sombreada e não deve ser assim tratada. Portanto, a produção de erva-mate sob o sombreamento obtido desta forma ou por árvores esparsas pode ser chamada de “Erval Arborizado” e inclui inclusive os cultivos sob dossel homogêneo composto apenas por pinheiros (*Araucaria angustifolia*). É importante que a distinção entre conceitos e práticas fique bem caracterizada (Figura 1).



Figura 1. Um dossel formado apenas por pinheiros (ou poucas espécies) é um erval arborizado (A) e não caracteriza o sistema Erva-mate Sombreada (B) que requer alta diversidade de espécies, além de foco em serviços ambientais e em práticas agroecológicas presentes em toda a propriedade rural e que estão atreladas à segurança e soberania alimentar.

Estratégias para o manejo da regeneração natural

Em resumo, a estratégia de restauração do dossel no sistema erva-mate sombreada é definida a partir do diagnóstico da estrutura e diversidade da floresta. Assim, deve-se observar a copada das árvores (dossel), a fim de definir o seu estado geral, especialmente quanto à uma copada contínua e a ocorrência (com os respectivos tamanhos) de clareiras, assim como a diversidade das espécies compoendo tal dossel e as idades das árvores (jovens, adultas e senis). A partir deste diagnóstico, dois sistemas podem ser aplicados: a) a Recomposição Acelerada do Dossel por Ampla Regeneração (Radar) que é uma estratégia de restauração do dossel a partir da sua restauração rápida, normalmente obtida pelo uso de poucas espécies pioneiras, de forma generalizada pela área a ser restaurada, e b) Áreas de Manejo Ativo da Regeneração (Amar) que é a introdução progressiva de novas espécies mediante o manejo localizado da regeneração natural (Figura 2).

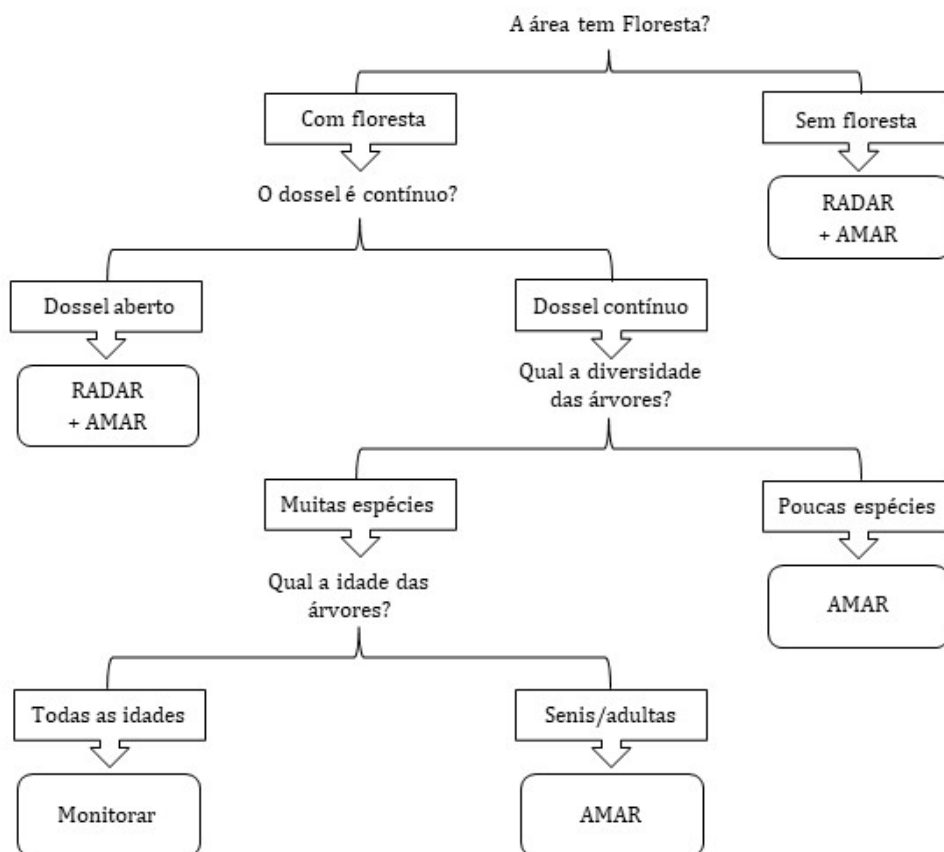


Figura 2. Fluxograma para o estabelecimento de estratégia a ser utilizada na restauração do dossel florestal e manejo da regeneração natural, para o sistema de produção Erva-mate Sombreada.

De forma geral, quando a cobertura florestal do erval não é contínua ou dominada por espécies pioneiras, indica-se a recomposição do dossel utilizando-se o sistema de Recomposição Acelerada do Dossel por Ampla Regeneração (Radar). Neste caso, entende-se como dossel não contínuo aquela cobertura florestal onde as árvores se encontram esparsas (Figura 3A), com cobertura de dossel menor que 50% (Figura 3B) ou com clareiras maiores que 500 m² (Figura 3C).

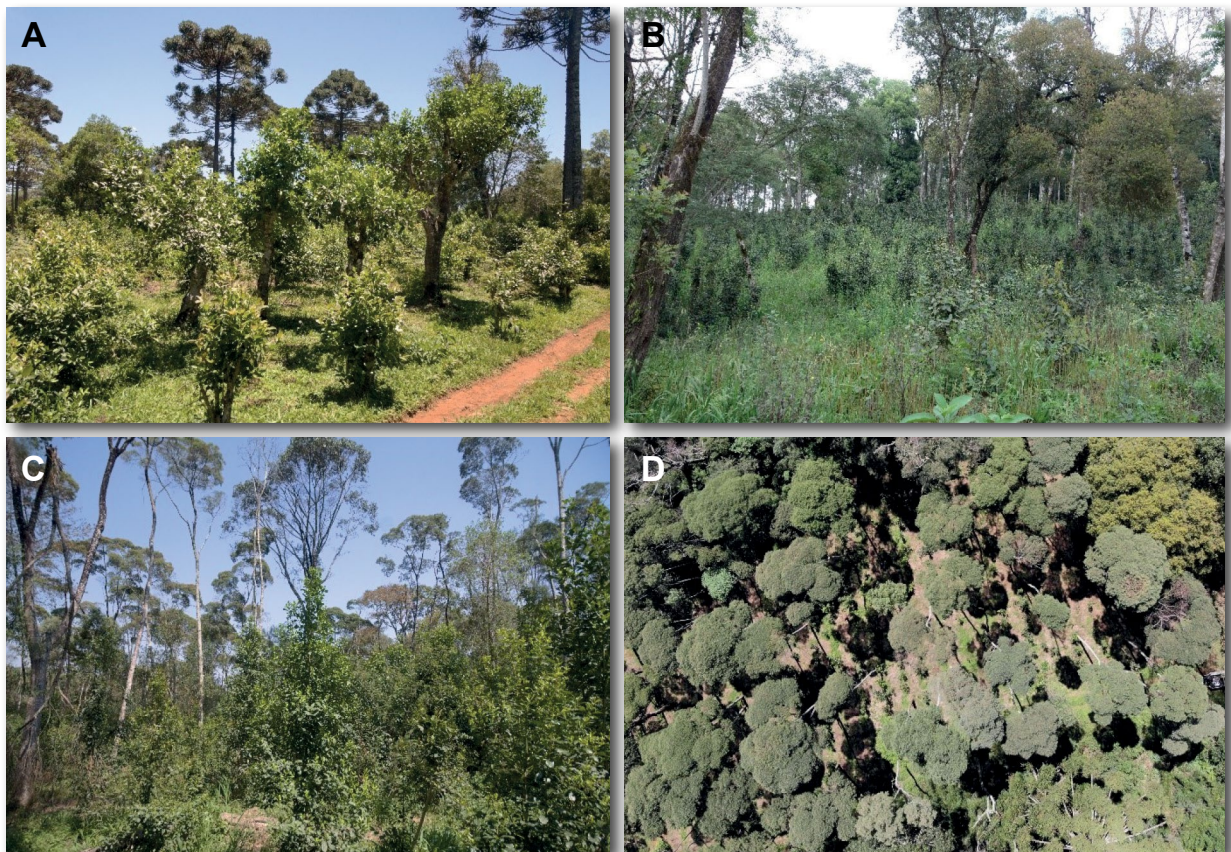


Figura 3. Condições do dossel para qual o sistema Radar é recomendado: árvores esparsas (A), com cobertura de dossel menor que 50% (B), clareiras maiores que 500 m² (C) e florestas dominadas por espécies pioneiras como os bracingais (D).

