

SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA AGRICULTURA FAMILIAR



SISTEMA FAEP



SENAR - ADMINISTRAÇÃO REGIONAL DO ESTADO DO PARANÁ

CONSELHO ADMINISTRATIVO

Presidente: Ágide Meneguette

Membros Titulares

Rosanne Curi Zarattini
Nelson Costa
Darci Piana
Alexandre Leal dos Santos

Membros Suplentes

Livaldo Gemin
Robson Mafioletti
Ari Faria Bittencourt
Ivone Francisca de Souza

CONSELHO FISCAL

Membros Titulares

Sebastião Olímpio Santaroza
Paulo José Buso Júnior
Carlos Alberto Gabiatto

Membros Suplentes

Ana Thereza da Costa Ribeiro
Aristeu Sakamoto
Aparecido Callegari

Superintendente

Pedro Carlos Carmona Gallego

WALTER STEENBOCK

**SISTEMAS AGROFLORESTAIS
NA AGRICULTURA FAMILIAR**

**CURITIBA
SENAR AR/PR
2023**

Depósito legal na CENAGRI, conforme Portaria Interministerial n.164, datada de 22 de julho de 1994 e junto à Fundação Biblioteca Nacional e Centro de Editoração, Documentação e Informação Técnica do SENAR AR-PR.

Autores: Walter Steenbock

Coordenação técnica: Vanessa Reinhart

Coordenação pedagógica: Patrícia Lupion Torres

Coordenação gráfica: Carlos Manoel Machado Guimarães Filho

Diagramação: Sincronia Design Gráfico Ltda.

Normalização e revisão final: CEDITEC – SENAR AR/PR

Catálogo no Centro de Editoração, Documentação e
Informação Técnica do SENAR AR/PR.

S814 Steenbock, Walter

Sistemas agroflorestais na agricultura familiar [livro eletrônico] / Walter Steenbock. — Curitiba : SENAR AR/PR, 2023.

9.216 kB ; PDF.

ISBN 978-65-88733-53-0

1. Agrofloresta. 2. Agrofloresta - Manejo. 3. Agricultura familiar. 4. Agroecologia. I. Título.

CDD: 634.99

Bibliotecária responsável: Luzia G. Kintopp - CRB/9 - 1535

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida, por qualquer meio,
sem a autorização do editor.

IMPRESSO NO BRASIL – DISTRIBUIÇÃO GRATUITA



APRESENTAÇÃO

O Sistema FAEP é composto pela Federação da Agricultura do Estado do Paraná (FAEP), o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural do Paraná (SENAR-PR) e os sindicatos rurais.

O campo de atuação da FAEP é na defesa e representação dos milhares de produtores rurais do Paraná. A entidade busca soluções para as questões relacionadas aos interesses econômicos, sociais e ambientais dos agricultores e pecuaristas paranaenses. Além disso, a FAEP é responsável pela orientação dos sindicatos rurais e representação do setor no âmbito estadual.

O SENAR-PR promove a oferta contínua da qualificação dos produtores rurais nas mais diversas atividades ligadas ao setor rural. Todos os treinamentos de Formação Profissional Rural (FSR) e Promoção Social (PS), nas modalidades presencial e online, são gratuitos e com certificado.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
1. COMO A FLORESTA FUNCIONA?.....	11
1.1 TUDO COMEÇA COM A FOTOSSÍNTESE	12
1.2 ADUBAÇÃO NA FLORESTA.....	17
1.3 DINÂMICA DE CLAREIRAS: PODAS NATURAIS E CONCENTRAÇÃO DE BIOMASSA E ENERGIA	23
1.4 UMA PLANTA CRIA OUTRA: SUCESSÃO ECOLÓGICA DAS FLORESTAS	26
1.5 DAS FLORESTAS ÀS AGROFLORESTAS: IMITANDO PROCESSOS E POTENCIALIZANDO A PRODUÇÃO	36
2. ASPECTOS FUNDAMENTAIS DA PRÁTICA AGROFLORESTAL	39
2.1 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL E SOCIOECONÔMICA	39
2.2 MANEJO DA FERTILIDADE DOS SISTEMAS AGROFLORESTAIS.....	42
2.3 MANEJO DA DIVERSIDADE NO SISTEMA.....	50
2.4 UM CONSÓRCIO DEPOIS DO OUTRO: O PLANEJAMENTO DA SUCESSÃO ECOLÓGICA E DA ESTRATIFICAÇÃO NA AGROFLORESTA.....	53
2.5 EXERCITANDO O PLANEJAMENTO DA ESTRATIFICAÇÃO E DA SUCESSÃO ECOLÓGICA NA AGROFLORESTA.....	58
2.6 MANEJO DA PODA NA AGROFLORESTA.....	63
2.7 RENOVAÇÃO DE AGROFLORESTAS	68
3. AGROFLORESTAS E SUAS DIFERENTES APTIDÕES.....	69
3.1 “SAF FRUTA”	69
3.2 “SAF HORTA”	72
3.3 “SAF GADO”	74
3.4 “SAF GALINHA”	76
4. ESTRATÉGIAS DE PLANEJAMENTO ECONÔMICO DE AGROFLORESTAS.....	77
4.1 DIAGNÓSTICO SOCIOECONÔMICO	77
4.2 SELEÇÃO DE ESPÉCIES	77
4.3 FERRAMENTAS DE ANÁLISE FINANCEIRA DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS	77
4.3.1 Fluxo de caixa	77
4.3.2 Tempo de Retorno do Investimento – TRI (<i>payback</i> , em inglês)	80
4.3.3 Valor Presente Líquido (VPL)	80
4.3.4 Taxa Interna de Retorno (TIR)	81

4.3.5 Relação Benefício/Custo (B/C)	81
4.3.6 Valor Anualizado Equivalente (VAE)	81
4.4 USANDO AS FERRAMENTAS	82
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	87
6. GLOSSÁRIO.....	89
REFERÊNCIAS.....	91

INTRODUÇÃO

eles não lavram, nem criam. Não há aqui boi, nem vaca, nem cabra, nem ovelha, nem galinha, nem qualquer outra alimária, que costumada seja ao viver dos homens. Nem comem senão desse inhame, que aqui há muito, e dessa semente e frutos, que a terra e as árvores de si lançam. E com isto andam tais e tão rijos e tão nédios, que o não somos nós tanto, com quanto trigo e legumes comemos. (BRASIL, s.d., p. 12)

Foi dessa forma que Pero Vaz de Caminha descreveu ao rei de Portugal a base da alimentação dos habitantes do território que viria a se chamar, mais tarde, de Brasil. Olhando para a paisagem coberta de matas, não identificou cultivos, supondo então que a produção de comida era um presente das florestas nativas.

Somente após quase 500 anos a ciência começou a perceber que a biodiversidade dessas paisagens era composta também pela agrobiodiversidade; que grande parte das espécies tidas como nativas eram provenientes de outras regiões, sendo plantadas e manejadas por comunidades humanas em meio à dinâmica florestal; e que, em última análise, havia (e ainda há) agriculturas diferentes do que a que veio a se tornar globalizada no mundo – na qual a monocultura de espécies domesticadas exige a domesticação completa também das paisagens, em campos de cultivo. Essas agriculturas diferenciadas se inseriam (e ainda se inserem) nos processos ecológicos, compondo a biodiversidade que se supunha “nativa”.

Hoje se sabe, por exemplo, que havia pelo menos 138 espécies cultivadas em paisagens manejadas da Amazônia, quando da chegada dos europeus (CLEMENT, 1999; LEVIS *et al.*, 2017); que a agricultura de coivara, amplamente praticada por povos originários e comunidades tradicionais, se baseia na dinâmica de clareiras e amplifica a biodiversidade florestal (POSEY, 1984; EMPERAIRE, 2002; MARTINS, 2005; EMPERAIRE; PERONI, 2007; SIMINSKI; FANTINI, 2007); que a floresta com araucária do sul do Brasil não teria sua área de ocupação “original” sem a participação de grupos indígenas do tronco Jê, plantando seus capões e colhendo pinhão, erva-mate e outras espécies do sub-bosque, bem como caçando animais que também buscavam ali seu alimento e abrigo (BEHLING, 1995; NOELLI, 2000; BEHLING *et al.* 2004; BITENCOURT; KRAUSPENHAR, 2006; REIS; LADIO; PERONI, 2014; LAUTERJUNG *et al.*, 2018).

A produção de alimentos, fibras, remédios e outros produtos em meio à dinâmica florestal envolve um profundo conhecimento ecológico tradicional, gerando sistemas produtivos de elevada complexidade.

Entre os Kayapó, por exemplo, são comuns critérios de zoneamento de áreas, criação de ilhas de vegetação no cerrado e de clareiras na mata, adubação específica de determinadas plantas, produção de adubo orgânico pelo uso de vegetação e cupinzeiros e introdução de agentes biológicos para controle de formigas. De 120 espécies inventariadas nas áreas com manejo para a produção de alimentos, pelo menos 90 foram reconhecidas como sendo plantadas (POSEY, 1984).

Essas intervenções se dão em uma multiplicidade de formas e locais: junto às casas, dentro do perímetro da aldeia, com a formação de pomares, hortas medicinais e de plantas manufatureiras; nas roças, que distam de 5 a 10 km da aldeia; nas trilhas que ligam aldeias e roças entre si; em pequenas clareiras feitas nas trilhas; em locais onde encontram clareiras naturais ou onde derrubam árvores para a coleta de madeira ou de mel; em sítios abertos, em memória do pai ou da mãe que morrera; em micronichos especiais, tais como nas proximidades de rochas provenientes de basalto. Essas práticas, portanto, não são aleatórias, mas sim orientadas por um zoneamento, o qual cria uma diversidade de estágios de sucessão, oportunizando uma grande diversidade de recursos, em ciclos determinados pelo clima e previsíveis pelo movimento dos astros e constelações (POSEY, 1984).

Esses e vários outros exemplos de agricultura em conjunto com a floresta são desvendados a cada dia, por meio de trabalhos inter e transdisciplinares, envolvendo a Arqueologia, a Paleobotânica, a Genética, a Antropologia, a Fitogeografia, a Etnobiologia e outras ciências.

Nos últimos anos, agricultores familiares, pesquisadores, educadores e extensionistas vêm (re)descobrimo essas práticas produtivas e desenvolvendo novos conhecimentos e tecnologias agroflorestais no campo da agroecologia.

Sistemas agroflorestais (SAFs), agroflorestas ou agrossilvicultura são, em uma definição simples, sistemas de plantio nos quais se implantam culturas agrícolas e árvores no mesmo espaço – assim como faziam nossos ancestrais na América do Sul – em uma imensa variedade de manejos.



PARA SABER MAIS

Elementos relacionados aos arranjos espaciais e temporais dessas combinações, à dinâmica ecológica, à gestão de recursos naturais e a dimensões econômicas e sociais fazem parte de várias maneiras de caracterizar esses sistemas. Assim, foram propostos, no decorrer do tempo, termos como “sistemas agrossilvipastoris”, “*alley cropping*” (cultivo em aleias), “sistemas agroflorestais sequenciais, simultâneos, complementares, multiestrata e sucessionais”, entre vários outros (JOSE, 2009; STEENBOCK *et al.*, 2013; STEENBOCK; VEZZANI, 2013; MICCOLIS *et al.*, 2016; STEENBOCK, 2021).

Na prática agroecológica, nem sempre há uma diferenciação clara entre um tipo de sistema ou outro, pois todos tendem a ter em comum, em maior ou menor grau, a valorização e o uso de processos ecológicos para otimizar a produção. Esses processos são múltiplos e, conseqüentemente, geram uma grande diversidade de sistemas produtivos, inseridos em contextos sociais e econômicos próprios (STEENBOCK, 2021). Nos sistemas agroflorestais com enfoque agroecológico, é comum buscar evitar artificializar as condições para o desenvolvimento das espécies de interesse, potencializando os processos naturais para a produção, tanto dessas espécies quanto da biodiversidade como um todo.

Assim, a prática agroflorestal envolve captar e entender como a dinâmica florestal, os ciclos biogeoquímicos e as relações ecológicas estão acontecendo, identificando como potencializá-los para o aumento de fertilidade, produtividade e biodiversidade naquele espaço (STEENBOCK; VEZZANI, 2013).

VOCÊ SABIA?

Diferentemente da domesticação completa das paisagens para a produção monocultural, o fazer agroflorestal visa conhecer e usar conscientemente os processos ecológicos para, nesses processos, agregar a produção de alimentos.

As práticas agroflorestais lançam mão da amplificação da produtividade primária por meio do plantio de espécies adubadoras; do plantio de consórcios de espécies em um planejamento associado à sucessão ecológica e à estratificação florestal, visando ocupar nichos adequados para espécies em vários andares (estratos), na mesma área; da poda frequente, favorecendo o processo sucessional e a entrada de luz solar no sistema; da intensa cobertura do solo, especialmente por meio da disponibilização do material podado sobre o mesmo, o que favorece sua estruturação química, física e biológica, entre outros aspectos. Com isso, tem-se gerado sistemas de elevada produtividade, no mesmo espaço em que se conserva o solo, se amplifica a biodiversidade, se fixa carbono atmosférico e se conserva a água (STEENBOCK; VEZZANI, 2013).

Vários trabalhos vêm apontando para essa integração entre aumento de produtividade e conservação ambiental das agroflorestas agroecológicas (VIVAN, 1998; STEENBOCK; VEZZANI, 2013; MICCOLIS *et al.*, 2016; CORRÊA NETO *et al.*, 2016, entre outros). Apenas para citar um exemplo, estudos realizados no Vale do Rio Ribeira (PR/SP), no âmbito da Associação de Agricultores Agroflorestais de Barra do Turvo-SP e Adrianópolis-PR (Cooperafloresta), mostraram que a taxa de fixação de carbono em agroflorestas agroecológicas é de 6,7 toneladas de carbono/hectare/

ano, considerando apenas a fixação na biomassa florestal. Nessas agroflorestas, foi identificado também maior quantidade de indivíduos da mesofauna no solo, maior taxa de decomposição de folhas e galhos mortos – incorporando nutrientes ao solo – e maior diversidade de plantas do que em florestas nativas próximas, justamente por causa da potencialização dos processos ecológicos e ciclos naturais. A permeabilidade da água no solo das agroflorestas também foi recuperada, fazendo brotar nascentes onde essas já haviam secado. Tudo isso em meio à produção de 15 a 40 toneladas de alimento por hectare/ano, gerando segurança alimentar e renda para os agricultores (STEENBOCK *et al.*, 2013; SEOANE *et al.*, 2014; CEZAR *et al.*, 2015; FROUFE *et al.*, 2019; STEENBOCK *et al.*, 2020).

Com base no conceito e na intensa prática agroflorestal, Ernst Götsch, agricultor e maior referência atual no desenvolvimento e irradiação da agrofloresta no Brasil, desenvolveu o conceito de agricultura sintrópica (REBELLO; SAKAMOTO, 2021; ANDRADE; PASINI, 2022) como uma agricultura que reverte “no aumento da qualidade e da quantidade de vida consolidada”. Para Götsch

os sistemas agroflorestais, conduzidos sob o fundamento agroecológico, transcendem qualquer modelo pronto e sugerem sustentabilidade por partir de conceitos básicos fundamentais, aproveitando os conhecimentos locais e desenhando sistemas adaptados para o potencial natural do lugar [...] (1992, p. 22)



VOCÊ SABIA?

De acordo com Ernst Götsch (ANDRADE; PASINI, 2022), “a vida não funciona nos princípios da entropia, do complexo para o simples. A vida se baseia em processos que levam do simples para o complexo, na sintropia”.

A sintropia refere-se assim à evolução da organização das partículas de dado sistema. Quando o sistema vai do simples para o complexo, convergindo e concentrando a energia, trata-se de um sistema sintrópico (REBELLO; SAKAMOTO, 2021). Nesse sentido, a agricultura sintrópica é uma agricultura de processos, integrando os cultivos aos processos ecológicos, que sempre conduzem ao aumento de diversidade, de relações ecológicas, de complexidade e de abundância.

Considerando esses fundamentos centrais e, com base no desenvolvimento de práticas em diversos ecossistemas, a agrofloresta vem sendo cada vez mais vivenciada por agricultores do Brasil e do mundo. Em especial, essa maneira de fazer agricultura tem sido incorporada aos saberes e fazeres de milhares de agricultores familiares que encontraram na agroecologia, há algum tempo, o campo fértil para a integração de seus modos de vida (STEENBOCK, 2021).

1. COMO A FLORESTA FUNCIONA?

Quando entramos em uma floresta, é fácil perceber sua grande diversidade de plantas e animais, quando esta é comparada a áreas de cultivo. É fácil sentir sua temperatura mais amena e a alta umidade relativa, bem como identificar que o solo está sempre bem coberto por folhas e galhos. É fácil perceber também que, em geral, as plantas estão saudáveis e produtivas, gerando uma grande quantidade de folhas, flores e frutos (figuras 1 e 2).

Figura 1 – Ambiente típico de floresta tropical



Fonte – Pinterest, acesso público

Figura 2 – Solo típico de floresta



Fonte – Foto de Maria de la Mora Rodríguez

Quando pensamos em fazer agroflorestas, é importante entender quais são os fatores que fazem a floresta ser tão biodiversa e tão produtiva ao mesmo tempo, para então aplicarmos esses fatores em nossa prática de cultivo.

1.1 TUDO COMEÇA COM A FOTOSSÍNTESE

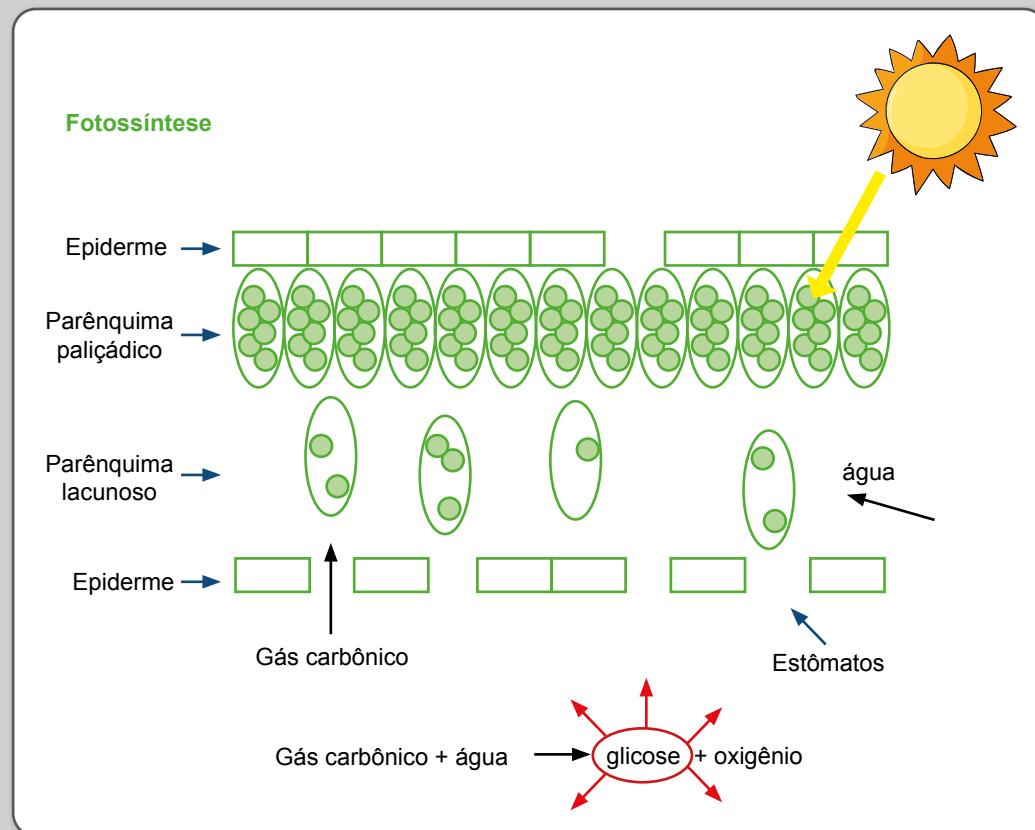
A fotossíntese é o processo pelo qual as plantas produzem sua biomassa, tendo como base o gás carbônico que captam da atmosfera e da água que captam do solo. Ela ocorre principalmente nas folhas, na presença de luz, e tem como subproduto o oxigênio que respiramos.



VOCÊ SABIA?

O termo “fotossíntese” significa síntese, ou união, por meio da luz. De fato, é pela fotossíntese que átomos de carbono, antes formadores de moléculas de gás carbônico no ar, são unidos para a formação de glicose nas plantas. A energia solar é “capturada” nessa reação, passando a ligar quimicamente esses átomos na glicose. Como subproduto, a fotossíntese libera oxigênio, fundamental para a vida de quase todos os seres do planeta.

A reação da fotossíntese acontece dentro de estruturas especializadas, chamadas de cloroplastos, que ocorrem com mais frequência em células de um tecido da folha chamado parênquima paliçádico. Esse tecido é organizado logo abaixo da epiderme superior das folhas, de forma a captar da melhor forma possível a luz solar. Abaixo dele, as células da folha ficam mais separadas, formando o parênquima lacunoso, para dar lugar à chegada da água e do gás carbônico – os reagentes da fotossíntese (RAVEN, 2014) (Figura 3).

Figura 3 – Esquema geral dos tecidos foliares e da fotossíntese

Fonte – O autor.

Na fotossíntese, os átomos de carbono do gás carbônico são unidos pela energia do sol, formando moléculas de glicose. Com glicose, a planta produz todas as outras substâncias de que necessita: grosso modo, quando se juntam várias moléculas de glicose uma na outra, em linha, forma-se uma molécula de celulose, que estrutura os ramos das plantas herbáceas e os brotos nos galhos de árvores; quando se enrola essas moléculas de celulose, forma-se lignina, que é a estrutura de madeira dos troncos; quando são feitos anéis de glicose, forma-se amido; quando se agregam nutrientes que captam do solo a moléculas formadas por meio da glicose, formam-se óleos essenciais ou resinas, fundamentais para sua defesa para atração de polinizadores... e assim por diante. Dessa forma, todas as substâncias que formam a biomassa e promovem o funcionamento dos vegetais têm origem na fotossíntese (STEENBOCK; VEZZANI, 2013; RAVEN, 2014).

Se a fotossíntese está funcionando bem, a planta tende a ser sadia e produtiva, o que facilita a captação de nutrientes disponíveis no solo. Portanto, mais do que nitrogênio, fósforo, potássio ou qualquer outro nutriente, a planta precisa de carbono, em grandes quantidades, em forma de glicose. Talvez porque o carbono esteja disponível no ar, não tenha merecido tanta atenção quanto os demais nutrientes, do ponto de vista agrônomo.

Entretanto, para que o carbono seja incorporado adequadamente pela fotossíntese, é importante que haja condições ambientais adequadas. E, além de gás carbônico, é preciso água e luz, como vimos anteriormente.

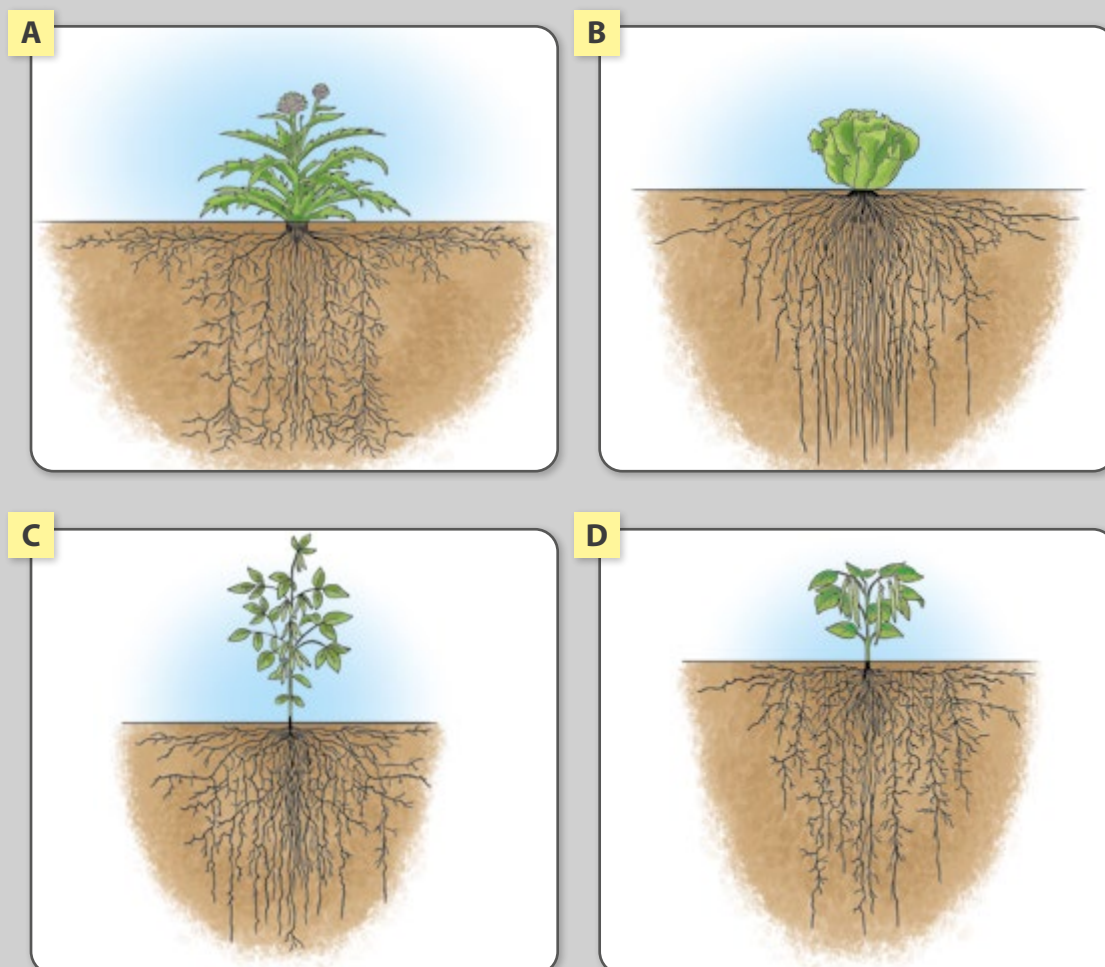
O gás carbônico da atmosfera precisa penetrar nas folhas por estruturas específicas, que funcionam como poros, chamadas de estômatos. E é também pelos estômatos que a planta transpira água.

Em condições de temperatura elevada, as plantas tendem a fechar seus estômatos, para não se desidratarem. Assim, é comum, em lavouras comerciais, as plantas fecharem seus estômatos por algumas horas, antes e após o meio-dia. Com estômatos fechados, não há entrada de gás carbônico e, portanto, não há fotossíntese. Na floresta, as temperaturas são mais amenas, o que faz as plantas permanecerem mais tempo do dia com os estômatos abertos. Isso é possibilitado pela entrada gradativa de energia solar e, em especial, pela elevada quantidade de água – outro fator fundamental para a fotossíntese (RAVEN, 2014).

Diferentemente do carbono, a água precisa chegar nas folhas por meio de sua captação pelas raízes das plantas. É preciso, portanto, que as raízes tenham liberdade para crescer no solo e, para isso, este precisa estar permeável e estruturado. Sem limitações de compactação de solo, as plantas tendem a emitir grande quantidade de raízes e pelos radiculares (por onde ocorre a captação de água e nutrientes) (PRIMAVESI, 2009).

As pranchas a seguir (Figura 4) foram desenhadas tendo como base plantas sem limitação de crescimento no solo e fazem parte de uma ampla biblioteca de pranchas da Universidade de Wageningen (WAGENINGEN, 2021). É possível observar, nessas pranchas, que a parte aérea das plantas é em geral muito menor do que o volume de solo ocupado pelas raízes.

Figura 4 – Pranchas de raízes e parte aérea de algumas espécies cultivadas. Alcachofra *Cynara scolymus* (a); Alface *Lactuca sativa* (b); Soja *Glycine max* (c); Feijão *Phaseolus vulgaris* (d).

