



Restauração ecológica em sistemas agroflorestais sucessionais do Vale do Ribeira, São Paulo

Carlos Eduardo Sícoli Seoane¹, Ocimar Batista Bim², Artur Dalton Lima³, Luís Cláudio Maranhão Froufe¹

¹Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, Km 111, C.P. 319, CEP 83411-000, Colombo, PR, Brasil

²Instituto de Pesquisas Ambientais, Avenida Professora Frederico Hermann Júnior, 365, Alto de Pinheiros, CEP 05459-900, São Paulo, SP, Brasil

³Associação dos Agricultores Agroflorestais de Barra do Turvo e Adrianópolis-Cooperafloresta, Estrada SP 552/230, Km 29,5, Bela Vista, CEP 11955-000, Barra do Turvo, SP, Brasil

*Autor correspondente:

eduardo.seoane@embrapa.br

Termos para indexação:

Agroecologia
Agricultura familiar
Espécies invasoras

Index terms:

Agroecology
Peasant agriculture
Invasive species

Histórico do artigo:

Recebido em 26/01/2021

Aprovado em 14/02/2022

Publicado em 30/04/2023

Resumo - Nas últimas três décadas foi possível observar uma crescente percepção de que a restauração de ecossistemas degradados é necessária, para garantir um mínimo de qualidade de vida para as futuras gerações. O objetivo deste trabalho foi avaliar sistemas agroflorestais sucessionais do Vale do Ribeira, utilizando os indicadores de restauração ecológica da legislação brasileira e os conceitos internacionais estabelecidos pela Sociedade para a Restauração Ecológica, e apontar possíveis soluções para otimização do potencial dos sistemas agroflorestais. Os sistemas agroflorestais sucessionais do Vale do Ribeira demonstram ser práticas eficientes, eficazes e engajadas em restauração ecológica, pois atendem aos indicadores e à maioria dos conceitos empregados como base. Aponta-se a necessidade de construção de políticas públicas voltadas para incentivos normativos e soluções tecnológicas que possibilitem o aumento da geração de renda nestes sistemas.

Ecological restoration in successional agroforestry systems of Vale do Ribeira, São Paulo State, Brazil

Abstract - From the last three decades, there has been a growing perception that the restoration of degraded ecosystems is necessary to guarantee a minimum life quality for future generations. The objective of this work was to evaluate the successional agroforestry systems of Vale do Ribeira, using ecological restoration indicators present in the Brazilian legislation and the in international concepts presented by the Society for Ecological Restoration, and to point out possible solutions to optimize its potential. The successional agroforestry systems in the Vale do Ribeira proved to be efficient, effective and engaged as ecological restoration practices, since they meet the ecological restoration indicators of the legislation and most of the concepts of restoration ecology. Public policies should be developed aiming regulatory incentives and technological solutions to increase income generation by these systems.



Introdução

As atividades humanas estão, cada vez mais, impactando o meio ambiente em todas as escalas, prevalecendo sobre os processos naturais. As atividades humanas se tornaram catalisadores de forças geológicas, de tal tamanho, que se pode definir a atual época geológica como o ‘Antropoceno’. Estimativas demonstram que cerca de dois terços de todos os ecossistemas foram degradados pelas atividades humanas (Crutzen, 2006). A degradação ecossistêmica diminui a diversidade biológica e altera os processos hidrológicos e de ciclagem de nutrientes, geram perdas econômicas diretas e severas na agricultura, na produção pecuária e florestal e têm implicações para a segurança alimentar e a pobreza (Biermann, 2021).

Ao longo da história da humanidade, nós exploramos os recursos naturais para a obtenção de alimento, água potável, fibras, medicamentos, abrigo e combustível, deixando uma ‘pegada ecológica’ humana, em especial nos últimos dois séculos, que resultou em uma perda substancial e, em muitos aspectos, irreversível, na diversidade de formas de vida, na resiliência de ecossistemas e na qualidade do nosso habitat coletivo planetário (Sanderson et al., 2002). Nós também iniciamos um processo de mudanças climáticas, que não podemos prever e muito menos controlar (Bryson, 1974; Herman et al., 2020).

Conforme os impactos humanos e a degradação ecossistêmica foram avançando, gradativamente aumentou também a percepção da necessidade de ações propositais para que a natureza se mantenha em evolução e funcionando bem, incluindo aqui a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos (Organização Mundial da Saúde, 2005; Egoh et al., 2007; Rau et al., 2020). Especialmente a partir de meados do século XX, investiu-se na proteção da natureza, visando a estancar as futuras degradações de ecossistemas e paisagens, ainda razoavelmente intactas, ao preservá-los em áreas protegidas (Franco et al., 2015). No entanto, a partir das últimas três décadas, cresceu a percepção que a preservação de ecossistemas em unidades de conservação não é o suficiente e que a restauração de ecossistemas já degradados é também necessária, para garantir um mínimo de qualidade de vida para as futuras gerações. Neste cenário, destaca-se a necessidade de restauração dos ecossistemas florestais, cuja degradação afeta diretamente cerca de 1,6 bilhão de pessoas (Gann et al., 2019; Abhilash, 2021).

Restauração ecológica

Restauração ecológica é o processo de induzir a recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído (Gann et al., 2019). A partir do início do século XXI, as ações de restauração ecológica e a ciência da ecologia de restauração cresceram tanto, que se tornaram um componente importante no negócio, na política e na aplicação da conservação da biodiversidade, manejo de ecossistemas, adaptações às mudanças climáticas e na questão legal dos impactos ambientais relacionados ao desenvolvimento econômico (Van Andel & Aronson, 2012).

Uma distinção fundamental entre a restauração ecológica e outras formas de reparo ecossistêmico é que a restauração ecológica necessariamente visa a reestabelecer o ecossistema natural ou semi-natural local, nunca impondo uma nova direção ou forma sobre ele. Ou seja, a atividade de restauração ecológica tem como modelo de referência um ecossistema nativo local. Na restauração ecológica, a recuperação total é definida como o estado ou condição em que todas as principais categorias de atributos do ecossistema se assemelham às do modelo de referência. Uma iniciativa de restauração ambiental deve aspirar à recuperação substancial da biota nativa do ecossistema de referência. Onde apenas níveis mais baixos de recuperação são possíveis, a atividade deve ser referida como outro tipo de iniciativa, como por exemplo a reabilitação de áreas degradadas e a recuperação de áreas degradadas (McDonald et al., 2016).

No Brasil, várias iniciativas de pesquisa e práticas de restauração ecológica e de recuperação de áreas degradadas surgiram a partir dos anos 1990. Destacam-se para a região da Floresta Atlântica as pesquisas com fixação de nitrogênio por bactérias, que possibilitaram o desenvolvimento de protocolos para a revegetação de áreas severamente degradadas (Döbereiner, 1966; Dias et al., 1995; Resende & Leles, 2017) e as pesquisas e protocolos para a restauração ecológica da Floresta Atlântica, baseados na sucessão florestal (Rodrigues & Gandolfi, 1998; Kageyama et al., 2003; Carpanezzi, 2005; Brancalion et al., 2015).

A Sociedade para a Restauração Ecológica (*Society for Ecological Restoration* - SER), fundada em 1988, é a principal organização internacional nessa área, com membros em 70 países. Foram estabelecidos, pela SER, princípios e conceitos-chave que devem guiar quaisquer ações em restauração ecológica, e os atributos e metas ecossistêmicos a serem alcançados. Os princípios são

relacionados à: a) eficiência - ao reestabelecer e manter os valores naturais do ecossistema e seus valores culturais associados; (b) eficácia - ao maximizar os resultados benéficos enquanto minimiza os investimentos de tempo, recursos e esforço; e (c) engajamento - ao permitir a formação de parcerias e colaboração entre as partes interessadas, especialmente as comunidades locais, e a promoção de oportunidades de experiências de conexão com o ecossistema (Keenleyside et al., 2012), levando-se em conta que, com a falta de engajamento local, a restauração ecológica pode afetar negativamente as comunidades locais (Van Andel & Aronson, 2012; Verdone & Seidl, 2017).

Segundo McDonald et al. (2016), os seis conceitos-chave que devem guiar as ações de restauração ecológica são: 1 – ter como modelo um ecossistema nativo apropriado; 2 - identificar os atributos-chave do ecossistema alvo antes de desenvolver os objetivos da ação; 3 – sempre que possível, ajudar os processos de recuperação natural, somente interferindo quando o potencial de recuperação natural encontra-se prejudicado; 4 – buscar o maior grau de recuperação possível; 5 – basear as ações em todas as áreas de conhecimento relevantes; e 6 – promover o engajamento inicial, genuíno e ativo com todas as partes interessadas, o que sustenta o sucesso em longo prazo. Os atributos-chave, a serem considerados nas ações de restauração ecológica, segundo os mesmos autores, são: 1 - ausência de ameaças; 2 - condições físicas, 3 - composição de espécies; 4 - diversidade estrutural; 5 - funcionalidade ecossistêmica; e 6 – trocas externas.