Nas situações em que se observa um dossel contínuo dominado por espécies pioneiras, o sistema Radar deve ser implantado com celeridade, tendo em vista a tendência de abertura do dossel no curto ou médio prazo, por ocasião da mortalidade das pioneiras. Tais espécies, como a bracinga, possuem ciclos de vida curto e, portanto, se não forem tomadas ações para a sua reposição, o dossel irá tornar-se aberto tão logo os indivíduos entrem em senilidade.

Diversidade baixa categoriza aquelas áreas florestais cujo dossel é composto por apenas uma ou poucas espécies (menos de 15), incluindo-se, portanto, os pinheirais (Figura 1A) e florestas dominadas por espécies pioneiras (ex. bracingais). Observar que o valor referência de 15 espécies refere-se a 1/3 da diversidade máxima de espécies encontrada em propriedades que utilizam o sistema tradicional de erva-mate, conforme descrito por Chaimsohn e Souza (2013).

Por outro lado, nas florestas com dossel contínuo onde são observadas clareiras eventuais e de pequenas dimensões (< 500 m²; Figura 4), as ações para a restauração do dossel e diversidade são pontuais, quando, então, recomenda-se o sistema Áreas de Manejo Ativo da Regeneração (Amar). Também recomenda-se este sistema para as áreas florestais dominadas por uma ou poucas espécies, sendo exemplo típico os pinheirais sob os quais ervais são cultivados em um sistema de erva-mate arborizado (Figura 1A); nestes casos, embora haja um dossel, as demais características inerentes ao sistema Erva-mate Sombreada não estão presentes, como a diversidade de espécies animais e vegetais, estrutura heterogênea (árvores de distintas alturas e formas), produção diversificada, dentre outros.



Figura 4. Floresta com dossel predominantemente contínuo, com clareiras eventuais e de pequenas dimensões. Para tais situações, recomenda-se a restauração de clareiras mediante uso do sistema Amar.

Deve-se observar que a recomendação de uso do sistema Amar para a reposição da diversidade de espécies às florestas com dossel contínuo de baixa diversidade contrasta com as florestas de dossel contínuo e dominado por espécies pioneiras, para o qual o sistema Radar é recomendado inicialmente. As recomendações distintas de manejo da regeneração natural e dossel se dão pelo fato que, em florestas com diversidade baixa e espécies não pioneiras, o dossel tende a permanecer por longo prazo, permitindo a diversificação de espécies e a reposição gradual dos indivíduos, que se dá pelo sistema Amar; não se aplica, neste caso, às situações nas quais os indivíduos de grande porte estejam na fase senil de seus ciclos de vida. Por outro lado, as florestas dominadas por espécies pioneiras tendem a perder seu dossel no curto prazo, exigindo ações amplas para a formação de um novo dossel.

A estratégia de restauração do dossel e da diversidade de espécies comumente irá utilizar a combinação dos dois métodos apresentados, especialmente onde há ampla degradação do dossel, situação na qual se deve formar rapidamente um dossel mediante uso do sistema Radar, e incrementar a diversidade de espécies por meio do sistema Amar. Embora seja recomendável aplicar ambos os sistemas conjuntamente nas situações de degradação florestal mais sérias, a diversificação de espécies pode ser focada posteriormente à reposição do dossel, atentando-se apenas para que haja um planejamento antecipado das ações necessárias para a diversificação de espécies, especialmente quanto à alocação de espaços para o desenvolvimento da regeneração natural, prática em que se baseia o sistema Amar.

Recomposição do dossel: sistema Radar – Recomposição Acelerada do Dossel por Ampla Regeneração

Planejamento e instalação do sistema Radar

O sistema Radar - Recomposição Acelerada do Dossel por Ampla Regeneração é indicado, estrategicamente, para a restauração de florestas sem cobertura arbórea contínua e se baseia na formação acelerada de um novo dossel, a partir de espécies de rápido crescimento (pioneiras) e comuns na região Sul do Brasil, preferencialmente aquelas já ocorrentes no local ou proximidades. Nesta lógica, foca-se inicialmente na reestruturação de um ambiente florestal mais adequado ao recrutamento de outras espécies e, dentre os principais benefícios, está a redução da amplitude da

temperatura e umidade às quais os regenerantes estariam sujeitos sem o sombreamento gerado pelas copas do dossel, proteção a eventos climáticos severos (geadas, granizo, vendavais), redução do ataque de insetos como as formigas-cortadeiras, dentre outros.

Além de propiciar condições ambientais mais adequadas aos regenerantes, a formação de um dossel inerentemente incrementa a intensidade e diversidade da regeneração pela atração de dispersores de sementes. Portanto, a partir da formação de um dossel, são criadas as condições apropriadas para o início das ações visando o aumento da diversidade de espécies e a manutenção, no longo prazo do dossel. No caso da Floresta com Araucária, a bracatinga (*Mimosa scabrella*) é uma das espécies ideais e aqui recomendada como preferencial, sendo uma espécie pioneira típica de distribuição regional, amplamente conhecida pelas populações rurais. Com longa viabilidade no banco de sementes do solo, incorpora nitrogênio no solo, possui taxas de crescimento extraordinárias, além de uma rápida e prolífica regeneração natural (Carpanezzi; Laurent, 1988; Radomski; Lacerda, 2019).

A etapa inicial do sistema Radar se dá a partir da regeneração natural de bracatingas que, por sua vez, é dependente da disponibilidade de sementes desta espécie no solo; no caso de sua ausência, pode-se proceder com sua semeadura ou mesmo com o plantio de mudas. Um indicativo prático da presença de sementes no solo se dá a partir da observação de indivíduos adultos de bracatinga na área a ser restaurada. Se a presença de adultos for frequente, possivelmente com distâncias entre os indivíduos não superiores a aproximadamente 20 m, pode-se inferir que há presença de sementes no solo; assim, distâncias superiores sugerem uma provável insuficiência de sementes de bracatinga no solo, e distâncias inferiores entre as árvores indicam provável presença abundante de sementes. É importante também resgatar o histórico de uso anterior da terra no local a ser restaurado, tendo em vista a longa viabilidade das sementes da bracatinga no solo que, empiricamente, são tidas como viáveis por muitos anos e podem, desta forma, estar presentes no solo mesmo quando indivíduos adultos são ausentes na área.

Pode-se testar a capacidade da regeneração natural da bracatinga pela criação de pequenas clareiras de aproximadamente 50 cm de diâmetro (com enxada, roçadeira costal com corte rente ao solo, por exemplo) de forma a expor o solo à incidência direta de luz solar, propiciando, desta forma, as condições necessárias para a quebra de dormência das sementes de bracatinga; quando presentes, a germinação ocorre rapidamente, com regenerantes devendo ser observados em poucas semanas (Figura 5). A abertura de pequenas clareiras para testar a regeneração deve ser feita em toda a área, com foco especialmente nas porções com menor ocorrência de árvores adultas de bracatinga.

“O sistema Radar é indicado para a restauração de florestas sem dossel contínuo, onde a indução e manejo da regeneração natural ocorrerão em toda a área a ser restaurada.”



