



RAUL REIS ASSUNÇÃO

**FLORESTAS MULTIFUNCIONAIS COMO ABORDAGEM
PROMISSORA PARA REFLORESTAMENTO EM LARGA
ESCALA NO BRASIL**

LAVRAS – MG

2019

RAUL REIS ASSUNÇÃO

**FLORESTAS MULTIFUNCIONAIS COMO ABORDAGEM PROMISSORA PARA
REFLORESTAMENTO EM LARGA ESCALA NO BRASIL**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo

Orientador

MSc. Erick Martins Nieri

Co-orientador

LAVRAS – MG

2019

Raul Reis Assunção.

Florestas multifuncionais como abordagem promissora para
reflorestamento em larga escala no Brasil
/ Raul Reis Assunção. - 2019.

57 p. : il.

Orientador(a): Lucas Amaral de Melo.

Coorientador(a): Erick Martins Nieri.

Monografia (graduação) - Universidade Federal de Lavras,
2019.

Bibliografia.

1. Sistemas silviculturais. 2. Sistemas Agroflorestais. 3. Plantios
mistos. 4. Restauração florestal. 5. Desenvolvimento Sustentável. I.
Melo, Lucas Amaral de. II. Nieri, Erick Martins. III. Título.

RAUL REIS ASSUNÇÃO

**FLORESTAS MULTIFUNCIONAIS COMO ABORDAGEM PROMISSORA PARA
REFLORESTAMENTO EM LARGA ESCALA NO BRASIL
MULTIFUNCTIONAL FOREST AS A PROMISSING APPROACH FOR LARGE
SCALE REFORESTATION IN BRASIL**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Bacharel.

Aprovada em: 13/06/2019

Dr. Lucas Amaral de Melo UFLA

Dr. Otávio Camargo Campoe UFLA

MSc. Erick Martins Nieri UFLA

MSc. Emily Darc Andrade dos Santos INPA

MSc. Rodolfo Soares de Almeida UFLA

Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo

Orientador

MSc. Erick Martins Nieri

Co-orientador

LAVRAS – MG

2019

*Aos meus mestres e professores, especialmente Gilberto Terra, Patrícia Vaz e Rodrigo
Junqueira que se doaram para transmitir um pouco de seus conhecimentos para a formação
da minha visão crítica, investigativa e contempladora dos ambientes florestais, fundamentais
para a elaboração desse trabalho*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Aos meus professores da academia e de fora dela;

Ao meu orientador, coorientador e outros que me guiaram desde a escolha do tema até a edição final desse trabalho;

Aos meus colegas do curso de Engenharia Florestal e meus colegas “floresteiros”, acadêmicos ou não;

Aos meus amigos, que fazem companhia nos momentos de diversão e de dificuldades;

Aos meus pais, que me educaram, formaram minhas bases éticas de trabalho e me encaminharam para essa trilha de qualificação pessoal e profissional; em especial ao apoio, incentivo e consolo de minha mãe; e à semente da paixão pelas árvores, plantada em mim pelo meu pai;

À minha companheira, Isis, que estava comigo no dia a dia da escrita, sempre me nutrindo de amor e dando uns toques para aperfeiçoar a gestão do meu tempo;

E por fim, à toda a comunidade científica que me deu bases para toda minha compreensão técnica sobre o assunto de importância global, que são nossas florestas.

Eu agradeço!

RESUMO

O reflorestamento em áreas de floresta tropical, especialmente no Brasil, vem demonstrando cada vez mais sua importância. Nos últimos cinco anos, o Brasil foi o país que mais perdeu área florestal na América do Sul. Além da perda em área florestal, ainda ocorre a substituição de áreas de florestas nativas por florestas plantadas para atender a demanda industrial de madeira. As florestas plantadas, que apesar de ampliarem o fornecimento de madeira para indústria e fornecem alguns bens, contribuem minimamente para a maioria dos objetivos sociais e ecológicos. A restauração de florestas tropicais tem importância global como estratégia para limitar o aumento da temperatura global, conforme estabelecido no Acordo de Paris sobre Mudanças Climáticas, de 2015. É, também uma obrigação nacional, suprir o enorme passivo ambiental previsto pela Lei de Proteção da Vegetação Nativa, por meio do Programa de Regularização Ambiental – PRA, sendo, portanto, necessárias práticas silviculturais estratégicas para que o reflorestamento atinja larga escala. O presente trabalho tem por objetivo, expor, por meio de revisão de literatura, a relevância das florestas multifuncionais enquanto abordagem promissora para a efetivação do reflorestamento em larga escala no Brasil. A multifuncionalidade florestal é apresentada nesse artigo como um sistema que integra ambos os objetivos, de restauração florestal e de produção madeireira assim como uma forma de sincronizar o conhecimento técnico com articulações políticas capazes de implementar tais objetivos. Apresenta-se, também, os plantios mistos e os sistemas agroflorestais como possíveis soluções para conciliar a produção com a proteção e restauração florestal. Para que o reflorestamento atinja escala suficientemente grande para os anseios políticos e legais do Brasil, medidas devem ser tomadas para que o reflorestamento com espécies nativas em sistemas mistos e agroflorestais sejam vistos como oportunidade de negócio, viável economicamente para grandes e pequenos produtores.

Palavras-chave: Sistemas silviculturais, sistemas agroflorestais, plantios mistos, restauração florestal, desenvolvimento sustentável.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	8
2.	METODOLOGIA.....	10
3.	DESENVOLVIMENTO	12
2.1	Sistemas silviculturais.....	12
2.2	Sistemas de plantio misto.....	15
2.3	Sistemas agroflorestais (SAFs).....	20
2.4	Florestas multifuncionais	23
2.5	Inclusão de espécies nativas em projetos de silvicultura	24
2.6	Serviços ecossistêmicos e benefícios ambientais dos sistemas agroflorestais ...	26
2.7	Sustentabilidade sócio econômica dos sistemas agroflorestais	30
2.8	Pontos chave para a viabilidade técnica do reflorestamento em larga escala	37
2.9	Pontos chave para a viabilidade política e econômica do reflorestamento	42
2.9.1	Política nacional de recomposição da vegetação nativa - Proveg.....	43
2.9.2	Estudo de caso: projeto VERENA	44
4.	CONCLUSÃO.....	48
	REFERÊNCIAS	49

1. INTRODUÇÃO

O reflorestamento em áreas de floresta tropical, especialmente no Brasil, vem demonstrando cada vez mais sua importância. Entre 1990 e 2015, a área total de florestas no globo diminuiu em 3%, passando de 4,128 bilhões de hectares para 3,999 bilhões de hectares, sendo que essa perda foi maior nas regiões de floresta tropical, de 1,966 bilhões de hectares para 1,77 bilhões de hectares. Além do mais, nos últimos cinco anos, o Brasil foi o país que mais perdeu área florestal na América do Sul, tendo perdido 984 K/ha/ano (FAO, 2016). Em consequência, enormes perdas, tais como a biodiversidade, serviços ambientais, proteção de mananciais hídricos; perda de bens florestais, madeireiros e não madeireiros; e a perda de condições de sobrevivência dos povos da floresta, têm se manifestado com grande intensidade, principalmente em comunidades rurais que sofrem de pobreza, nos países tropicais, como o Brasil (LAMB; ERSKINE; PARROTTA, 2005).

Além da perda em área florestal, ainda ocorre a substituição de áreas de florestas nativas por florestas plantadas para atender a demanda industrial de madeira. De modo geral, as florestas industriais ocupam extensas áreas homogêneas, em sua maioria composta por espécies exóticas. As florestas plantadas, que apesar de ampliarem o fornecimento de madeira para indústria e fornecerem alguns bens, contribuem minimamente para a maioria dos outros objetivos citados (LAMB; ERSKINE; PARROTTA, 2005). Diferencia-se aqui os termos reflorestamento e restauração florestal, sendo que o primeiro é mais genérico e pode ser utilizado tanto para designar os plantios industriais monoespecíficos como os plantios mistos ou biodiversos. O segundo se refere à recuperação de áreas degradadas, sendo um tipo específico de reflorestamento. A multifuncionalidade florestal, que será discutida nesse artigo, é um sistema que integra ambos os objetivos, de restauração florestal e de produção madeireira assim como de outros bens florestais.

Acordos internacionais, que visam chegar à um consenso global sobre manejo de florestas multifuncionais, estão sendo cuidadosamente estabelecidos, e gerando significativo progresso à nível de planejamento e comprometimento nacional (MACDICKEN; REAMS; FREITAS, 2015). O Acordo de Paris sobre Mudanças Climáticas, de 2015, possui como um dos objetivos, limitar o aumento da temperatura média global em 1,5°C até o fim desse século. Nesse contexto, a restauração de florestas tropicais se torna importante enquanto estratégia para mitigação da mudança climática global, conservação da biodiversidade e melhoria da qualidade de vida das populações vulneráveis (HOLL, 2017). O Brasil se comprometeu, através da Contribuição Nacionalmente Determinada - NDC brasileira, com a ambiciosa meta de reflorestar 12 milhões de hectares até 2030, para múltiplos usos (BRASIL, 2016).

As condições legais e ambientais também impulsionam o país a investir no reflorestamento de grandes áreas. Haja visto as vastas extensões de terras degradadas e de baixa aptidão agrícola e as obrigações decorrentes da legislação florestal brasileira, que através do Programa de Regularização Ambiental – PRA, definido pelo decreto federal nº 7830, de 17 de Outubro de 2012, exige a adequação legal de 21 milhões de hectares (SOARES-FILHO; RAJÃO; MACEDO, 2014) em passivos ambientais nas áreas de Reserva Legal – RL, e Áreas de Preservação Permanentes – APP. Outros elementos alavancadores do reflorestamento em escala nacional são: a indústria de base florestal competitiva, as iniciativas governamentais (Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa – Proveg; Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa – Planaveg; e o Plano Nacional de Desenvolvimento de Florestas – PNDF), as iniciativas não-governamentais (Pacto Pela Restauração da Mata Atlântica; Coalizão Brasil Clima Florestas e Agricultura; e Aliança para Restauração da Amazônia) e as iniciativas voluntárias (Desafio de Bonn e Iniciativa 20x20).

O cumprimento de tais metas representa um desafio em larga escala, visto que as extensas áreas reflorestadas nas últimas décadas objetivam exclusivamente a produção padronizada de madeira para a indústria. No entanto, o novo paradigma sugere que os reflorestamentos sejam capazes de integrar produção de madeira, juntamente com a conservação da biodiversidade e o crescimento na oferta de serviços ecossistêmicos, originalmente ofertado pelas florestas primárias. O presente trabalho tem por objetivo, expor, por meio de revisão de literatura, a relevância das florestas multifuncionais enquanto abordagem promissora para a efetivação do reflorestamento em larga escala no Brasil. Buscou-se apontar a importância global de se investir no reflorestamento nos trópicos. Demonstra-se que as iniciativas públicas e privadas encontram oportunidades de se desenvolver em prol da restauração florestal, através de plantios com finalidade produtiva. Aqui são apresentadas opções técnicas e científicas coerentes para que se atinjam tais objetivos.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho se caracteriza como uma revisão de literatura, tendo, portanto, o intuito de reunir o que há de mais atual em termos de conhecimento científico relacionado ao tema de reflorestamento em áreas de floresta tropical com fins econômicos no Brasil.

Para a pesquisa bibliográfica, utilizou-se a base de dados do *Google Scholar*, *Scopus*, *Capes* e *Isi Web of Knowledge*, onde foram selecionados trabalhos científicos e autores para compor essa revisão. Além da base de dados on-line, também foram consultados livros e notas técnicas que complementam e ampliam a compreensão sobre o assunto.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 Sistemas silviculturais

Sistema silvicultural corresponde ao processo pelas quais as culturas, que constituem a floresta, são conduzidas, removidas e repostas por novas culturas, o que resulta na produção de padrões florestais distintos (MATTHEWS, 1989). Smith et al. (1996), caracteriza os sistemas silviculturais como medidas planejadas para implantação, condução e manejo de unidades florestais que se estende ao tamanho da duração de um ciclo florestal. Inclui implantação, operações de poda, medidas para proteção, desbastes seletivos, colheita e manejo da regeneração nas unidades florestais de produção.

Qualquer revisão sobre silvicultura, deve reconhecer ao menos três fundamentos: (1) silvicultores podem modificar as características de uma comunidade florestal ao manejar sua composição e densidade; (2) os resultados do manejo podem ser alterados pelo tipo e pela intensidade de cada trato silvicultural, ao se variar estágios de desenvolvimento entre talhões ou entre classes de idade num mesmo talhão e ao se arranjar o plantio em uma sequência específica; (3) o manejo deve obedecer, de maneira integrada, às exigências das espécies de interesse, das condições edafoclimáticas do sítio manejado e à ecologia local e do entorno (NYLAND, 1996). Para que o manejo seja adequado e cumpra com os objetivos do proprietário, os silvicultores devem planejar o tempo ótimo para aplicar os devidos tratamentos para cada talhão. Por essa razão, a sequência correta e o *timing* se tornam importantes nas práticas silviculturais.

Os sistemas silviculturais descrevem como o produtor irá manejar cada unidade florestal da propriedade ao longo do tempo de forma a sustentar condições e valores de interesse (HELMS, 1998). Desse modo, conectam-se as práticas necessárias dentro de uma sequência lógica e programa-as adequadamente para garantir a contínua cobertura florestal, composta por espécies que atendam os interesses do proprietário. Conceitualmente, silvicultores desenvolvem um único sistema silvicultural para cada talhão, sendo que, para todos os sistemas silviculturais, três componentes básicos estão sempre presentes: (1) implantação; (2) manejo; e (3) colheita (HELMS, 1998), conforme mostra a tabela 1. Independente de qual sistema ou talhão, todos eles darão alguma atenção para esses três componentes, arranjan-do-os em função das necessidades e objetivos específicos de cada local.

Tabela 1: Componentes básicos dos sistemas silviculturais

Componentes	Tratos Silviculturais
Implantação	Natural
	Artificial
	Semeadura
	Plantio
Manejo	Adubação
	Poda
	Desbaste
	Tratos Intermediários
Colheita	Corte raso
	Cobertura
	Árvore porta-sementes
	Corte seletivo
	Outros cortes parciais
	Método de duas idades
	Transição

Fonte: Modificado de Nyland (1996)

Os sistemas silviculturais obedecem uma natureza cíclica, onde cada um de seus componentes são interdependentes. A implantação pode se dar por vias naturais ou artificiais, através da semeadura direta ou do plantio de mudas. Uma vez implantado, o sistema deve receber uma série de tratos silviculturais que estimulem seu crescimento e desenvolvimento de acordo com os objetivos do proprietário, tais como adubação, poda, desbaste, controle de pragas e doenças e outras práticas operacionais. Mais tarde, quando um grupo de indivíduos atinge idade de corte ou por outras razões específicas, silvicultores devem usar técnicas de colheita para extração desses indivíduos e para favorecer a regeneração do próximo ciclo florestal.

Os tratos silviculturais associados à colheita são também conhecidos como métodos de regeneração (NYLAND, 1996), sendo eles: (1) corte raso; (2) cobertura; (3) matriz de sementes; (4) corte seletivo; e (5) outros cortes parciais, dentre eles o método de duas idades e de transição. A combinação entre os diversos tratos silviculturais em determinada sequência e em seus diferentes tipos, determina a natureza de um sistema silvicultural. Esse sistema dá forma às características e ao desenvolvimento da comunidade florestal onde se realizam as práticas silviculturais.

A escolha de um determinado sistema silvicultural deve levar em consideração toda a complexidade biológica, física e sócio econômica do sistema, incluindo problemas de colheita, gestão, manejo, vida silvestre e proteção hídrica e dos solos, sendo, portanto, adaptável às especificidades de determinada circunstância, que pode mudar ao longo do espaço e tempo. Os

elementos, ou objetivos dos sistemas silviculturais (SMITH et al., 1996) são: (1) harmonizar com os objetivos do proprietário; (2) dar condições para a regeneração do próximo ciclo florestal; (3) uso eficiente da cultura e produtividade do sítio; (4) controle de espécies daninhas; (5) proteção do solo e água; (6) produção sustentável; (7) uso ótimo do capital e estoque; (8) arranjos operacionais eficientes; (9) manejo e trato das espécies de interesse; (10) adequação à legislação florestal.