Sistemas agroflorestais sucessionais do Vale do Ribeira

Na atual necessidade de desenvolvimento de sistemas sustentáveis de produção de alimentos (Maluf et al., 2015; Ramos et al., 2018), destacam-se os sistemas agroflorestais sucessionais, sistemas complexos, multiestratificados e compostos por espécies que, em conjunto, se assemelham estruturalmente às florestais nativas (Young, 2017). No Brasil, ocorrem principalmente na Amazônia Ocidental, no sul da Bahia e na região do Vale do Ribeira, na divisa entre os estados de São Paulo e Paraná (Froufe et al., 2020).

Os sistemas agroflorestais sucessionais do Vale do Ribeira (SAFVR) vêm sendo conduzidos desde a década de 1990 em várias localidades, com destaque para, a partir de 1996, os sistemas agroflorestais sucessionais praticados pelos agricultores da Associação

dos Agricultores Agroflorestais de Barra do Turvo e Adrianópolis – Cooperafloresta.

Os SAFVR permitiram, ao longo da primeira década do século XXI, melhorar consideravelmente a alimentação e qualidade de vida dos agricultores, além de triplicar a renda por meio da comercialização de mais de 100 produtos em feiras livres e mercados institucionais. A produção nos SAFVR se destaca no cenário agrícola brasileiro pela certificação orgânica (Steenbock et al., 2013; Perez-Cassarino & Ferreira, 2013), por alcançarem justiça social e cultural (Rodrigues & Ferreira, 2013; Silva et al., 2013), além de serem sistemas com elevado potencial de fixação de carbono (Froufe et al., 2011; Steenbock et al., 2013), permitirem a reintrodução de populações de espécies nativas (Froufe & Seoane, 2011; Seoane et al., 2014) e restaurarem a paisagem (Seoane et al., 2014).

O SAFVR é, assim como a coivara, conduzido de maneira análoga à dinâmica de clareiras da floresta tropical (Denslow, 1980; Uhl, 1987; Seoane et al., 2012). No entanto, os SAFVR são diferentes da coivara em muitos aspectos, requerendo para a sua adoção uma mudança de paradigmas (Arantes et al., 2017). O SAFVR foi denominado, em Seoane et al. (2012), como sistema agroflorestal multiestratificado sucessionais agroecológico participativo, caracterizado pela presença de diferentes estratos produtivos, de herbáceo a arbóreo. Esse sistema tem como referência os processos de sucessão natural de florestas tropicais, sendo denominado sucessionais por esse motivo. Adicionalmente, é agroecológico, por apresentar a certificação de produção orgânica e ser sustentável e econômica, ambiental e socialmente. A tomada de decisões em todas as etapas do processo é feita de forma coletiva, garantindo a participação dos diferentes atores.

Assim como a agricultura sintrópica, a prática dos SAFVR busca integrar a produção de alimentos à dinâmica de regeneração natural das florestas (Göttsch, 1997; Guimarães & Mendonça, 2019). A proposta é que o SAFVR apresente uma sucessão de consórcios de espécies análoga à ocorrente na sucessão secundária da floresta tropical, onde cada estágio da sucessão apresenta um consórcio de espécies. Os consórcios são sequenciais, sendo que a cada consórcio atingido pretende-se aumentar a diversidade e densidade de espécies (Froufe & Seoane, 2011; Steenbock & Vezzani, 2013).

A cada ano se instala um ou alguns novos SAFVR na unidade familiar. Assim, a área total dos SAFVR na unidade agrícola familiar constitui-se no somatório dos

SAFVR implantados em diferentes anos, um mosaico de SAFVR de diferentes idades e tamanhos, distribuídos de forma heterogênea no espaço (Steenbock et al., 2013). Atualmente, é comum uma ou duas implantações anuais de SAFVR na unidade familiar, e cada implantação usa uma área de cerca de 600 m². Os SAFVR são instalados em pastagens degradadas, lavouras e em florestas secundárias em estágio inicial e médio de regeneração natural (capoeiras), e na forma de reinstalação, ou redesenho, em SAFVR anteriormente instalados e considerados não suficientemente produtivos, que demandam mais tempo para gerar os produtos ou que são de difícil comercialização (Biguzzi et al., 2013).

O planejamento do SAFVR tenta prever uma produção escalonada durante o tempo e a sucessão agroflorestal. Os SAFVR têm, nas fases iniciais, a produção de hortaliças, depois tubérculos e culturas anuais e bianuais, como milho, vagem, feijão e mandioca, apresentando na sequência a banana, palmito de pupunha e frutas. A fase arbórea domina após 10 anos de plantio (Baggio et al, 2009; Froufe & Seoane, 2011; Biguzzi et al., 2013).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os sistemas agroflorestais sucessionais do Vale do Ribeira enquanto ações de restauração ecológica, utilizando os indicadores de restauração ecológica da legislação brasileira e os conceitos internacionais estabelecidos pela Sociedade para a Restauração Ecológica, e apontar possíveis soluções para otimização do potencial de restauração dos sistemas agroflorestais.

Material e métodos

Para averiguar se a recomposição da Floresta Atlântica realizada nos sistemas agroflorestais sucessionais do Vale do Ribeira (SAFVR) é adequada segundo a legislação vigente em relação à restauração ecológica, utilizaram-se os indicadores determinados pela Resolução da Secretaria de Estado do Meio Ambiente n° 32, de 03 de abril de 2014 (Resolução SMA 32/2014) (Governo do estado de São Paulo, 2014), que estabelece os critérios sobre restauração ecológica no estado de São Paulo. Os parâmetros estipulados pela Resolução, porcentagem de cobertura do solo com vegetação nativa, densidade de indivíduos nativos regenerantes por hectare e número de espécies nativas regenerantes, foram usados para a avaliação nos dois SAFVR estudados por Steenbock et al. (2013), aqui denominados SAFVR 8 e SAFVR 10. Nestes SAFVR, foi possível distinguir indivíduos

plantados de indivíduos espontâneos (não plantados), a partir de informações fornecidas pelos próprios agricultores (dados não publicados). Somente indivíduos espontâneos e as espécies representadas por esses foram incluídos nas contabilizações.

O SAFVR 8 localiza-se no Bairro Três Canais, Adrianópolis, PR (24°49'28,8"S 48°33'34,5"W). O preparo do SAFVR foi em área de capoeira, com 10 m de altura. Após a derrubada, a biomassa foi disponibilizada em linhas, com plantio de tomate, inhame, vagem, milho, feijão, café, pupunha, jaca, juçara, bacupari, banana e mandioca. Esse SAFVR foi avaliado aos 8 anos e descrito mais detalhadamente em Steenbock et al. (2013). O SAFVR 10 localiza-se no bairro Ribeirão Grande, Barra do Turvo, SP (24°54'38,3"S 48°28'55,1"W). Foi implantado em uma área onde anteriormente se praticava agricultura de coivara com feijão, milho e mandioca, migrando para pastagem de braquiária. O SAFVR foi implantado com espécies exóticas, sendo avaliado aos 10 anos de idade (Steenbock et al., 2013).

Em cada um dos SAFVR, Steenbock et al. (2013) demarcaram cinco parcelas de 100 m² e identificaram todos os indivíduos com 1,5 m de altura ou mais, determinando, com o apoio do agricultor responsável pela área, se cada indivíduo identificado havia sido plantado ou se era espontâneo, relacionando-se à síndrome de dispersão de sementes das espécies dos indivíduos espontâneos.

Para averiguar o enquadramento dos SAFVR no contexto da restauração ecológica, os resultados foram analisados em relação à adequação aos princípios, conceitos e atributos-chave reportados nos conceitos internacionais estabelecidos pela Sociedade para a Restauração Ecológica (SRE) (McDonald et al., 2016).

O conceito-chave número 1 é 'ter como modelo um ecossistema nativo apropriado', comumente referido como um ecossistema de referência. A identificação de um modelo de referência apropriado é um princípio fundamental da restauração ecológica. Embora possam existir locais de referência, em geral o ecossistema de referência precisa ser montado a partir de diversas fontes de informação sobre plantas nativas locais, animais, outras biotas e condições abióticas. O modelo resultante ajuda a identificar e comunicar uma visão compartilhada das metas do projeto e atributos ecológicos específicos, que então fornece uma base para estabelecer metas e objetivos e monitorar e avaliar os resultados da restauração ao longo do tempo (McDonald et al., 2016).

