

Sistemas agroflorestais para o uso sustentável do solo: considerações agroecológicas e socioeconômicas



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

Documentos 281

Sistemas agroflorestais para o uso sustentável do solo: considerações agroecológicas e socioeconômicas

*Luiz Fernando Duarte de Moraes
Cristhiane Oliveira da Graça Amâncio
Alexander Silva de Resende*

Embrapa Agrobiologia
Seropédica, RJ
2011

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Agrobiologia

BR 465, km 7, CEP 23.851-970, Seropédica, RJ

Caixa Postal 74505

Fone: (21) 3441-1500

Fax: (21) 2682-1230

Home page: www.cnpab.embrapa.br

E-mail: sac@cnpab.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: Norma Gouvêa Rumjanek

Secretária-Executivo: Carmelita do Espírito Santo

Membros: Bruno José Alves, Ednaldo da Silva Araújo, Guilherme

Montandon Chaer, José Ivo Baldani, Luis Henrique de Barros Soares

Normalização bibliográfica: Carmelita do Espírito Santo

Tratamento de ilustrações: Maria Christine Saraiva Barbosa

Editoração eletrônica: Marta Maria Gonçalves Bahia

Foto da capa: Luiz Fernando Duarte de Moraes

1ª edição

1ª impressão (2011): 50 exemplares

Todos os direitos reservados.

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

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Agrobiologia**

M 827s MORAES, Luiz Fernando Duarte de
Sistemas agroflorestais para o uso sustentável do solo:
considerações agroecológicas e socioeconômicas / Luiz
Fernando D. de Moraes, Cristhiane Oliveira da G. Amâncio e
Alexander S. de Resende. Seropédica: Embrapa Agrobiologia,
2011. 28 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 281/2011).
ISSN: 1517-8498

1. SAF. 2. Sustentabilidade. 3. Produção agrícola. I.
Amâncio, Cristhiane Oliveira da Graça. II. Resende, Alexander
Silva de. III. Título. IV. Embrapa Agrobiologia. V. Série.

634.928 CDD 23.ed

Autores

Luiz Fernando Duarte de Moraes

Embrapa Agrobiologia, BR 465, km 7,

CEP 23851-970 - Seropédica, RJ.

E-mail: luiz.moraes@embrapa.br

Cristhiane Oliveira da Graça Amâncio

Embrapa Agrobiologia, BR 465, km 7,

CEP 23851-970 - Seropédica, RJ.

E-mail: cristhiane.amancio@embrapa.br

Alexander Silva de Resende

Embrapa Agrobiologia, BR 465, km 7,

CEP 23851-970 - Seropédica, RJ.

E-mail: alexander.resende@embrapa.br

Apresentação

As atitudes de usar com responsabilidade os recursos naturais (solo, água, ar, flora, fauna, energia), de preservar e conservar a natureza são cada vez mais necessárias para a sociedade moderna acarretando em uma busca constante por sistemas de produção agropecuários apoiados em princípios ecológicos e naturais.

Dentro desse cenário, a Embrapa Agrobiologia construiu o seu atual plano diretor de pesquisa, desenvolvimento e inovação, com a seguinte missão: “gerar conhecimentos e viabilizar tecnologias e inovação apoiados nos processos agrobiológicos, em benefício de uma agricultura sustentável para a sociedade brasileira”.

A série documentos nº 281 contém uma revisão de literatura sobre o potencial dos sistemas agroflorestais (SAF) em prestar serviços ambientais para a sociedade e as possíveis formas de retorno econômico para aqueles que adotam essas estratégias de produção. Os SAF apresentam características que aliam benefícios socioeconômicos e ambientais, cabe destacar o aspecto da segurança alimentar por meio do manejo da agrobiodiversidade, de forma a ofertar, nas diferentes épocas do ano, produtos que garantam o suprimento de alimentos na propriedade rural. Esta publicação contém material de leitura de interesse para o público em geral, que queira ampliar

seus conhecimentos sobre SAF e como estes conciliam produção e conservação ambiental.

Eduardo Francia Carneiro Campello
Chefe Geral da Embrapa Agrobiologia

Sumário

Introdução	9
Os sistemas agroflorestais e os serviços ecossistêmicos associados	11
Os aspectos socioeconômicos envolvendo os SAF	14
A importância da diversidade vegetal nos sistemas agroflorestais	18
Considerações finais	20
Referências Bibliográficas	21

Sistemas agroflorestais para o uso sustentável do solo: considerações agroecológicas e socioeconômicas

*Luiz Fernando Duarte de Moraes
Cristhiane Oliveira da Graça Amâncio
Alexander Silva de Resende*

Introdução

A intensificação da atividade agrícola convencional resulta na redução da diversidade e da resiliência ecológica de sistemas de uso da terra, uma vez que resulta geralmente na conversão de sistemas sombreados (florestas, por exemplo) em não sombreados (áreas abertas) para aumentar a produtividade no curto prazo (TSCHARNTKE et al., 2011). O retorno a sistemas produtivos mais diversos deve considerar benefícios mais evidentes ao usuário da terra, como os econômicos, que os relacionados à funcionalidade da diversidade (SWIFT et al., 2004). Nesse sentido, os Sistemas Agroflorestais (SAF) têm se mostrado uma alternativa importante para otimizar o uso da terra visando à produção agrícola a partir de um modelo mais sustentável ambientalmente (ENGEL, 1999).