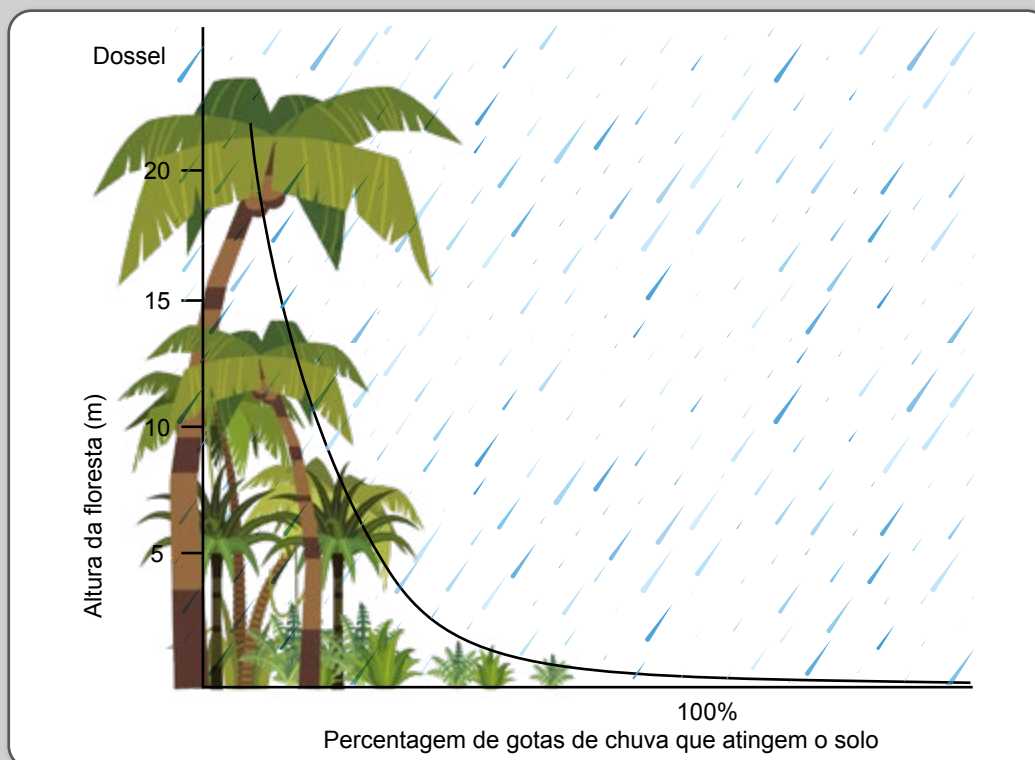


Fonte – Adaptado de Wageningen, 2021.

Infelizmente, é comum, na agricultura convencional, a desestruturação e compactação dos solos, o que reduz em muito a possibilidade de absorção de água pelas plantas. Nas florestas, por outro lado, a grande quantidade de folhas e galhos sobre o solo ajuda a mantê-lo estruturado, fornecendo proteção e alimento aos microrganismos.

As raízes das plantas, em grande quantidade e diversidade de formas, também contribuem para essa estruturação. Além disso, as copas das árvores, em vários andares (ou estratos), reduzem a insolação direta e evitam que as gotas de chuva atinjam diretamente o solo. Em florestas tropicais, somente 1 a 2% das gotas de chuva chegam diretamente ao chão. A maior parte atinge justamente as copas das árvores, escorrendo lentamente pelos troncos, conforme a Figura 5 (GOLLEY *et al.*, 1978; STEENBOCK; VEZZANI, 2013).

Figura 5 – Esquema geral da relação entre estrutura florestal e percentagem de gotas de chuva que atingem diretamente o solo, em uma floresta tropical

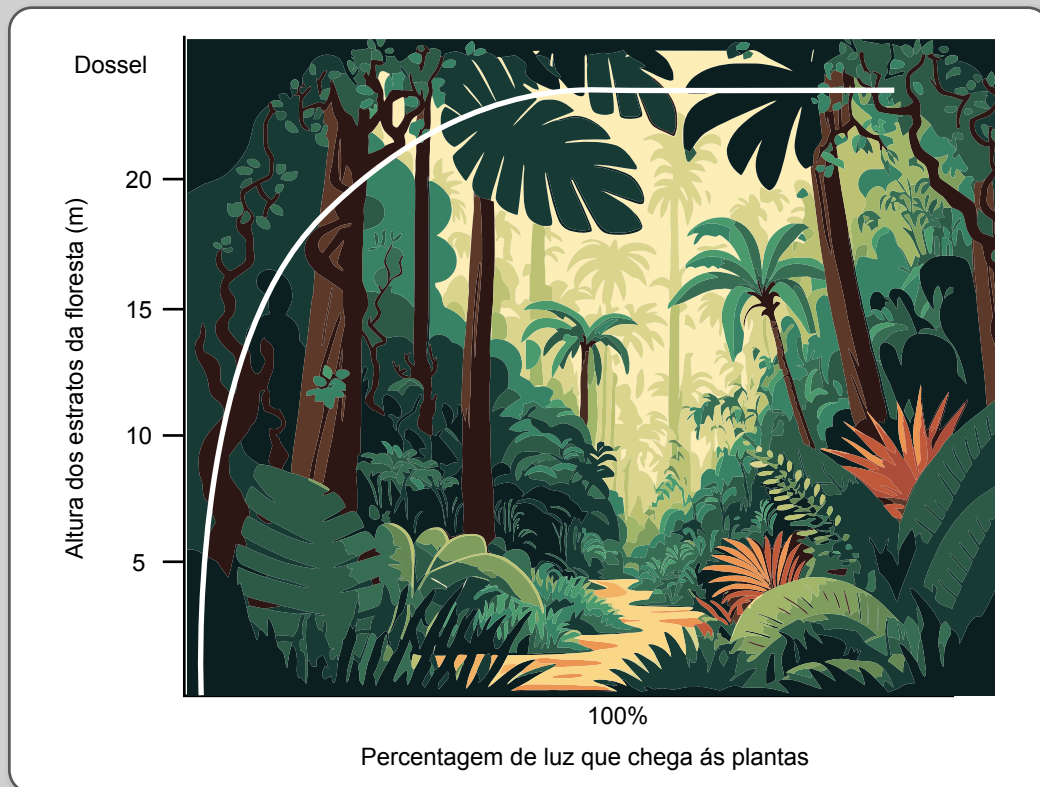


Fonte – Adaptado de Steenbock; Vezzani, 2013.

É importante ainda lembrar que parte da água que veio da chuva é evaporada do solo ou transpirada pelas plantas, em seus vários estratos. O vapor formado nesses processos tende a permanecer circulando no interior da floresta estratificada, elevando a umidade relativa do ar. Com menos insolação direta e maior umidade relativa, a temperatura é reduzida. Tudo isso faz, portanto, que os estômatos permaneçam abertos durante praticamente o dia inteiro, possibilitando a fotossíntese (STEENBOCK; VEZZANI, 2013).

Finalmente, é importante falar da luz. Em florestas, a luz solar é refletida pela diversidade de folhas e galhos. Cada espécie, em seu processo evolutivo, se adaptou a captar a luz de diferentes comprimentos de onda. Assim, as gramíneas (família *Poaceae*), por exemplo, que vivem a pleno sol, dependem da insolação direta para realizar sua fotossíntese. Já o café ou o cacau, plantas que vivem bem à sombra, se adaptaram a receber comprimentos de onda luminosa próprios de estratos mais baixos da floresta (Figura 6). Essa adaptação das plantas a diferentes comprimentos de onda de luz é o que permite a sucessão ecológica e a estratificação das florestas – ou seja, permite que uma floresta tenha seus vários andares de copas de plantas, cada qual a seu tempo (STEENBOCK; VEZZANI, 2013; STEENBOCK, 2021).

Figura 6 – Esquema geral da relação entre estrutura florestal e incidência luminosa, em uma floresta tropical



Fonte – Adaptado de Steenbock; Vezzani, 2013.

Resumindo:

Para que uma planta cresça bem e seja sadia, é importante que a fotossíntese ocorra de forma adequada. Isso é garantido nas florestas, por seus diferentes andares e pela constante e intensa cobertura do solo. É dessa forma que há gás carbônico, água e luz disponíveis para a produção da biomassa de cada espécie.

1.2 ADUBAÇÃO NA FLORESTA

É difícil entrar em uma floresta tropical e não perceber sua elevada produtividade de madeira, folhas, flores e frutos.

Entretanto, estamos acostumados a ouvir que os solos de clima tropical e subtropical são mais pobres em fertilidade que os solos de clima temperado, que eles têm menor proporção de nutrientes e não acumulam húmus tão facilmente. Por isso, nossas lavouras necessitariam de maiores aportes de fertilizantes (PRIMAVESI, 2009).

De fato, há diferenças gerais entre solos que ocorrem nesses dois climas. Solos de clima temperado tendem a apresentar maiores teores de sílica do que solos de clima tropical, enquanto estes apresentam maiores teores de alumínio.

Em clima temperado, a decomposição da matéria orgânica é mais lenta, formando ácidos húmicos e humina, que ajudam a estruturar o solo. Já em clima tropical/subtropical a rápida decomposição da matéria orgânica gera principalmente ácidos fúlvicos, que são lixiviáveis com a chuva. Além disso, a maior intensidade luminosa e de precipitação faz com que nossos solos sejam mais intemperizados (PRIMAVESI, 2009). Assim, quando tentamos analisar o solo apenas do ponto de vista químico e físico, é possível supor que solos de clima tropical são mais pobres do que os de clima temperado (Quadro 1).

Quadro 1 – Diferenças gerais entre solos de clima tropical e de clima temperado

CLIMA TEMPERADO	CLIMA TROPICAL
▪ Maiores teores de sílica	▪ Maior teor de alumínio
▪ Elevada riqueza mineral	▪ Baixa riqueza mineral
▪ Decomposição lenta da matéria orgânica (acúmulo de ácido húmico e humina)	▪ Decomposição rápida da matéria orgânica (produção de ácido fúlvico, lixiviável)
▪ 2 milhões de microrganismos ativos/g (até 25 cm)	▪ 12 a 20 milhões de microrganismos ativos/g (até 15 cm)
▪ Necessidade de captar energia luminosa para produção de calor/atividade microbiana	▪ Atividade microbiana mais intensa quando o solo está protegido da insolação e do impacto da gota de chuva
▪ Chuvas pouco intensas, parte em neve, gerando baixo impacto sobre a estrutura do solo quando exposto	▪ Chuvas intensas, gerando alto impacto sobre a estrutura do solo, quando exposto

Fonte – Adaptado de Primavesi, 2009.

Porém, o solo é parte de um sistema vivo mais amplo – o sistema florestal. Nas florestas tropicais e subtropicais, a grande diversidade e densidade das plantas da floresta produz, em um hectare, dezenas de toneladas de folhas e galhos que caem e são depositados sobre o solo a cada ano (STEENBOCK; VEZZANI, 2013; CORRÊA NETTO *et al.*, 2016) (Figura 7).

Figura 7 – Biomassa depositada sobre solo de floresta

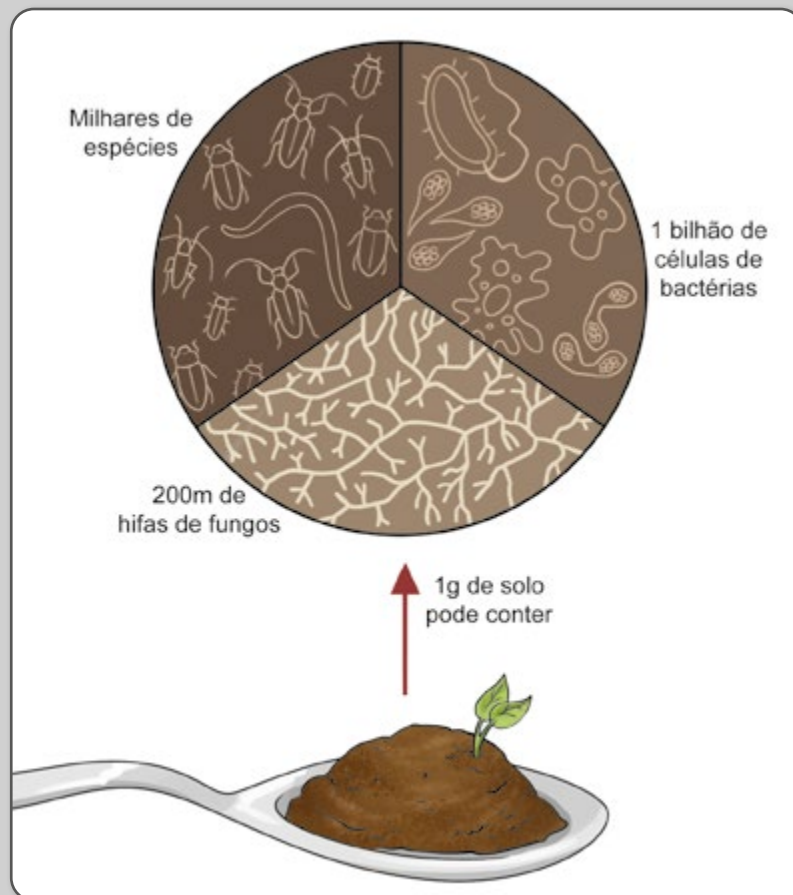


Fonte – Foto de Maria de la Mora Rodríguez

Esses galhos e folhas, além de protegerem o solo da insolação direta e das gotas de chuva, carregam muito carbono e grande quantidade de nutrientes minerais, que foram absorvidos por raízes em diferentes profundidades. Muitas vezes há micorrizas e outros fungos associados a essas raízes, que cumprem papel fundamental na solubilização de nutrientes, anteriormente presos quimicamente nas partículas do solo. Após essa solubilização, os nutrientes penetram nas raízes, são transportados até os galhos e folhas e, então, chegam à superfície do solo (STEENBOCK; VEZZANI, 2013; STEENBOCK, 2021).

Nas camadas mais superficiais do solo, há uma grande quantidade e diversidade de bactérias, fungos, ácaros, nematoides, protozoários e outros organismos, que transformam a biomassa desses galhos e folhas em substâncias disponíveis para as raízes mais próximas à superfície. Nesse aspecto, nossos solos são muito mais ricos que os de clima temperado.

Enquanto em clima temperado há em torno de 2 milhões de microrganismos ativos por grama de solo, nos primeiros 25 cm de profundidade, em clima tropical são 12 a 20 milhões por grama de solo, apenas nos primeiros 15 cm (PRIMAVESI, 2009) (Figura 8).

Figura 8 – Estimativa de vida microbiana no solo

Fonte – Adaptado de FAO, 2020.

Assim, enquanto as raízes das árvores, em conjunto com as micorrizas, atuam disponibilizando e transportando nutrientes de regiões mais profundas do solo até as folhas, os microrganismos próximos à superfície atuam disponibilizando esses nutrientes para as raízes das plantas localizadas nessa região. Dessa forma, nutrientes que estavam indisponíveis, por vezes em um perfil de 2 a 3 metros de profundidade (ou mais), são transportados para os primeiros centímetros do solo, amplificando em muito a fertilidade para todas as plantas da floresta (STEENBOCK; VEZZANI, 2013).

É bom lembrar que essa imensa quantidade de matéria orgânica de folhas e galhos, além de fornecer nutrientes, protege toda a diversidade microbiana da superfície e da subsuperfície do solo e cria condições adequadas de temperatura e umidade para seu desenvolvimento. Esse sistema também evita a lixiviação da matéria orgânica e dos nutrientes, mantendo-os nas primeiras camadas do solo (CORRÊA NETTO *et al.*, 2016).

Dessa forma, a presença de vários estratos de plantas, em associação com uma grande diversidade de biomassa microbiana, constitui um processo constante de fornecimento de nutrientes em quantidades adequadas para sustentar a elevada diversidade e densidade de plantas da floresta (PIANKA, 1994).

Essa liberação constante e gradativa de nutrientes no solo favorece, também, sua absorção pelas raízes junto à água: como esta penetra nos pelos radiculares por osmose, carreando os nutrientes, é muito importante que a concentração de substâncias orgânicas e minerais dentro das células dos pelos seja maior do que no solo. Caso contrário, o que acaba acontecendo é a saída de água das raízes (PIRIMAVESI, 2009). A atuação microbiana funciona, então, como um imenso “contagotas”, liberando os nutrientes aos poucos e de forma constante para a solução de solo (STEENBOCK; VEZZANI, 2013).

É importante notar que a quantidade total de matéria orgânica e nutrientes em circulação nas camadas superficiais dos solos em ambiente florestal envolve nutrientes que estariam imobilizados, em maiores profundidades, caso as raízes das árvores não estivessem atuando. Assim, solos tropicais sem cobertura florestal só contam com os nutrientes liberados na superfície, por uma menor quantidade de microrganismos e, ainda assim, por pouco tempo, já que a insolação e a chuva rapidamente os levam pela lixiviação ou mesmo pela erosão. Com base no exposto, solos tropicais só são pobres quando a floresta que os compõem é retirada (STEENBOCK; VEZZANI, 2013).

Além da realizarem a ciclagem de nutrientes apresentada anteriormente, as florestas estão constantemente recebendo nutrientes “de fora”, por meio de materiais particulados no ar (GOLLEY *et al.*, 1978). Estudos mostram que de 7 a 11% da deposição de nutrientes minerais no solo provêm da atmosfera (BRITEZ, 1994), por meio da interceptação de materiais particulados pela vegetação e pela posterior precipitação, carreando os nutrientes ao solo. Imagens realizadas do espaço, por exemplo, mostram o transporte de poeira do deserto do Saara até a América do Sul (Figura 9). Estima-se que em torno de 27,7 milhões de toneladas dessa poeira cheguem na Amazônia por ano, levando aproximadamente 22 mil toneladas de fósforo (NASA, 2022).

Figura 9 – Carreamento de sedimentos entre o Saara e a América do Sul



Fonte – NASA, 2015.

Na região de Guaraqueçaba, litoral do Paraná, foram identificadas quantidades consideráveis de potássio, cálcio e sódio na água da chuva no interior das capoeiras e florestas, se comparadas com essas proporções em área externa (SCHEER, 2009). Dentro das capoeiras e florestas, a quantidade desses nutrientes na água da chuva chega a ser quatro a sete vezes maior do que do lado de fora dessas áreas (Quadro 2).

Quadro 2 – Nutrientes contidos na precipitação pluvial em diferentes formações na região de Guaraqueçaba-PR

	Precipitação (mm)	K	Ca	Mg	Na
Externa	2.676	6,7	1,2	5,0	83,4
Capoeira		51,7	5,0	2,9	95,9
Floresta		28,7	4,2	2,1	91,8

Fonte – Adaptado de Scheer, 2009.

Além da chegada de nutrientes “de fora” por meio da captação de materiais particulados da atmosfera, pode ocorrer a deposição de nutrientes de solo proveniente de outras regiões, transportado pela água de rios, o que ocorre especialmente em matas ciliares (GOLLEY *et al.*, 1978).

Resumindo:

A ciclagem de nutrientes na floresta envolve alguns mecanismos:

- 1) A solubilização e captação de nutrientes em diferentes profundidades do solo, pela associação entre raízes de árvores e micorrizas;
- 2) A translocação desses nutrientes para os galhos e folhas das árvores;
- 3) A elevada deposição de folhas e galhos sobre o solo, por meio de sua queda constante;
- 4) A transformação de folhas e galhos e a liberação de nutrientes nas camadas superficiais do solo, pela grande quantidade de microrganismos que ali vivem, em condições ambientais adequadas;
- 5) A captação de nutrientes em materiais particulados no ar, que são levados ao solo quando chove.

1.3 DINÂMICA DE CLAREIRAS: PODAS NATURAIS E CONCENTRAÇÃO DE BIOMASSA E ENERGIA

Na seção anterior, vimos que folhas e galhos de árvores constantemente estão caindo no solo, fazendo parte do processo de adubação da floresta. Porém, além disso, é comum a queda de árvores inteiras, ou mesmo de conjuntos de árvores, periodicamente. Quando isso acontece, formam-se as clareiras na floresta.

Devido à maior intensidade luminosa nas clareiras, ocorre a quebra de dormência de um grande número de sementes no solo (justamente pelo aumento de calor) e um forte estímulo à brotação das plantas ao redor. Esse rápido aumento da produção de biomassa nas clareiras é acompanhado e motivado pela imensa quantidade de matéria orgânica que é depositada sobre o solo – por causa da queda das árvores – e da matéria orgânica disponibilizada sob o solo, por meio do apodrecimento das raízes das árvores que caíram (Figura 10).

Figura 10 – Incremento da biomassa e da biodiversidade em clareira recém-formada em ambiente de Floresta Ombrófila Densa da Mata Atlântica



Fonte – Carlos Moisés Silva de Mattos.

Antigamente, a ciência considerava a formação de clareiras um distúrbio na floresta, além de uma ocorrência muito eventual. Entretanto, estudos realizados em florestas tropicais, a partir das últimas décadas do século XX, mostraram que na verdade as clareiras ocorrem muito mais frequentemente do que se imaginava.

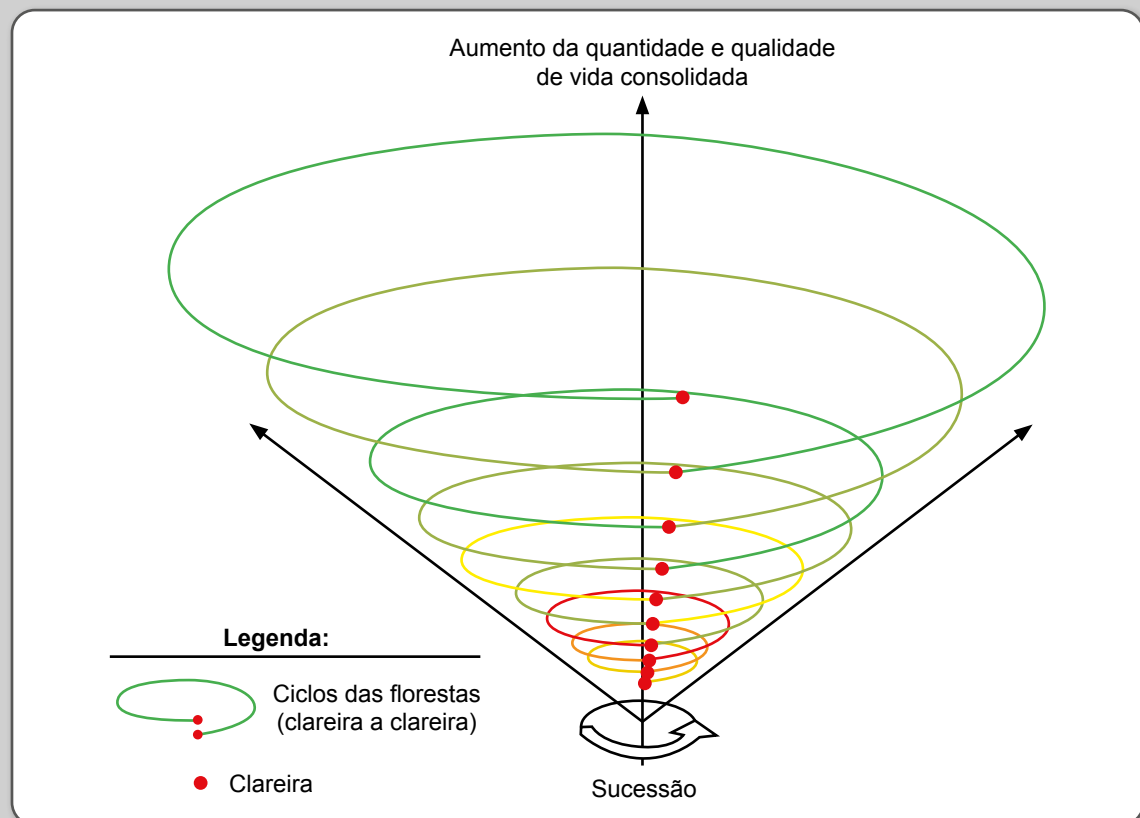
? VOCÊ SABIA?

Em termos gerais, hoje se sabe que aproximadamente 25% da área de uma floresta tropical é formada por clareiras (BROKAW, 1985) e que cada clareira volta a ser clareira, em média, a cada 125 anos (OLIVEIRA, 1997). Como cada clareira ocorre em períodos diferentes e tem tamanhos diferentes, uma floresta tropical é, de fato, um grande mosaico de clareiras de diferentes tamanhos e idades (MARTINEZ-RAMOS *et al.*, 1988; KAGEYAMA; GANDARA; 2000).

Dessa forma, na mesma floresta há espécies mais adaptadas a clareiras recém-formadas, outras, a clareiras formadas há alguns anos, e outras, a clareiras formadas há mais de cem anos (como veremos no próximo tópico). Isso contribui em muito para a grande biodiversidade das florestas tropicais.

É importante notar que o fato de uma área de clareira voltar a ser clareira periodicamente não faz com que as condições ambientais dessa área regridam às condições da clareira anterior. Quando uma nova clareira é formada, houve todo um período anterior de acúmulo de matéria orgânica e de aumento de complexidade e do número de relações entre as espécies, representando um aumento da quantidade e da qualidade de vida consolidada (VAZ, 2017) (Figura 11).

Figura 11 – Ciclos das florestas (clareira a clareira)



Fonte – Vaz, 2017.

Finalmente, é importante lembrar que uma clareira não se forma por acaso. Ela é consequência da queda natural – ou, poderíamos dizer, de uma poda natural – de uma ou de um conjunto de árvores que já cumpriu seu papel no processo de sucessão natural e que, portanto, já reduziu suas atividades fisiológicas. A poda natural é, assim, parte da dinâmica florestal (CORRÊA NETTO *et al.*, 2016).

Obviamente, quando uma ou várias árvores caem, sua imensa biomassa se transforma em adubo da floresta. Enquanto sua parte aérea vai sendo decomposta por organismos da superfície, parte da biomassa das raízes passa, gradativamente, a compor também a matéria orgânica do solo. Os espaços anteriormente ocupados por essas raízes agora funcionam como caminhos para o ar e para a água no perfil do solo.

A dinâmica de clareiras atua, portanto, como mais um mecanismo de adubação do solo da floresta, por meio da concentração de biomassa e energia no local de sua formação. Como clareiras são frequentes e de diferentes tamanhos, a adubação da floresta, por essa via, acaba sendo bem distribuída no espaço e no tempo (STEENBOCK; VEZZANI, 2013).

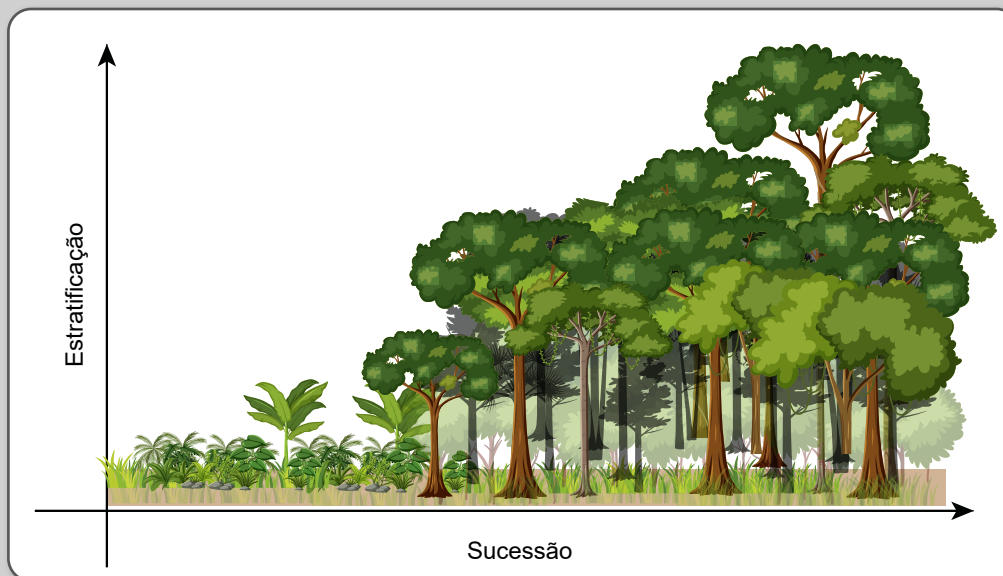
Resumindo:

A dinâmica de clareiras é o grande motor da biodiversidade das florestas tropicais e subtropicais. A queda (ou poda) natural de árvores faz com que haja concentração de energia luminosa e de biomassa nas clareiras, o que estimula a germinação e o rápido crescimento das plantas que ali se encontram.

1.4 UMA PLANTA CRIA OUTRA: SUCESSÃO ECOLÓGICA DAS FLORESTAS

Depois que uma clareira é formada, a germinação e o crescimento de cada planta que irá compor aquele pedaço de floresta não acontecem de forma homogênea. Cada planta tem seu momento certo de germinar e características ambientais adequadas para seu crescimento. Se voltarmos ao lugar de uma clareira de quando em quando, veremos sempre uma nova conformação da floresta. Esse desenvolvimento é chamado de sucessão ecológica, que nada mais é do que a sequência natural de comunidades vegetais e animais daquele pedaço de floresta no decorrer do tempo.

Conforme a sucessão ecológica vai acontecendo, as copas das plantas vão ocupando diferentes andares (ou estratos) da floresta, em um processo chamado de estratificação. Esta, portanto, é o mecanismo pelo qual as espécies se estruturam em andares, em cada fase da sucessão ecológica (Figura 12).

Figura 12 – Estratificação florestal e sucessão ecológica

Fonte – Adaptado de Steenbock; Vezzani, 2013.

A sucessão ecológica e a estratificação atuam juntas para o aumento da diversidade da floresta e de sua capacidade produtiva, amplificando a taxa de fotossíntese e a produção de biomassa na área da clareira formada. Nesse processo, cada planta ajuda a criar condições ambientais adequadas para o estabelecimento de outras plantas.

Vejamos, a seguir, como esse processo acontece, considerando como exemplo a sucessão ecológica e a estratificação em uma área na qual foi formada uma clareira para a produção agrícola convencional e na qual essa produção ocorreu por muito tempo. Imaginemos que, durante esse período, as sucessivas operações de aração e gradagem, a exposição frequente à insolação e à chuva e a aplicação intensa de agrotóxicos tenham compactado o solo e reduzido em muito a matéria orgânica e a quantidade e diversidade de microrganismos da superfície. Imaginemos que essa área tenha sido abandonada, então, pelo agricultor.

No início do processo de sucessão ecológica nessa área, é provável o aparecimento de gramíneas (espécies da família *Poaceae*), como o sapé (*Imperata brasiliensis*) ou a braquiária (*Brachiaria* sp.), por exemplo. As gramíneas têm algumas adaptações muito importantes para se estabelecerem em áreas degradadas, entre elas, células especiais ao redor das nervuras, formando a chamada bainha do feixe vascular. Por causa dessas células, as gramíneas gastam menos energia para fazer fotossíntese do que a maior parte das outras plantas (em uma via metabólica chamada de C4) (RAVEN, 2014).

Além disso, as gramíneas tendem a manter os poros das folhas (estômatos) semiabertos mesmo em temperaturas mais elevadas. Conforme comentamos anteriormente, na maioria das outras plantas os estômatos tendem a se fechar quando está muito quente, cessando temporariamente as trocas gasosas necessárias à fotossíntese.

As gramíneas também apresentam tecidos especiais para captar a energia luminosa, chamados de parênquima paliçádico (ver Figura 3), dos dois lados das folhas. Como suas folhas tendem a se estabelecer verticalmente, elas pegam sol dos dois lados, dobrando a energia luminosa utilizável para a fotossíntese.

Outra adaptação fundamental das gramíneas para a ocupação de áreas degradadas são suas raízes fasciculadas (em forma de cabeleira), com as quais conseguem absorver água e nutrientes que estão mais próximos da superfície, não dependendo de solos bem permeáveis para seu estabelecimento.

Essas adaptações das gramíneas fazem com que haja produção de biomassa durante mais horas do dia, a um custo energético mais baixo e com maior acesso à água superficial do que grande parte das outras plantas (CORRÊA NETTO *et al.*, 2016).

Gradativamente, é possível que a área do nosso exemplo seja totalmente ocupada por uma ou poucas espécies de gramíneas. O emaranhado de raízes e a produção de muitas folhas criam, então, uma rede de proteção ao solo. A luz do sol já não chega diretamente à terra, o que reduz as elevadas temperaturas na superfície; as gotas de chuva agora são amortecidas pelas folhas de grama; a erosão, antes comum, agora é barrada pelas raízes, em alta densidade. Dessa forma, as gramíneas vão criando, naquele solo, condições ambientais mais adequadas para o estabelecimento de outros organismos (STEENBOCK, 2021).

Junto ou logo após as gramíneas, algumas ervas e arbustos conseguem se estabelecer, como é o caso das vassouras, carquejas e vassourões, do gênero *Baccharis*, de algumas samambaias (pteridófitas) e da macela do campo, do dente de leão e de outras espécies da família das margaridas (asteráceas) (STEENBOCK; VEZZANI, 2013; STEENBOCK, 2021).

Aos poucos, as folhas que caem das espécies que ali ocorrem vão sendo depositadas na superfície do solo. Essas folhas são em geral grossas, com alta proporção de carbono, e sua degradação é relativamente lenta. Isso favorece o acúmulo de matéria orgânica na superfície e a produção de substâncias que começam a “colar” as partículas do solo, pela ação de alguns fungos e bactérias, formando pequenos grumos ou torrões irregulares (STEENBOCK; VEZZANI, 2013; CORRÊA NETTO *et al.*, 2016).

Os grumos passam então a desempenhar um papel importante para o aparecimento de outras espécies, pois acumulam água nos pequenos espaços entre as partículas de solo que os formam (microporos) e criam, entre si, espaços maiores (macroporos), que permitem a passagem de ar. O solo vai sendo descompactado, pouco a pouco, desde sua superfície (CORRÊA NETTO *et al.*, 2016).

Esse processo inicial de sucessão ecológica, em uma área degradada pela ação humana, pode ser considerado como uma “retomada florestal”. Ela é caracterizada por um período em que, sem os impactos negativos de intervenções que reduzem a matéria orgânica, a microvida do solo e a diversidade de espécies, o organismo florestal começa a criar condições para a própria recuperação.

Com maior permeabilidade de água e maior fornecimento de oxigênio no solo, sementes de outras espécies encontram condições de germinar. É quando começam a surgir algumas árvores na área, chamadas de pioneiras. É o caso do jacatirão (*Miconia cinnamomifolia*) e da embaúba (*Cecropia* sp.), na encosta atlântica, e do vassourão-branco (*Piptocarpha angustifolia*), da bracatinga (*Mimosa scabrella*) e do juá de pombo (*Tapirira guianensis*), na Floresta com Araucária.

Essas árvores crescem rapidamente. Suas raízes grossas e compridas vão abrindo caminho no solo, não só para elas, mas também para a água e o oxigênio, que agora poderão chegar a regiões mais profundas. Nos pelos de suas raízes, começam a se agregar fungos e bactérias, que passam a trabalhar em conjunto com as plantas. Entre as bactérias, podem surgir as fixadoras de nitrogênio, que se associam especialmente com plantas leguminosas (da família *Fabaceae*), como a bracatinga e o ingá. Entre os fungos, destacam-se as micorrizas, que se associam a uma grande variedade de espécies vegetais. Esses microrganismos se aproveitam de nutrientes da seiva das plantas e, em troca, favorecem em muito seu crescimento, seja fornecendo nitrogênio que retiram diretamente do ar (no caso das bactérias fixadoras), seja ampliando a capacidade de absorção de água e nutrientes, no caso das micorrizas. Além disso, esses microrganismos podem produzir substâncias que liberam gradativamente nutrientes da rocha, de partículas do solo ou de substâncias químicas complexas (STEENBOCK, 2021).

Enquanto essa sucessão ecológica ocorre no solo, as copas das espécies pioneiras crescem bem acima das ervas e dos arbustos, formando um andar (ou estrato) emergente bem diferenciado. Essa paisagem é facilmente identificada também nas clareiras naturais, após poucos anos de sua formação.

Na região de ocorrência da Floresta com Araucária, que cobre a maior parte do Estado do Paraná, é comum observarmos a bracatinga (*Mimosa scabrella*) ocupando o estrato emergente, em grande densidade. Abaixo desse estrato há estratos baixo,

médio e alto, em geral muito próximos entre si e formados cada qual pelas espécies que germinaram ou que aumentaram suas rebrotas após a formação da clareira (Figura 13). Esse período da sucessão ecológica, descrito até aqui, é chamado de estágio inicial de regeneração, que representa a “retomada florestal” citada anteriormente.

Figura 13 – Estrutura florestal típica de um estágio inicial de sucessão ecológica – ou “retomada florestal” –, já com a ocorrência de árvores



Fonte – O autor.

As árvores do estrato emergente, no estágio inicial de sucessão, são muito atrativas para insetos que buscam pólen e néctar em suas flores, bem como para morcegos e pássaros, que buscam nos galhos proteção, descanso e alimento. Esses animais trazem sementes de muitas outras plantas, atuando como semeadores naturais da nova floresta em formação.

Paralelamente, a queda de folhas das árvores pioneiras vai incrementando a fertilidade do solo abaixo da copa. Além da matéria orgânica, as folhas trazem para a superfície nutrientes, tais como o fósforo e o potássio, que foram retirados de regiões mais profundas do solo e levados até a copa.

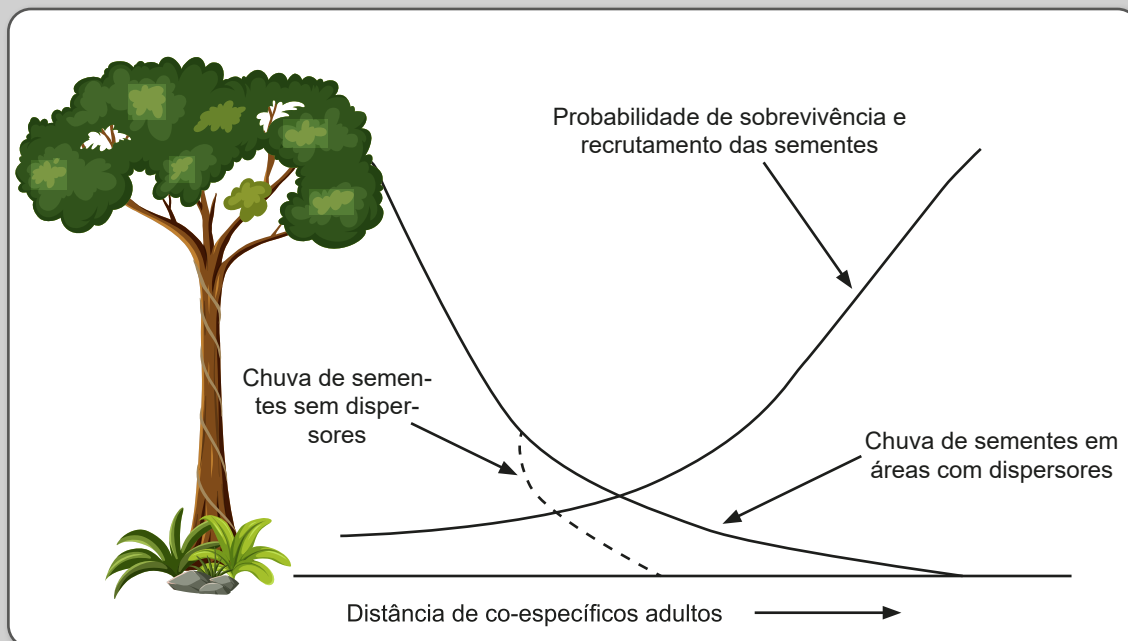
Ao redor dos troncos das árvores pioneiras, portanto, passa a haver uma crescente concentração de diversidade de sementes, de biomassa e de fertilidade (CORRÊA NETTO *et al.*, 2016; STEENBOCK, 2021).

Nessas condições, várias sementes germinam e iniciam seu crescimento, protegidas do vento e da insolação direta. Além disso, plantas que viviam sob a forte sombra das árvores que caíram na formação da clareira e que não foram derrubadas por sua queda encontram agora condições mais adequadas de crescimento, seja pelo aporte de matéria orgânica no solo, seja pela maior intensidade de luz que chega a suas copas. É quando percebemos o estabelecimento das chamadas espécies secundárias (CORRÊA NETTO *et al.*, 2016; STEENBOCK, 2021). Na região das Florestas com Araucária, por exemplo, as canelas (*Ocotea* sp.), a guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa*), a uvaia (*Eugenia pyriformis*), o miguel-pintado (*Matayba elaeagnoides*) e o cedro (*Cedrela fissilis*) fazem parte desse grupo. As espécies pioneiras, portanto, vão “criando” as espécies secundárias, pois criam condições ambientais adequadas para seu desenvolvimento.

Na medida em que as árvores das espécies secundárias vão crescendo, as gramíneas e outras espécies colonizadoras vão saindo do sistema, pois apesar de sua imensa capacidade de adaptação a ambientes degradados, dependem de insolação direta para crescer e de vento para se reproduzir – duas condições que vão deixando de existir na floresta (STEENBOCK; VEZZANI, 2013; CORRÊA NETTO *et al.*, 2016; STEENBOCK, 2021). As árvores pioneiras, por sua vez, apresentam um ciclo de vida relativamente curto, se comparado ao das demais espécies arbóreas. Em quinze a trinta anos, seus galhos começam a perder força, as folhas começam a secar e, muitas vezes, brocas e cigarras começam a furar seus troncos. A estratégia de sobrevivência dessas espécies está justamente no crescimento rápido e na produção de grande quantidade de sementes, que ficarão no solo esperando a formação de uma clareira e o consequente aumento de temperatura para germinar. Assim, as árvores pioneiras também vão saindo do sistema (KAGEYAMA; GANDARA, 2000; STEENBOCK, 2021).

Agora, a floresta já apresenta maior diversidade e distribuição mais ampla das espécies secundárias. Isso ocorre justamente porque a maior parte dessas espécies são dependentes de sua baixa densidade. Quando uma árvore de guabiroba, por exemplo, frutifica, parte de suas sementes cai logo abaixo da planta-mãe e outra parte é transportada por animais, para mais longe. Uma grande densidade de pequenas plantas de guabiroba, logo abaixo da planta-mãe, é um “prato cheio” para os herbívoros que dela se alimentam. Por outro lado, um ou alguns pés de guabiroba, crescendo isoladamente e mais distantes da planta-mãe, costumam ter mais sucesso para seu recrutamento entre as árvores da floresta. Dessa forma, as espécies secundárias que viram árvores adultas são mais distribuídas pela floresta do que as espécies pioneiras. Essa é parte da estratégia de sobrevivência das espécies secundárias, chamadas de densidade-dependentes (Figura 14) (TERBORGH *et al.*, 2008).

Figura 14 – Estratégia de sobrevivência típica de espécies secundárias



Fonte – Adaptado de Terborgh *et al.*, 2008.

Isso contribui para que cada local da floresta tenha a própria diversidade, formada por árvores de diferentes espécies secundárias próximas umas às outras. A estratégia de sobrevivência das espécies secundárias está, também, muito relacionada com a ciclagem de nutrientes na floresta, pois uma grande quantidade da biomassa de plântulas de espécies secundárias é consumida por diferentes organismos, vindo a compor também a matéria orgânica do solo. De um grande “banco de plântulas” de cada espécie, somente algumas se transformam em plantas adultas (KAGEYAMA; GANDARA, 2000; STEENBOCK, 2021).

Quando já observamos várias árvores de espécies secundárias em uma área da floresta, ela é caracterizada como em estágio médio de regeneração. Agora, o estrato emergente é formado pelas árvores que cresceram mais e vivem bem com suas copas a pleno sol. Na Floresta com Araucária, é o caso do cedro, por exemplo, bem como da própria araucária, em diferentes situações. Abaixo desse estrato emergente, há um estrato alto formado por espécies como a guabiroba, o jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) e algumas espécies de ingá (*Inga* sp.), entre várias outras, “criadas” pela proteção e pelo apoio do estrato emergente.

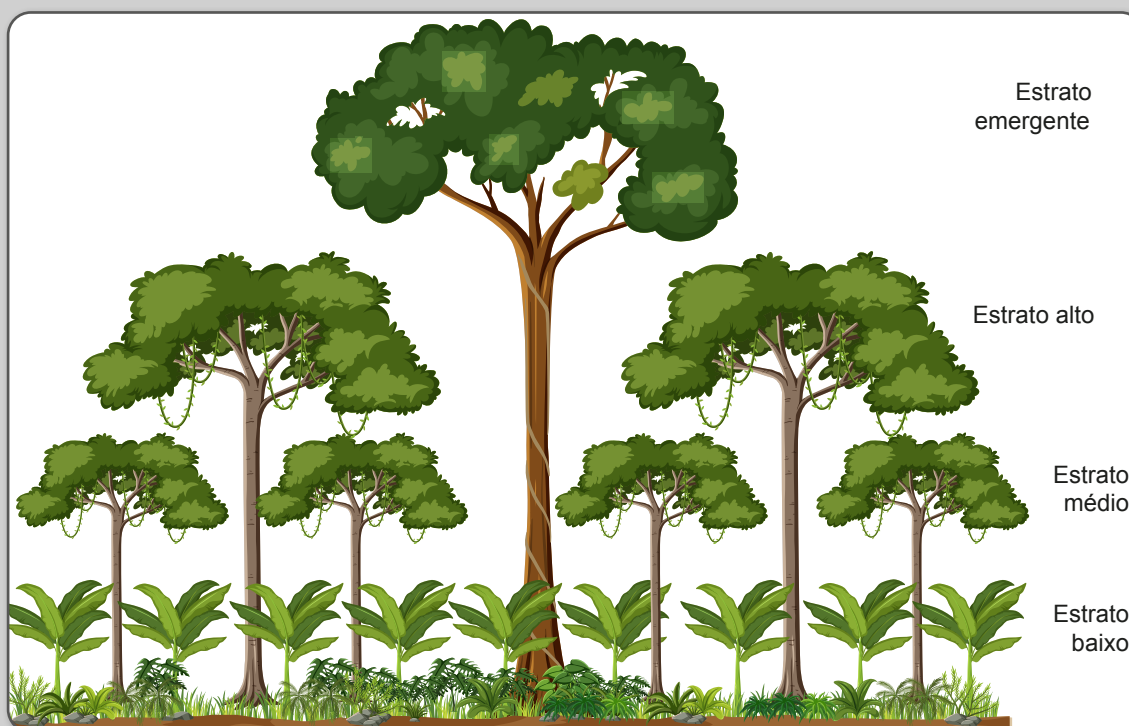
No estrato médio, podemos encontrar a uvaia, a erva-mate (*Ilex paraguariensis*), a pitanga (*Eugenia uniflora*), a goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*), a pata-de-vaca (*Bauhinia* sp.), o miguel-pintado e tantas outras. No estrato baixo, é comum a ocorrência de espécies arbustivas, como a bananinha-do-mato (*Piper* sp.) e a uvarana

(*Cordyline dracaenoides*). Em geral, no estágio médio de regeneração há maior separação vertical entre os estratos baixo, médio e alto, se comparado ao estágio inicial (Figura 15).

De forma geral, também podemos perceber que a projeção vertical das copas das árvores do estrato emergente ocupa aproximadamente 20% da área de solo; a projeção das copas das árvores do estrato alto ocupa aproximadamente 40% da área; do estrato médio, 60% e, finalmente, do estrato baixo, 80% da área. Dessa forma, a estratificação da floresta faz com que a ocupação da projeção vertical das copas das árvores ocupe uma área bem superior ao tamanho horizontal da área.

Como veremos mais à frente, essa é uma das causas principais da elevada produtividade agroflorestal – que busca imitar a estratificação da floresta. Tanto na floresta quanto na agrofloresta, a luz é mais aproveitada para a fotossíntese, nos diferentes andares, do que em situações em que há apenas um estrato, como é o caso da maior parte dos plantios comerciais. Em outras palavras, tanto na floresta quanto na agrofloresta, a produtividade não é só por metro quadrado, mas também por metro cúbico. Podemos fazer uma analogia com as moradias humanas: em uma casa térrea, em princípio mora muito menos gente do que em um prédio de dez andares, muito embora a área horizontal da casa e do prédio possa ser a mesma.

Figura 15 – Estágio médio de sucessão ecológica



Fonte – O autor.

No estágio médio de sucessão ecológica, o solo já está repleto de raízes de várias árvores em diferentes profundidades, atuando em associações com uma infinidade de organismos. A ciclagem de nutrientes entre regiões mais profundas e a superfície está ocorrendo de forma intensa, por meio da produção e queda de uma grande quantidade de galhos e folhas. As folhas das espécies secundárias tendem a ser mais finas e com maior concentração de nitrogênio do que as folhas das espécies pioneiras. No solo, caso a área não seja alagada, essas condições favorecem a liberação constante de nutrientes, a redução da acidez e uma grande intensidade da vida microbiana. E, sem o risco de erosão dos estágios mais iniciais da sucessão ecológica, os nutrientes do solo passam a fazer parte, cada vez mais, da dinâmica da vida da floresta (STEENBOCK; VEZZANI, 2013; CORRÊA NETTO *et al.*, 2016; STEENBOCK, 2021). Esse período da vida da floresta é chamado de “sistema de acumulação” (GÖTSCH, 1992; REBELLO; SAKAMOTO, 2021), durante o qual a floresta vai se transformando cada vez mais em uma rede complexa de relações entre várias espécies, em meio à acumulação de matéria orgânica e da própria vida consolidada.

Nessa complexidade crescente e em condições de maiores quantidades de matéria orgânica no solo e de proteção ao vento e à insolação, começam a surgir as espécies climácicas. Essas, em geral, são aquelas que demandam baixa insolação direta para seu crescimento, muito embora sejam mais exigentes do que as pioneiras e as secundárias em termos de fertilidade e estrutura do solo. O maracujá (*Passiflora* sp.), o xaxim (*Dicksonia sellowiana*) e a imbuia (*Ocotea porosa*) fazem parte desse grupo. Essas plantas geralmente apresentam relações muito estreitas com animais polinizadores e dispersores de sementes. Várias espécies desse grupo dependem de mamíferos, como o esquilo ou a cotia, para sua dispersão, e é justamente em florestas mais maduras que esses animais encontram melhores condições de vida.

É comum as espécies climácicas produzirem frutos grandes e suculentos, refletindo a fertilidade e abundância do local onde vivem (CORRÊA NETTO *et al.*, 2016). Além da produção de grande quantidade de substâncias nutritivas nas flores e frutos, outras substâncias também são responsáveis por sua estratégia de sobrevivência: enquanto nas espécies pioneiras a principal estratégia é o rápido crescimento e a produção intensa de sementes e, nas secundárias, a densidade-dependência, as espécies climácicas costumam produzir substâncias adstringentes ou antibióticas para evitar a predação, seja em forma de látex, seja de resina ou de exsudatos (KAGEYAMA; GANDARA, 2000).

Agora, a floresta está no chamado estágio avançado de regeneração. As espécies climácicas vão ocupando diferentes andares em meio às espécies secundárias e, em geral, em maior densidade, especialmente nos fundos de vale ou em regiões

de microrrelevo côncavo (onde há maior acúmulo de matéria orgânica no solo). Aos poucos, árvores de espécies secundárias, como a guabiroba e as canelas, vão cedendo lugar a árvores de espécies climácicas, como a imbuia, na região das Florestas de Araucária, ou o ipê (*Tabebuia alba*), o angico (*Parapiptadenia rigida*) e a figueira (*Ficus* sp.) na encosta atlântica.

Assim como no estágio médio de regeneração, no estágio avançado a ocupação horizontal das projeções das copas das árvores de cada estrato é semelhante. Quanto mais baixo o estrato, maior a tendência de ocupação horizontal das copas. Dependendo das condições de fertilidade do sistema, do relevo e do tempo de sucessão, entre outros fatores, é possível observar um aumento do número de estratos nas florestas em estágio avançado de regeneração, no qual a quantidade de matéria orgânica no solo, a diversidade e a abundância de microrganismos, a estruturação física e a disponibilidade de nutrientes são muito maiores do que no início da sucessão ecológica. Nesse solo há também um imenso banco de sementes de várias espécies, aguardando a formação de uma nova clareira para germinar. Por tudo isso, o estágio avançado de regeneração é também chamado de “sistema da abundância” (GÖTSCH, 1992; REBELLO; SAKAMOTO, 2021)

É importante notar que, desde o estágio inicial, a formação de clareiras é algo bastante comum nas florestas. Quando uma árvore do sistema de “retomada florestal”, de “acumulação” ou de “abundância” já cumpriu seu papel para o favorecimento da sucessão ecológica, ela cai, saindo do sistema e criando clareiras.

Como vimos anteriormente, quando as clareiras são formadas, há grande concentração de matéria orgânica e aumento da incidência luminosa, favorecendo a germinação e a brotação de várias espécies. E, quanto maior a “caminhada” da floresta no rumo do aumento da diversidade e da quantidade de vida consolidada, as clareiras formadas terão melhores condições de fertilidade química, física e biológica (ver Figura 11). É assim que em clareiras formadas em florestas em estágio médio ou avançado de regeneração, por exemplo, não surgem mais gramíneas ou carquejas para ocupar os estratos mais baixos da nova estrutura florestal em formação naquele local. Surgem, em vez dessas espécies, plantas mais exigentes em fertilidade, que encontram somente agora condições adequadas para seu desenvolvimento. É o caso do urtigão e das helicônias, por exemplo, na Mata Atlântica. É o caso, também, de grande parte das espécies herbáceas e arbustivas cultivadas. O tomate, o morango e a alface, por exemplo, são plantas de floresta, mais precisamente de clareiras formadas em florestas em estágios médio ou avançado de regeneração em seus ambientes de origem.

Como vimos logo no início deste material, as agriculturas desenvolvidas pelos povos originários de ambientes de clima tropical e subtropical foram fortemente baseadas na criação de clareiras em florestas em estágios médio ou avançado de regeneração. Nessas clareiras, eram plantadas as espécies de interesse, como abóboras, cará, inhame, feijão e tantas outras espécies florestais, de clareiras. Tais espécies herbáceas são adaptadas à floresta, mas não em meio à sombra intensa de vários estratos arbóreos, e sim em clareiras, desde que a floresta tenha criado, até o momento de formação dessas clareiras, condições adequadas para seu desenvolvimento.

Resumindo:

A sucessão ecológica ocorre de forma associada à estratificação das copas das árvores, em diferentes estágios de regeneração.

Nesse processo, as plantas vão se estabelecendo de acordo com sua adaptação às condições de solo e luminosidade e vão saindo do sistema quando essas condições não são mais favoráveis. É dessa forma que cada planta ajuda a criar condições para que outras plantas se estabeleçam.