Um sistema silvicultural apropriado deve possuir um senso de conservação (NYLAND, 1996). As considerações financeiras, normalmente ditam a intensidade da prática. Ainda assim, tais considerações devem ser compatíveis com os atributos biológicos das espécies de interesse e atributos físicos do sítio, capazes de sustentar o crescimento e desenvolvimento da comunidade alvo. Através desse cuidado, um sistema silvicultural é capaz de manter a harmonia entre os interesses do proprietário e com a capacidade da terra em promover tais benefícios por tempo indefinido. Tal compreensão está relacionada com a ideia de uso sábio, em que se decide o quanto e de qual maneira utilizar os recursos presentes, garantindo o fornecimento contínuo e adequado para o futuro (SMITH et al., 1996). No caso de recursos florestais, o produtor deve escolher a dose ideal entre maximizar ganhos econômicos num curto prazo e moderar o consumo atual para assegurar a rentabilidade no longo prazo (NYLAND, 1996).

O arranjo dos indivíduos de diferentes idades, em um talhão, determina fortemente a natureza do sistema, assim como os tratos silviculturais necessários (ROACH, 1974). Tanto o corte quanto a mortalidade natural são agentes que modificam a proporção de idade entre os indivíduos na comunidade alvo. Os arranjos por idade são divididos em três possibilidades: (1) equiano, em que os indivíduos que compõem a comunidade possuem a mesma idade; (2) inequiano, onde a unidade alvo possui indivíduos de diversas idades; e (3) de duas idades, onde se encontram apenas duas classes de idade (NYLAND, 1996). O termo classe de idade se refere ao grupo de árvores de um talhão que possuem aproximadamente a mesma idade (HELMS, 1998).

Um sistema equiano, por possuir apenas uma classe de idade, deve ser manejado como uma unidade em que se aplicam os mesmos tratos em sua totalidade. Ao longo da rotação florestal, utiliza-se uma série de práticas que induzem o crescimento e desenvolvimento da comunidade até que se atinja fase madura. A colheita pode ser feita tanto para diminuir a competição e auxiliar no amadurecimento do talhão, quanto para corte final, onde o talhão é liberado para um novo ciclo. Portanto, nos sistemas equianos, as operações de implantação, manejo e colheita são separadas ao longo do tempo.

Já um sistema inequiano, é conduzido por meio de práticas silviculturais integradas e

distintas para as diferentes classes de idade. Operações de desbaste e poda de condução dos indivíduos de melhor qualidade de fuste, ocorrem concomitantemente com corte final de algumas árvores. Cada classe de idade recebe os devidos tratamentos conforme o cronograma de atividades silviculturais, ocorrendo assim, uma distinção por classe de idade. De qualquer maneira, os três componentes básicos da silvicultura, implantação, manejo e colheita, podem ocorrer simultaneamente numa mesma área de floresta manejada.

Em alguns casos, o sistema pode conter indivíduos que se distinguem em apenas duas classes de idade. Esses sistemas, em especial, requerem uma abordagem mista entre as práticas de sistemas equianos e inequianos. Operações de implantação, manejo e colheita ocorrem sequencialmente para cada uma das classes de idade, utilizando métodos similares aos que são praticados nos plantios equianos. No entanto, pode ocorrer convergência de práticas dos diferentes momentos do ciclo de cada idade, assim como na silvicultura dos plantios inequianos. Apesar de não ser regra, de maneira geral, silvicultores subdividem sistemas equianos em corte raso, sistema de cobertura ou sistema de árvore porta sementes. Já os sistemas inequianos são sistemas de corte seletivo e os sistemas de duas idades se encaixam nos sistemas de cobertura (SMITH et al, 1996).

Em essência, a silvicultura representa o meio pelo qual o produtor florestal conduz a sua área levando-a a se desenvolver conforme seus interesses (HELMS, 1998). A exploração florestal que não passa por um planejamento silvicultural adequado, pode causar danos ao ecossistema local, levando-o à um nível de degradação que resulta em perdas de produtividade e que modificam o meio, de forma a inviabilizar as atividades florestais no médio e longo prazo. Práticas adequadas de silvicultura evitam que isso ocorra. Um sistema silvicultural adequado deve incorporar uma sequência eficiente de práticas silviculturais que gere capital dentro da capacidade produtiva do sítio, sem causar distúrbios ecológicos indesejados. Deve também satisfazer aos objetivos do produtor florestal, de modo a se sustentar por tempo indefinido no mesmo local (NYLAND, 1996).

3.2 Sistemas de plantio misto

A grande maioria dos plantios florestais são estruturados enquanto monoculturas, com apenas um pequeno número de espécies (FAO, 2016). No entanto, pesquisas apontam grandes vantagens potencialmente adquiridas ao se investir em designs cuidadosamente planejados de sistemas florestais mistos (KELTY, 2006). O domínio dos monocultivos sobre os sistemas consorciados ou mistos, se justifica por possuírem vantagens de considerável importância para plantios em larga escala, tais como: simplicidade na produção de mudas, facilidade estratégica

no estabelecimento, concentração de recursos focada em uma única espécie e colheitas uniformes (EVANS e TURNBULL, 2004). Por outro lado, monoculturas causam impactos negativos na qualidade ambiental, pela limitada provisão de serviços ambientais, além de não gerarem diversidade de produtos tradicionalmente extraídos de florestas naturais, como recursos fundamentais para populações locais (PIOTTO et al., 2018).

Em florestas mistas é possível que se faça operações de colheita em ciclos de corte distintos, que aumenta a produtividade por área e reduz riscos de mercado e de incidência de pragas e doenças, evitando prejuízos financeiros, sendo essas grandes vantagens em relação aos sistemas monoespecíficos. Vale ressaltar que tais benefícios são alcançados parcialmente ou em sua totalidade ao se definir apropriadamente as espécies e arranjos para o consórcio, levando em consideração os aspectos silviculturais, interações ecológicas e a funcionalidade de cada espécie (PIOTTO et al., 2018). Estudos recentes demonstram a relação positiva entre o número de espécies e produtividade em florestas nativas e plantadas (PIOTTO et al., 2018; FORRESTER e PRETZSCH, 2015; LIANG et al., 2016).

Pesquisas científicas sobre plantios mistos iniciaram na década de 80, com o estabelecimento de parcelas replicáveis que comparam uma única espécie com diferentes combinações de espécies em um mesmo sítio. Porém, os estudos comparativos entre os dois sistemas ainda são raros nos trópicos. Fato que se deve ao elevado investimento inicial e longo prazo para obtenção de resultados e que geram barreiras para que sejam tomadas iniciativas, tanto privadas quanto públicas, de plantios mistos em escala (KELTY, 2006; VANCLAY, 2006). Além do mais, os plantios mistos em escala comercial ainda estão em fase inicial, sendo que, um dos principais exemplos no Brasil é a empresa Symbiosis, no sul da Bahia, que conta com cerca de 1000 ha cultivados com múltiplas espécies florestais madeireiras (PIOTTO et al., 2018).

As plantações mistas podem afetar tanto positiva, quanto negativamente o crescimento da árvore, sendo que, em um consórcio de duas espécies, efeitos positivos são esperados quando a competição intraespecífica é maior que a competição interespecífica e, efeitos negativos são esperados quando ocorre o inverso. Em consórcios com mais de duas espécies, várias relações distintas ocorrem simultaneamente, de forma que a produtividade no nível de povoamento dependerá do número de espécies e da interação entre elas. Para que se possa definir os melhores modelos de consórcio, é de suma importância que se entenda as interações ecológicas entre as espécies e utilizadas. O caso mais bem descrito pela literatura é o efeito positivo de espécies arbóreas fixadoras de nitrogênio em plantios florestais mistos (DEBELL et al., 1997; PARROTTA, 1999; BINKLEY et al., 2003; PIOTTO et al., 2018; LAMB, 2014), que, além de

aumentar a eficiência nutritiva do sistema, ainda são adaptadas a crescer em ambientes de solo degradado (PIOTTO et al., 2018).

Kelty (2006), descreve vários objetivos de se manejar plantios florestais mistos, sendo eles: (1) aumento da produtividade, pela combinação de características complementares; (2) aumento da produtividade por facilitação; (3) aumento na taxa de crescimento individual e qualidade do fuste; (4) cultivo de múltiplos produtos em diferentes ciclos de corte; (5) redução no risco de pragas; (6) restauração de áreas degradadas; (7) expandir base de dados para designs de floresta mista.

Um conceito chave para arranjos florestais com maior produtividade por área, é a combinação de espécies com características distintas, tais como a tolerância à sombra, taxa de crescimento, estrutura de copa (índice de área foliar), fenologia foliar (árvores decíduas vs. perenifólias) e profundidade e fenologia do sistema radicular (KELTY, 1992). Combinações entre espécies que se distinguem quanto a esses aspectos apresentam maiores chances de capturar recursos de forma mais completa e utilizá-los de maneira mais eficiente para a produção de biomassa, sendo reconhecidas como espécies que possuem boa habilidade em combinações ecológicas (HARPER, 1977) ou uso complementar de recursos (HAGGAR e EWEL, 1997). Espécies com características complementares possuem baixa competição interespecífica. Vale ressaltar que a produtividade depende de operações como o desbaste seletivo das espécies mais altas para entrada de luz no sistema.

O princípio da produtividade por facilitação (VANDERMEER, 1989) envolve o benefício direto de uma espécie sobre a outra, sendo essa uma interação mais reconhecida por estudos científicos (FORRESTER et al., 2006), como é o caso da utilização de espécies fixadoras de nitrogênio em consórcio com outras espécies florestais de interesse comercial, que se beneficiam com resposta positiva em crescimento. Em algumas combinações florestais, também pode ocorrer a transferência direta de nutrientes por meio de conexões entre sistema ectomicorrízico semelhante, que se localizam no sistema radicular, de espécies florestais (SIMARD et al., 1997). Outro exemplo de interação benéfica por facilitação é a utilização de espécies caducifólias em consórcio com espécies florestais de interesse comercial, onde ocorre aumento nas taxas de ciclagem de nutrientes no sistema (MATTHEWS, 1989).

O tamanho e alometria (forma) das árvores em povoamentos florestais é fortemente afetado pela densidade de indivíduos. Em muitos casos o crescimento individual é de importância prioritária para o valor comercial da madeira. Normalmente, plantios comerciais são estabelecidos com alta densidade para que a competição intraespecífica seja suficientemente grande para causar desrama natural em galhos mais baixos enquanto jovens,

melhorando a qualidade da madeira. Silvicultores interessados em madeira de alta qualidade, optam por reduzir a densidade de indivíduos para aumentar o crescimento individual das árvores remanescentes (KELTY, 2006).

No caso de plantios mistos, a estratificação da copa pode ser vantajosa nesse aspecto. A densidade inicial do povoamento pode ser tão alta quanto nos sistemas convencionais, no entanto, a densidade efetiva, em termos de copa, começa a declinar à medida que a estratificação do dossel se desenvolve. É esperado que as espécies que ocupam o estrato superior atinjam maiores incrementos em tamanho e qualidade de fuste, conforme descrito por Matthews (1989), enquanto que, as espécies que ocupam estratos inferiores ampliem a largura da copa, tendo seu crescimento total atrelado à sua tolerância à sombra, assim como à densidade do dossel superior. No entanto, as combinações inadequadas podem implicar em defeitos na formação do fuste, especialmente quando ocorre grande diferença na velocidade do crescimento inicial das espécies (GROTTA et al., 2004). Deve-se, portanto, buscar por consórcios adequados para obtenção dos melhores resultados.

Amazonas et al. (2018), comprova essa teoria em seu experimento que intercala produção de *Eucalyptus* com diversas espécies nativas da Mata Atlântica (23 a 30 espécies). Seus resultados demonstram que nos plantios mistos, o crescimento individual do *Eucalyptus* foi desproporcionalmente maior, tendo produzido aproximadamente 75% da área basal mensurada na área de monocultura, com apenas 50% de indivíduos por hectare. As espécies nativas, por outro lado, tiveram seu crescimento em biomassa afetado pela competição com *Eucalyptus*, mais do que pela competição com espécies nativas de crescimento rápido. Esse resultado é vantajoso quando árvores maiores são mais valorizadas que as menores ou quando a colheita pode ser antecipada ao se atingir tamanho comercial com antecedência. O estudo demonstra que plantios mistos entre *Eucalyptus* e alta diversidade de espécies nativas da Mata Atlântica são altamente viáveis, sendo que a resiliência econômica e ecológica obterá sucesso dependendo das práticas silviculturais, tais como desbastes seletivos e plantios de enriquecimento, subsequentes ao plantio.

Outro objetivo de se optar por plantios mistos é o cultivo de múltiplos produtos em diferentes ciclos de corte, que pode ser vantajoso para diminuir riscos de mercado. Múltiplos produtos podem ser destinados a comercialização ou subsistência, o que gera mais receita financeira ao longo do ciclo florestal. Investir todos os recursos em um único produto, que atualmente possui alto valor comercial, pode ser uma opção demasiada arriscada para investidores, além do mais, muitos produtores rurais não possuem estímulos para esperar durante todo o tempo existente entre os elevados investimentos iniciais e os retornos

econômicos ao final do ciclo florestal. Nesse caso plantios mistos apresentam-se como solução possivelmente viável para investidores e produtores rurais, como ocorre com os plantios mistos entre *Pinus spp.* e *Betula spp.* na Escandinávia (BERGQVIST, 1999), entre *Terminalia amazonia* e *Inga edulis*, na Costa Rica (NICHOLS et al., 2001) e diversos outros consórcios entre espécies nativas da mata atlântica e *Eucalyptus spp.*, no Brasil (AMAZONAS et al., 2018).

Uma das características desejáveis em florestas comerciais é a redução de danos causados por insetos ou doenças. As informações científicas sobre o quanto os plantios mistos são eficientes em diminuir risco de pragas ainda são escassas, muito do que se dá pela dificuldade em desenhar experimentos capazes de capturar as variáveis que comprovam essa questão. No entanto, sabe-se que, nos monocultivos, as invasões por insetos e doenças causadores de danos, pode afetar todas ou a grande maioria das árvores, devido a uniformidade genética do povoamento (GADGIL e BAIN, 1999). Watt (1992), aponta que plantios mistos podem reduzir riscos de pragas por meio de dois mecanismos: (1) diluem a concentração da espécie hospedeira da praga ou doença; (2) propiciam ambientes mais diversificados, que tendem a abrigar maior quantidade de inimigos naturais para os insetos potencialmente causadores de danos. O que ressalta a importância de se incluir duas ou mais espécies em plantios florestais, especialmente nos casos em que o monitoramento florestal é pouco frequente (KELTY, 2006).

Os plantios mistos também cumprem com um papel fundamental na restauração de áreas degradadas. Normalmente, o principal objetivo, nesses casos, é estabelecer um ambiente florestal capaz de evitar erosão e dar condições para que a sucessão natural ocorra, até que a área adquira resiliência ecológica. Porém, um novo desafio vem sendo alvo de estudos recentes, que buscam conciliar a restauração de áreas, com inclusão de espécies florestais de fins comerciais (AMAZONAS et al., 2018). Nesse caso, espécies de valor comercial agem como pioneiras, criando condições iniciais de sombreamento que diminui a competição, além de criarem um habitat favorável para a regeneração de espécies tolerantes à sombra e para atração de animais dispersores de sementes. Tendo cumprido com suas funções ecológicas, após atingirem valor comercial, essas espécies são exploradas, o que representa uma estratégia de restauração de áreas à baixo custo. Os plantios mistos, portanto, podem ser úteis quando se deseja aumentar ambos, resiliência ecológica e financeira (LAMB; ERSKINE; PARROTTA, 2005).

O que se conhece a respeito de plantios florestais mistos, apesar de não ser tão escasso, ainda deixa várias lacunas do conhecimento em aberto. Experimentos para capturar interações entre espécies costumam ser tão caros que a maioria deles é realizado em pequenas parcelas,

onde se inclui um número bem limitado de espécies. Kelty (2006), lista alguns tópicos ainda pouco estudados na área, sendo eles: (1) mecanismos de interação abaixo do solo; (2) efeitos do fator sítio e espaçamento nas interações entre espécies consorciadas; (3) e a prevalência de interações benéficas em plantios com múltiplas espécies. Além do mais, é dito que algumas abordagens científicas necessitam ocorrer, incluindo ensaios de espécies, estudos contínuos sobre mecanismos de interações ecológicas e ensaios operacionais.