Os SAF podem ser definidos como sistemas agropecuários que se diferenciam pela presença de um componente arbóreo ou lenhoso, cuja presença tem influência fundamental sobre a estrutura e a função do sistema (ENGEL, 1999). Em uma classificação mais difundida (MAY e TROVATTO, 2008; ENGEL, 1999), os sistemas agroflorestais são classificados com base em aspectos funcionais e estruturais da seguinte forma:

- a) Agrossilviculturais (ou silviagrícolas): quando espécies arbóreas, arbustivas ou palmeiras são combinadas com espécies agrícolas;
- b) Silvipastoris: combinação de árvores, arbustos ou palmeiras com espécies forrageiras e animais;
- c) Agrossilvipastoris: quando a atividade pecuária é desenvolvida em sistemas agrossilviculturais.

Outra classificação propõe que os SAF sejam categorizados em relação ao seu desenho no tempo. Nesse aspecto os SAF podem ser (a) sequenciais, em que as culturas anuais e a introdução de árvores se sucedem no tempo, como na agricultura migratória; (b) simultâneos, quando há integração simultânea e contínua de culturas anuais e perenes, como no plantio de árvores com potencial madeireiro conduzido simultaneamente a cultivos anuais; e (c) complementares, quando da utilização de árvores em cercas vivas ou em cortinas quebra-ventos.

Na Mata Atlântica, por exemplo, entre os tipos de SAF mais adotados (MAY e TROVATTO, 2008) estão: a tradicional agricultura de rodízio, adotada por comunidades tradicionais e que envolve a prática do pousio florestal; os quintais agroflorestais familiares (área de produção próxima à casa, com cultivo misto de espécies agrícolas e florestais, incluindo a criação de animais domésticos); os cacauais arborizados do sul da Bahia (“cabruca”); cafezais sombreados; o sistema silvibananeiro; os SAF de erva-mate e o sistema faxinal na região Sul do país e o sistema taungya, este último bastante utilizado para auxiliar a regeneração florestal e a recuperação do solo em áreas de agricultura migratória.

Como possíveis produtos e serviços oferecidos pelos SAF encontram-se (i) o incremento da produção agropecuária em sistemas silvipastoris, seja pela melhoria das condições nutricionais das pastagens ou pela oferta de conforto térmico aos animais por sombreamento; (ii) a proposição de modelos de produção associados às práticas da agricultura orgânica; (iii) o incremento na segurança alimentar de pequenos produtores; (iv) o restabelecimento do fluxo de serviços

ambientais, como a regulação do regime hídrico, o sequestro e estoque de carbono e a regulação do microclima; e (v) um potencial aumento na geração de renda para o agricultor pela diversificação de produtos e pela diminuição de custos de produção.

Esta revisão objetiva, assim, discutir aspectos relacionados aos serviços e produtos potencialmente oferecidos pelos sistemas agroflorestais, do ponto de vista agroecológico e socioeconômico, bem como analisar de que maneira a diversidade de espécies deve ser manejada para atender a esses serviços e produtos.

Os sistemas agroflorestais e os serviços ecossistêmicos associados

Nas regiões originalmente cobertas por florestas tropicais, os modelos de desenvolvimento foram, de uma maneira geral, associados a ciclos econômicos que substituíram sistematicamente as florestas, provedoras de importantes serviços ambientais, por modelos de produção agropecuária que em muitas situações resultaram em condições de degradação ambiental (ENGEL, 1999). A proposição de sistemas agroflorestais como sistemas de produção mais sustentáveis está baseada nos serviços ecossistêmicos, que são aqueles oferecidos pelo ambiente, de interesse direto ou indireto do ser humano, como a provisão de alimentos, fibras e energia; a manutenção dos recursos genéticos para o desenvolvimento de produtos industriais, farmacológicos e agrícolas; a provisão de madeira e minerais; a estabilização do clima; o controle de pestes e doenças; a purificação do ar e da água; a regulação do fluxo e a qualidade dos recursos hídricos; o controle da sedimentação; a manutenção da fertilidade do solo e do ciclo de nutrientes; a decomposição dos rejeitos orgânicos; os benefícios estéticos e culturais e as possibilidades de lazer (MAY e TROVATTO, 2008).

O modelo que tenta explorar ao máximo os aspectos produtivos e conservacionistas é o do SAF multiestratificado, que, pela sua semelhança com os ecossistemas naturais em termos de estrutura e

diversidade, pode oferecer diversos produtos e serviços, diminuindo a pressão extrativista sobre as florestas (gerando produtos madeireiros) e colaborando para a restauração de ecossistemas degradados (AMADOR, 2003), como no caso da recomposição de zonas ripárias (FERNANDES, 2006). Entretanto, os SAF devem aliar o aspecto conservacionista, de interesse no longo prazo, com as necessidades de curto prazo, como geração de renda e produção de alimentos (KNOKE et al., 2009; MAGCALE-MACANDONG et al., 2010).