Figura 5. A germinação de sementes de bracatinga presentes no solo ocorre em poucas semanas, quando em condições ideais: (A) plântula recém-germinada em clareira aberta há duas semanas; (B) Intensa regeneração natural de bracatinga em clareira aberta há quatro semanas

Nas situações em que há disponibilidade de sementes de bracatinga no solo, a forma mais eficiente de se induzir a sua germinação é por meio da roçada mecanizada com trator combinado com roçadeira de arrasto. A roçada semimecanizada (roçadeira costal) e o revolvimento do solo com enxada (coroamento) também podem ser feitos, embora seus rendimentos sejam muito inferiores ao uso de trator com roçadeira.

Na ausência ou insuficiência de sementes de bracatinga no solo, a semeadura pode ser feita a partir de sua distribuição a lanço ou com sementeiras manuais a partir de sementes submetidas ou não à quebra de dormência. A quebra de dormência poderá ser feita pelo método consagrado de imersão em água com temperatura entre 80 °C e 90 °C e descanso por aproximadamente 18 horas (Bianchetti, 1981; Zanon, 1988).

No caso de controle mecanizado da matocompetição, as árvores de bracatinga estarão no mesmo alinhamento das plantas de erva-mate e intercaladas com estas, permitindo assim a condução de roçadas nas entrelinhas. Esta disposição das árvores permite um controle rápido e sistemático da matocompetição, mas as entrelinhas permanecem desprovidas de plantas em geral, assim como de cultivos. Nas linhas de plantio, o controle da matocompetição será complementado por roçadas manuais (coroamentos) eventuais (foice) ou semimecanizado (roçadeira costal) junto às plantas de erva-mate e bracatinga. O coroamento será mais frequente (três vezes ao ano) quando houver mudas recém-plantadas de erva-mate, ou será eventual quando as plantas de erva-mate e bracatinga já estiverem adultas; neste último caso, a roçada geralmente precede a poda da erva-mate, facilitando desta forma o acesso ao local e a colheita das folhas.

Nos locais onde o plantio de erva-mate ainda não foi realizado, a disposição espacial futura das árvores do dossel e de erva-mate pode ser coincidente (mesma linha) ou com plantas intercaladas. Tais opções são dependentes da forma de manutenção da matocompetição (roçada) a ser empregada, normalmente condicionada pela disponibilidade de equipamento e mão de obra na propriedade, ou seja, se a roçada será mecanizada (trator) ou com roçadeira costal, assim como as condições de relevo e solo que podem eventualmente impedir a roçada mecanizada (relevos muito declivosos e pedregosos).

O arranjo das plantas também pode ser escolhido por ocasião do plantio da erva-mate, quando serão previstas áreas de regeneração (ARs) para a diversificação do dossel, onde em distâncias pré-definidas não são plantadas mudas de erva-mate, também parte do sistema Amar (ver item

Experiências com o sistema Amar). Vale lembrar que a localização das futuras árvores nas entrelinhas de erva-mate irá impedir a passagem de veículos, dificultando as futuras roçadas e colheitas, mas, por outro lado, permite o aproveitamento desses espaços para outros plantios. Ao contrário, as entrelinhas mantidas livres aumentam o rendimento da roçada e colheita, mas implica em diminuição do número de erveiras por área que poderiam ser plantadas intercaladas (quinquôncio) às plantas das linhas. O modelo tende a ser definido pela possibilidade da mecanização da área e pela disponibilidade dos equipamentos (trator e roçadeira).

No caso da manutenção da regeneração de bracatinga nas entrelinhas da erva-mate (mas também recomendável em outras situações), deve-se observar a necessidade de se planejar acessos ao interior do erval, a fim de viabilizar a retirada da colheita. Assim, a cada 50 m, em linha destinada à presença de bracatingas, será feita roçada periódica de forma a manter o local desprovido de vegetação arbórea. Também é necessário efetuar uma roçada rente ao solo antes da colheita, sugerindo-se, ao menos, dois meses de antecedência à colheita, a fim de permitir o secamento do material vegetal roçado, facilitando o tráfego. A disposição dos acessos a cada 50 m restringe o esforço físico imposto à equipe de colheita a uma movimentação lateral de 25 m, no máximo. As folhas colhidas serão depositadas ao longo dos acessos, para posterior transporte.

Quando o erval já estiver formado, normalmente haverá limitado espaço para induzir a regeneração entre as plantas de erva-mate plantadas em linha, quando, então, a indução da regeneração natural será feita nas entrelinhas, na estratégia de longo prazo em que se emprega o sistema Amar, para áreas mais extensas (ver item Experiências com o sistema Amar).

“Quando dominantes, é indispensável o controle de bambus para a restauração de florestas degradadas.”

No caso específico das florestas dominadas por bambus, inicialmente é essencial o controle destas populações dominantes, visando criar as condições ecológicas necessárias ao desenvolvimento exitoso da regeneração natural, especialmente da bracatinga. Neste sentido, o controle de bambus é indispensável e segue, genericamente, as práticas tradicionais de produção de erva-mate que incluem o controle gradual dos bambus invasores, os quais têm papel irrefutável na restauração das florestas e, portanto, seu controle deve ser incentivado e otimizado.

O controle de bambus pode ser feito mediante corte dos colmos por foice ou roçadeira costal, roçadeira mecanizada, por revolvimento da terra (aragem, subsolagem) ou mesmo trator de esteira; a escolha do método de controle é dependente do tamanho da área a ser restaurada, da disponibilidade de mão de obra e da possibilidade de mecanização (mais informações em Lacerda, 2019a). Normalmente, inicia-se o controle de bambus a partir da roçada com foice, seguido por roçada mecanizada, ou apenas a última, caso o equipamento permita. A partir da remoção dos bambus invasores (Figura 6), a regeneração natural tende a ocorrer rapidamente, podendo-se definir, na fase de manutenção, se as novas árvores irão acompanhar o alinhamento da erva-mate ou ficarão nas entrelinhas, como anteriormente mencionado.



Figura 6. Visão geral de floresta degradada após corte manual (foice) de taquaras seguido por roçada mecânica. A incidência solar direta sobre o solo induz a quebra da dormência das sementes de bracatinga, iniciando o processo de formação da regeneração natural.

Ressalta-se que, na ausência de banco de sementes de espécies pioneiras, a restauração do dossel se dará a partir de mudas a serem plantadas conforme planejamento, isto é, será feito no mesmo alinhamento ou nas entrelinhas da erva-mate.

O manejo da regeneração natural no sistema Radar

Como mencionadas anteriormente, a indução da regeneração natural e as respectivas ações de manejo dependem do tipo de floresta, nível de abertura do dossel e a composição (e idade) das espécies. No caso de florestas jovens, normalmente dominadas por espécies pioneiras (bracatinga, vassourão-branco, vassourão-preto, dentre outras), deve-se induzir a regeneração natural destas mesmas espécies para garantir a recomposição do dossel, no curto prazo (\pm cinco anos), tendo em vista que as pioneiras são espécies de rápido crescimento e ciclo relativamente curto de vida (20 a 60 anos). Assim, ao se garantir a reposição do dossel no curto prazo, mantêm-se as condições ambientais típicas de uma floresta que são ideais para a produção da erva-mate sombreada e para a regeneração de espécies não pioneiras. A manutenção de dossel no longo prazo e sua diversificação (aumento do número de espécies) serão alcançadas de forma gradual e obtidas a partir da utilização do sistema Amar (ver item Experiências com o sistema Amar).