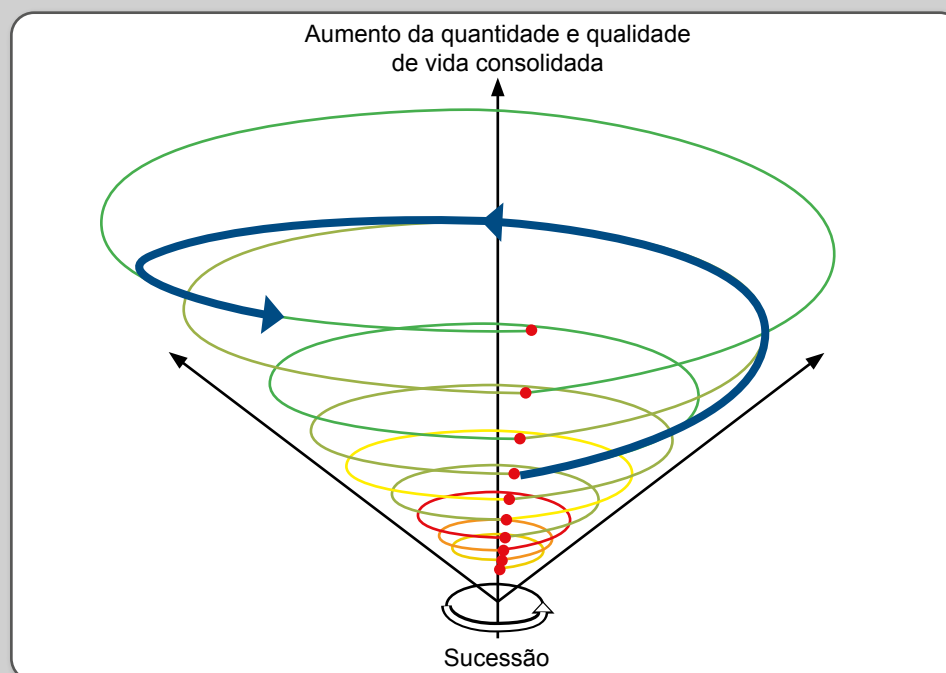
A elevada densidade e diversidade de plantas em uma floresta está associada à sua estratificação, com cada “andar” recebendo a intensidade luminosa adequada, bem como à sucessão ecológica, trazendo diferentes consórcios de plantas no decorrer do tempo. Para sustentar a sucessão e a estratificação, há na floresta um grande banco de sementes e plântulas e uma intensa vida microbiana no solo, disponibilizando nutrientes e substâncias orgânicas para o crescimento vegetal.

1.5 DAS FLORESTAS ÀS AGROFLORESTAS: IMITANDO PROCESSOS E POTENCIALIZANDO A PRODUÇÃO

Como já colocado na introdução deste material, fazer agrofloresta é procurar entender como a floresta funciona e aplicar conscientemente o conhecimento da ecologia florestal para a produção de alimentos. Em outras palavras, poderíamos dizer que fazer agrofloresta é facilitar a produção de biomassa, a ciclagem de nutrientes e as relações ecológicas que ocorrem em uma clareira, potencializando a sucessão ecológica e a estratificação do sistema e retirando, por meio dessa facilitação e potencialização, produtos para autoconsumo e renda.

Tendo como referência a Figura 11, podemos representar isso por meio da contribuição humana à dinâmica de clareiras e ao aumento da quantidade e da qualidade de vida consolidada pelas práticas agroflorestais (Figura 16).

Figura 16 – Práticas agroflorestais como potencialização da quantidade e qualidade da vida consolidada em um sistema de produção de alimentos



Fonte – Vaz, 2017.

Para que isso aconteça, e considerando a breve descrição da ecologia florestal feita até aqui, é importante considerar as práticas gerais indicadas no Quadro 3:

Quadro 3 – Algumas práticas da agrofloresta com base na ecologia florestal

- Identificar as características de solo, de relevo, climáticas e da vegetação que ocorre no ambiente no qual será implantada a agrofloresta, percebendo qual é a história da sucessão ecológica naquele ambiente e quais são as possibilidades de consórcios a serem implantados;
- Buscar garantir condições para que a fotossíntese de todas as plantas da agrofloresta ocorra com a maior eficiência possível, o que se promove garantindo a permeabilidade e cobertura do solo, a estratificação adequada, a redução da incidência de ventos e a manutenção da água no sistema;
- Produzir elevadas quantidades de biomassa vegetal, tanto das espécies para consumo quanto de espécies adubadeiras, para fornecimento aos microrganismos do solo;
- Manter o solo sempre coberto com matéria orgânica, em alta quantidade e diversidade e de forma organizada, favorecendo seu acesso aos microrganismos e criando condições adequadas de microclima para seu desenvolvimento;
- Estimular a ciclagem de nutrientes por meio do plantio de ervas, arbustos e árvores de diferentes espécies, da poda frequente e da deposição do material podado sobre o solo;
- Promover concentração de biomassa e de energia no solo, especialmente no período anterior ao plantio e junto aos espaços de maior produção;
- Plantar elevada quantidade e diversidade de sementes e mudas, à semelhança do funcionamento dos bancos de sementes e de plântulas nas florestas;
- Planejar o plantio considerando a sucessão ecológica e a estratificação dos consórcios no decorrer do tempo, bem como a adequação das espécies selecionadas ao clima, ao relevo e às demais condições ambientais da área;
- Promover ajustes na estratificação por meio do manejo frequente da poda.

Fonte – O autor.

No próximo capítulo detalharemos essas práticas, sempre com base nas referências ecológicas de funcionamento das florestas discutidas até aqui.



2. ASPECTOS FUNDAMENTAIS DA PRÁTICA AGROFLORESTAL

2.1 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL E SOCIOECONÔMICA

Para que a prática agroflorestal contribua e ao mesmo tempo se utilize da dinâmica florestal e dos processos ecológicos, é importante identificar características do solo, do relevo, do clima e da vegetação no local onde a agrofloresta será implantada. Nessa identificação, a questão central é compreender como os processos ecológicos estão atuando para o incremento de fertilidade e diversidade. Em outras palavras, trata-se de identificar em que ponto estamos “entrando no sistema” (Figura 16).

Como vimos no capítulo anterior, esse incremento é realizado de forma coordenada, cooperativa e sequencial pelos consórcios de seres vivos que ocorrem em cada espaço. Em relação às plantas, tais consórcios são formados pelas espécies que estão nos estratos baixo, médio, alto e emergente em cada etapa da sucessão ecológica. Cada consórcio está adaptado para viver e melhorar o ambiente na etapa em que ocorre naturalmente, em direção à maior fertilidade e biodiversidade do sistema.

Identificar que consórcios estão ocorrendo no ambiente de trabalho é fundamental para determinar práticas de manejo agroflorestal, visando “entrar no processo de sucessão” sem retroceder em suas etapas nem artificializar condições do ambiente para forçar consórcios de etapas posteriores em curto prazo. Assim, é importante perceber que espécies estão ocorrendo, qual é sua densidade, sua forma de vida e suas características de adaptação ao ambiente (STEENBOCK; VEZZANI, 2013; CORRÊA NETTO *et al.*, 2016; STEENBOCK, 2021).

É importante, também, perceber como variam os consórcios de plantas no relevo. Em ambientes declivosos, geralmente se acumulam solo e matéria orgânica em locais de microrrelevo côncavo. Nesses locais, consórcios vegetais típicos de etapas mais avançadas da escalada da vida se desenvolvem ao lado dos consórcios típicos de etapas anteriores, que estão estabelecidos nos locais de microrrelevo convexo. Ali, atraem e alimentam animais e estimulam consórcios de microrganismos do solo, que aos poucos dinamizam a evolução de todo o sistema (STEENBOCK; VEZZANI, 2013; CORRÊA NETTO *et al.*, 2016; STEENBOCK, 2021).

Em locais onde há maior quantidade de água no solo, os consórcios também se diferenciam, frequentemente exibindo espécies herbáceas e arbustivas com folhas maiores e criando condições para o aparecimento de árvores mais rapidamente, desde que não haja condições de excesso de água, impedindo a presença de ar no solo.

Quando há esse excesso, são outros os consórcios, e o aparecimento de espécies arbóreas é, em geral, mais lento (CORRÊA NETTO *et al.*, 2016; STEENBOCK, 2021).

A orientação do relevo em relação ao sol também determina variações nos consórcios de plantas. Locais em que há maior exposição à luz do sol (em várias regiões, chamadas de “face”) tendem a apresentar processos sucessionais mais acelerados, pois têm mais acesso à energia solar e à fotossíntese. Locais mais sombreados, que recebem menor incidência luminosa (chamados de “contraface”), tendem a apresentar consórcios e espécies diferentes, bem como uma velocidade menor de sucessão desses consórcios (STEENBOCK; VEZZANI, 2013).

No processo de perceber os diferentes consórcios de plantas que existem em cada local, identificar o histórico de uso da área também é fundamental. Estágios iniciais de sucessão em uma clareira, por exemplo, apresentam espécies e consórcios bem diferentes do que estágios iniciais de sucessão em áreas agrícolas. Assim como o histórico de uso, a proximidade da área em que vai se implantar uma agrofloresta a áreas florestais também influencia fortemente a disponibilidade de sementes e propágulos que irão se estabelecer, favorecendo o processo sucessional e incrementando a fertilidade. Além dessas condições, a exposição maior ou menor da área à incidência de ventos influencia diretamente a manutenção da umidade no ar e no solo, o que afeta também a velocidade de sucessão e as características dos consórcios (STEENBOCK; VEZZANI, 2013; STEENBOCK, 2021).

Portanto, “perguntar ao ambiente” as características de cada consórcio, em cada local, é fundamental para a implantação da prática agroflorestal, definindo especialmente onde e de que forma começar. Nesse processo, sem dúvida a análise de solos é também uma ferramenta importante.

Além de obter respostas no próprio ambiente, é importante “perguntar ao conhecimento ecológico local” tudo o que for possível em relação à produção agrícola, reconhecendo que esse tipo de pergunta é feito constantemente por quem vive em relação mais direta com o ambiente natural. Agricultores familiares, que vivem na região por vezes a várias gerações, detêm um enorme conhecimento sobre os consórcios de plantas que ali ocorrem, sobre a adaptação de cada espécie cultivada a cada tipo de solo ou de relevo e sobre suas relações ecológicas, entre tantos outros saberes. Resgatar e promover esse saber na prática agroflorestal é fundamental (STEENBOCK; VEZZANI, 2013; CORRÊA NETTO *et al.*, 2016; STEENBOCK, 2021).

Paralelamente ao diagnóstico ambiental, é fundamental que sejam analisados aspectos socioeconômicos relacionados à motivação e aos recursos humanos, sociais e físicos disponíveis, bem como características de acesso ao mercado. No Quadro 4 são apresentadas algumas questões orientadoras para esse diagnóstico.

Quadro 4 – Perguntas orientadoras de um diagnóstico socioeconômico para implantação de sistemas agroflorestais

Qual é o desejo das famílias agricultoras?

- Conservação/restauração?
- Segurança e soberania alimentar e nutricional?
- Retorno econômico?
- Ou uma combinação desses objetivos?
- Qual é a vocação das pessoas que vão trabalhar com SAF?
- Que espécies os agricultores desejam produzir?
- O SAF será destinado para a produção de hortaliças? De frutas? A ideia é agregar também a produção animal?

Recursos humanos

- Quem vai fazer os trabalhos de plantio? Qual é o tempo disponível?
- Quem vai fazer os trabalhos de manejo? Qual é o tempo disponível?
- Qual é a condição física dos trabalhadores? Quais são suas habilidades?
- Há pessoas em condições de beneficiar os produtos?
- As pessoas que intervirão no SAF têm conhecimento sobre as espécies e práticas agroflorestais?

Recursos sociais

- Qual é o grau de organização social das famílias agricultoras?
- Há acesso a políticas públicas relacionadas diretamente ou indiretamente aos SAFs (ex: crédito, compra antecipada, distribuição de sementes de mudas)?
- Há acesso ao serviço de ATER? Qual é a frequência e o tipo de assistência na atuação do técnico junto às famílias?
- Há atividades de cunho solidário, como mutirões, ajuda mútua, troca de diárias etc.?
- Há alguma ação em que se identifica apoio do coletivo às famílias agricultoras (ex: alguém da comunidade representa o agricultor em feiras)?
- Há envolvimento em esferas de participação social (comitês, comissões, fóruns etc.)?

Recursos físicos

- Quais são as principais instalações e os equipamentos disponíveis na propriedade (cercas, galpões, água encanada, luz etc.)?
- Quais ferramentas e equipamentos estão disponíveis tanto para produção quanto para armazenamento e processamento de produtos?

Acesso a mercado

- Como as pessoas acessam o mercado: feiras, venda direta ao consumidor, mercados institucionais em programas do governo (ex. PAA, PNAE)?
- Qual é a distância desses mercados?
- Como são as condições de transporte e das vias de acesso?
- Quais produtos têm mais aceitação no mercado?
- Onde os produtos seriam comercializados?
- Qual é o volume demandado de cada produto (local e regional)?
- Qual é o preço de venda pago ao agricultor (tanto para vendas diretas como para outros revenderem)?
- Qual é o padrão de qualidade comum aos produtos?

Fonte – Adaptado de MICCOLIS *et al.*, 2016.

Ao buscar responder a essas questões, de forma articulada ao diagnóstico ambiental, criam-se as bases para o planejamento e o manejo da(s) agrofloresta(s) a ser(em) implantada(s).

2.2 MANEJO DA FERTILIDADE DOS SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Na Seção 2.2 foi descrito como ocorre a adubação da floresta por meio da elevada produção de biomassa e da ciclagem de nutrientes promovida pela atuação conjunta da diversidade de plantas e microrganismos. Detalhamos, ali, como a fertilidade dos solos tropicais e subtropicais está associada à dinâmica florestal.

Nas agroflorestas, essa é a referência para o manejo da fertilidade. Nesse sentido, um aspecto central a ser considerado é o foco no incremento da fertilidade do sistema, do qual a vegetação, o solo e seus organismos fazem parte (STEENBOCK; VEZZANI, 2013; CORRÊA NETTO *et al.*, 2016; STEENBOCK, 2021).

Para tanto, é importante, em primeiro lugar, aproveitar ao máximo possível a energia e a biomassa já existentes e acumuladas pela sucessão ecológica no ambiente em que a agrofloresta será implantada. Assim, podem-se total ou parcialmente as árvores e os arbustos existentes no local, picando as folhas e galhos de suas copas e cortando os troncos em pedaços pequenos, que serão depositados sobre os canteiros agroflorestais. Dessa forma, tomam-se de empréstimo os nutrientes e a energia captados e organizados pela vida, naquele espaço, como investimento para um nível mais complexo de organização com base na agrofloresta (STEENBOCK; VEZZANI, 2013; CORRÊA NETTO *et al.*, 2016; STEENBOCK, 2021).

Caso a implantação seja realizada em uma área em estágio bem inicial de sucessão, por exemplo, uma área coberta por braquiária ou outras gramíneas, pode-se optar pelo preparo do solo com subsolagem e gradagem mecanizada. Nesses estágios, é fundamental criar condições mínimas de produção de matéria orgânica antes da implantação da agrofloresta. Fazendo uma comparação com a construção de uma casa, é fundamental que, antes de subir as paredes, seja construído o alicerce, sem o qual as paredes não se sustentariam. No caso das agroflorestas implantadas em estágios bem iniciais de sucessão, muitas vezes é importante dedicar o primeiro ano para a construção desse “alicerce”, plantando adubos verdes e mantendo a área em pousio. Passado esse período, entra-se roçando e iniciam-se de fato os plantios agroflorestais, trazendo o material roçado para a cobertura inicial dos canteiros.

Além do aproveitamento da energia e da biomassa existente sobre a área em que será implantada a agrofloresta, é importante verificar fontes de biomassa vegetal disponíveis para uso na área (tais como resíduos de podas de árvore, de roçadas etc.). Não raras as vezes, é possível utilizar resíduos de roçadas de vizinhos ou de podas da arborização urbana, que são materiais muito úteis para o incremento da cobertura de solo, especialmente nos primeiros anos de implantação da agrofloresta.

Quanto maior a quantidade e a diversidade de galhos e folhas sobre o solo, maior o incremento da fertilidade do sistema, em médio prazo. E quando o plantio for feito em uma área com solos pobres em matéria orgânica e em estágios muito iniciais de sucessão ecológica, o uso adubos orgânicos e de calcário, com parcimônia, pode ser uma opção adequada.

Porém, mais do que trazer, eventualmente, aportes de matéria orgânica, e de utilizar o esforço anterior do organismo florestal para a produção de energia e biomassa, podemos incrementar essa produção inserindo espécies adaptadas à melhor eficiência fotossintética em áreas abertas. Como já exposto, as gramíneas são especialistas em produzir muita biomassa em curto período e a pleno sol. Além disso, rebrotam em geral muito bem após vários cortes (STEENBOCK; VEZZANI, 2013; CORRÊA NETTO *et al.*, 2016; STEENBOCK, 2021).

Nosso espaço de plantio pode ser dividido, então, entre os canteiros agroflorestais – nos quais plantaremos consórcios de várias espécies – e os espaços entre os canteiros (entrelinhas), onde o objetivo é aumentar a capacidade fotossintética da agrofloresta, gerando adubação para o sistema. Nessas entrelinhas, planta-se capim, para cortes sucessivos, podendo agregar leguminosas e outras espécies (o que favorece a fixação de nitrogênio e a diversidade do sistema) (STEENBOCK; VEZZANI, 2013; CORRÊA NETTO *et al.*, 2016; STEENBOCK, 2021).

Como vimos no capítulo anterior, as gramíneas apresentam várias características que as tornam adaptadas à elevada produção de biomassa e à contribuição à sucessão ecológica em seu estágio inicial. Ao trazer o manejo de gramíneas para o início de implantação da agrofloresta, estamos amplificando seu potencial ecológico em meio ao espaço produtivo (STEENBOCK, 2021).

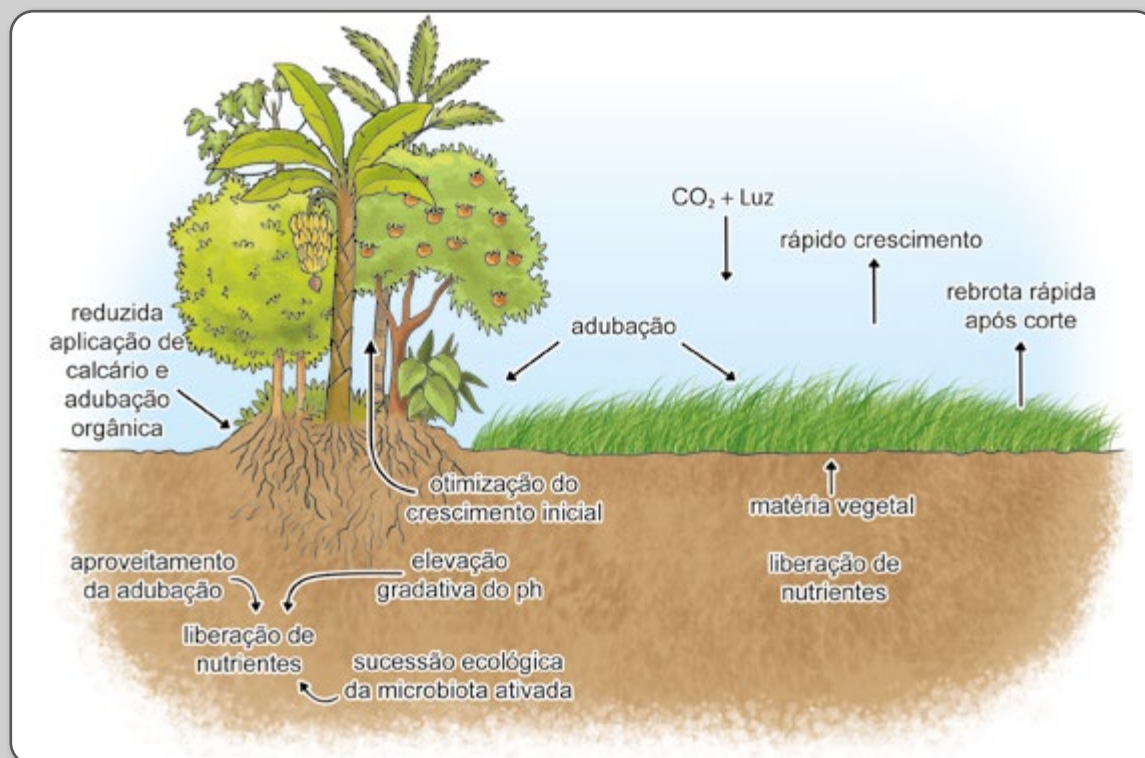
A área destinada às entrelinhas depende de uma combinação entre a quantidade de biomassa necessária para ser produzida e as condições de fertilidade, diversidade e abundância daquele sistema, no início de implantação. O ideal é planejar a área de plantio das entrelinhas com base na produtividade esperada do capim e no número de cortes por ano, para que estes mantenham os canteiros sempre densamente cobertos (CORRÊA NETTO *et al.*, 2016).

Ao cortar frequentemente o capim das entrelinhas, estamos imitando as florestas: nas clareiras – “motores da biodiversidade” das florestas tropicais – há uma concentração temporária de energia e biomassa, favorecendo a rápida regeneração daquele espaço. Nas agroflorestas, os canteiros agroflorestais são esse espaço de concentração, acumulando rapidamente a biomassa e a energia organizadas de forma muito eficiente pelas gramíneas. É importante notar que nas agroflorestas não se planta capim sem manejá-lo. Seu corte e rebrota sucessivos amplificam em muito

a fixação de carbono no solo, bem como estimulam o crescimento de suas raízes e a relação com microrganismos do solo (STEENBOCK; VEZZANI, 2013; CORRÊA NETTO *et al.*, 2016; STEENBOCK, 2021).

A produção de biomassa nas entrelinhas e aplicada sobre os canteiros agroflorestais foi analisada em agroflorestas no início de implantação nos assentamentos Contestado (município da Lapa-PR) e Mário Lago (Ribeirão Preto-SP). Foi plantado capim mombaça (*Megathyrsus maximus*, anteriormente *Panicum maximum*) em entrelinhas que variaram de três a oito metros de largura. Nos dois primeiros anos, foram feitos de três a cinco cortes de capim. A cada corte, toda a biomassa cortada era colocada sobre os canteiros (Figura 17) (CORRÊA NETTO *et al.*, 2016).

Figura 17 – Modelo geral de agrofloresta em início de implantação (assentamentos Mário Lago-SP e Contestado-PR)



Fonte – Adaptado de Corrêa Netto *et al.*, 2016.

A cada três meses foi analisada a quantidade de biomassa sobre os canteiros, a qual manteve a média de quatro quilos de massa seca por metro quadrado (equivalente a aproximadamente seis a dez quilos de biomassa verde). Essa quantidade representa 300 a 500 toneladas de biomassa verde por hectare, aplicada a cada ano sobre os canteiros. Esses resultados mostram como é possível concentrar uma grande quantidade de biomassa e energia já no início de implantação das agroflorestas, no mesmo espaço da produção de alimentos (CORRÊA NETTO *et al.*, 2016).

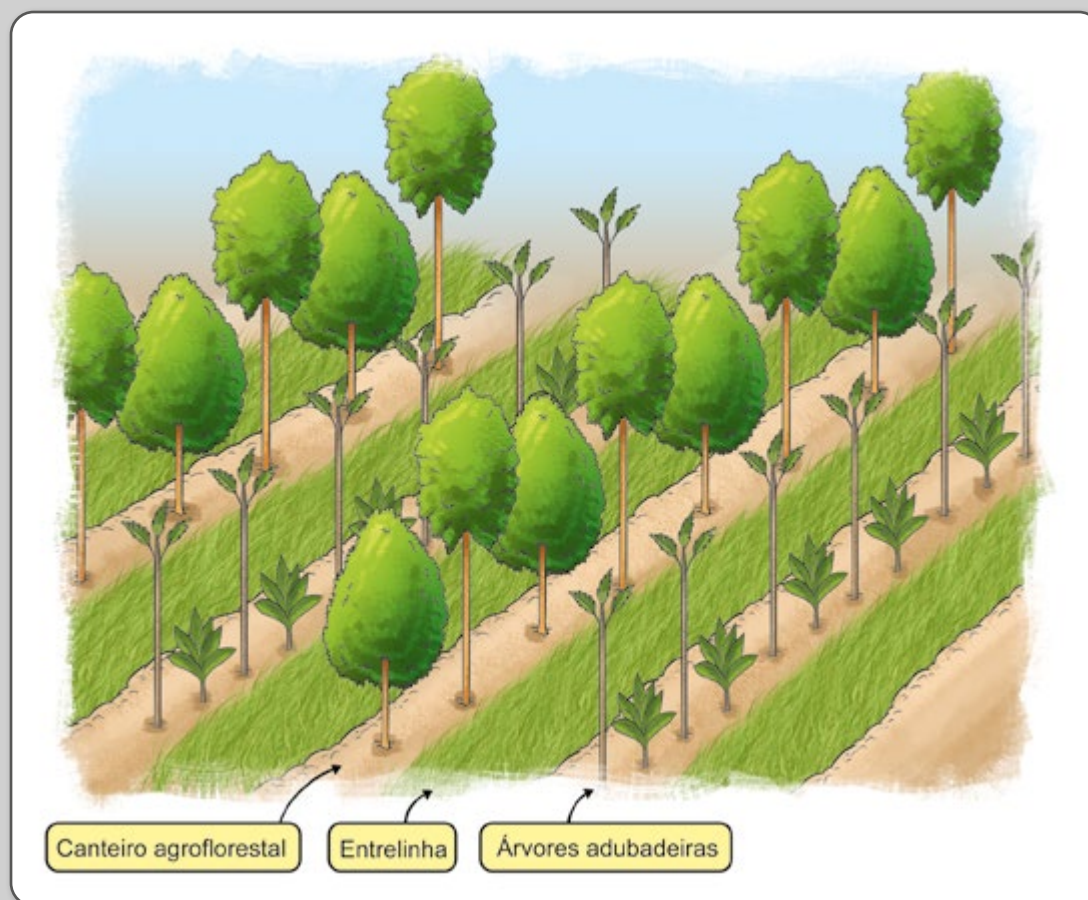
As gramíneas vivem muito bem a pleno sol e, dessa maneira, servem para “adubar” o sistema nos primeiros anos da agrofloresta. Porém, conforme os arbustos e árvores vão crescendo nos canteiros, passam a fazer sombra nas entrelinhas. Então o capim vai saindo do sistema, gradativamente. A partir do terceiro ou quarto ano começa a faltar capim para produzir e concentrar biomassa. Essa “saída” do capim acontece como parte do processo de sucessão ecológica, sem necessidade de intervenções mecânicas no solo ou da aplicação de herbicidas (CORRÊA NETTO *et al.*, 2016).

Considerando a redução de biomassa do capim no decorrer do tempo, é muito importante incluir, no planejamento do plantio, espécies de arbustos e de árvores chamadas adubadeiras. Essas espécies produzem grande quantidade de biomassa em forma de galhos e folhas e rebrotam bem após podas intensas e frequentes (STEENBOCK; VEZZANI, 2013; CORRÊA NETTO *et al.*, 2016).

A aroeira, a amoreira (*Morus* sp.), a bananeira (*Musa paradisiaca*), o cinamomo (*Melia azedarach*) e o pinheiro-bravo (*Podocarpus* sp.) cumprem muito bem esse papel, entre outras espécies. Elas podem ser plantadas nos canteiros agroflorestais ou em canteiros intercalados (o que tem sido mais eficiente para o manejo), visando justamente a produção de biomassa e energia para disponibilização contínua para o sistema, por meio das podas frequentes.

Quanto maior a diversidade dessas espécies adubadeiras, maior o perfil vertical e horizontal de captação de nutrientes no solo, assim como a variação de associações com fungos e bactérias que atuam solubilizando ou fixando nutrientes; maior, também, a diversidade de microrganismos que vão se estabelecendo para a transformação das folhas e galhos em matéria orgânica no solo (STEENBOCK, 2021) (Figura 18).

Figura 18 – Esquema geral de croquis de agrofloresta em início de implantação



Fonte – Adaptado de Corrêa Netto *et al.*, 2016.

Em geral, as espécies de árvores adubadeiras tendem a apresentar folhas mais finas e com maior facilidade de degradação pelos microrganismos do solo. Além disso, após a poda, a deposição de galhos picados (em conjunto com as folhas) contribui para a criação de condições microambientais cada vez mais próximas à de solos de florestas em estágios médios e avançados de regeneração (CORRÊA NETTO *et al.*, 2016).

O manejo das espécies adubadeiras envolve a poda apical, para limitar o crescimento vertical, favorecendo as podas subsequentes. Em médio prazo, algumas espécies podem ser cortadas para uso da madeira.

No Quadro 5 são apresentadas algumas espécies adubadeiras, indicando seus estratos, idade para a poda apical e, em alguns casos, a idade para o corte da madeira.

Quadro 5 – Algumas espécies adubadeiras para uso em agroflorestas e suas características

Espécie	Estrato	Idade para a poda apical (anos)	Idade para o corte/madeira (anos)
Amoreira	Médio	1	Não se aplica
Aroeira verdadeira	Alto	10	30
Cajá-mirim	Emergente	3	15
Cinamomo	Emergente	2	12
Eucalipto	Emergente	1,5	3 (lenha); 15 (tora)
Gliricídia	Alto	1 (se plantada por estaca)	Não se aplica
Jamelão	Alto	2	Não se aplica
Mutamba	Alto	2	Não se aplica
Pata-de-vaca	Médio	2	Não se aplica
Pinheiro-bravo	Médio	3	Não se aplica

Fonte – Adaptado de Corrêa Netto *et al.*, 2016.



PARA SABER MAIS

Muitas vezes se questiona sobre o cuidado com a relação carbono/nitrogênio (C/N) do material a ser disposto sobre o solo, com a preocupação de que, caso essa relação seja muito alta, pode acarretar prejuízos de nutrientes para os cultivos. De fato, quando a preocupação é a adubação de plantas de ciclo curto – e não do sistema – e quando não há medidas de manejo associadas ao forte incremento e cuidado com a vida microbiana do solo, esse questionamento é, em parte, justificável. Edmar José Kiehl, já em 1985, em seu livro *Fertilizantes orgânicos*, explica:

o teor de nitrogênio dos resíduos a serem decompostos deve ser teoricamente 1,7%; quando o conteúdo de nitrogênio for inferior a esse valor, o tempo de decomposição será maior; se esse material orgânico pobre em nitrogênio estiver incorporado ao solo durante o processo de decomposição, os microrganismos irão dele tirar nitrogênio na forma nítrica ou amoniacal, suprimindo a deficiência com prejuízo temporário ou definitivo da cultura (1985, p. 15).

Entretanto, na implantação agroflorestal há um manejo intensivo de podas e de deposição do material podado sobre o solo (no qual pode ser somada biomassa vegetal trazida de outras áreas), em conjunto com o incremento da ciclagem de nutrientes por meio de uma grande diversidade e densidade de plantas.

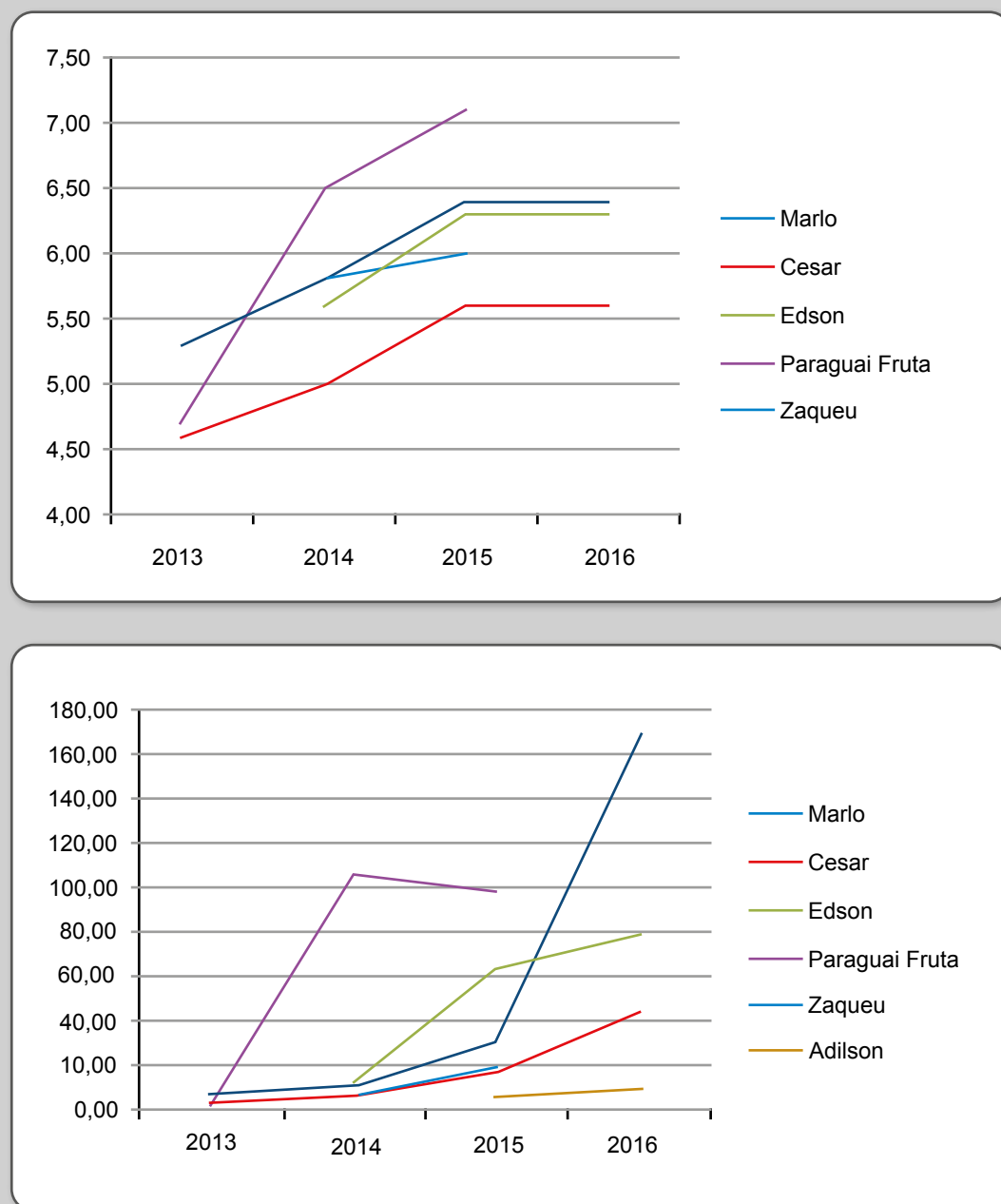
Kiehl aponta ainda que

os experimentos têm demonstrado, e isto pode ser tomado como regra geral, que a decomposição de resíduos vegetais ricos em nitrogênio é rápida, sendo boa parte desse elemento encontrado na forma orgânica, liberada como amônia, enquanto que, comparativamente, pequena produção de húmus é formada; por outro lado, materiais pobres em nitrogênio decompõem-se mais lentamente, liberando a princípio pouco nitrogênio e ao final gerando maior porção de húmus que o material rico em nitrogênio. Assim, palhas e outros restos vegetais celulósicos, se não forem suplementados com nutrientes essenciais, devem ser considerados mais como fonte de húmus do que como material fertilizante fornecedor de nutrientes para as plantas” (1985, p. 16).

Essa referência, já com quase 40 anos, tem sido ratificada por trabalhos mais recentes. Em última análise, a questão é: se pretendemos que os nutrientes que estão na constituição de folhas e galhos depositados sobre o solo (em geral com elevada proporção C/N) venham a fazer parte da constituição das raízes de um rabanete ou das folhas de uma rúcula, estaremos equivocados. Porém, se nossa pretensão é ativar a vida microbiana, proteger o solo, manter sua umidade, criar condições de abrigo e desenvolvimento de vários organismos e gerar matéria orgânica em curto, médio e longo prazos, esse material é muito útil. E quando sua aplicação é em grande quantidade e associada ao manejo da ciclagem de nutrientes, a experiência tem demonstrado que não há prejuízo algum para as culturas – mesmo as de ciclo curto –revelando, pelo contrário, elevadas produtividades.

Nos assentamentos citados anteriormente foram feitas análises anuais de solo após a implantação das agroflorestas. Além do manejo do capim nesse período inicial, foi aplicado nos canteiros agrofloretais o equivalente a 0,8 toneladas de calcário/ha e em torno de 100 g/m² de adubo orgânico fosfatado. Os gráficos a seguir apontam a evolução de pH e de fósforo disponível no solo das agroflorestas analisadas.

Figura 19 – Evolução do pH e do fósforo (mg/dm^3) em agroflorestas em início de implantação, nos assentamentos Contestado-PR e Mário Lago-SP



Fonte – adaptado de Corrêa Netto *et al.*, 2016.

Muito provavelmente, a redução da acidez e o aumento expressivo de fósforo disponível no solo das agroflorestas sob análise não se deu em função da aplicação reduzida de calcário e adubo orgânico nos canteiros. O manejo do capim, de forma associada à grande diversidade de ocupação vertical da rizosfera e das relações com microrganismos do solo parece ter sido fundamental para o efeito apresentado.

Durante o crescimento das agroflorestas, o manejo intensivo da poda, em especial das espécies adubadeiras, segue trazendo nutrientes para a superfície do solo. No alto vale do Rio Ribeira (SP/PR), no âmbito da Cooperafloresta, Froufe *et al.* (2019) quantificaram a quantidade de folhas e galhos sobre o solo, tanto em agroflorestas quanto em áreas próximas de florestas sem manejo (capoeiras). Nas agroflorestas, essa quantidade foi em média de 45 ton/ha (agroflorestas de 10 anos) e de 61 ton/ha (agroflorestas de 5 anos), enquanto nas florestas essa quantidade foi em média de 39 ton/ha. Por quilograma dessa biomassa, disponibilizados na superfície do solo, há em média 409,7 g de carbono, 16,9 g de nitrogênio, 1,4 g de fósforo, 12 g de potássio, 12,6 g de cálcio e 3,9 g de magnésio (FROUFE *et al.*, 2019).

É importante lembrar ainda que, quando são feitas podas de eliminação das plantas que já cumpriram seu papel no sistema, a concentração de biomassa e energia é ainda maior, assim como ocorre nas clareiras. E quando isso acontece a biomassa das raízes serve também como importante fonte de matéria orgânica. Na Costa Rica, raízes de árvores podadas representaram incremento de 3,7 ton C/ha e 4,5 ton C/ha em agroflorestas de quatro e dez anos, respectivamente (OELBERMANN *et al.*, 2005).

2.3 MANEJO DA DIVERSIDADE NO SISTEMA

No capítulo anterior, vimos que na dinâmica florestal cada espécie se desenvolve no momento adequado, de acordo com suas características de adaptação a cada estágio da sucessão ecológica e a cada estrato da floresta. Vimos também que, nesse processo, uma planta “cria” a outra, ou seja, ao se estabelecer, cada planta contribui para a criação de condições ao estabelecimento de novos consórcios.

Na ecologia, essa criação de condições adequadas é contextualizada com o princípio das “propriedades emergentes”. Esse princípio estabelece que, à medida que os componentes se combinam, são produzidas novas propriedades que antes não existiam. Assim, as propriedades emergentes, por definição, são propriedades coletivas que emergem ou aparecem como resultantes da interação entre componentes (ODUM, 1988).

Na agrofloresta, buscamos amplificar e otimizar o processo de sucessão ecológica, combinando a diversidade de espécies com estratégias de manejo adequadas. No estabelecimento dessa diversidade, é importante considerar como cada espécie irá contribuir para a “criação” de outra e de que forma contribuirá para o estabelecimento de propriedades emergentes no sistema como um todo.

Quando plantamos mandioca em um canteiro agroflorestral, por exemplo, podemos direcionar suas manivas a 45° para que as raízes se estabeleçam para a parte de fora do canteiro, e suas folhas, para a parte central. Nesta podem ser plantadas árvores, que estarão crescidas muito depois da colheita da mandioca. Dessa forma, o desenvolvimento das raízes da mandioca ajudará a criar condições de solo adequadas às raízes das árvores, sem ocupar o mesmo espaço. Além disso, suas folhas criarão um ambiente de proteção às plântulas das árvores, evitando a insolação direta, reduzindo a ação dos ventos e eventuais geadas e estabelecendo condições de maior umidade relativa.

É pensando desse jeito, de como uma planta ajuda a criar outra, que devemos planejar o plantio. Esse é um dos aspectos centrais do fazer agroflorestral, que será detalhado na próxima seção.

Contudo, o manejo da diversidade na agrofloresta envolve também – e especialmente – identificar quais são as funcionalidades ecológicas das espécies que traremos ao sistema. Dito de outra forma, é importante planejar as propriedades emergentes que a presença de cada planta pode gerar no sistema, contribuindo para sua complexificação e para o aumento da quantidade e qualidade da vida consolidada.

Fazendo uma analogia, da mesma forma que pensamos no fornecimento de comida que precisamos ter em casa, nos tipos de móveis, no fornecimento de água, no abastecimento de gás ou lenha para cozinhar e em tantos outros elementos para a economia doméstica, é importante pensar em como garantir diferentes funcionalidades ecológicas para a agrofloresta, com base na diversidade de espécies e práticas de manejo (STEENBOCK, 2021).

Nesse sentido, questões parecidas com as que fazemos para buscar o conforto doméstico podem ser feitas para buscar o conforto e a produtividade do organismo agroflorestral. Entre estas questões, é importante perguntar:

- 1) Que plantas podem ajudar a manter a água no sistema? A bananeira, por exemplo, conserva muita água em seus “troncos” (pseudocaules); suas touceiras tendem a rebrotar bem, então podemos cortá-las frequentemente e colocar pedaços de seu pseudocaule sobre o solo, mantendo sua umidade. Já em clima semiárido, a palma é uma espécie de grande importância para manter a umidade do sistema.

- 2) Que plantas posso utilizar quando o solo está muito adensado, logo abaixo da superfície, e precisa ser quebrado por raízes fortes, que cheguem até regiões mais profundas e permitam o aumento da permeabilidade? Leguminosas como o guandu, o feijão-de-porco e a mucuna costumam cumprir bem esse papel.
- 3) Que plantas crescem rápido e permitem a produção biomassa em grande quantidade, em forma de folhas e galhos? Aroeira, amoreira e bracatinga fazem isso muito bem.
- 4) Que plantas ajudam a trazer insetos, pássaros e morcegos para a agrofloresta, trazendo junto pólen e sementes de outras áreas? Espécies que florescem em grande intensidade e estabelecem múltiplas relações ecológicas, como as leguminosas e palmeiras, ajudam muito nesse sentido. E assim por diante (STEENBOCK, 2021).

Aqui, cabe resgatar o conceito de “espécies facilitadoras”, como aquelas com maior potencial de alteração das condições de uma comunidade, de modo que as espécies subsequentes tenham maior facilidade de estabelecimento (RICKLEFS, 1996). De acordo com Hurlbert (1971), o conhecimento das probabilidades de encontros interespecíficos de cada espécie em uma floresta, por exemplo, é uma ferramenta básica para o entendimento da estabilidade de uma comunidade. As espécies com maiores probabilidades de encontros interespecíficos são as que mais contribuem para a aceleração do ritmo de sucessão ecológica (ver Glossário). Assim, é importante buscar adequar diversidade e densidade de espécies facilitadoras na agrofloresta, considerando a forma como cada uma gera propriedades emergentes, por meio de sua funcionalidade ecológica.

Muitas vezes, espécies facilitadoras também geram produtos relevantes para nosso consumo ou venda. Aqui reside a arte e a ciência em acoplar a busca pela complexificação do sistema e a evolução de nossa segurança alimentar, nutricional e energética, bem como com nossas possibilidades de renda. A bananeira, além de ajudar a criar várias outras espécies, de fixar água no sistema, de contribuir para a estruturação do solo e para o fornecimento de grandes quantidades de biomassa e energia, também produz banana. O consórcio de feijão, milho e abóbora (MILPA), praticado pelas populações originárias da América há séculos, além de produzir alimentos, é altamente produtivo em biomassa e energia e promove elevada proteção do solo. A bracatinga gera madeira de elevada qualidade para cabos de ferramentas, caibros, palanques, laminados e lenha, além de produzir floradas intensas e possibilitar a apicultura. Além disso, é uma leguminosa que contribui para o fornecimento de nitrogênio ao sistema, que cresce rápido e ajuda a criar várias espécies sob sua sombra e que emite raízes profundas, atuando intensamente na ciclagem de nutrientes. O

palmito juçara, na encosta atlântica, além de estar constantemente atraindo uma grande diversidade de animais (e novas plantas) para a agrofloresta, produz frutos e palmito comestíveis e potencialmente rentáveis (STEENBOCK, 2021).

Cabe ressaltar, nessa busca pela combinação entre funcionalidade ecológica e produção de segurança alimentar ou renda, o papel de incremento da regeneração natural que consórcios envolvendo espécies facilitadoras desempenham. Por exemplo, espécies com altas taxas de florescimento e frutificação, ao servirem de abrigo e alimento para pássaros e morcegos, acabam contribuindo para a chegada de sementes de outras regiões, as quais são semeadas na agrofloresta por esses animais (STEENBOCK, 2021).

Em agroflorestas de mais de dez anos de idade, no âmbito da Cooperafloresta, foram identificadas, em média, mais de 50 espécies arbustivas ou arbóreas, em densidade superior a 7 mil plantas/ha. Das plantas inventariadas, apenas 61,3% foram reconhecidas plantadas. As demais vieram da regeneração natural, sendo manejadas ao longo do tempo (STEENBOCK *et al.*, 2013).

Sob o aspecto econômico, a diversidade de funcionalidades ecológicas e de produtos possibilita o manejo de produtos armazenáveis a campo (por exemplo, madeiras e fibras) em conjunto com produtos armazenáveis pós-colheita e diferentes possibilidades de beneficiamento (polpas, geleias, doces etc.), gerando um baixo custo tecnológico e de trabalho por produto e maior facilidade de realocação de recursos e insumos. Tudo isso contribui para mais resiliência e estabilidade do agricultor frente a variações de preços e condições de mercado. Além disso, essa diversidade permite maior autonomia no direcionamento dos produtos para consumo ou comercialização, garantindo maior segurança alimentar e diferentes possibilidades de renda, de forma escalonada ao longo do tempo (STEENBOCK, 2021).

2.4 UM CONSÓRCIO DEPOIS DO OUTRO: O PLANEJAMENTO DA SUCESSÃO ECOLÓGICA E DA ESTRATIFICAÇÃO NA AGROFLORESTA

Quando falamos sobre o funcionamento da floresta no capítulo anterior, vimos que sua elevada densidade e diversidade de plantas está associada à sua estratificação, com cada “andar” recebendo a intensidade luminosa adequada. Isso permite que plantas muito próximas entre si vivam bem, ocupando espaços verticais diferentes, tanto na parte aérea quanto na rizosfera. Vimos também que a cada momento da sucessão ecológica mudam as espécies que compõem os consórcios

e seus estratos. E, ao longo do tempo, a amplificação de propriedades emergentes contribui para a complexificação do sistema, aumentando a quantidade e qualidade da vida consolidada. Margalef (1968) definiu sabiamente a sucessão ecológica como o acréscimo de informação em um ecossistema, refletindo justamente o incremento de relações e da biodiversidade por meio da sucessão.

No manejo agroflorestal, nossa busca é pelo uso consciente de processos ecológicos da dinâmica florestal, potencializando-os para a produção de alimentos em meio à complexificação do sistema. Nas seções anteriores a este capítulo, já abordamos a importância da caracterização do ambiente, do manejo da fertilidade e do manejo da diversidade nas agroflorestas. Agora, vamos buscar contextualizar esse manejo no espaço e no tempo, por meio do planejamento da estratificação e da sucessão ecológica.

Antes de tudo, é preciso ter clara a definição de estrato de cada planta para aplicação em sistemas agroflorestais, pois muitas vezes se confunde estrato com altura. O estrato de uma planta é o andar que sua copa ocupa no organismo florestal no qual se origina, quando o organismo florestal atinge a fase da sucessão ecológica a que ela pertence. Por exemplo, se uma árvore é do estrato alto e do estágio avançado, ela ocupará, no organismo florestal do qual se origina, o andar alto, quando a sucessão da floresta atingir o estágio avançado. Se a árvore for de uma espécie secundária e do estrato baixo, ela ocupará o andar baixo, quando o organismo florestal atingir o estágio secundário da sucessão.

O cacaueiro (*Theobroma cacao*), por exemplo, é uma espécie cuja copa ocupa o estrato médio, no estágio médio a avançado de sucessão ecológica de alguns ecossistemas da Floresta Amazônica, de onde é originário. A acerola (*Malpighia emarginata*), por sua vez, ocupa o estrato alto em seu ambiente de origem, em florestas em estágio médio a avançado e solos rasos da América Central. Em geral, um pé de acerola é mais baixo do que um cacaueiro. Porém, plantar plantas das duas espécies próximas entre si não fará com que a acerola viva bem na sombra do cacaueiro nem que o cacaueiro viva bem a pleno sol.

No momento da implantação da agrofloresta, é importante buscar implantar o sistema ao mesmo tempo, envolvendo tanto as espécies de consórcios de estágios iniciais de sucessão quanto de estágios mais avançados. No decorrer do tempo, serão formados diferentes consórcios, ou seja, a cada período haverá um consórcio com espécies em diferentes estratos (baixo, médio, alto, emergente) (STEENBOCK; VEZZANI, 2013; CORRÊA NETTO *et al.*, 2016).

Planejar a sucessão e a estratificação é agregar o conhecimento sobre os ambientes, as relações ecológicas, a velocidade de crescimento e as características de altura e arquitetura de cada espécie. É também considerando a sucessão e a estratificação que é possível trazer ao espaço produtivo um grande número de espécies, que contribuirão para a diversidade de funcionalidades ecológicas, para a segurança alimentar e para a diversificação da renda (STEENBOCK; VEZZANI, 2013; CORRÊA NETTO *et al.*, 2016).

Analisando novamente a Figura 15, percebemos que, na floresta, as copas das plantas do estrato baixo costumam ocupar grande parte da área, em torno de 80%. Essa proporção vai decrescendo nos estratos médio (em torno de 60%), alto (em torno de 40%) e emergente (em torno de 20%). Buscando utilizar essas proporções como referência, ajustam-se os espaçamentos das plantas de cada estrato para cada momento da sucessão ecológica.

Consideremos, por exemplo, uma agrofloresta que nos primeiros momentos da sucessão apresente um consórcio com rúcula e alface no estrato médio, couve no estrato alto e milho e girassol no estrato emergente. Pode-se plantar a rúcula em espaçamento de 5 × 20 cm, alface em espaçamento de 25 × 25 cm, couve em espaçamento de 50 cm × 1 m e plantas emergentes em número de 6 a 8 plantas/m². Dessa forma, cada estrato consegue receber muito bem a luz solar e não compete por nutrientes, considerando que quando as plantas do estrato médio forem colhidas as plantas do estrato alto e emergente ainda estarão em crescimento inicial. No consórcio desse exemplo, a rúcula será colhida com 25 dias, momento em que a alface ainda não estará formada. Esta será colhida com 45 dias, momento em que a couve ainda estará crescendo, sendo esta colhida a partir de 65 dias. Em todo esse período, o milho e o girassol estarão crescendo em meio a essas espécies, sendo colhidos somente aos 90 dias (no caso de milho verde).

Esse canteiro pode ser renovado após a colheita do milho e do girassol. Porém, nesse mesmo canteiro, caso os espaçamentos da rúcula e da alface sejam um pouco maiores, podem ser plantados espinafre, alho-poró e gergelim, que ocuparão, até seis meses, os estratos baixo, médio e emergente, seguindo a colheita periódica da couve no estrato alto. Ainda nesse mesmo canteiro, o plantio pode contar com açafrão, mandioca e mamão, que ocuparão o estrato baixo, alto e emergente, por volta de um ano a um ano e meio após o plantio. Nesse momento, os consórcios iniciais já terão sido colhidos. Junto aos pés de mandioca, pode-se plantar árvores, como o café, a laranja e o abacate, que serão “criadas” pela mandioca e ocuparão, em médio prazo, os estratos baixo, médio e alto da agrofloresta.

No início da agrofloresta, todas as plantas dos consórcios do futuro crescerão à sombra das plantas de consórcios mais curtos. As mudas de abacate, por exemplo, no caso da agrofloresta descrita anteriormente, estarão com suas copas abaixo da copa da mandioca nos primeiros meses de seu desenvolvimento. Isso pode levar à conclusão errada de que todas essas plantas dos consórcios do futuro seriam espécies de estratos baixo ou médio.

É importante lembrar, porém, que o estrato ideal de uma espécie é o andar em que ela vive na floresta em seu ambiente de origem, quando já atingiu a fase adulta, ou produtiva. Para chegar lá, cada espécie foi protegida, inicialmente, quando mudinha, pelas espécies que já se encontravam adultas na floresta. A floresta cumpre, dessa forma, a função de viveiro, protegendo as mudas de cada espécie que ali venha a ocorrer. E é imitando esse papel, também, que planejamos o plantio agroflorestal.

Outro aspecto a destacar é que a diferença de produtividade desse exemplo de agrofloresta (ou de qualquer outro com bom planejamento da sucessão e da estratificação), se comparado ao plantio monocultural de qualquer uma das plantas selecionadas, tende a ser muito grande. Considerando especialmente o objetivo de produção de espécies de ciclo mais longo, a inclusão de espécies de ciclo curto permite a geração de renda na área desde os primeiros meses. Para subsidiar essa alta produtividade, o manejo das espécies adubadeiras e a ciclagem de nutrientes promovida pela alta densidade e diversidade de espécies e pela intensa cobertura do solo promovem condições adequadas para o conforto térmico e para altas taxas de fotossíntese das plantas do sistema, bem como para a forte atuação dos microrganismos do solo, disponibilizando substâncias e contribuindo para sua estruturação.

No Quadro 6 são apresentados os estratos e o período de produção de algumas espécies. O uso desse tipo de quadro tem sido muito útil para o planejamento da sucessão e da estratificação agroflorestal. Importante notar que, além da seleção das espécies para o plantio, existe a possibilidade da inclusão de outras espécies no sistema, gradativamente, por meio da regeneração natural.

Quadro 6 – Relação entre sucessão ecológica e estratos de algumas espécies para uso em sistemas agroflorestais

Estratos	Consórcios				
	Aumento da diversidade e densidade de espécies de regeneração natural manejadas na agrofloresta				
	Até 3 meses	Até 6 meses	Até 18 meses	Até 10 anos	Mais de 10 anos
Emergente	Crotalária, girassol, milho verde	Gergelim, milho, quiabo	Mamão, mamona	Bracatinga, cajá-mirim, chichá, fruta-pão, jacatirão, mamão, noz-pecã, pequi, tamarindo	Araucária, bacuri, castanha-do-brasil, copaíba, jacatirão, noz-pecã, pequi, tamarindo
Alto	Brócolis, couve-flor, feijão-de-corda, milheto, sorgo, vagem-trepadeira	Berinjela, couve, ervilha-torta, jiló, pimenta, pimentão, repolho, tomate, trigo	Alfavaca, guandu, mandioca, manjerição, maracujá, pitaia, yacon	Abacate, açaí, banana-nanica, banana-da-terra, banana-roxa, caqui, cedro, cupuaçu, figo, graviola, guabiroba, guaraná, ingá, jambo, jambolão, juçara, lichia, maçã, manga, oliveira, pupunha	Abacate, araçá, babaçu, cagaita, caqui, cambucá, cedro, cupuaçu, figo, graviola, guabiroba, jambo, jerivá, juçara, lichia, maçã, manga, oliveira, pitomba, pupunha, sapoti
Médio	Acelga, alface, chicória, coentro, nabo, nabo-forrageiro, rabanete, rúcula	Alho-poró, almeirão, batata, beterraba, cebola, cenoura, fava, linhaça, salsão	Abacaxi, Amora-de-espinho, bardana, batata-salsa, inhame, mangarito	Amora, ameixa, banana-maçã, banana-pão, banana-prata, banana-ouro, cacau, carambola, erva-mate, goiabeira-serrana, laranja, lima-da-pérsia, louro, marmelo-português, nectarina, jaboticaba, pêssego, pata-de-vaca, pinha, ponkan, pitanga, urucum, uvaia	Abiu, cacau, canela-de-cheiro, cambuci, carambola, cuvata, goiabeira-serrana, grumixama, laranja, louro, mangostão, marmelo-português, miguel-pintado, nectarina, jaboticaba, pêssego, pata-de-vaca, pataste, pinha, ponkan, pitanga, uvaia
Baixo	Agrião, feijão-preto, feijão-carioca, vagem-rasteira	Abóbora, amendoim, espinafre, feijão-azuki, feijão-de-porco, hortelã, melancia, melão, salsinha	Açafrão, batata-doce, gengibre, manjerona, poejo, orégano	Bacupari-miúdo, cabeludinha, café, limão-cravo	Bacupari-miúdo, cabeludinha, café, limão-cravo, xaxim

Fonte – Adaptado de Corrêa Netto *et al.*, 2016.

**ATENÇÃO**

Ao planejar o plantio da forma indicada, busca-se visualizar os diferentes estratos da agrofloresta no decorrer do tempo, levando em conta a diversidade de espécies em cada estrato e em cada consórcio. Mesmo que sempre seja possível introduzir no sistema novas espécies em diferentes momentos, um andar desocupado não pode ser preenchido imediatamente por uma espécie que ainda vai ser plantada. Até ela crescer, a dinâmica agroflorestal já terá alterado seus estratos (STEENBOCK; VEZZANI, 2013; CORRÊA NETTO *et al.*, 2016).

É bom lembrar, conforme já colocado no capítulo 2, que é estratégia de qualquer planta produzir sementes em grande quantidade, pois nem todas terão características genéticas adequadas à germinação, ao crescimento e à reprodução na porção de solo em que se estabelecer. Em outras palavras, é uma estratégia da natureza a elevada quantidade e diversidade genética de sementes, para que a expressão de vida de cada espécie possa estabelecer e aproveitar várias propriedades emergentes. É na combinação de fatores genéticos e ambientais no local onde cada semente chega que uma ou outra planta, nascida muitas vezes da mesma mãe, irá viver melhor. Por isso, na agrofloresta, planta-se geralmente muito mais sementes do que se espera daquela espécie na fase adulta. Assim, criam-se condições para que a combinação de fatores genéticos e ambientais direcione o melhor estabelecimento dessa ou daquela planta formada, indicando a melhor possibilidade de manejo. E podemos então retirar do sistema, via poda, aquelas plantas não estão tão adaptadas, mantendo as que cresçam melhor e transformando as demais em cobertura e adubação do solo. Dessa forma, no planejamento da sucessão e da estratificação, estamos tendo como referência também o grande banco de sementes e de plântulas que ocorre, naturalmente, nas florestas (STEENBOCK; VEZZANI, 2013; CORRÊA NETTO *et al.*, 2016).

2.5 EXERCITANDO O PLANEJAMENTO DA ESTRATIFICAÇÃO E DA SUCESSÃO ECOLÓGICA NA AGROFLORESTA

O planejamento do plantio agroflorestal, com base na sucessão ecológica e na estratificação, pode ser feito de forma coletiva, em reuniões com a comunidade envolvida com a atividade, considerando os seguintes passos:

Passo 1. Elaboração de um quadro aberto

De preferência em um papel grande (como folha de *flipchart*), monta-se um quadro aberto, à semelhança do Quadro 6, correlacionando estratos e consórcios:

Estratos	Consórcios				
	Até 3 meses	Até 6 meses	Até 18 meses	Até 10 anos	Mais de 10 anos
Emergente					
Alto					
Médio					
Baixo					

Passo 2. Identificação de espécies potenciais

Para cada uma das lacunas do quadro anterior identificam-se espécies possíveis para o plantio, considerando aspectos como disponibilidade de sementes ou mudas, aptidão ao clima e às características de solo, facilidade de manejo, opções de beneficiamento e mercado, entre outros.

Aqui, é muito importante considerar o que discutimos no item “3.3 – O manejo da diversidade no sistema”, trazendo espécies que cumpram diferentes funcionalidades ecológicas e propriedades emergentes e que, ao mesmo tempo, apresentem diferentes opções de mercado e sejam importantes, em seu conjunto, para a segurança alimentar e nutricional da família. Nesse momento, a ideia não é limitar o número de espécies, mas trazer todas as espécies que possam cumprir esses critérios, em cada lacuna do quadro.

Passo 3. Detalhamento do período de produção de cada espécie

Considerando as espécies indicadas no quadro anterior, elabora-se agora outro quadro, em um papel maior (papel-pardo, por exemplo), detalhando o período em que cada espécie produzirá, em cada estrato, como neste exemplo:

tempo estratos	90 dias	180 dias	1 ano	3 anos	8 anos	15 anos	25 anos	30 anos	+ de 40 anos
emergente	milho quiabo girassol		mamão		brocatonga	eucalipto		araucária	
alto		amendoim mandioca couve	????			manga abacate cambucá			
médio	batata doce				urucum laranja	erva mate			
baixo						café limão rosa			

Passo 4. Seleção das espécies por estrato e no mesmo período da sucessão ecológica

Para a seleção final das espécies, é importante lembrar que, em um mesmo canteiro, não é adequado haver espécies que ocuparão o mesmo estrato no mesmo período (a não ser que haja substituição de uma planta por outra, de outra espécie, de forma intercalada no canteiro). Para essa seleção, pode-se aplicar a regra do “E”/“OU”:

“E”, entre estratos diferentes e entre espécies do mesmo estrato que vão produzir em épocas diferentes; “OU”, para plantas do mesmo estrato que irão produzir na mesma época:

tempo estratos	90 dias	180 dias	1 ano	3 anos	8 anos	15 anos	25 anos	30 anos	+ de 40 anos
emergente	milho quiabo girassol		mamão		brocatonga	eucalipto		araucária	
alto		amendoim mandioca couve		E		manga abacate cambucá		OU OU OU	
médio	batata doce			E	urucum laranja	erva mate			
baixo				E		café limão rosa			

Quando se usa “E”, estamos falando do incremento das plantas, todas adicionadas ao planejamento do plantio. São consórcios, portanto, de incremento. Quando se usa “OU”, estamos substituindo espécies, optando por uma ou por outra. Nesse caso, são consórcios de substituição.

Para orientar a substituição de uma espécie por outra, pode-se lançar mão de uma discussão coletiva, agregando os “prós” e “contras” das espécies que estão por ser selecionadas. No caso do exemplo anterior, pode-se discutir as vantagens e desvantagens do plantio da manga, do abacate ou do cambucá – todas pré-selecionadas para ocuparem o estrato alto, no mesmo período da sucessão. Feita a discussão, pode-se propor uma priorização coletiva (priorização de pareto). Para isso, distribui-se um número fixo de votos para cada participante, que podem ser representados, por exemplo, por grãos de milho. Cada participante da discussão terá, então, por exemplo, 10 grãos de milho na mão para distribuir entre a manga, o abacate e o cambucá, no quadro de planejamento colocado no chão. Pode-se colocar todos os votos em uma única espécie ou dividi-los entre as plantas, na proporção que o participante julgar conveniente, frente à importância da espécie para a seleção. Ao final, somam-se os grãos colocados sobre cada espécie, gerando o resultado da seleção. Essa priorização pode ser repetida, quantas vezes for necessário, até que o grupo entre em consenso.

Passo 5. Elaboração do croqui do plantio

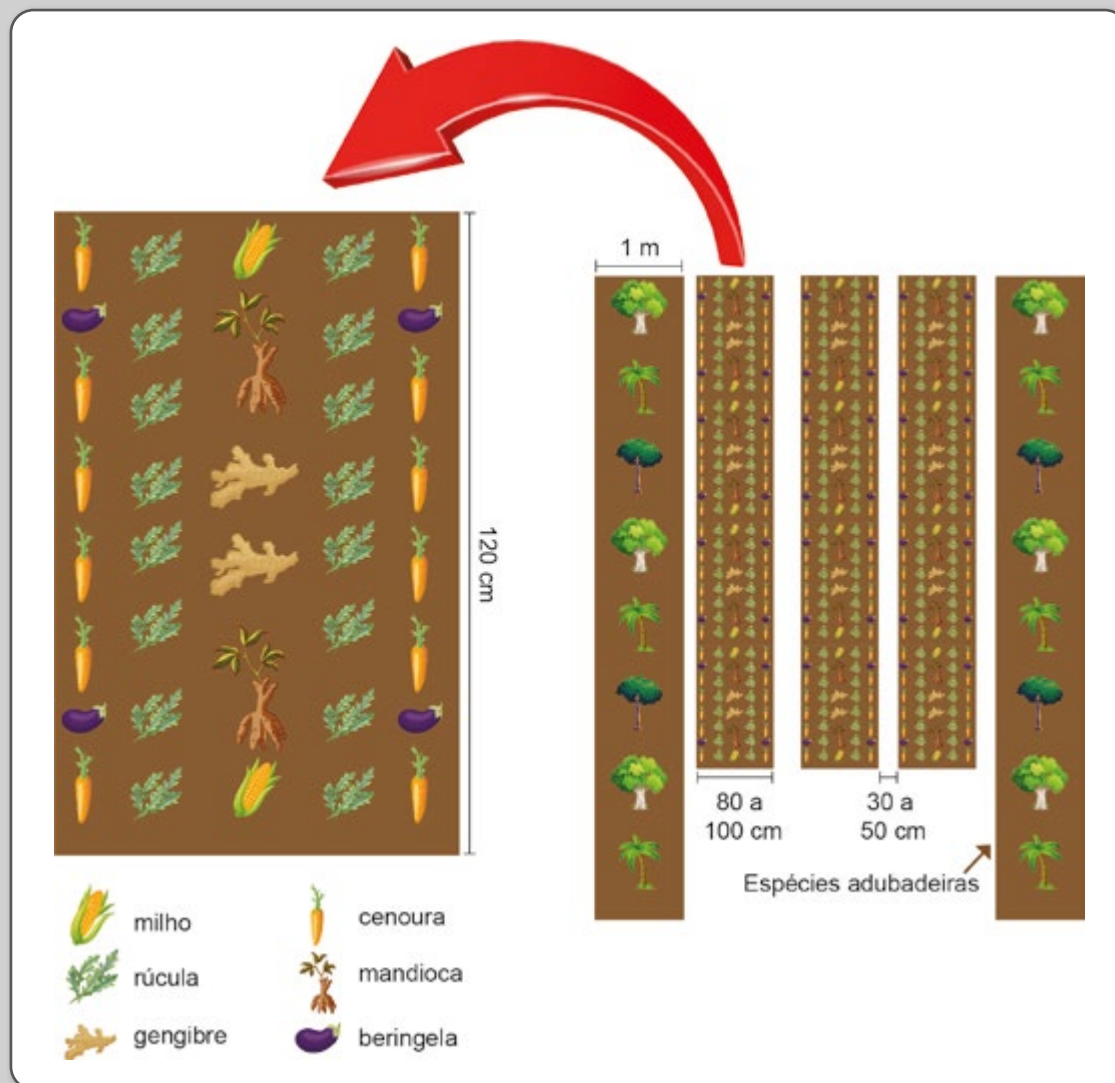
Uma vez selecionadas as espécies, faz-se o croqui do plantio, compondo o arranjo das espécies em seus espaçamentos. Para espécies do mesmo período de produção, o espaçamento é definido por meio do espaçamento convencional de cada cultura, procurando adensar mais em função dos diferentes estratos, conforme já discutido anteriormente.

Esse adensamento tem como referência a própria floresta. Como vimos anteriormente, na floresta, plantas do estrato emergente ocupam, com suas copas, aproximadamente 20% da área; plantas do estrato alto, 40%; plantas do estrato médio, 60%, e plantas do estrato baixo, 80% da área, em projeção vertical. Nos plantios agroflorestais, os consórcios de cada época devem ter, de forma geral, essa proporção de ocupação. São, portanto, essas proporções que devem orientar o espaçamento do plantio.

O espaçamento deve considerar também a disposição de cada espécie nos canteiros. Espécies de ciclo curto, como as hortaliças, podem ser plantadas na borda dos canteiros, mantendo as espécies de ciclo longo no centro.

Espécies adubadeiras típicas, como banana e eucalipto, podem ser plantadas no mesmo canteiro das demais ou em canteiros específicos, nas entrelinhas, de forma adensada (considerando os aspectos discutidos no Item 3.2 – “Manejo da fertilidade nos sistemas agroflorestais”).

Figura 20 –Exemplo de croqui de “SAF Horta”



Fonte – Adaptado de ilustrações de Fabiani Pó de Araújo e Laura Sayda Bertola Vieira



ATENÇÃO

Com o croqui estabelecido, monta-se um calendário indicando em que época do ano cada espécie produz e os tratos culturais necessários, verificando a demanda de mão de obra e de insumos em cada momento. Nessa etapa, é possível fazer ajustes, retirando ou agregando espécies ao planejamento dos consórcios em função da mão de obra disponível.

2.6 MANEJO DA PODA NA AGROFLORESTA

Começamos o segundo capítulo deste material indicando que “tudo começa com a fotossíntese”. De fato, ela é um processo fundamental para o fornecimento de energia e biomassa a todos os sistemas vivos e, na agricultura, toda a produção de alimentos depende do bom funcionamento dessa biotecnologia natural, trazendo a energia solar para o funcionamento vegetal. Por isso, há um antigo provérbio chinês que diz que “a agricultura é a arte de guardar o sol” (STEENBOCK, 2021).

Em uma floresta, a energia solar é “guardada” por meio de sua diversidade de plantas, estruturadas na sucessão ecológica e nos diferentes estratos para sua máxima captação. E, procurando guardar da melhor maneira possível o sol, cada planta se coloca de forma adequada na floresta. Nessa movimentação, cada planta produz a própria biomassa, formando, em conjunto, a base da alimentação de todos os organismos, seja por meio da herbivoria, seja por meio da decomposição de suas estruturas pelos organismos do solo.

Como vimos na seção anterior, em uma agrofloresta o planejamento do plantio busca estabelecer consórcios de plantas, durante a sucessão, que façam da melhor maneira possível essa transformação de energia solar em comida. Cada consórcio é constituído por plantas em diferentes estratos, otimizando a transformação da energia solar em energia química e ampliando a produtividade de biomassa por metro quadrado. Além disso, parte considerável das plantas trazidas para a agrofloresta – as plantas adubadeiras – têm como função principal produzir biomassa para a cobertura do solo e disponibilização de nutrientes ao sistema.

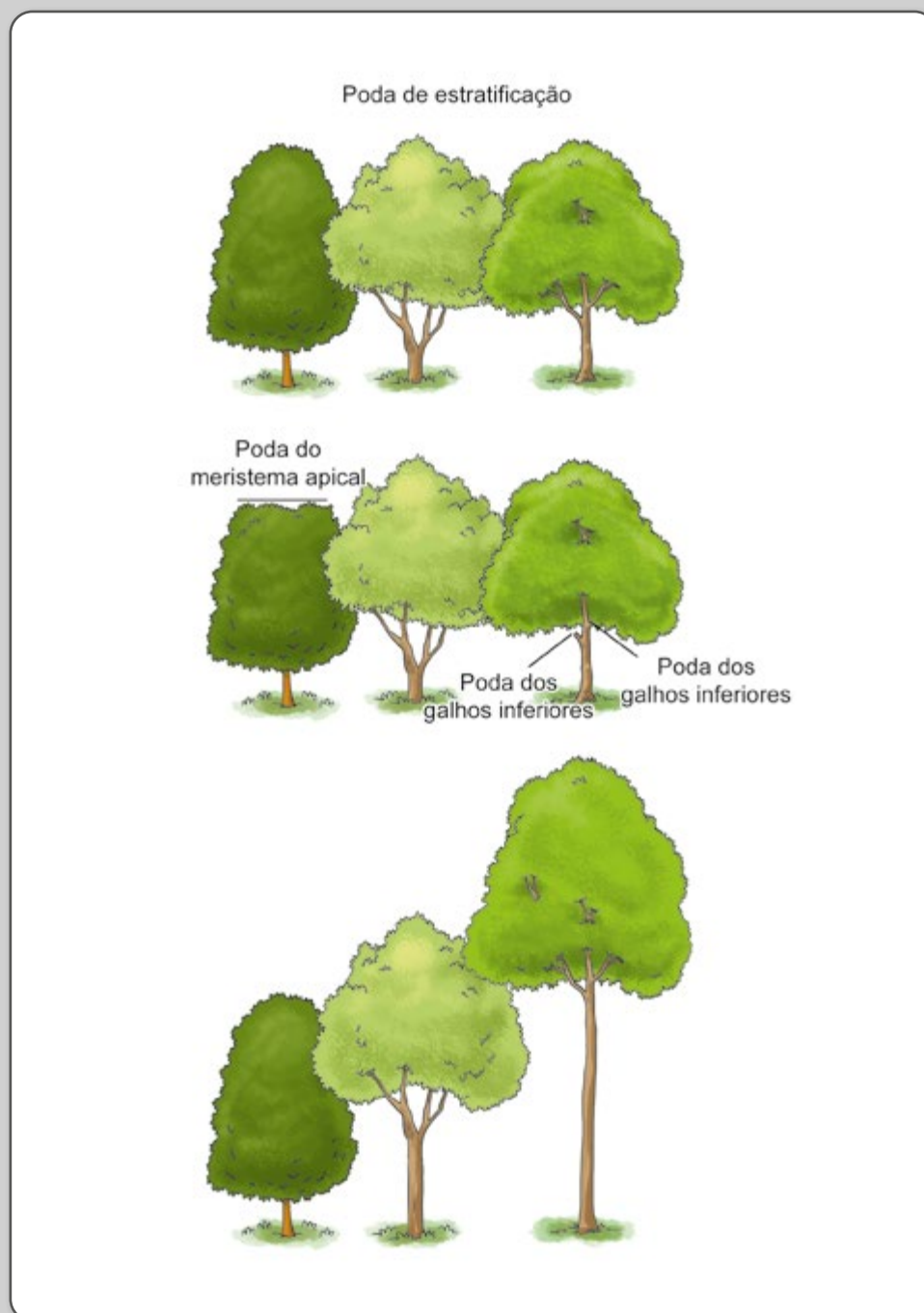
Aqui reside uma das diferenças fundamentais entre a agrofloresta e a agricultura convencional. Nesta, ao se plantar uma única espécie por área, deixa-se a capacidade de guardar o sol apenas sob sua responsabilidade na área de plantio; além disso, não se criam condições de proteção do solo e de retenção de umidade para que a fotossíntese ocorra adequadamente. “Guarda-se pouco sol”, dessa forma. Visando suprir essa deficiência, trazemos “sol guardado” em outros lugares e sob diferentes constituições: trazemos grandes quantidades de adubos orgânicos ou sintéticos, geralmente gastando uma boa quantidade de sol guardado em outras épocas, hoje na forma de petróleo (STEENBOCK, 2021).

Porém, no planejamento agroflorestal, podemos ir um pouco mais longe em nossa contribuição à transformação de energia solar em comida. Além de incluir no planejamento de plantio as espécies adubadeiras e de criar consórcios para a captação de luz em vários estratos, podemos ajudar as plantas a fazer sua movimentação no sentido da melhor ocupação vertical, por meio da poda de estratificação; podemos

estimular a produção de flores e frutos, por meio da poda de frutificação; e podemos acelerar a sucessão ecológica do sistema, retirando plantas pouco adaptadas e/ou que já cumpriram seu papel e fornecendo sua biomassa e energia ao trabalho dos microrganismos do solo, por meio da poda de eliminação.

Conforme já discutido, cada planta tem seu estrato ideal, considerando o espaço horizontal que ela ocupa na agrofloresta e as diferentes espécies ao seu redor. Faz-se a poda de estratificação para estimular que cada planta ocupe realmente o estrato adequado. Por exemplo, em uma situação em que foi planejado o plantio de uma planta de café, uma laranjeira e uma canela, relativamente próximas entre si, é provável que durante a sucessão parte de suas copas venha a dividir o mesmo estrato. Então, é importante realizar uma poda para estimular a estratificação adequada. Para isso, retira-se o meristema apical (“corta-se a cabeça”) do café (ver Glossário), estimulando que ele forme uma grande saia e que não cresça mais verticalmente; podam-se os ramos mais baixos da canela e, eventualmente, podam-se galhos de árvores em sua volta e que estejam impedindo a chegada de luz à sua copa, o que estimula seu crescimento vertical; e mantém-se a laranjeira sem poda de estratificação, eventualmente realizando uma poda de frutificação. Dessa forma, em médio prazo, o café ocupará o estrato baixo, a laranjeira, o estrato médio, e a canela, o estrato alto da agrofloresta, cada qual captando da melhor forma possível a luz solar (Figura 21) (STEENBOCK; VEZZANI, 2013; STEENBOCK, 2021).

Figura 21 – Representação esquemática de uma poda de estratificação



Fonte – Adaptado de Steenbock; Vezzani, 2013.

A poda de frutificação, por sua vez, reflete o cuidado para o estímulo à produção de flores e frutos, sendo bastante praticada na fruticultura. Como regra geral para a poda de frutificação, quanto maior a quantidade de luz chegando ao conjunto de folhas da copa, maior a possibilidade de produção de flores e frutos e menor a possibilidade de a planta ficar em desequilíbrio nutricional. Dessa forma, é importante retirar os

galhos que estão mais velhos, os galhos doentes e aqueles que se sobrepõem a outros mais vigorosos. Além disso, é importante considerar características próprias de cada espécie para se fazer uma poda adequada. Há plantas que só produzem flores (e frutos) em ramos do ano, outras que só produzem em ramos que já completaram um ano, e outras ainda que só produzem em ramos mais velhos (STEENBOCK; VEZZANI, 2013).

Finalmente, a poda de eliminação é realizada quando existem duas ou mais plantas ocupando, com suas copas, o mesmo espaço horizontal, e cujo estrato ideal é o mesmo. Assim, plantas muito próximas umas das outras, que tenham características que indicam que devam ocupar o mesmo estrato, exigem uma avaliação de qual ou quais delas devem ser mantidas e quais devem ser eliminadas. Se o planejamento de plantio foi bem pensado, isso ocorre quando uma das plantas do mesmo estrato pertence ao consórcio anterior na sucessão ou quando foram plantadas várias sementes da mesma espécie, deixando para a seleção natural a identificação de qual planta é a mais adaptada àquele microambiente. A poda de eliminação nada mais é do que a retirada de plantas menos adaptadas, estimulando a chegada de luz para aquelas que estão crescendo melhor (STEENBOCK; VEZZANI, 2013).

Nas agroflorestas recém-implantadas, a poda se aplica mais intensamente às folhas de espécies adubadeiras (nesse momento, principalmente do capim). Conforme a sucessão ecológica vai ocorrendo, a aplicação dos diferentes tipos de poda é consequência de um manejo constante, com base na percepção das condições de crescimento de cada planta e da estratificação da agroflorestal como um todo. Para essa percepção, é importante identificar, em relação à cada planta, respostas a questões como:

- Essa planta está no estrato adequado?
- Devo e posso conduzir sua copa para outro andar da agrofloresta?
- Preciso retirá-la porque a substituta dela naquele estrato, em um consórcio mais avançado, já está pedindo passagem?
- Que funcionalidade ecológica essa planta já realizou, está realizando ou realizará no futuro?
- Que propriedades emergentes essa planta está gerando ao sistema?
- Qual é a altura que sua copa deve estar em médio prazo?
- Em que altura estarão ou deverão ser conduzidas as copas das árvores adjacentes?
- Qual é a intensidade de luz que aumentará a produtividade dessa planta?
- Como posso podar as árvores adjacentes para facilitar a entrada de luz?

A poda é, assim, o principal mecanismo de manejo das agroflorestas com alguns anos de idade. A adequação ao funcionamento de cada planta ao sistema é o objetivo central de qualquer poda. Além disso, como produto de qualquer poda, geram-se galhos e folhas, os quais devem ser picados e dispostos adequadamente sobre o solo, especialmente nos locais com menor cobertura. Quando as árvores da agrofloresta já estão formadas, é importante lembrar que qualquer local com solo exposto é um convite à colonização por espécies de estágios iniciais de sucessão (como as gramíneas, por exemplo), as quais não devem mais fazer parte do sistema (STEENBOCK; VEZZANI, 2013).

O material podado serve, então, como proteção do solo e como contribuição à ciclagem de nutrientes do sistema. Dessa forma, imitamos também a dinâmica de uma clareira, mas potencializamos seu efeito na fertilidade do solo, disponibilizando de forma organizada a biomassa podada. Servimos, por meio das podas, um banquete para a vida no solo, e quanto mais vida no solo em termos de diversidade e abundância, mais estruturação, mais manutenção de umidade, mais nutrientes são utilizados, mais energia é organizada no sistema. É assim que podar, na agrofloresta, não serve apenas para a otimização da fotossíntese no sistema, mas também para a otimização da vida no solo (STEENBOCK; VEZZANI, 2013; STEENBOCK, 2021).

Além de tudo, se a poda for bem feita e forem incluídas no sistema várias espécies que rebrotam, ela permitirá a constante formação de novos brotos e galhos, os quais serão direcionados para os espaços mais iluminados e para a estratificação adequada. Isso contribui para a complexificação da capacidade de acumular energia e biomassa do sistema e para a amplificação de propriedades emergentes (STEENBOCK; VEZZANI, 2013; STEENBOCK, 2021).

Considerando tudo o que vimos até aqui, podemos definir resumidamente o manejo agroflorestal como o efeito conjunto da potencialização da fotossíntese (gerando muita biomassa e acúmulo de energia no sistema), do planejamento sucessional e estratificado do plantio (trazendo consórcios de plantas que ocupam diferentes andares em cada momento), da combinação de funcionalidades ecológicas e produtivas de várias espécies (integrando suas propriedades emergentes com nossa perspectiva de renda e segurança alimentar) e da prática constante da poda associada à disponibilização da biomassa podada no solo (estimulando a ciclagem de nutrientes, a manutenção da umidade, a estruturação e a fertilidade do sistema) (STEENBOCK *et al.*, 2020; STEENBOCK, 2021).

2.7 RENOVAÇÃO DE AGROFLORESTAS

Assim como em florestas naturais, a renovação de agroflorestas se faz necessária. Nas florestas, isso ocorre via dinâmica de clareiras. Nas agroflorestas, a retirada total de consórcios pode se dar em função de várias razões. Uma delas – e talvez a mais frequente – é a própria renovação de canteiros para a produção de hortaliças, que dependem de maior intensidade luminosa. Como veremos no próximo capítulo, os “SAF Horta” se utilizam, como qualquer agrofloresta, dos processos ecológicos florestais, sem necessariamente rumarem para uma estrutura florestal propriamente dita.

Além disso, muitas vezes o manejo de poda e colheita em agroflorestas mais velhas passa a ser feito com alguma dificuldade, quando exige a subida em árvores altas. Também quando o sistema é muito incompleto quanto à ocupação dos estratos e/ou quando o manejo vai se tornando difícil, é importante avaliar a pertinência de renovação da agrofloresta, total ou parcialmente.

A renovação de agroflorestas, em linhas gerais, é muito semelhante à implantação. Entretanto, a mobilização dos processos ecológicos e o incremento de diversidade e fertilidade desempenhado durante o manejo da agrofloresta anterior terão promovido um nível muito mais elevado de organização da energia e das estruturas vitais na próxima agrofloresta, à semelhança do que ocorre em cada clareira gerada periodicamente na floresta (ver Figura 16).

3. AGROFLORESTAS E SUAS DIFERENTES APTIDÕES

Conforme já colocado anteriormente, a implantação de uma agrofloresta se faz por meio de um “diálogo” com o ambiente, identificando, com base em suas características, os possíveis consórcios a serem implantados. É fundamental, também, a caracterização socioeconômica (descrita de forma genérica no Quadro 4). Nesse processo, é muito importante que se considere o direcionamento das agroflorestas com base na vocação do trabalho em cada propriedade ou comunidade, evitando impor modelos e buscando agregar as práticas agroflorestais às cadeias produtivas já em implementação.

Nesse sentido, em ações de assistência técnica e extensão rural, tem sido comum a proposição de sistemas direcionados à produção de frutas (SAF Fruta), à produção de hortaliças (SAF Horta), à produção animal (SAF Gado, SAF Galinha), entre outros. Tais sistemas, ao serem praticados, constituem a aplicação do conhecimento de técnicas agroflorestais, com base na ecologia florestal. Esses conhecimentos são aplicáveis aos diferentes ecossistemas, consórcios e aptidões e, dessa forma, passam gradativamente a orientar a prática produtiva na propriedade como um todo.

3.1 “SAF FRUTA”

Plantar frutas é uma das vocações mais procuradas quando se deseja implantar uma agrofloresta. De fato, em geral as plantas frutíferas são árvores, as quais podem se constituir em elementos muito importantes no planejamento da sucessão e da estratificação agroflorestal. Além disso, nesses casos, como a colheita não envolve a retirada das plantas – mas só dos frutos –, não é necessária a renovação dos consórcios a cada colheita, como é comum nos “SAF Horta” (como veremos em seguida).

No caso dos “SAF-Fruta”, o foco do planejamento está na estratificação, buscando garantir que cada planta esteja com sua copa no “andar” correto, em médio e longo prazo. Caso contrário, a produtividade ou mesmo a sobrevivência das plantas ficará comprometida. Além disso, como em todas as agroflorestas, é preciso planejar com muito cuidado o plantio de espécies adubadeiras, que cumprirão os serviços de produção de matéria orgânica para ser depositada sobre o solo.

Como as árvores em geral são originadas de florestas em estágios de sucessão médio a avançado, grande parte das espécies necessita de condições de solo minimamente adequadas para seu pleno desenvolvimento. Por isso, especialmente nos “SAF-Fruta”, é importante pensarmos na estruturação inicial do solo como uma

etapa muito importante. Conforme já colocado, fazendo uma comparação com a construção de uma casa, é fundamental que, antes de subir as paredes, seja construído o alicerce. Nos “SAF-Fruta”, esse alicerce pode ser implantado pelo plantio de espécies adubadeiras antes da implantação das frutíferas.

Para isso, pode-se preparar o solo, com subsolagem e/ou gradagem, marcando logo após as linhas onde serão plantadas as árvores. Nessas linhas, planta-se a lanço uma muvuca de sementes de adubos verdes. Tem-se utilizado a proporção de aproximadamente 20 kg de milho, 20 kg de sorgo, 12 kg de girassol e 30 kg de crotalária (sendo, quando possível, 15 kg de *Crotalaria juncea* e 15 kg de *Crotalaria spectabilis*). Nas entrelinhas planta-se, também a lanço, capim-mombaça e crotalária, em uma proporção de 13 kg de sementes de mombaça (com VC mínimo de 80) e 15 kg de cada crotalária – *C. juncea* e *C. spectabilis*) por hectare (obs.: VC = valor cultural = % germinação × % pureza /100).

Mantém-se essa área sem qualquer manejo, apenas acumulando matéria orgânica e amplificando, por meio da atuação das raízes dessas plantas, da estruturação física, da diversidade de microrganismos e das relações ecológicas no solo.

Após um ano, entra-se roçando a área, aplicando a matéria orgânica roçada sobre as linhas de plantio, formando “ninhos” para cada planta (Figura 22).

Figura 22 – “Ninho” de matéria orgânica para implantação de mudas



Fonte – Corrêa Netto *et al.*, 2016.

Para uma estratificação mais facilitada, tem sido importante plantar linhas com estratos intercalados: em uma linha, planta-se uma ou várias espécies de estrato alto e uma ou várias espécies de estrato baixo; na próxima linha, planta-se uma ou várias espécies de estrato emergente e uma ou várias espécies de estrato médio. Dessa

forma, ao longo do tempo a distribuição de luz fica mais adequada na área total da agrofloresta; além disso, evita-se a concorrência das copas entre estratos próximos.

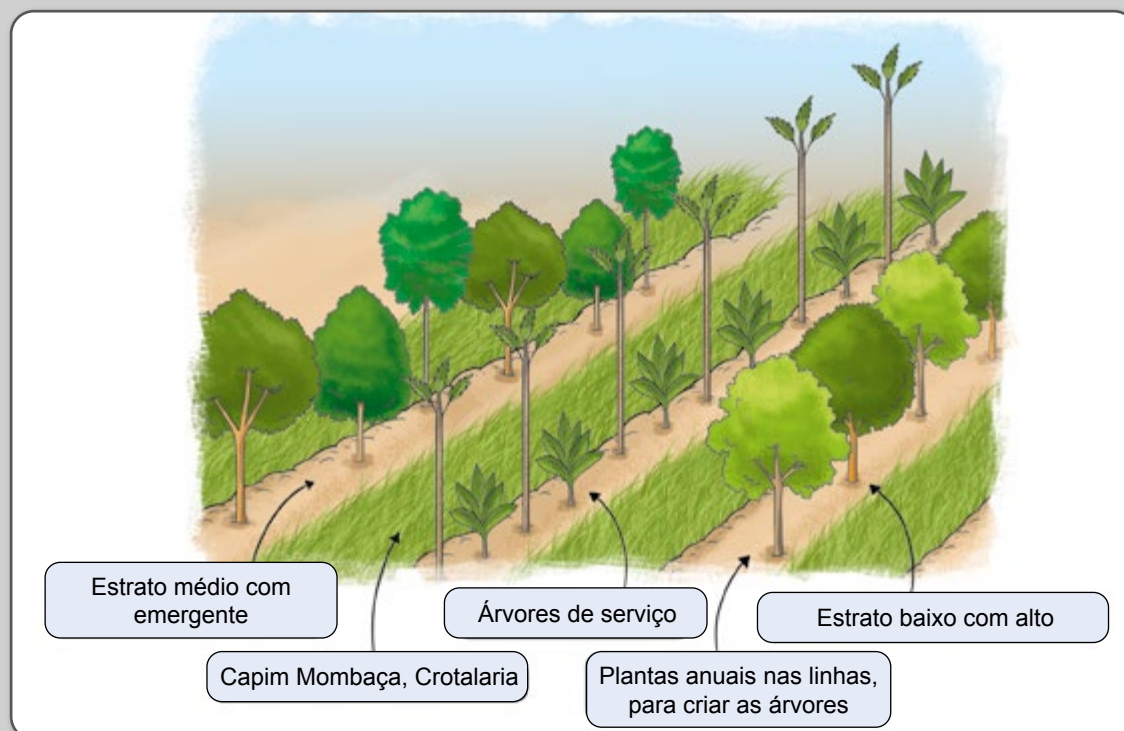
Entre uma linha e outra, é importante plantar entrelinhas com espécies adubadeiras, tais como banana, eucalipto, cinamomo, aroeira etc. A poda frequente dessas árvores será a base do fornecimento contínuo de matéria orgânica e de nutrientes para o trabalho dos microrganismos do solo, em especial sobre as linhas de plantio, no rumo do aumento de sua fertilidade e estruturação.

! ATENÇÃO

Seria um desperdício não aproveitar as linhas para o plantio de hortaliças ou espécies anuais no início do sistema. Além disso, essas plantas podem ajudar a criar as árvores de fruta, fornecendo proteção das copas das plântulas e promovendo o aumento da permeabilidade de água na porção de solo onde se encontram. Nesses consórcios iniciais, o ideal é usar espécies mais rústicas e de ciclos não tão curtos, evitando remexer o solo nos locais de crescimento das raízes das árvores. Inhame, mandioca, cará, gengibre, milho e feijão são espécies interessantes para esses consórcios.

Na Figura 23 é apresentado o esquema geral de um “SAF-Fruta”.

Figura 23 – Esquema geral de um “SAF Fruta”



Fonte – Adaptado de Corrêa Netto *et al.*, 2016.

3.2 “SAF HORTA”

Nos SAFs direcionados para a produção de hortaliças, um aspecto fundamental é considerar a frequente renovação de consórcios, as colheitas contínuas e o manejo intensivo. Assim, nos “SAF Horta” os consórcios podem ser renovados sem a presença, necessariamente, de árvores no mesmo local das hortaliças.

É importante lembrar que buscamos, nas agroflorestas, imitar e usar de forma apropriada os processos ecológicos e a dinâmica florestal para favorecer o cultivo.

Nos “SAF Horta”, o cultivo de árvores tem o papel fundamental de garantir elevada produção de matéria orgânica na área, com espécies de alta produtividade de folhas e que aceitem podas frequentes. Em geral, a implantação de linhas de plantas adubadeiras de alta diversidade tem sido uma opção interessante, espaçadas em torno de 5 metros, em consórcios estratificados. Espécies como a bracatinga (no estrato emergente), aroeira-pimenteira (estrato alto), canela-guaicá (estrato médio), cinamomo (estrato emergente), eucalipto (estrato alto), bananeira (estrato alto ou médio) podem ser muito úteis nessas linhas, inclusive em regiões mais frias. Tais linhas, além de funcionarem como produtoras de matéria orgânica em grande quantidade, atuam como quebra-ventos e reguladoras da intensidade luminosa sobre os canteiros (Figuras 24 e 25).

Figura 24 – SAF Horta, com destaque para as linhas de plantas adubadeiras



Fonte – Corrêa Netto *et al.*, 2016

Figura 25 – SAF Horta, com destaque para as espécies adubadeiras



Fonte – Foto de Fabiani Pó de Araújo e Laura Sayda Bertola Vieira

Além das linhas, o componente arbóreo dos SAF Horta envolve também as áreas em pousio – aquelas em que não se está fazendo o manejo intensivo – que são mantidas em aumento gradativo de complexidade ecológica para futuro uso.

Nos canteiros dos SAF Horta, o planejamento da sucessão e da estratificação deve ser feito com o máximo cuidado, de forma associada a seu planejamento horizontal.

É muito importante também considerar a diferença de rusticidade entre as espécies. Muitas hortaliças usualmente cultivadas e com maiores opções de mercado já sofreram intensos processos de melhoramento genético voltados para sua produção monocultural e sob elevados aportes de insumos e de irrigação constante. Isso faz com que a maior parte das sementes dessas espécies traga hoje uma base genética de menor rusticidade. Assim, especialmente em solos com menor proporção de matéria orgânica e em contextos em que não é possível um manejo de poda e adubação

mais intensivo, é preferível trabalhar, ao menos no início da implementação das agroflorestas, com consórcios de espécies mais rústicas, como o inhame, a mandioca, o cará, as abóboras, o milho-crioulo, entre outras.

3.3 “SAF GADO”

Manejar o gado em meio ao aproveitamento da dinâmica florestal é uma prática tradicional. Nos faxinais da região centro-sul do Paraná, esse manejo se dá, historicamente, em criadouros coletivos, sombreados especialmente por plantas de araucária, erva-mate e outras espécies, especialmente da família das mirtáceas (como a guabiroba, a uvaia, a pitanga etc.) (SOUZA, 2010). No planalto-norte de Santa Catarina, as chamadas caívas são áreas de floresta com manejo de gado, de forma mais ou menos intensiva. Nos últimos anos, a Epagri/SC vem desenvolvendo, em conjunto com agricultores familiares, mecanismos de aumento de produtividade de pastagens em meio às caívas (HANISCH *et al.*, 2010; HANISCH *et al.*, 2021).

Se, por um lado, no local de pastejo do gado a regeneração florestal é suprimida, a rotação e lotação animal adequada no sistema favorece o incremento de fertilidade e estruturação do solo. E, estabelecendo-se linhas de árvores entre áreas de pastejo, estas podem fornecer sombra e conforto térmico para o gado, redução dos ventos e dos impactos da chuva e da insolação direta sobre o solo e, em especial, forragens para a complementação da alimentação animal.

Na região norte do Paraná, agricultores familiares vêm desenvolvendo sistemas agroflorestais muito interessantes para a produção de gado leiteiro.

Nesses sistemas têm sido implantadas linhas de árvores em sentido norte-sul, a cada 24 m, sendo as entrelinhas formadas por pastagens. A prática tem demonstrado que linhas leste-oeste acabam criando muita sombra no pasto. Já em linhas com direcionamento norte-sul a sombra, pela manhã, é projetada para até metade das entrelinhas, sendo essa metade a preferida pelo gado nesse período. À tarde, a sombra passa para a outra metade das entrelinhas, “levando” o gado junto. Dessa forma, o pastejo fica mais homogêneo nas entrelinhas, reduzindo a possibilidade de sobrepastejo.

Nas linhas de plantio de árvores, o baru (*Dipteryx alata*) tem sido a espécie-chave. Trata-se de uma leguminosa (que estabelece relações com bactérias fixadoras de nitrogênio em suas raízes), levemente caducifólia e que gera madeira de alta qualidade e que fixa bastante carbono. A grande produção de folhas favorece a ciclagem de nutrientes, via deposição de matéria orgânica no solo. A castanha do baru é rica em fósforo, potássio, cálcio, magnésio, zinco, ferro, ácidos graxos e vitamina E,

sendo esses nutrientes encontrados em níveis superiores do que na soja. Além disso, muitas espécies se alimentam dos frutos, que amadurecem justamente no período de pouca oferta de alimentos.

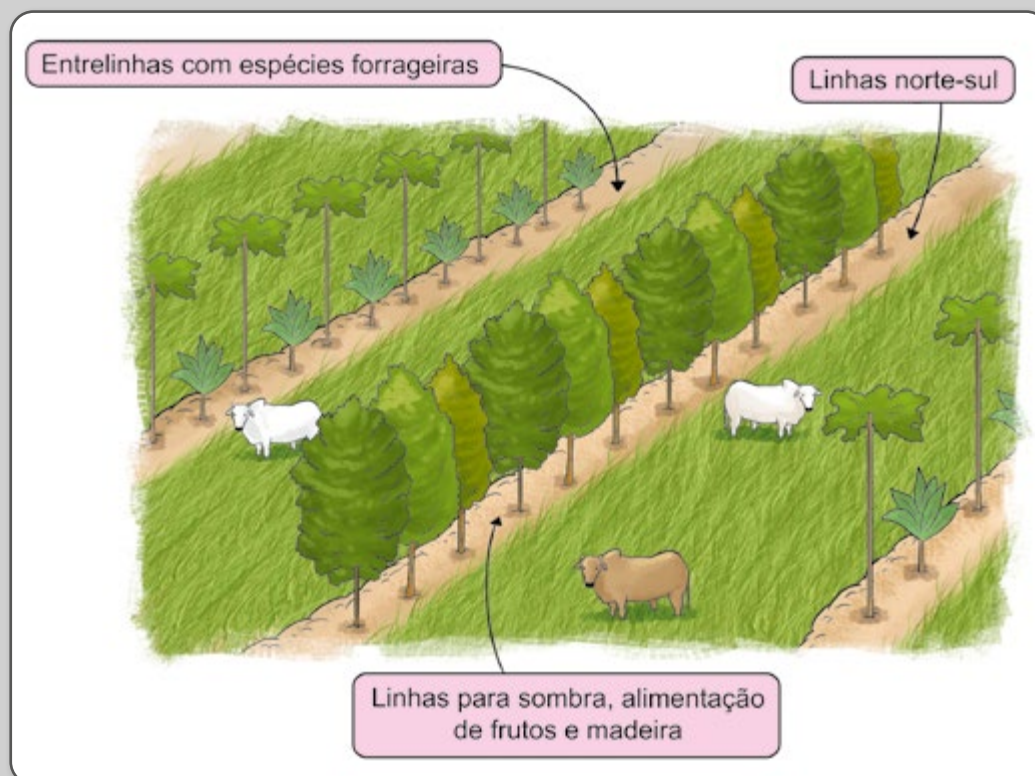
Nos SAFs, o gado se alimenta da polpa do baru e ruma sua amêndoa, que cai justamente na época mais crítica de crescimento do pasto (entre setembro/outubro), em função do período seco.

Nas linhas de baru, planta-se também eucalipto e *Acacia mangium*, que ajudam a criar as árvores de baru e depois são retiradas, para uso madeireiro. Em lugar do baru, pode-se optar por plantar mogno ou cedro, ainda que sem os benefícios do baru para a alimentação bovina.

Nas entrelinhas, plantam-se árvores forrageiras, como leucena, glirecídia e margaridão, em linhas alternadas.

Para a implantação do sistema, entra-se com o plantio de mandioca, criando as árvores e o margaridão, nas linhas e entrelinhas. Então, quando se colhe a mandioca, com um ano e meio, implanta-se a pastagem. A área é liberada ao gado seis meses depois. Isso faz com que haja dois anos para as árvores se estabelecerem, evitando que o gado, ao entrar no sistema, atrapalhe seu crescimento (Figura 26).

Figura 26 – Esquema geral de um “SAF-Gado”



Fonte – Adaptado de Corrêa Netto *et al.*, 2016.

3.4 “SAF GALINHA”

É possível criar galinhas em sistemas agroflorestais, direcionando o plantio para espécies que servem de alimento às aves.

Nas linhas de plantio, as espécies-chave para o SAF Galinha são amora, junteira, urucum, bananeira, guandu, glirecídia e leucena, entre outras. Estas linhas têm função semelhante às linhas do SAF Gado.

Nas entrelinhas, plantam-se as forragens herbáceas, como o tifton e o amendoim forrageiro.

Assim como no SAF Gado, é importante liberar a área para as galinhas apenas quando as árvores, nas linhas, já tiverem se estabelecido. Assim, uma opção é plantar hortaliças nas entrelinhas nos dois primeiros anos. Outra opção é utilizar galinheiros móveis, limitando o forrageamento das galinhas ao espaço onde ele é colocado.

Além das linhas de árvores e arbustos forrageiros, pode-se plantar linhas de árvores frutíferas, aumentando a diversidade do SAF.

4. ESTRATÉGIAS DE PLANEJAMENTO ECONÔMICO DE AGROFLORESTAS

4.1 DIAGNÓSTICO SOCIOECONÔMICO

No Capítulo 3, conversamos sobre a importância da caracterização ambiental e socioeconômica como etapa prévia à implantação de agroflorestas. Incluímos ali o Quadro 4, apontando algumas questões importantes para ajudar a orientar o trabalho agroflorestal.

Idealmente, quando o diagnóstico envolver mais de uma propriedade, ele pode ser feito em oficinas, possibilitando maior debate e articulação entre as pessoas envolvidas.

4.2 SELEÇÃO DE ESPÉCIES

Anteriormente, discutimos aspectos técnicos relacionados à inclusão de espécies adubadeiras, ao manejo da diversidade considerando as funcionalidades ecológicas das espécies e ao planejamento dos consórcios por meio da sucessão ecológica e da estratificação da agrofloresta.

Para selecionar efetivamente as espécies, uma estratégia possível é, antes de tudo, elencar espécies possíveis e, então, proceder a priorização, de acordo com os passos indicados no item 3.5.

Conforme já colocado, essa atividade, assim como o diagnóstico socioeconômico, ganha em efetividade quando é realizada coletivamente, em oficinas ou reuniões comunitárias.

4.3 FERRAMENTAS DE ANÁLISE FINANCEIRA DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS¹

4.3.1 Fluxo de caixa

Do ponto de vista econômico, é fundamental avaliar o fluxo de gastos e de receitas, de forma a tornar sustentável, financeiramente, a atividade agroflorestal.

O fluxo de caixa é calculado pela diferença entre as entradas e saídas, atualizados os valores e acumulados ao longo do tempo. A base para o estabelecimento do fluxo de caixa é, portanto, o planejamento das espécies do sistema agroflorestal, no espaçamento previsto, acoplado ao cálculo da produtividade e do período em que cada cultura começa a produzir.

¹ SINGER, 1998; GREMAUD *et al.*, 2007; PÔRTO GONÇALVES *et al.*, 2010.

Idealmente, o fluxo de caixa é obtido mensurando diretamente as atividades de implantação, manutenção e de receitas das vendas dos sistemas agroflorestais. Quando isso não é possível, pode-se resgatar os dados com técnicos e agricultores, ou por meio de informações bibliográficas.

Para o fluxo de caixa, é fundamental identificar as receitas ou benefícios provenientes de cada cultura que compõe o sistema, caracterizando, antes de tudo, seu preço esperado (Quadro 7).

Quadro 7 – Exemplo hipotético de relação de receitas esperadas por unidade produzida, em uma agrofloresta

ESPÉCIE	PREÇO DE VENDA DOS PRODUTOS		
	PRODUTO	UNIDADE	PREÇO
Milho	grãos de milho	kg	R\$ 1,00
Feijão carioca	grãos de feijão carioca	kg	R\$ 10,00
Feijão guandu	grãos de feijão guandu	kg	R\$ 6,00
Mandioca	raiz de mandioca	kg	R\$ 0,70
Banana	fruto de banana	kg	R\$ 3,50
Urucum	semente de urucum	kg	R\$ 4,00
Curcuma (açafrão)	pó de curcuma	kg	R\$ 3,50
Café	grãos de café	saca	R\$ 432,00
Cajá mirim	polpa de cajá	kg	R\$ 10,00

Fonte – Miccolis *et al.*, 2016.

Feito isso, identifica-se a receita potencial de cada produto por meio do espaçamento dela no sistema e do período previsto para sua produção.

Quadro 8 – Planilha ilustrativa da produtividade dos produtos no decorrer do período do sistema agroflorestal

Produtos	Unidade	Período									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Grãos de milho	kg/ha	750,00									
Grãos de feijão carioca	kg/ha	1000,00		200,00	300,00	100,00					
grãos de feijão guandu	kg/ha	300,00	150,00								
Raiz de mandioca	kg/ha		4000,00								
Fruto de banana	kg/ha		500,00	1000,00	750,00						
Sementes de urucum	kg/ha				150,00	300,00	500,00	500,00			
Pós de curcuma	kg/ha			50,00	50,00	50,00	50,00				
Polpa de cajá	kg/ha				8,00	10,00	10,00	12,00	12,00	12,00	12,00

Fonte – Miccolis *et al.*, 2016

Para calcular os custos, devem ser listadas todas as atividades que serão realizadas no sistema, envolvendo o preparo da área, plantios, replantios, podas, colheita e comercialização. O cálculo deve levar em conta coeficientes técnicos, que no caso de mão de obra ou uso de maquinário são dimensionados em função do tempo estimado para a realização de cada atividade (ex: pessoa/dia, hora/máquina). No caso do uso de insumos, os coeficientes técnicos são dimensionados de acordo com a produção de cada produto em uma área definida (ex: kg/hectare, ton/hectare, litros por hectare) (Figura 29).

A mensuração dos custos deve ser realizada por espécie componente do sistema. Quando a atividade é comum a várias espécies, seu custo deve ser dividido entre elas.

Quadro 9 – Planilha ilustrativa de custos e insumos, com coeficientes técnicos, para a cultura da banana em um sistema agroflorestal

Descrição	Unidade	Preço	1	2	3	4	5
Atividades			822,50	105,00	455,00	455,00	455,00
Retirada de mudas	homem/dia	70,00	2,50				
Balizamento	homem/dia	70,00	0,25				
Coveamento	homem/dia	70,00	6,00				
Plantio	homem/dia	70,00	3,00				
Colheita	homem/dia	70,00		1,50	1,50	1,50	1,50
Adubação de cobertura	homem/dia	70,00				5,00	
Manejo de poda	homem/dia	70,00			5,00		5,00

Insumos			835,00	0,00	0,00	300,00	0,00
Esterco de gado	l	0,06	10.000,00			5.000,00	
Pó de rocha	t	600,00	0,10				
Yoorin	unid	45,00	3,00				
Calcário	unid	20,00	2,00				

Fonte – Miccolis *et al.*, 2016

Com a mensuração dos custos e receitas no fluxo de caixa, é possível analisar a competitividade do sistema. É possível, também, definir o capital financeiro para investimento em instalações, máquinas e equipamentos, bem como avaliar a disponibilidade de mão de obra.

Após elaboração do fluxo de caixa, é importante aplicar ferramentas de análise financeira complementares, as quais servem de referência para ajustes de produção e comercialização.

Entre essas ferramentas, as mais utilizadas são o Tempo de Retorno do Investimento (TRI), o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR), a Relação Benefício/Custo (B/C) e o Valor Anualizado Equivalente (VAE).

4.3.2 Tempo de Retorno do Investimento – TRI (*payback*, em inglês)

Também chamado de Período de Recuperação do Capital (PCR). Ele indica o período necessário para que o agricultor recupere o capital investido no projeto agroflorestal, ou seja, é o tempo entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor investido. O foco dessa ferramenta, portanto, é indicar quando o investimento passa a ser rentável, o que ocorre quando o somatório das receitas acumuladas supera o somatório dos custos acumulados.

Em um exemplo simples, se em um projeto foram investidos R\$ 1.000,00 para sua implantação (–1.000), no primeiro ano a diferença entre a receita e os custos foi de R\$ 400,00 (+400,00), no segundo, de R\$ 300,00 (+300,00), no terceiro, de R\$ 300,00 (+300), e no quarto, de R\$ 200,00 (+200), o TRI é de quatro anos.

O TRI é uma das ferramentas mais simples de ser utilizada. Entretanto, como ele não considera taxas de desconto (comparando o valor do investimento e do retorno financeiro com os custos do capital investido), o cálculo tende a servir como uma estimativa, com chances de erro difíceis de mensurar.

4.3.3 Valor Presente Líquido (VPL)

Indica os valores líquidos do projeto atualizados ao instante considerado inicial, descontando-se o investimento inicial do projeto. Um projeto é considerado viável economicamente quando o resultado é um valor superior a zero. O VPL, por considerar o efeito do tempo em seu cálculo e, com isso, o valor financeiro descontado, envolve a taxa de juros.

Se o VPL é maior do que zero, significa que o valor de determinado projeto agroflorestal, hoje calculado com base no custo de capital (em geral juros de mercado), é maior que seu preço (investimento inicial).

Suponha que em determinado projeto agroflorestal tenha sido feito um investimento inicial (em insumos, sementes, mudas, ferramentas, horas de trabalho etc.) de R\$ 10.000,00. No primeiro ano, a renda (receita – custos) foi de R\$ 5.000,00, no segundo, de R\$ 7.000,00, e no terceiro, de R\$ 8.000,00. Com base no custo do capital a uma taxa de 10% ao ano, o VPL desse projeto, considerando o horizonte de três anos, é calculado da seguinte forma:

$$VPL = \frac{-10.000}{(1 + 0,10)^0} + \frac{5.000}{(1 + 0,10)^1} + \frac{7.000}{(1 + 0,10)^2} + \frac{8.000}{(1 + 0,10)^3}$$

$$VPL = 5.764,63$$

Nesse exemplo, o projeto agroflorestal aumenta em R\$ 5.764,63 os recursos financeiros do agricultor. Em outras palavras, o investimento de R\$ 10.000,00 gerou mais R\$ 5.764,63, em três anos.

O programa Excel fornece, entre as funções financeiras, a função VPL, sendo fácil obter essa estimativa com base em dados de fluxo de caixa anuais.

4.3.4 Taxa Interna de Retorno (TIR)

É a taxa percentual de retorno do capital investido no projeto. Um projeto é viável quando a TIR for maior do que a taxa de desconto exigida pelo investimento. Busca-se encontrar valores da TIR superiores à taxa de mercado (rendimento da poupança, fundos de investimento ou outros).

Para o cálculo da TIR, usa-se a mesma lógica do cálculo do VPL, porém considerando a taxa de custo do capital como variável.

Assim como para o VPL, o programa Excel fornece a função TIR. Aplicando-a ao exemplo utilizado para o cálculo do VPL, a TIR desse projeto hipotético é de 40%.

4.3.5 Relação Benefício/Custo (B/C)

A relação B/C indica se os benefícios superam ou não os custos totais, e quanto. Se a relação B/C é maior que 1, o projeto é viável. Quanto maior esse indicador, maior a viabilidade do projeto.

Considerando o mesmo exemplo hipotético de projeto para o cálculo do VPL, o benefício é de R\$ 10.000,00 + R\$ 5.764,63 = R\$ 15.764,63. O custo foi de R\$ 10.000,00. A relação B/C, portanto, é de 1,57.

4.3.6 Valor Anualizado Equivalente (VAE)

É a parcela periódica e constante, necessária ao pagamento de uma quantia igual ao VPL. Quanto maior o VAE calculado, maior a viabilidade do projeto.

4.4 USANDO AS FERRAMENTAS

Um projeto é considerado viável quando o VPL é positivo, a TIR é superior às taxas de custo do capital comuns no mercado e a relação B/C é maior do que 1. O TRI pode ser variável, entretanto o ideal é que seja o menor possível.