De qualquer forma, o papel das árvores em uma maior disponibilização de nutrientes para o sistema, e mesmo como fonte de renda extra para os agricultores, levou a Organização das Nações Unidas (ONU) a classificar os SAF como uma importante ferramenta de desenvolvimento para agricultores de subsistência (NAIR, 2006).

Em tese, quanto maior a diversidade de espécies no SAF, maior será o número de interações ecológicas que poderão resultar em mais benefícios ao sistema (MILLER, 2009). Por exemplo, a menor incidência de pragas e doenças em SAF pode estar associada à maior biodiversidade, com espécies que podem atrair parasitoides de outras espécies ou mesmo promover a melhoria na fertilidade do solo (SCHROTH et al., 2000).

Os serviços ecossistêmicos prestados pelos SAF se devem, em grande parte, ao sombreamento promovido pelas espécies arbóreas presentes no sistema, que possibilita o controle da erosão do solo, uma melhor ciclagem de nutrientes, e a própria conservação da biodiversidade (CADISCH et al., 2006; TSCHARNTKE et al., 2011). O sombreamento pode conservar melhor a água no sistema, reduzindo as perdas por evapotranspiração, e criar condições ambientais para a introdução de espécies com potencial econômico. Plantas ornamentais podem ser incluídas no sistema para aproveitar espaços parcialmente sombreados entre as espécies frutíferas e as florestais (SALIN, 2010).

Atributos físicos do solo relacionados ao controle de erosão foram considerados mais adequados para a conservação em solo sob um

sistema agroflorestal quando comparado a um solo sob agricultura convencional (CARVALHO et al., 2004). Nesse estudo, realizado em um Latossolo vermelho argiloso, originalmente com baixa fertilidade e elevada acidez, o solo sob o SAF apresentou menor densidade aparente, maior porosidade, menor resistência à penetração e maior estabilidade de agregados.

A fixação e a ciclagem de nutrientes são fatores essenciais para a sustentabilidade dos sistemas agroflorestais. A fixação biológica do nitrogênio, por exemplo, pode ser incrementada com o uso de leguminosas, acelerando o processo de recuperação de um solo degradado (SILVA et al., 2006; LUIZÃO et al., 2006). No entanto, questiona-se a proporção em que essas espécies devem participar nos sistemas. Em plantios mistos de espécies arbóreas com dominância de leguminosas, a recuperação de um sítio degradado foi mais rápida que a obtida por outros modelos, mas houve períodos de perda de N e possível limitação na disponibilidade de P (SIDDIQUE et al., 2008). Nesse estudo, a observação de uma proporção média de $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ de 8,9 pode sugerir a existência de uma alta e prolongada nitrificação bruta e/ou altas concentrações de nitrato na solução do solo, gerando perdas de N na forma gasosa ou por lixiviamento; a menor disponibilidade de P no modelo com leguminosas deveu-se à maior taxa proporcional de reabsorção de P pela espécie fixadora de N predominante (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong).

A associação de árvores com culturas anuais e pastagens em sistemas silvipastoris pode colaborar para o sequestro de C, com o aumento qualitativo e quantitativo nos teores de C no solo, podendo mitigar a emissão de gás de efeito estufa pela ruminação (OLIVEIRA et al., 2008). Estimativas indicam que os SAF podem armazenar, em média, 120 mg/ha de C na biomassa aérea em regiões tropicais úmidas, mas o sequestro de C implica imobilização de N e P, que precisarão ser restabelecidos posteriormente (CADISCH et al., 2006). O uso da denominada simbiose tripartite, envolvendo bactérias fixadoras de N, fungos micorrízicos arbusculares e espécies florestais da família

Fabaceae, pode evitar ou mitigar essa imobilização de N e P resultantes da grande acumulação de C no sistema (MOREIRA et al., 2010).

Outros estudos relatam os questionáveis benefícios dos sistemas agroflorestais à fertilidade dos solos cultivados quando em comparação com sistemas convencionais. Na comparação entre sistemas convencionais e agroflorestais adotados na agricultura de subsistência nas montanhas do Nepal, não houve diferença nos teores de N, P, K e matéria orgânica do solo entre os dois sistemas (NEUPANE e THAPA, 2001). Da mesma forma, a implantação de sistemas agroflorestais em pastagens abandonadas não influenciou nos teores de N total, C orgânico e relação C:N no solo quando em comparação com as próprias pastagens (TORNQUIST et al., 1999). Vale destacar que, neste último estudo, o P extraível foi maior, na camada superficial de 25 cm, para o solo sob SAF.

Aspectos contraditórios mostrados acima reforçam a necessidade de novas pesquisas para compreender melhor a dinâmica de nutrientes, que precisa ser investigada de maneira holística e não compartimentalizada; há a necessidade de se compreender qual o destino dos nutrientes, além de compreender também o papel das árvores em acessar os reservatórios de nutrientes em camadas mais profundas dos solos.