Após a indução da regeneração natural da bracatinga (manual, semimecanizada ou mecanizada) ou sua semeadura, a **primeira** etapa do manejo da sua regeneração se dá pela redução da densidade (raleamento), tendo em vista sua abundante regeneração. Deve ser iniciada por volta do sexto mês ou quando as plântulas de bracatinga tiverem por volta de 0,5 m de altura (Lacerda, 2019b) (Figura 7). O raleamento deve prever a redução de regenerantes para aproximadamente 4 a 5 por metro quadrado (nas linhas ou entrelinhas de erva-mate) e pode ser feito manualmente (foice, facão), de forma semimecanizada (roçadeira costal) ou mesmo roçadeira mecanizada, dependendo do tamanho da área, disponibilidade de mão de obra e equipamentos e estágio do erval (em implantação ou já formado).



Figura 7. (A) Visão geral da regeneração de bracatingas dois meses após roçada mecanizada e (B) seu posterior raleamento em linhas (mecanizado), aos seis meses.

O **segundo** procedimento de manejo das bracatingas se dá normalmente entre 12 e 18 meses após sua germinação, quando as plantas deverão ter altura por volta de 2 m. Nestas condições, uma alta densidade de bracatingas torna-se fator impeditivo ao crescimento da erva-mate e outras espécies da regeneração e, portanto, devem ser raleadas de forma a manterem uma densidade máxima de duas a três plantas por metro quadrado (Figura 8); deve-se dar preferência para os indivíduos com melhores características em termos de retidão, sanidade, altura e ausência de bifurcações.



Figura 8. Visão geral da regeneração de bracatingas aos 18 meses, quando seu manejo mantém uma densidade entre duas e três árvores por metro quadrado.

Ainda, deve-se conduzir a desrama das plantas remanescentes onde os galhos inferiores devem ser cortados de forma a se manter, ao menos, um terço da copa. Como critério de seleção das árvores oriundas da regeneração, uma posição central na linha ou entrelinha, isto é, plantas em posição equidistante em relação às mudas de erva-mate e o não deslocamento lateral quanto ao

alinhamento do plantio, são condições ideais para se evitar o crescimento de árvores próximas em demasia da erva-mate. Essa recomendação é ainda mais importante no caso de roçada mecanizada, onde é desejável manter-se as entrelinhas livres à circulação para facilitar a colheita e formação adequada das plantas de erva-mate. O raleamento não deve ser postergado, pois, à medida que os regenerantes ultrapassam os 2 m de altura em maiores densidades, as plantas tendem a ter desenvolvimento insuficiente em diâmetro, o que causa frequente tombamento das plantas, especialmente por ocasião do raleamento, mas também após ventos mais intensos.

O **terceiro** desbaste deve ocorrer por volta dos 30 meses, deixando-se apenas duas árvores entre cada muda plantada de erva-mate, seja nas linhas de erva-mate (roçada mecanizada) ou nas entrelinhas, no caso do manejo semimecanizado ou manual (Figura 9). Independentemente do método de roçada, deve-se procurar manter árvores equidistantes, na medida do possível, às plantas de erva-mate; dessa forma, o espaçamento das plantas de bracatinga é igual ao espaçamento das plantas de erva-mate.



Figura 9. Vista geral de raleamento da regeneração de bracatingas aos 30 meses: linha à direita já foi submetida ao raleamento enquanto, à esquerda, a regeneração ainda espera o manejo.

A desrama deve remover, no máximo, 50% da copada e ser efetuada em ambas as bracatingas entre cada muda plantada de erva-mate, como prevenção aos frequentes danos causados pelo besouro-serrador (*Oncideres impluviata*; Coleoptera: Cerambycidae) e queda de galhos e árvores, ou mesmo mortalidade natural. Deve-se seguir tal procedimento anualmente, até que a remoção dos galhos não seja mais possível manualmente, o que ocorre normalmente por volta de 6 m de altura quando, então, deve ser utilizado serrote com cabo extensor (em geral, entre o terceiro e quarto ano).

As desramas irão induzir a um crescimento em altura e com menor quantidade de ramificações laterais. Desta forma, cria-se um sub-bosque com maior luminosidade para a erva-mate, mantém-se

livre o acesso ao interior da área, assim como se garante o desenvolvimento de árvores de melhor qualidade, potencializando seu aproveitamento para usos com maior valor agregado. Saliencia-se que a manutenção de duas plantas de bracatinga entre cada muda plantada de erva-mate é recomendável nesta fase, por conta do frequente ataque do besouro-serrador que tende a causar danos às plantas regenerantes, a ponto de reduzir em demasia a densidade desejada de bracatingas ou mesmo criar grandes clareiras.

O **quarto** desbaste ocorre por volta do quarto e quinto ano, onde se espera que as árvores já estejam com alturas médias acima de 10 m (no caso da bracatinga), quando o espaçamento das árvores será reduzido a 3 m na linha ou entrelinha. Finalmente, o último (**quinto**) desbaste deverá ocorrer normalmente após o quinto ano, com o objetivo de reduzir o espaçamento entre as árvores para 6 m (Figura 10). Nesta fase, considerando-se a predominância de bracatingas, as árvores estarão com alturas superiores a 12 m e com copas bem desenvolvidas, mas não se tocando.



Figura 10. Vista geral da regeneração de bracatingas após o último raleamento a ocorrer após os 60 meses, a fim de manter um espaçamento final de aproximadamente de 6 m.

Experiências com o sistema Radar

O desenvolvimento e aplicação do sistema Radar na Estação Experimental da Embrapa, em Caçador (EEEC), têm fornecido resultados empíricos desde a sua implantação em maio de 2013, quando 15 hectares foram manejados para a restauração e diversificação do dossel, além do plantio de erva-mate. Desde então, ao menos outros 7 ha tiveram o sistema Radar aplicado, sendo que uma área de 1,5 ha - mais recente - foi manejada em outubro de 2020 (Figura 11). A implantação do sistema Radar em locais e anos distintos tem possibilitado a observação de resultados similares e que mostram uma rápida e ampla resposta da bracatinga às ações de indução de sua regeneração, o seu crescimento em altura e diâmetro e a sua capacidade de formar um novo dossel em poucos anos.



Figura 11. Vista geral da área manejada em 2020, sob sistema Radar na EEEC. (A) observa-se solo coberto por taquaras já secas dois meses depois de seu corte e, (B) a regeneração de bracatingas em pleno desenvolvimento.

O monitoramento das áreas sob o sistema Radar teve início 12 meses desde a sua implantação e foi repetido aos 36 meses, quando todos os indivíduos de bracatinga foram medidos em 11 parcelas de 100 m² (25 m x 4 m). As alturas dos indivíduos de bracatinga foram medidas com fitas métricas e régua altimétrica, enquanto seus DAPs (diâmetro à altura do peito) foram medidos com paquímetro (DAP mínimo para medição de 1 cm).

Doze meses após as ações de manejo para a indução da regeneração da bracatinga, a medição das alturas dos regenerantes resultou em uma média de altura de 1,3 m (0,5 m de desvio padrão, mínima de 0,5 m e máxima de 2,5 m) (Figura 12). Os valores médios observados para a altura dos regenerantes, aos 12 meses, foram 54% menores que os obtidos em plantio da mesma espécie em experimento também na EEEC (Radomski; Lacerda, 2019) e também inferior aos obtidos por Carvalho (1981), para três municípios do Paraná, onde foram encontrados valores entre 1,4 m e 2,8 m de altura para plantios puros entre sete e oito meses de idade.