3.3 Sistemas agroflorestais (SAFs)

Os sistemas agroflorestais (SAFs) podem ser conceituados de diversas formas, ao passo que na década de 70 já se conhecia sobre a importância das agroflorestas para a silvicultura moderna (SMITH et al, 1996). Em 1977, uma das primeiras definições foi realizada por Bene; Beall; e Côté (1977), salientando que os SAFs são sistemas de manejo sustentável da terra que buscam aumentar a produção de forma geral, combinando culturas agrícolas com árvores e plantas da floresta, podendo, também, conter animais, simultânea ou sequencialmente, e aplica práticas de gestão que são compatíveis com os padrões culturais das populações locais.

O Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal – ICRAF, define como sistemas dinâmicos, baseados na gestão dos recursos naturais, com respeito à ecologia, por meio da integração de árvores na paisagem agrícola, de forma a diversificar e sustentar a produção com maiores benefícios sociais, econômicos e ambientais para todos aqueles que utilizam o solo em diversas escalas (MICCOLIS et al., 2016).

Na definição adotada pela Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, os sistemas agroflorestais são definidos por sistemas de uso e ocupação do solo em que plantas lenhosas perenes são manejadas em associação com plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas, culturas agrícolas, forrageiras em uma mesma unidade de manejo, de acordo com arranjo espacial e temporal, com diversidade de espécies nativas e interações entre esses componentes (MICCOLIS et al., 2016).

Segundo Smith et al. (1996), na década de 90, já ocorriam simpósios internacionais para se discutir sobre as práticas agroflorestais, além de jornais científicos e revisão bibliográfica para tratar exclusivamente sobre o tema (MACDICKEN; VERGARA, 1990; NAIR, 1993 apud SMITH et al, 1996). Muito do que motivou os estudos em sistemas agroflorestais foram os problemas enfrentados pela agricultura extensiva nas regiões tropicais, que se tornou insustentável, esgotando recursos de fertilidade do solo, disponibilidade hídrica, além de dificuldade no manejo de plantas daninhas, pragas e doenças, que começaram a causar uma série de prejuízos aos produtores rurais. A ideia básica dos sistemas agroflorestais, nesse caso,

era utilizar a estabilidade natural e a funcionalidade das florestas tropicais por meio da diversidade de árvores com culturas agrícolas, aproveitando ao máximo a estrutura natural da vegetação.

De acordo com Wiersum (1997), ainda na década de 90, já se reconhecia uma ampla variedade de sistemas reconhecidos como agroflorestais. Os estudos científicos sobre SAFs apesar de recentes são sistemas de produção praticados ao redor de todo o mundo há milênios, principalmente pelas populações tradicionais, proporcionando sustento de pelo menos 1,2 bilhão de pessoas (NAIR, 1984), o que demonstra o quanto a criatividade de comunidades tradicionais é capaz de utilizar os recursos florestais de forma sustentável.

A utilização de sistemas agroflorestais é de interesse comum à sociedade, sendo fundamental o desenvolvimento de novas abordagens a respeito da conservação e uso sustentável de recursos florestais (SAYER e CAMPBELL, 2001), o que traz um reconhecimento sobre a contribuição cultural de comunidades tradicionais, no que diz respeito ao uso da terra, como base para o desenvolvimento sustentável contemporâneo.

Os sistemas agroflorestais podem ser classificados em sistemas silvipastoris, sistemas agrossilviculturais e sistemas agrossilvipastoris (MACEDO et al., 2018). Os sistemas silvipastoris são voltados para a criação de animais por meio da associação entre pastagens e árvores. Os sistemas agrossilviculturais, ocorrem quando culturas agrícolas anuais fazem consórcio com o componente arbóreo. Os sistemas agrossilvipastoris incluem espécies agrícolas e florestais às pastagens simultaneamente e ou sequencialmente no tempo. Miccolis et al. (2016), destaca ainda, as agroflorestas sucessionais ou biodiversas, que são mais diversificadas e similares aos ecossistemas florestais naturais.

Wiersum (2004), utiliza a classificação dos sistemas agroflorestais como uma paisagem intermediária entre ambientes de floresta natural e ambientes antropogênicos de florestas plantadas ou árvores entre lavouras e pastagens. Segundo o autor, as florestas intermediárias, ou agroflorestas, podem ser classificadas como: (1) florestas naturais (primárias) modificadas pelo extrativismo e proteção de recursos específicos; (2) florestas naturais enriquecidas com espécies de interesse; (3) florestas modificadas (secundárias) com cultivo de diversas espécies úteis juntamente com a existência de espécies nativas/ selvagens; (4) florestas mistas, majoritariamente plantadas ou enriquecidas; (5) e campos de cultivo e pastagens com árvores esparsas. Essa classificação enfatiza as funcionalidades múltiplas em paisagens florestais, manejadas por populações humanas, que atendem tanto as demandas ecológicas, quanto as demandas de consumo da sociedade.

A característica de se manejar ambientes florestais multifuncionais é de suma

importância para pequenos e médios produtores rurais, que dependem do ambiente rural tanto para obter renda, quanto para obter os mais diversos tipos de recursos para alimentação, construção, remédios e produtos com valores culturais e espirituais. Ainda assim, apesar de haverem grandes superfícies ocupadas por sistemas agroflorestais na região tropical, pouco se aproveita do potencial desses sistemas para produção madeireira e sequestro de carbono (MONTAGNINI; NAIR, 2004), sendo que, tradicionalmente, o componente arbóreo nos SAFs sempre foi cultivado como forma de favorecer outros cultivos agrícolas associados, por meio de sombra, ciclagem de nutrientes, controle de erosão e outros serviços ambientais (ASHTON; MONTAGNINI, 2000).

No entanto, conforme apontado pela FAO (2016), a crescente demanda por produtos florestais madeireiros associada à crítica situação de extração ilegal de madeira em florestas naturais aponta a urgente necessidade de se investir em programas de reflorestamento com espécies nativas como fonte prioritária para extração sustentável de madeira sólida. Os sistemas agroflorestais vêm sendo adotados de maneira crescente nos trópicos, apoiado por estudos que comprovam sua qualidade enquanto sistema sustentável e eficiente para produção de essências florestais madeireiras (MONTAGNINI, 2017).

No Brasil os sistemas agroflorestais já estão relativamente bem disseminados em termos de aplicabilidade, tendo um grande potencial de se tornarem estratégia promissora para recuperação de áreas degradadas. Entretanto ainda são necessárias tecnologias, relativas tanto à silvicultura das espécies como aos métodos de colheita e aproveitamento florestal, para que se possa utilizar melhor o componente arbóreo dos sistemas agroflorestais (PIOTTO et al., 2018).

Neste artigo, os sistemas agroflorestais são tratados com ênfase na produção madeireira em uma paisagem de trabalho multifuncional, que promove serviços ecossistêmicos, benefícios ambientais e retornos econômicos (JOSE, 2009), que podem tanto cobrir custos de projetos de recuperação de áreas degradadas, como antecipar receitas em projetos florestais com longo tempo de retorno. A definição adotada pelo Centro Mundial Agroflorestal, possui a vantagem de ser mais breve e abrangente, dizendo que: “a agrossilvicultura é a integração de árvores em paisagens rurais produtivas” (MAY et al, 2008, p.20).

Quanto à sustentabilidade dos sistemas agroflorestais, Wiersum (2004) discute sobre a possibilidade de essas paisagens intermediárias serem tanto um ambiente de reconstrução ou manutenção de paisagens florestais multifuncionais, exemplos de ecossistemas produtivos sustentáveis; quanto um estágio intermediário no processo de exploração florestal que leva à exaustão da paisagem até sua utilização como campo agrícola ou de pecuária convencionais.

Michon e De Foresta (1997) acreditam que as agroflorestas devem ser compreendidas mais como um processo de verdadeira domesticação dos ecossistemas florestais, do que fases intermediárias de um processo de extração de produtos florestais.

A sustentabilidade é definida como uma forma de desenvolvimento que supre as necessidades das gerações presentes, de forma a não esgotar a oferta de recursos naturais para as gerações futuras (WCED, 1987). Quando se busca interpretar até onde os ecossistemas agroflorestais são sustentáveis ou não, deve-se buscar entender se a exploração dos recursos florestais respeita as condições sociais, econômicas e ambientais atuais e, também, se atende as mudanças socioeconômicas de longo prazo. Dessa forma, o autor conclui que a sustentabilidade dos SAFs deve se embasar na relação dinâmica entre homem e natureza, respeitando a funcionalidade do meio ambiente e se adaptando às mudanças socioeconômicas que ocorrem ao longo do tempo. A sustentabilidade do sistema vai depender de como é feita a condução técnica, incluindo o planejamento, implantação, manejo, exploração, conscientização da comunidade que utiliza os recursos agroflorestais e das regulamentações e políticas sociais daquele meio.

3.4 Florestas multifuncionais

Multifuncionalidade florestal é a integração de diversas demandas sociais e ecológicas, em florestas cujo manejo é orientado, em última instância, para produção madeireira ou outros bens de valor comercial. Refere-se acima de tudo, à integração de políticas ambientais, às diversas situações práticas que dizem respeito ao manejo das florestas públicas e privadas. Essa integração envolve também os centros de pesquisa, que contribuem por meio de estudos científicos, pondo em prova questões diversas e propondo soluções viáveis para que as medidas políticas se adaptem às situações práticas que envolvem o reflorestamento das áreas degradadas, a conservação e manejo florestal sustentável (BORRASS; KLEINSCHMIT; WINKEL, 2016).

O manejo sustentável e a conservação de florestas, permanece sendo um grande desafio global. Em meio à enorme quantidade de demandas por bens de consumo, produção de madeira e biomassa, conservação da biodiversidade, valores estéticos e culturais e pela importância das florestas na mitigação do aquecimento global, foram desenvolvidas novas abordagens para o manejo e a conservação florestal (UMANS, 1993). Winkel (2014), descreve quatro padrões de abordagem quanto ao manejo florestal, sendo eles: florestas industriais, florestas comerciais/multifuncionais, florestas para conservação e florestas sociais.

Em muitas florestas ao redor do mundo, como é o caso das florestas brasileiras, existe uma distinção clara entre manejo florestal extensivo ou conservacionista e manejo florestal

intensivo, correspondente às florestas plantadas. Em outras regiões, principalmente nas regiões temperadas, aborda-se o conceito de floresta integrada, que se refere à combinação entre a produção madeireira e a provisão de serviços ambientais na mesma área florestal (SCHULZ et al., 2014). Essa abordagem enfatiza a provisão de múltiplos serviços ecossistêmicos, como os que se objetivam atingir nos projetos de restauração florestal, mas que também inclui a finalidade comercial de produção madeireira e a colheita de uma porcentagem significativa do incremento anual na mesma área. Propõe-se, portanto, um conceito de floresta direcionado a solucionar problemas de manejo sustentável das florestas nacionais (). Essa abordagem pode ser estratégica, principalmente quando se trata da elaboração de programas e políticas ambientais que visam o desenvolvimento sustentável pelo reflorestamento de grandes áreas.

O conceito de floresta multifuncional de Löwe (BORRASS; KLEINSCHMIT; WINKEL, 2016), é minimamente utilizado entre gestores florestais, silvicultores, acadêmicos e decisores políticos ao redor do mundo, estando restrito à algumas regiões na Europa. No entanto, tal abordagem, busca integrar demandas tanto da esfera das políticas públicas e programas institucionais que visam a restauração de florestas tropicais, quanto dos gestores de florestas privadas, incluindo ampla diversidade de interesses socioculturais, em diferentes contextos ambientais e econômicos, podendo trazer uma nova visão de floresta que seja mais estratégica para que se consolide os almejados conceitos de sustentabilidade.

3.5 Inclusão de espécies nativas em projetos de silvicultura

Dentro de uma perspectiva ecológica, a restauração florestal deve priorizar a inclusão de espécies florestais nativas. Segundo Beech et al. (2017), o Brasil é o país com maior diversidade de espécies arbóreas, com 8715 espécies florestais, seguido da Colômbia e Indonésia, com 5776 e 5142 espécies, respectivamente. O maior número de espécies arbóreas endêmicas também está em território brasileiro, tendo sido contabilizadas 4333 espécies, seguido de Madagascar (2991 spp.), Austrália (2584 spp.) e China (2149 spp.). No entanto, a maior parte do esforço de pesquisa no país, nos últimos cinquenta anos, concentrou-se na adaptação de culturas florestais exóticas, que fez do Brasil grande potência no mercado florestal mundial.

A silvicultura brasileira, utiliza quase exclusivamente dois gêneros florestais, sendo que ambos são exóticos: *Pinus spp.* e *Eucalyptus spp.* Plantios de Particá e Araucária são os primeiros que, timidamente, começam a reverter o processo, ocupando a inexpressiva área de 1,27% de florestas nacionais plantadas (IBA, 2017). O potencial qualitativo latente das espécies nativas para a indústria madeireira é enorme, sendo que, o elevado número de espécies arbóreas,

representa um expressivo acervo para a silvicultura brasileira. Após o banimento da extração de madeira nativa de florestas primárias na Mata Atlântica, por decreto na década de 1990, quase toda a madeira nativa legal é proveniente da floresta Amazônica, sendo essa uma prática insustentável (PIOTTO et al., 2018), que diminui significativamente a oferta de madeira nativa, enquanto a demanda segue aumentando (SOHNGEN; TIAN, 2016).

Desde de o início de 1930 o comportamento de espécies nativas na Mata Atlântica começou a ser estudado (ANDRADE, 1941). Desde então outros estudos na área ganharam destaque (KOSCINSKI, 1934; GURGEL FILHO, 1953, 1957), assim como experimentos que foram implantados a partir da década de 1960, para teste de procedências e progênes (GIANOTTI, 1982; MONTEIRO; SPELTZ; GURGEL, 1982; NOGUEIRA et al., 1982a; SIQUEIRA, 1982; VIANA, 1982), para testes de espaçamento (COELHO et al., 1982; NOGUEIRA, SIQUEIRA, BERTOLDI, 1982b; NOGUEIRA et al., 1982c; SOUZA et al., 1982; ZANATTO, 1982) e plantios consorciados (GURGEL FILHO; MORAES; GURGEL GARRIDO, 1982; NOGUEIRA et al., 1982c) foram apresentados durante o Congresso Nacional de Essências Nativas em 1982. Vários outros estudos que incluem espécies nativas foram feitos: para estimar o impacto do cultivo de espécies florestais nativas na recuperação de solos degradados (MONTAGNINI; FANZERES; VINHA, 1994, 1995), para melhoramento genético (SEBBENN; KAGEYAMA; ZANATTO, 2002; FREITAS et al., 2006; COSTA, 2009) e diversas outras abordagens que envolvem silvicultura com nativas (ALBRECHTSEN, 1975; CARPANEZZI, 1982; JESUS; GARCIA; TSUSTUMI, 1992; SILVA; TORRES, 1992; YARED; CARPANEZZI; CARVALHO FILHO, 1980). Ou seja, a experimentação com essências florestais nativas é antiga, sendo que várias espécies comprovadamente bem adaptadas para crescimento e adaptação às terras degradadas ainda nunca foram utilizadas pela silvicultura nacional.

O plantio de nativas tem um papel importante na promoção de paisagens sustentáveis nos trópicos. Plantios florestais podem suprir boa parte da demanda por madeira, tanto no mercado global quanto regional, que comprovadamente diminui a pressão sobre áreas de florestas naturais (PAQUETTE; MESSIER, 2010). A inclusão de espécies nativas, além de suprir a demanda por madeira de alto valor comercial, ainda é estratégica para a ofertar maior amplitude de serviços ambientais do que plantios industriais de espécies exóticas, tais como manutenção da biodiversidade e recuperação de áreas degradadas (LAMB, 2014). No entanto a inclusão de espécies nativas em sistemas silviculturais ainda não é uma prática consolidada, o que se dá pela falta de investimentos públicos e privados voltados ao desenvolvimento de tecnologia silvicultural para nativas de cada região, assim como pela falta de linhas de crédito

que incentivem produtores rurais e investidores a utilizarem tais espécies em projetos silviculturais (PIOTTO et al., 2018).