Os aspectos socioeconômicos envolvendo os SAF

Informações sobre a função conservacionista têm sido mais valorizadas no processo de tomada de decisão envolvendo os SAF do que as relativas à sua dimensão socioeconômica (VIVAN et al., 2009). Atualmente, os produtores que adotam os sistemas agroflorestais têm que encarar custos de oportunidade (por não usar a terra para fins produtivos mais intensivos e em um prazo mais curto) e custos com a manutenção da área preservada (MAY; TROVATTO, 2008). Nessa lógica, existem iniciativas que propõem que usuários da terra que adotem sistemas mais conservacionistas sejam beneficiados economicamente pelos serviços ecossistêmicos prestados. Existe, no

âmbito do nosso legislativo federal, um projeto de lei de 2007 que prevê a implantação da Política Nacional de Serviços Ambientais. Desde o início dos debates, vários estados brasileiros publicaram normas regulamentando o pagamento por serviços ambientais. No Rio de Janeiro tem sido implementada através do Decreto n. 42.029, de 15 de junho de 2011, que regulamenta o pagamento por serviços ambientais (PSA) no Estado.

Para que os SAF apresentem retorno financeiro no curto prazo, há ainda a necessidade da expansão do mercado por produtos florestais não madeireiros, com o envolvimento, por exemplo, da indústria alimentícia (SMITH et al., 1996; LEAKEY, 1999). De qualquer forma, a análise das questões socioeconômicas envolvendo os SAF deve ser preferencialmente feita antes de sua implantação.

Um importante trunfo para a adoção do SAF, por exemplo, é o potencial de retorno econômico para o produtor, como pode ser observado na adoção de sistemas agroflorestais na recomposição da Reserva Legal em assentamentos rurais, realizada no Pontal do Paranapanema (SP), onde o SAF se mostrou sustentável economicamente, ainda que as árvores tenham sido implantadas somente para fins de conservação da biodiversidade, ficando a atividade econômica restrita ao cultivo nas entrelinhas (RODRIGUES et al., 2007).

Em outro exemplo, frutos produzidos pelas espécies arbóreas de sistemas agroflorestais têm funcionado como uma segunda fonte alimentar para agricultores familiares nas Filipinas, especialmente no período de entressafra das culturas anuais, e a renda familiar chegou a aumentar mais que 100% com a transposição das monoculturas para os sistemas agroflorestais biodiversos (MAGCALE-MACANDONG et al., 2010).

Além dos produtos agrícolas e florestais, há a possibilidade concreta da abertura de mercado para o pagamento dos serviços ambientais

(ou ecossistêmicos) prestados pelos SAF, como o sequestro de C, ainda que até o momento a regulamentação do Protocolo de Quioto não permita explicitamente a inclusão de práticas agroflorestais na compensação das emissões de gases do efeito estufa (MAY e TROVATTO, 2008). A emergência de mercados de C é vista pelos especialistas como uma possível fonte de financiamento para projetos de restauração pelo plantio misto com espécies nativas, que estocam mais C, mas têm um custo de implantação maior que os reflorestamentos em monocultura (KANOWSKI e CATERALL, 2010).

Para pesquisadores envolvidos com a restauração da Mata Atlântica no Brasil, entre os desafios para ampliar as áreas restauradas, encontra-se a redução dos custos de restauração (RODRIGUES et al., 2009). Nesse contexto, associar a restauração com produtos florestais (madeireiros e não madeireiros), como no caso dos sistemas agroflorestais, pode tornar a restauração atrativa para os agricultores.

No Brasil, seja pela adoção da agricultura convencional, seja por questões fundiárias (há, por parte dos agricultores, uma compreensão de que a presença de árvores em áreas produtivas traz restrições legais ao uso mais amplo da terra), as árvores são retiradas da paisagem rural. Para reverter esse quadro, incentivos oriundos de pagamentos por serviços ambientais podem estimular os produtores rurais a manter um alto ou médio sombreamento por árvores, uma vez que o manejo agroflorestal sustentável sugere a conservação ou criação de um estrato arbóreo diversificado, com espécies sombreadoras de uso múltiplo (ARONSON et al., 2010; TSCHARNTKE et al., 2011). Ou seja, sugere-se uma estratégia de que as árvores, uma vez inseridas no sistema de produção (através do SAF, certamente), podem ser podadas, mas não devem ser removidas do sistema.

Mesmo que não se viabilize o benefício financeiro direto pelo pagamento de serviços ambientais, os SAF podem, por permitir o uso permanente do solo, gerar renda e produtos de consumo familiar de forma contínua, além de garantir acesso a mercados e construir canais

de comercialização que agreguem valor diferencial aos seus produtos (MAY e TROVATTO, 2008). A agregação de valor conforme proposta pelos autores diz respeito ao surgimento de demandas para produtos associados ao uso sustentável da terra, criando um mercado que pode aumentar a rentabilidade dos produtos madeireiros e não madeireiros gerados pelos SAF.

Políticas públicas de nível global deveriam ser elaboradas visando à otimização dos benefícios oriundos da diversidade biológica e da complexidade dos agroecossistemas, garantindo a produção de alimentos e a conservação dos recursos naturais (ZIMMERER, 2010). No Brasil, as políticas públicas que apoiam a agricultura familiar dão apoio diretamente à multifuncionalidade dos sistemas agroflorestais (MAY e TROVATTO, 2008).