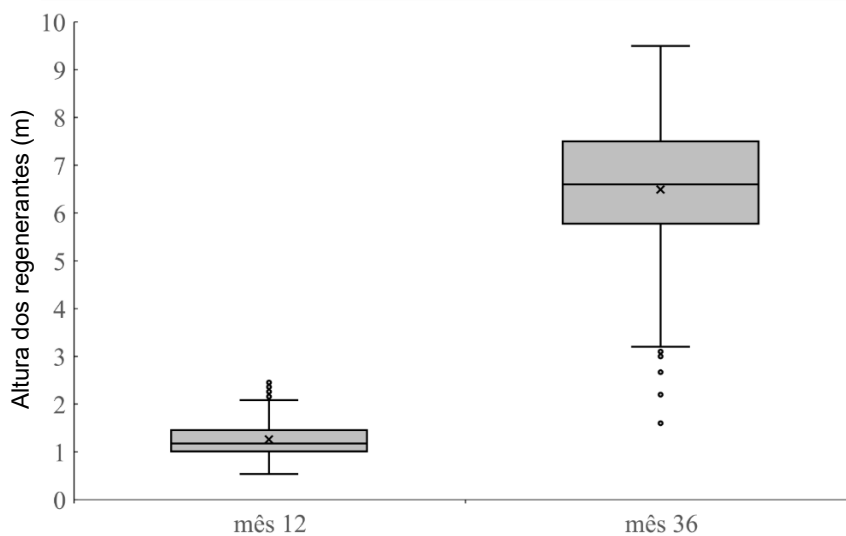


Figura 12. Diagrama de caixa (*boxplot*) mostrando a variação das alturas dos regenerantes de bracatinga, 12 e 36 meses após a indução de sua regeneração. O retângulo inclui 50% dos valores, onde a linha próxima ao centro se refere ao valor central (mediana), enquanto a cruz indica o valor da média; as caudas superiores e inferiores mostram a amplitude da distribuição dos 25% dos valores restantes; os pontos indicam valores discrepantes (*outliers*), isto é, aqueles que possuem uma variação acima do padrão geral dos dados.

Aos 36 meses desde a germinação, as plantas de bracatinga tiveram um desenvolvimento em altura, em média, de 6,3 m (1,6 m de desvio padrão, mínimo de 1,1 m e máximo de 9,3 m), valor esse 385% superior ao obtido aos 12 meses. Tais valores contrastam com uma média de 9,5 m encontrados para o plantio de bracatingas na EEEC (variação entre as alturas mínimas e máximas de 7,5 m e 12,0 m, respectivamente) também aos 36 meses.

Quanto ao DAP, aos 12 meses apenas 17% das plantas regenerantes ultrapassaram 1,3 m de altura e, portanto, tiveram seus DAPs medidos, quando uma média de 1,30 cm (2,1 cm de desvio padrão) foi observada; aos 36 meses o DAP alcançou 3,9 cm de média (desvio padrão de 1,3 cm). Tais valores contrastam com o plantio de bracatinga na EEEC, onde foram observadas médias de 2,2 cm e 11,0 cm, aos 12 e 36 meses, respectivamente (Radomski; Lacerda 2019).

As diferenças entre o crescimento da bracatinga a partir da regeneração natural e em plantios é de certa forma esperada. Inicialmente, deve-se considerar que são utilizadas mudas que vão ao campo já com alguns meses de idade e, portanto, com certa vantagem de crescimento em relação às plantas presentes na regeneração as quais têm a sua medição iniciada a partir das ações de indução da quebra da dormência. Adicionalmente, deve-se considerar as condições ambientais distintas entre as mudas plantadas sob pleno sol e regenerantes que crescem sob dossel que, no caso de uma espécie pioneira como a bracatinga, tem o seu crescimento maximizado em situação de plena insolação.

A despeito da esperada diferença entre os valores de crescimento de plantas de bracatinga observados entre plantios sob pleno sol e sob sombreamento, a utilização da bracatinga como espécie chave para a restauração ampla do dossel em florestas degradadas e em plantios de erva-mate sombreada mostra-se eficiente, com resultados de curto prazo. Por outro lado, as estimativas de produção de madeira e lenha para o uso comercial das plantas oriundas da regeneração deve ser baseada em experiências análogas àquelas aqui descritas, em detrimento ao uso de valores obtidos em plantios sob pleno sol.

Recomposição de clareiras: sistema Amar – Áreas de Manejo Ativo da Regeneração

Planejamento e instalação do sistema Amar

O sistema **Amar – Áreas de Manejo Ativo da Regeneração** é indicado para a restauração de clareiras e florestas que requeiram ações para o seu rejuvenescimento, quando o dossel é dominado por árvores antigas e, ou senis. O sistema Amar é baseado na indução da regeneração a ser feito a partir da roçada de pequenas áreas de 1 m² (áreas de regeneração - ARs) em toda a clareira ou área a ser restaurada (Figura 13).

As ARs são implantadas a cada duas linhas, a cada 6 m nas linhas de plantio da erva-mate em linhas intercaladas, independentemente do espaçamento entre linhas. Assim, considerando um plantio de erva-mate com espaçamento entre linhas de 2,5 m, haveria 333 ARs por hectare (ou o equivalente conforme o tamanho da clareira), onde o espaçamento final das árvores regenerantes estaria entre 5 m e 6 m, condição esta similar ao encontrado em florestas jovens. Uma variante deste método é a instalação de AR em todas as linhas, onde haverá o intercalamento de AR com espécies de estratégias diferentes nas linhas, isto é, uma AR focada apenas em espécies pioneiras seguida por uma para espécies secundárias e avançadas; neste caso, o sistema contaria com 666 AR por hectare.



Figura 13. Áreas de regeneração – AR – demarcados por estacas de pvc onde a regeneração natural se desenvolve protegida das roçadas.

Ainda, a fim de evitar o alinhamento das AR pela área, recomenda-se que a sua marcação seja iniciada com metragem distinta entre cada linha, assim, em uma linha a primeira AR seria marcada aos 6 m, enquanto na linha seguinte, a primeira AR seja implantada aos 3 m.

“O sistema Amar é indicado para a restauração de clareiras e o rejuvenescimento de florestas e é baseado na indução e manejo da regeneração natural em áreas de regeneração (ARs) a serem distribuídas por toda a área a ser restaurada.”

A estratégia de manejo dos regenerantes nas AR é diferenciada quanto às espécies componentes, isto é, as espécies pioneiras possuem método de manejo distinto das demais (secundárias e de sucessão avançada). Desta forma, as espécies pioneiras são manejadas esperando-se uma densidade inicial alta que, gradativamente, é reduzida até por volta do quinto ano, quando apenas um indivíduo pioneiro permanecerá em cada AR. Quanto às espécies não pioneiras, o manejo se dará no longo prazo (mais de dez anos), onde a seleção, desbaste e desrama deverão ser tratos silviculturais a serem aplicados sistematicamente. Essencialmente, no sistema Amar acompanha-se o desenvolvimento dos regenerantes, priorizando a diversidade geral de espécies e plantas com melhor forma (troncos retos e saudáveis), ao mesmo tempo que são gradualmente eliminadas as plantas doentes, deformadas e onde haja grandes concentrações de plantas da mesma espécie. Observar que o manejo das espécies pioneiras e não pioneiras ocorrem simultaneamente nas AR, sendo que, quanto maior a clareira, mais importante será o enfoque inicial nas espécies pioneiras como meio para se alcançar uma restauração acelerada do dossel.

Com o desenvolvimento dos regenerantes, torna-se possível a identificação dos indivíduos mais promissores quando, então, pode-se eliminar as plantas concorrentes; embora seja variável, comumente tal condição se dá quando as plantas atingem entre 1 m e 3 m de altura. Deve-se, entretanto, observar que o ritmo de crescimento dos regenerantes é diferente entre as variadas espécies, sendo que aquelas típicas de sucessão avançada (ex. imbuia, sapopema) terão sempre um desenvolvimento mais lento que as demais e, portanto, a escolha baseada apenas no incremento em altura não é correta. Assim, deve-se conduzir o manejo da regeneração de forma que todas as espécies

com regenerantes possam repovoar o dossel. Tal diversificação pode ocorrer gradualmente em uma floresta e irá ser definida conforme o tamanho das clareiras e a frequência de sua formação. Portanto, é possível que não haja AR suficiente para que todas as espécies regenerantes tenham espaço para se desenvolver e ocupar o dossel, podendo-se, neste caso, dar preferência às tais espécies quando novas clareiras são formadas. Ainda, deve-se evitar, sempre que possível, a ocorrência de regenerantes sob a copada ou muito próximos de árvores da mesma espécie, que AR adjacentes ou próximas contenham a mesma espécie ou espécies com características similares, especialmente se forem pioneiras ou de ciclo curto.