3.6 Serviços ecossistêmicos e benefícios ambientais dos sistemas agroflorestais

A integração de árvores, agricultura e pecuária em sistemas integrados ou agroflorestais, tem o potencial de impulsionar a fertilidade do solo, reduzir erosão, melhorar a qualidade da água, ampliar a biodiversidade, restaurar a paisagem e sequestrar carbono (GARRETT e MCGRAW, 2000; GARRITY, 2004; WILLIAMS-GUILLE; PERFECTO; VANDERMEER, 2008; NAIR; KUMAR; NAIR, 2009). Tem sido bem reconhecido que esses serviços e benefícios oferecidos pelos sistemas agroflorestais acontecem ao longo de um intervalo na escala espacial e temporal, tabela 2 (IZAC, 2003; KREMEN, 2005).

Tabela 2: escala espacial de vários serviços ecossistêmicos oferecidos por sistemas agroflorestais

Serviços ecossistêmicos	Escala Espacial		
	Local	Regional	Global
Produção primária líquida	■		
Controle de pragas e doenças	■		
Polinização/ dispersão de sementes	■		
Enriquecimento do solo	■		
Estabilização do solo/ controle de erosão	■	■	
Limpeza da água	■	■	
Mitigação de inundações	■	■	
Limpeza do ar	■		■
Sequestro de carbono	■		■
Biodiversidade	■		■
Estética/ cultura	■		■

Fonte: modificado de Izac (2003) e Kremen (2005)

Jose (2009) classifica os serviços ambientais em quatro tipos, sendo eles: (1) sequestro de carbono, (2) conservação da biodiversidade, (3) enriquecimento do solo, (4) qualidade do ar e da água; que serão descritos a seguir.

O sequestro de carbono pode ser notado em estudos realizados por Sharrow; Ismal (2004) e Kirby; Potvin (2007), os quais demonstram que as agroflorestas podem aumentar a

quantidade de carbono sequestrado em comparação com monoculturas. Estudos científicos desse tipo são crescentes, indicando grande potencial dos sistemas agroflorestais no sequestro de carbono acima e abaixo da terra em comparação com sistemas de cultivo convencionais. O carbono é sequestrado de forma mais permanente e em maior quantidade com o aumento no ciclo de rotação das culturas e confecção de produtos com alta durabilidade após a colheita. Além da comercialização dos produtos em si, o retorno econômico pode ser atingido com a venda de crédito de carbono, antes mesmo das operações de exploração florestal (JOSE, 2009).

De acordo com Nair; Kumar; Nair (2009) o potencial sequestro de carbono da vegetação (acima e abaixo da terra) varia entre $0,29 \text{ Mg}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em sistemas agroflorestais de Sahel, África Ocidental, e $15,21 \text{ Mg}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em sistemas mistos de Porto Rico. Quando comparado com campos agrícolas, o sequestro de carbono no solo é estimado entre $1,25 \text{ Mg}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em vales de agricultura convencional no Canadá e $173 \text{ Mg}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em um sistema silvipastoril na costa atlântica da Costa Rica. Esses autores concluem que, no geral, agroflorestas no clima árido, semiárido ou em terras degradadas possuem baixo potencial de sequestro de carbono quando comparado com sítios úmidos e férteis; e que sistemas agroflorestais de clima temperado possuem baixas taxas de sequestro de carbono em relação aos sistemas tropicais, que se dá devido às condições de crescimento da vegetação, determinadas pelas características edafo-climáticas do meio.

Dixon (1995) estima que existe um total de 585 a 1215 milhões de ha de terras na África, Ásia e Américas sob cultivos agroflorestais e um potencial global de sequestro de 1,1 a 2,2 Pg de carbono (vegetação e solo) em 50 anos. Nair; Kumar; Nair (2009) estima uma área de 1023 milhões de há sob cultivo agroflorestal no globo. Utilizando a média potencial de sequestro de carbono de Dixon ($94 \text{ Mg}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), essa área total representa um potencial de 1,9 Pg de carbono em 50 anos.

As agroflorestas também cumprem a função de enriquecer o solo, sendo que, a utilização de espécies fixadoras de nitrogênio intercaladas com espécies de interesse comercial já é uma prática bastante conhecida em sistemas agroflorestais tropicais. Além delas, as espécies não fixadoras de nitrogênio também são capazes de enriquecer o solo com propriedades físicas, químicas e biológicas, adicionando quantidades significativas de matéria orgânica acima e abaixo do solo e promovendo a liberação e ciclagem de nutrientes no sistema. Essas espécies, mesmo quando não são de interesse econômico, trazem retorno financeiro indireto, com a redução dos custos de adubação, além de prestarem outros serviços ecossistêmicos, ao passo que são conhecidas como espécies de serviço, produtoras de material vegetal para poda (HOFFMANN, 2005).

Esse tipo de benefício ao sistema solo, ofertado por espécies de serviço, está sendo objeto de investigação nas últimas décadas (JOSE; GILLESPIE; PALLARDY, 2004). Assim como o encontrado por Udawatta et al. (2008), que demonstraram melhorias na estabilidade de agregados do solo, quantidade de carbono, quantidade de nitrogênio e atividade enzimática em solos de sistemas agroflorestais comparados com monoculturas.

Payn et al. (2015) demonstra que agroflorestas trazem melhorias na qualidade do solo, aumento da produtividade de hortaliças intercaladas com espécies fixadoras de nitrogênio, elevação das concentrações de nitrogênio e carbono no solo, enriquecimento de matéria orgânica no solo, ressaltando a importância do manejo de poda para o aumento da eficiência nutritiva em sistemas agroflorestais.

É alarmante a ameaça à qualidade de vida humana e saúde do planeta devido à perda de espécies e ecossistemas naturais. Em consequência, a necessidade de traçar estratégias efetivas para a conservação da biodiversidade torna-se fundamental e de imprescindível atenção mundial. Nesse contexto os sistemas agroflorestais vêm sendo reconhecidos pelo papel que cumprem no contexto da conservação da biodiversidade.

Diversos autores estudam o mecanismo pelo qual as agroflorestas contribuem para a biodiversidade (SCHROTH et al. 2004; MCNEELY, 2004; HARVEY; GONZALES; SOMARRIBA, 2006). Jose (2009), classifica em cinco principais papéis das agroflorestas para a conservação da biodiversidade, sendo eles: (1) As agroflorestas oferecem habitat para espécies que toleram certo nível de distúrbio; (2) As agroflorestas ajudam a preservar o germoplasma de espécies sensíveis; (3) As agroflorestas ajudam a reduzir as taxas de conversão de habitats naturais ao promoverem um ambiente mais produtivo e sustentável do que os sistemas de agricultura convencional, que muitas vezes envolve a limpeza de habitats naturais; (4) As agroflorestas auxiliam na conectividade entre remanescentes florestais, o que favorece a integridade desses remanescentes e a conservação de espécies mais sensíveis da fauna e flora; (5) As agroflorestas ajudam a conservar a diversidade biológica ao prover outros serviços ambientais, como o controle da erosão e controle de enchentes, que, em consequência, protegem os habitats ao redor.

Implantar e gerir um sistema agroflorestal com objetivos conservacionistas requer que se trabalhe numa escala de modificação da paisagem e adote práticas culturais menos intensas para se atingir os maiores benefícios (Tabela 3).

Tabela 3: Características desejáveis de sistemas agroflorestais para a conservação da biodiversidade

Tipo de Atividade	Variáveis	Características desejáveis
Desenho de sistemas agroflorestais	Composição de espécies	Alta diversidade, equilíbrio entre pioneiras, secundárias e clímax, preferencialmente espécies nativas.
	Densidade de indivíduos	Alta densidade em áreas maiores, favorecem maior biodiversidade.
	Tipo de sistema	Qualquer tipo desde que seja florística e estruturalmente diverso.
	Duração do sistema	Longa rotação, promove maior estabilidade.
Manejo dos sistemas agroflorestais	Regime de manejo	Preferencialmente reduzido; Manejo deve maximizar a heterogeneidade e a diversidade de recursos para a vida selvagem.
	Manejo do solo Colheita	Mínimo. Mínimo de colheita ou colheita que imita distúrbios naturais.
	Manejo do fogo Manejo de tocos e detritos de madeira	Deve obedecer o regime natural de fogo. Manter tocos e detritos de madeira como habitat para algumas espécies.
Configuração espacial	Localização	Posicionada de forma a criar conectividade entre fragmentos; Posição adjacente para proteção de mananciais, áreas de preservação permanente e outros habitats nativos, com o intuito de criar uma zona de amortecimento dessas áreas.
	Tipo de terra	Terras degradadas, onde a intervenção agroflorestal contribui para a recuperação do habitat natural.

Fonte: Harvey; Schroth; Zerbock (2007)

A incorporação de espécies nativas em sistemas agroflorestais é um dos aspectos chave para a restauração da biodiversidade. Porém, essa inclusão das espécies nativas em projetos de restauração ou produção madeireira, depende, frequentemente, da cultura local e do saber tradicional do produtor rural e da comunidade onde ele se insere. Profissionais da área da conservação encontram dificuldades de encorajar os produtores a incluírem espécies nativas em projetos silviculturais, evidenciando o quanto é fundamental compreender o complexo contexto social e ecológico em que os sistemas agroflorestais tropicais estão inseridos. McNeely (2004), conclui que a percepção e interesses dos produtores é crucial para o sucesso de tais projetos. Essa lição pode ser igualmente aplicada para os diversos sistemas agroflorestais ao redor do mundo.

As agroflorestas podem, também, cumprir diversas funções ambientais enquanto quebra ventos e corredores ecológicos. Os benefícios incluem proteção efetiva de construções e estradas, conforto térmico de criações, proteção de lavouras, oferta de habitat para vida

selvagem, redução de dióxido de carbono da atmosfera, produção de oxigênio, controle de erosão eólica, redução de poluição sonora e mitigação de odor em áreas de confinamento animal (JOSE, 2009).

A respeito da qualidade da água, uma série de benefícios são associados às agroflorestas. Quando em áreas de amortecimento da mata ciliar, por exemplo, os SAFs tem sido recomendados como meio de proteção contra fontes de poluição difusa, vindas de práticas agrícolas (UDAWATTA et al. 2002; LEE; ISENHART; SCHULTZ, 2003; ANDERSON et al. 2009), tais como erosão ou lixiviação de nutrientes e outros produtos comumente aplicados em lavouras, que acabam sendo dispersados pelo vento.

Árvores com sistema radicular profundo servem como redes através do qual os nutrientes lixiviados para além da zona de absorção das culturas agrícolas são resgatados de volta à superfície. Esses nutrientes são ciclados de volta ao sistema pela morte das raízes e queda de folhas, aumentando a eficiência nutritiva do sistema (VAN NOORDWIJK et al. 1996; ALLEN et al. 2004). Outros benefícios como a contenção de assoreamento também são atribuídos a esses sistemas, ao passo que os sistemas agroflorestais podem cumprir um papel bem substancial na mitigação da perda de qualidade da água devido às práticas agrícolas intensivas (JOSE, 2009).

Em relação aos benefícios ambientais e serviços ecossistêmicos, a sólida fundamentação científica apresentada, é capaz de evidenciar com clareza que as práticas agroflorestais desempenham um papel conciso e eficiente. Esses resultados devem ser considerados como alternativas sustentáveis para produtores rurais tradicionais, especialmente numa era de conscientização ambiental e de sustentabilidade ecológica, como os dias de hoje. A funcionalidade desses sistemas para sequestro de carbono, conservação da biodiversidade e melhoria da qualidade do ar e da água, demonstram, além do mais, a importância dos SAFs para além dos proprietários rurais, mas para a sociedade em geral. Em suma, os sistemas agroflorestais cumprem seu papel como parte integrada de uma paisagem produtiva multifuncional ao redor do mundo.

A questão que segue à diante é até onde esse sistema pode ser sustentável em nível sócio econômico, sendo alternativa viável para silvicultores, especialmente aqueles que atuam implantando e modificando florestas em paisagens tropicais.

3.7 Sustentabilidade sócio econômica dos sistemas agroflorestais

O desenvolvimento dos sistemas silviculturais caminhará rumo à seleção dos melhores materiais genéticos de espécies florestais para fins comerciais e seus plantios em monoculturas.

A grande vantagem dessa especialização é a otimização da produção, que a torna mais eficiente, promovendo retornos ótimos, em caso de manejo intensivo das áreas florestais. Gradualmente, no entanto, essa pressuposição vem passando por mudanças, ao se considerar as limitações encontradas em sistemas monoespecíficos.

Primeiramente, a susceptibilidade desse sistema, é maior às oscilações de temperatura e umidade, ocorrência de pragas e doenças, por conta do desequilíbrio em relação à ecologia local. Dessa forma, a dependência do sistema quanto à insumos externos se torna maior, a fim de se combater esses distúrbios ecológicos naturais. Em segundo lugar, nas regiões tropicais, as monoculturas, principalmente no caso de pequenos produtores, não se adaptam as condições locais das pequenas propriedades, que costumam ser caracterizados por produção multifuncional, que mescla culturas de subsistência com produtos comerciais (WIERSUM, 2004). Tais motivos demonstram que a agrossilvicultura não deixa de ter relevância enquanto sistema silvicultural, mesmo com os avanços na pesquisa e desenvolvimento que levam à especialização dos plantios florestais comerciais.

A adaptação sócio econômica da agrossilvicultura possui grande relevância diante das condições atuais de uso insustentável da terra. Os principais pontos que demonstram a relevância de se adaptar as agroflorestas às atuais condições sócio econômicas, levantados por Wiersum (2004) são: (1) a crescente perda em área de floresta tropical primária, pela exploração ilegal de madeira e avanço da fronteira agropecuária leva ao aumento em área de florestas plantadas, tanto para proteção quanto para produção, e, também, de florestas multifuncionais; (2) a alarmante taxa de perda de biodiversidade e degradação ambiental leva à crescente preocupação em se desenvolver estratégias de conservação da biodiversidade e sistemas multifuncionais de uso da terra; (3) extrativismo sustentável de produtos florestais não madeireiros que se mostra como negócio oportuno, para além do desenvolvimento sustentável do manejo florestal; (4) atenções maiores estão sendo voltadas aos interesses em desenvolvimento das comunidades locais, que tiram seu sustento da floresta, favorecendo a descentralização do manejo florestal; (5) novas estratégias de uso da terra, que se embasam nos conhecimentos tradicionais locais são necessários, em substituição às tecnologias da agricultura e silvicultura que são copiadas de outros contextos estrangeiros.

A sustentabilidade econômica, como parte de um dos tripés do desenvolvimento sustentável, merece estudos detalhados, para poder impulsionar os investimentos em projetos agrossilviculturais. A literatura que trata das vantagens econômicas dos sistemas agroflorestais ainda é muito escassa. Miccolis et al. (2016), em seus estudos sobre como conciliar a conservação de florestas e áreas naturais com a produção e geração de renda nos biomas

Cerrado e Caatinga, lista uma série de benefícios sociais e econômicos associados aos SAFs. Dentre eles se encontra: (1) produção diversificada e geração de diversidade de renda, incluindo alimentos diversos, plantas medicinais, madeira, frutos, sementes e óleos, além das commodities, como o café, cacau e látex; (2) promove a soberania e segurança alimentar, através da produção diversificada, que alivia a sazonalidade e traz menor risco à ataques de pragas e doenças, além de diminuir a necessidade de controle químico, que muitas vezes acaba por contaminar os alimentos na agricultura convencional; (3) otimiza o uso do espaço e aumenta a eficiência no uso dos fatores de produção (água, luz e nutrientes); (4) diminui a necessidade de utilização de insumos externos; (5) reduz riscos econômicos associados à variações negativas de preço e clima; (6) pode melhorar a distribuição da mão de obra ao longo do ano; (7) melhora a qualidade do trabalho; (8) tende a gerar maior estabilidade no fluxo de caixa ao longo do ano e anualmente em todo o ciclo do sistema; (9) contribui para relações de gênero mais igualitárias; (10) possibilita operações de restauração ecológica com menor custo; (11) aumento da beleza cênica; e (12) incentiva o resgate de saberes tradicionais.

O autor aponta que os SAFs, no Brasil, têm se mostrado como alternativa economicamente viável em diferentes contextos, porém ainda é muito restrito o número de sistemas produtivos agroflorestais que se embasam em pesquisa de mercado, técnicas adequadas e um planejamento econômico bem consistente, que são elementos fundamentais para o sucesso desse tipo de projeto. “No contexto da restauração ecológica, o principal desafio é desenvolver sistemas que conciliem o retorno econômico com serviços ambientais exigidos para a preservação” (MICCOLIS et al. 2016, p.38). A vantagem técnica é inegável. Em projetos convencionais de restauração, os investimentos não preveem retorno financeiro. Por outro lado, projetos de restauração através de SAFs, têm o potencial de gerar retorno financeiro positivo, cobrindo totalmente os valores investidos (MICCOLIS et al. 2016). A Tabela 4 demonstra a afirmativa.

tabela 4: dados publicados de custos e resultados econômicos para diferentes métodos de restauração ecológica de APP e RL e sistemas agroflorestais.