Os sistemas agroflorestais se propõem a integrar distintas instâncias da realidade rural brasileira (MILLER, 2009), contribuindo com a conservação de florestas e da biodiversidade, e mesmo interagindo sinergicamente com a legislação brasileira, como no caso da reposição florestal obrigatória por parte das empresas que exploram madeira (SCHROTH et al., 2006), do reflorestamento com espécies nativas da Mata Atlântica (BRASIL, 2006; BRASIL, 2008), e da restauração de áreas de preservação permanente e da reserva legal em propriedades onde é praticada a agricultura familiar, conforme o mais recente marco legal ambiental brasileiro (BRASIL, 2012).

O desenvolvimento, a consolidação e a difusão do potencial de utilização de sistemas agroflorestais no Brasil dependem da existência e atuação de profissionais qualificados em agrossilvicultura, da constante geração de conhecimento e de novas tecnologias agroflorestais direcionadas e aplicadas às realidades nacionais e regionais, além de uma efetiva e atuante extensão agroflorestal (MACEDO e VENTURINI, 2006). A própria Embrapa tem protagonismo reconhecido ao viabilizar bases científicas que deem suporte à tomada de decisões envolvendo a implantação e o manejo de sistemas agroflorestais no país (SÁ, 2006).

Os vários enfoques acadêmicos que podem ser dados aos sistemas agroflorestais exigem uma crescente criatividade dos pesquisadores, no sentido de tornar esses sistemas de produção uma realidade utilizada em maior escala e até em nível global. Entre os desafios encontram-se, por exemplo, a consolidação de uma base de dados ampla sobre as características funcionais de espécies arbóreas para uso e manejo em SAF, e a elaboração de um cronograma de produção que permita uma geração segura e constante de renda ao produtor.

A importância da diversidade vegetal nos sistemas agroflorestais

Inicialmente, é importante estabelecer que não há uma única resposta sobre o quanto de diversidade é necessário em um SAF; essa pergunta somente pode ser respondida se forem preestabelecidos critérios específicos, ou objetivos a serem atingidos, como a produtividade das culturas, a restauração de serviços ambientais ou a resistência a pragas e doenças (MAIN, 1999).

Uma vez compreendidas as principais funções conservacionistas e socioeconômicas do SAF, é importante entender melhor como a biodiversidade atua nessa forma de uso do solo. Antes, ressalte-se que a sustentabilidade ecológica e socioeconômica dos sistemas agroflorestais não está simplesmente relacionada à diversidade biológica em si, mas preferencialmente a aspectos mais específicos, como a presença de espécies-chave e a diversidade de grupos funcionais de espécies (ABEBE et al., 2010), além do correto manejo e desenho, no tempo e no espaço, da vegetação durante a construção consciente da diversidade funcional pelo agricultor (ALTIERI e NICHOLS, 1999 apud ARMANDO, 2002; MILLER, 2009).

A diversidade funcional aborda os valores e amplitudes de atributos funcionais dos organismos (ou espécies) em um dado ecossistema (DÍAZ e CABIDO, 2001), e seu fortalecimento é a chave da estratégia

para trazer sustentabilidade à produção. A adoção desse conceito está inserida na perspectiva BEF (biodiversidade-funcionamento do ecossistema), em que as diferenças entre as características funcionais e a interação entre as espécies se sobrepõem e definem melhor a biodiversidade do que simplesmente um conjunto de organismos (ENGEL, 2011).

Adicionalmente, a compreensão e a quantificação da relação biodiversidade-função ecossistêmica é importante como forma de mitigar a perda de hábitat natural e de espécies resultante do modelo de desenvolvimento econômico vigente (MIDGLEY, 2012). Ganhos econômicos de curto prazo, segundo o mesmo autor, podem assim trazer prejuízos à sociedade em longo prazo, gerando vulnerabilidades que poderiam ser corrigidas ou mesmo evitadas com o suficiente conhecimento sobre o papel funcional da biodiversidade. A diversidade funcional deve ser vista como uma possível ferramenta de manejo, focando em funções e serviços ecossistêmicos, especialmente quando houver múltiplas funções de interesse, caso dos sistemas agroflorestais (CADOTTE, 2011).

A riqueza de espécies dos SAF pode assim ser comparável a muitos ecossistemas naturais (ALTIERI, 1999), mas a falta de práticas de monitoramento para auferir o efetivo impacto dos grupos funcionais no planejamento estratégico de sistemas agroflorestais com alta diversidade de espécies (HUANG et al., 2002) pode ter contribuído para que serviços ambientais realizados pelos SAF - como o sequestro de carbono, a manutenção da qualidade da água e a conservação da biodiversidade - ainda não tenham sido bem mensurados ou valorados (NAIR, 1998; CAMPELLO et al., 2006).

Ainda que a diversidade biológica seja um componente conceitual dos SAF, seu potencial parece ser pouco explorado para resolver o atendimento às funções desses sistemas.