Ainda é importante considerar o tamanho das clareiras, especialmente quanto à necessidade do uso de espécies pioneiras. Clareiras com áreas acima de 500 m² (equivalente, por exemplo, a 14 bracingas adultas) são consideradas como de grandes dimensões onde deixa de haver continuidade do dossel, podendo comprometer, desta forma, a geração de serviços ambientais inerentes às florestas e onde os indivíduos de erva-mate ficam potencialmente expostos à incidência solar acima do observado em condições de sombreamento típico de sistemas florestais (erva-mate sombreada). Portanto, quanto maior a clareira mais importante é a indução da regeneração de espécies pioneiras, devendo-se considerar que sua ausência pode requerer a sua semeadura ou o plantio de mudas.

O manejo da regeneração natural no sistema Amar

A implantação do sistema Amar no campo se dá inicialmente pela localização das clareiras e, ou áreas de floresta demandando rejuvenescimento em uma área de produção de erva-mate (sombreada), e a subsequente localização da linha de plantio de erva-mate junto ao limite lateral da clareira, a partir da qual as áreas de regeneração (AR) serão marcadas, seguindo a indicação acima descrita, isto é, uma AR a cada 6 m na linha de plantio de erva-mate. De forma a evitar ARs adjacentes entre linhas vizinhas, recomenda-se que, após a marcação das ARs em uma linha, na subsequente haja o deslocamento de 3 m na linha, por ocasião do início da instalação de novas ARs; tal operação será repetida para todas as linhas onde serão implantadas ARs.

“As áreas de regeneração (AR) devem ter seus cantos sempre demarcados para evitar o corte acidental dos regenerantes por ocasião da roçada do erval.”

No local de instalação de uma AR, deve-se proceder à roçada rente ao solo com enxada, roçadeira costal ou mesmo o revolvimento da camada superficial do solo, de forma a expor o banco de sementes à luz solar e remover a matocompetição. Após a roçada, no espaçamento indicado (a cada 6 m) a AR deve ter seus cantos marcados (1 m²) com estacas de madeira, canos de pvc, barras de ferro, taquaras ou similares. Sugere-se usar materiais disponíveis na propriedade, devendo-se lembrar que materiais mais simples como estacas de bambu tendem a se decompor rapidamente, dificultando a identificação posterior das ARs, o que pode comprometer o sucesso da restauração; independentemente do material escolhido, as marcações dos cantos da AR devem ser recolocadas ou substituídas quando necessário, até que a restauração esteja avançada (após cinco anos ou mais). Empiricamente, observou-se que uma AR que não tem seus cantos mantidos marcados ten-

de a ser eliminada gradualmente por ocasião das roçadas rotineiras dos ervais. Finalmente, deve-se observar que pequenos ajustes no posicionamento de uma AR podem ser necessários, caso perceba-se diferenças no espaçamento entre as plantas de erva-mate em uma linha; neste caso, a AR é deslocada de forma a manter um distanciamento equidistante entre as plantas de erva-mate.

Pode-se observar a ausência de regenerantes de bracatinga oriundos do banco de sementes, mas a germinação de outras espécies pioneiras como o vassourão-branco (*Piptocarpha angustifolia*), vassourão-preto (*Vernonanthura discolor*), leiteiro (*Sapium glandulosum*) e mesmo outras espécies não pioneiras, mas comuns em clareiras, especialmente a canela-guaicá (*Ocotea puberula*). Nestes casos, a sementeira de bracatinga pode não ser necessária, especialmente em clareiras pequenas (< 500 m²) e em florestas sob processo de rejuvenescimento. O tempo esperado para o fechamento do dossel por tais espécies é mais longo que o da bracatinga e, portanto, é importante considerar cuidadosamente o tamanho e quantidade de clareiras, a fim de evitar uma restauração do dossel demasiadamente lenta.

Em relação às espécies não pioneiras (secundárias e de sucessão avançada), estas deverão ser mantidas e manejadas em todas as ARs por um período muito mais longo que as das pioneiras (> 10 anos). Durante este período, o desbaste ocorre de forma suave e restringe-se às plantas tortuosas, em altas densidades ou doentes. Por outro lado, recomenda-se a desrama sistemática das plantas para melhorar suas formas e incentivar o crescimento em altura e tronco desprovido de galhos baixos (que tendem a atrapalhar a circulação e competir excessivamente com a erva-mate). Nesse sentido, o desbaste pode ocorrer apenas no longo prazo, quando as plantas (e espécies) de interesse possam estar sendo prejudicadas pela competição gerada por regenerantes próximos. Finalmente, no caso em que se escolheu a estratégia de AR intercaladas com espécies de grupos ecológicos distintos (pioneiras e secundárias/avançadas), uma AR não necessita possuir plantas de tais grupos ecológicos, isto é, em uma AR com espécies pioneiras não é preciso haver espécies secundárias e avançadas, e vice-versa. Entretanto, a porção do dossel formado por espécies pioneiras proverá cobertura por tempo inferior ao alcançado por outras espécies, tendo em vista seu ciclo de vida curto, o que gerará a necessidade de instalação de uma nova AR, a fim de substituir tais árvores tão logo se aproximem da senilidade, em geral ocorrendo a partir dos 15 anos para a bracatinga, e por volta dos 30-40 anos para o vassourão-branco e preto; a manutenção e manejo adequado da regeneração de indivíduos de espécies não pioneiras em uma AR de espécies pioneiras é, portanto, desejável, para evitar uma nova AR ou sua permanência por longo prazo, por ocasião da senilidade das pioneiras.

Experiências com o sistema Amar

O uso do sistema Amar na Estação Experimental da Embrapa (EEEC), em Caçador tem fornecido resultados empíricos que demonstram a eficiência de seu uso. Em janeiro de 2018, 15 ARs foram instaladas em floresta jovem (bracatingal com indivíduos esparsos de outras espécies) com produção de erva-mate (sombreada), onde as clareiras existentes são consideradas pequenas (< 200 m²). Em cada AR, a dinâmica da regeneração natural foi monitorada a partir da identificação botânica dos regenerantes e a medição de suas alturas.

A primeira avaliação após a implantação (mês cinco) indicou uma ocupação rápida por regenerantes em nove ARs (média de 3,2 indivíduos por parcela), enquanto em seis parcelas não foi observada nenhuma planta (Figura 14). Nas avaliações subsequentes (mês 12, 32 e 41), 14 parcelas apresentaram plantas, com média no período variando entre 3,1 e 3,5 plantas por AR.