O conceito-chave número 2 de McDonald et al. (2016), ‘identificar os atributos chave do ecossistema alvo antes de desenvolver os objetivos da ação’ aponta seis categorias de atributos-chave de ecossistemas e respectivos indicadores, listados na Tabela 1. Essas

categorias são amplas, pois a restauração ecológica é necessária e realizada em diversos ecossistemas, e os atributos-chave e seus indicadores devem ser especificados e mensurados de acordo com o ecossistema de referência selecionado.

Tabela 1. Categorias de atributos-chave do ecossistema de referência e seus indicadores, a serem identificados em iniciativas de restauração, de acordo com a Sociedade para a Restauração Ecológica (SRE).

Table 1. Key Ecological Restoration attributes and their indicator as established by the Society for Ecological Restoration (SER).

Atributos-chave	Indicadores do atributo-chave
1 - Ausência de ameaças	Cessação de ameaças como superutilização e contaminação; eliminação ou controle de espécies invasoras.
2 - Condições físicas	Restabelecimento das condições hidrológicas e do substrato.
3 - Composição de espécies	Presença de espécies vegetais e animais desejáveis e ausência de espécies indesejáveis.
4 - Diversidade estrutural	Restruturação de estratificação, de diversidade espacial de habitats e de cadeias alimentares de fauna.
5 - Funcionalidade ecossistêmica	Níveis adequados de crescimento e produtividade, restabelecimento da ciclagem de nutrientes, decomposição, habitats, interações planta-animal, dinâmica de perturbações naturais, reprodução contínua e regeneração das espécies nativas.
6 - Trocas externas	Restabelecimento de conectividade para migração biológica e restabelecimento de fluxos naturais, como o gênico e o hidrológico e de outros processos na escala da paisagem.

Fonte: McDonald et al., 2016

O conceito-chave número 3, ‘sempre que possível ajudar os processos de recuperação natural, somente interferindo quando o potencial de recuperação natural encontra-se prejudicado’, se baseia na percepção de que devemos criar as condições, mas a restauração é realizada pela própria biota. Assim, as ações de restauração devem se concentrar em restabelecer componentes e condições adequadas para que esses processos recomecem e o ecossistema degradado recupere seus atributos pré-degradação (McDonald et al., 2016).

O conceito-chave número 4, ‘deve-se buscar o maior grau de recuperação possível’, afirma que uma iniciativa de restauração ecológica deve objetivar alcançar, na medida do possível, uma trajetória segura para a recuperação total em relação a um ecossistema de referência, ao mesmo tempo que reconhecendo que frente à possibilidade de lentidão para o alcance da recuperação, deve ser adotada uma política de melhoria contínua (McDonald et al., 2016).

O conceito-chave número 5 da restauração ecológica, segundo a SER, expresso em McDonald et al. (2016), ‘deve-se basear as ações em todos as áreas de conhecimento relevantes’, primeiramente traz a necessidade de reconhecer, e ter como uma das bases das ações de restauração, o conhecimento das

comunidades locais, que construíram, em longo prazo, seu conhecimento extenso e detalhado dos locais e ecossistemas. Além das disciplinas diretamente envolvidas no desenvolvimento e aplicação técnica da restauração ecológica, tais como ecologia, zoologia, botânica e agronomia, uma ampla gama de outras disciplinas também contribuem nos processo de restauração, tais como história, economia, ciência política, sociologia, antropologia e climatologia.

O conceito-chave número 6, ‘engajamento inicial, genuíno e ativo com todas as partes interessadas sustenta o sucesso em longo prazo’, é embasado no fato de que a restauração ecológica é realizada para restaurar os valores ambientais e para satisfazer valores, necessidades e expectativas socioeconômicas e culturais. Desde o início do planejamento da restauração necessita-se integrar e reconhecer as expectativas das comunidades envolvidas para que os benefícios ocorram e assim os ecossistemas e a sociedade prosperem mutuamente.

Resultados

Tanto o sistema agroflorestal sucessional do Vale do Ribeira (SAFVR) 8 quanto o SAFVR 10 apresentaram valores que indicam a adequação dos processos de

restauração para dois dos três indicadores da Resolução da Secretaria de Estado do Meio Ambiente nº 32, de 03 de abril de 2014 (Resolução SMA 32/2014) (São Paulo, 2014): a cobertura do solos com vegetação nativa e o número de espécies nativas regenerantes; os valores também atestam a completude do processo da recomposição ambiental para um dos indicadores: densidade de indivíduos nativos regenerantes (Tabela 2).

Em relação ao indicador ‘cobertura do solo com vegetação nativa’, ambos os SAFVR tinham 100% do solo coberto por vegetação composta por espécies tanto nativas quanto exóticas. O SAFVR 10 tinha um total de 8.560 ind. ha⁻¹, sendo este total de indivíduos composto por 57% de indivíduos de espécies nativas. O SAFVR 8 tinha um total de 7.380 ind. ha⁻¹, sendo este total de indivíduos composto por 60% de indivíduos de espécies nativas (Steenbock et al., 2013). Considerando que os valores de projeção de copa de cada um dos indivíduos não se encontram disponíveis, considerou-se que estas porcentagens indicam que a cobertura do solo com vegetação nativa foi de 60% no SAFVR 8 e 57% no SAFVR 10. Assim, estes valores encontram-se dentro do intervalo de valor mínimo de referência da Resolução 32/2014 para este indicador, aos 10 anos de plantio (Tabela 2).

Em relação à densidade de indivíduos nativos regenerantes, tanto no SAFVR 8 quanto no SAFVR 10 foram estimados valores superiores aos valores usados para atestar recomposição neste indicador (Tabela 2). Ou seja, os SAFVR estudados alcançaram o valor que indica o sucesso da restauração ecológica antes da metade (SAFVR 8) ou na metade do tempo (SAFVR 10) previsto pela Resolução, para esse indicador.

Em relação ao indicador ‘número de espécies nativas regenerantes’, foram identificadas 22 espécies no SAFVR 8 e 21 espécies no SAFVR 10 (Tabela 3), sugerindo que essas áreas apresentavam um número adequado de espécies regenerantes para dez anos após o plantio, segundo a Resolução SMA 32/2014 (São Paulo, 2014) (Tabela 2). Entre as espécies, 44% tem dispersão de sementes não realizada por animais (17 espécies), enquanto as demais (22 espécies) têm síndrome de dispersão de sementes zoocórica (Tabela 3).

Para cinco dos seis conceitos-chave definidos pela Sociedade para a Restauração Ecológica (SRE), há indicadores de atendimento ao que se espera de uma ação de restauração ecológica. Em relação aos indicadores dos atributos-chave da restauração ecológica, foram encontrados 14 resultados nos SAFVR que se relacionam positivamente e dois resultados que se relacionam negativamente.

Tabela 2. Restauração ecológica em dois sistemas agroflorestais no Vale do Ribeira (SAFVR), divisa entre os estados Paraná e São Paulo, conforme os indicadores de adequação da Resolução SMA 32/2014 (Governo do estado de São Paulo, 2014).

Table 2. Ecological restoration attained in two agroforestry systems at Vale do Ribeira (SAFVR), at the border of Paraná and São Paulo States, Brazil, according to the adequation indicators of Resolução SMA 32/2014 (Governo do estado de São Paulo, 2014).

Indicador	Referência de adequação para 10 anos	Referência de recomposição para 20 anos	SAFVR 8		SAFVR 10	
			Valor	Nível de adequação	Valor	Nível de adequação
Cobertura do solo com vegetação nativa	> 50%	> 80%	60%	Mínimo (10 anos)	57%	Mínimo (10 anos)
Densidade de indivíduos nativos regenerantes	> 2.000 ind. ha ⁻¹	> 3.000 ind. ha ⁻¹	3.838 ind. ha ⁻¹	Atesta recomposição	4.891 ind. ha ⁻¹	Atesta recomposição
Nº de espécies nativas regenerantes	> 20	> 30	22	Mínimo (10 anos)	21	Mínimo (10 anos)

SAFVR 8 - oito anos de implantação, SAFVR 10 - dez anos de implantação

Tabela 3. Espécies e morfoespécies associadas às síndromes de dispersão de sementes, presentes em dois sistemas agroflorestais no Vale do Ribeira (SAFVR), divisa entre os estados Paraná e São Paulo.**Table 3.** Botanical classification and seed dispersion syndrome of species and morphospecies found in two successional agroforestry systems at Vale do Ribeira (SAFVR), at the border of Paraná and São Paulo States, Brazil.

Família	Nome científico	Nome local	Síndrome de dispersão ¹	SAFVR 8	SAFVR 10
Annonaceae	<i>Annona tomentosa</i> R.E. Fr.	Ariticum	Z	X	
	<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng	Pimentinha	Z		X
Araceae	<i>Xanthosoma sagittifolium</i> (L.) Schott	Taioba	Z		X
Arecaceae	<i>Euterpe edulis</i> Mart.	Palmeira-juçara	Z		X
	<i>Moquiniastrum polymorphum</i> (Less.) G. Sancho	Assa-peixe-branco		X	
Asteraceae	<i>Piptocarpha oblonga</i> (Gardner) Bake	Braço-de-rei		X	
	<i>Vernonia polyanthes</i> (Spreng) Less.	Assa-peixe	A	X	
	<i>Jacaranda brasiliana</i> (Lam.) Pers.	Boca-de-sapo	A	X	
Bignoniaceae	<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	Caroba	A	X	
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Grandiuva	Z	X	X
Ericaceae	<i>Gaylussacia brasiliensis</i> (Spr.) Meissner	Tamarinha	Z	X	
	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl	Minhoqueiro	Z	X	X
Euphorbiaceae	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	Tapiá	Z		X
	<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Capixingui	A	X	
Fabaceae	<i>Ateleia glazioveana</i> Baill	Timbó		X	
	<i>Bauhinia forficata</i> Link .	Pata-de-vaca	A	X	
	<i>Bauhinia ovata</i> (Bong.) Vogel	Pata-de-vaca		X	
	<i>Dalbergia brasiliensis</i> Vogel	Jacarandá-amarelo	A	X	
	<i>Inga</i> sp.	Ingá	Z		X
	<i>Inga sellowiana</i> Benth	Ingá-mirim	Z	X	
	<i>Machaerium villosum</i> Vog.	Guê	A	X	
	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) JF Macbr	Pau-jacaré			X
	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	Guapiruvu	A	X	X
	<i>Cryptocarya saligna</i> Mez	Canela-sebosa	Z	X	
Lauraceae	<i>Nectandra lanceolata</i> Nees & Mart. ex Nees	Canela-miúva	Z	X	
	<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb	Canela-branca	Z		X
Loranthaceae	<i>Strutanthus flexicaulis</i> (Mart. ex Schult.f.) Mart.	Erva-de-passarinho	Z	X	
Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Cajaranda			X
Myrsinaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	Capororoca	Z		X
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	Goiaba	Z	X	
	<i>Piper cernuum</i> Vell.	Cariparoba	Z		X
Piperaceae	<i>Piper gaudichaudianum</i> Kuntze	Guarandi-branco	Z		X
	<i>Piper umbellatum</i> L.	Caapeba	Z		X
Rubiaceae	<i>Bathysa australis</i> (A. St.-Hil.) Hook. ex Sch.	Erva-de-macuco			X
Sapindaceae	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk	Miguel-pintado	Z		X
Solanaceae	<i>Solanum pseudoquina</i> A.St.-Hil.	Inhuntinga	Z		X
Urticaceae	<i>Boehmeria caudata</i> Sw.	Guarandi-preto			X
	<i>Cecropia glaziovii</i> Sneth	Embaúba-branca	Z	X	X
Verbenaceae	<i>Aloysia virgata</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Repeludo	A	X	X
Fabaceae	Não identificada 1	-	-		X
Fabaceae	Não identificada 2	-	-		X
Fabaceae	Não identificada 3	-	-		X
Fabaceae	Não identificada 4	-	-		X
Mimosoideae	Não identificada 1	-	-		X
-	Não identificada 2	-	-		X
-	Não identificada 3	-	-		X
-	Não identificada 4	-	-		X
Myrtaceae	Não identificada 1	-	-		X
Solanaceae	Não identificada 1	-	-	X	
-	Não identificada 2	-	-	X	
Verbenaceae	Não identificada 1	-	-	X	

¹Síndromes de dispersão: Zoocórica (Z); autocórica, barocórica e anemocórica (A)

Discussão

O alcance do objetivo da restauração ecológica nos sistemas agroflorestais sucessionais do Vale do Ribeira (SAFVR) é um dos resultados das atividades baseadas nos paradigmas que regem este sistema produtivo: a sucessão ecológica, a diversidade de espécies e o acúmulo de fertilidade e biomassa no solo. Há que se notar, no entanto, que estes três paradigmas não se sobrepõem completamente aos objetivos das atividades de restauração biológica, estimados, por exemplo, através dos três indicadores utilizados na Resolução SMA nº 32/2014 (São Paulo, 2014). Isto por que o SAFVR é um sistema implantado para a produção e comercialização de alimentos, não sendo o objetivo central da implantação a restauração do ecossistema original da localidade, neste caso, a Floresta Atlântica.

Em relação aos indicadores da legislação paulista de restauração ecológica, os dois SAFVR avaliados apresentaram uma riqueza de espécies nativas espontâneas adequada para uma ação de restauração ecológica aos 10 anos, e a cobertura vegetal era tão densa que, apesar da presença de espécies exóticas, comportava quantidade de indivíduos nativos espontâneos mais que suficientes para atestar o sucesso da recomposição da Floresta Atlântica. Deve-se considerar ainda que a densidade de indivíduos de espécies nativas obtido por este estudo está subestimada, pois existiam ainda muitos outros indivíduos nativos regenerantes nestes SAFVR, que não foram contabilizados por não alcançarem a altura mínima de inclusão na amostragem.

Em relação aos seis conceitos-chave definidos pela Sociedade para a Restauração Ecológica (SRE), houve atendimento em cinco deles. A exceção é o conceito-chave 4, 'Deve-se buscar o maior grau de recuperação possível', para o qual não foram encontrados resultados publicados (Tabela 4). O primeiro conceito-chave da restauração ecológica é 'ter como modelo um ecossistema nativo apropriado'. Assim como outras implantações de sistemas agroflorestais sucessionais baseados nos trabalhos de Ernst Götsch (Götsch, 1997; Gregio, 2020), o SAFVR tem como modelo as formações originais locais da região onde estão implantados, que

é em sua maioria em unidades familiares, a Floresta Ombrófila Densa (FOD), e em algumas a Floresta Ombrófila Mista (FOM) (IBGE, 2006; Froufe & Seoane, 2011; Steenbock & Vezzanni, 2013).

As principais características que definem a floresta tropical, a saber: a alta diversidade local, a estratificação (Oldeman, 1989) e o mosaico de parcelas em diferentes estágios da sucessão natural (Martinez-Ramos et al, 1988; Denslow, 1980), são incluídas como paradigmas no planejamento, desenho e manejo dos SAFVR (Seoane et al., 2012; Steenbock & Vezzanni, 2013), atendendo assim, de uma maneira geral, ao segundo conceito-chave, 'Identificar os atributos-chave do ecossistema alvo antes de desenvolver os objetivos da ação'. McDonald et al. (2016) destacam seis categorias de atributos-chave de um dado ecossistema que devem ser identificadas e levadas em conta no planejamento da iniciativa de restauração ecológica, e sugerem, para cada uma das categorias, indicadores a serem monitorados. Alguns destes indicadores foram estudados nos SAFVR e, em geral, indicam o SAFVR como uma ação de restauração (Tabela 4). Contudo, a presença de espécies invasoras, algumas delas importantes para a condução do SAFVR, é um fator negativo para a efetividade da restauração ecológica.

O terceiro conceito-chave trazido pela SRE, 'Sempre que possível ajudar os processos de recuperação natural, somente interferindo quando o potencial de recuperação natural encontra-se prejudicado' é também contemplado nas unidades familiares agrícolas adotantes do SAFVR. Seoane et al. (2014) demonstraram que as áreas de sucessão secundária (capoeiras), áreas portanto sem manejo direto, são consideradas por eles como áreas em pousio, abandonadas temporariamente para a restauração da fertilidade de solo e que, no futuro, servirão para implantações de parcelas de SAFVR. Estas variaram de 2% da paisagem das unidades familiares, em 1994, a 43% em 2011, avançando sobre as áreas de pecuária extensiva (pasto), uso esse que passou a ser considerado inadequado por essas famílias (Steenbock et al, 2013). Assim, apesar dos SAFVR se constituírem na base da produção, da segurança alimentar e da renda dos agricultores, as capoeiras passaram a ser o tipo de uso de solo mais comum nas unidades agrícolas.

Tabela 4. Referências bibliográficas cujos resultados obtidos nos Sistemas Agroflorestais Sucessionais do Vale do Ribeira (SAFVR) apresentam correspondências aos conceitos-chave da Restauração Ecológica estabelecidos pela Sociedade para Restauração Ecológica (SRE).

Table 4. Bibliographical references whose results obtained in the Vale do Ribeira Successional Agroforestry Systems (SAFVR) correspond to the key concepts of Ecological Restoration established by the Society for Ecological Restoration (SRE).

Conceito-chave da SRE	Referências com resultados correspondentes
1 - Ter como modelo um ecossistema nativo apropriado.	Froufe & Seoane (2011) Steenbock & Vezzanni (2013)
2 - Identificar os atributos chave do ecossistema alvo antes de desenvolver os objetivos da ação.	Seoane et al. (2012) Steenbock & Vezzanni (2013)
3 - Sempre que possível ajudar os processos de recuperação natural, somente interferindo quando o potencial de recuperação natural encontra-se prejudicado .	Seoane et al. (2014)
4 - Deve-se buscar o maior grau de recuperação possível.	Não atendido
5 - Deve-se basear as ações em todas as áreas de conhecimento relevantes.	Steenbock et al. (2013) Neves & Mendonça (2017) Neves (2014) Telles et al. (2019) Santiago (2017)
6 - Engajamento inicial, genuíno e ativo com todas as partes interessadas sustenta o sucesso no longo prazo.	Lima et al. (2013) Biguzzi et al. (2013) Oliveira & Moretti-Pires (2016) Froufe et al. (2020)

Fonte: McDonald, et al. (2016).

O quarto conceito-chave, ‘Deve-se buscar o maior grau de recuperação possível’, preconiza que um projeto de restauração ecológica deve almejar alcançar uma trajetória segura para a recuperação total em relação a um ecossistema de referência, no entanto, reconhecendo que a recuperação total pode não ser apropriada em todas as situações (McDonald et al., 2016). Esta alternativa se encaixa com os SAFVR, já que a produção de alimentos é o objetivo primário, e não a restauração. Os mesmos autores também incentivam uma política de melhoria contínua, o que, no caso do SAFVR, pode resultar em um incentivo ao desenvolvimento de estratégias produtivas geradoras de renda que resultem em ecossistemas mais semelhantes ao ecossistema de referência, por exemplo, ao incluir mais espécies nativas em sua composição, ao aumentar a duração da fase sucessional arbórea, e ao substituir as espécies invasoras.

Mesmo sendo sistemas cuja finalidade primária é a geração de renda através da produção, com o foco principal na sustentabilidade econômica, como sistemas adeptos da agroecologia, a concepção e manejo dos SAFVR buscam a sustentabilidade em suas várias facetas (Steenbock et al., 2013). Estes sistemas consideram, além das questões ambientais discutidas neste artigo,

questões de organização social e da força de trabalho (Neves & Mendonça, 2017), segurança alimentar e nutrição (Neves, 2014), equidade de gênero (Telles et al., 2019) e expressões culturais (Santiago, 2017), atendendo assim ao quinto conceito chave da SER, ‘Deve-se basear as ações em todas as áreas de conhecimento relevantes’.

O sexto conceito-chave da SER, ‘Engajamento inicial, genuíno e ativo com todas as partes interessadas sustenta o sucesso em longo prazo’ pode ser analisado por duas abordagens. Uma é o pleno engajamento do agricultor ao sucesso do SAFVR, visto ser ele o protagonista desde o planejamento até o manejo (Lima et al., 2013). Outra é o engajamento do agricultor nos aspectos restauradores das iniciativas, que na teoria são plenamente almejados, mas na prática ficam mais evidentes quando o sucesso da restauração coincide com o sucesso produtivo (Biguzzi et al., 2013) como, por exemplo, na valorização dos processos de restauração do solo (Oliveira & Moretti-Pires, 2016; Froufe et al., 2020).

Em relação aos indicadores dos atributos-chave da restauração ecológica, foram encontrados 14 resultados nos SAFVR que se relacionam positivamente. Foram encontrados dois resultados que se relacionam negativamente, ambos em questão à introdução de

espécies invasoras (Tabela 5). A presença de espécies consideradas invasoras é uma realidade frequente nos SAFVR. A utilização destas espécies dá-se por questões semelhantes ao seu uso na agricultura em geral: com o potencial invasor não fazendo parte do rol de questões do agricultor, na decisão são consideradas suas características para uso agrícola, entre elas, sua rusticidade e rápido crescimento. Exemplos deste grupo de plantas são as gramíneas, como o capim napier (*Pennisetum purpureum* Schum) e o capim mombaça (*Panicum maximum* Jacq., cv. Mombaça), introduzidas nas fases iniciais de implantação do SAFVR. O plantio destas espécies tem como objetivo principal, através das podas de suas folhas, fornecer biomassa para a área recém implantada e formar um microclima adequado (cobertura morta), em termos de temperatura e sombra para as demais plantas. Servem também para ‘substituir’ a regeneração das espécies nativas em fase inicial da sucessão secundária em função da maior viabilidade de seus manejos.

O manejo destas gramíneas, prescrito pelos técnicos da Cooperafloresta, consiste em podas constantes para evitar crescimento demasiado pois, a partir de um ponto, elas diminuem muito a produção de biomassa (Neto, 2016). Uma consequência desta prescrição é que as gramíneas não atingiriam o estágio reprodutivo, não formariam sementes e, assim, o potencial invasor destas espécies seria reduzido. No entanto, em meio às diversas atividades do dia a dia do agricultor, muitas das tarefas não são realizadas com a constância prescrita e, provavelmente, muitas destas gramíneas introduzidas têm suas sementes dispersadas, configurando invasão de novas áreas.

O potencial de geração de consequências negativas que as espécies de gramíneas africanas apresentam para a conservação da biodiversidade é internacionalmente reconhecido (Holl, 2012; Kerns et al., 2020). Muitas espécies de gramíneas são espécies invasoras engenheiras, isto é, com a capacidade de alterar o ambiente de forma a dificultar o estabelecimento das demais espécies (Cuddington & Hastings, 2004). Gramíneas invasoras podem ter sucesso em ambientes florestais, ao desenvolver locais de presença constante dentro de mosaicos florestais como, por exemplo, nas bordas ou nas clareiras, que podem fornecer continuamente sementes para quaisquer oportunidades de invasão (Kerns et al., 2020).

As gramíneas são componentes importantes no manejo dos SAFVR. As alternativas atualmente disponíveis aos agricultores dentre as gramíneas invasoras para as entrelinhas iniciais dos SAFVR são consideradas inadequadas, especialmente as leguminosas forrageiras, como por exemplo, lablab (*Lablab purpureus* (L.) Sweet), *Crotalaria* spp. e mucuna (*Mucuna utilis* (L.) DC). Os agricultores afirmam que as leguminosas não cumprem as mesmas funções que as gramíneas, pois apresentam diferentes ciclos, ocupam diferentes estratos, além de produzirem menos matéria orgânica e terem uma relação C/N diferente (Steenbock et al., 2013). A substituição das gramíneas nos SAFVR está atrelada à pesquisa em desenvolvimento e inovação, sendo este um dos temas importantes a serem investigados para o desenvolvimento do SAFVR como instrumento de restauração ecológica.

Algumas espécies tradicionalmente cultivadas no Brasil e consideradas com potencial invasor em alguns biomas brasileiros, como palmeira-real (*Archontophoenix cunninghamiana* (H. Wendl.) H. Wendl & Drude), uva-do-japão (*Hovenia dulcis* Thunberg), jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), café (*Coffea* spp.) e goiaba (*Psidium guajava* L.), são intencionalmente incluídas nos consórcios dos SAFVR. Por exemplo, Froufe & Seoane (2011) encontraram 500 indivíduos de uva-do-japão com DAP superior a 15 cm em um SAFVR de oito anos. Nenhuma destas espécies, contudo, é o principal produto nos SAFVR, sendo possível sua substituição por espécies sem potencial invasor. Os agricultores da Cooperafloresta, além de praticarem atividades restauradoras em sua agricultura, têm consciência ambiental aguçada (Braga & Silva, 2013; Silva et al., 2013). Assim, a necessidade de substituição das espécies com potencial invasor por outras sem esta ameaça e com as mesmas características produtivas desejadas, seria facilmente entendida e orquestrada.

Em relação ao uso de espécies com potencial invasor, considerando todas as qualidades ambientais que estes SAFVR já possuem em relação à maioria dos outros sistemas de produção agrícola, não há justiça em colocar para estes sistemas restrições diferenciadas ou maiores do que as colocadas para as demais formas de agricultura (Seoane et al., 2007). Sobretudo, considerando que há plantações extensas de espécies invasoras no Vale do Ribeira, como, por exemplo, nas mais de 2 mil unidades de produção agrícola com pastagens cultivadas que, em conjunto, ocupam mais de 90 mil ha, correspondendo

a 15% da área total dessa região (Anfalos et al., 2007; São Paulo, 2019; Martins et al., 2020). Entre as espécies cultivadas nestas pastagens estão gramíneas de origem

africana, consideradas invasoras de alta agressividade em São Paulo (Secretaria Estadual de Meio Ambiente de São Paulo, 2009).

Tabela 5. Resultados encontrados nos sistemas agroflorestais sucessionais do Vale do Ribeira que indicam relação positiva (+) ou negativa (-) com os indicadores dos atributos-chave da Restauração Ecológica, segundo a Sociedade para a Restauração Ecológica.

Table 5. Results from Vale do Ribeira succession agroforestry systems that indicate a positive (+) or negative (-) relationship with indicators of key Ecological Restoration attributes established by the Society for Ecological Restoration

Atributos-chave*	Indicadores*	Resultados nos SAFVR	Referências
Ausência de ameaças	Cessação de ameaças como superutilização e contaminação; eliminação ou controle de espécies invasoras.	(+) Conservação e restauração do solo	Froufe et al. (2011, 2020)
		(+) Cessação do uso de agrotóxicos e fertilizantes químicos	Silva et al. (2020)
		(-) Introdução de espécies invasoras	Froufe & Seoane (2011); Steenbock et al. (2013)
Condições físicas	Restabelecimento das condições hidrológicas e do substrato.	(+) Restauração da matéria orgânica no solo	Froufe et al. (2011, 2020)
		(+) Restauração da ciclagem de nutrientes no solo	
		(+) Restauração capacidade de infiltração hidrológica	Oliveira & Kazay (2015)
Composição de espécies	Presença de espécies vegetais e animais desejáveis e ausência de espécies indesejáveis.	(+) Reintrodução de espécies vegetais nativas	Froufe & Seoane (2011); Steenbock et al. (2013)
		(-) Introdução de espécies invasoras	Froufe & Seoane (2011); Steenbock et al. (2013)
Diversidade estrutural	Reestruturação de estratificação, de diversidade espacial de habitats e de cadeias alimentares de fauna	(+) Oferta de de alimentação para frugívoros	Este artigo
		(+) Restauração da fauna de solo	Cezar et al. (2015)
Funcionalidade ecossistêmica	Níveis adequados de crescimento e produtividade, restabelecimento da ciclagem de nutrientes, decomposição, habitats, interações planta-animal, dinâmica de perturbações naturais, reprodução contínua e regeneração das espécies nativas	(+) Restauração da serrapilheira	Froufe et al. (2020)
		(+) Restauração da ciclagem de nutrientes	Froufe et al. (2020)
		(+) Restabelecimento da dinâmica de clareiras	Seoane et al. (2012)
Trocias externas	Restabelecimento de conectividade para migração biológica e restabelecimento de fluxos naturais, como o gênico e o hidrológico e de outros processos na escala da paisagem	(+) Restauração do banco de sementes e de plântulas de espécies nativas	Steenbock et al. (2013)
		(+) Restauração da paisagem	Seoane et al. (2014)
		(+) Formação de mosaico de áreas florestadas com unidades de conservação* ¹	Donato & Lima (2013)

¹Os resultados indicam a melhoria do potencial para trocas externas, apesar de não terem sido mensuradas. Fonte: *McDonald et al. (2016).

Para que os SAFVR sejam mais eficientes como instrumentos de restauração ecológica, há necessidade de políticas públicas muito mais urgentes para construção do que a coibição do uso de espécies invasoras nos SAFVR. Neste sentido, uma das mais importantes ações seria a desburocratização das atividades relacionadas ao manejo sustentável das espécies nativas plantadas, criando assim uma situação propícia para o desenvolvimento de sistemas de produção para as fases dominadas por espécies arbóreas. A entrada e a permanência por décadas na fase arbórea deve ser um objetivo a ser alcançado nestes SAFVR para aumentar o seu potencial de restauração ecológica, semelhante à sucessão da floresta nativa.

Segundo a hipótese da heterogeneidade do habitat (MacArthur & MacArthur, 1961; MacArthur & Wilson, 1967; Bazzaz, 1975), habitats mais complexos promovem mais microhabitats e formas de explorar os recursos ambientais e, assim, aumentam a diversidade de espécies (Bazzaz, 1975; Gliessman, 2014). Na floresta tropical, a estrutura de dezenas de metros do subdossel e de um dossel estruturalmente complexo fornecem uma ampla variação de microclimas e nichos ecológicos (Villa et al., 2019). Em projetos de restauração ecológica strictu sensu, com o passar do tempo, os plantios vão se tornando cada vez mais complexos em sua estrutura, havendo cada vez mais diversidade de nichos ecológicos e interações interespecíficas que promoverão maior diversidade, em semelhança à floresta tropical (Melo et al., 2020). Os Sistemas agroflorestais sucessionais, provavelmente, se assemelham à floresta tropical e a áreas sob restauração ecológica strictu sensu, onde a estrutura arbórea do sistema e a dinâmica de clareiras resultam em diversos microclimas e nichos ecológicos.

A dificuldade de geração e de renda a partir de sistemas agroflorestais com porte arbóreo são comuns no Brasil, tendo como uma de suas principais causas os entraves burocráticos e legais para a comercialização de produtos de origem nativa (Zuchiwschi et al., 2010; Miccolis et al., 2016; Ramos et al., 2018). O fator crítico está relacionado às dificuldades encontradas pelos agricultores de sistemas agroflorestais para a geração de renda durante a transição e a permanência na fase arbórea (Baggio et al., 2009). Muitas áreas de SAFVR não são mais intensamente manejadas quando atingem o porte arbóreo, pois o investimento de mão-de-obra e tempo ali é pouco atraente, frente às dificuldades para a comercialização, acarretando também o desestímulo da

geração de tecnologias e formação de mercados para estes produtos e, por fim, prejudicando a viabilidade financeira dos SAFVR. Os principais produtos prejudicados são o palmito da palmeira-juçara e a madeira das diferentes espécies nativas.

Há caminhos convergentes entre os SAFVR e as iniciativas de restauração ecológica strictu sensu. As iniciativas de restauração ecológica das florestas tropicais têm mais benefícios financeiros do que custos, apesar dos custos serem responsabilidade daqueles que realizam a iniciativa, enquanto que a maioria dos benefícios fluem para a sociedade como um todo (De Groot et al., 2013). Portanto, a geração de atrativos financeiros em iniciativas de restauração ecológica é um dos maiores desafios para a efetiva restauração da Floresta Atlântica (Brancalion et al., 2012). Para garantir uma maior sustentabilidade financeira das iniciativas de restauração strictu sensu, é sugerida a inclusão de atividades geradoras de renda iniciais, como a produção de hortaliças e, para as fases sucessionais posteriores, atividades como a exploração de madeira e produtos florestais não madeireiros (Latawiec et al., 2015), semelhante ao que é efetivamente realizado com os SAFVR, que ainda considera a justiça social.

A quase completa sobreposição entre as transformações biológicas, químico-físicas e sociais advindas da implantação e manejo dos sistemas agroflorestais sucessionais do Vale do Ribeira (SAFVR), demonstradas nos resultados aqui analisados, e os conceitos e atributos-chave internacionalmente estabelecidos para as boas práticas de restauração ecológica, sugerem que os SAFVR são práticas de restauração ecológica eficientes, eficazes e engajadas. Eficientes, pois reestabelecem os valores naturais do ecossistema e seus valores culturais associados; eficazes, pois maximizam os resultados benéficos enquanto minimizam os investimentos de tempo, recursos e esforço e; engajadas, pois são executadas pelas comunidades locais como meio de sobrevivência e promovem oportunidades da continuidade das experiências de conexão com o ecossistema que estas comunidades possuem.

Conclusões

Os sistemas agroflorestais sucessionais do Vale do Ribeira (SAFVR) são práticas de restauração ecológica eficientes, eficazes e engajadas, pois atendem aos indicadores de restauração ecológica da legislação e

a maioria dos conceitos estabelecidos pela Sociedade para a Restauração Ecológica. Para que os SAFVR sejam ainda mais restauradores, devem ser construídas políticas públicas voltadas aos incentivos normativos e soluções tecnológicas que possibilitem o aumento da geração de renda nestes sistemas, especialmente na produção e comercialização de produtos em sua fase sucessional arbórea.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos agricultores vinculados a Cooperafloresta. Este trabalho contou com o apoio financeiro da Embrapa e da Petrobras.

Conflito de interesses

Os autores não têm conflito de interesse a declarar.

Contribuição de autoria

Carlos Eduardo Sícoli Seoane: Conceituação, análise formal, investigação, metodologia, supervisão, escrita – primeira redação, escrita – revisão e edição.

Ocimar Batista Bim: Conceituação, análise formal, metodologia, escrita – revisão e edição.

Artur Dalton Lima: Conceituação, investigação, escrita – revisão e edição.

Luís Cláudio Maranhão Froufe: Conceituação, investigação, escrita – revisão e edição.

Referências

- Abhilash, P. C. Restoring the unrestored: strategies for restoring global land during the UN Decade on Ecosystem Restoration (UN- DER). *Land*, v.10, n. 2, p. 201-220, 2021. <https://doi.org/10.3390/land10020201>.
- Anefalos, L. C. Expansão do cultivo da pupunheira no Vale do Ribeira, Estado de São Paulo. *Informações Econômicas*, v. 37, n. 10, p. 27-43, 2007.
- Arantes, P. B. et al. Agroflorestas familiares no Vale do Ribeira: diagnóstico produtivo, estratégias e desafios. *Revista Espaço de Diálogo e Desconexão*, v. 9, n. 1-2, 2017. <https://doi.org/10.32760/1984-1736/REDD/2017.v9i1.10950>,
- Baggio, A. J. et al. **O estrato arbóreo nos sistemas agroflorestais:** um estudo de caso e perspectivas do mercado para espécies nativas. Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 52 p.
- Bazzaz, F. A. Plant species diversity in old-field successional ecosystems in Southern Illinois. *Ecology*, v. 56, p. 485-488, 1975. <https://doi.org/10.2307/1934981>.
- Biermann, F. The future of ‘environmental’ policy in the Anthropocene: time for a paradigm shift. *Environmental Politics*, v. 30, n.1-2, p. 61-80, 2021. <https://doi.org/10.1080/09644016.2020.1846958>.
- Biguzzi, F. A. et al. Por que as agroflorestas da Cooperafloresta são como são e para onde evoluirão. In: Steenbock, W. et al. (Org.). **Agrofloresta, ecologia e sociedade**. Curitiba: Kairós, 2013. p. 363-391.
- Braga, P. C. & Silva, E. M. A construção do sujeito agroflorestal por meio da ética do habitar: resistência e autonomia na visão de mundo agrofloresteira. In: Steenbock, W. et al. (org.). **Agrofloresta, ecologia e sociedade**. Curitiba: Kairós, 2013. p. 155-195.
- Brancalion, P. H. S. et al. Finding the money for tropical forest restoration. *Unasylva*, v. 63, n. 239, p. 41-50, 2012.
- Brancalion, P. H. S. et al. **Restauração florestal**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. v. 1. 432 p.
- Bryson, R. A. A perspective on climatic change. *Science*, v. 184, n. 4138, p. 753-760, 1974. <https://doi.org/10.1126/science.184.4138.753>.
- Carpanezzi, A. A. Fundamentos para a reabilitação de ecossistemas florestais. In: Galvão, A. P. M. & Porfírio-da-Silva, V. (ed.). **Restauração florestal: fundamentos e estudo de casos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. p. 27-45.
- Cezar, R. M. et al. Soil biological properties in multistrata successional agroforestry systems and in natural regeneration. *Agroforestry Systems*, v. 89, n. 6, p. 1035-1047, 2015. <https://doi.org/10.1007/s10457-015-9833-7>.
- Crutzen, P. J. The “anthropocene”. In: Ehlers, E. & Krafft, T. (eds.) **Earth system science in the anthropocene**. Berlin: Springer, 2006. p. 13-18. https://doi.org/10.1007/3-540-26590-2_3.
- Cuddington, K. & Hastings, A. Invasive engineers. *Ecological Modelling*, v. 178, n. 3-4, p. 335-347, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2004.03.010>.
- De Groot, R. S. et al. Benefits of investing in ecosystem restoration. *Conservation Biology*, v. 27, n. 6, p. 1286-1293, 2013. <https://doi.org/10.1111/cobi.12158>.
- Denslow, J. S. Gap partitioning among Tropical Rainforest Trees. *Biotropica*, v. 12, n. 2 supl., p. 47-55, 1980. <https://doi.org/10.2307/2388156>.
- Dias, L. E. et al. Leguminosas forestales: aspectos relacionados con su nutrición y uso en la recuperación de suelos degradados. *Bosque*, v. 16, n. 1, p. 121-127, 1995. <https://doi.org/10.4206/bosque.1995.v16n1-15>.
- Döbereiner, J. Manganese toxicity effects on nodulation and nitrogen fixation of beans (*Phaseolus vulgaris* L.), in acid soils. *Plant Soil*, v. 24, p. 153-166, 1966. <https://doi.org/10.1007/bf01373081>.
- Donato, L. & de Lima, M. D. G. Distribuição geográfica do sistema agroflorestal na região do Vale do Ribeira. *Geografia*, v. 22, n. 3, p. 47-64, 2013. <https://doi.org/10.5433/2447-1747.2013v22n3p47>.
- Egoh, B. et al. Integrating ecosystem services into conservation assessments: a review. *Ecological Economics*, v. 63, n. 4, p. 714-721, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.04.007>.

- Franco, J. L. D. A. et al. História da conservação da natureza e das áreas protegidas: panorama geral. **Historiæ**, v. 6, n. 2, p. 233-270, 2015.
- Froufe, L. C. M. et al. Nutrient cycling from leaf litter in multistrata successional agroforestry systems and natural regeneration at Brazilian Atlantic rainforest biome. **Agroforestry Systems**, v. 94, n. 1, p. 159-171, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00377-5>.
- Froufe, L. C. M. & Seoane, C. E. S. Levantamento fitossociológico comparativo entre sistema agroflorestal multiestrato e capoeiras como ferramenta para a execução da reserva legal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 67, p. 203-225. 2011. <https://doi.org/10.4336/2011.pfb.31.67.203>.
- Froufe, L. C. M. et al. Potencial de sistemas agroflorestais multiestrata para sequestro de carbono em áreas de ocorrência de Floresta Atlântica. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 66, p. 143-154, 2011. <https://doi.org/10.4336/2011.pfb.31.66.143>.
- Gann, G. D., et al. International principles and standards for the practice of ecological restoration. **Restoration Ecology**, v. 27, n. S1, p. S1-S46. 2019.
- Gliessman, S. R. **Agroecology: the ecology of sustainable food systems**. New York: CRC Press, 2014. 371 p.
- Göttsch, E. **O homem e a natureza**. Recife: Centro Sabiá, 1997, 12 p.
- Gregio, J. V. Da degradação à floresta: a agricultura sintrópica de Ernst Götsch e sua aplicação nas Fazendas Olhos D' Água e Santa Teresinha, Pirai do Norte/BA. **AMBIENTES: Revista de Geografia e Ecologia Política**, v. 2, n. 2, p. 106, 2020. <https://doi.org/10.48075/amb.v2i2.26585>.
- Guimarães, L. D. O. & Mendonça, G. C. Conceitos e princípios práticos da agrofloresta sucessional biodiversa (agricultura sintrópica). **Plantando hoje as riquezas do futuro**. 109-123, 2019.
- Herman, J. D. et al. Climate adaptation as a control problem: Review and perspectives on dynamic water resources planning under uncertainty. **Water Resources Research**, v. 56, n. 2, p. e24389, 2020. <https://doi.org/10.1029/2019WR025502>.
- Holl, K. D. Tropical forest restoration. In: Van Andel, J. & Aronson, J. (eds.). **Restoration Ecology**. Malden: Blackwell Publishing; 2012. p. 103-114.
- IBGE. Mapa da Área de Aplicação da Lei número 11.428 de 2006. Disponível em https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/estudos_ambientais/biomas/mapas/lei11428_mata_atlantica.pdf. Acesso em: 11 maio 2020.
- Kageyama, P. Y. et al. Biodiversidade e restauração da floresta tropical. In: Kageyama, P. Y. et al. (org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2003. p. 27-48.
- Keenleyside, K. et al. Ecological restoration for protected areas. Principles: guidelines and best practices. **News from African Protected Areas**, v. 69, p. 1 -10, 2012.
- Kerns, B. K. et al. Invasive grasses: a new perfect storm for forested ecosystems? **Forest Ecology and Management**, v. 463, p. 117985, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.117985>.
- Latawiec, A. E. et al. Creating space for large-scale restoration in tropical agricultural landscapes. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 13, n. 4, p. 211-218, 2015. <https://doi.org/10.1890/140052>.
- Lima, J. E. S. et al. A agrofloresta e os contornos de um sujeito (re) significado. **Cadernos de Pesquisa Interdisciplinar em Ciências Humanas**, v. 14, n. 104, p. 25-46, 2013. <https://doi.org/10.5007/1984-8951.2013v14n104p25>.
- MacArthur, R. H. & MacArthur, J. W. On bird species diversity. **Ecology**, v. 42, p. 594-598, 1961. <https://doi.org/10.2307/1932254>.
- MacArthur, R. H. & Wilson, E. O. **The theory of island biogeography**. New Jersey: Princeton University Press, 1967. 203 p.
- Maluf, R. S. et al. Nutrition-sensitive agriculture and the promotion of food and nutrition sovereignty and security in Brazil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 20, p. 2303-2312, 2015. <https://doi.org/10.1590/1413-81232015208.14032014>.
- McDonald, T. et al. **International standards for the practice of ecological restoration: including principles and key concepts**. Washington, DC: Society for Ecological Restoration, 2016. 48 p.
- Martinez-Ramos, M. et al. Treefall Age determination and gap dynamics in a tropical forest. **Journal of Ecology**, v. 76, n. 3, p.700-716, 1988. <https://doi.org/10.2307/2260568>.
- Martins, V. A. et al. Levantamento censitário por unidades de produção agropecuária 2016/17. **Informações Econômicas**, v. 50, 2020.
- Melo, M. A. et al. Improvement of vegetation structure enhances bird functional traits and habitat resilience in an area of ongoing restoration in the Atlantic Forest. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, n. 2, epub, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765202020191241>.
- Miccolis, A. et al. **Restauração ecológica com Sistemas agroflorestais**. Brasília, DF: ICRAF. 2016. 256 p.
- Neto, N. E. C. **Agroflorestando o mundo de facão a trator**. Barra do Turvo: Petrobrás Ambiental. 2016. 176 p.
- Neves, P. D. M. & Mendonça, M. R. (Re)Existência e permanência no campo através do associativismo e cooperativismo. **Revista Equador**, v. 6, n. 2, p. 44-59, 2017. <https://doi.org/10.26694/equador.v6i2.6268>.
- Neves, P. D. M. Sistemas agroflorestais como fomento para a segurança alimentar e nutricional. **Boletim Gaúcho de Geografia**, v. 41, n. 2, p. 404-421, 2014.
- Oldeman, R. A. A. Dynamics in tropical rain forests. In: Holm-Nielsen, L. B. et al. **Tropical Forests: Botanical Dynamics, Speciation and Diversity**. San Diego, USA: Academic Press Inc., 1989. p. 3-21. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-353550-4.50009-5>.
- Oliveira, M. S. V. & Moretti-Pires, R. O. Sistemas agroflorestais multiestrata: um novo paradigma da relação agrícola. **Saúde & Transformação Social**, v. 7, n. 1, p. 16-27, 2016.
- Oliveira, L. A. & Kazay, D.F. Sistemas Agroflorestais e a provisão de serviços hidrológicos em Barra do Turvo (SP). **Agriculturas**, v. 12, n. 3, p. 8-10, 2015.

- Organização Mundial da Saúde. **Ecosystems and human well-being**. Geneva, Switzerland: WHO Press, 2005. 63 p.
- Perez-Cassarino, J. & Ferreira, A. D. D. Agroecologia, construção social de mercados e a constituição de sistemas agroalimentares alternativos: uma leitura a partir da Rede Ecovida de Agroecologia. In: Nierdele, P. et al. (org.): **Agroecologia: práticas, mercados e políticas para uma nova agricultura**. Curitiba: Kairós, 2013. p. 171-214.
- Ramos, M. O. et al. Cadeias de produtos da sociobiodiversidade no sul do Brasil: valorização de frutas nativas da Mata Atlântica no contexto do trabalho com agroecologia. **Amazônica-Revista de Antropologia**, v. 9, n. 1, p. 98-131, 2018. <http://dx.doi.org/10.18542/amazonica.v9i1.5485>.
- Rau, A. L. et al. Temporal patterns in ecosystem services research: A review and three recommendations. **Ambio**, v. 49, n. 8, p. 1377-1393, 2020. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01292-w>.
- Resende, A. S. & Leles, P. S. S. (ed.). **Controle de plantas daninhas em restauração florestal**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia; UFRRJ, 2017. 108 p. il.
- Rodrigues, A. S. & Ferreira, A. D. D. As estratégias da reprodução social dos agricultores familiares da Cooperafloresta: um estudo de caso sobre os processos de reciprocidade e solidariedade. In: Steenbock, W. et al. (org.). **Agrofloresta, ecologia e sociedade**. Curitiba-PR: Kairós, 2013. p. 125- 154.
- Rodrigues, R. R. & Gandolfi, S. Restauração de Florestas Tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento. In: Dias, L. E. & Mello, J. W. V. (org.). **Recuperação de áreas degradadas**, Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1998. p. 203-216.
- Sanderson, E. W. et al. The human footprint and the last of the wild: the human footprint is a global map of human influence on the land surface, which suggests that human beings are stewards of nature, whether we like it or not. **BioScience**, v. 52, n. 10, p. 891-904, 2002. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0891:THFATL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0891:THFATL]2.0.CO;2).
- Santiago, D. M. Aproximações entre arte, educação e agroecologia em projetos artísticos. **Revista Interdisciplinar Internacional de Artes Visuais**, v. 4, n. 1, p. 27-39, 2017.
- São Paulo (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Instituto de Economia Agrícola. Coordenadoria de Desenvolvimento Rural Sustentável. **Projeto LUPA [2016-2017]: Censo Agropecuário do Estado de São Paulo**. São Paulo: SAA: IEA: CDRS, 2019.
- São Paulo (Estado). Secretaria Estadual de Meio Ambiente. **Espécies Exóticas Invasoras**. 82 p. 2009. Disponível em: http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/consema/2011/11/oficio_consema_2009_244/Especies_Exoticas_Invasoras_propostas_de_estrategia.pdf. Acesso em 20 dez. 2022.
- São Paulo (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Resolução SMA nº 32, de 03 de abril de 2014**. Estabelece diretrizes e orientações para a elaboração, execução e monitoramento de Projetos de Restauração Ecológica no Estado de São Paulo. Diário Oficial do Estado, São Paulo, 05 abril 2014. Seção 1, p. 36-37.
- Seoane, C. E. S. et al. Agroflorestas e serviços ambientais: espécies para aumento do ciclo sucessional e para facilitação de fluxo gênico. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 2, n. 2, p. 183-188, 2012. <https://doi.org/10.21206/rbas.v2i2.180>.
- Seoane, C. E. S. et al. **Restauração ecológica de paisagens degradadas por meio da produção agroecológica em sistemas agroflorestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2014. 5 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 346). <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/120203/1/>.
- Seoane, S. Á. R. S. et al. **O papel das populações tradicionais na conservação da biodiversidade**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. (Embrapa Florestas. Documentos, 153). <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/288727>.
- Silva, R. O. et al. As vozes da floresta e a ecologia dos saberes. In: Steenbock, W. et al. (org.). **Agrofloresta, ecologia e sociedade**. Curitiba: Kairós, 2013. p. 89-124.
- Silva, R. O. et al. Transição agroecológica no rural brasileiro: a complexidade de quatro experiências práticas. **Revista GeoPantanal**, v. 15, n. 28, p. 93-110, 2020.
- Steenbock, W. et al. (org.). **Agrofloresta, ecologia e sociedade**. Curitiba: Kairós, 2013. 422 p.
- Steenbock, W. & Vezzani, F. M. **Agrofloresta: aprendendo a produzir com a natureza**. Curitiba: Fabiane Machado Vezzani, 2013. 139 p. il. Ilustrações de Claudio Leme.
- Telles, L. et al. A economia das agricultoras agroecológicas no Brasil e suas estratégias para a construção de autonomia: aprendizados de Barra do Turvo (SP). **Otra Economía**, v. 12, n. 22, p. 166-180, 2019.
- Uhl, C. Factors controlling succession following slash-and-burn agriculture in Amazonia. **The Journal of Ecology**, v. 75, p. 377-407, 1987. <https://doi.org/10.2307/2260425>.
- Van Andel, J. & Aronson, J. (ed.). **Restoration ecology: the new frontier**. 2nd. ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 2012. 400 p. Edited with the assistance of Christelle Fontaine and Bérengère Merlot.
- Verdone, M. & Seidl, A. Time, space, place, and the Bonn Challenge global forest restoration target. **Restoration Ecology**, v. 25, p. 903-911, 2017. <https://doi.org/10.1111/rec.12512>.
- Villa, P. M. et al. Testing species abundance distribution models in tropical forest successions: implications for fine-scale passive restoration. **Ecological Engineering**, v. 135, p. 28-35, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.05.015>.
- Young, K. J. Mimicking nature: a review of successional agroforestry systems as an analogue to natural regeneration of secondary forest stands. In: Montagnini, F. (ed). **Integrating landscapes: agroforestry for biodiversity conservation and food sovereignty**. Advances in Agroforestry, v. 12. Springer, Cham. 2017. p. 179-209. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69371-2_8.
- Zuchiwschi, E. et al. Limitações ao uso de espécies florestais nativas pode contribuir com a erosão do conhecimento ecológico tradicional e local de agricultores familiares. **Acta Botanica Brasílica**, v. 24, n. 1, p. 270-282, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062010000100029>.