Considerações finais

Os Sistemas Agroflorestais apresentam custos de implementação e manutenção reduzidos (em comparação com grandes áreas agricultáveis ou silvícolas), e a diversificação da produção acarretando benefícios socioeconômicos e ambientais. A partir desse foco, observa-se que os SAF podem compatibilizar desenvolvimento econômico e conservação ambiental. De acordo com essa afirmação, entende-se que o SAF passa a ser um mantenedor ou mesmo um fornecedor de serviços ecossistêmicos em sua essência.

A prática indutiva de difusão dos SAF deve estar atrelada ao fortalecimento de políticas públicas que valorizem essa prática conservacionista. Ressalta-se que em muitas vezes os SAF demandam conhecimento técnico não só de produção agrícola quanto de produção florestal, item geralmente atendido quando se trata de conhecimento tradicional. Contudo, os SAF não se aplicam somente a membros de comunidades tradicionais; muitos agricultores familiares podem se beneficiar da prática e, com isso, agregar ganhos sociais (segurança alimentar, fortalecimento de laços de cooperação), econômicos (pagamento por serviços ambientais, diversificação na comercialização) e ambientais (conservação do solo, água e biodiversidade).

Os SAF também apresentam importância do ponto de vista da segurança alimentar, pois aliam conhecimento local sobre manejo de agroecossistemas, além da manutenção ou recomposição da agrobiodiversidade de maneira integrada aos componentes econômicos e ambientais. O aspecto do conhecimento local acerca do manejo compõe importante ferramenta metodológica para sistematização de experiências sobre a interação homem-natureza, além de servir como espaço de socialização de conhecimentos acerca das diferentes formas de manejar o SAF.

Referências Bibliográficas

ABEBE, T.; WIERSUM, K. F.; BONGERS, F. Spatial and temporal variation in crop diversity in agroforestry homegardens of southern Ethiopia. **Agroforestry systems**, v. 78, p. 309-322, 2010.

ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 19-31, 1999.

AMADOR, D. B. Restauração de ecossistemas com ecossistemas naturais. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p. 331-340.

ARMANDO, M. S. **Agrodiversidade**: ferramenta para uma agricultura sustentável. Brasília, DF: Embrapa, 2002. 23 p. (Embrapa Documentos, 75).

ARONSON, J.; BLIGNAUT, J. N.; MILTON, S. J.; DE WIT, M. P.; MUGIDO, W.; PRINSLOO, P.; VAN DER ELST, L.; LEDERER, N. Are socioeconomic benefits of restoration adequately quantified? A meta-analysis of recent papers (2000-2008) in Restoration Ecology and 12 other scientific journals. **Restoration Ecology**, v. 18, n. 2, p. 143-154, 2010.

BRASIL. Lei n. 12.561, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**, 28 de maio de 2012. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Lei n. 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 26 de dezembro de 2006. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Decreto n. 6.660, de 21 de novembro de 2008. Regulamenta dispositivos da lei n. 11.428. **Diário Oficial da União**, 24 de novembro de 2008. Seção 1, p. 1.

CADISCH, G.; MUTUO, P.; MERCADO, A.; HAIRIAN, K.; NYAMUGAFATA; BOYE, A.; ALBRECHT, A. Organic matter management in tropical agroforestry systems: soil quality, soil C storage and soil-atmosphere gas exchange. In: GAMA-RODRIGUES, A. C. da; BARROS, N. F. de; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; FREITAS, M. S. M.; VIANA, A. P.; JASMIN, J. M.; MARCIANO, C. R.; CARNEIRO, J. G. de A. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável**. Campos dos Goytacazes: UENF, 2006. 365 p.

CADOTTE, M. W. New diversity: management gains through insights into the functional diversity of communities. **Journal of Applied Ecology**, v. 48, p. 1067-1069, 2011.

CAMPELLO, E. F. C.; SILVA, G. T. A.; NÓBREGA, P. O.; VIEIRA, A. L. M.; FRANCO, A. A.; RESENDE, A. S. Implantação e manejo de SAF na Mata Atlântica: a experiência da Embrapa Agrobiologia. In: GAMA-RODRIGUES, A. C. da; BARROS, N. F. de; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; FREITAS, M. S. M.; VIANA, A. P.; JASMIN, J. M.; MARCIANO, C. R.; CARNEIRO, J. G. de A. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável**. Campos dos Goytacazes: UENF, 2006. 365 p.

CARVALHO, R., GOEDERT, W. J. ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal (nota científica). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 11, p. 113-1154, 2004.

DAROLT, M. R. **A evolução da agricultura orgânica no contexto brasileiro**. Disponível em: <http://www.planetaorganico.com.br/brasil.htm> acesso em 12 jan. 2011.

DÍAZ, S.; CABIDO, M. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 16, n. 11, p. 646-655, 2001.

ENGEL, V. L. Sistemas Agroflorestais: conceitos e aplicações. In: ENGEL, V. L. **Introdução aos sistemas agroflorestais**. Botucatu: FEPAF, 1999. 70 p.