Métodos de restauração ecológica	Custos (R\$/ha)	Resultados financeiros (R\$/ha)	Fonte	Atividades realizadas, local, ano e referência de custos e resultados econômicos
Regeneração Natural	1.400,00	-1.400,00	MMA (2014)	Pasto abandonado em áreas de baixa aptidão agrícola ou pouco produtivas com acompanhamento ao longo de 5 primeiros anos. Estimativa de valor médio feita em diversas regiões
	802,69	-802,69		

Regeneração Assistida (plantio de algumas mudas e sementes)			Cury e Carvalho Jr. (2011)	Restauração florestal mediante plantio de mudas de espécies arbóreas nativas em ilhas, região de Canarana - MT. 2011. Custos se referem somente à implantação inicial.
	2.131,09	-2.131,09	Lira (2012)	Condução e indução da regeneração natural, incluindo isolamento da área e retirada de fatores de distúrbio na região da barragem do Rio Siriji, vicência – PE. 2011. Custos se referem a valores médios para as atividades citadas. Tempo de intervenção não especificado.
	749,80	-749,80	Cury e Carvalho Jr. (2011)	Semeadura direta mecanizada de sementes de espécies arbóreas nativas e leguminosas arbustivas e herbáceas, região de Canarana, Mato Grosso. 2011. Custos se referem apenas à implantação.
Restauração Florestal com Plantio Mecanizado de Sementes Florestais	5.375,00	-5.375,00	Hoffmann (2015)	Plantio direto mecanizado de sementes florestais (em solo coberto com matéria orgânica) nos anos de 2012 a 2015, desenvolvida em 10 propriedades rurais localizadas no município de Alta Floresta - MT. Custos se referem à implantação e manejo até o 3º ano.
	4.298,85	-4.298,85	Campos-Filho et al. (2013)	Custo em dólares por hectare usando semeadura direta de muvuca de sementes com três anos de manutenção da área. Região do Alto rio xingu – MT. 2013. Custos se referem à média de valores de plantio e manejo ao longo de três anos em 26 propriedades.
Restauração com Plantio de Mudanças	5.122,33	-5.122,33	Chabaribery et al (2008)	Formação de mata ciliar com plantio de espécies nativas, preparo do solo mínimo com perfuração para plantio de mudas e 1ª manutenção. Município de Gabriel Monteiro – SP. 2007. Custos para o 1º ano.
	6.920,00	-6.920,00	Rodrigues (2009)	Implantação e manutenção de projeto de restauração florestal usando espécies nativas na Mata Atlântica, em espaçamento de 3x2m. Ano não especificado. Custos incluem plantio e todos os tratamentos silviculturais necessários até dois anos pós plantio.

	10.000,00	-10.000,00	MMA (2014)	Plantio total (1.666 mudas por hectare) com base em estimativas de custos médios em diversas regiões do país. Anos não especificados. Custos incluem implantação, manejo e acompanhamento ao longo dos primeiros cinco anos.
Restauração com Plantio de Mudas e Aproveitamento Econômico	17.092,25	29.177,65	IIS (2013)	Implantação, manutenção e exploração de plantio de espécies nativas para aproveitamento econômico de produtos madeireiros. Receitas do modelo de plantio considerando o cenário de valoração da madeira mais pessimista de espécies nativas da Mata Atlântica. Custos e resultados financeiros projetados para 40 anos.
	18.254,90	45.865,26	Gama (2003)	Sistema com produção de castanha do-brasil, cupuaçu, banana, pimenta do reino. Machadinho do Oeste – RO. 2002. Custos incluem serviços de implantação, manejo e colheita até o 10º ano. Resultados financeiros se referem ao vPL (valor Presente Líquido) no mesmo período.
SAF Símples	2.204,00 a 9.709,00	1.099,00 a 49.262,00	Hoffmann (2013)	Sistemas menos intensivos e pouco diversificados com base em cinco experiências em diversas regiões do Brasil. Os plantios nestes sistemas variaram entre três e dez espécies. Os valores dos custos e resultados financeiros representam uma faixa de todas as experiências, incluindo custos de implantação e manejo no 1º ano e do vPL até o 10º ano.
SAF Sucessional	29.790,00	121.601,00	Hoffmann (2013)	Sistema agroflorestal sucessional com culturas anuais, frutíferas semi-perenes, árvores nativas e exóticas, gramíneas e outras espécies adubadeiras, no Distrito Federal. 2013. Custos incluem serviços de implantação, manejo e colheita. Custos e vPL são projetados até o 10º ano com base em dados de produção nos primeiros dois anos.
	8.934,00	88.323,00		

Hoffmann (2013)	Sistema agroflorestal sucessional com tubérculos, frutíferas semi-perenes, árvores nativas e exóticas, espécies adubadeiras, no Sul da Bahia. 2013. Custos incluem serviços de implantação, manejo e colheita. Custos e vPL são projetados até o 10º ano com base em dados de produção nos primeiros dois anos.
--------------------	---

Fonte: Miccolis et al. (2016).

Como pode ser visto, os SAFs sucessionais ou biodiversos, além de fornecerem os melhores resultados para a restauração ecológica, também são os mais favoráveis financeiramente, tendo em vista o indicador Valor Presente Líquido - VPL, apresentando retornos bem mais altos que os outros métodos de restauração. No entanto, é válido ressaltar que os benefícios econômicos propiciados pelas agroflorestas dependem, em boa parte, da capacidade do agricultor em superar barreiras adversas (MICCOLIS et al., 2016).

Uma das grandes vantagens dos sistemas agroflorestais é possibilitar que um único ambiente produtivo possa cumprir com múltiplas funções, tanto de diversidade produtiva e geração de renda alternativa, quanto as funções ecológicas e sócio culturais, sendo essa uma característica de suma importância para pequenos produtores (SOUSA et al., 2016). Os sistemas agrosilviculturais são, portanto, bastante funcionais em promover recursos madeireiros, principalmente para os pequenos agricultores, desenvolvimento rural e serviços ambientais. Quatro sistemas agroflorestais (silvipastoril, café sombreado, cacau agroflorestal e cercas vivas) foram avaliados em Nicaragua e Honduras, por Sousa et al. (2016). Os resultados sugerem que produção madeireira em sistemas agroflorestais de pequenas propriedades é uma atividade rentável, ainda que os valores dos produtos madeireiros sejam menores que os valores de madeira extraída de florestas primárias. Nos sistemas de café sombreado com *S. macrophylla*, por exemplo, o valor da madeira chegou a ser 58% abaixo do valor caso a condução florestal fosse manejada apropriadamente.

Os autores investigaram os motivos da desvalorização de madeira agroflorestal no caso em questão. Segundo eles, os compradores relatam que as madeiras possuem maior quantidade de irregularidades no tronco, resultando em produtos de menor qualidade. Os produtores dizem não possuir conhecimento apropriado para o manejo das suas árvores. Fato que é acentuado pela legislação e regulamentações locais, que limitam o interesse dos produtores em manter árvores nativas em suas lavouras e pastagens. Além disso, as sementes utilizadas para a implantação dos sistemas não possuíam procedência de boa qualidade. A falta de apoio financeiro e o acesso restrito a materiais genéticos de qualidade propícia são as razões para

baixa qualidade da madeira oriunda de sistemas agroflorestais (HOCH et al., 2012). Ainda assim, ao assumir dois cenários com taxas de desconto de 6% e 12% para o cálculo do Valor Presente Líquido – VPL e Taxa Interna de Retorno - TIR, da produção agrícola e madeireira, manter árvores nas lavouras e pastagens se mostrou mais rentável em todos os sistemas agroflorestais estudados, representando um acréscimo financeiro importante para os produtores.

Nos sistemas agroflorestais avaliados, é realizada a condução da regeneração natural, sendo que até 85% das árvores inventariadas foram conduzidas naturalmente. Dentre as vantagens de se conduzir a regeneração natural, encontra-se a redução de investimentos para produção de mudas, viveiro, transporte e operação de plantio em campo; menor dependência de fornecimento externo de sementes e tecnologias; e melhor adaptação às condições microclimáticas e de sítio, que contribui para melhores taxas de crescimento e produção. Para que se atinja maior sustentabilidade do sistema, foram identificadas duas práticas de melhoria que podem ser implantadas: (1) realizar a capina seletiva como uma estratégia para manter e favorecer o crescimento das melhores mudas das árvores de interesse; (2) encorajar a coleta de sementes das árvores matrizes para se criar viveiros na propriedade.

Especificamente no sistema silvipastoril, em Nicarágua, houve significativa mortalidade (26%) de plântulas de espécies madeireiras, que foi associada à colheita de madeira para subsistência. Os produtores relataram que não possuem permissão para colheita, por parte do órgão florestal responsável. Isso se dá tanto por medo de não receber autorização, quanto por falta de conhecimento sobre o procedimento necessário. Desbaste florestal auxilia na otimização produtiva tanto de madeira quanto da cultura sombreada (SALGADO, 2012). No entanto, com exceção do extrativismo para subsistência, práticas de desbaste e poda não são realizadas em nenhum dos casos, sendo que a principal justificativa é a falta de conhecimento sobre manejo das espécies florestais, sendo esta uma descoberta também reportada por Sebastian et al. (2014), na Indonésia, Somarriba et al. (2001), na América Central, Santos-Martin et al. (2011), nas Filipinas e Miccolis et al. (2016), no Brasil.

Os retornos econômicos do manejo florestal em sistemas agroflorestais tradicionais chegam a ser 10 vezes maiores do que sistemas de monoculturas (PEETERS et al., 2003). Porém a falta de conhecimento sobre especificações de mercado (SABASTIAN et al., 2014), o acesso limitado às cadeias de produção (ROSHETKO et al., 2013), as incoerências legais (DETLEFSEN e SCHEELJE, 2012) e o distanciamento dos grandes mercados (HOCH et al. 2012), contribuem para as baixas receitas e aumento da pobreza. Ao se atrelar o comprometimento ambiental com retornos econômicos, produtores passam a ter maiores chances de proteger e restaurar a cobertura florestal (SCHERR, 2004). Dessa forma, encorajar

o conhecimento e a adoção de práticas silviculturais em sistemas agroflorestais, assim como, criar facilidades políticas, legais e financeiras para que os produtores acessem mercados e sementes de qualidade, são medidas importantes para aumentar tanto a conservação florestal, quanto as receitas entre produtores de baixa renda (SOUSA et al., 2016).

É esperado que em consequência da perda de áreas florestais primárias, as florestas secundárias, ou antropogênicas, como é o caso das agroflorestas, vão ganhar mais importância. As fronteiras florestais também tendem a se estabilizar em virtude do enorme e crescente esforço em se conservar os últimos remanescentes de floresta tropical primária. As agroflorestas, tendem a se tornarem parte da paisagem florestal, sendo valorizadas tanto por contribuir enquanto áreas produtivas, como para a conservação da natureza (WIERSUM, 2004).

3.8 Pontos chave para a viabilidade técnica do reflorestamento em larga escala

A preocupação em se reflorestar grandes áreas é crescente. Entre 1990 e 2015, a área total de florestas no globo diminuiu em 3%, passando de 4,128 bilhões de hectares para 3,999 bilhões de hectares, sendo que essa perda foi maior nas regiões de floresta tropical, de 1,966 bilhões de hectares para 1,77 bilhões de hectares (PAYN et al., 2015). Além do mais, nos últimos cinco anos, o Brasil foi o país que mais perdeu área florestal na América do Sul, tendo perdido 984 K ha ano⁻¹ (KEENAN et al., 2015).

A Mata Atlântica é um claro exemplo de paisagem tropical degradada, dado seu histórico de séculos de degradação. Atualmente, restam apenas 12,5% da cobertura florestal original do bioma, distribuídos na forma de pequenos fragmentos dispersos na paisagem (RIBEIRO et al., 2009), que contribuíram para que o país acumulasse um enorme passivo ambiental. Em consequência, enormes perdas, tais como a biodiversidade, serviços ambientais, proteção de mananciais hídricos; perda de bens florestais, madeireiros e não madeireiros; e a perda de condições de sobrevivência dos povos da floresta, têm se manifestado com grande intensidade, principalmente em comunidades rurais que sofrem de pobreza, nos países tropicais, como o Brasil (LAMB; ERSKINE; PARROTTA, 2005).

As imensas áreas degradadas presente nas regiões tropicais, acompanhadas da atual escala de desmatamento nessas regiões, denunciam a urgente necessidade por intervenções que restaurem a biodiversidade, as funções ecológicas, e o fornecimento de bens de consumo e serviços ambientais para a população no globo, especialmente as populações que sofrem de pobreza e escassez de recursos. Entre 1990 e 2015, os países mais ricos vêm ganhando áreas florestais, enquanto países mais pobres vêm perdendo suas florestas (KEENAN et al., 2015). Segundo a teoria da transição florestal (SLOAN, 2015), a tendência é que os países de renda

média diminuam as perdas em área florestal e passem a ganhar área. No entanto, a diminuição da perda em área florestal não implica, necessariamente, na diminuição do desmatamento, uma vez que as áreas de florestas plantadas em escala industrial ganham espaço, em troca das florestas primárias, que seguem sendo desmatadas. As florestas plantadas, que apesar de ampliarem o fornecimento de madeira para indústria e fornecem alguns bens, contribuem minimamente para a maioria dos outros objetivos citados (LAMB; ERSKINE; PARROTTA, 2005).

Acordos internacionais, que visam chegar à um consenso global sobre manejo de florestas multifuncionais, estão sendo cuidadosamente estabelecidos, e gerando significativo progresso à nível de planejamento e comprometimento nacional (MACDICKEN; REAMS; FREITAS, 2015). O Acordo de Paris sobre Mudanças Climáticas, de 2015, possui como um dos objetivos, limitar o aumento da temperatura média global em 1,5°C até o fim desse século. Para tanto, o sequestro de carbono atmosférico deve ser ampliado, assim como as emissões de gases do efeito estufa (GEE) devem ser reduzidas drasticamente. Nesse contexto, a restauração de florestas tropicais se torna importante enquanto estratégia para mitigação da mudança climática, conservação da biodiversidade e melhoria da qualidade de vida das populações vulneráveis (HOLL, 2017). O Brasil se comprometeu, através da Contribuição Nacionalmente Determinada - NDC brasileira, com a ambiciosa meta de reflorestar 12 milhões de hectares até 2030, para múltiplos usos (BRASIL, 2016).

As condições legais e ambientais também impulsionam o país a investir no reflorestamento de grandes áreas. Haja visto as vastas extensões de terras degradadas e de baixa aptidão agrícola e as obrigações decorrentes da legislação florestal brasileira, que exige a adequação legal de enormes passivos ambientais nas áreas de Reserva Legal – RL, e Áreas de Preservação Permanentes – APP. Estima-se a existência de um passivo de 21 milhões de hectares a serem restaurados ou compensados via manutenção de florestas nativas (SOARES-FILHO; RAJÃO; MACEDO, 2014). Outros elementos alavancadores do reflorestamento em escala nacional são: a indústria de base florestal competitiva, as iniciativas governamentais (Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa – Proveg; Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa – Planaveg; e o Plano Nacional de Desenvolvimento de Florestas – PNDF), as iniciativas não-governamentais (Pacto Pela Restauração da Mata Atlântica; Coalizão Brasil Clima Florestas e Agricultura; e Aliança para Restauração da Amazônia) e as iniciativas voluntárias (Desafio de Bonn e Iniciativa 20x20).

O cumprimento de tais metas representa grande desafio, uma vez que, nos últimos 100 anos, a grande maioria dos reflorestamentos objetivam exclusivamente a produção de madeira

comercial. No entanto, o novo paradigma sugere que os reflorestamentos sejam capazes de integrar produção de madeira para indústria, juntamente com a conservação da biodiversidade e o crescimento na oferta de serviços ecossistêmicos, originalmente ofertado pelas florestas primárias. Ou seja, os novos projetos de reflorestamento devem se pautar em designs de florestas multifuncionais, mais que simplesmente grandes áreas florestais que simplificam e homogeneizam as paisagens mais biodiversas do planeta (LAMB; ERSKINE; PARROTTA, 2005).

As florestas industriais, monoespecíficas, são predominantes dentre as florestas plantadas nos trópicos (PAYN et al., 2015), envolvendo um pequeno número de gêneros florestais, sendo eles o *Pinus*, *Eucalyptus*, *Acacia* e *Tectona* (KELTY, 2006). Plantios desse tipo têm substituído cada vez mais as florestas primárias, enquanto fornecedoras de bens madeireiros, mas ainda tem contribuído minimamente para suprir a crescente demanda por restauração da biodiversidade, funções ecológicas e o fornecimento de bens de consumo e serviços ecológicos para comunidades em condições de pobreza e escassez de recursos. As monoculturas continuarão sendo importantes para o futuro da restauração florestal no globo, porém outras opções também são necessárias (LAMB, 2018). Novas propostas de reflorestamento vem sendo testadas, para que se encontre estratégias adequadas para lidar com as enormes áreas degradadas nos trópicos (LAMB; ERSKINE; PARROTTA, 2005).

Uma das maneiras mais simples de se ampliar a cobertura florestal é facilitar a regeneração natural em áreas degradadas (HOLL, 2017). Essa abordagem possui como principal vantagem a redução de custos, além de solucionar problemas de fornecimento de sementes e localização de árvores matrizes (NUNES et al., 2017), podendo ser uma alternativa viável para se recuperar a funcionalidade ecossistêmica e serviços ambientais. No entanto, nem sempre a regeneração natural ocorre, em outros casos, a biodiversidade se mantém muito restrita, dependendo do histórico de degradação da área e da paisagem onde ela se encontra. Além do mais, a proteção dessas áreas no longo prazo é muito difícil, uma vez que as áreas são comumente interpretadas pela comunidade, como áreas abandonadas, em vez de áreas em regeneração (LAMB, 2014).

Apesar de alguns estudos apontarem a regeneração com alternativa mais viável para a recuperação de áreas degradadas (HARRISON et al., 2014; BARRAL et al., 2015; WINFREE et al., 2015), a maioria deles foram realizados em áreas muito pequenas. Ampliar a escala, para que se atinja os objetivos almejados pela comunidade global, pode tornar tal proposta de restauração inviável técnica e financeiramente, tanto pela dificuldade de se eliminar os agentes de degradação de cada local, quanto pela falta de conhecimento sobre as características e

necessidades ecológicas de cada contexto, podendo levar ao insucesso na reconstrução ecológica das áreas (LAMB, 2018).

Outra opção, são os plantios de restauração, que visam reestabelecer o ecossistema original, podendo ser em pequeno número de espécies de crescimento rápido ou através de um grande número de espécies representativas de um ambiente florestal mais maduro. Ao se utilizar a primeira opção, busca-se criar um ambiente coberto por um dossel florestal, semelhante ao que ocorre com espécies pioneiras. Nesse caso, o sucesso da técnica depende da habilidade em que espécies de avançado estágio sucessional possuem de colonizar tal ambiente por meio da dispersão de sementes. Essa abordagem se torna arriscada à medida que a área também fica sujeita à colonização por espécies indesejadas, que atrasam ou interrompem o processo de sucessão florestal. No caso da segunda abordagem, espécies chave possuem mais garantia de se estabelecer no ambiente. Porém, demanda-se que haja elevado conhecimento da ecologia local para se fazer a coleta de sementes e produção de mudas necessárias para introduzir as espécies representantes de todos os estágios sucessionais. Além do mais, o custo desse tipo de projeto é elevado, sendo inviável quando se almeja reflorestar grandes áreas (LAMB; ERSKINE; PARROTTA, 2005).

Há ainda a opção dos plantios multifuncionais, que, pela inserção de espécies nativas, visa produção de bens comerciais e de serviços ecológicos. A escolha de um número limitado de espécies nativas pode ser suficiente para que o ambiente se restaure, o que torna o desafio da larga escala mais viável economicamente. Vale ressaltar que para cada área degradada, em determinado contexto sociocultural, ambiental e econômico, os serviços ambientais que se deseja atingir variam. Segundo Lamb (2018), a relação entre o número de espécies florestais e a geração de serviços ambientais depende do serviço ecológico que se almeja. No caso de sequestro de carbono, melhoria da fertilidade do solo, controle da erosão e restauração de habitat para espécies generalistas pode ser adquiridos em monoculturas ou com a introdução de um número limitado de espécies. Por outro lado, geração de habitat para espécies especialistas, serviços de polinização e controle de pragas em áreas de agricultura adjacentes, são exemplos de serviços ambientais que necessitam de ambientes florestais mais diversificados.

Entre um extremo e outro, uma enorme quantidade de serviços ambientais são fornecidos ao se restaurar com algumas, mas não necessariamente todas, espécies florestais nativas daquele meio. A quantidade ideal de espécies necessárias não é conhecida. Mais importante que o número de espécies é a diversidade de grupos funcionais presentes, tais como, fixadoras de nitrogênio, crescimento rápido ou lento e atração de pássaros. Ainda assim, de maneira geral, o suprimento de serviços ecológicos cresce na mesma proporção em que a

riqueza de espécies aumenta. Mesmo que algumas espécies se adaptem melhor que outras, dependendo do manejo e do serviço ambiental desejado, basta que um moderado número de espécies arbóreas seja introduzido para que significativa quantidade de serviços ecológicos e benefícios ambientais venha a ocorrer. Na prática, maiores diversidades podem ser atingidas, tendo em vista a disponibilidade de recursos, principalmente financeiros, disponíveis para o projeto. Fatores como a localização da área na paisagem e a escala espacial do plantio também são importantes para que determinados serviços ambientais possam ser atingidos (LAMB, 2018).

Outro fator essencial para que o reflorestamento possa ocorrer em larga escala, além da técnica silvicultural em si, é tornar a atividade atrativa para a comunidade rural. Tendo em vista a atual escala de degradação ambiental, o reflorestamento só será efetivo se conseguir envolver elevado número de produtores rurais e latifundiários, sendo que, atualmente, plantios de florestas multifuncionais em larga escala ou produtores rurais silvicultores ainda não são comuns no meio rural. Ainda que, em muitos casos, é comum que se encontre aqueles que, de alguma forma, praticam os sistemas agroflorestais para subsistência (LAMB, 2018). Mesmo que o governo tenha o interesse em reflorestar grandes áreas, cumprindo com funções produtivas e conservacionistas, o envolvimento de produtores rurais dependerá da do quão beneficiados eles se sentirem em tomar tais medidas.

Os motivos pelos quais o reflorestamento ainda não é comumente praticado são diversos. Pode ser devido a necessidade de se usar as terras para produção de alimentos em escala industrial, ou porque a maioria dos proprietários ainda detêm terras de posse insegura, sendo desencorajados de investir em atividades com longo tempo de retorno, ou devido aos elevados custos iniciais atrelado à dificuldade de se obter financiamentos. Mesmo nos casos em que se plantam florestas, a maioria dos empreendedores optam por plantios homogêneos com espécies exóticas de rápido crescimento, que geram benefícios ecológicos infimamente menores (LAMB, 2018).

Da mesma forma, as medidas para que o reflorestamento se torne mais atrativo são várias. Primeiramente as medidas institucionais, legais e políticas devem ser adequadas com tal proposta, eliminando as brechas que favorecem o desmatamento ilegal e tornando as atividades silviculturais mais atrativas para os produtores, principalmente aquelas que envolvem o plantio e manejo de florestas multifuncionais. Deve-se, também, ampliar a oferta de assistência técnica às comunidades rurais, que informem sobre espécies adequadas para plantio, assim como suas especificidades silviculturais e valores de mercado. O desenvolvimento de sistemas agroflorestais, que permitem integração de árvores com paisagens agrícolas produtivas também

é de extrema importância para que se cumpra com tal objetivo. E, por fim, o reflorestamento talvez se torne mais atrativo aos produtores rurais caso eles sejam recompensados pelos serviços ambientais oferecidos pelas florestas conservadas e manejadas em suas propriedades (LAMB, 2018).

3.9 Pontos chave para a viabilidade política e econômica do reflorestamento

Uma nova fonte de recursos florestais madeireiros está sendo criada por meio dos plantios florestais, que tende a contribuir significativamente como áreas fornecedoras de madeira e energia renovável, além do mais, podem atender uma gama de benefícios sócio ambientais e serviços ecossistêmicos. A capacidade das novas áreas de floresta plantada em aumentar tais ofertas vai depender das políticas globais e regionais, do manejo florestal sustentável, adaptação aos requisitos comerciais e o desenvolvimento de canais de comercialização e mercados (FREER-SMITH; CARNUS, 2008). Enquanto o desmatamento continua ocorrendo, principalmente na região tropical, a área de florestas plantadas segue aumentando, o que contribui para desacelerar o desmatamento.

O maior risco da substituição das florestas naturais por plantações florestais industriais, como ocorre no Brasil, parece ser os impactos do clima, como temperaturas extremas, ocorrência de tempestades, danos causados por inundações e períodos de seca intensificados. Da mesma forma o ataque por pragas e doenças também pode ser um grande fator causador de danos no novo padrão de florestas que se estabelece (PAYN et al., 2015). Portanto, além do foco em continuar crescendo em área, deverá ser levado em consideração a qualidade dos novos plantios florestais, principalmente quanto ao saneamento e design capaz de resistir ao elevado risco climático e ecológico associado.

Os desafios esperados deverão ser geridos por políticas adequadas (CUBBAGE et al., 2014), sendo essa outra questão chave para o sucesso das florestas plantadas, que pode afetar o curso dos investimentos e do manejo florestal em cada região do globo. A competição pelo uso da terra é um fator esperado em virtude da expansão florestal (PAYN et al., 2015), que ocorre em conjunto com o aumento da demanda na agricultura (RAY et al., 2013). Novos modelos de produção agrícola e de sistemas silviculturais multifuncionais devem ser implementados, visando aumento da produtividade por área, assim como aproveitamento de recursos locais e geração de benefícios sócio ambientais como os que são ofertados pelas florestas naturais.

Cada vez mais, as florestas plantadas deverão ser interpretadas pela amplitude de valores associados e não somente por serem fornecedoras de madeira. Historicamente, áreas florestais foram plantadas para fins paisagísticos, proteção, caça e outros objetivos sócio econômicos. As

diretrizes para o futuro da silvicultura indicam um caminho de maior intensificação no manejo florestal, com estratégias adaptadas para mitigar o aquecimento global (PAYN et al., 2015), assim como uma abordagem multifuncional, que devem cumprir com objetivos que integram produção e proteção florestal (BATEMAN et al., 2013). Finalmente, o envolvimento crescente da comunidade no que se refere ao valor das florestas plantadas é fundamental para que programas de desenvolvimento sejam fomentados de forma integrativa com as diversas funções sócio culturais, ambientais e econômicas associados à nova rede de florestas plantadas.

3.9.1 Política nacional de recomposição da vegetação nativa - Proveg

Após a revisão do Código Florestal (Lei nº 4.771, de 15 de Setembro de 1965), o governo brasileiro aprovou a Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei nº 12.651, de 25 de Maio de 2012), que reafirma a necessidade dos proprietários de terras de conservar, recuperar ou compensar alterações na vegetação nativa em Área de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL). Seguindo tal legislação, o passivo ambiental das terras brasileiras atinge aproximadamente 21 milhões de hectares (SOARES-FILHO; RAJÃO; MACEDO, 2014), que representa grande desafio para políticas e programas de reflorestamento no país. Associado a isso, em dezembro de 2016, o Brasil assumiu o compromisso voluntário junto às iniciativas internacionais de restauração de paisagens florestais (desafio de Bonn e Iniciativa 20x20), de restaurar 12 milhões de hectares de florestas até 2030, para múltiplos usos.

Como estratégia para criação de mecanismos de financiamento, planejamento e coordenação às ações de reflorestamento em escala tão extensa e ecologicamente diversificada, foi lançada pelo governo federal a Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa – Proveg (decreto nº 8.972, de 23 de Janeiro de 2017). A política visa impulsionar a regularização ambiental das propriedades rurais brasileiras, através da articulação, integração e promoção de políticas, programas e ações indutoras da recuperação de florestas e demais formas de vegetação nativa, em no mínimo 12 milhões de hectares até 31 de Dezembro de 2030. Os dois principais instrumentos para instituir os objetivos e diretrizes do Proveg são a Comissão Nacional de Recuperação de Vegetação Nativa – Conaveg e o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa – Planaveg.

Coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente com a participação da sociedade civil, a primeira versão do Planaveg propõe a recuperação de 390 mil hectares nos primeiros cinco anos. A proposta está estruturada em oito iniciativas estratégicas, sendo elas: (1) sensibilização da sociedade a respeito dos benefícios da recuperação; (2) aumento da quantidade e qualidade de sementes e mudas nativas; (3) fomento a mercados relativos a serviços e produtos gerados

nas áreas em processo de recuperação; (4) alinhamento e integração de políticas públicas; (5) desenvolvimento de mecanismos financeiros de apoio às iniciativas de recuperação; (6) expansão de assistência técnica e extensão rural; (7) planejamento e monitoramento espacial; (8) pesquisa, desenvolvimento e inovação.

Nesse sentido, é de fundamental importância a participação das instâncias estaduais, uma vez que elas são protagonistas na implementação das ações de recuperação previstas pela Lei nº 12.651/2012, por meio dos Programas de Regularização Ambiental – PRA. Os atores locais, sejam governo ou sociedade civil, têm funções estratégicas na adaptação das políticas às condições específicas de cada contexto. Por isso o princípio participativo afirma princípios da democracia e contribui para a legitimidade do governo local em tomar decisões mais eficazes (ZICCARDI, 2004), sendo, portanto, essencial que se conduza um processo participativo, que reinterprete o sentido das políticas públicas, de forma a subverter as relações tradicionais entre os atores e abrindo espaço para que novos atores tenham voz (MILANI, 2008).

O Brasil tem em mãos um importante diferencial competitivo que é favorecido pela agenda da restauração florestal, sendo uma potencialidade econômica atrelada à prática de reflorestamento, que cumprem com o aspecto ambiental. Trata-se de se alinhar aos temas da agenda global dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS para 2030, de segurança alimentar, geração de energia, conservação da biodiversidade e redução da pobreza, com oportunidades de negócio rentáveis e atrativas.

Criar condições institucionais para a chegada de investimentos exige a formatação de modelos de negócios que sejam atrativos e com riscos minimizados. Nesse contexto, com o objetivo de informar investidores, decisores políticos e outros interessados em negócios sustentáveis, o projeto VERENA, visa preencher as lacunas do conhecimento técnico sobre reflorestamento com espécies nativas e sistemas agroflorestais, realizando modelagem econômica de casos relevantes que envolvem grandes investimentos em reflorestamento em larga escala no Brasil.

3.9.2 Estudo de caso: projeto VERENA

Como proposta ao desafio climático de reflorestamento em larga escala nacional, o projeto de Valoração Econômica do Reflorestamento com Espécies Nativas - VERENA, analisa oportunidades de negócios que envolvem plantios de espécies arbóreas nativas e sistemas agroflorestais para criar um portfólio de modelos econômicos atrativos para investidores. Para tanto, produtos e serviços ambientais do reflorestamento de espécies nativas ganham a perspectiva de negócio para investimento, com risco e retornos ajustado. A

combinação e uso inteligente do capital público e privado em novos modelos de negócio que implementam o reflorestamento, precisam ser engenhosamente arquitetados (BATISTA et al., 2017).

O VERENA visa contribuir com a meta da NDC brasileira de restauração e reflorestamento de 12 milhões de hectares até 2030, promovendo investimentos para alavancar reflorestamentos com espécies nativas em larga escala no Brasil. O projeto utiliza-se do conceito de “continuo florestal” para definir o foco de sua atuação, que inclui: (1) monocultura de espécies nativas; (2) policultivo de espécies nativas; (3) cultivo misto com espécies arbóreas nativas e exóticas; (4) sistemas agroflorestais. Além do Brasil, o VERENA poderá ser apresentado como modelo para outros países também focados na resolução de desafios quanto a restauração florestal (BATISTA et al., 2017).

As técnicas utilizadas para elaboração do portfólio de modelagem econômica incluíram a participação de investidores, empresários, acadêmicos, agências governamentais e representantes da sociedade civil em workshops para avaliação dos primeiros casos estudados. Ao longo dos workshops foram levantadas questões chave para o desenvolvimento de uma economia florestal com espécies nativas, sendo elas: (1) Pesquisa e Desenvolvimento – P&D; (2) modelagem econômica; (3) disseminação; (4) externalidades; (5) sementes e mudas; (6) cadeia de valor; (7) mercado; (8) políticas públicas; (9) ilegalidade da madeira; (10) regionalidade; (11) financiamento; (12) social e educação. Sendo que, P&D, modelagem econômica e o balanço de externalidades do capital natural e humano são aspectos fundamentais ao projeto VERENA (BATISTA et al., 2017).

As espécies nativas carecem de pesquisa e desenvolvimento no Brasil, diferentemente do Pinus e Eucalipto, que foram e continuam sendo estudados à fundo. Aspectos como a silvicultura de cada espécie, melhoramento genético de nativas, tecnologia da madeira e mercados são pressupostos para a promoção da viabilidade econômica da silvicultura tropical. Nesse sentido, o principal parceiro do projeto VERENA é a Coalisão Brasil, Clima, Florestas e Agricultura, que está em processo de criação da plataforma P&D para silvicultura de espécies nativas, com o intuito de promover melhoria no ambiente de negócios para o reflorestamento de espécies nativas com a redução de custos e o aumento da produtividade das principais espécies de valor comercial (BATISTA et al., 2017).

Com relação ao financiamento e às garantias, é importante mostrar às instituições financeiras os resultados de risco e retorno da restauração e do reflorestamento com espécies nativas, sendo esse o primeiro passo para que as instituições possam contribuir com tais projetos. Fluxos de caixa conhecidos e estáveis são fundamentais para a atração de investidores

e produtores rurais (BATISTA et al., 2017). Vale ressaltar que os investidores e bancos de desenvolvimento mostram que a principal barreira para investir é a falta de projetos com risco e retorno conhecidos. Entender como se trabalha com as taxas de risco em relação às coberturas (incêndio, fenômenos meteorológicos e ataque de formigas) também é fundamental para viabilizar esse mercado com algum subsídio, como acontece no seguro agrícola.

Do ponto de vista da gestão pública, é importante mensurar e monetizar as externalidades positivas do capital natural e humano e seu impacto na economia local e regional. A respeito do capital humano, os casos analisados no projeto VERENA têm o potencial de impactar as economias locais com o aumento nos PIBs municipais em até 0,5% e na arrecadação de impostos em até 0,3%. Sendo que, as externalidades do capital natural podem aumentar em até 10% a Taxa Interna de Retorno – TIR, na região amazônica, em que a área de conservação da propriedade é de 80%. O governo pode ter um papel fundamental para estimular a indústria do reflorestamento com espécies nativas via mecanismos já existentes de financiamento do setor, que pode, inclusive, atrair outras agências financiadoras.

No caso do projeto cacau floresta, da TNC, que visa a expansão da cobertura florestal por meio de reflorestamento econômico de cacau em sistemas agroflorestais, os retornos econômicos são elevados, além de haverem externalidades ambientais e sociais importantes, como a adequação ambiental das propriedades por meio de uso econômico da reserva legal e a capacitação técnica de extensionistas e produtores rurais para a multiplicação de práticas sustentáveis. As análises econômicas mostram que os sistemas agroflorestais possuem melhor atratividade em termos de risco e retorno no curto prazo quando comparados à restauração florestal somente com espécies arbóreas.

Nos sistemas agroflorestais ocorre a injeção de receitas nos anos iniciais, através das culturas agrícolas de ciclo curto. Essa dinâmica aumenta o retorno sobre o investimento (payback), sendo que, nos SAFs que possuem culturas perenes e commodities, o risco do investimento tende a diminuir, por meio de vendas futuras, conhecimento da tecnologia e do mercado, alta liquidez e curto tempo de maturação da produção. Além do mais, a análise de sensibilidade nos SAFs, mostra que a madeira passa a ter menor elasticidade no sistema, ou seja, ela afeta muito pouco o resultado econômico do projeto. Portanto, a produção de madeira passa de elemento de maior risco, para um retorno extra, com riscos mitigados pela diversificação das culturas anuais.

Em adição ao capital financeiro, a valoração das externalidades do capital natural e humano indicam que podem trazer viabilidade econômica aos projetos de reflorestamento, tendo um impacto social positivo, como a geração de empregos, arrecadação de impostos e

provisão de serviços ambientais. Para uma nova economia florestal baseada em espécies nativas e SAFs, é fundamental a participação do poder público. Além disso, o apoio de fundações filantrópicas e agências de financiamento são fundamentais para minimizar riscos e melhorar o ambiente de negócios do reflorestamento com espécies nativas e sistemas agroflorestais.

4. CONCLUSÃO

O futuro da silvicultura deve ser capaz de propor estratégias adaptadas para mitigar o aquecimento global, além de dar suporte para a conservação da biodiversidade e melhoria da qualidade de vida das populações vulneráveis. Florestas industriais ampliam o fornecimento de madeira e alguns bens, mas ainda contribuem minimamente para a maioria dos outros objetivos sociais e ecológicos. A abordagem de floresta multifuncional ganha destaque, como forma de integrar produção e proteção florestal, assim como sincronizar o conhecimento técnico com articulações políticas capazes de implementar tais medidas. Para que o reflorestamento atinja escala suficientemente grande para os anseios políticos e legais do Brasil, a restauração com espécies nativas em sistemas mistos e agroflorestais deve ser vista como oportunidade de negócio, viável economicamente para grandes e pequenos produtores.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, S. et al. Safety net role of tree roots: experimental evidence from an alley cropping system. **Forest Ecology and Management**. v.192, p.395–407, 2004.
- AMAZONAS, N.T. et al. High diversity mixed plantations of *Eucalyptus* and native trees: And interface between production and restoration for the tropics. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 417, p. 247-256, 2018. Disponível em < <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.03.015>>. Acesso em 26 abr. 2019.
- ANDERSON, S.H. et al. Soil water content and infiltration in agroforestry buffer strips. **Agrofor Syst.** v.75, p.5–16, 2009.
- ANDRADE, E.N. An alien in Brazil. **American Forests**. v.47, n.7: p.323-352, 1941.
- ALBRECHTSEN, E. Um exemplo prático de ensaios de espécies na região bragantina (parte baixa da Amazônia brasileira). **Brasil Florestal**, v.6, n.21, p.12-19, 1975.
- ASHTON, M.; MONTAGNINI, F. (Editors.). The Silvicultural Basis for Agroforestry Systems. **CRC Press**. Boca Raton, Florida, USA. p.278, 2000.
- BARRAL, M.P. et al. Quantifying the impacts of ecological restoration on biodiversity and ecosystem services in agro- ecosystems: a global meta-analysis. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. v.202, p.223–231, 2015.
- BATEMAN, I.J. et al. Bringing ecosystem services into economic decision-making: land use in the United Kingdom. **Science**, v.341, n.6141, p.45–50, 2013.
- BATISTA, A. et al. **Verena investment tool: valuing reforestation with native tree species and agroforestry systems**. São Paulo: WRI Brasil, 2017. 30p. (nota técnica)
- BEECH, E. et al. **GlobalTreeSearch: The first complete global database of tree species and country distributions**. **Journal of Sustainable Forestry**, v.36, n.5, p.454-489, 2017. DOI: [10.1080/10549811.2017.1310049](https://doi.org/10.1080/10549811.2017.1310049)
- BENE, J.G.; BEALL, H.W.; CÔTÉ, A. **Trees, food, and people: land management in the tropics**. International development Research Centre. 52 p., 1977
- BERGQVIST, G. Wood volume yield and stand structure in Norway spruce understorey depending on birch shelterwood density. **For. Ecol. Manage.** V.122, p.221–229, 1999.
- BINKLEY, D., SENOCK, R., BIRD, S., COLE, T.G. Twenty years of stand development in pure and mixed stands of *Eucalyptus saligna* and nitrogen-fixing *Facaltaria moluccana*. **For. Ecol. Manage.** V.182, p.93–102, 2003. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00028-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00028-8).
- BORRASS, L.; KLEINSCHMIT, D.; WINKEL, J. The “German model” of integrative multifunctional forest management – analysing the emergence and the political evolution of a forest management concept. **Forest Policy and Economics**. v.77, p.16-23, 2016.
- BRASIL. **Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada** (intended Nationally Determined Contribution – iNDC). Decisões 1/CP.19 e 1/CP.20, sobre Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei 12.187/2009), Lei de Proteção das Florestas Nativas (Lei 12.651/2012) e Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Lei 9.985/2000). p. 1-6, 2016.
- CAMPOS FILHO, E.M. et al. Mechanized direct-Seedling of Native Forests in Xingu, Central Brazil.

Journal of Sustainable Forestry, v.32, p.702-727, 2013.

CARPANEZZI, A.A. Pesquisas da URPFCS-EMBRAPA sobre espécies brasileiras. **Silvicultura em São Paulo**, v.16, n.2, p.928-933, 1982.

CHABARIBERY, D. et al. **Recuperação de matas ciliares**: sistemas de formação de floresta nativa em propriedades familiares. *Informações Econômicas*, São Paulo, SP, v.38, n.6, p.7 - 20, 2008.

COELHO, L.C.C. et al. Ensaio de espaçamento de ibirá-puitã *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub., frente às condições de Mogi Guaçu-SP. *Silvicultura em São Paulo*, v.16, n.2, p.1036-1038, 1982.

COSTA, R.B. Melhoramento genético de erva-mate nativa do estado de Mato Grosso do Sul. *Bragantia*, Campinas, v.68, n.3, p.611-619, 2009.

CUBBAGE, F. et al. Global timber investments and trends, 2005–2011. *NZ J. Forest. Sci.* v.44, n.1, S7, 2014.

CURY, R.T.S.; CARVALHO, J.R. **O Manual para restauração florestal**: florestas de transição. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia - IPAM. Canarana, Mt, Série boas práticas, v.5, p.78, 2011.

DEBELL, D.S. et al. Growth, development, and yield in pure and mixed stands of *Eucalyptus* and *Albizia*. **For. Sci.** v.43, p.286–298, 1997.

DETLEFSEN, G. e SCHEELJE, M. Las normativas legales y el aprovechamiento de la madera en fincas. In: Detlefsen G, Somarriba E (eds) **Produccion de madera en sistemas agroforestales de Centroamerica**. CATIE, Turrialba, (Technical Series). p. 211–244, 2012.

DIXON, R.K. Agroforestry system: sources or sinks of greenhouse gases? **Agroforestry System** v.31, p.99–116, 1995.

EVANS, J.; TURNBULL, M. Plantation forestry in the tropics, 3 ed. **Oxford University Press**, Oxford, 2004.

FAO. Global Forest Resources Assessment 2015. How are the world's forests changing?, Roma, **FAO Forestry**, 2016. <https://doi.org/10.1002/2014GB005021>.

FORRESTER, D.I., PRETZSCH, H. Tamm Review: on the strength of evidence when comparing ecosystem functions of mixtures with monocultures. **For. Ecol. Manage.** V.356, p.41–5, 2015.

FORRESTER, D.I., BAUHUS, J., COWIE, A.L., VANCLAY, J.K. Mixed-species plantations of *Eucalyptus* with nitrogen-fixing trees: a review. **For. Ecol. Manage.** V.233, p.211–230, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2006.05.012>.

FREER-SMITH, P.; CARNUS, J.M. The sustainable management and protection of forests: analysis of the current position globally. **Ambio**. v.37, n.4, p.254–262, 2008.

FREITAS, M.L.M. et al. Variação genética em progênies de *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão em três sistemas de cultivo. **Revista Árvore**, v.30, n.3, p.319-329, 2006.

GADGIL, P.D.; BAIN, J. Vulnerability of planted forests to biotic and abiotic disturbances. **New For.** V.17, p.227–238, 1999.

GAMA, M.M.B. Análise técnica e Econômica de Sistemas Agroflorestais em Machadinho d'oeste, Rondônia. Universidade Federal de viçosa – UFV, Minas gerais. (tese de Doutorado). 112 p. 2003.

GARRETT, H.E., MCGRAW, R.L. Alley cropping practices, 2000. In: GARRETT,H.E., RIETVELD,W.J., FISHER,R.F. (eds) **North American Agroforestry: na integrated Science and practice**. ASA, Madison, p. 149-188.

GARRITY, D.P. Agroforestry and the achievement of the millennium development goals. **Agroforest Systems**, v.61,p.5-17, 2004.

GIANOTTI, E. Variação genética entre procedências e progênes de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze. **Silvicultura em São Paulo**, v.16, n.2, p.970- 975, 1982.

GURGEL FILHO, O.A. Estudo do crescimento de algumas essências do Cerrado. Tese de Doutorado, Piracicaba, ESALQ/USP, 1953.

GURGEL FILHO, O.A.; MORAES, J.L.; GURGEL GARRIDO, L.M.A. Silvicultura de essências indígenas sob povoamentos homóclitos coetâneos experimentais I - Araribá amarelo (*Centrolobium tomentosum* Benth.). **Silvicultura em São Paulo**, v.16, n.2, p.841-846, 1982.

GURGEL FILHO, O.A. Povoamento florestal e sua exploração. Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, Diretoria de Publicidade Agrícola. 10 p. 1957.

GROTTA, A.T. et al. Influence of species proportion and timing of establishment on stem quality in mixed red alder – Douglas-fir plantations. **Can J For Res.** v.34, p.863–873, 2004.

HAGGAR, J.P.; EWEL, J.J. Primary productivity and resource partitioning. **Model tropical ecosystems. Ecology.** v.78, p.1211–1221, 1997.

HARPER, J.L. Population biology of plants. Academic Press, London. P.892, 1977.

HARRISON, P. et al. Linkages between biodiversity attributes and ecosystem services: a systematic review. **Ecosystem Services**, v.9, p.191–203, 2014.

HARVEY, C.A.; GONZALES, J.G.; SOMARRIBA, E. Dung beetle and terrestrial mammal diversity in forest, indigenous agro- forestry systems and plantain monocultures in Talamanca, Costa Rica. **Biodivers Conserv.** v.15, p.555–585, 2006.

HARVEY, C.A.; SCHROTH, G.; ZERBOCK, O. Designing agro- forestry systems to mitigate climate change, conserve biodiversity and sustain rural livelihoods. 2007.

HELMS, J.A. The dictionary of forestry. Bethesda, MD: Soc. Am. For. 1998.

HOFFMANN, M.R.M. **Sistema agroflorestal sucessional** – implantação mecanizada. Um estudo de caso. Brasília – DF, Universidade de Brasília – UnB, p.67, 2005.

HOFFMANN, M.R.M. Restauração florestal mecanizada. Semeadura direta sobre palhada. Instituto Centro vida – ICV. Alta Floresta, Mt. v.27, 2015.

HOFFMANN, M.R.M. **Sistemas Agroflorestais para Agricultura Familiar: Análise Econômica**. Brasília: Universidade de Brasília, UNB. (Dissertação de Mestrado). 133 p, 2013.

HOLL, K.D. Research directions in tropical forest restoration. **Annals of the Missouri Botanical Garden.** v.102, p.237–250, 2017.

IBA - Indústria Brasileira de Árvores. Relatório 2017. Brasília-DF. p.78, 2017.

IIS – Instituto Internacional para Sustentabilidade. Análise preliminar de viabilidade econômica de modelos de restauração florestal como alternativa de renda para proprietários rurais na Mata Atlântica. Relatório interno. 84 p. 2013.

IZAC, A.M.N. Economic aspects of soil fertility management and agroforestry practices. In: SCHROTH, G.; SINCLAIR, F. (eds) **Trees crops and soil fertility: concepts and research methods**. CABI, Wallingford, UK, p.464, 2003.

JESUS, R.M.; GARCIA, A.; TSUSTUMI, I. Comportamento de doze espécies florestais na Mata Atlântica em povoamentos puros. **Revista do Instituto Florestal**, v.4, n.2, p.491-496, 1992.

JOSE, S. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. **Agroforestry Systems**, Netherland, v. 76, n. 1, p. 1-10, 2009. Disponível em < <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7>>. Acesso em 25 abr. 2019.

JOSE, S.; GILLESPIE, A.R.; PALLARDY, S.G. Interspecific interactions in temperate agroforestry. **Agroforestry System** v.61, p.237–255, 2004.

KEENAN, R.J. et al. Dynamics of global forest área: results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.352, p.9-20, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.014>>. Acesso em: 11 jul. 2019.

KELTY, M.J. Comparative productivity of monocultures and mixed-species stands. In: Kelty MJ, Larson BC, Oliver CD (eds) The ecology and silviculture of mixed-species forests. **Kluwer Academic Publishers**, Dordrecht, pp 125–141, 1992.

KELTY, M.J. The role of mixtures plantation forestry. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 233, p. 195-204, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.05.011>>. Acesso em: 10 out. 2018.

KIRBY, K.R.; POTVIN, C. Variation in carbon storage among tree species: implications for the management of a small- scale carbon sink project. **For Ecol Manage.** v.246, p.208–221, 2007.

KOSCINSKI, M.E. O pinheiro brasileiro na silvicultura paulista. Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, Diretoria de Publicidade Agrícola. 56 p. 1934.

KREMEN, C. Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? **Ecol Lett** v.8, p.468–479, 2005.

LAMB, D. Large scale forest restoration. **The Earthscan Forest Library**, Routledge, v.1, p. 290, 2014.

LAMB, D.; ERSKINE, P.D.; PARROTTA, J.A. Restoration of degraded tropical forest landscapes. **Science**, Washington, v. 310, n. 5754, p. 1628-1632, 2005. Disponível em: < <http://science.sciencemag.org/content/310/5754/1628>>. Acesso em: 15 out. 2018.

LAMB, D. Underatking large-scale forest restoration to generate ecosystem services. **Restoration Ecology**, v. 26, n. 4, p. 657-666, 2018. Disponível em: < <https://doi.org/10.1111/rec.12706>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

LEE, K.H.; ISENHART, T.M.; SCHULTZ, R.C. Sediment and nutrient removal in an established multi-species riparian buffer. **J Soil and Water Conservancy.** v.58, p.1–8, 2003.

LIANG, J. et al. Positive biodiversity–productivity relationship predominant. **Global forests. Science** v.354, 2016. doi:10.1126/science.aaf8957

LIRA, D.F.S. et al. Comparação entre custos de implantação de dois modelos de restauração florestal em Pernambuco. **Scientia Plena**, v.9, n.44, p.1-5, 2012.

MACDICKEN, K.G.; REAMS, G.; FREITAS, J. de; Introduction to the changes in global forest resources from 1990 to 2015. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 352, p. 1-2, 2015. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.018>>. Acesso em 24 abr. 2019.

MACDICKEN, K.G.; VERGARA, N.T. (eds.). **Agroforestry: classification and management**. Wiley, New York. p.382, 1990.

MACEDO, R.L.G. et al. **Eucalipto em sistemas agroflorestais**. 2 ed. Lavras: UFLA, 2018. 352 p.

MATTHEWS, J.D. *Silvicultural Systems*. **Oxford University Press Inc.**, Nova York, 1989.

MAY, P.H. et al. **Manual agroflorestal para a Mata Atlântica**. Brasília, Ministério do Desenvolvimento Agrário, Secretaria de Agricultura Familiar, 2008.

MCNEELY, J.A. Nature vs nurture: managing relationships between forests, agroforestry and wild biodiversity. **Agrofor Syst**. v.61, p.155–165, 2004.

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

MICHAON, G. e De Foresta, H. **Agroforests: pre-domestication of forest trees or true domestication of forest ecosystems?** **Neth Journal of Agriculture Science**, v.45, p.451–462, 1997.

MICHON, G.; DE FORESTA, H. Agroforests as an alternative to pure plantations for the domestication and commercialization of NTFPs. In: LEAKEY, R.R.B et al. (eds). **Domestication and Commercialization of Non-Timber Forest Products in Agroforestry Systems**. FAO, Rome, Italy, Non-Wood Forest Products n. 9, p.160–175, 1996.

MILANI, C.R.S. O princípio da participação social na gestão de políticas públicas locais: uma análise de experiências latino-americanas e europeias. **Revista de Administração Pública**. Rio de Janeiro, v. 42, n.3, p.551-79, 2008.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Recuperação da vegetação Nativa - PLANAVEG. Brasília, p.76, 2014.

MONTAGNINI, F.; FANZERES, A.; VINHA, S.G. Studies on Restoration Ecology in the Atlantic Forest region of Bahia, Brazil. **Interciencia**, v.19, n.6, p.323-330, 1994.

MONTAGNINI, F.; FANZERES, A.; VINHA, S.G. The potential of twenty indigenous tree species for reforestation and soil restoration in the Atlantic Forest Silvicultura region of Bahia. **Journal of Applied Ecology**, v.32, p.841-856, 1995.

MONTAGNINI, F. Integrating Landscapes: Agroforestry for Biodiversity Conservation and Food Sovereignty. Dordrecht, Springer. **Advances in Agroforestry**. v.12, 2017.

MONTAGNINI, F.; NAIR, P.K.R. Carbon sequestration: an underexploited environmental benefit of agroforestry systems. **Agroforestry systems**, v.61, p.281, 2004.

MONTEIRO, R.F.R.; SPELTZ, R.M.; GURGEL, J.T.A. Comportamento silvicultural de 24 raças geográficas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze, no Paraná. **Silvicultura em São Paulo**, v.16, n.2, p.814-824, 1982.

- NAIR, P.K.R. An introduction to agroforestry. Kluwer, Dordrecht. p.499, 1993.
- NAIR, P.K.R; KUMAR, B.M; NAIR, V.D. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. **Journal Plant Nutrition Soil Science**, v.172, p.10-23, 2009.
- NAIR, P. K. R. tropical agroforestry systems and practices. In: FURtAdO, J.I. ANd RUddLE, K.(Eds) **tropical Resource Ecology and development**. John Wiley, Chichester, England, 1984.
- NICHOLS, J.D. et al. Intercropping legume trees with native timber trees rapidly restores cover to eroded tropical pasture without fertilization. **For. Ecol. Manage.** V.152, p.195–209, 2001.
- NOGUEIRA, J.C.B. et al. Conservação genética de essências nativas através de ensaios de progênie e procedência. **Silvicultura em São Paulo**, v.16, n.2, p.957- 969, 1982a.
- NOGUEIRA, J.C.B.; SIQUEIRA, A.C.M.F.; BERTOLDI, S.E. Ensaio de espaçamento do araribá-amarelo (*Centrolobium tomentosum* Guill.), frente às condições de Pederneiras-SP. **Silvicultura em São Paulo**, v.16, n.2, p.1039-1042, 1982b.
- NOGUEIRA, J.C.B. et al. Plantio de Cabreúva - *Myroxylon peruiferum* L.F. – em diferentes espaçamentos. **Silvicultura em São Paulo**, v.16, n.2, p.1064-1069, 1982c.
- NUNES, F.S. et al. Enabling large-scale forest restoration in Minas Gerais state, Brazil. **Environmental Research Letters**. v.12, n.4, 2017.
- NYLAND, R.D. Silviculture: concepts and applications. **Waveland Press, Inc.** Long Grove, 1996.
- PAQUETTE, A.; MESSIER, C. The role of plantations in managing the world's forests in the Anthropocene. **Frontiers. Ecology and the Environment**, v.8, p.27–34, 2010.
- PARROTTA, J.A. Productivity, nutrient cycling, and succession in single- and mixed- species plantations of *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus robusta*, and *Leucaena leucocephala* in Puerto Rico. **For. Ecol. Manage.** V.124, p.45–77, 1999.
- PAYN, T. et al. Changes in planted forests and future global implications. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.352, p.57-67, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.021>>. Acesso em: 11 jul. de 2019.
- PEETERS, L.Y.K. et al. **Coffee production, timber, and firewood in traditional and Inga-shaded plantations in Southern Mexico**. *Agriculture Ecosystem Environment* v.95, n.2, p. 481-493, 2003. doi:10.1016/S0167-8809(02)00204-9
- PIOTTO, D. et al. Sistemas silviculturais com espécies nativas na mata atlântica: panorama, oportunidades e desafios. In: ROLIM, S. G.; PIOTTO, D. **Silvicultura e tecnologia de espécies da mata atlântica**. Belo Horizonte: ed. Rona, p. 9-19, 2018.
- RAY, D.K. et al. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PLoS ONE* v.8, n.6, p.66428, 2013. Disponível em: <[http:// dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0066428](http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0066428)>. Acesso em: 11 Jul. de 2019.
- RIBEIRO, M.C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v.142, n.6, p.1141-1153, 2009.
- ROACH, B.A. Selection cutting and group selection. **AFRI Misc. Publ.** SUNY Coll. Environ. Sci. and For., appl. For. Res. Inst., n.5, 1974.

RODRIGUES, R.R.; BRANCALION, P.H.S.; ISERNHAGEN, I. (Org.). **Pacto pela restauração da Mata Atlântica**: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: LERF/ESALQ, Instituto Bio Atlântica, 2009.

ROSHETKO, J.M. et al. Teak agroforestry systems for livelihood enhancement, industrial timber production, and environmental rehabilitation. **Forests Trees Livelihoods**. v.22, n.4, p.241–256, 2013. doi:10.1080/14728028.2013.855150

SABASTIAN, G. et al. Household and farm attributes affecting adoption of smallholder timber management practices by tree growers in Gunungkidul region, Indonesia. **Agroforestry System**, v.88(2), p.257–268, 2014. doi:10.1007/s10457-014-9673-x

SALGADO, J. Produccion de madera en sistemas agroforestales con café. In: Detlefsen G, Somarriba E (eds) **Produccion de madera en sistemas agroforestales de Centroamerica**. Technical Series, CATIE, Turrialba, p.145–160, 2012.

SANTOS-MARTIN, F. et al. **Why smallholders plant native timber trees**: lessons from the Philippines. ASB e ICRAF, Bogor. p.4, 2011.

SAYER, J.A. e CAMPBELL, B. Research to integrate productivity enhancement, environmental protection, and human development. **Conservation Ecology**, v.5, p.32, 2001. Disponível em: <http://www.consecol.org/vol5/iss2/art32/>. Acesso em 07 mai. 2019.

SCHERR, S.J. Building opportunities for small-farm agro- forestry to supply domestic wood markets in developing countries. **Agroforestry Systems**. v. 61–62, n.1–3, p.357–370, 2004. doi:10.1023/B:AGFO.0000029010.97567.2b

SCHROTH, G. et al. Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes. **Island Press**, 2004.

SCHULZ, T. et al. Comparison of integrative nature conservation in forest policy in Europe: a qualitative pilot study of institutional determinants. **Biodivers. Conserv.** v.23, n.14, p.3425–3450, 2014.

SEBBENN, A.M.; KAGEYAMA, P.Y.; ZANATTO, A.C.S. Estimativas de ganhos genéticos na seleção em populações de *Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze, incorporando informações do sistema misto de reprodução. **Revista do Instituto Florestal**, v.14, n.1, p.65-77, 2002.

SHARROW, S.H.; ISMAIL, S. Carbon and nitrogen storage in agroforests, tree plantations, and pastures in western Oregon, USA. **Agroforest Syst.** v. 60, p.123–130, 2004.

SILVA, L.B.X.; TORRES, M.A.V. Espécies florestais cultivadas pela Copel-PR (1974-1991). **Revista do Instituto Florestal**, v.4, p.585-594, 1992.

SIMARD, S.W. et al. Net transfer of carbon between ectomycorrhizal tree species in the field. **Nature**. v.388, p.579–582, 1997.

SIQUEIRA, A.C.M.F. Teste de progênie e procedência do cumbaru (*Dipteryx alata* Vog.). *Silvicultura em São Paulo*, v.16, n.2, p.1076-1080, 1982.

SLOAN, S. Development-driven recovery of tropical forests: the tropical forest transition with implications for REDD+. **Ecol. Econ.** v.116, p.1–11, 2015.

SMITH, D.M., et al. **The practice of silviculture**: applied forest ecology. Hoboken, Wiley, p.537, 1996.

- SOARES-FILHO, B.; RAJÃO, R.; MACEDO, M. Cracking Brazil's Forest Code. **Science**, v. 344, n. 6182, p. 363–364, 2014.
- SOHNGEN, B.; TIAN, X. Global climate change impacts on forests and markets. **Forest Policy and Economics**. v.7, p.18-26, 2016.
- SOMARRIBA, E.; BEER, J.; MUSCHLER, R.G. Research methods for multistrata agroforestry systems with coffee and cacao: recommendations from two decades of research at CATIE. **Agroforestry Systems**, v.53, p.195-203, 2001. doi:10.1023/A:1013380605176
- SOUZA, W.J.M. et al. Ensaio de espaçamento da canela-imbuia (*Ocotea porosa* (Ness) L. Barroso), em Angatuba-SP. **Silvicultura em São Paulo**, v.16, n.2, p.1043-1046, 1982.
- SOUSA, K.F.D. de et al. Timber yield from smallholder agroforestry systems in Nicaragua and Honduras. **Agroforest Systems**, Amsterdam, v.90, p.207-218, 2016. Disponível em: <DOI 10.1007/s10457-015-9846-2>. Acesso em: 11 jul. 2019.
- UDAWATTA, R.P. et al. Agroforestry practices, runoff, and nutrient loss: a paired watershed comparison. **Journal Environmental Quality**. v.31, p.1214–1225, 2002.
- UDAWATTA, R.P. et al. Variations in soil aggregate stability and enzyme activities in a temperate agroforestry practice. **Applied Soil Ecology** 39:153–160, 2008.
- UMANS, L. A discourse on forestry science. **Agric. Hum. Values**. v.10, n.4, p.26–40, 1993.
- VANDERMEER, J. The Ecology of Intercropping. Nova York, **Cambridge University Press**, 1989.
- VANCLAY, J.K. Experiment designs to evaluate inter- and intra-specific interactions in mixed plantings of forest trees. **For Ecol Manag.** v.233, p.366–374, 2006.
- VAN NOORDWIJK, M. et al. Root distribution of trees and crops: competition and/or complementarity. In: Ong CK, Huxley P (eds) **Tree–Crop interactions: a physiological approach**. CAB International, Wallingford, UK, p. 319–364, 1996.
- VIANA, V.M. Conservação genética “ex situ” do ipê-felpudo (*Zeyhera tuberculosa*). **Silvicultura em São Paulo**, v.16, n.2, p.1028-1031, 1982.
- WATT, A.D. Insect pest population dynamics: effects of tree species diversity. In: Cannell, M.G.R., Malcolm, D.C., Robertson, P.A. (Eds.), **The Ecology of Mixed-Species Stands of Trees**. Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 267–275, 1992.
- WCED (World Commission on Environment and Development). Our Common Future. **Oxford University Press**, London, UK, p.383, 1987.
- WIERSUM, K.F. Forest gardens as na ‘intermediate’ land-use system in the nature-culture continuum: characteristics and future potential. In: NAIR, P.K.R., RAO, M.R., BUCK, L.E. **New Vistas in Agroforestry. Advances in Agroforestry**, Netherlands: ed. Springer , v. 61, p. 123-134, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-94-017-2424-1_9>. Acesso em 26 abr. 2019.
- WIERSUM, K.F. Indigenous exploitation and management of tropical forest resources: an evolutionary continuum in forest- people interaction. **Agroforestry Ecosystem Environment**. v.63, p. 1-16, 1997.
- WINKEL, G. When the pendulum doesn't find its centre: environmental narratives, strategies, and forest policy change in the US Pacific Northwest. **Glob. Environ. Chang.** v.27, p.84–95, 2014.

WILLIAMS-GUILLE'N, K., PERFECTO, I., VANDERMEER, J. Bats limit insects in a tropical agroforestry system. **Science**, v.320, p.70, 2008.

WINFREE, R. et al. Abundance of common species, not species richness, drives delivery of a real-world ecosystem service. **Ecology Letters**. v.18, p.626–635, 2015.

YARED, J.A.G.; CARPANEZZI, A.A.; CARVAHO FILHO, A.P. Ensaio de espécies florestais no Planalto do Tapajós. Embrapa, CPATU, Boletim de Pesquisa, v.11, 22p. 1980.

ZANATTO, A.C.S. Ensaio de espaçamentos com jequitibá-vermelho *Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze. frente às condições de Luiz Antônio, São Paulo. **Silvicultura em São Paulo**, v.16, n.2, p.1047-1050, 1982.

ZICCARDI, A. Espacios e instrumentos de participación ciudadana para las políticas sociales del ámbito local. In: ZICCARDI, A. (Org.). **Participación ciudadana y políticas sociales del ámbito local**. México (DF): IIS/Comesco/Indesol, p. 245-272, 2004.