Diversos estudos têm aplicado ferramentas de análise financeira para a caracterização da viabilidade econômica de sistemas agroflorestais, inclusive comparando-os com outros sistemas de produção. Não se pretende, neste material, fazer uma revisão bibliográfica desses estudos, mas sim demonstrar como o uso dessas ferramentas pode ser útil.

Miccolis *et al.* (2016) trazem alguns desses estudos. No ano 2000, o Projeto RECA (Reflorestamento Econômico Consorciado Adensado) analisou três modelos agroflorestais em Nova Califórnia, estado de Rondônia (GAMA *et al.*, 2003).

Utilizando uma taxa de juros de 9% e um período de avaliação de 20 anos, o SAF 1 continha, em um hectare, 238 plantas de cupuaçuzeiro, 60 plantas de pupunheira e 60 plantas de castanheira. Os outros dois SAFs estudados eram compostos pelas mesmas espécies, mas com diferentes densidades. O SAF 1 apresentou o maior VPL e a maior relação B/C, que continha maior proporção de cupuaçuzeiros em relação às demais espécies (Quadro 10).

Quadro 10 – VPL e B/C de três SAFS estudados pelo Projeto RECA

	VPL (R\$/ha)	B/C
SAF 1	11.761,89	1,92
SAF 2	3.600,00	1,56
SAF 3	3.600,00	1,52

Fonte – Adaptado de Miccolis *et al.*, 2016.

Em 2003, em Machadinho d'Oeste, Rondônia, foram avaliados três arranjos agroflorestais por um período de 15 anos (SÁ *et al.*, 2003). O arranjo T1 foi composto por castanha-do-brasil, banana, pimenta-do-reino e cupuaçu; o arranjo T2 foi composto por feijó, banana, pimenta-do-reino e cupuaçu e, finalmente, o arranjo T3 foi composto por pupunha, banana, pimenta-do-reino e cupuaçu. Os valores do VPL e relação B/C estão dispostos no Quadro 11, considerando uma taxa de juros de 10% ao ano.

Quadro 11 – Valores de VPL e relação B/C em três arranjos agroflorestais estudados em Machadinho d'Oeste, RO

	VPL (R\$/ha)	B/C
T1	35.883,65	4,08
T2	5.334,85	1,44
T3	6.584,64	1,51

Fonte – Adaptado de Miccolis *et al.*, 2016.

De acordo com os autores, o menor rendimento nos sistemas T2 e T3 pode ser atribuído à baixa produção nos primeiros anos, por causa das combinações de espécies em termos de densidade e espaçamento.

Recentemente, Amaral Silva (2016) estudou aspectos econômicos de sistemas agroflorestais implantados nos Assentamentos Contestado (município da Lapa-PR) e Mário Lago (Ribeirão Preto-SP).

O espaçamento e o tempo de permanência das espécies no SAF estudado no Assentamento Contestado estão dispostos nas Tabelas 1 e 2. Aqui, apenas a título de exemplo, serão trazidas somente as informações desse SAF, de 0,36 hectares.

Tabela 1 – Espaçamento das espécies de SAF estudado no Assentamento Contestado

ESPÉCIES		ESPAÇAMENTO (m)	DENSIDADE	CICLO
NOME COMUM	NOME CIENTÍFICO			
Pereira	<i>Pyrus sp</i>	6 x 5	5	Perene
Castanheira (noz-pecã)	<i>Carya illinoensis</i>	8 x 5	2	Perene
Eucalipto	<i>Eucalyptus</i>	6 x 5	13	Perene
Pessegueiro	<i>Prunus persica</i>	7 x 5	1	Perene
Goiabeira	<i>Psidium guajava</i>	8 x 5	20	Perene
Mandioca	<i>Manihot esculenta</i>	1 x 0,6	1200	Anual
Marmeleira	<i>Cydonia oblonga</i>	2 x 5	18	Perene
Caquiizeiro	<i>Diospyros kaki</i>	6 x 5	9	Perene
Macieira	<i>Malus domestica</i>	4 x 5	15	Perene
Laranjeira	<i>Citrus spp</i>	5 x 5	18	Perene
Figueira	<i>Ficus carica</i>	6 x 5	18	Perene
Brócolis	<i>Brassica oleracea</i>	0,9 x 0,6	400	Anual
Alho	<i>Allium sativum</i>	0,25 x 0,1	5000	Anual
Cebolinha	<i>Allium fistulosum</i>	0,2 x 0,1	400	Anual
Alface	<i>Lactuca sativa</i>	0,3 x 0,3	400	Anual
Rúcula	<i>Eruca sativa</i>	0,2 x 0,25	400	Anual
Batatinha	<i>Solanum tuberosum</i>	0,8 x 5	80	Anual
Milho	<i>Zea mays</i>	0,8 x 5	3000	Anual

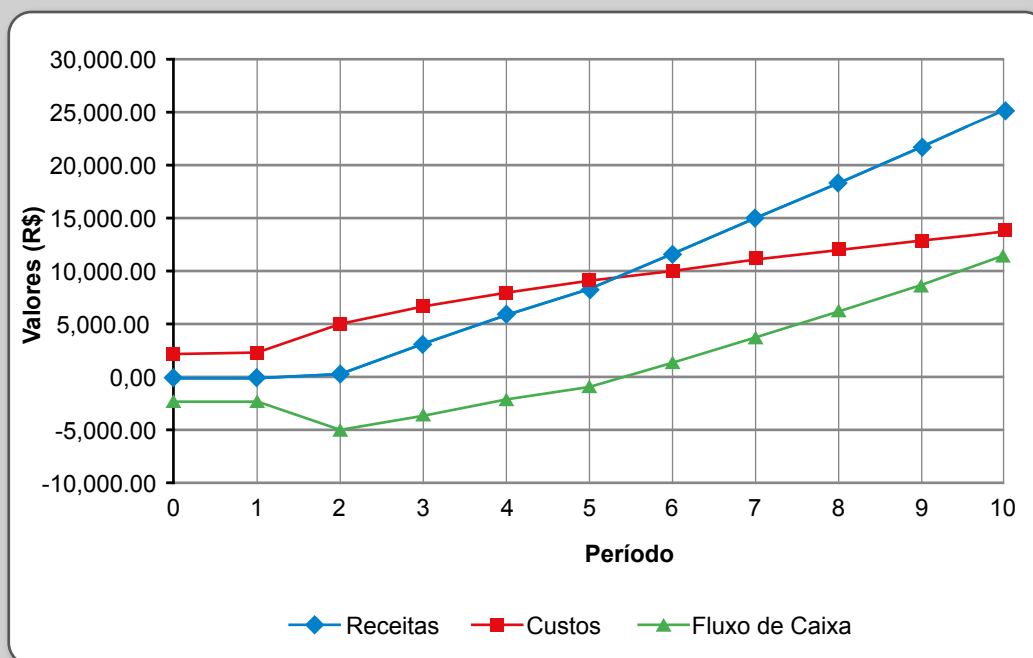
Fonte – Silva, 2016.

Quadro 12 – Tempo de permanência das espécies no SAF Contestado

COMPONENTE	ANO									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Brócolis		*	*							
Alho			*	*						
Cebolinha			*							
Alface			*							
Rúcula			*							
Batatinha			*							
Mandioca		*	*							
Milho			*							
Pera		*	*	*	*	*	*	*	*	*
Noz pecã		*	*	*	*	*	*	*	*	*
Eucalipto		*	*	*	*	*	*	*	*	*
Pêssego		*	*	*	*	*	*	*	*	*
Goiaba		*	*	*	*	*	*	*	*	*
Marmelo		*	*	*	*	*	*	*	*	*
Caqui		*	*	*	*	*	*	*	*	*
Maçã		*	*	*	*	*	*	*	*	*
Laranja		*	*	*	*	*	*	*	*	*
Figo		*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ervilhaca		*	*	*	*	*	*	*	*	*
Capim	*									
Mombaça	*	*	*	*	*	*	*			

Fonte – Silva, 2016.

Com base nas informações anteriores, nos custos das atividades e insumos e nos valores de venda dos produtos (conforme descrito anteriormente), foi elaborado o fluxo de caixa desse SAF, disposto na Figura 27, bem como realizadas as análises financeiras.

Figura 27 – Custos, receitas e fluxo de caixa no SAF Contestado, em um período de 10 anos

Fonte – Silva, 2016.

O *payback* foi estimado em seis anos, conforme fica claramente demonstrado na Figura 27. A TIR do projeto foi calculada em 27,63%; o VPL foi calculado em R\$ 9.100,71, e a relação B/C, em 1,8, demonstrando a viabilidade do projeto.

Conforme apresentado brevemente, os sistemas agroflorestais podem ser bastante rentáveis, sendo possível sua mensuração econômica utilizando ferramentas de análise financeira simples. Sua viabilidade financeira depende fortemente da composição de espécies e dos arranjos escolhidos. Assim, é importante realizar simulações e análises frequentes, buscando adequar procedimentos e otimizar economicamente os projetos.

Miccolis *et al.* (2016) propõem algumas medidas que podem ser adotadas nesse processo de otimização:

- Intensificar o uso de culturas anuais nos sistemas;
- Melhorar e adaptar práticas de manejo para cada espécie, otimizando o uso de insumos e mão de obra e selecionando variedades mais adequadas para o local de plantio;
- Selecionar espécies perenes com alto valor de venda, cujos produtos possam ser armazenados e que não sofram danos durante o transporte;

- Desenhar sistemas e a densidade de seus componentes observando a proporcionalidade entre as espécies de maior valor em relação às de menor valor econômico, respeitando as características edafoclimáticas, biofísicas e demais critérios para sua seleção;
- Realizar uma detalhada análise técnica das espécies componentes dos sistemas, de forma a reduzir ao máximo possível o *payback* e compensando rapidamente os custos de implantação.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste material foram apresentados aspectos básicos para implantação e manejo de sistemas agroflorestais no âmbito da agricultura familiar e sob uma abordagem agroecológica.

É importante notar que os exemplos de sistemas apresentados aqui estão em constante evolução e adaptação, considerando a diversidade de ecossistemas e sistemas produtivos em que se inserem. Nesse processo, práticas agroflorestais atuais podem se inserir em sistemas tradicionais, entre os quais as roças de coivara, os faxinais e os ervais nativos.

É justamente a práxis, acompanhada da troca de saberes, da pesquisa e da extensão rural que tem gerado – e continuará a gerar – novos conhecimentos e tecnologias agroflorestais. E é nesse sentido que este curso se insere.



6. GLOSSÁRIO

Espécies facilitadoras: são espécies que alteram as condições de uma comunidade, de modo que as espécies subsequentes tenham maior facilidade de estabelecimento (RICKLEFS, 1996).

Encontros interespecíficos: o conhecimento das probabilidades de encontros interespecíficos (entre espécies diferentes) de cada espécie é uma ferramenta básica para o entendimento da estabilidade de uma comunidade. As espécies com maiores probabilidades de encontros interespecíficos são as que mais contribuem para a aceleração do ritmo de sucessão de uma comunidade (HURLBERT, 1971).

Meristema apical: Tecido vegetal localizado na ponta do galho mais alto da planta, responsável por seu crescimento em altura.

Sistemas agroflorestais e suas diferentes definições: A partir da década de 1970, o resgate e o estudo de práticas produtivas em sistemas agroflorestais têm gerado vários resultados de desenhos de sistemas e seus efeitos sociais, econômicos e ambientais. Em nível mundial, esses resgates e estudos, bem como sua divulgação, têm sido impulsionados em especial pelo Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal (ICRAF) e pelo Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Nesse processo, termos como “agrossilvicultura”, “sistemas agrossilvipastoris”, “*alley cropping*” (cultivo em aleias) e vários outros foram desenvolvidos com base em variações de práticas ou de origens diferenciadas delas.

No fim da década de 1980, o ICRAF, o CATIE e a Rede Brasileira Agroflorestal (REBRAF) seguiam uma classificação baseada no tipo de componentes incluídos e na associação entre eles, de forma que o nome de cada sistema indica os principais componentes e sua fisionomia e principais funções e objetivos. Nessa lógica, os sistemas são classificados em um primeiro nível como sequenciais, simultâneos ou complementares, havendo no âmbito de cada um desses grupos classificações complementares:

- a) sistemas agroflorestais sequenciais: os cultivos agrícolas anuais e as plantações de árvores se sucedem no tempo. Nessa categoria se incluem os sistemas de agricultura migratória com intervenção e manejo de capoeiras; sistema silvagrícola rotativo (capoeiras melhoradas com espécies arbóreas de rápido crescimento); sistema Taungya (cultivos anuais consorciados apenas temporariamente com árvores, durante os primeiros anos de implantação);

- b) sistemas agroflorestais simultâneos: integração simultânea e contínua de cultivos anuais e perenes, árvores madeiráveis ou de uso múltiplo e/ou pecuária, incluindo associações de árvores com cultivos anuais ou perenes, *alley cropping*, hortos caseiros mistos e sistemas agrissilvipastoris.
- c) sistemas complementares: cercas vivas e cortinas quebra-vento (fileiras de árvores para delimitar uma propriedade ou gleba ou servir de proteção para outros componentes e outros sistemas). São considerados complementares às outras duas categorias, pois podem estar associados a sistemas sequenciais ou simultâneos;
- d) sistemas agrossilvipastoris: associações de árvores madeiráveis ou frutíferas com a criação animal, agregando ou não cultivos anuais ou perenes.

A classificação de diferentes tipos de sistemas agroflorestais teve e tem um papel histórico e técnico-científico muito importante, possibilitando, entre outras coisas, o direcionamento de investigações e a organização didática de seus resultados.

Por outro lado, os resultados da aplicação de sistemas agroflorestais têm sido mensurados não somente do ponto de vista técnico e produtivo, mas também do ponto de vista econômico, social, cultural e ecológico)

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, D.; PASINI, F. **Vida em sintropia**: agricultura sintrópica de Ernst Götsch explicada. São Paulo: Labrador, 2022. 256p.
- BEHLING, H. Investigations into the Late Pleistocene and Holocene history of vegetation and climate in Santa Catarina (S Brazil). **Vegetation History and Archaeobotany**, [on-line], v. 4, p. 127-152, 1995. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00203932>. Acesso em: 7 mar. 2023.
- BEHLING, H.; PILLAR, V. D.; ORLÓCI L.; BAUERMANN S. G. Late Quaternary Araucaria Forest, grassland (Campos), fire and climate dynamics, studied by high-resolution pollen, charcoal and multivariate analysis of the Cambará do Sul core in southern Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, [on-line], v. 203, n. 3-4, p. 277-297, fev. 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031018203006874>. Acesso em: 7 mar. 2023.
- BRASIL. Ministério da Cultura. Fundação Nacional do Livro. **A carta de Pero Vaz de Caminha**. Brasília, DF: MEC, [s. d]. Disponível em: http://objdigital.bn.br/Acervo_Digital/Livros_eletronicos/carta.pdf. Acesso em: 7 mar. 2023.
- BRITEZ, R. M. Ciclagem de nutrientes minerais em duas florestas da planície litorânea da Ilha do Mel, Paranaguá, PR.. 240 f. **Dissertação de Mestrado**. Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994
- BROKAW, N. V. L. Gap-phase regeneration in a tropical forest. **Ecology**, [on-line], v. 66, n. 3, p. 682-687, 1985. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1940529>. Acesso em: 8 mar. 2023.
- BITENCOURT A. L. V.; KRAUSPENHAR P. M. Possible prehistoric anthropogenic effect on Araucaria angustifolia (Bert.) O. Kuntze expansion during the late Holocene. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 109-116, jan.-abr.2006. Disponível em: https://sbpbrasil.org/revista/edicoes/9_1/Bitencourt.pdf. Acesso em: 7 mar. 2023.
- CEZAR, R. M.; VEZZANI, F. M.; SCHWIDERKE, D. K.; GAIAD, S.; BROWN, G. G.; SEOANE, C. E. S.; FROUFE, L. C. M. Soil biological properties in multistrata successional agroforestry systems and in natural regeneration. **Agroforestry Systems**, v. 89, p. 1.035-1.047, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/280624874_Soil_biological_properties_in_multistrata_successional_agroforestry_systems_and_in_natural_regeneration. Acesso em: 8 mar. 2023.

CLEMENT, C. R. 1492 and the loss of Amazonian crop genetic resources. II. Crop biogeography at contact. **Economic Botany**, [on-line], v. 53, n. 2, p. 203-216, 1999. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02866499>. Acesso em: 7 mar. 2023.

CORRÊA NETTO, N. E.; MESSERSCHMIDT, N. M.; STEENBOCK, W.; MONNERAT, P. F. **Agroflorestando o mundo de facão a trator**. Barra do Turvo: Cooperafloresta, 2016.

EMPERAIRE, L. Agrobiodiversidade em risco: o exemplo das mandiocas na Amazônia. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 187, p. 28-33, out. 2002.

EMPERAIRE, L.; PERONI, N. Traditional management of agrobiodiversity in Brazil: a case study of manioc. **Human Ecology**, [on-line], v. 35, p. 761-768, 2007. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10745-007-9121-x>. Acesso em: 7 mar. 2023.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **State of knowledge of soil biodiversity: status, challenges and potentialities**. Rome, FAO, 2020

FROUFE, L. C. M.; SCHWIDERKE, D. K.; CASTILHANO, A. C.; CEZAR, R. M.; STEENBOCK, W.; SEOANE, C. E. S.; BOGNOLA, I. A.; VEZZANI, F. M. Nutrient cycling from leaf litter in multistrata successional agroforestry systems and natural regeneration at Brazilian Atlantic Rainforest Biome. **Agroforestry Systems**, [on-line], v. 1, p. 1-13, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/332099738_Nutrient_cycling_from_leaf_litter_in_multistrata_successional_agroforestry_systems_and_natural_regeneration_at_Brazilian_Atlantic_Rainforest_Biome. Acesso em: 8 mar. 2023.

GAMA, M de M. B. **Análise técnica e econômica de sistemas agroflorestais em Machadinho D'oeste, Rondônia**. 2003. 112f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2003.

GOLLEY, F. B.; MCGINNIS, J. T.; CLEMENTS, R. G.; CHILD, G. I.; DUEVER, M. J. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. São Paulo: EDUSP, 1978. 256p.

GÖTSCH, E. **Break-through in agriculture**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1995. 22 p.

GÖTSCH, E. **Natural succession of species in agroforestry and in soil recovery**. Piraí do Norte, Fazenda Três Colinas, 1992. 19p. (não publicado)

GREMAUD, A. P.; DIAZ, M. D. M.; AZEVEDO, P. F.; TONETO JÚNIOR, R. **Introdução à Economia**. São Paulo: Atlas, 2007.

HANISCH, A. L. *et al.* Estrutura e composição florística de cinco áreas de caíva no Planalto Norte de Santa Catarina. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 64, p. 303-310, 2010.

HANISCH, A. L.; PINOTTI, L. C. A.; LACERDA, A. E. B. de; RADOMSKI, M. I.; NEGRELLE, R. R. B. Impactos do pastejo do gado e do manejo da pastagem sobre a regeneração arbórea em remanescentes de Floresta Ombrófila Mista. **Ciências Florestais**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 1.279-1.305, jul.-set. 2021

HURLBERT, S. The nonconcept of species diversity: a critic and alternative parameters. **Ecology**, [on-line], v. 52, n. 4, p. 577-586, jul. 1971. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2307/1934145>. Acesso em: 8 mar. 2023.

JOSE, S. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. **Agroforestry Systems**, [on-line], v. 76, p. 1-10, abr. 2009. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-009-9229-7>. Acesso em: 7 mar. 2023.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares. *In*: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: USP/Fapesp, 2000. 261p.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ceres, 1985

LAUTERJUNG, M. B.; BERNARDI, A. P.; MONTAGNA, T.; RIBEIRO, R. C.; COSTA, N.; MANTOVANI, A.; REIS, M. S. Filogeografia do pinheiro brasileiro (*Araucaria angustifolia*): evidências integrativas da dispersão antropogênica pré-colombiana. **Genética das Árvores e Genomas**, v. 14, n. 36, 2018.

LEVIS, C. *et al.* Persistent effects of pre-Columbian plant domestication on Amazonian Forest composition. **Science**, [on-line], v. 355, n. 6.328, p. 925-931, mar. 2017. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aal0157>. Acesso em: 7 mar. 2023.

MARGALEF, R. **Perspectives in ecological theory**. Chicago: University of Chicago Press, 1968. 111p.

MARTINEZ-RAMOS, M.; ALVAREZ-BUYLLA, E.; SARUKHAN, J.; PINERO, D. Treefall age determination and gap dynamics in a tropical forest. **Journal of Ecology**, [on-line], p. 700-716, set. 1988. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2260568>. Acesso em: 8 mar. 2023.

MARTINS, P. S. Dinâmica evolutiva em roças de caboclos amazônicos. **Estudos Avançados**, [on-line], v. 53, n. 19, p. 209-220, abr. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/CnkVgd9DgY3BxFrQdGNjqN/?lang=pt>. Acesso em: 7 mar. 2023.

MICCOLIS, A. *et al.* **Restauração ecológica com sistemas agroflorestais**: como conciliar conservação com produção. Opções para Cerrado e Caatinga. Brasília, DF: Instituto Sociedade, População e Natureza – ISPN/Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal – ICRAF, 2016.

NASA | Satellite Tracks Saharan Dust to Amazon in 3-D - YouTube. [S. l.: s. n.], 2015. 1 vídeo (2 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ygulQJole2Y>. Acesso em: 8 mar. 2023.

NOELLI F. S. A ocupação humana na região Sul do Brasil: arqueologia, debates e perspectivas – 1872-2000. **Revista USP**, São Paulo, v. 44, p. 218-269, fev. 2000. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/29849>. Acesso em: 7 mar. 2023.

OELBERMANN, M.; VORONEY, R. P.; KASS, D. C. L.; SCHLÖNVOIGT, A. M. Above and below-ground carbon inputs in 19-, 10- and 4-year-old Costa Rican Alley cropping systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, [on-line], v. 105, n. 1-2, p. 163-172, jan. 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/222916779_Above-_and-_below-ground_carbon_inputs_in_19-_10-_and_4-year-old_Costa_Rican_Alley_cropping_systems. Acesso em: 7 mar. 2023.

ODUM, E. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

OLIVEIRA, A. **Diversidade, estrutura e dinâmica do componente arbóreo de uma floresta de terra firme de Manaus, Amazonas**. 1997. 198f. Tese. (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

PIANKA, E. R. **Evolutionary ecology**. 5 ed. New York: Harper Collins College Publishers, 1994. 486p.

POSEY, D. A. A preliminary report on diversified management of tropical forest by the Kayapó Indians of Brazilian Amazon. **Advances in Economic Botany**, [on-line], v. 1, p. 112-126, 1984. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/bf00122640>. Acesso em: 7 mar. 2023.

PÔRTO GONÇALVES, A. C.; GONÇALVES, R. R.; SANTACRUZ, R.; MATESCO, V. R. **Economia aplicada**. 9. ed. Rio de Janeiro: Editora RGV, 2010.

PRIMAVESI, A. M. **O solo tropical: casos – perguntando sobre o solo**. São Paulo: MST, 2009.

RAVEN, P. H. **Biologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

REBELLO, J. F.; SAKAMOTO, D. G. **Agricultura sintrópica segundo Ernst Götsch**. Ribeirão Preto: Reviver, 2021

REIS, M. S.; LADIO, A. H.; PERONI, N. Landscapes with Araucaria in South America: evidence for a cultural dimension. **Ecology and Society**, [on-line], v. 19, n. 2, art. 43, 2014. Disponível em: <https://ecologyandsociety.org/vol19/iss2/art43/>. Acesso em: 7 mar. 2023.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 503p.

SÁ, C. P. de; OLIVEIRA, T. K. de; BAYMA, M. M. A.; OLIVEIRA, L. C. de. **Análise financeira e institucional dos três principais sistemas agroflorestais adotados pelos produtores do RECA**. Embrapa Acre, Rio Branco, AC. Circular Técnica, n. 33, 2000, 12 p.

SCHEER, M. B. Fluxo de nutrientes pela precipitação pluviométrica em dois trechos de floresta ombrófila densa em Guaraqueçaba, Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n.1, p. 117-130, 2009.

SEOANE, C. E. S; SILVA, J. A.; RÉDUA, S.; FROUFE, L. C. M.; EWERT, M.; SILVA, R. O.; NOGUEIRA, R.; STEENBOCK, W. Restauração ecológica de paisagens degradadas por meio da produção agroecológica em sistemas agroflorestais (Degrade landscape ecological restoration through agroecological production on agroforestry systems). **Comunicado técnico 346**. Colombo: Embrapa Florestas, 2014.

SILVA, J. A. **Perspectivas financeiras de sistemas agroflorestais ecológicos da Lapa-PR e Ribeirão Preto-SP**. 2016. 111f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

SIMINSKI, A.; FANTINI, A. C. Roça-de-toco: uso de recursos florestais e dinâmica da paisagem rural no litoral de Santa Catarina. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 690-696, maio-jun. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/vPFLn5hbhwsQKKstcbZ5Gwt/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 7 mar. 2023.

SINGER, P. **Aprender economia**. São Paulo: Editora Contexto, 1998.

STEENBOCK, W. **Domesticação de bracatingais: perspectivas de inclusão social e conservação ambiental**. 2009. 262f. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

STEENBOCK, W.; COSTA E SILVA, L. da.; SILVA, R. O. da.; RODRIGUES, A. S.; PEREZ-CASSARINO, J.; FONINI, R. (Org.). **Agrofloresta, ecologia e sociedade**. Curitiba: Kairós, 2013. 422p.

STEENBOCK, W.; VEZZANI, F. M. **Agrofloresta: aprendendo a produzir com a natureza**. Curitiba: Fabiane Machado Vezzani, 2013.

STEENBOCK, W.; VEZZANI, F. M.; COELHO, B. H. da; SILVA, R. O. Agrofloresta agroecológica: por uma (re)conexão metabólica do humano com a natureza. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Territorial Sustentável GUAJU**, Matinhos, v. 6, n. 2, jul./dez. 2020. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/guju/article/view/76544>. Acesso em: 8 mar. 2023.

STEENBOCK, W. **A arte de guardar o sol**: padrões da natureza na reconexão entre florestas, cultivos e gentes. Rio de Janeiro: Bambual, 2021.

SOUZA, R. M. de. **Na luta pela terra, nascemos faxinalenses: uma reinterpretação do campo intelectual de debates sobre os faxinais**. Tese. (Doutorado em Sociologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

TERBORGH, J.; NUÑEZ-ITURRI, G.; PITMAN, N. C. A.; VALVERDE, F. H. C.; ALVAREZ, P.; SWAMY, V.; PRINGLE, E. G.; PAINE, C. E. T. Tree recruitment in an empty forest. **Ecology**, [on-line], v. 89, n. 6, p. 1757-1768, 2008. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18589539/>. Acesso em: 8 mar. 2023.

VAZ, P. Agroflorestas, clareiras e sustentabilidade. In: CANUTO, J. C. **Sistemas agroflorestais**: experiências e reflexões. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

VIVAN, J. L. **Agricultura & Florestas: princípios de uma interação vital**. Guaíba: Agropecuária, 1998. 207 p.

WAGENINGEN UNIVERSITY & RESEARCH. Image collections. **Root System Drawings**. Disponível em: <https://images.wur.nl/digital/collection/coll13>. Acesso em: 8 mar. 2023.

SISTEMA FAEP



Rua Marechal Deodoro, 450 - 16º andar
Fone: (41) 2106-0401
80010-010 - Curitiba - Paraná
e-mail: senarpr@senarpr.org.br
www.sistemafaep.org.br



Facebook
Sistema Faep



Twitter
SistemaFAEP



Youtube
Sistema Faep



Instagram
[sistema.faep](https://www.instagram.com/sistema.faep)



Linkedin
[sistema-faep](https://www.linkedin.com/company/sistema-faep)



Flickr
SistemaFAEP