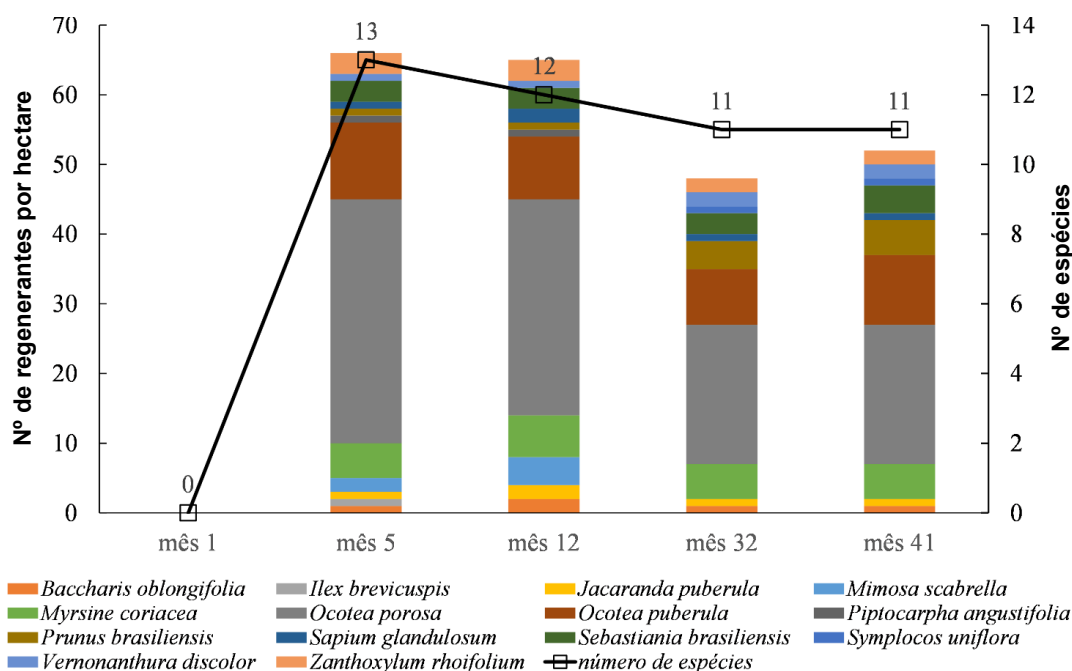


Figura 14. Resultados da avaliação da dinâmica da regeneração natural em áreas de regeneração em relação ao número de regenerantes e por espécie.

A presença de regenerantes na maioria das ARs e em quantidade relativamente alta indica a eficiência do método em proporcionar condições ambientais adequadas para a germinação e recrutamento de regenerantes, a partir da remoção da matocompetição no início da implantação das ARs.

Paralelamente, a diversidade de espécies arbóreas verificada entre os regenerantes alcançou 13 espécies, aos 5 meses, com leve queda aos 12 meses, alcançando 12 espécies para, então, manter-se em onze espécies nos meses 32 e 41. Tal diversidade contou com espécies com características ecológicas distintas, sendo observadas espécies pioneiras, secundárias e avançadas. Das sete espécies pioneiras, destacou-se *Myrsine coriacea* (capororoca) tanto pela maior abundância como pela presença em todas as medições; ainda foram observadas: *Mimosa scabrella* (bracatinga) até o mês 12, além de *Baccharis oblongifolia* (vassoura), *Jacaranda puberula* (caroba), *Piptocarpha angustifolia* (vassourão-branco), *Vernonanthura discolor* (vassourão-preto) e *Sapium glandulosum* (leiteiro). Das espécies secundárias, *Ocotea puberula* (canela-guaicá) manteve-se com alta abundância em toda a avaliação, acompanhada em menor número por *Prunus brasiliensis* (pessegueiro-bravo), *Ilex brevicuspis* (voadeira), *Zanthoxylum rhoifolium* (mamica-de-cadela), *Sebastiania brasiliensis* (leiteiro) e *Symplocos uniflora* (sete-sangria). Finalmente, *Ocotea porosa* (imbuia), a única representante das espécies típicas de fases mais avançadas de sucessão, foi a mais abundante entre todas as espécies. A presença de espécies de todos os grupos ecológicos indica uma condição ambiental propícia ao desenvolvimento de espécies demandantes por luz, assim como as mais tolerantes à sombra, o que indica uma situação de sombreamento parcial. Ainda pode-se destacar a ocorrência da bracatinga no início das avaliações, indicando que a eliminação da cobertura da vegetação mediante roçada rente ao solo possibilitou a quebra de dormência de seu banco de sementes presente no solo, mas que as condições lumínicas impostas pelo dossel existente não foram suficientes para o seu desenvolvimento. O comportamento da bracatinga, espécie heliófila (demandante obrigatória de luz) indica que clareiras pequenas como as observadas no local podem não oferecer as condições para o seu crescimento regular, e que o foco da restauração deve ser no manejo das outras espécies e, portanto, em situações semelhantes (clareiras pequenas), a semea-

dura ou plantio de bracatingas não deve ser utilizado; não obstante, deve-se observar que, no caso de clareiras maiores e florestas sem dossel contínuo, a estratégia de restauração a partir da indução da regeneração da bracatinga é eficiente e recomendável.

A regeneração natural observada nas ARs mostrou incremento em altura importante durante o período de avaliação. O crescimento médio das alturas se mostrou constante, sendo que aos cinco meses após a implantação das ARs, os regenerantes apresentavam altura média de 25 cm de altura, avançando para 40 cm aos 12 meses, 65 cm aos 32 meses e finalmente 95 cm aos 41 meses (Figura 15). Como esperado, o crescimento variou conforme a espécie, onde as pioneiras apresentaram crescimento acelerado, especialmente a capororoca que apresentou incremento de até 280% entre o mês cinco e 41 (partindo de 1,1 m e alcançado 4,2 m), e o vassourão-preto, cujo aumento alcançou 2.400% durante o mesmo período (de 0,2 m para 5,0 m); ainda merece destaque o crescimento da espécie secundária inicial mamica-de-cadela que variou sua altura em até 400% desde seu ingresso no mês 12 (0,4 m a 0,6 m) até o mês 41 (2,0 m a 2,4 m). As espécies não pioneiras, embora apresentando um crescimento comparativamente mais lento em relação àquelas pioneiras, também apresentaram crescimento constante. A imbuia, espécie tolerante à sombra e considerada normalmente de crescimento lento, partiu de uma média de 0,2 m de altura no mês cinco e alcançando média de 0,4 m no mês 41; neste período, a variação média em altura aumentou aproximadamente em 100%, tendo variado entre 62% e 215%.

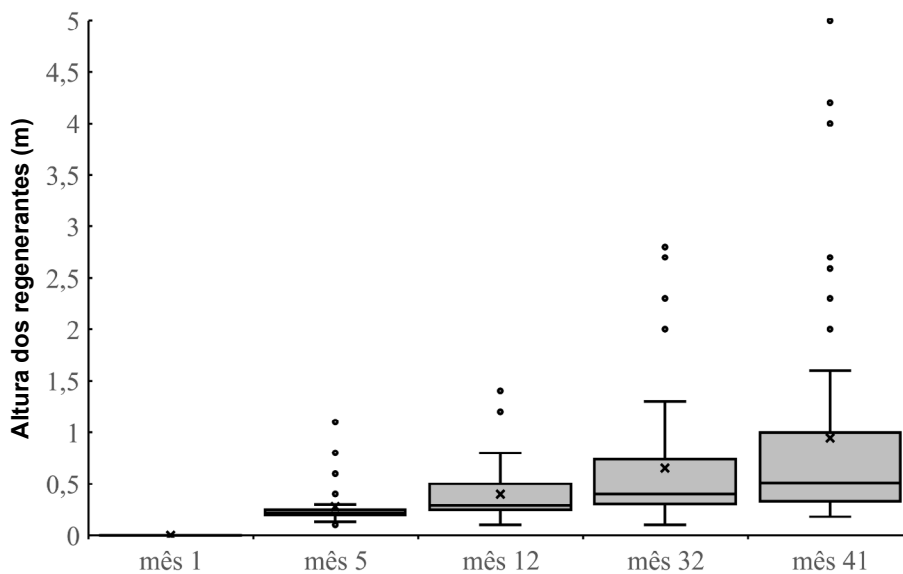


Figura 15. Diagrama de caixa (*boxplot*) mostrando a variação das alturas dos regenerantes durante os 41 meses de avaliação. O retângulo inclui 50% dos valores, onde a linha próxima ao centro se refere ao valor central (mediana), enquanto a cruz indica o valor da média; as caudas superiores e inferiores mostram a amplitude da distribuição dos 25% dos valores restantes; os pontos indicam valores discrepantes (*outliers*), isto é, aqueles que possuem uma variação acima do padrão geral dos dados.

Os resultados indicam que as ARs são eficientes, oferecendo condições ambientais adequadas para a germinação e desenvolvimento de regenerantes em quantidade e diversidade de espécies. É ainda relevante o relativo baixo custo deste sistema, onde há maior demanda de mão de obra em sua implantação, principalmente por conta da roçada e marcação das ARs. Após a demarcação das ARs, não é prevista roçada nestes locais exceto nas situações em que não sejam observados regenerantes em períodos longos (> 12 meses), quando, então, sugere-se nova roçada na área da AR, a fim de reduzir a matocompetição, facilitando a germinação de regenerantes. A manutenção

das ARs é simples, mantendo-se suas marcações até que as plantas regenerantes estejam desenvolvidas o suficiente (> 1,5 m ou, ao menos, 5 anos) para não serem cortadas por ocasião da roçada do erval. Finalmente, a desrama das plantas regenerantes é uma prática recomendável, sendo de rápida execução e a ser empregada anualmente.

Sugestões adicionais

Recomenda-se a indução da regeneração do pinheiro-do-paraná ou, na sua ausência, a realização de seu plantio por mudas ou sementes, em espaçamento aproximado de 9 m x 9 m, 12 m x 12 m ou 15 m x 15 m (e variações entre tais valores), já que tal espécie possibilita, em conjunto com as demais, o estabelecimento de uma cobertura florestal de alturas distintas e copas de formas variadas, facilitando a entrada de luz no subosque. Ademais, tal espécie possui valor comercial tanto por sua madeira como por suas sementes (pinhões), e função ecológica junto à fauna local. Não obstante seu potencial de uso, é recomendável que os pinheiros sejam mantidos em linhas para facilitar o reconhecimento posterior dos plantios por ocasião da utilização de práticas de manejo florestal e, eventualmente, seu corte. Finalmente, concomitantemente ao posicionamento em linhas, recomenda-se que todo o processo de restauração do dossel mediante o manejo da regeneração natural seja registrado junto ao órgão ambiental, para que existam anotações oficiais das ações, objetivos e etapas do manejo realizado. O registro se faz mais importante se espécies consideradas ameaçadas de extinção estiverem envolvidas, tais como a imbuia e o próprio pinheiro, para as quais há restrições legais mais severas.

Referências

- BIANCHETTI, A. comparação de tratamentos para superar a dormência de sementes de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth). **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 2, p. 57-68, 1981.
- BUDOWSKI, G. Distribution of tropical American rain forest species in the light of successional processes. **Turrialba**, v. 15, n. 1, p. 40-42, 1965.
- CARPANEZZI, A. A.; LAURENT, J.-M. E. (coord.). **Manual técnico da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth)**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1988. 70 p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 20).
- CARVALHO, P. E. R. Comportamento da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em plantios experimentais. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 4., 1981, Curitiba. **Bracatinga uma alternativa para reflorestamento: anais**. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981. p. 53-65. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 5).
- CHAIMSOHN, F. P.; SOUZA, A. M. de. (org.). **Sistemas de produção tradicionais e agroflorestais de erva-mate no centro-sul do Paraná e norte catarinense**: contribuições para a construção do processo de indicação geográfica. Ponta Grossa: IAPAR, 2013. 118 p.
- DAVIES, S. J. Tree mortality and growth in 11 sympatric macaranga species in Borneo. **Ecology**, v. 82, n. 4, p. 920-932, 2001.
- ERIKSSON, O.; EHRLÉN, J. Seedling recruitment and population ecology. In: LECK, M. A.; PARKER, V. T.; SIMPSON, R. L. (ed.) **Seedling ecology and evolution**. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. p. 239-254.
- FENNER, M.; THOMPSON, K. **The ecology of seeds**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- FINEGAN, B. Pattern and process in neotropical secondary rain forests: the first 100 years of succession. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 11, p. 119-124, 1996.
- GREIG, C.; ROBERTSON, C.; LACERDA, A. E. B. Spectral-temporal modelling of bamboo-dominated forest succession in the Atlantic Forest of Southern Brazil. **Ecological Modelling**, v. 384, p. 316-332, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.06.028>.

- GÓMEZ-POMPA, A.; VÁZQUEZ-YANES, C. Successional Studies of a Rain Forest in Mexico. In: WEST, D. C.; SHUGART, H. H.; BOTKIN, D. B. (org.) **Forest Succession**. New York: Springer New York, 1981. p. 246-266.
- KELLERMANN, B.; LACERDA, A. E. B. Bambus nativos como espécies invasoras no sul do Brasil. In: DRUMOND, P. M.; WIEDMAN, G. (org.) **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, 2017. p. 179-196. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165714/1/26392.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2022.
- KELLERMANN, B.; LACERDA, A. E. B. Arrested development? Investigating the role of bamboo in Araucaria Forest succession in Southern Brazil. **Journal of Plant Ecology**, v. 12, p. 1034-1046, 2019.
- LACERDA, A. E. B. de. **Série erva-mate sombreada (1): Sistema de produção de erva-mate baseado no manejo tradicional: bracingais dominados por bambus (taquarais)**. Colombo: Embrapa Florestas, 2019a. 23 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 439).
- LACERDA, A. E. B. de. **Série erva-mate sombreada (2): Sistema de restauração produtivo agroflorestal**. Colombo: Embrapa Florestas, 2019b. 13 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 440).
- LACERDA, A. E. B. Understanding the long-term impact of bamboos on secondary forests: a case for bamboo management in Southern Brazil. **Diversity**, v. 13, p. 567, 2021.
- LACERDA, A. E. B.; HANISCH, A. L.; NIMMO, E. R. Leveraging traditional agroforestry practices to support sustainable and agrobiodiverse landscapes in Southern Brazil. **Land**, v. 9, n. 6, art. 176, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/land9060176>.
- LACERDA, A. E. B.; KELLERMANN, B. What is the long-term effect of bamboo dominance on adult trees in the araucaria forest? a comparative analysis between two successional stages in Southern Brazil. **Diversity**, v. 11, p. 165, 2019.
- LARSON, J. E.; SHELEY, R. L.; HARDEGREE, S. P.; DOESCHER, P. S.; JAMES, J. J. Seed and seedling traits affecting critical life stage transitions and recruitment outcomes in dryland grasses. **Journal of Applied Ecology**, v. 52, p. 199-209, 2015.
- NIMMO, E. R.; CARVALHO, A. I.; LAVERDI, R.; LACERDA, A. E. B. Oral history and traditional ecological knowledge in social innovation and smallholder sovereignty: a case study of erva-mate in Southern Brazil. **Ecology and Society**, v. 25, p. 1-10, 2020.
- RADOMSKI, M. I.; LACERDA, A. E. B. de. **Plantios de bracinga na Estação Experimental da Embrapa em Caçador, SC**. Colombo: Embrapa Florestas, 2019. 37 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 328). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1111377>. Acesso em: 25 out. 2022.
- SALDARRIAGA, J. G.; WEST, D. C.; THARP, M. L.; UHL, C. Long-Term Chronosequence of Forest Succession in the Upper Rio Negro of Colombia and Venezuela. **Journal of Ecology**, v. 76, n. 4, p. 938-958, 1988.
- STRUMINSKI, E.; STRACHULSKI, J. Uma revisão de conceitos sobre florestas em faxinais com base em uma abordagem fitogeográfica. **Terr@Plural**, v. 6, p. 55-77, 2012.
- SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio**, v. 75, p. 81-86, 1988.
- VAN BREUGEL, M.; BONGERS, F.; MARTÍNEZ-RAMOS, M. Species dynamics during early secondary forest succession: Recruitment, mortality and species turnover. **Biotropica**, v. 39, p. 610-619, 2007.
- VIBRANS, A. C.; SEVEGNANI, L.; GASPER, A. L.; LINGNER, D. V. (org.). **Floresta Ombrófila Mista**. Blumenau: Edifurb, 2013. 440 p.
- ZANON, A. Método de superar a dormência de sementes de bracinga para plantio com máquina. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 16, p. 31-35, 1988.

Embrapa

Florestas

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



CGPE 017826