ENGEL, V. L. Abordagem "BEF": Um novo paradigma na restauração de ecossistemas? In: Barbosa, L. M. IV SIMPÓSIO DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA, 4., São Paulo, 2011: desafios atuais e futuros: **anais**. São Paulo: IBT, 2011. p. 155-165.

FEARNSIDE, P. M. Degradação dos recursos naturais na Amazônia Brasileira: implicações para o uso de sistemas agroflorestais. In: PORRO, R. (Ed.). **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. p. 705-716. p. 87-96.

FERNANDES, E. C. M. Agroforestry for productive and sustainable landscapes in the face of global change. In: GAMA-RODRIGUES, A. C. da; BARROS, N. F. de; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; FREITAS, M. S. M.; VIANA, A. P.; JASMIN, J. M.; MARCIANO, C. R.; CARNEIRO, J. G. de A. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável**. Campos dos Goytacazes: UENF, 2006. p. 15-31.

HUANG, W.; LUUKKANEN, O.; JOHANSON, S.; KAARAKKA, V.; RÄISÄNEN, S.; VIHEMÄKI, H. Agroforestry for biodiversity conservation of nature reserves: functional group identification and analysis. **Agroforestry Systems**, v. 55, p. 65-72, 2002.

KANOWSKI, J.; CATERALL, C. P. Carbon stocks in above-ground biomass of monoculture plantations, mixed species plantations and environmental restoration plantings in north-east Australia. **Ecological Restoration and Management**, v. 11, n. 2, p. 119-126, 2010.

KNOKE, T.; CALVAS, B.; AGUIRRE, N.; ROMÁN-CUESTA, R. M.; GÜNTER, S.; STIMM, B.; WEBER, M.; MOSAND, R. Can tropical farmers reconcile subsistence needs with forest conservation? **Frontiers in Ecological and the Environmental**, v. 7, n. 10, p. 548-554, 2009.

LEAKEY, R. R. B. Potential for novel food products from agroforestry trees: a review. **Food Chemistry**, v. 66, p. 1-14, 1999.

LUIZÃO, F. J.; TAPIA-CORAL, S.; GALLARDO-ORDINOLA, J.; SILVA, G. C.; LUIZÃO, R. C. C.; TRUJILLO-CABRERA, L.; WANDELLI, E.; FERNANDES, E. C. M. Ciclos biogeoquímicos em agroflorestas da Amazônia. In: GAMA-RODRIGUES, A. C. da; BARROS, N. F. de; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; FREITAS, M. S. M.; VIANA, A. P.; JASMIN, J. M.; MARCIANO, C. R.; CARNEIRO, J. G. de A. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável**. Campos dos Goytacazes: UENF, 2006. 365 p.

MACEDO, R. L. G.; VENTURINI, N. Sistemas Agroflorestais: Interface Ensino-Extensão. In: GAMA-RODRIGUES, A. C. da; BARROS, N. F. de; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; FREITAS, M. S. M.; VIANA, A. P.; JASMIN, J. M.; MARCIANO, C. R.; CARNEIRO, J. G. de A. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável**. Campos dos Goytacazes: UENF, 2006. p. 331-342.

MAGCALE-MACANDONG, D. B.; RAÑOLA, F. M.; RAÑOLA JR., R. F.; ANI, P. A. B.; VIDAL, N. B. Enhancing the food security of upland farming households through agroforestry in Claveria, Misamis Oriental, Philippines. **Agroforestry Systems**, v. 79, p. 327-342, 2010.

MAIN, A. R. How much biodiversity is enough? **Agroforestry Systems**, v. 45, p. 23-41, 1999.

MAY, P. H.; TROVATTO, C. M. M. (Org.). **Manual agroflorestal para a Mata Atlântica**. Brasília, DF. Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2008. 196 p.

MIDGLEY, G. F. Biodiversity and ecosystem function. **Science**, v. 335, p. 174-175, 2012.

MILLER, R. Construindo a complexidade: o confronto de paradigmas agroflorestais. In: PORRO, R. (Ed.). **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. p. 1-21.

MONTAMBAULT, J. R.; ALAVALAPATI, J. R. R. Socioeconomic research in agroforestry: a decade in review. **Agroforestry systems**, v. 65, p. 151-161, 2005.

MOREIRA, F. M. S.; FARIA, S. M.; BALIEIRO, F. C.; FLORENTINO, L. A. Bactérias fixadoras de N₂ e fungos micorrízicos arbusculares em espécies florestais: avanços e aplicações biotecnológicas. In: FIGUEIREDO, M. do V. B.; BURITY, H. A.; OLIVEIRA, J. de P.; SANTOS, C. E. R. S.; STAMFORD, N. P. **Biotecnologia aplicada à agricultura**: textos de apoio e protocolos experimentais. Brasília, DF: Embrapa: Recife: IAP, 2010. p. 439-477.

NAIR, P. K. R. The role of soil science in the sustainability of agroforestry systems: eliminating hunger and poverty. In: GAMA-RODRIGUES, A. C. da; BARROS, N. F. de; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; FREITAS, M. S. M.; VIANA, A. P.; JASMIN, J. M.; MARCIANO, C. R.; CARNEIRO, J. G. de A. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável**. Campos dos Goytacazes: UENF, 2006. p. 203-216.

NAIR, P. K. R. Directions in tropical agroforestry research: past, present, and future. **Agroforestry Systems**, v. 38, p. 223-245, 1998.

OLIVEIRA, E. B.; RIBASKI, J.; ZANETTI, E. A.; PENTEADO JR., J. F. Produção, carbono e rentabilidade econômica de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus grandis* em sistemas silvipastoris no sul do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 57, p.45-56, 2008.

NEUPANE, R. P.; THAPA, G. B. Impact of agroforestry intervention on soil fertility and farm income under the subsistence farming system of the middle hills, Nepal. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 84, p. 157-167, 2001.

RODRIGUES, E. R. R.; CULLEN JR., L.; BELTRAME, T. P.; MOSCOGLIATO, A. V.; SILVA, I. C. Avaliação econômica de sistemas agroflorestais implantados para recuperação de reserva legal no pontal do Paranapanema, São Paulo. **Revista Árvore**, n. 31, v. 5, p. 941-948, 2007.

RODRIGUES, R. R.; LIMA, R. A. F.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 42, n. 6, p. 1242-1251, 2009.

SÁ, T. D. A. A Embrapa contribuindo em pesquisa, desenvolvimento e inovação em sistemas agroflorestais para o desenvolvimento sustentável do Brasil. In: GAMA-RODRIGUES, A. C. da; BARROS, N. F. de; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; FREITAS, M. S. M.; VIANA, A. P.; JASMIN, J. M.; MARCIANO, C. R.; CARNEIRO, J. G. de A. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável**. Campos dos Goytacazes: UENF, 2006. p. 321-330.

SALIN, T. C. **Caracterização de sistemas de produção no município de Ibimirim, região semiárida de Pernambuco: as bases para um planejamento agroflorestal**. 2010. 124 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

SCHROTH, G.; MOTA, M. S. S.; JEROZOLIMSKI, A. Agroforestry and the conservation of forest cover and biodiversity in tropical landscapes - on-site and off-site effects and synergies with environmental legislation. In: GAMA-RODRIGUES, A. C. da; BARROS, N. F. de; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; FREITAS, M. S. M.; VIANA, A. P.; JASMIN, J. M.; MARCIANO, C. R.; CARNEIRO, J. G. de A. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável**. Campos dos Goytacazes: UENF, 2006. p. 67-86.

SCHROTH, G.; KRAUSS, U.; GASPAROTTO, L.; DUARTE-AGUILAR, J. A.; VOHLAND, K. Pests and diseases in agroforestry systems of the humid tropics. **Agroforest Systems**, p. 50, p. 199-241, 2000.

SIDDIQUE, I.; ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A.; LAMB, D.; NARDOTO, G. B.; OMETTO, J. P. H. B.; MARTINELLI, L. A.; SCHMIDT, S. Dominance of legume trees alters nutrient relations in mixed species forest restoration plantings within seven years. **Biogeochemistry**, v. 88, p. 89-10, 2008.

SILVA, T. A. S.; RESENDE, A. S.; CAMPELLO, E. F. C.; DIAS, P. F.; FRANCO, A. A. Importância da fixação biológica de nitrogênio na sustentabilidade de sistemas agroflorestais. In: GAMA-RODRIGUES, A. C. da; BARROS, N. F. de; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; FREITAS, M. S. M.; VIANA, A. P.; JASMIN, J. M.; MARCIANO, C. R.; CARNEIRO, J. G. de A. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável**. Campos dos Goytacazes: UENF, 2006. p. 257-273.

SMITH, N. J. H.; FALESI, I. C.; ALVIM, P. T.; SERRÃO, E. A. S. Agroforestry trajectories among smallholders in the Brazilian Amazon: innovation and resiliency in pioneer and older settled areas. **Ecological Economics**, v. 18, p. 15-27, 1996.

TORNQUIST, C. G.; HONS, F. M.; FEAGLEYB, S. E.; HAGGAR, J. Agroforestry system effects on soil characteristics of the Sarapiquí region of Costa Rica. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 73, p. 19-28, 1999.

TSCHARNTKE, T.; CLOUGH, Y.; BHAGWAT, S. A.; BUCHORI, D.; FAUST, H.; HERTEL, D.; LSCHER, D. H.; JUHRBANDT, J.; KESSLER, M.; PERFECTO, I.; SCHERBER, C.; SCHROTH, G.; VELDKAMP, E.; WANGER, T. C. Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscape: a review. **Journal of Applied Ecology**, v. 48, p. 619-929, 2011.

VIVAN, J. L.; MAY, P. H.; CUNHA, L. H. H.; BOEF, W. S.; CLEMENT, C. R. Analysis of the information used in the management of plant genetic resources: a case study of northwestern Mato Grosso, Brazil. **Agroforest Systems**, v. 76, p. 591-604, 2009.

ZIMMERER, K. S. Biological diversity in agriculture and global change. **Annual Reviews of Environmental Resources**, v. 35, p. 137-166, 2010.

Embrapa

Agrobiologia

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA