

Universidade do Estado do Pará  
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado



Renan Coelho de Vasconcellos

**Serviços ecossistêmicos e ambientais na produção agrícola: um estudo em sistemas agroflorestais**

Belém  
2017

Renan Coelho de Vasconcellos

**Serviços ecossistêmicos na produção agrícola: um estudo em sistemas agroflorestais**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais.

Universidade do Estado do Pará.

Orientador(a): Profa. Dra. Norma Ely Santos Beltrão.

Belém  
2017

Renan Coelho de Vasconcellos

## **Serviços ecossistêmicos e ambientais na produção agrícola: um estudo em sistemas agroflorestais**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará.

Data da Defesa: 24/02/2017

Banca examinadora

\_\_\_\_\_ - Orientadora  
Profª Dra Norma Ely Santos Beltrão  
Doutora em Economia Agrícola  
Universidade do Estado do Pará

\_\_\_\_\_ - 1º Examinador  
Profª Dra Lucieta Guerreiro Martorano  
Doutora em Fitotecnia/Agrometeorologia  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

\_\_\_\_\_ - 2º Examinador  
Profª Dra Ana Cláudia Caldeira Tavares Martins  
Doutora em Botânica  
Universidade do Estado do Pará

\_\_\_\_\_ - 3º Examinador  
Prof Dr Manoel Tavares de Paula  
Doutor em Agroecossistemas da Amazônia  
Universidade do Estado do Pará

\_\_\_\_\_ - Suplente  
Prof Dr Ismael Matos da Silva  
Doutor em Ciências Agrárias  
Universidade do Estado do Pará

Aos meus pais, pelos ensinamentos e principalmente virtudes herdadas.

Meus heróis.

## RESUMO

São crescentes as pressões por uma atividade agrícola mais sustentável. Uma das formas a responder a esses interesses aparentemente conflitantes é a adoção de sistemas agroflorestais (SAFs). Estes sistemas se caracterizam pelo uso de determinadas técnicas e usos da terra onde ocorre a implantação de espécies florestais em conjunto com culturas agrícolas e/ou pecuária num mesmo arranjo espacial. Deste modo, o objetivo deste projeto foi avaliar a variação de prestação de serviços ecossistêmicos (SE) por sistemas agroflorestais (SAF) através de indicadores. Os objetivos específicos foram: i) selecionar indicadores ambientais aptos a responderem aos serviços ecossistêmicos prestados por sistemas agroflorestais; e ii) identificar e quantificar os serviços ecossistêmicos prestados por sistemas agroflorestais quando comparados com uma monocultura e uma área de floresta a partir de parâmetros selecionados nas áreas de estudo. O primeiro objetivo foi realizado a partir de análise qualitativa, por meio de levantamento bibliográfico do arcabouço teórico e metodológico de indicadores ambientais aptos a responderem de maneira precisa às interações entre solo-planta-atmosfera e suas aplicações em SAFs. Os indicadores selecionados, subdivididos entre quatro tipos de serviços ecossistêmicos (provisão, regulação, hábitat e cultural) foram: sequestro de carbono por biomassa arbórea, aporte de nutrientes no solo, aporte de carbono no solo, potencial de abatimento de erosão, índice de evapotranspiração, índice de Shannon-Weiner e custo evitado de compra de medicamentos devido à plantação de espécies com valor medicinal. O segundo objetivo foi realizado a partir de uma análise quantitativa da estimativa de prestação de serviços ecossistêmicos a partir de dados primários. Foram avaliadas quatro áreas no município de Santa Bárbara (PA), sendo um SAF em aleias, de um SAF multiestrata, uma monocultura de açaí sem adubação e uma área de floresta nativa para servir de testemunho de uma área natural. Os indicadores utilizados foram: i) fertilidade do solo (pH, P, K e Na) e carbono orgânico total; ii) sequestro de carbono por biomassa arbórea; iii) volume comercial de matéria prima madeireira; e iv) índice de diversidade de Shannon-Weiner. Os resultados indicaram possível melhora na qualidade do solo nos SAFs analisados quando comparados com a monocultura; um maior sequestro de carbono e volume comercial madeireiro no SAF multiestratificado em relação ao feito em aleias; e incremento de biodiversidade, mesmo que em baixa intensidade, nas áreas de SAF comparadas com monocultura, mas ainda apresentando valores bastante abaixo daqueles esperados por áreas de ecossistemas naturais.

**Palavras-chave:** Indicadores ambientais, agricultura sustentável, prestação de serviços ecossistêmicos.

## ABSTRACT

There has been increasing pressure for more sustainable agricultural activities and one of the ways to respond to these conflicting interests is the adoption of agroforestry systems (AFSs). These systems are characterized by using of certain techniques and land uses where the implantation of forest species together with agricultural crops and / or livestock in the same space arrangement takes place. In this way, the objective of this project was to evaluate the variation of ecosystem services (ES) by agroforestry systems through indicators. The specific objectives were: i) to select environmental indicators capable of responding to the ecosystem services provided by agroforestry systems; and ii) to identify and quantify the ecosystem services provided by agroforestry systems when compared to a monoculture and a forest area from selected parameters in the study areas. The first objective was accomplished through qualitative analysis, through a bibliographical survey of the theoretical and methodological framework of environmental indicators capable of responding in a precise way to the interactions between soil-plant-atmosphere and its applications in AFSs. The selected indicators, subdivided into four types of ecosystem services (provision, regulation, habitat and cultural) were: carbon sequestration by tree biomass, nutrient input in soil, carbon input in the soil, erosion abatement potential, evapotranspiration index, Shannon-Weiner index and avoided purchase cost of medicines due to the planting of species with medicinal value. The second objective was based on a quantitative analysis of the estimation of the provision of ecosystem services from primary data. Four areas located in the Santa Barbara municipality (PA) were evaluated: a SAF in alley, a multi-stratified SAF, an unmanufactured açai monoculture, and a native forest area to serve as a testimony to a natural area. The indicators used were: i) soil fertility (pH, P, K and Na) and total organic carbon; ii) carbon sequestration by tree biomass; iii) commercial volume of timber raw material; and iv) Shannon-Weiner diversity index. The results indicated a possible improvement in soil quality in the SAFs analyzed when compared to monoculture; increased carbon sequestration and commercial timber volume in multi-stratified SAF in relation to that made in alley; and increase of biodiversity, even in low intensity, in SAF areas compared to monoculture, but still presenting values below those expected by areas of natural ecosystems.

**Keywords:** Environmental indicators, sustainable agriculture, provision of environmental services.

## LISTA DE FIGURAS

### Artigo 1

Figura 1: Modelo teórico conceitual da prestação de serviços ecossistêmicos	20
Figura 2: Prestação de serviços ecossistêmicos num sistema agroflorestal	23

### Artigo 2

Figura 1: Mapa de localização da Comunidade Expedito Ribeiro	50
Figura 2: Resultados da prestação de serviços ecossistêmicos pelas áreas estudadas	61

## LISTA DE TABELAS

### Artigo 1

Tabela 1: Serviços ecossistêmicos potencialmente encontrados em sistemas agroflorestais e procedimentos metodológicos por indicador de serviços.	31
Tabela 2: Prestação de SE por modelo de SAF através dos indicadores selecionados	34

### Artigo 2

Tabela 1: Resultados da amostragem de solo nas áreas de estudo.	55
Tabela 2: Biomassa aérea e carbono estocado no sistema agroflorestal em aleias.	56
Tabela 3: Biomassa aérea e carbono estocado no sistema agroflorestal em aleia multiestratificada.	57
Tabela 4: Biomassa aérea e carbono estocado por hectare.	58
Tabela 5: Área basal e volume comercial do sistema agroflorestal em aleias.	58
Tabela 6: Área basal e volume comercial do sistema agroflorestal em aleias multiestratificado.	59
Tabela 7: Área basal e volume comercial por hectare das áreas estudadas.	59
Tabela 8: Índice de diversidade de Shannon para as áreas de estudo.	60

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO (GERAL)</b>	9
	REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO (GERAL)	13
<b>2</b>	<b>ARTIGO 1 –.Aspectos gerais para indicadores em sistemas agroflorestais</b>	15
	RESUMO	16
2.1	INTRODUÇÃO	17
2.2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.3	MATERIAIS E MÉTODOS	21
2.4	INDICADORES DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS	22
2.5	ASPECTOS GERAIS PARA INDICADORES EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS	30
2.6	RELEVÂNCIA, POTENCIALIDADES E ENTRAVES PARA ADOÇÃO DE INDICADORES	36
2.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
<b>3</b>	<b>ARTIGO 2 - Identificação dos serviços ecossistêmicos na produção agrícola: um estudo em sistemas agroflorestais</b>	45
	RESUMO	46
3.1	INTRODUÇÃO	48
3.2	MATERIAIS E MÉTODOS	49
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES	55
3.4	CONCLUSÕES	61
	REFERÊNCIAS	61
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES (GERAIS)</b>	64
	Anexos	65

## 1. INTRODUÇÃO (GERAL)

Atualmente, tem-se um grande debate na comunidade científica sobre a importância de sistemas agroflorestais (SAF) como alternativa sustentável no meio rural dadas as pressões geradas pela demanda por alimentos, ao mesmo tempo que se busca a manutenção da qualidade dos serviços ecossistêmicos (SE) (HENRY et al., 2009, GROOT & MEER (2010), ARCO-VERDE & AMARO (2015) e TAVARES et al., (2015). Segundo estes autores, a adoção de SAFs no meio rural para pequenos agricultores e populações tradicionais serviria como apoio à fonte de alimentos, produção de produtos madeireiros e não madeireiros e aumento da rentabilidade.

O termo “agrofloresta” surgiu na década de 1970 como forma de incentivar o uso de árvores em culturas agrícolas, devido aos impactos ambientais provocados pela Revolução Verde e intensificação de monoculturas (WAC, 2016). Uma das primeiras conceituações de SAFs foi apresentada por Nair (1993), onde são descritos como sistemas de uso da terra em que ocorre o uso de plantas lenhosas perenes juntamente com agricultura e/ou pecuária, numa interação econômica ecológica de seus componentes num arranjo espacial ou temporal.

O grande atrativo dos SAFs em termos ambientais é a inclusão de espécies arbóreas juntamente com a atividade agropecuária. Diversos autores como Woda (2009), Lasco et al. (2014) e Arco-Verde & Amaro (2015) apontam como principais benefícios das árvores a possibilidade de exploração madeireira controlada; alimentos por produtos não madeireiros; aumento da viabilidade da produção; aumento da biodiversidade, tanto florística como faunística; produção de combustíveis e medicamentos; proteção contra erosões eólicas e hídricas; e ciclagem de nutrientes e matéria orgânica no solo.

Tais benefícios da implantação de SAFs são incentivados principalmente para pequenas propriedades na região dos trópicos. Isto ocorre em virtude da presença de ricas florestas com alta biodiversidade; do elevado índice de desmatamento que elas sofrem; da dificuldade dos governos em gerirem tais áreas, seja pela falta de recursos ou pela complexidade das relações socioeconômicas e ambientais no campo; e do próprio número de pequenos proprietários serem grande. Mudanças econômicas e/ou ambientais locais tornam estes proprietários os primeiros a serem atingidos, impactando intensamente seu modo de vida e subsistência (HENRY et al., 2009; PALUDO & COSTABEBER, 2012; OLIVEIRA & MORETTI-PIRES, 2016).

A importância destes sistemas para a realidade da Amazônia é destacada por Sanguino et al. (2011), Oliveira Junior & Cabreira (2012) e Junqueira et al. (2013) no tocante à importância do Brasil do contexto mundial de produção de alimentos. O uso de SAFs é visto como uma alternativa promissora para a produção alimentícia, redução da pobreza de populações tradicionais e manejo sustentável.

Os benefícios destacados da implantação de SAFs na região Amazônica se relacionam com o aumento de biomassa, manutenção da ciclagem de nutrientes devido às raízes das espécies florestais instaladas e proteção do solo pela cobertura vegetal. Desta forma, reduzem-se os principais fatores de perda de fertilidade do solo, garantindo que as áreas sejam utilizadas por mais tempo e novas áreas não sejam desflorestadas para fins agrícolas. A relevância dos SAFs é tanta, que são reconhecidos como importantes prestadores de serviços ecossistêmicos (SE) culturais, segundo a Avaliação Ecosistêmica do Milênio (Millennium Ecosystem Assessment – MEA, 2005) e de regulação atmosférica pelo sequestro de carbono pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2007).

Serviços ecossistêmicos têm sido estudados desde a década de 1970, porém ganhou destaque a partir do estudo realizado pelo MEA em 2005. Tal estudo contou com cerca de 1300 cientistas e procurou abordar cientificamente esta relação explicando suas modalidades de ocorrência considerando outras variáveis como políticas públicas, mapeamento dos serviços ambientais e dinâmicas de uso de solo, além de propor uma definição clara dos serviços ecossistêmicos de modo que possam ser utilizadas por diversas partes interessadas, tais como cientistas, políticos, economistas, usuários de terra, ambientalistas e público em geral (FISHER et al., 2009; CROSSMAN et al., 2013).

De modo resumido, temos que serviços ecossistêmicos são os aspectos dos ecossistemas utilizados (ativa ou passivamente) para produzir bem-estar humano (COSTANZA, 1997). Além disso, deve haver diferenciação entre os conceitos de bens ecossistêmicos. Por definição, tem-se que: 1) função ambiental trata-se dos processos que a natureza normalmente executa; 2) bens ecossistêmicos são a parte material da natureza, podendo ser consumidos ou comercializados; e 3) serviços são benefícios ao ser humano, decorrentes das funções ambientais (WILSON et al., 2005; VEZZANI, 2015).

Uma preocupação nesta temática, levantado pela Economia Ecológica, é o fato de os serviços ecossistêmicos não serem contabilizados com a devida

importância pelas atividades produtivas, resultando negligências durante o processo de decisão. A explicação pode residir na natureza de bens públicos, não exclusivos dos serviços e sem preço no mercado (COSTANZA et al., 1997).

A hipótese norteadora deste trabalho foi a de que indicadores de serviços ecossistêmicos são capazes de traduzir a importância ambiental de SAFs num processo de tomada de decisão ao expressarem a comparação de serviços prestados com uma área de monocultura.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral:**

Avaliar a variação de prestação de serviços ecossistêmicos por sistemas agroflorestais através de indicadores ambientais.

### **1.1.2 Objetivos específicos:**

- Apresentar os aspectos gerais para indicadores ambientais em sistemas agroflorestais;
- Selecionar indicadores ambientais aptos a responderem aos serviços ecossistêmicos prestados por sistemas agroflorestais;
- Identificar e quantificar os serviços ecossistêmicos prestados por sistemas agroflorestais quando comparados com uma monocultura a partir de parâmetros selecionados nas áreas de estudo;

## **1.2 Procedimentos metodológicos**

Cada objetivo específico corresponde a um artigo científico gerado separadamente. Para tanto, a fundamentação teórica para esta pesquisa constou de levantamento bibliográfico a respeito de i) sistemas agroflorestais; ii) sua presença na Amazônia; iii) serviços ecossistêmicos; e iv) indicadores ambientais para todos os trabalhos.

O primeiro artigo foi realizado a partir de análise qualitativa e levantamento bibliográfico do arcabouço teórico e metodológico de indicadores de serviços ecossistêmicos e suas aplicações em SAFs. Um conjunto de sete indicadores foram selecionados de forma a representar quatro tipos de serviços ecossistêmicos – provisão, regulação, habitat e cultural (TEEB FOUNDATIONS, 2010), para que,

quando aplicados em campo, consigam representar a maior parte dos serviços ecossistêmicos realmente prestados.

O segundo artigo estimou a prestação de serviços ecossistêmicos a partir de dados primários com uso da maioria dos indicadores selecionados no primeiro artigo. As análises foram realizadas em três áreas distintas, todas com a produção econômica da mesma espécie: uma em manejo de monocultura e as outras duas em esquema de sistema agroflorestal. Cabe ressaltar que o uso dos indicadores apresentados na primeira parte deste trabalho não exclui a possibilidade de inclusão de novos indicadores, sempre com o intuito de expressar da melhor forma possível os parâmetros ambientais avaliados. Como resultado, quantificou-se os benefícios gerados, em termos de serviços ecossistêmicos, oriundos da adoção de SAFs.

#### 1.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCO-VERDE, M. F.; AMARO, G. C. Metodologia para análise da viabilidade financeira e valoração de serviços ambientais em sistemas agroflorestais. In: PARRON, L.M.; GARCIA, J.R.; OLIVEIRA, E.B.; BROWN, G.G.; PRADO, R.B. **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2015. Capítulo 30.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; GROOT, R.; FARBERK, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R.V.; PARUELO, J.; RASKIN, R.G.; SUTTONK, P.; BELT, M. VAN DEN. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, n. 15, 1997.

CROSSMAN, N.D.; BURKHARD, B.; NEDKOV, S.; WILLEMEN, L.; PETZ, K.; PALOMO, I.; DRAKOU, E.G.; MARTÍN-LOPEZ, B.; MCPHEARSON, T.; BOYANOVA, K.; ALKEMADE, R.; EGOH, B.; DUNBAR, M.B.; MAES, J. A blueprint for mapping and modeling ecosystem services. **Ecosystem Services**, v. 4, p.4–14, 2013.

FERNANDES, M.M.; CEDDIA, M.B.; MAY, P.H.; BOCHNER, J.K.; GRANADEIRO, L.C.; FERNANDES, M.R.M. Valoração dos serviços ambientais prestados pela Mata Atlântica na manutenção da qualidade da água em microbacias na Área de Proteção Ambiental do Sana, Rio de Janeiro. **Scientia Plena**, v.11, n.5, 2015.

FURIO, P.R. **Valoração Ambiental: aplicação de métodos de valoração em empresas dos setores mineração, papel e celulose e siderurgia**. 2006. 114. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) – Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2006.

FISHER, B.; TURNER, R.K.; MORLING, P. Defining and classifying ecosystem services for decision making. **Ecological Economics**. [S. l.] v. 68, n. 3, p. 643–653, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800908004424>>. Acesso em: 21 out. 2012.

GROOT, R.S.; MEER, P.J R. van der. Quantifying and valuing goods and services provided by plantation forests. In: BAUHUS, J.; MEER, P. van der; KANNINEN, M. **Ecosystem Goods and Services from Plantation Forests**. Earthscan, 2010. 254p.

HENRY, M.; TITTONELL, P.; MANLAY, R.J.; BERNOUX, M.; ALBRECHT, A.; VANLAUWE, B. Biodiversity, carbon stocks and sequestration potential in aboveground biomass in smallholder farming systems of western Kenya. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 129, p. 238-252, 2009.

IPCC – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change). **Climate Change 2007: the physical Science basis**. Contribution of Working Group to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: 2007.

JUNQUEIRA, A.C; SCHLINDWEIN, M.N; CANUTO, J.C; NOBRE, H.G; SOUZA, T.J.M. Sistemas agroflorestais e mudanças na qualidade do solo em assentamento de reforma agrária. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 8, n. 1, p. 102-115, 2013.

LASCO, R.D.; DELFINO, R.J.P.; CATA CUTAN, D.C.; SIMELTON, E.S.; WILSON, D.M. Climate risk adaptation by smallholder farmers: the roles of trees and

agroforestry. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 6, p.83–88, 2014.

MEA - MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends**, v.1. Washington: Island Press, 2005. Disponível em: <<http://www.millenniumassessment.org/documents/document.766.aspx.pdf>>. Acessado em: 05 abr. 2016.

NAIR, P.K.R. **An introduction to agroforestry**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. 499p.

OLIVEIRA JUNIOR, C.J.F.; CABREIRA, P.P. Sistemas agroflorestais: potencial econômico da biodiversidade vegetal a partir do conhecimento tradicional ou local. **Revista Verde**, v.7, n.1, p. 212 – 224, 2012.

OLIVEIRA, M.S.V.; MORETTI-PIRES, R.O. Sistemas Agroflorestais Multiestrata: Um Novo Paradigma Da Relação Agrícola. **Saúde e transformação social**, v.7, n.1, p. 16-27, 2016.

PALUDO, R.; COSTABEBER, J.A. Sistemas agroflorestais como estratégia de desenvolvimento rural em diferentes biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 2, p.63-76, 2012.

SAMPAIO, J.A.G.; DEZORDI, M.J.; HOFFMANN, M.; NARDOTO, D.B. Economia monetária de fertilizantes nitrogenados e valoração de créditos de carbono de um sistema agroflorestal em área de Cerrado do Brasil Central. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 3, 2014.

SANGUINO, A. C., SANTANA, A. C. D., HOMMA, A. K. O., BARROS, P. L. C. D., KATO, O. K., & AMIN, M. M. G. H. Análise econômica de investimentos em sistemas de produção agroflorestal no estado do Pará. **Revista de Ciências Agrárias / Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 47, n. 1, 23-48, 2011.

TAVARES, P.D.; SILVA, C.F.; PEREIRA, M.G.; FREO, V.; SILVA, E.M.R. Sistemas agroflorestais e agricultura tradicional promovendo a qualidade do solo na Mata Atlântica. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2015.

VEZZANI, F.M. Solos e os serviços ecossistêmicos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, número especial, p. 673-684, 2015.

WAC – World Agroforestry Centre. **History of ICRAF and the World Agroforestry Centre**. 2016. Disponível em: <<http://www.worldagroforestry.org/about/history>>. Acesso em: 05 jun. 2016.

WODA, C. Indicadores para serviços ambientais em sistemas agroflorestais: um estudo de caso no nordeste paraense. In: PORRO, R. (Ed.). **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília, DF: Embrapa, 2009.

WILSON, M.A.; COSTANZA, R.; BOUMANS, R.; LIU, S. **Integrated assessment and valuation of ecosystem goods and services provided by coastal systems**. The intertidal ecosystem: The value of Ireland's shores, p. 1–24. Dublin: 2005.

**2 – ARTIGO\*****Aspectos gerais para indicadores em sistemas agroflorestais**

\*Este artigo foi apresentado na qualificação e posteriormente submetido à Revista Interações. As normas para submissão da revista e o comprovante de submissão se encontram no anexo.

## **ASPECTOS GERAIS PARA INDICADORES DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

**RESUMO:** Este trabalho tem como objetivo avaliar de forma qualitativa a prestação de serviços ecossistêmicos (SE) por categoria de sistemas agroflorestais (SAF) a partir de uma base de sete indicadores ambientais pré-selecionados. Os modelos de SAFs avaliados foram os multiestratificados, em aleias, *taungya* e cercas-vivas. Os SAFs multiestratificados possuem maior potencial de prestação de SE por possuírem composição que mais se assemelha a uma floresta natural.

**Palavras-chave:** Indicadores de sustentabilidade, carbono, nutrientes, mudanças climáticas.

## **GENERAL ASPECTS FOR INDICATORS OF ECOSYSTEM SERVICES IN AGROFORESTRY SYSTEMS**

**ABSTRACT:** The objective of this work is to qualitatively evaluate the performance of ecosystem services (ES) by type of agroforestry systems (AFS) based on seven pre-selected environmental indicators. The models of AFSs evaluated were multi-stratified, in alley, *taungya* and hedgerows. Multi-stratified AFSs have a greater potential for ES provision because they have the composition that most resembles a natural forest.

**Keywords:** Sustainability indicators, carbon, nutrients, climate change.

## ***ASPECTOS GENERALES DE LOS INDICADORES DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LOS SISTEMAS AGROFORESTALES***

**RESUMEN:** Este estudio tiene como objetivo evaluar cualitativamente la prestación de servicios de los ecosistemas (SE) por tipo de sistemas agroforestales (SAF) de una base de siete indicadores ambientales preseleccionadas. Los modelos fueron evaluados multistrata SAFs en callejones, *taungya* y setos. Los SAFs multistrata tienen mayor potencial para proporcionar SE por tener membresía que se asemeja a un bosque natural.

**Palabras clave:** indicadores de sostenibilidad, carbono, nutrientes, el cambio climático.

## ***ASPECTS GÉNÉRAUX DES INDICATEURS DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES DANS LES SYSTÈMES AGROFORESTIERS***

**RÉSUMÉ:** Cette étude vise à évaluer qualitativement la fourniture de services écosystémiques (SE) par type de systèmes agroforestiers (SAF) d'une base de sept indicateurs environnementaux pré-sélectionnés. Les modèles ont été évalués multistrates SAF dans les ruelles, *taungya* et haies. Les SAF pluristratifiés ont un plus grand potentiel de fournir SE ayant l'adhésion qui ressemble à une forêt naturelle.

**Mots-clés:** indicateurs de durabilité, le carbone, les nutriments, les changements climatiques.

## 1. INTRODUÇÃO

As pressões por uma atividade agrícola mais sustentável crescem em todas as regiões do planeta, gerando um embate polarizado entre aqueles que mantêm práticas convencionais e os que buscam iniciativas e mudanças conservacionistas, reduzindo as externalidades negativas provocadas pelas atividades de produção de alimentos (FERRAZ, 2003; PALUDO & COSTABEBER, 2012). Uma das formas a responder a esses interesses aparentemente conflitantes é a adoção de sistemas agroflorestais (SAFs). Estes sistemas se caracterizam pelo uso de determinadas técnicas e usos da terra onde ocorre a implantação de espécies florestais em conjunto com culturas agrícolas e/ou pecuária num mesmo arranjo espacial (PALUDO & COSTABEBER, 2012). Esta alternativa busca conciliar a agropecuária e silvicultura, assim como suas produtividades, a fim de garantir uma maior sustentabilidade, não deixando de lado a produção de alimentos, fonte de renda e subsistência dos pequenos produtores, notadamente nas regiões tropicais (SHARMA et al., 2007).

O grande atrativo dos SAFs em termos ambientais é a inclusão de espécies arbóreas juntamente com a atividade agropecuária. Diversos autores como Woda (2009) e Arco-Verde & Amaro (2015) apontam como principais benefícios das árvores a possibilidade de exploração madeireira controlada; produção de alimentos e produtos não madeireiros; aumento da viabilidade da produção; aumento da biodiversidade, tanto florística como faunística; produção de combustíveis e medicamentos; proteção contra erosões eólicas e hídricas; e ciclagem de nutrientes e matéria orgânica no solo.

A presença de ricas florestas com alta biodiversidade na Floresta Amazônica, além da densidade populacional com número considerável de pequenos e médios produtores agrícolas tornam estas áreas importantes para a adoção de SAFs (HENRY et al., 2009). A princípio, estes sistemas funcionariam como alternativa para frear a taxa de desmatamento e, ainda, auxiliar na recuperação de áreas degradadas.

Castro et al. (2009) destacam o aspecto tradicional dos SAFs neste bioma, com agricultura familiar organizada utilizando técnicas mantidas por gerações oriundas comunidades indígenas, caboclas e ribeirinhas, adaptando-se às evoluções no uso da terra. O foco de auto subsistência tido por estas comunidades eleva a importância dos SAFs ao prover alimento, saúde (através de plantas medicinais) e matéria prima para moradia e vestuário.

Apesar das informações sobre os benefícios econômicos dos SAFs estarem bem consolidados apresentando indicadores bem delineados e com ampla aplicação, a avaliação dos benefícios ambientais potencializados pelos serviços ecossistêmicos, ainda é rara na literatura. Mesmo que iniciativas pesquisas de SAFs na Amazônia existam, costuma-se avaliar

somente um fator ambiental e, apesar da relevância ambiental e climática global que este bioma apresenta, carecem mais ainda de estudos avaliando indicadores de sustentabilidade e a prestação de serviços ecossistêmicos por SAFs nesta região. Os quatro tipos de serviços ecossistêmicos propostos por MEA (2005) – suporte, regulação, provisão e cultural – são elencados em diversos trabalhos que avaliam SAFs nestas condições.

Nas regiões tropicais, onde conflitos entre a conservação ambiental e a expansão da produção agrícola se faz mais presente, percebe-se uma necessidade maior de explorar, identificar e monitorar os serviços providos pelos SAFs, a fim de promovê-los como alternativa sustentável para produção de alimentos e geração de renda para produtores rurais.

Dada a multifuncionalidade dos SAFs, Idol et al. (2011) apontam o crescente interesse do ramo científico nas duas últimas décadas em SAFs de pequenos agricultores localizados nos trópicos, em virtude de sua baixa renda, pressões socioeconômicas nos países em que vivem e por serem um dos primeiros a serem afetados pelas mudanças climáticas.

Neste sentido este trabalho teve como objetivo selecionar um conjunto de indicadores ambientais básicos que expressem a interação planta-solo-água-atmosfera e aptos a responderem aos serviços ecossistêmicos prestados por sistemas agroflorestais em florestas tropicais, mais especificamente na Floresta Amazônica.

## **2. SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

O termo “agroflorestal” surgiu na década de 1970 como forma de incentivar o uso de árvores em culturas agrícolas, devido aos impactos ambientais provocados pela Revolução Verde e intensificação de monoculturas (WAC, 2016). Outro fator que impulsionou estudos agroecológicos foi a dificuldade de acesso alimentar proporcionada pelo aumento populacional contemporâneo, apesar da intensificação agrícola, e má distribuição de renda (FERNANDES, 2009). A aceitação destes tipos de sistemas não permaneceu somente no meio científico, mas também da reavaliação de políticas desenvolvidas pelo Banco Mundial e das políticas de cunho florestal estipuladas pela FAO (NAIR, 1993).

Uma das primeiras conceituações de SAFs foi apresentada por Nair (1993), onde são descritos como sistemas de uso da terra em que ocorre o uso de plantas lenhosas perenes juntamente com agricultura e/ou pecuária, numa interação econômica ecológica de seus componentes num arranjo espacial ou temporal. Os elementos comuns são a conciliação entre produção agrícola e florestal; foco na conservação do meio ambiente; aumento da biodiversidade e presença de estratos florestais, simulando ambientes naturais; conhecimento interdisciplinar no manejo e conservação da terra; e produção de alimentos e aumento da

rentabilidade, principalmente para pequenos proprietários (ENGEL, 1999; SHARMA et al., 2007; TAVARES et al, 2015; OLIVEIRA & MORETTI-PIRES, 2016).

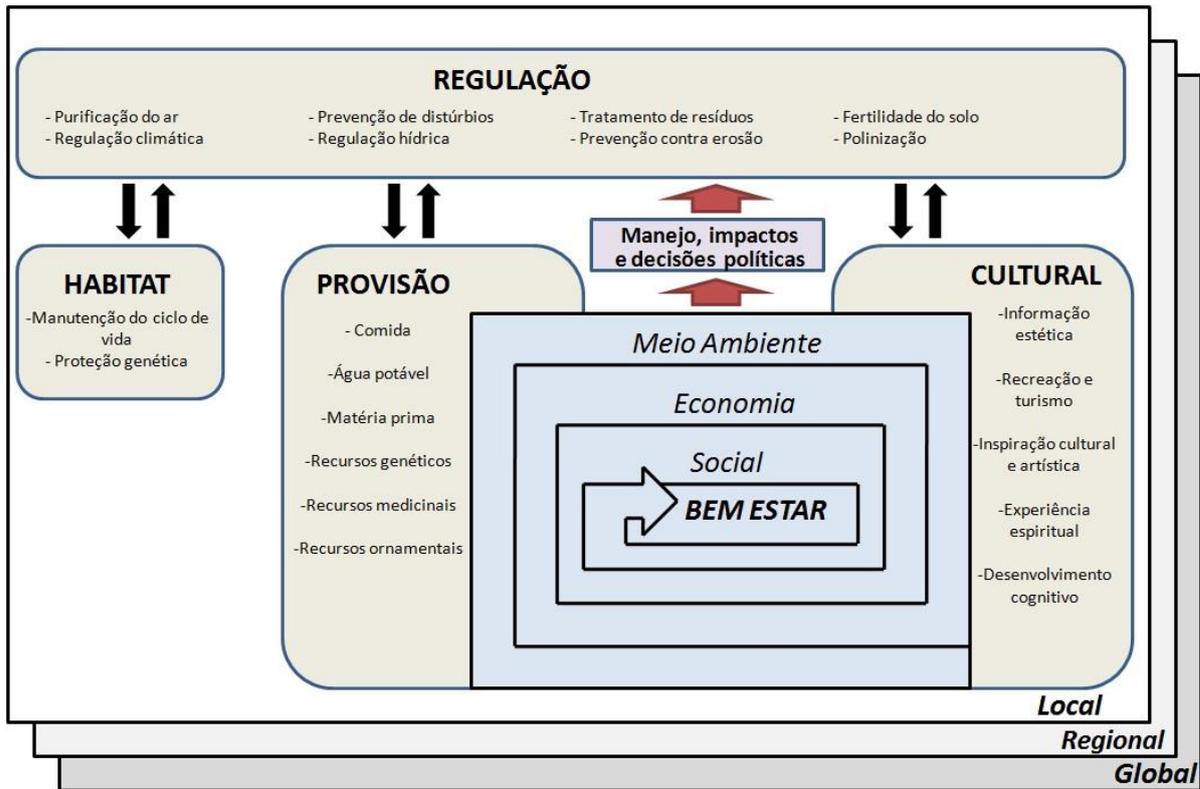
Os SAFs tentam recriar condições presentes nos ambientes naturais promovendo, a oferta dos principais SEs presentes em sistemas não antropizados. De forma geral, Costanza et al.(1997) afirmam que tais serviços representam os bens e serviços derivados (direta ou indiretamente) das funções normalmente executadas pela natureza e utilizados pela humanidade. Esses serviços são tão importantes que organizações governamentais e não governamentais tem se unido para promover pagamentos e compensações a pequenos produtores rurais em troca da conservação ambiental e consequente manutenção dos SEs (IDOL et al., 2011).

Tomando por base estas definições, temos que SEs são os aspectos dos ecossistemas utilizados (ativa ou passivamente) para produzir bem-estar humano. De modo mais aprofundado, ao definir SE, temos que os pontos-chave são: i) devem ser fenômenos ecológicos e ii) que eles não têm que ser diretamente utilizados. Desta forma, percebe-se a dificuldade em mensurá-los pelo fato de eles não poderem ser cambiáveis dentro da economia e, na maioria dos casos, não podem ser extraídos ou separados da natureza. Desse modo, funções ou processos se tornam serviços se houver seres humanos que deles beneficiam, conforme melhor exemplificado na Figura 1 (FISHER et al., 2009).

Devido à complexidade das inter-relações dos fatores biofísicos num ambiente, a prestação de SEs em um SAF pode ser afetada pelo modelo implementado. Tais modelos apresentam diferentes características relacionadas, principalmente, quanto a diversidade de espécies utilizadas, suas funções econômicas e/ou ambientais, espaçamento entre elas e quando e onde inserem-se os indivíduos arbóreos (TORRES et al., 2014).

Baseados nos modelos de SAFs estudados por Nair (1993), os autores Torres et al. (2014), Torres (2015) e Velasques et al. (2015) apontam que os mais utilizados no Brasil são os sistemas *taungya*, em aleias, multiestratos e cercas vivas. Segundo estes últimos autores, o modelo *taungya* é classificado como sequencial, onde o uso do componente agrícola nos primeiros anos (dois a quatro) serve para diminuir os custos da implantação do componente arbóreo de foco comercial. Após esta fase inicial, as espécies arbóreas formam uma floresta para aproveitamento econômico.

Figura 1: Modelo teórico conceitual da prestação de serviços ecossistêmicos.



Fonte: Autores (2016).

O modelo em aleias é definido por Torres (2015, p. 8) como um sistema “simultâneo que consiste na associação de culturas agrícolas intercaladas com árvores e/ou arbustos, geralmente fixadores de nitrogênio”. Sistemas agroflorestais multiestrato, por sua vez, são aqueles que mais se aproximam de um ambiente natural, com maior permanência das espécies arbóreas e aproveitando as diferentes intensidades de radiação, umidade e sombreamento provocados pela diferença de estratos verticais (FROUFE & SEOANE, 2011). Por fim, no sistema de cercas vivas, também chamadas de quebra vento, as espécies arbóreas são usadas em fileiras externas, normalmente nos limites das propriedades ou das culturas agrícolas como forma protege-las dos ventos dominantes (VELASQUES et al., 2015).

## 2.2. Indicadores de serviços ecossistêmicos

Indicadores podem ser definidos como ferramentas capazes de mensurar as alterações de características de um sistema, seja uma única vez, comparando com outras medições ao longo do tempo ou integrando uma base de dados para estabelecimento de tendências (FERREIRA et al., 2012). Os pontos comuns ressaltados dizem respeito à necessidade de serem precisos, robustos, transparentes, com metodologia mais simplificada possível, baratos

e que, se possível, integrem fatores socioeconômicos e ambientais (FERREIRA et al., 2012; PARRON et al., 2015a).

A abordagem aqui proposta sugere que os indicadores ambientais para os SAFs sejam utilizados nas etapas finais do processo de “conhecer-identificar-quantificar-planejar-monitorar” os SEs. A fase de conhecimento dos serviços seria realizada com a investigação de quais podem ser gerados por determinados desenhos de SAFs, podendo partir de estudos científicos ou mesmo pela percepção dos próprios proprietários. Após esta fase, os indicadores seriam usados para a mensuração dos fatores físico-química e biológica do atual estado do ambiente. Conforme destacado por Groot & Meer (2010), alguns produtos e serviços são identificados e quantificados com menos esforço, principalmente aqueles com valor de mercado.

Com estas fases realizadas, o nível de importância dado à área, tanto pelo proprietário quando por tomadores de decisão e pesquisadores, influencia o planejamento de manejos conservacionistas. Caso novas ações sejam postas em prática ou o manejo atual continue – mas se deseje obter dados de qualidade de produção, uso da terra ou da própria prestação de SEs – o uso de indicadores ambientais pode voltar a ser realizado na fase de monitoramento, desta vez já se conhecendo e delimitando quais aspectos e SEs serão avaliados.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O propósito primordial desta pesquisa é identificar indicadores que possam mensurar determinados serviços ecossistêmicos oferecidos pelos SAFs em geral. Trata-se, portanto, de uma pesquisa exploratória, especialmente por tratar-se de um tema pouco abordado na literatura e de significativa relevância para sistemas implantados em regiões tropicais como a Amazônia Brasileira. De acordo com Sampieri et al. (2013), os estudos exploratórios são capazes de identificar conceitos ou variáveis potenciais para futuros estudos mais completos e, ao inserir um alcance correlacional, pretende-se conhecer a relação ou grau de associação existente entre os indicadores de SEs e os principais desenhos de SAFs atualmente em uso na Amazônia. Com isto, é possível, através de estudos de casos, quantificar e valorar os SEs em cada sistema.

Nesta pesquisa, a seleção dos indicadores foi realizada a partir de uma revisão bibliográfica sistemática que, segundo Flick (2010), tem foco direcionado para documentos de pesquisa selecionados a partir de critérios específicos. Como a maioria da literatura disponível encontra-se em sites especializados de publicações científicas, utilizou-se mecanismos de busca online e a associação entre os termos “serviços ecossistêmicos”, “indicadores

ambientais”, “sistemas agroflorestais”, “Amazônia”, “florestas tropicais”, “solo”, “água”, “biomassa aérea”, “sequestro de carbono”, “ciclagem de nutrientes”, “mudanças climáticas” e suas traduções em inglês quando necessária a busca em pesquisas internacionais.

Conceitos, definições e teorias relacionadas aos indicadores apropriados para mensurar a oferta de SEs foram levantadas. Conforme os tipos de indicadores ambientais em agroecossistemas apresentados por Ferraz (2003), foram selecionados indicadores gerais, que representam o estado geral do sistema, e de diagnóstico, que respondem a sinais de degradação. Procurou-se, ainda, eleger aqueles que apresentassem a totalidade ou maioria das características básicas de um indicador, como a facilidade de medição, baixo custo, que a população da propriedade possa participar da mensuração, sensíveis às mudanças e permitir a inter-relação com outros indicadores.

Atenção foi dada para a seleção de indicadores que apresentassem os menores erros de mensuração, haja vista que diferentes indicadores analisando um mesmo parâmetro podem apresentar resultados significativamente diferentes (SILVA et al., 2014).

#### **4. INDICADORES DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

Em 1989 a OECD (*Organization for Economic Cooperation and Development*) elaborou um dos conceitos de indicadores mais utilizados atualmente: “um parâmetro que fornece informações ou descreve o estado de um fenômeno ou área, com maior significado que apenas seu valor quantitativo (OECD, 1989). Ao longo dos anos, as definições a respeito do tema variavam pouco e apresentavam como ponto comum dois fatos: i) indicador descreve uma variável na forma de função matemática e índice representa duas ou mais destas variáveis; e ii) necessidade de enfoque sistêmico de forma que não sejam avaliados impactos isolados nem geradas soluções isoladas (PESSOA et al., 2003).

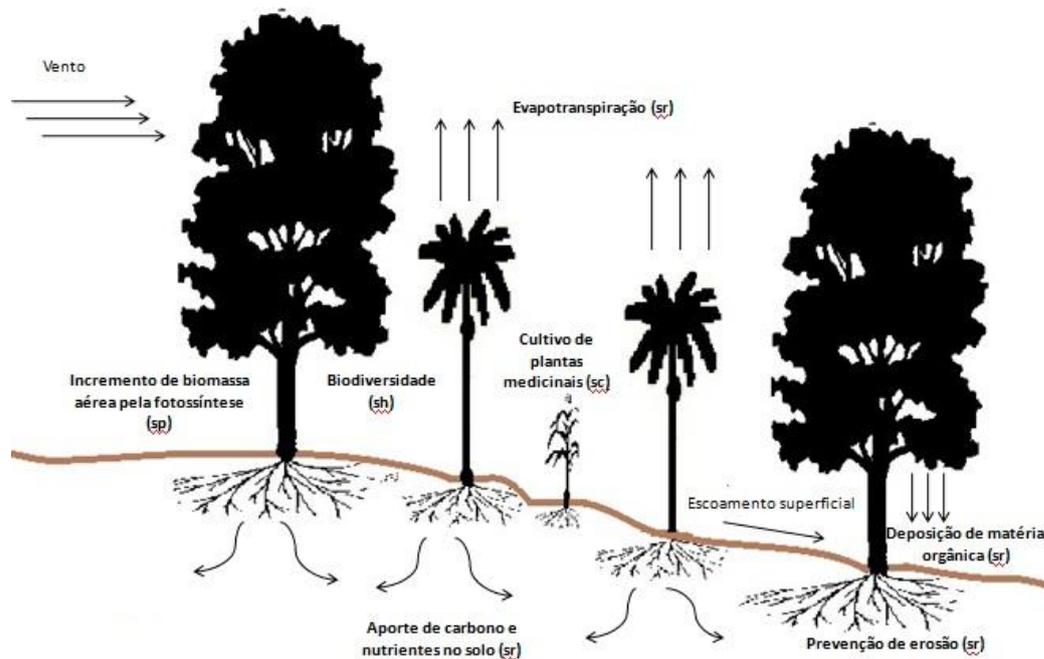
Considerando a necessidade de discutir indicadores que possam melhor reportar os benefícios ecossistêmicos associados aos SAFs, a seleção de indicadores simples (em virtude da diminuição de custos) não deve ofuscar o real objetivo de sua utilização, a verificação do estado atual de um ambiente. Usos adicionais contribuem para avaliar a qualidade ambiental de diferentes sistemas produtivos, bacias hidrográficas e biomas, inclusive numa avaliação temporal.

Com a incorporação do tema desenvolvimento sustentável no âmbito das políticas públicas nacionais de diversos países, os indicadores ambientais recebem destaque por conseguirem demonstrar o estado atual de ambientes naturais, sua inter-relação com

atividades produtivas e se estas últimas estão dentro dos conformes propostos por leis, normas e padrões de qualidade do meio ambiente.

Dentre os indicadores ambientais, existem aqueles que avaliam aspectos qualitativos e outros com dados quantitativos. Dentre estes últimos, procurou-se selecionar aqueles que refletissem o mais aproximadamente as características biofísicas de um SAF. Os indicadores selecionados foram adaptados de IIRR (1992), FAO (2004) e Oliveira et al. (2010) e estão expostos na Figura 2 e são apresentados a seguir.

Figura 2: Prestação de serviços ecossistêmicos num sistema agroflorestal. sp = serviço de provisão; sr = serviço de regulação; sh = serviço de habitat; sc = serviço cultural.



#### 4.1. Ciclagem de nutrientes no solo

A ciclagem de nutrientes, assim como outros ciclos biogeoquímicos, tratam da circulação de elementos químicos, entre eles nutrientes essenciais para o crescimento sadio de plantas, resultantes da dinâmica entre os fatores bióticos e abióticos (ODUM, 1985). A importância da ciclagem de nutrientes para o meio ambiente é a disponibilização destes elementos essenciais em quantidades balanceadas e suficientes e quando tais nutrientes são disponibilizados no solo, considera-se este solo fértil.

A ciclagem de nutrientes por ser um dos principais fatores de manutenção da fertilidade e a primeira variável a ser afetada por mudanças de usos do solo é classificada como um serviço ecossistêmico de suporte, fundamental por originar outros tipos de serviços (MEA, 2005). Indicadores ambientais de avaliação de nutrientes no solo normalmente

envolvem a quantificação destes por análises químicas, principalmente de pH, carbono total, nitrogênio e fósforo (OLIVEIRA et al., 2015; SILVA et al., 2015) ou então análise da serrapilheira (SORAES & FROUFE, 2015; SOUZA et al., 2016).

A avaliação de serrapilheira pode ser feita através de métodos indiretos e diretos. Os indiretos tratam da razão aporte/estoque, sendo constituídos pela estimativa do coeficiente de decomposição da serrapilheira. Os métodos diretos, por sua vez, medem a perda de massa por *litterbags* (sacolas de decomposição), através de meios de coleta do material vegetal que cai das árvores. Quando possível, o período de coleta das amostras deve ser de 6 a 12 meses para refletir o efeito de um ciclo climático completo sobre as variáveis (SCORIZA et al., 2012; SOARES & FROUFE, 2015).

#### **4.2 Carbono no solo**

Definido por Parron et al. (2015, p.92), solo é “uma interface litosfera-atmosfera de quatro dimensões (comprimento, largura, profundidade e tempo), funcionando como um meio para o crescimento das plantas e como moderador de processos ecológicos essenciais”. Os autores ressaltam ainda a importância do solo como provedor de SE, gerando tanto serviços de suporte como de provisão e regulação.

Atributos microbiológicos costumam ser utilizados como indicadores de qualidade do solo por responderem a mudanças ambientais em curtos e médios prazos. Parâmetros físico-químicos também são avaliados com o intuito de abranger uma maior gama de variáveis e gerar resultados mais confiáveis (PEZARICO et al., 2013). Contudo, no contexto das mudanças climáticas destaca-se o sequestro de carbono entre os SEs de regulação, haja vista a redução de emissão de gases de efeito estufa (GEE) pelo uso de técnicas conservacionistas. Estimativas de carbono no solo devem avaliar o quantitativo de carbono orgânico (CO), componente na matéria-orgânica do solo (MOS), principal recurso utilizado na decomposição e disponibilização de nutrientes pelos micro-organismos (PARRON et al., 2015).

Por fim, estima-se a quantidade de CO estocado no solo como um todo a partir do uso dos valores de porcentagem de C presentes nas amostras mensurados na etapa anterior, a densidade aparente do solo destas amostras e a espessura da camada na qual foi realizada a coleta. Para fins de padronização de resultados, é esperado que a densidade seja maior em solos com vegetação primária ou secundária e apresente valores menores em solos manejados com cultivos.

#### **4.3. Sequestro de carbono em biomassa arbórea**

Com o comprometimento de redução de emissões de GEE por diversos países após a ratificação do Protocolo de Quioto, outro debate ganhou importância: o estímulo à mitigação dos efeitos negativos das mudanças climáticas a partir da captura destes gases, notadamente o carbono atmosférico (OLIVEIRA, 2013). Dentre os serviços ecossistêmicos de regulação, encontram-se também o sequestro de carbono atmosférico por florestas e indivíduos florestais através da fotossíntese.

A maior parte deste processo ocorre durante a fase de crescimento da planta até a sua fase adulta, anos depois. Culturas anuais não podem ser consideradas porque o pouco carbono absorvido logo retorna à atmosfera após a morte da planta ao final do período de cultivo (CARDOSO et al., 2015).

Sendo o dióxido de carbono responsável por até 80% do aquecimento global e apresentando o potencial de ser absorvido principalmente em solos e biomassa vegetal, este último fator também é elencado como importante indicador de prestação de SE relacionados ao sequestro de carbono, juntamente com o CO no solo (FAO, 2011; CARDOSO et al., 2015).

A presença de espécies arbóreas em SAFs é o principal atrativo para a sua implantação, pois, além de seus usos como forma de recriar condições de florestas naturais, gera uma segunda fonte de renda para os proprietários através da exploração madeireira. O aporte de carbono neste caso, sendo o principal constituinte da biomassa vegetal, auxilia no crescimento dos indivíduos. Um maior aporte resulta em dois benefícios: i) o crescimento acelerado e, conseqüentemente, a brevidade com que a exploração se inicia; e ii) aumento do volume das toras, agregando valor ao produto no mercado. A mensuração de estoque de carbono em biomassa arbórea pode ser classificada, portanto, como avaliação tanto de SE de provisão de matérias-primas como de regulação climática.

Basicamente, dois métodos estimativos de carbono armazenado em vegetação são utilizados na literatura científica, os métodos destrutivos (diretos) e os não destrutivos (indiretos). Os primeiros costumam ser inviáveis tanto financeiramente quanto logisticamente em virtude da necessidade de extração do indivíduo arbóreo inteiro, incluindo suas raízes, tornando os métodos indiretos os mais utilizados. As equações alométricas ganham destaque entre os métodos indiretos pela necessidade de dados de fácil aquisição, relacionando matematicamente estas dimensões a fim de obter o quantitativo de carbono estocado (OLIVEIRA, 2013).

O uso de métodos indiretos por equações alométricas evita o corte de árvores na medida em que necessitam de dados como diâmetro à altura do peito (DAP), altura e densidade da madeira, conforme indicador por diversos autores (SANTOS et al., 2006;

MIRANDA et al., 2011). Estas equações são apresentadas para cada tipo de uso da terra a fim de estimar a biomassa seca e quantidade de carbono em cada espécie.

Os resultados, quando aplicados a sistemas agroflorestais, devem ser avaliados segundo as espécies plantadas, espaçamentos, qualidade do solo e manejo adotado, assim como a comparação com outros tipos de uso da terra, sempre tendo os valores de uma floresta nativa como linha de base de discussões.

#### 4.4. Abatimento de erosão

Processo erosivo é caracterizado como a desagregação e arraste de partículas do solo, seja ela natural ou antrópica. A forma natural ocorre com a quebra de equilíbrio do solo e sua taxa de formação. A antrópica, por sua vez, é quando a sua taxa de formação não consegue suprir as ações negativas do homem que impactam a geologia, haja vista a grande velocidade que isso acontece (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2010; EDUARDO et al., 2013). Pelo fato do solo ser um dos recursos naturais mais utilizados por atividades econômicas, principalmente as agropecuárias, atrelada ao uso de técnicas muitas vezes inadequadas ambientalmente, sua erosão se constitui uma problemática socioeconômica e ambiental.

Para a aferição destes e de outras erodibilidades, é de praxe a utilização da conceituada Equação Universal da Perda de Solo (“*Universal Soil Loss Equation*” – USLE) no ramo científica. A maior relevância desta equação é encontrada no planejamento agropecuário ao mensurar a taxa de erosão para cada cultivo a ser implementado, além dos novos resultados alcançados com a implementação de técnicas alternativas.

Para o cálculo do abatimento de erosão, não serão usadas todas as variáveis da USLE, somente C (fator de uso e manejo do sistema de cultivo) e P (fator de prática conservacionista). Chaves et al. (2004) justificam que, para se calcular o potencial de abatimento de erosão de uma prática agrícola, deve-se se comparar somente as variáveis que se relacionam entre a antiga e a nova prática. Portanto, as únicas variáveis que se modificariam na área seriam C e P, haja vista que as outras variáveis tem relação com precipitação, comprimento da rampa e declividade, fatores estes que não serão alterados. Este também é o posicionamento adotado pelo Programa de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) hídricos mais implementado no Brasil, o programa Produtor de Águas (ANA, 2012).

O produto de C e P gera a variável Z. A fórmula final do potencial de abatimento de erosão é dada pela Equação 8.

$$\text{PAE (\%)} = 100 (1 - Z1/Z0) \quad (8)$$

Em que: PAE (%) = abatimento da erosão efetuado pelo manejo adotado; Z1 = fator de risco de erosão do solo atual; e Z0 fator de risco de erosão da prática proposta.

#### **4.5 Regulação hídrica e climática**

A evapotranspiração como segunda variável mais importante em avaliações meteorológicas, após a precipitação, recebe destaque por englobar, entre as suas variáveis, índices referentes à vegetação. A estimativa de evapotranspiração real – ETr é de suma importância para gestão de bacias, planejamento de irrigação agrícola e análises hidrológicas e meteorológicas.

O emprego de ferramentas de Sensoriamento Remoto (SR) e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm se tornado alternativas eficientes no tocante à tomada de decisão, ordenamento territorial e ambiental e monitoramento, haja vista a possibilidade de análise em diferentes escalas e seu custo menor, quando comparado com outras técnicas (TARTARI et al., 2015).

Com estes objetivos em mente, diversos algoritmos tem sido elaborados para otimizar os cálculos evapotranspiração por sensores orbitais. Dentre eles destaca-se o SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land), elaborado por Bastiaanssen et al. (1998) e posteriormente atualizado por Allen et al. (2002).

Tendo como base a equação de balanço de energia da superfície, o SEBAL procura aferir o fluxo de calor latente (LE) tido como resíduo do cálculo dos outros elementos: fluxo de calor sensível (H), fluxo de calor no solo (G) e saldo de radiação (Rn), todos em  $W m^{-2}$ , resultando na Equação 9 abaixo destacada por Andrade et al. (2010) e Dantas et al. (2015).

Como forma de interpretação de resultados alcançados com a metodologia proposta, temos que valores de ETr menores que 1,0 mm dia<sup>-1</sup> correspondem a áreas de solo exposto e/ou de vegetação escassa e sem folhas. Valores superiores a 6,0 mm indicam florestas primárias, espelhos d'água e irrigação de cultivados (BEZERRA et al., 2008; DANTAS et al., 2015). Por sua vez, valores intermediários podem indicar heterogeneidade de vegetação composta por espécies arbóreas, arbustivas e culturas agrícolas/pastagens, em diferentes graus de associação, tais como valores superiores a 2,9 mm dia<sup>-1</sup> indicarem formações pioneiras, savanas estépicas e refúgios vegetacionais (BEZERRA et al., 2008; ANDRADE et al., 2010).

#### 4.6 Biodiversidade

Apesar de não figurar entre os serviços ecossistêmicos elencados por TEEB Foundations (2010), é a principal variável na manutenção dos serviços da classe “Habitat”, através da riqueza e diversidade de espécies faunísticas e florísticas no ambiente, e um dos quatro maiores serviços prestados por SAFs apresentados por JOSE (2009). Suas características florísticas e faunísticas dependem do clima, tipo de solo e nível de interferência antrópica. Este último fator, contudo, é o mais impactante através da mudança do uso da terra, ocasionando degradação, fragmentação e exploração de ambientes naturais. A perda de biodiversidade talvez seja o impacto ambiental mais reconhecido historicamente, apresentando a extinção de espécies e desmatamento da Mata Atlântica, entre outras florestas tropicais, como principais exemplos da história moderna.

A diversidade de espécies florísticas, foco desta sessão, é um indicador amplamente adotado capaz de traduzir indiretamente o nível de interações biológicas a nível local num determinado ambiente, haja vista que é através dela que a fauna irá se instalar e outras funções ecossistêmicas terão início. Impactos nas espécies vegetais podem levar a alterações na fenologia, interações da biota, produção primária pela fotossíntese e distribuição de espécies, conforme destacado por Beaumont et al. (2011).

A importância dos SAFs na manutenção deste serviço ecossistêmico é destacada por Jose (2009) em cinco pontos principais: i) habitat para espécies tolerantes a ambientes alterados; ii) manutenção do germoplasma; iii) retarda a conversão de novas áreas naturais; iv) conectividade entre fragmentos florestais; e v) previne degradação acentuada do ambiente em que se encontra.

A diversidade de espécies, apresentando-se como uma relação entre riqueza e igualdade, é comumente representada através do Índice de Shannon-Weiner, conforme apresentado por Bardhan et al. (2012) na Equação 9, onde  $H$  = índice de diversidade de espécies;  $P_i$  = proporção da  $i$ -ésima espécie;  $S$  = número total de espécies; e  $\ln$  = logaritmo neperiano.

$$H = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad (9)$$

A biodiversidade é, ainda, um dos principais serviços alvos de incentivos econômicos, juntamente com serviços hídricos, como programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) no Brasil. Dentre outros indicadores utilizados, existem os apresentados por Parron et al. (2015) no âmbito do projeto ServiAmbi de valoração de SE, sendo eles: Diversidade florística de espécies lenhosas e herbáceas ( $n^\circ$  de indivíduos / ha); largura de floresta ripária,

em metros; e Diversidade de artrópodes do solo e serapilheira (nº de espécies). Tais indicadores poderiam facilmente ser transferidos para avaliações de SAFs na Amazônia.

#### **4.7 Desenvolvimento cognitivo**

Serviços ecossistêmicos culturais são definidos pela Avaliação Ecológica do Milênio (MEA, 2005) como aqueles benefícios não materiais obtidos do meio ambiente e normalmente caracterizados como subjetivos e intangíveis em termos quantificáveis. Tais definições trouxeram no passado um atraso em obter resultados satisfatórios em seus estudos e atualmente, inclusive fazendo uso do advento das técnicas de valoração de SE, adota-se o posicionamento do melhor uso de indicadores com o fim de melhor delimitar tais serviços em conjunto com os demais.

Um dos serviços culturais apresentados por TEEB Foundations (2010) é o desenvolvimento cognitivo relacionado a elementos do ecossistema. Tal desenvolvimento pode ser, ainda, associado a conhecimentos tradicionais e é tratado por Daniel et al. (2012) como “hereditariedade cultural”. Segundo estes autores, tal serviço, antigamente caracterizado como representações materiais (ferramentas, artefatos ou construções), atualmente engloba representações imateriais como práticas, conhecimentos e técnicas mantidas por gerações.

Parte destes conhecimentos envolvem os produtos florestais não madeireiros, elencados por Rao et al. (2004) como elemento componente do capital natural e social de diversas comunidades. Na Amazônia destaca-se o uso de plantas medicinais como conhecimento principalmente de origem indígena e mantido por comunidades tradicionais que encontram dificuldades econômicas ou logísticas (longe de centros médicos e farmacêuticos) na compra de medicamentos e mantém uso destas plantas para uso próprio (SANTOS, 2000; RAO et al., 2004).

Indicadores de prestação de serviço ecossistêmico cultural pelo uso de plantas medicinais costumam ser genéricos, como contagem do número de plantas com este fim presentes na área de estudo, ou o valor total de venda destes produtos (YARON, 2001; EMERTON et al., 2002; KASTHALA et al., 2008). Objetivando captar o valor atribuído a tais produtos para uso próprio por populações tradicionais, optou-se por selecionar o método de valoração ambiental de Custos Evitados Finais (CEF) pela não compra de medicamentos, conforme Equação 10. O diferencial desta equação para valorações usuais de Custo Evitado é levar em consideração que o valor economizado com medicamentos (Custo Evitado – CE) não representa o total, haja vista que deve levar em consideração os custos oriundos da

plantação e cuidados (CP) com as plantas em questão até o momento em que se pode fazer uso delas.

$$CEF = CE - CP \quad (10)$$

## 5. ASPECTOS GERAIS PARA INDICADORES EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Deponti et al. (2002) definem indicadores estratégicos como sendo aqueles que apresentam abrangência e profundidade suficientes para que seja possível realizar, com somente eles, a sustentabilidade do sistema em questão. Desta forma procurou-se selecionar indicadores ambientais capazes de expressar os serviços ecossistêmicos fundamentais oriundos de SAFs na relação planta-solo-água-atmosfera.

Contudo, a definição de padrões de qualidade para cada indicador é dificultada pela dependência do nível de conservação almejado. Enquanto que alguns indicadores apresentam valores estipulados em normas (a exemplo da sedimentação em corpos hídricos), outros como a quantidade de nutrientes e carbono total no solo, incremento de biomassa aérea vegetal, evapotranspiração e biodiversidade adquirem valores diferentes dependendo da finalidade desejada ou demais fatores bióticos em sinergia com estes serviços. Um mesmo solo pode ser considerado fértil para certas culturas e impróprio para outras; assim como uma taxa de evapotranspiração pode ser grande para o Cerrado, mas insuficiente em áreas de floresta ombrófila densa.

A partir da definição deste conjunto de indicadores selecionados a partir da averiguação de suas relevâncias e presença em vários estudos consultados os quatro tipos de SE propostos por TEEB Foundations (2010) podem ser contemplados num SAF, sendo eles: i) serviço de provisão através da estimativa de biomassa arbórea para fins de exploração madeireira; ii) serviço de regulação através da manutenção da fertilidade do solo, regulações climática e hídrica e controle erosivo; iii) de habitat com a proteção genética pelo incremento de biodiversidade; e iv) cultural através do desenvolvimento cognitivo pelo conhecimento tradicional a respeito do uso de plantas medicinais..

Um resumo dos indicadores, para serviços ecossistêmicos em SAFs e suas metodologias encontram na Tabela 1 a seguir. A decisão a respeito da escolha da serrapilheira como indicador frente às análises laboratoriais das propriedades físico-químicas de um solo é justificada pelo menor custo entre as duas, mesmo que ambas contenham coletas amostrais de fatores similares – a camada superficial do solo e a matéria vegetal acumulada. As definições desses critérios estão de acordo com ANA (2012), Bezerra et al. (2008), Bolfe & Batistella (2011), Motta (1997, adaptado), Parron et al. (2015), Silva (2007) e Soares & Froufe (2015).

Tabela 1: Serviços ecossistêmicos potencialmente encontrados em sistemas agroflorestais e procedimentos metodológicos por indicador de serviços.

	<b>Bens e Serviços Ecossistêmicos</b>	<b>Função ecossistêmica</b>	<b>Benefícios</b>	<b>Exemplos de indicadores</b>	<b>Procedimento metodológico</b>
<b>PROVISÃO</b>	1. Suprimento de matérias-primas	Provisão para crescimento de plantas	Madeira para venda, construção ou bioenergia.	Sequestro de carbono por biomassa aérea (ton/ha)	INDIRETO: $Y = 0,5521 * DAP^{1,6629} * H^{0,7224}$
	2. Manutenção da fertilidade do solo	Armazenamento, processamento e transferência de nutrientes	Solo de boa qualidade	Aporte de nutrientes no solo após mudança de uso da terra	Indireto: - $k = L/X$  Direto: - Perda de massa por litterbags
<b>REGULAÇÃO</b>	3. Regulação climática	Sequestro de carbono e balanço de gases atmosféricos	Regulação de gases de efeito estufa	Aporte de carbono no solo	Combustão a seco  Oxidação úmida Walkley-Black
	4. Controle de erosão	Incremento de agregados edáficos	Manutenção de nutrientes no solo	Potencial de abatimento de erosão.	PAE (%) = $100 (1 - Z1/Z0)$
	5. Regulação Hídrica	Ciclo hidrológico, regime de chuvas, aumento da umidade local e regional	Manutenção do regime de chuvas	Índice de evapotranspiração (mm/mês)	Algoritmo SEBAL: $LE = Rn - H - G$
<b>HABITAT</b>	6. Proteção genética	Manutenção da biodiversidade	Manutenção da qualidade da macro e microfauna	Índice de Shannon-Weiner (Adimensional)	$H' = - \sum pi(\log pi)$
<b>CULTURAL</b>	7. Desenvolvimento cognitivo	Conhecimento hereditário de espécies com propriedades medicinais	Diminuição de gastos com medicação	Custo evitado (R\$)	CEF = CE - CP

A presença de serrapilheira serve de indicativo de que há alguma auto ciclagem de nutrientes e matéria orgânica no ambiente, fator primordial para solos nas regiões tropicais, reconhecidos pela sua baixa fertilidade quando na ausência de seu horizonte A, mas com elevada capacidade de fixação de nutrientes com presença de vegetação (SORAES & FROUFE, 2015). Em sistemas agroflorestais, reconhecidos por tentarem recriar condições similares às de florestas naturais, a presença de bons valores de MO em sua serrapilheira garante a não necessidade de adubação, evitando custos e danos de médio a longo prazo ao solo.

Contudo, para que sistemas agroflorestais produzam este SE em quantidades adequadas para sua própria sustentação, é necessário o devido planejamento quanto às espécies a serem utilizadas, apropriadas ao clima local e com alta densidade e diversidade de plantas. É importante que a interpretação dos resultados do indicador leve em consideração as características genéticas das espécies e a idade, tanto dos indivíduos arbóreos como do sistema em si, de forma a apontar com maior exatidão oportunidades de melhoramento.

Outra variável relacionada à prestação de SE pelo solo, desta vez incluindo o contexto das mudanças climáticas, é o carbono orgânico no solo. Sendo componente da matéria orgânica presente em diferentes profundidades do solo, além de também contribuir para sua fertilidade, este CO apresenta-se como um dos sumidouros deste gás da atmosfera. Devido a possibilidade de serem equiparáveis a áreas naturais de vegetação e como redutores de estoques de C microbiano, o uso de SAFs é indicado por autores como Alves et al. (2011).

Outros benefícios são percebidos também na melhoria das propriedades físico-químicas da atividade microbiana no solo. A verificação de CO no solo como componente na prestação de serviços ambientais ainda é tímida e pode ser incentivada, haja vista a existência de modelos de mudanças da MOS ao longo do tempo e, inclusive, o cálculo de seu estoque já ser reconhecido em programas de PSA (POWLSON et al., 2011; PARRON et al., 2015).

Já o uso da biomassa arbórea como indicador de carbono estocado funciona como mensurador de dois tipos de SE ao mesmo tempo. A princípio, o enfoque é dado ao serviço de regulação climática, a julgar por o sequestro de carbono atmosférico e sua posterior não emissão, haja vista a “certeza” de que a exploração ocorrerá após 15 anos de crescimento dos indivíduos – tempo mínimo que o carbono deve ser estocado em biomassa vegetal para ser efetivamente considerado sequestrado. Como as espécies arbóreas em SAFs são utilizadas, além de ser o principal componente nesta tentativa de recriar interações biofísicas de ambientes naturais, com o intuito de futura exploração madeireira, acaba-se por gerar o serviço de provisão de matéria prima para fins econômicos, outro tipo de SE.

Com base nos dados levantados com uso do indicador, duas aplicações podem ser realizadas. A primeira é a comercialização de créditos de carbono em mercados internacionais voltados às mudanças climáticas e a segunda é a aferição se os indivíduos estão prontos para serem explorados. Em virtude de o mercado ser estabelecido, acessível, com leis claras, da alta demanda e da facilidade de comercialização, ainda é mais vantajoso para proprietários optarem pela segunda alternativa.

Devido ao porte do segmento arbóreo, dos custos associados à retirada do indivíduo inteiro da terra e dos impactos causados por tal retirada, os métodos diretos de mensuração de carbono estocado em biomassa arbórea costumam ser inviáveis na maioria dos casos, restando ser utilizados quando será realizada a extração de poucos indivíduos ou nas etapas finais da exploração madeireira, onde o corte das árvores já faz parte do processo. Para fins de pesquisa, o uso deste método é mais eficaz quando há apoio entre pesquisador e empresa madeireira. Desta forma, os dados da pesquisa podem ser obtidos após a etapa de corte da planta no processo produtivo.

No caso de SAFs, caso similar pode ser realizado, com aquisição de dados após o corte dos indivíduos a serem comercializados. Para ambas as situações, a posse destas informações pode ser aproveitada para a formulação de equações alométricas a fim de utilizá-las no planejamento do próximo ciclo de crescimento das espécies que serão exploradas.

Dentre os indicadores propostos, o potencial de abatimento de erosão se baseia na metodologia mais estabelecida no ramo científico para estudo de solos, a Equação Universal da Perda de Solo. Mesmo que a utilização de somente duas variáveis desta equação para o cálculo do potencial de abatimento possa causar desconfiança, a decisão é respaldada e a favor da diminuição de custos durante a coleta.

Desta forma, é possível que consiga se preencher uma lacuna nos programas de pagamento por este que é um dos serviços ecossistêmicos mais contemplados em programas governamentais mundialmente: a inclusão de SAFs como alternativa elencável de manejo conservacionista apto a receber remuneração nestes programas, a partir da definição do seu potencial de abatimento de erosão.

Quando comparados entre diferentes modelos de SAFs, a prestação de SEs pode ser diferenciada. A partir de análises qualitativas de estudos e resultados trabalhos como os realizados por Froufe & Seoane (2011), Torres et al. (2014), Torres (2015) e Velasques et al. (2015), é possível estimar o potencial de geração dos serviços ecossistêmicos apresentados neste trabalho. A Tabela 2 apresenta estas potencialidades expressas de forma qualitativa.

Tabela 2: Potencial de prestação de SE por modelo de SAF através dos indicadores selecionados. Fonte: Autor.

Serviço ecossistêmico	Modelo de sistema agroflorestal			
	Multiestrato	Cultivo em aleias	Taungya	Cercas vivas
Biomassa aérea	+++	+++	++	++
Aporte de nutrientes no solo	++	++	+	+
Aporte de carbono no solo	+++	++	++	+
Abatimento de erosão.	+++	++	++	++
Evapotranspiração	+++	++	++	+
Biodiversidade	+++	+++	++	+
Custo evitado com medicamentos	=	=	=	=

Legenda: (+): baixa prestação de SE; (++): prestação mediana de SE; e (+++): elevada prestação de SE; (=): prestação variável dependendo de fatores externos.

A Tabela 2 elenca o potencial de prestação dos serviços ecossistêmicos selecionados neste trabalho. A variação deste potencial foi determinada a partir da densidade de indivíduos arbóreos presentes no SAF e seu arranjo espacial.

Conforme visto na tabela, o sistema multiestratificado seria aquele com maior potencial de prestação de SEs em virtude da sua organização tentar recriar um ambiente natural de floresta secundária. Tanto a biomassa aérea como evapotranspiração, aporte de carbono e biodiversidade são elevados por ventura da sua densidade/ha de espécies arbóreas, cobrindo toda a extensão do SAF uniformemente. Devido a esta mesma uniformidade com que estes indivíduos são encontrados, caso o SAF se encontre em áreas ciliares, contribui também para o abatimento de erosão, haja vista que o sistema radicular e copas das árvores permeariam profundamente toda a área com risco de erosão. O aporte de nutrientes, apesar de ser elevado, posteriormente apresenta alta competição entre as espécies lenhosas e anuais por eles, resultando num balanço mediano de prestação deste SE. Nota-se que no aporte de carbono, apesar de possuir a mesma competição neste tipo de SAF, este elemento é encontrado em camadas mais profundas do solo, sendo melhor distribuído, enquanto que os nutrientes têm muita dependência da geração de serrapilheira, a primeira camada do solo, para tornarem os solos férteis em florestais tropicais.

Cultivos em aleias, dependendo de sua organização, podem apresentar o mesmo número de indivíduos arbóreos que sistemas multiestratificados, mas organizados em “linhas”, garantindo assim uma elevada biomassa/ha e biodiversidade. Contudo, devido ao distanciamento entre as aleias destes indivíduos umas das outras, a prestação dos outros SEs fica comprometida. O aporte de nutrientes e carbono, por exemplo, mesmo que possa ser na mesma quantidade dos multiestratificados, a sua distribuição espacial disponibiliza tais elementos somente para as aleias de cultivo próximas; em sistemas onde são encontradas mais de duas aleias de culturas anuais entre as espécies arbóreas, a prestação destes SEs fica comprometida. O abatimento de erosão dependerá da largura total das aleias destinadas às espécies arbóreas presentes nas áreas ciliares. A mensuração de evapotranspiração utilizando métodos de sensoriamento remoto, por fim, é afetada na medida em que a refletância das aleias das culturas anuais, antes cobertas pelo dossel das árvores, compete espaço no pixel da imagem com aquela proveniente dos indivíduos arbóreos, podendo alterar seus resultados.

Sistemas *taungya* apresentam o grande diferencial das espécies arbóreas serem plantadas somente após a exploração das anuais, interferindo diretamente na prestação de SEs. A biomassa aérea, aporte de carbono, abatimento de erosão, evapotranspiração e biodiversidade só não são considerados elevados em virtude justamente deste intervalo em que a área é destinada exclusivamente para cultivos anuais, cabendo ressaltar que quanto maior for este tempo, menor será a prestação de SEs analisando a longo prazo. O aporte de nutrientes, por sua vez, é considerado baixo por causa da necessidade de adubação no primeiro estágio de cultivo anual, nutrientes estes que são aproveitados na fase de instalação das espécies arbóreas.

Por fim, SAFs em que as espécies arbóreas apresentam a função de cercas-vivas apresentam as mesmas problemáticas vistas nos sistemas de aleias, mas de modo mais elevado, haja vista que tais indivíduos são posicionados somente nos limites da área ou da propriedade, tendo pouca ou nenhuma influência ambiental sobre as espécies de cultivo devido ao distanciamento. Desta forma, somente a biomassa aérea e abatimento de erosão podem apresentar potencial de prestação mediano dependendo da largura das faixas arbóreas e sua densidade. Cabe ressaltar que caso parte destas faixas sejam utilizadas para recobrimento de Áreas de Preservação Permanente (APP) curtas (10 a 30 metros) de recursos hídricos, o abatimento de erosão seria máximo, pois as árvores exerceriam o seu papel previsto no Código Florestal.

Em relação à prestação de serviços culturais, estes devem ser debatidos à parte, haja vista que dependem de fatores não só bióticos e estruturais de um SAF. Sua prestação

depende primeiramente do quanto a comunidade ou proprietário em questão apresentam de conhecimento (normalmente tradicional) adquirido a respeito dos benefícios de determinadas espécies para a saúde e seu interesse em manejá-las, tendo ciência de que podem trazer menos benefícios econômicos quando comparadas com outras espécies frutíferas e/ou madeireiras. Não há também relação com o modelo de agro ecossistema adotado, considerando-se que estas espécies, muitas vezes herbáceas, podem ser plantadas em espaços reduzidos fora do SAF.

## **6. RELEVÂNCIA, POTENCIALIDADES E ENTRAVES PARA ADOÇÃO DE INDICADORES AMBIENTAIS**

É usual encontrar na literatura científica indicadores e índices propostos para políticas públicas. Apesar de serem mensurados com certa facilidade, retratam a realidade somente de forma qualitativa ou com dados quantitativos para grandes áreas, reduzindo a um mesmo fator comum diferentes variáveis mais complexas, como vistos em Deponti et al. (2002). Outros exemplos destes tipos de análises podem ser a avaliação qualitativa de presença de estação de tratamento de efluentes numa cidade ou bairro, e quantitativa o número hectares desmatados num ano na Amazônia.

Mesmo que seja inegável a sua contribuição para a tomada de decisão, servem somente como um ponto de partida para o aprofundamento nas questões socioeconômicas e ambientais a nível local, algumas vezes sendo propostos no ramo científico sem a devida explanação sobre o método de mensuração das variáveis, conforme visto em Pereira et al. (2016). A utilização de indicadores quantitativos com dados amostrais que representem este nível de informação poderia, no primeiro exemplo citado, demonstrar os pontos com falha no tratamento de efluentes e seus motivos; e, no segundo exemplo, as causas, responsáveis e qualidade do ambiente após os desmatamentos.

Em termos de SE, é comum que estudos realizem uma homogeneização da prestação de determinados serviços por grandes áreas com características ambientais similares, tipos de vegetação ou biomas a partir de dados secundários, conforme apresentado por Cheng et al. (2011) ao estimar a pegada de carbono da agricultura para toda a China. Como o conhecimento sobre SE ainda pode ser considerado inicial, com grandes lacunas a serem preenchidas, e dependerem intrinsecamente de outros serviços, macroindicadores podem mascarar ainda mais a complexidade e real qualidade da sua prestação.

Indicadores ambientais com coleta de dados *in loco*, como os propostos neste trabalho, apresentam resultados que melhor refletem as variáveis presentes no ambiente. Sistemas

agroflorestais dependem ainda mais destes tipos de indicadores, devido a sua maior sensibilidade aos fatores locais, resultando em prestação de diferentes quantidades de SE dependendo do desenho do SAF, mesmo que para as mesmas espécies utilizadas.

No caso de aplicação dos indicadores como suporte à decisão, não deixa de ser necessária uma avaliação com especialistas a fim de adaptar ou validar as metodologias propostas e definirem em consenso outros procedimentos que se adequem numa avaliação de SE em sistemas agroflorestais. Cabe ressaltar que a aplicação destes indicadores deve integrar ainda, dentre outros aspectos, a delimitação geográfica da avaliação dos SE, a escala temporal e caracterização de outras características do sistema produtivo, conforme destacado por Deponi et al. (2002).

Em nível de políticas públicas, o levantamento de dados provenientes de SAFs numa mesma região (p. ex. bacia hidrográfica) permite visualizar quais recursos naturais estão sendo mais impactados e se há discrepância na prestação de um mesmo SE dentro da área total. Caso este segundo ponto seja identificado, uma análise entre as diferentes técnicas empregadas nos SAFs permite distinguir aquelas com maior prestação de SE. Qualquer que seja a tentativa de replicação dos melhores manejos de SAFs para outras áreas, dependerá da aceitação dos proprietários alvo a partir de reuniões entre eles e os grupos de trabalho responsáveis pela avaliação dos indicadores, a fim de apresentar as técnicas e resultados esperados.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A adoção de indicadores de SE em sistemas agroflorestais é feita primeiro com o intuito de confirmar a prestação destes serviços, avaliar a indução de impactos ambientais positivos ao meio ambiente quando comparado com cultivos tradicionais e, após estas informações levantadas, como suporte à tomada de decisão. Utilizando-se dos princípios básicos que um indicador estratégico deve possuir, foram selecionados um total de cinco indicadores de serviços ecossistêmicos em SAFs, contemplando características como relevância, de fácil entendimento, capazes de refletir tendências temporais, cientificamente credíveis e politicamente relevantes. Juntos, eles conseguem aferir dados de três dos quatro tipos de SE propostos pela literatura científica.

Mesmo que alguns possam não apresentar baixo custo (um dos princípios de indicadores de sustentabilidade), a exemplo da análise de serrapilheira e equação geral dos solos para estimativa de abatimento de erosão, as suas escolhas se justificam frente as suas eficiências comprovadas no meio científico e, por necessitarem de amostragem *in loco*,

apresentarem maior capacidade de refletir os aspectos ambientais analisados. Outros indicadores, como a biomassa vegetal aérea, apresentaram a seleção da metodologia mais acessível dentre aquelas discutidas em pesquisas.

A coleta de dados pelos indicadores deve ser uma etapa intermediária no processo de desenvolver uma sustentabilidade no setor agropecuário. Ações seguintes podem envolver incentivos à alteração de técnicas por outras com maior prestação de serviços ecossistêmicos, mapeamento dos SAFs exitosos, sua replicação em outras propriedades e implantação de programas de pagamento por serviços ambientais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAM, M.; OLIVER, A.; PAQUETTE, A.; DUPRAS, J.; REVÉRET, J.; MESSIER, C. A general framework for the quantification and valuation of ecosystem services of tree-based intercropping systems. *Agroforest Systems*, v. 88, n. 4, p. 679-691, 2014.

ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R.; WATERS, R.; BASTIAANSSEN, W. G. M. *Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) – Advanced training and Users Manual*, Idaho, 2002. 98p.

ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; ELIAS NETO, N.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 33, p. 341-347, 2011.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). *Programa Produtor de Água: manual operativo*. Brasília: ANA, 2012. 74p.

ANDRADE, R.G.; PAZ, A.R.; VICTORIA, D.C.; DELGADO, R.C.; LIMA, E.P. Análise da evapotranspiração real diária em diferentes classes de uso e cobertura da terra na região do Pantanal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., 2010. Belém, PA. *Anais...* Belém, PA: SBMET, 2010.

ARCO-VERDE, M.F.; AMARO, G.C. Metodologia para análise da viabilidade financeira e valoração de serviços ambientais em sistemas agroflorestais. In: Parron, L.M.; GARCIA, J.R.; OLIVEIRA, E.B.; BROWN, G.G.; PRADO, R.B. *Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica*. Brasília, DF: EMBRAPA, 2015. Capítulo 30.

BASTIAANSEN, W. G. M.; MENENTI, M.; FEDDES, R. A.; HOLTSLAG, A. A. M. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 1. Formulation. *Journal of Hydrology*, v. 212/213, p.198–212. 1998.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. 7a ed. São Paulo: Editora Ícone, 2010. 355 p.

BEZERRA, B.G.; SILVA, B.B.; FERREIRA, N.J. Estimativa da evapotranspiração real diária utilizando-se imagens digitais TM-Landsat5. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.23, n.3, p. 305-317, 2008.

CARDOSO, D.J.; PARRON, L.M.; FRANCISON, L. Carbono de biomassa em floresta nativa e sistemas florestais como indicador de serviços ambientais. In: Parron, L.M.; GARCIA, J.R.; OLIVEIRA, E.B.; BROWN, G.G.; PRADO, R.B. *Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica*. Brasília, DF: EMBRAPA, 2015. Capítulo 6.

CASTRO, A.P.; FRAXE, T.J.P.; SANTIAGO, J.L.; MATOS, R.B.; PINTO, I.C. Os sistemas agroflorestais como alternativa de sustentabilidade em ecossistemas de várzea no Amazonas. *Acta Amazonica*, v. 39, n. 2, p. 279-288, 2009.

CHAVES, H.M.L.; BRAGA, B.; DOMINGUES, A.F.; SANTOS, D.G. Quantificação dos benefícios e compensações do “Programa do Produtor de água” (ANA): I Teoria. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.9, n.3, p.5-14, 2004

CHENG, K.; PAN, G.; SMITH, P.; LUO, T.; LI, L.; ZHENG, J.; ZHANG, X.; HAN, X.; YAN, M. Carbon footprint of China’s crop production - An estimation using agro-statistics data over 1993-2007. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 142, pp. 231-237, 2011.

COSTANZA, R. D’ARGE, R.; GROOT, R.; FARBERK, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O’NEILL, R.V.; PARUELO, J.; RASKIN, R.G.; SUTTON, P.; BELT, M. VAN DEN. The value of the world’s ecosystem services and natural capital. *Nature*, v. 387, n. 15, 1997.

DANTAS, M.J.F.; ARRAES, F.D.D.; SANTOS, J.B.; ZIMBACK, C.R.L. Sensoriamento remoto na determinação da evapotranspiração na bacia do Riacho Jardim/CE. *Revista Energia na Agricultura*, Botucatu, vol. 30, n.4, p.383-394, 2015.

DEPONTI, C.M.; ECKERT, C.; AZAMBUJA, J.L.B. Estratégia para construção de indicadores para avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistemas. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, v.3, n.4, 2002.

EDUARDO, E.N.; CARVALHO, D.F.; MACHADO, R.L.; SOARES, P.F.C.; ALMEIDA, W.S. Erodibilidade, fatores cobertura e manejo e práticas conservacionistas em argissolo vermelho-amarelo, sob condições de chuva natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, p.796-803, 2013.

EGGLESTON, S.; BUENDIA, L.; MIWA, K.; NGARA, T.; TANABE, K. (Ed.). 2006. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: volume 4: agriculture, forestry, and other land use. Japan: IGES, 2006. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>>. Acesso em: 15 set. 2015.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. 2ª Ed. Brasília, DF, Informação tecnológica, 2009. 628p.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Systematizing the local ecological knowledge of M'Nongs in Vietnam's central highlands*. 2004. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/008/af336e/af336e02.htm>>. Acesso em 03 dez. 2016.

\_\_\_\_\_. *State of the World's Forest*. Rome, 2011. Disponível em <[www.fao.org/docrep/013/i2000e/i2000e.pdf](http://www.fao.org/docrep/013/i2000e/i2000e.pdf)>. Acesso em: 29 abr. 2016.

FERRAZ, J. M. G. As dimensões da sustentabilidade e seus indicadores. In: MARQUES, J.F.; SKORUPA, L.A.; FERRAZ, J.M.G. (Ed.) *Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas*. Jaguariúna, SP: EMBRAPA, 2003.

FERREIRA, J.M.L.; VIANA, J.H.M.; COSTA, A.M.; SOUSA, D.V.; FONTE, A.A. Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas. *Informe Agropecuário*, v. 33, n. 271, p.12-25, 2012.

FISHER, Brendan; TURNER, R.Kerry; MORLING, Paul. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*. [S. l.] v. 68, n. 3, p. 643–653, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800908004424>>. Acesso em: 21 out. 2012.

FROUFE, L.C.M.; SEOANE, C.E.S. Levantamento fitossociológico comparativo entre sistema agroflorestal multiestrato e capoeiras como ferramenta para execução de reserva legal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 67, 2011.

GATTO, A.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; SILVA, I. R.; SÁ MENDONÇA, E.; VILLANI, E. M. A. Comparação de métodos de determinação do carbono orgânico em solos cultivados com Eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 33, p. 735-740, 2009.

GROOT, R. S.; MEER, P. J. R. van der. Quantifying and valuing goods and services provided by plantation forests. In: BAUHUS, J.; MEER, P. van der; KANNINEN, M. *Ecosystem Goods and Services from Plantation Forests*. Earthscan, 2010. 254p.

HENRY, M.; TITTONELL, P.; MANLAY, R.J.; BERNOUX, M.; ALBRECHT, A.; VANLAUWE, B. Biodiversity, carbon stocks and sequestration potential in aboveground biomass in smallholder farming systems of western Kenya. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 129, p. 238-252, 2009.

IDOL, T.; HAGGAR, J.; COX, L. Ecosystem Services from Smallholder Forestry and Agroforestry in the Tropics. In: CAMPBELL, W.B.; ORTÍZ, S.L. *Integrating Agriculture, Conservation and Ecotourism: Examples from the Field*. Nova York: Springer, 2011. p. 209-270.

IIRR - International Institute for Rural Reconstruction. *Soil and Water Conservation (SWC): Technologies and Agroforestry Systems*. 1992. Disponível em: <<http://www.nzdl.org/gsdmod?e=d-00000-00---off-0env1--00-0---0-10-0---0---0direct-10---4-----0-11--11-en-50---20-about---00-0-1-00-0--4---0-0-11-10-0utfZz-8-00&cl=CL2.8.2&d=HASH0e60c689ba42d668653f64.8&hl=0&gc=0&gt=0>>. Acesso em 02 dez. 2016.

IPCC – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change). *Climate Change 2007: the physical Science basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: 2007.

JOSE, S. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforest Systems*, v. 76, p. 1-10, 2009.

MAIA, C. M. B. F.; NOVOTNY, E. H.; RITTLL, T. F. Soil organic matter: chemical and physical characteristics and analytical methods: a review. *Current Organic Chemistry, Hilversum*, v. 17, n. 24, p. 2985-2990, 2013.

MEA - MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends*, v.1. Washington: Island Press, 2005. Disponível em: <<http://www.millenniumassessment.org/documents/document.766.aspx.pdf>>. Acessado em: 05 abr. 2016.

MIRANDA, D.L.C.; MELO, A.C.G.; SANQUETTA, C.R. Equações alométricas para estimativa de biomassa e carbono em árvores de reflorestamentos de restauração. *Revista Árvore*, v.35, n.3, p.679-689, 2011.

NAIR, P.K.R. *An introduction to agroforestry*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. 499p.

OECD. *OECD Environmental Indicators*. Paris, 1989, p. 8-16.

ODUM, E. P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara, 1985. 434 p.

OLIVEIRA, N.L.; JACQ, C.; DOLCI, M.; DELAHAYE, F. Desenvolvimento sustentável e sistemas agroflorestais na Amazônia matogrossense. *Revista Franco-Brasileira de Geografia*, v. 10, n. 10, 2010.

OLIVEIRA, A.C.C. *Sistemas agroflorestais com café: fixação e neutralização de carbono e outros serviços ecossistêmicos*. Viçosa, 2013. 141 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

OLIVEIRA, C.M.B.; GATIBONI, L.C.; ERNANI, P.R.; BOITT, G.; BRUNETTO, G. Capacidade de predição da disponibilidade de fósforo em solo com aplicação de fosfato solúvel e natural. *Científica*, v.43, n.4, p.413-419, 2015.

PALUDO, R.; COSTABEBER, J.A. Sistemas agroflorestais como estratégia de desenvolvimento rural em diferentes biomas brasileiros. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 7, n. 2, p. 63-76, 2012.

PARRON, L.M.; RACHWAL, M.F.G.; MAIA, C.M.B.F. Estoques de carbono no solo como indicador de serviços ambientais. In: Parron, L.M.; GARCIA, J.R.; OLIVEIRA, E.B.;

BROWN, G.G.; PRADO, R.B. *Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica*. Brasília, DF: EMBRAPA, 2015a. Capítulo 7.

PEREIRA, L.C.; TÔSTO, S.G.; CARVALHO, J.P. Erosão do solo e valoração de serviços ambientais. In: Parron, L.M.; GARCIA, J.R.; OLIVEIRA, E.B.; BROWN, G.G.; PRADO, R.B. *Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica*. Brasília, DF: EMBRAPA, 2015. Capítulo 28.

PEREIRA, M.S.; SAUER, L.; FAGUNDES, M.B.B. Mensurando a sustentabilidade ambiental: uma proposta de índice para o Mato Grosso do Sul. *Interações*, v. 17, n. 2, p. 327-338, 2016.

PESSOA, M.C.P.Y.; FERRAZ, J.M.G.; GATTAZ, N.C.; LIMA, M.A. Subsídios para a Escolha de Indicadores de Sustentabilidade. In: MARQUES, J.F.; SKORUPA, L.A.; FERRAZ, J.M.G. (Ed.) *Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas*. Jaguariúna, SP: EMBRAPA, 2003.

PEZARICO, C.R.; VIROTINO, A.C.T.; MERCANTE, F.M.M.; DANIEL, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. *Revista Ciências Agrárias*, v. 56, n. 1, p. 40-47, 2013.

SANG, P.M.; LAMB, D.; BONNER, M.; SCHMIDT, S. Carbon sequestration and soil fertility of tropical tree plantations and secondary forest established on degraded land. *Plant Soil*, v. 362, n. 1, p. 187-200, 2013.

SANTOS, K. Equações volumétricas por classe diamétrica para algumas espécies folhosas da Floresta Ombrófila Mista no Paraná, Brasil. *Revista de Ciências Exatas e Naturais*, v.8, v.1, p.99-112, 2006.

SCORIZA, R.N.; PEREIRA, M.G.; PEREIRA, G.H.A.; MACHADO, D.L.; SILVA, E.M.R. Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes. *Floresta e ambiente*, v.2, n.2, p. 01 - 18, 2012.

SHARMA, R.; XU, J.; SHARMA, G. Traditional agroforestry in the eastern Himalayan region: Land management system supporting ecosystem services. *Tropical Ecology*, v. 48, n. 2, p.1-12, 2007.

SILVA, J.R.L.; MONTENEGRO, A.A.A.; SANTOS, T.E.M.; SANTOS, E.S. Desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para Fernando de Noronha. *Irriga*, v. 19, n. 3, p. 390-404, 2014.

SOARES, M.T.S.; FROUFE, L.C.M. Estimativa de ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais por meio da produção e decomposição de serrapilheira. In: Parron, L.M.; GARCIA, J.R.; OLIVEIRA, E.B.; BROWN, G.G.; PRADO, R.B. *Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica*. Brasília, DF: EMBRAPA, 2015. Capítulo 11.

SOUZA, M.C.S.; PINÃ-RODRIGUES, F.C.M.; CASAGRANDE, J.C.; SILVA, S.F.; SCORIZA, R.N. Funcionalidade ecológica de sistemas agroflorestais biodiversos: uso da serapilheira como indicador da recuperação de áreas de preservação permanente. *Floresta*, v. 46, n. 1, p. 75 - 82, jan-mar. 2016.

TARTARI, R.; MACHADO, N.G.; ANJOS, M.R.; CUNHA, J.M.; MUSIS, C.R.; NOGUEIRA, J.S.; BIUDES, M.S. Análise de índices biofísicos a partir de imagens TM Landsat5 em paisagem heterogênea no Sudoeste da Amazônia. *Revista Ambiente & Água*, v. 10, n. 4, out-dez, 2015.

TEEB FOUNDATIONS. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations*, Londres: Earthscan, 2010.

TORRES, C.M.M.E.; JACOVINE, L.A.G.; OLIVEIRA NETO, S.N.; ALVES, E.B.B.M. Sistemas agroflorestais no Brasil: uma abordagem sobre a estocagem de carbono. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 34, n. 79, p. 235-244, 2014.

TORRES, C.M.M.E. *Estocagem de carbono e inventário de gases de efeito estufa em sistemas agroflorestais, em Viçosa, MG*. Viçosa, 2015. 97 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Viçosa, 2015.

VELASQUES, N.C.; JACOBI, U.S.; CARDOSO, J.H. Espécies nativas e naturalizadas utilizadas em consórcios para formação de cercas vivas. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 10, n.1, p. 3-11, 2015.

WODA, C. Indicadores para serviços ambientais em sistemas agroflorestais: um estudo de caso no nordeste paraense. In: PORRO, R. (Ed.). *Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação*. Brasília, DF: Embrapa, 2009.

**3 – ARTIGO\***

**Identificação dos serviços ecossistêmicos na produção agrícola: um estudo em sistemas agroflorestais.**

\*Artigo a ser avaliado como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

## **IDENTIFICAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA: UM ESTUDO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

**Resumo:** Os sistemas agrofloretais (SAFs) surgem como uma alternativa de produção sustentável no setor agropecuário e geração de alimentos a partir de discussões iniciadas na década de 1970, onde tais sistemas serviriam como forma de combater a degradação ambiental provocada pelo avanço da agricultura sobre áreas verdes. Neste contexto, este trabalho teve por objetivo identificar e mensurar os serviços ecossistêmicos prestados por sistemas agrofloretais quando comparados com uma monocultura e uma área de floresta primária a partir de parâmetros selecionados nas áreas de estudo. A escolha dos indicadores tem como fundamento a capacidade de responder com precisão às variáveis ambientais a serem analisadas, serem custo-efetivos e apresentarem resultados claros e objetivos. Tais parâmetros foram: i) análise de qualidade do solo (pH, P, K, Na e Cot); ii) sequestro de carbono por biomassa arbórea; iii) geração de matéria prima madeireira para comercialização; e iv) incremento de biodiversidade pelo índice de Shannon-Weiner. Ao todo foram analisadas quatro áreas no município de Santa Bárbara (PA), sendo um SAF em aleias, um SAF multiestrata, uma monocultura de açaí e uma floresta, todas pertencentes a uma comunidade de assentamento. Como resultados, ambos os SAFs apresentaram melhor qualidade do solo para três parâmetros (pH, P e K) quando comparados com a monocultura. A comparação entre os SAFs demonstrou que o multiestratificado possui maior carbono estocado na biomassa aérea e volume comercial madeireiro. Com relação a biodiversidade, ambos os SAFs apresentaram Índice de Shannon quatro vezes maior que a monocultura (SAF.A = 1,44 e SAF.AM = 1,49), mas ainda sim considerado baixo quando comparado com áreas em regeneração ou ecossistemas naturais da literatura. Fatores como histórico da área, idade entre os SAFs e tamanho reduzido das áreas amostradas podem ter influenciado na variação dos resultados.

**Palavras-chave:** indicadores ambientais, qualidade do solo, biomassa aérea, biodiversidade.

## **IDENTIFICATION OF ECOSYSTEM SERVICES IN AGRICULTURAL PRODUCTION: A STUDY IN AGROFLORESTRIAL SYSTEMS**

**Abstract:** The agroforestry systems (AFSs) emerge as an alternative of sustainable production in the agricultural sector and food generation since discussions initiated in the 1970s, where such systems could help to combat the environmental degradation caused by the advance of agriculture on green areas. In this context, the objective of this work was to identify and measure the ecosystem services provided by agroforestry systems when compared to a monoculture and a primary forest area from selected parameters in the study areas. The choice of indicators used the principles that they must be able to respond accurately to environmental variables to be analyzed, be financially applicable and present clear and objective results. These parameters were: i) soil quality analysis (pH, P, K, Na and Cot); ii) carbon sequestration by tree biomass; iii) generation of timber raw material for commercialization; and iv) increase of biodiversity by the Shannon-Weiner index. These parameters were analyzed in four study areas located in the Santa Bárbara municipality (PA), being an AFS in alley, a multi-layer SAF, an açai monoculture and a forest, all belonging to a settlement community. As results, both SAFs presented better soil quality for three parameters (pH, P and K) when compared to monoculture. The comparison between SAFs showed that the multi-stratified has higher carbon stored in the aerial biomass and commercial timber volume. Biodiversity, in turn, both SAFs presented four times greater Shannon Index than monoculture (SAF.A = 1.44 and SAF.AM = 1.49), but still considered low when compared to areas in regeneration or natural ecosystems of literature. Factors such as area history, age between SAFs and reduced size of the sampled areas may have influenced the variation of the results.

**Key words:** environmental indicators, soil quality, aerial biomass, biodiversity.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente a grande preocupação de estudiosos e governantes é referente ao aumento populacional. Com ele, aumenta-se a demanda por alimentos, commodities, geração de resíduos, efluentes e necessidade de conversão do uso da terra para construção de moradias e outras infraestruturas. Como principal produtor de alimentos, o setor agropecuário procura atender esta demanda intensificando suas técnicas e expandindo suas áreas, tendo como desafio o desenvolvimento sustentável, para que o atendimento das necessidades das gerações atuais não comprometa as futuras gerações devido à pressão gerada sobre os recursos naturais (PALUDO & COSTABEBER, 2012).

Os sistemas agroflorestais (SAFs) surgem neste contexto como uma alternativa de produção sustentável no setor agropecuário e geração de alimentos. Discussões a respeito destes sistemas surgiram na década de 1970 como forma de combater a degradação ambiental provocada pelo avanço da agricultura sobre áreas verdes (WAC, 2016). Os SAFs são caracterizados como sistemas de uso da terra em que ocorre o uso de plantas lenhosas perenes juntamente com agricultura e/ou pecuária, numa interação econômica ecológica de seus componentes num arranjo espacial ou temporal (NAIR, 1993).

Junqueira et al. (2013) caracterizam este sistema como a utilização de técnicas e usos da terra onde ocorre a implantação de espécies florestais em conjunto com culturas agrícolas e/ou pecuária num mesmo arranjo espacial. Tais sistemas acabam por auxiliar a sustentabilidade das áreas empregadas, com prestação de serviços ecossistêmicos e diversidade de produtividade, principalmente junto aos pequenos produtores, notadamente nas regiões tropicais (SHARMA et al., 2007).

Sharma et al. (2007) destacam a relevância dos SAFs devido às intensas pesquisas realizadas a respeito dos seus diferentes arranjos e funcionamentos, diversidade de possibilidade relativa ao local em que forem implantados, ao próprio conhecimento tradicional local auxiliando a escolha das melhores espécies a serem utilizadas, à sua avaliação econômica e dos serviços ecossistêmicos (SEs) gerados. Aliado a estas características, o atrativo da inclusão de espécies arbóreas nas áreas resulta em diversos benefícios, conforme os destacados por Woda (2009), Lasco et al. (2014) e Arco-Verde & Amaro (2015), sendo eles: i) viabilidade da produção na propriedade a partir da possibilidade de exploração de produtos madeireiros e não madeireiros; ii) incremento na biodiversidade; e iii) aporte de nutrientes.

Tais benefícios podem ser classificados como serviços ecossistêmicos (SE). Diversos autores apontam a prestação de diferentes SE por sistemas agroflorestais, sendo alguns

exemplos: i) proteção do solo contra erosão (SANTOS & PAIVA, 2002); ii) ciclagem de nutrientes (MAIA et al., 2006); iii) ciclagem hídrica (GARCIA-BARRIUS & ONG, 2004); iv) habitat para fauna (BHAGWAT et al., 2008); e v) menor geração de gases de efeito estufa (ALAVALAPATI et al., 2004).

Valeri et al. (2003) destacam, contudo, a ausência de pesquisa e divulgação para adoção deste tipo de prática, mesmo que haja potencialidade em diversas áreas, devido a fatores como terras degradadas passíveis de regularização ambiental; elevado número de pequenos produtores, principalmente na Amazônia; e redução da biodiversidade e polinizadores naturais em áreas de agricultura. Nos casos em que há interesse científico, Idol et al. (2011) apontam as regiões tropicais como sendo aquelas que recebem atenção, em virtude da sua população de baixa renda, pressões socioeconômicas nos países em que vivem e por serem um dos primeiros a serem afetados pelas mudanças climáticas.

No Brasil, mais especificamente na Amazônia, estudos são realizados objetivando otimizar a produção agrícola definindo áreas e práticas de alto potencial de rendimento e propondo SAFs uma alternativa promissora para a produção alimentícia, redução da pobreza de populações tradicionais e manejo sustentável (SANGUINO et al., 2011; OLIVEIRA JUNIOR & CABREIRA, 2012). Isto ocorre devido à importância do país frente à produção mundial de alimentos e necessidade de manutenção da biodiversidade.

Sendo importantes prestadores de SE, reconhecidos principalmente pelos serviços culturais associados às comunidades tradicionais aos quais são incentivados (MEA, 2005) e pela regularização atmosférica pelo sequestro do carbono (IPCC, 2007), há a necessidade maior de identificação e quantificação da prestação destes serviços em áreas da Amazônia. Neste bioma, as populações tradicionais apresentam conhecimento hereditário cultural e técnico propícios a implantação de SAFs, haja vista que buscam espécies de usos múltiplos e alternativas de ganho de produção (CASTRO et al., 2009). Este trabalho busca, então, a partir de uma área de estudo no município de Santa Bárbara (PA), identificar e mensurar os serviços ecossistêmicos prestados por sistemas agroflorestais quando comparados com uma monocultura e uma área de floresta primária a partir de parâmetros selecionados.

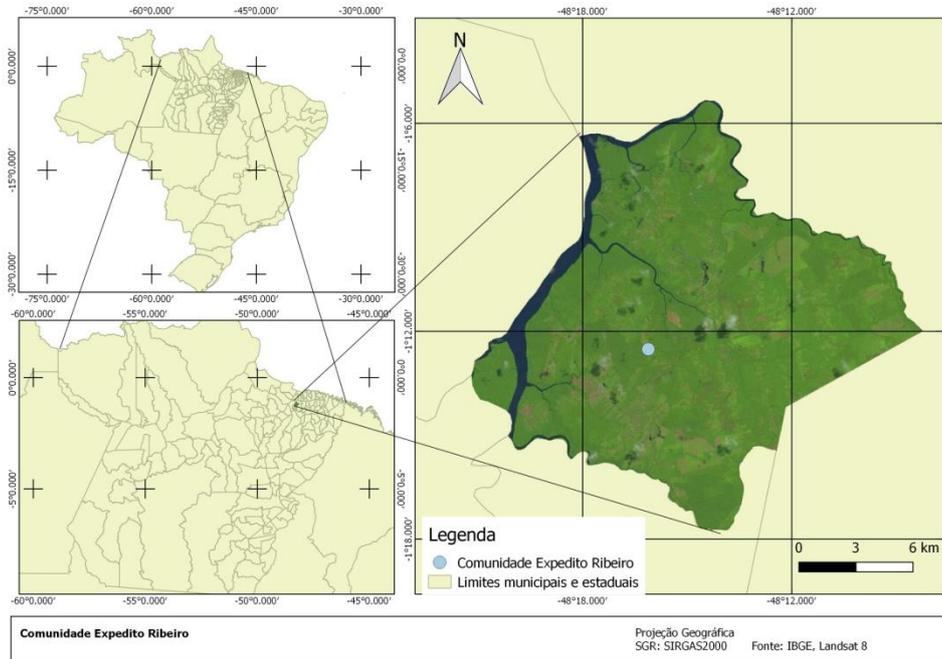
## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. ÁREA DE ESTUDO**

O estudo foi realizado na Comunidade Exedito Ribeiro, localizada em Santa Bárbara-PA, conforme Figura 1. O município apresenta clima do tipo Aw segundo classificação de Köppen (LIMA et al., 2010), com temperatura média anual de 26°C e precipitação anual

média aproximada de 2800 mm, sendo o período seco configurado entre junho a novembro e o período chuvoso sendo de dezembro a maio (CPTEC, 2017).

Figura 1 – Mapa de localização da Comunidade Expedito Ribeiro.



Fonte: IBGE (2014); USGS (2016).

Ao todo foram avaliadas quatro áreas, sendo dois sistemas agroflorestais (SAF.A e SAF.AM); uma produção de açaí de terra firme (AÇAÍ); e uma mata nativa próxima (FLORESTA), servindo como área “testemunha” para comparação dos resultados referentes à qualidade do solo. O SAF.A possui idade de 6 anos e área equivalente a 0,7 ha e é pertencente à associação da comunidade, não tendo, portanto, proprietário. A disposição das espécies possui características de um SAF do tipo “aleia”. O SAF.AM, por sua vez, apresenta idade de 7 anos e área equivalente à 0,25 ha e, apesar de ser plantado em aleias, apresenta características do tipo “multiestratificado” na medida em que ocorre regeneração natural entre as linhas de espécies sem que haja controle frequente.

A plantação de açaí estudada pertence ao mesmo proprietário do SAF.AM e tem um total de 0,03 ha e 42 touceiras plantadas, podendo ser classificado como um quintal florestal devido às suas proporções. Por fim, a mata nativa localiza-se nos arredores onde a comunidade está instalada e os pontos de amostragem encontram-se nas imediações da propriedade a qual possuem o SAF.AM e a plantação de açaí. Tal área pode ser classificada como uma floresta primária do tipo Ombrófila Densa (IBGE, 2012) e com presença de perturbações antrópicas.

## 2.2. HISTÓRICO DA ÁREA

A área de estudo situa-se na comunidade de assentamento Expedito Ribeiro, oriunda da ocupação de uma antiga área desmatada destinada à plantação de dendê realizada em 2007 e onde aproximadamente metade das famílias residentes fazem parte da Associação dos Trabalhadores Rurais Agroecológica Expedito Ribeiro – ATRAER. Em virtude desta ocupação, as famílias ainda não possuem a posse das propriedades, mas a liberação da documentação encontra-se em etapa avançada.

As famílias assentadas em sua maioria apresentam SAFs implantados em suas propriedades, frutos principalmente de parcerias com órgãos públicos e organizações não governamentais, principalmente com a Asflora (Instituto Amigos da Floresta) para a confecção de mudas e com a CAMTA (Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu) e a universidade japonesa TUAT (Universidade de Agricultura e Tecnologia de Tóquio) para treinamentos e implementação de modelos diferenciados de plantações consorciadas entre espécies frutíferas, florestais e hortaliças.

Aliada a estas parcerias, a comunidade atualmente é parcialmente independente na produção de mudas, tendo seu próprio viveiro; mão de obra, ao realizarem mutirões semanais para diversas tarefas em diferentes propriedades; e adubação, criando seu próprio adubo orgânico. O SAF mais antigo estudado possui 7 anos e a produção oriunda das famílias, quando em volume superior ao necessário para subsistência, é comercializada localmente em feiras no município.

## 2.3. COLETA E ANÁLISE DE DADOS

### 2.3.1. Qualidade do solo

Considerado por alguns como a principal alternativa de geração de alimentos frente ao crescimento populacional mundial e ao aumento da fome que ele acarreta, o setor agropecuário é constantemente expandido, principalmente em países em desenvolvimento. Os principais fatores percebidos nestes países é a presença de grandes áreas disponíveis para conversão de terra em culturas agrícolas, legislação frágil e poderes públicos pouco efetivos na conservação ambiental. Sem um bom planejamento, monitoramento e uso de técnicas que gerem mínimos impactos ambientais, a fertilidade e qualidade do solo nestas regiões serão constantemente afetadas (LOPES et al., 2014).

A manutenção da qualidade do solo é considerada um serviço ecossistêmico de regulação, segundo a classificação adotada por TEEB Foundations (2010). Sua importância é dada pelo fato de seus nutrientes serem um dos primeiros fatores a serem afetados por

mudanças de uso do solo, contribuindo ou não para a fertilidade de uma área. Indicadores usualmente utilizados para avaliação da qualidade do solo para fins de produção agropecuária normalmente envolvem a quantificação, por meio de análises químicas, principalmente de pH, carbono total e macronutrientes (N – nitrogênio, P – fósforo e K – potássio) (BORGES et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2015; SILVA et al., 2015) ou serrapilheira (LOPES et al., 2014; SORAES & FROUFE, 2015; SOUZA et al., 2016).

Adotando tal posicionamento, a análise realizada por este trabalho referente à qualidade do solo envolveu a quantificação do pH, carbono total e macronutrientes (N – nitrogênio, P – fósforo e K – potássio). Foram coletadas três amostras aleatórias, com cinco repetições, em cada uma das quatro áreas estudadas. Em virtude das áreas apresentarem tamanho inferior a 1ha, buscou-se realizar as coletas de forma a abranger a totalidade das áreas. As repetições foram realizadas na camada superficial do solo (0 – 20cm) por meio de trado, misturadas em balde a fim de formar uma amostra homogênea e posteriormente separado um volume de 300g em sacos plásticos. Cada saco contendo uma amostra foi identificado com o nome do local e número referente ao ponto coletado.

As análises laboratoriais buscaram quantificar o pH, N, P, K, carbono orgânico total (Cot), relação C/N e densidade aparente através das metodologias específicas a seguir, conforme EMBRAPA (2009): i) pH: potenciômetro com eletrodo combinado; ii) N: digestão sulfúrica/kjeldahl; iii) P e K: extração com solução Mehlich 1; iv) Cot e relação C/N: dicromato; e v) densidade aparente: anel volumétrico.

### 2.3.2. Sequestro de carbono pelo estrato arbóreo

A emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) por empreendimentos industriais de diversos países e seus impactos atmosféricos em escala mundial culminaram na percepção de tais danos e posterior assinatura do Protocolo de Quioto e comprometimento das nações em reduzirem suas emissões destes gases, notadamente do gás carbônico (OLIVEIRA, 2013). O Brasil ganhou relevância nesta temática em virtude de suas emissões provenientes de mudanças ilegais de uso da terra, inclusive na Amazônia. O potencial do país é expresso em dados da FAO (2011), onde são armazenados 121 Mg num hectare de floresta, totalizando uma biomassa armazenada de  $62,6 \times 10^6$  Mg em 2010.

Uma das principais formas de sequestro de carbono atmosférico apresentada pela comunidade científica é por meio de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas. Tal processo ocorre pela fotossíntese e incremento de biomassa ao longo do crescimento da planta até sua fase adulta. Culturas anuais não podem ser consideradas porque o pouco carbono

absorvido logo retorna à atmosfera após a morte da planta ao final do período de cultivo (CARDOSO et al., 2015). Tal ação, portanto, é classificada com um serviço ecossistêmico de regulação e por este motivo foi selecionado como outro indicador ambiental de prestação de SE por sistemas agroflorestais neste trabalho.

A primeira etapa consistiu em estimar a biomassa aérea arbórea (acima do solo) das áreas de estudo por meio de método indireto com elaboração de equação alométrica. Para tanto, foram realizadas medições de altura total, altura comercial (até o primeiro fuste) e CAP (circunferência a 1,30m de altura do solo) somente no componente arbóreo nas áreas que apresentavam tais indivíduos, não havendo avaliação, portanto, na área AÇAÍ. A área FLORESTA também não foi avaliada devido a não poder ser feita a identificação das espécies. Em virtude do tamanho pequeno das áreas SAF.A e SAF.AM e do número reduzido de indivíduos arbóreos identificados, todas as árvores com DAP (diâmetro a 1,30m de altura do solo) > 5cm foram amostradas.

Juntamente com as medições, os indivíduos arbóreos das áreas SAF.A e SAF.AM foram identificados. Em posse dos dados, primeiro houve uma conversão do valor de CAP para DAP e posteriormente aplicou-se a equação alométrica proposta por Silva (2007) para qualquer sítio da Amazônia, sem que haja aquisição de grande amostragem, conforme exposta abaixo.

$$B = 0,5521 * DAP^{1,6629} * H^{0,7224} \quad (1)$$

Onde B = biomassa aérea arbórea; DAP = diâmetro a altura de 1,30 do solo; e H = altura total.

Depois de aplicada a equação e estimada a biomassa aérea para cada indivíduo arbóreo amostrado, calculou-se a biomassa de carbono sequestrado tendo como base dado apresentado por Eggleston et al. (2006), onde 47% da biomassa da planta é composta por carbono em seus tecidos.

### 2.3.3. Matéria prima madeireira

Como terceiro indicador de prestação de serviço ecossistêmico, foi medido o volume comercial das espécies arbóreas presentes nas áreas SAF.A e SAF.AM, haja vista que o foco da plantação destes indivíduos é a comercialização de suas toras. Para tanto, os dados de DAP e altura comercial oriundos da primeira etapa da metodologia empregada na estimativa de sequestro de carbono foram reutilizados, desta vez para calcular o volume em m<sup>3</sup>.

Tal volume foi calculado conforme metodologia exposta por Imaña-Encinas et al. (2009), onde utiliza-se o valor de DAP para calcular a área basal (g) da árvore, conforme

Equação (2) a seguir. A seguir, deve-se converter o resultado de cm<sup>2</sup> para m<sup>2</sup> e multiplicar pela altura comercial (Hc) a fim de estimar o volume em m<sup>3</sup> de madeira comercializável.

$$g = DAP^2 \cdot \pi / 4 \quad (2)$$

#### 2.3.4. Biodiversidade

Facilmente compreendida e identificável, a biodiversidade figura entre as principais variáveis responsáveis pela manutenção do SE “habitat”, definido por TEEB Foundations (2010). No Brasil, a perda de biodiversidade possivelmente é o impacto ambiental de maior reconhecimento pela população, haja vista o processo histórico de colonização e mudanças do uso da terra no território nacional, os quais reduziram a valores mínimos a Mata Atlântica. Impactos na biodiversidade amazônica brasileira ocorrem principalmente como reflexo do aumento da densidade populacional na região desde a década de 1980 e conversão de áreas naturais para cultivos de espécies anuais a fim de suprir a demanda por alimentos.

Antigamente o meio científico considerava que funções ecossistêmicas somente poderiam existir em sua plenitude em ambientes naturais em estágio “clímax” de desenvolvimento e sem ação antrópica. Atualmente, autores reconhecem que ambientes naturais se adaptam dinamicamente como forma de superar distúrbios em seu meio (BENGTSSON et al., 2000). Tal fato auxilia os estudos de SAFs, os quais são áreas que tentam recriar ambientes naturais e suas interações. Haja vista que determinadas funções ecossistêmicas dependem da diversidade e riqueza de espécies da flora, apresentando melhores resultados conforme o aumento desta diversidade, faz-se necessária a avaliação da biodiversidade presente nas áreas de estudo selecionadas.

A quantificação da biodiversidade iniciou com a identificação das espécies arbóreas e frutíferas nas áreas SAF.A, SAF.AM e AÇAÍ. Com os dados tabulados de número de espécies por área, pode-se calcular a diversidade de espécies a partir do Índice de Shannon, conforme feito por Bolfe & Batistella (2011). Tais autores ressaltam que este índice normalmente apresenta resultados entre 1,5 e 3,5, apresentando valor máximo quando há igualdade no número de espécies. O cálculo do índice é demonstrado na Equação 3 a seguir.

$$H' = - \sum \ln.p_i \quad (3)$$

Onde: i)  $p_i = n/N$ ; ii)  $n$  é o número de indivíduos de uma determinada espécie; e iii)  $N$  é o número total de indivíduos presentes na área.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1. Qualidade do solo

Os resultados das amostras de solo para as quatro áreas avaliadas encontram-se na Tabela 1. O SAF.AM foi a área que apresentou pH na profundidade de 0-20cm mais próximo da neutralidade (média de 5,67) e a área FLORESTA, a que serviu de testemunho para comparação com as outras áreas em todos os atributos do solo, apresentou pH mais ácido (4,17). A presença de P na profundidade de 0-20cm, por sua vez, foi maior no solo do SAF multiestratificado (6,33 mg/dm<sup>3</sup>) e menor na FLORESTA (3 mg/dm<sup>3</sup>), contudo, cabe ressaltar que a área SAF.AM apresentou o maior valor em virtude de um dado *outline* em um dos pontos coletados (15 mg/dm<sup>3</sup>); logo, a segunda área com maior quantitativo de P foi SAF.A (5,67 mg/dm<sup>3</sup>).

O parâmetro K na profundidade de 0-20cm apresentou maiores resultados no SAF.A (25,33 mg/dm<sup>3</sup>) e menores AÇAÍ (11,43 mg/dm<sup>3</sup>). Os resultados de Na nesta mesma profundidade, por sua vez, apontam que a FLORESTA apresenta maior concentração (61 mg/dm<sup>3</sup>) enquanto que o SAF.AM apresenta a menor delas (7 mg/dm<sup>3</sup>).

Tabela 1: Resultados da amostragem de solo nas áreas de estudo.

Ponto de amostragem	pH	P (mg/dm <sup>3</sup> )	K (mg/dm <sup>3</sup> )	Na (mg/dm <sup>3</sup> )	Carbono Orgânico Total (g/kg)
SAF.A Ponto 1	5,5	5	38	71	5,54
SAF.A Ponto 2	5,6	4	17	44	5,88
SAF.A Ponto 3	4,9	8	21	62	8,06
<b>Média</b>	<b>5,33</b>	<b>5,67</b>	<b>25,33</b>	<b>59</b>	<b>6,49</b>
SAF.AMPonto 1	5,5	2	19	7	10,16
SAF.AMPonto 2	6,1	15	13	7	9,11
SAF.AMPonto 3	5,4	2	17	7	7,46
<b>Média</b>	<b>5,67</b>	<b>6,33</b>	<b>16,33</b>	<b>7</b>	<b>8,91</b>
AÇAÍPonto 1	4,7	3,9	12,1	20	10,19
AÇAÍPonto 2	4,9	3,1	10,1	10	9,26
AÇAÍPonto 3	5,1	2,8	12,1	10	6,25
<b>Média</b>	<b>4,90</b>	<b>3,27</b>	<b>11,43</b>	<b>13,33</b>	<b>8,57</b>
FLORESTAPonto 1	4,3	3	19	65	9,50
FLORESTAPonto 2	4,1	3	19	67	6,25
FLORESTAPonto 3	4,1	3	17	51	8,02
<b>Média</b>	<b>4,17</b>	<b>3</b>	<b>18,33</b>	<b>61</b>	<b>7,92</b>

A área de SAF.AM configurou-se como aquela com maior quantidade de carbono orgânico total estocando na profundidade de 0-20cm com 8,91 g/kg, enquanto que o SAF.A apresentou os menores valores (6,49 g/kg). O maior estoque identificado nas áreas SAF.AM e AÇAÍ quando comparadas com FLORESTA pode ter sido causado, em primeiro lugar, pelo

histórico da área, onde a queima da vegetação anterior 6 anos antes pode ter liberado carbono para estocagem em seus solos. A proximidade e o fato de pertencerem a um mesmo proprietário reforçam esta hipótese, haja vista que a área SAF.A, única com estoques de carbono menores do que a FLORESTA, é a área mais afastada de todas.

Ressalta-se que dos 5 indicadores, o SAF.AM apresentou maiores valores em 3 deles (pH, P e Cot). A área AÇAÍ apresentou em um dos casos o menor valor entre os 5 indicadores (11,43 mg/dm<sup>3</sup> de K) e em outros 2 casos apresentou valor pouco acima daqueles mínimos estimados (pH 4,9 e 3,27 mg/dm<sup>3</sup> de P estocado). Mais ainda, ambos os SAFs apresentaram melhor qualidade do solo em relação ao AÇAÍ para os indicadores de pH, P e K. A área AÇAÍ somente apresentou valor alto para Cot, o qual foi superior ao SAF.A e FLORESTA. Tais resultados indicam prestação de SE de qualidade do solo pelos SAFs analisados quando comparados com monocultura de açaí.

### 3.2. Sequestro de carbono pelo estrato arbóreo

Os resultados dos cálculos de biomassa aérea e carbono estocado encontram-se nas Tabelas 2 e 3, tratando das áreas SAF.A e SAF.AM, respectivamente. O SAF.A apresentou um total de 1,95 Mg de carbono estocado em sua área; o jatobá seguido da andiroba foram as espécies que mais contribuíram, com o total de 0,7 Mg e 0,48 Mg, respectivamente. Contudo, analisando-se a estocagem média por indivíduo arbóreo, percebe-se que o jatobá e ingá foram os que mais estocaram, ambos com 0,07 Mg de carbono por indivíduo, mas as outras espécies mantiveram valores aproximados, a exemplo do cedro (0,04 MgC), espécie com menor estoque por indivíduo.

Tabela 2: Biomassa aérea e carbono estocado no sistema agroflorestal em aleias.

SAF.A							
Nome Comum	Espécie	Nº de indivíduos	Altura Total média (m)	DAP médio (cm)	Biomassa total por espécie (kg)	Carbono total estocado por espécie (Mg)	Carbono estocado por indivíduo (Mg)
Andiroba	<i>Carapa guianensis</i> (Aubl.)	10	7,2	9,51	1013,63	0,48	0,05
Cedro	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	5	4,46	10,19	388,56	0,18	0,04
Ingá	<i>Ingaedulis Martius</i>	5	4,8	15,09	771,73	0,36	0,07
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	10	5,5	13,60	1492,78	0,70	0,07
Mogno	<i>Swietenia macrophylla</i> King	5	5,46	10,38	489,97	0,23	0,05
<b>Total</b>		<b>35</b>			<b>4156,68</b>	<b>1,95</b>	

O SAF.AM, por sua vez, apresentou uma maior estocagem de carbono com 4,18 MgC no estrato arbóreo. Desta vez, contudo, as contribuições de estocagem por espécie e por indivíduo foram mais díspares. O freijó (1,57 Mg) e o mogno (1,21 Mg) foram as espécies com maior estocagem de carbono, haja vista que também são as espécies com mais indivíduos plantados na área. Cabe ressaltar que o freijó com apenas 6 indivíduos apresentou maior resultado que o mogno, com 11. A andiroba e o cedro, por sua vez, foram as espécies com menor estoque de carbono (0,02 Mg e 0,08, respectivamente), em parte por apresentarem somente 1 unidade plantada cada uma. Analisando-se o sequestro de carbono por indivíduo, o freijó e ipê amarelo apresentaram maiores valores (0,26 Mg e 0,23 Mg), enquanto que novamente a andiroba e cedro apresentaram os menores. Nesta área, a diferença de sequestro de carbono entre as espécies foi mais acentuada ao averiguar os valores máximo e mínimo.

Tabela 3: Biomassa aérea e carbono estocado no sistema agroflorestal em aleia multiestratificada.

SAF.AM							
Nome Comum	Espécie	Nº de indivíduos	Altura Total média (m)	DAP médio (cm)	Biomassa total por espécie (kg)	Carbono total estocado por espécie (Mg)	Carbono estocado por indivíduo (Mg)
Andiroba	<i>Carapa guianensis</i> (Aubl.)	1	5	7,70	52,65	0,02	0,02
Angelim Pedra	<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke	1	9	13,69	209,38	0,10	0,10
Castanheira	<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.	1	9	17,83	324,87	0,15	0,15
Cedro	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	1	8,5	12,83	180,38	0,08	0,08
Freijó	<i>Cordia alliodora</i> L.	6	9,5	23,80	3339,01	1,57	0,26
Ipê Amarelo	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) s. Grose	1	8	23,87	484,99	0,23	0,23
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	5	8,1	19,20	1745,13	0,82	0,16
Mogno	<i>Swietenia macrophylla</i> King	11	8,14	14,49	2564,45	1,21	0,11
<b>Total</b>		<b>27</b>			<b>8900,86</b>	<b>4,18</b>	

Para uma melhor comparação da quantidade de carbono sequestrado entre as áreas analisadas, converteram-se os principais resultados para uma área de um hectare, conforme exposto na Tabela 4. Como esperado, a área SAF.AM apresentou maior carbono estocado no extrato arbóreo em virtude de sua maior densidade de indivíduos, além de ser uma área um ano mais antiga, o que resultou num maior tempo para as espécies se desenvolverem.

Porém, outros fatores podem ter influenciado na grande disparidade entre os resultados. Um deles identificado é o fato de a baixa estocagem por indivíduo na área SAF.A,

variando de 0,04 Mg a 0,07 Mg de carbono, enquanto que no SAF.AM a maioria dos indivíduos apresenta estoque acima de 0,10 Mg de carbono. O menor desenvolvimento das espécies na área SAF.A não pode, a princípio, ser justificada pelos atributos analisados do solo, haja vista que apresenta valores pouco abaixo de pH, P e Cot aos do SAF.AM; e outros atributos com valores maiores (K e Na), conforme Tabela 2. O possível motivo pode residir no quantitativo de Na ( $61 \text{ mg/dm}^3$ ) no SAF.A, levando a salinização deste solo.

Tabela 4: Biomassa aérea e carbono estocado por hectare.

Área	Indivíduos/ha	Biomassa (kg/ha)	Carbono estocado (Mg/ha)
SAF.A	51	3.750,78	1,77
SAF.AM	108	35.603,56	16,72

### 3.3. Matéria prima madeireira

A estimativa de volume comercial das toras das espécies arbóreas nos sistemas agroflorestais estudados apresentaram comportamento semelhante à biomassa e carbono estocado, conforme visto nas Tabelas 5 e 6. O SAF.A atualmente apresenta o volume comercial total de  $1,18 \text{ m}^3$ , tendo o jatobá e andiroba como as espécies com maior volume, principalmente pelo número de indivíduos. Unitariamente, o volume não apresentou grande disparidade, variando de  $0,02 \text{ m}^3$  a  $0,04 \text{ m}^3$ .

O SAF.AM apresenta volume comercial total de  $4,46 \text{ m}^3$ . O freijó e o mogno contribuíram mais com este resultado, principalmente também pelo quantitativo de indivíduos plantados. Ao analisar o volume comercial individual, o freijó e o ipê amarelo apresentaram as maiores médias e andiroba e cedro obtiveram as menores, assim como no sequestro de carbono.

Tabela 5: Área basal e volume comercial do sistema agroflorestal em aleias.

SAF.A						
Nome Comum	Espécie	Nº de indivíduos	Altura Comercial média (m)	Área basal G ( $\text{m}^2$ )	Volume comercial ( $\text{m}^3$ )	Volume por indivíduo ( $\text{m}^3$ )
Andiroba	<i>Carapa guianensis</i> (Aubl.)	10	4,3	0,07	0,32	0,03
Cedro	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	5	2,26	0,04	0,09	0,02
Ingá	<i>Ingaedulis Martius</i>	5	2,1	0,10	0,20	0,04
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	10	2,68	0,15	0,41	0,04
Mogno	<i>Swietenia macrophylla</i> King	5	3,16	0,04	0,15	0,03
<b>Total</b>		<b>35</b>		<b>0,41</b>	<b>1,18</b>	

Tabela 6: Área basal e volume comercial do sistema agroflorestal em aleias multiestratificado.

SAF.AM						
Nome Comum	Espécie	Nº de indivíduos	Altura Comercial média (m)	Área basal G (m <sup>2</sup> )	Volume comercial (m <sup>3</sup> )	Volume por indivíduo (m <sup>3</sup> )
Andiroba	<i>Carapa guianensis</i> (Aubl.)	1	5	0,00	0,02	0,02
Angelim Pedra	<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke	1	9	0,01	0,12	0,12
Castanheira	<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.	1	9	0,02	0,15	0,15
Cedro	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	1	8,5	0,01	0,08	0,08
Freijó	<i>Cordia alliodora</i> L.	6	9,5	0,28	1,79	0,30
Ipê Amarelo	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) s. Grose	1	8	0,04	0,27	0,27
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	5	8,1	0,15	0,76	0,15
Mogno	<i>Swietenia macrophylla</i> King	11	8,14	0,19	1,27	0,12
<b>Total</b>		<b>27</b>		<b>0,72</b>	<b>4,46</b>	

Convertendo-se os resultados para valores em hectare, vistos na Tabela 7, percebe-se que o SAF.AM, com pouco mais que o dobro de indivíduos, apresentou volume comercial 10 vezes maior. Fatores podem explicar tal fato são: i) SAF.A apresentar um ano a menos de desenvolvimento; ii) menor crescimento das espécies arbóreas no SAF.A em virtude da possível salinização do solo; e iii) menor altura comercial em virtude de muitas bifurcações e ramificações.

Tabela 7: Área basal e volume comercial por hectare das áreas estudadas.

Área	Nº Indivíduos/ha	Área Basal (m <sup>2</sup> /ha)	Volume Comercial (m <sup>3</sup> /ha)
SAF.A	51	0,59	1,71
SAF.AM	108	2,88	17,84

### 3.4. Biodiversidade

A análise de biodiversidade, exposta na Tabela 8, resultou na área SAF.AM apresentando o maior valor, seguida do SAF.A e AÇAÍ. Enquanto que o resultado da área AÇAÍ era esperado ser mínimo em virtude de ser monocultura, cabe ressaltar a pouca diferença entre as áreas SAF.AM e SAF.A, mesmo que a primeira quase quatro vezes mais indivíduos e cinco espécies a mais que a segunda. Tais SAFs apresentam valores distantes daqueles definidos para ecossistemas naturais relativamentediversificados, cujos valores encontram-se entre 3 e 4 (GAZEL FILHO et al., 2005). Florestas primárias amazônicas de

terra firme apresentam, por exemplo, valores entre 3,58 (BASTOS, 1948) e 4,30 (PIRES et al., 1953).

Comparando com SAFs de 4 e 8 anos de idade apresentados por Froufe & Seoane (2011), os quais apresentam mais espécies (16 e 20, respectivamente) e densidade de indivíduos (1400 ind/ha e 1533 ind/ha, respectivamente) que os investigados neste trabalho, ainda sim os resultados não ficaram muito abaixo, haja vista que o índice de diversidade de Shannon dos SAFs analisados por estes autores são iguais a 1,72 e 1,58, respectivamente. Comparando-se desta vez com os resultados alcançados por estes autores para áreas de capoeira de 5, 20 e 30 anos, cujos valores são 2,63, 2,88 e 2,68 respectivamente, conclui-se que as áreas SAF.A e SAF.AM ainda não podem ser igualadas a áreas de regeneração natural.

Tabela 8: Índice de diversidade de Shannon para as áreas de estudo.

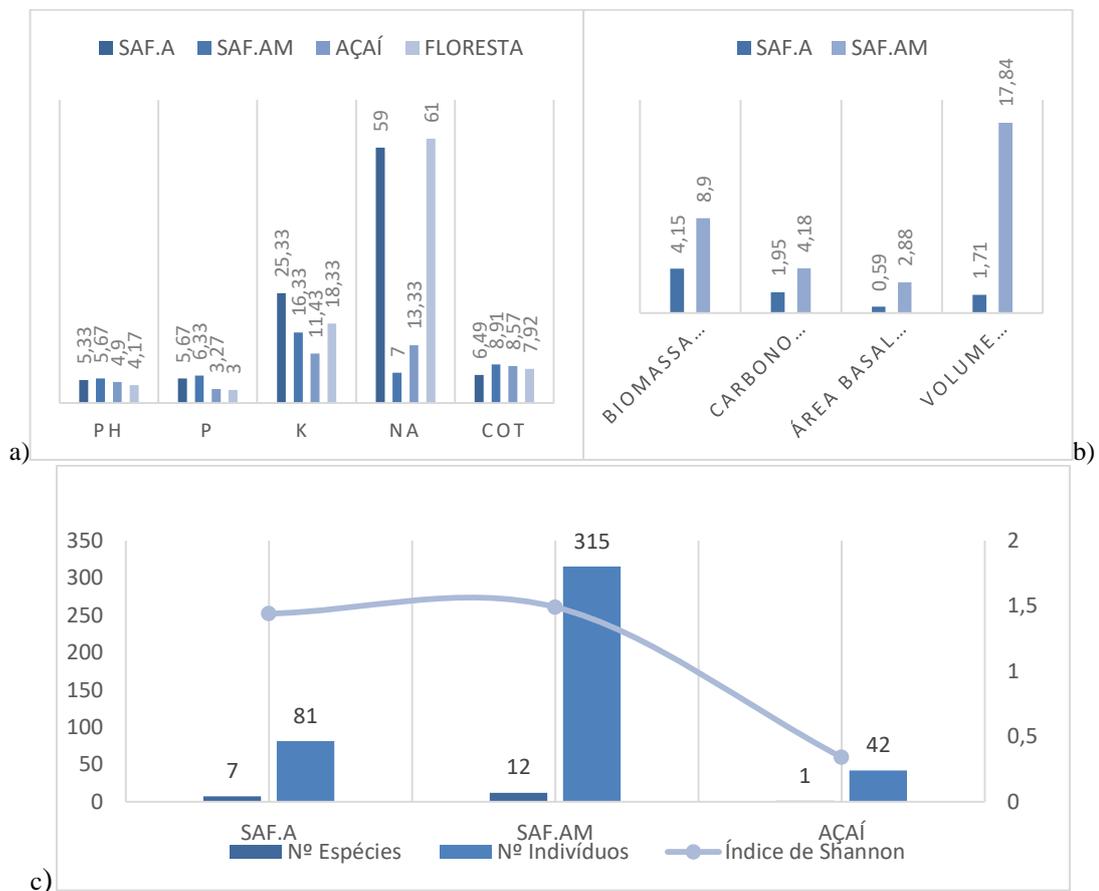
Nome Comum	Nome Científico	SAF.AM	SAF.A	AÇAÍ
<b>Espécies arbóreas</b>				
Andiroba	<i>Carapa guianensis</i> (Aubl.)	1	10	0
Angelim Pedra	<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke	1	0	0
Castanheira	<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.	1	0	0
Cedro	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	1	5	0
Freijó		6	0	0
Ingá	<i>Inga edulis</i> Martius	0	5	0
Ipê Amarelo	<i>Handroanthus</i> <i>serratifolius</i> (Vahl) s. Grose	1	0	0
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	5	10	0
Mogno	<i>Swietenia macrophylla</i> King	11	5	0
<b>Espécies frutíferas</b>				
Açaí	<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	140	8	42
Cacau	<i>Theobroma cacao</i> L.	63	38	0
Cupuaçu	<i>Theobroma</i> <i>grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K. Schum	73	0	0
Pupunha	<i>Bactris gasipaes</i> (Kunth)	12	0	0
<b>Total</b>		315	81	42
<b>Índice de Shannon (H')</b>		<b>1,495</b>	<b>1,444</b>	<b>0,341</b>

A justificativa para um valor relativamente baixo de biodiversidade pode residir pela alta concentração de açazeiros em ambas as áreas e outras espécies frutíferas no SAF.AM, conforme explanado por Garzel Filho et al. (2005). Froufe & Seoane (2011) afirmam ainda que os valores de H' normalmente situam-se entre 1,3 e 3, o que torna os resultados dos

SAF.A e SAF.AM dentro do aceitável. Desta forma, e tendo por base que o valor de H' destas áreas foi 4 vezes maior que o da monocultura de açaí, pode-se afirmar que estes sistemas agroflorestais apresentam o SE de incremento de biodiversidade, mesmo que em baixa intensidade. Tal intensidade poderia ser incrementada caso não houvesse controle contra o crescimento de espécies herbáceas e arbustivas, o que acontece frequentemente no SAF.A e semestralmente ou anualmente no SAF.AM.

A Figura 2 apresenta um resumo dos resultados das análises realizadas e a comparação entre as áreas.

Figura 2: Resultados finais da prestação de serviços ecossistêmicos pelas áreas estudadas.



Legenda: a) Qualidade do solo; b) Biomassa aérea, sequestro de carbono por biomassa, área basal e volume comercial madeireiro; c) Índice de biodiversidade de Shannon-Weiner.

#### 4. CONCLUSÕES

A análise de solo das áreas de estudo aponta possível prestação de serviço ecossistêmico de manutenção da qualidade do solo com relação a alguns elementos por ambos os SAFs, principalmente diminuição da acidez do solo (pH) e ciclagem do fósforo, quando comparado com monocultura de AÇAÍ, mas análises de outros elementos químicos e físicos são necessárias para confirmar o aumento de fertilidade.

A presença do elemento arbóreo por si só já garante a prestação de sequestro de carbono na biomassa aérea e matéria prima madeireira e o elemento multiestrata, juntamente com maior densidade de indivíduos arbóreos, adicionou maior prestação destes serviços pelo SAF.AM. Contudo, fatores como idade menor da área, salinização do solo, menor densidade de indivíduos, menor desenvolvimento em termos de DAP e altura total, maior presença de ramificações diminuindo a altura comercial podem ter levado a uma grande inferioridade na prestação destes serviços pelo SAF.A.

A biodiversidade, por sua vez, encontra-se dentro dos limites aceitáveis (1,3 a 3) para ecossistemas não naturais ou não clímax e foi 4 vezes maior que a área de monocultura analisada. Os SAFs analisados, contudo, não podem ser equiparados a áreas de regeneração natural. Tais valores possivelmente não são maiores em virtude do eventual controle contra espécies herbáceas e arbustivas que por ventura cresçam na área.

## REFERÊNCIAS

- ARCO-VERDE, M. F.; AMARO, G. C. Metodologia para análise da viabilidade financeira e valoração de serviços ambientais em sistemas agroflorestais. In: PARRON, L.M.; GARCIA, J.R.; OLIVEIRA, E.B.; BROWN, G.G.; PRADO, R.B. **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2015. Capítulo 30.
- ALAVALAPATI, J. R. R.; SHRESTHA, R. K.; STAINBACK, G. A.; MATTA, J. R. Agroforestry development: an environmental economic perspective. **Agroforestry Systems**, v. 61, p. 299-310, 2004.
- BASTOS, A.M. As matas de Santa Maria do Vila Nova. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**, Rio de Janeiro, 1(1): 281-8, 1948.
- BHAGWAT, A. S.; WILLIS, K. J.; BIRKS, J. B.; WHITTAKER, R.J. Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? **Trends in Ecology and Evolution**, v. 23(5), p. 261-267, 2008.
- BENGTSSON, j.; NILSSON, S. G.; FRANC, A.; MENOZZI, P. Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests. **Forest Ecology and Management**, v. 132, p. 39-50, 2000.
- BOLFE, E.L.; BATISTELLA, M. Análise florística e estrutural de sistemas silviagrícolas em Tomé-Açu, Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1139-1147, 2011.
- BORGES, C.S.; RIBEIRO, B.T.; WENDLING, B.; CABRAL, D.A. Agregação do solo, carbono orgânico e emissão de CO<sub>2</sub> em áreas sob diferentes usos no Cerrado, região do Triângulo Mineiro. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 3, jul-set. 2015.
- CASTRO, A. P.; FRAXE, T. J. P.; SANTIAGO, J. L. MATOS, R. B.; PINTO, I. C. Os sistemas agroflorestais como alternativas de sustentabilidade em ecossistemas de várzea no Amazonas. **Acta Amazonia**, v. 39, n. 2, 2009.

CPTEC – CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. 2017. Disponível em: <<http://clima1.cptec.inpe.br/monitoramentobrasil/pt>>. Acesso em: 24 jan. 2017.

EGGLESTON, S.; BUENDIA, L.; MIWA, K.; NGARA, T.; TANABE, K. (Ed.). 2006. **IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: volume 4: agriculture, forestry, and other land use**. Japan: IGES, 2006. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>>. Acesso em: 15 set. 2015.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ª Ed. Brasília, DF, Informação tecnológica, 2009. 628p.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **State of the World's Forest**. Rome, 2011. Disponível em <[www.fao.org/docrep/013/i2000e/i2000e.pdf](http://www.fao.org/docrep/013/i2000e/i2000e.pdf)>. Acesso em: 29 abr. 2016.

FROUFE, L. C. M.; SEOANE, C. E. S. Levantamento fitossociológico comparativo entre sistemas agroflorestais multiestrato e capoeiras como ferramenta para execução de reserva legal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 67, p. 203-225, 2011.

GARCIA-BARRIUS, L.; ONG, C. K. Ecological interactions, management lessons and design tools in tropical agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 61, p. 221-236, 2004.

GARZEL FILHO, A. B.; YARED, J. A. G.; MOURÃO JUNIOR, M.; SILVA, M. F.; BRIENZA JUNIOR, S.; FERREIRA, G.; EREMITA DA SILVA, P. T. R. **Diversidade e similaridade entre a vegetação de quintais Agroflorestais em Mazagão, AP**, 2005. Disponível em: <<http://www.sct.embrapa.br/cdagro/tema01/01tema11.pdf>>. Acesso em 23 de janeiro de 2017.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos**. IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2. ed., Rio de Janeiro, 2012, 276 p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geociências**. 2014. Disponível em: <[http://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm)>. Acesso em 20 set. 2016.

IDOL, T.; HAGGAR, J.; COX, L. Ecosystem Services from Smallholder Forestry and Agroforestry in the Tropics. In: CAMPBELL, W.B.; ORTÍZ, S.L. **Integrating Agriculture, Conservation and Ecotourism: Examples from the Field**. Nova York: Springer, 2011. p. 209-270.

IMAÑA-ENCINAS, J.; REZENDE, A. V.; IMAÑA, C. R.; SANTANA, O. A. Contribuição dendrométrica nos levantamentos fitossociológicos. Brasília: Universidade de Brasília, 2009.

IPCC – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change). **Climate Change 2007: the physical Science basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: 2007.

LASCO, R.D.; DELFINO, R.J.P.; CATA CUTAN, D.C.; SIMELTON, E.S.; WILSON, D.M. Climate risk adaptation by smallholder farmers: the roles of trees and agroforestry. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 6, p.83–88, 2014.

LIMA, A.M.M. et al. A gestão da oferta hídrica no estado do Pará e seus aspectos condicionantes. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. [S. l.], v. 15, p. 1-7, 2010.

LOPES, P.R.; LOPES, K.C.S.A.; RANGEL, I.M.L.; RANGEL, R.P. Diferentes modelos de cafeicultura de base ecológica e suas implicações nas características químicas do solo. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 1, 2014.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAUJO FILHO, J. A. Impactos de Sistemas Agroflorestais e Convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido Cearense. **Revista Árvore**, v.30, n. 5, p.837-848, 2006.

MEA - MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends**, v.1. Washington: Island Press, 2005. Disponível em: <<http://www.millenniumassessment.org/documents/document.766.aspx.pdf>>. Acessado em: 05 abr. 2016.

MOTTA, R. S. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 1997.

NAIR, P.K.R. **An introduction to agroforestry**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. 499p.

OLIVEIRA JUNIOR, C.J.F.; CABREIRA, P.P. Sistemas agroflorestais: potencial econômico da biodiversidade vegetal a partir do conhecimento tradicional ou local. **Revista Verde**, v.7, n.1, p. 212 – 224, 2012.

OLIVEIRA, C.M.B.; GATIBONI, L.C.; ERNANI, P.R.; BOITT, G.; BRUNETTO, G. Capacidade de predição da disponibilidade de fósforo em solo com aplicação de fosfato solúvel e natural. **Científica**, v.43, n.4, p.413-419, 2015.

PALUDO, R.; COSTABEBER, J.A. Sistemas agroflorestais como estratégia de desenvolvimento rural em diferentes biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 2, p. 63-76, 2012.

PARRON, L.M.; RACHWAL, M.F.G.; MAIA, C.M.B.F. Estoques de carbono no solo como indicador de serviços ambientais. In: Parron, L.M.; GARCIA, J.R.; OLIVEIRA, E.B.; BROWN, G.G.; PRADO, R.B. **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2015a. Capítulo 7.

PIRES, J.M.; DOBZHANSKY, T. & BLACK, G.A. An estimate of the number of species of trees in an Amazonian forest community. **Botanical Gazette**, Chicago, 114: 467-77, 1953.

RAO, M.R.; PALADA, M.C.; BECKER, B.N. Medicinal and aromatic plants in agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 61, p. 107–122, 2004.

SANGUINO, A. C., SANTANA, A. C. D., HOMMA, A. K. O., BARROS, P. L. C. D., KATO, O. K., & AMIN, M. M. G. H. Análise econômica de investimentos em sistemas de produção agroflorestal no estado do Pará. **Revista de Ciências Agrárias / Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 47, n. 1, 23-48, 2011.

SANTOS, F.S.D. Tradições populares de uso de plantas medicinais na Amazônia. **História, Ciência, Saúde – Manguinhos**, v. 6 (suplemento), p. 919-939, 2000.

SANTOS, M. J. C.; PAIVA, S. N. Os sistemas agroflorestais como alternativa econômica em pequenas propriedades rurais: estudo de caso. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 1, p. 135-141, 2002.

SHARMA, R.; XU, J.; SHARMA, G. Traditional agroforestry in the eastern Himalayan region: Land management system supporting ecosystem services. **Tropical Ecology**, v. 48, n. 2, p.1-12, 2007.

SILVA, R.R. **Alometria, estoque e dinâmica da biomassa de florestas primárias e secundárias na região de Manaus (AM)**. Manaus, 2007. 152 f. Tese (Doutorado em Ciências de Florestas Tropicais). Instituto Nacional de Pesquisas Da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2007.

SILVA, V.M.; TEIXEIRA, A.F.R.; SOUZA, J.L.; GUIMARÃES, G.P.; BENASSI, A.C.; MENDONÇA, E.S. Estoques de Carbono e Nitrogênio e Densidade do Solo em Sistemas de Adubação Orgânica de Café Conilon. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p.1436-1444, 2015.

SOARES, M.T.S.; FROUFE, L.C.M. Estimativa de ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais por meio da produção e decomposição de serrapilheira. In: Parron, L.M.; GARCIA, J.R.; OLIVEIRA, E.B.; BROWN, G.G.; PRADO, R.B. **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2015. Capítulo 11.

SOUZA, M.C.S.; PINÃ-RODRIGUES, F.C.M.; CASAGRANDE, J.C.; SILVA, S.F.; SCORIZA, R.N. Funcionalidade ecológica de sistemas agroflorestais biodiversos: uso da serapilheira como indicador da recuperação de áreas de preservação permanente. **Floresta**, v. 46, n. 1, p. 75 - 82, jan-mar. 2016.

TEEB FOUNDATIONS. **The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations**, Londres: Earthscan, 2010.

USGS - SERVIÇO GEOLÓGICO DOS ESTADOS UNIDOS. **Earth Explorer**. 2015. Disponível em: <[https://www.google.com.br/?gfe\\_rd=cr&ei=rm4PwMaFIs2exgSim4GIBg#q=usgs](https://www.google.com.br/?gfe_rd=cr&ei=rm4PwMaFIs2exgSim4GIBg#q=usgs)>. Acesso em: 22 set. 2016.

VALERI, S.V.; POLITANO, W; SENO, K.C.A.; BARRETO, A.L.N.M. (EDITORES) **Manejo e recuperação Florestal**. Jaboticabal: Funep. 2003, 180p.

WAC – World Agroforestry Centre. **History of ICRAF and the World Agroforestry Centre**. 2016. Disponível em: <<http://www.worldagroforestry.org/about/history>>. Acesso em: 05 jun. 2016.

WODA, C. Indicadores para serviços ambientais em sistemas agroflorestais: um estudo de caso no nordeste paraense. In: PORRO, R. (Ed.). **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília, DF: Embrapa, 2009.

#### 4 – CONCLUSÕES (GERAIS)

Difícultosos são os estudos envolvendo sistemas agroflorestais. A necessidade destes sistemas é justificada pela necessidade de produção sustentável na agricultura e geração de alimento a partir do uso de técnicas conservacionistas que tentam recriar as condições de ambientes naturais dentro das culturas. Sua necessidade é acentuada nas regiões tropicais, em virtude da presença elevada de solos inférteis, quando comparados com solos de regiões temperadas, que necessitam da auto ciclagem de matéria orgânica para manter sua capacidade

de manter cultivos; além do elevado número de pequenos produtores, com baixa rentabilidade em suas propriedades, tornando-os componentes frágeis frente às mudanças econômicas e ambientais cada vez mais intensas.

A prestação de serviços ecossistêmicos por estes sistemas necessita de indicadores claros e sensíveis, haja vista que a natureza não material destes serviços, dificultando sua apuração. A melhor forma é focar em características individuais e, com o uso de mais de um indicador, analisar os seus resultados obtidos no tocante à relação planta-água-solo-atmosfera.

## ANEXO



### DIRETRIZES PARA AUTORES

Critérios para publicação

1 *Interações*, Revista Internacional do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Local da Universidade Católica Dom Bosco, destina-se à publicação de matérias que, pelo seu conteúdo, possam contribuir para a formação de pesquisadores e para o desenvolvimento científico, além de permitir a constante atualização de conhecimentos na área específica do Desenvolvimento Local.

2 A periodicidade da Revista é trimestral, podendo alterar-se de acordo com as necessidades e exigências do Programa; o calendário de publicação da Revista, bem como a data de fechamento de cada edição, serão, igualmente, definidos por essas necessidades.

3 A publicação dos trabalhos deverá passar pela supervisão de um Conselho de Redação composto por três professores do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Local da UCDB, escolhidos pelos seus pares.

4 Ao Conselho Editorial caberá a avaliação de trabalhos para publicação.

4.1 Os membros do Conselho Editorial serão indicados pelo corpo de professores do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Local, entre autoridades com reconhecida produção científica em âmbito nacional e internacional.

4.2 A publicação de artigos é condicionada a parecer positivo, devidamente circunstanciado, emitido por membro do Conselho Editorial.

4.3 O Conselho Editorial Internacional, se necessário, submeterá os artigos a consultores *ad hoc*, para apreciação e parecer, em decorrência de especificidades das áreas de conhecimento.

5 A Revista publicará trabalhos da seguinte natureza:

5.1 Artigos inéditos, que envolvam, sob forma de estudos, abordagens teóricas ou práticas referentes à pesquisa em Desenvolvimento Local, e que apresentem contribuição relevante à temática em questão.

5.2 Traduções de textos fundamentais, isto é, daqueles textos clássicos não disponíveis em língua portuguesa, que constituam fundamentos da área específica de Desenvolvimento Local e que, por essa razão, contribuam para dar sustentação e densidade à reflexão acadêmica, com a devida autorização do autor do texto original.

5.3 Entrevistas inéditas sobre trabalhos relevantes e voltados para o Desenvolvimento Local.

5.4 Resenhas de obras inéditas e relevantes que possam manter a comunidade acadêmica informada sobre o avanço das reflexões na área do Desenvolvimento Local.

6 A submissão de artigos deverá obedecer aos seguintes critérios:

6.1 Deverão conter **obrigatoriamente**:

a) título em português, inglês, francês e espanhol;

- b) Identificar as respectivas instituições, endereços eletrônicos, dados relativos à produção do artigo, bem como possíveis auxílios institucionais, no momento da submissão, no campo “3.inclusão de metadados”;;
- c) cada artigo deverá conter, no máximo, **quatro autores**, os quais, pela simples submissão do artigo, assumem a responsabilidade sobre autoria e domínio de seu conteúdo;
- d) resumo em português, inglês, francês e espanhol com, no máximo, seis linhas ou 400 caracteres, rigorosamente corrigidos e revisados, acompanhados, respectivamente, de três a cinco palavras-chave, para efeito de indexação do periódico;
- e) texto com as devidas remissões bibliográficas no corpo do próprio texto;
- f) referências.

6.2 Os trabalhos devem submetidos pelo portal ([www.interacoes.ucdb.br](http://www.interacoes.ucdb.br)), dentro da seguinte formatação:

- a) arquivo no padrão Microsoft Word;
  - b) a fonte utilizada deve ser a *Times New Roman*, tamanho 12;
  - c) os caracteres itálicos serão reservados exclusivamente a títulos de publicações e a palavras em idioma distinto daquele usado no texto, eliminando-se, igualmente, o recurso a caracteres sublinhados, em negrito, ou em caixa alta; todavia, os subtítulos do artigo virão em negrito;
- 6.3 Todos os trabalhos devem ser elaborados em qualquer língua, com texto **rigorosamente corrigido e revisado**.

6.4 Eventuais ilustrações, fotos e imagens com respectivas legendas devem ser apresentadas inseridas no texto e separadamente, em formato TIFF, JPG, WMF ou EPS.

6.5 Tabelas devem estar em formato editável.

6.6 As referências e remissões deverão ser elaboradas de acordo com as normas de referência da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT – 6023).

6.7 As opiniões e conceitos emitidos pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade.

6.8 Os limites estabelecidos para os diversos trabalhos somente poderão ser excedidos em casos realmente excepcionais, por sugestão do Conselho Editorial e a critério do Conselho de Redação.

7 Não serão aceitos textos que não obedeçam, rigorosamente, os critérios estabelecidos e seus autores serão informados.

8 A simples remessa de textos implica autorização para publicação e cessão gratuita de direitos autorais.

9 Os autores que publicarem artigos na Interações só poderão publicar novamente nesta revista após um período de um ano.

10 Em um mesmo número da Revista não será permitido constar mais de um artigo do mesmo autor, mesmo que em coautoria.

11 Uma vez publicados os trabalhos, a Revista reserva-se todos os direitos autorais, inclusive os de tradução, permitindo, entretanto, a sua posterior reprodução como transcrição, com a devida citação da fonte.

Para fins de apresentação do artigo, considerem-se os seguintes exemplos (as aspas delimitando os exemplos foram intencionalmente suprimidas):

a) Remissão bibliográfica após citações:

In extenso: O pesquisador afirma: "a sub-espécie *Callithrix argentata*, após várias tentativas de aproximação, revelou-se avessa ao contato com o ser humano" (SOARES, 1998, p. 35).

Paráfrase: como afirma Soares (1998), a subespécie *Callithrix argentata* tem se mostrado avessa ao contato com o ser humano...

b) Referências:

JACOBY, Russell. *Os últimos intelectuais: a cultura americana na era da academia*. Tradução de Magda Lopes. São Paulo: Trajetória/Edusp, 1990

SANTOS, Milton. *A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção*. São Paulo: Hucitec, 1996

\_\_\_\_\_. A redefinição de lugar. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, 1995, Aracaju. *Anais...* Recife: Associação Nacional de Pós-Graduação em Geografia, 1996. p. 45-47.

\_\_\_\_\_. *O espaço do cidadão*. São Paulo: Nobel, 1987.

SOJA, Edward. *Geografias pós-modernas: a afirmação do espaço na teoria social social crítica*. Rio de Janeiro : Jorge Zahar, 1993

SOUZA, Marcelo L. Algumas notas sobre a importância do espaço para o desenvolvimento social. *Revista Território*, n.3, p. 14-35, 1997.

WIENER, Norbert. *Cibernética e sociedade: o uso humano de seres humanos*. 9. ed. São Paulo: Cultrix, 1993

Emprego de caracteres em tipo itálico: os programas de pós-graduação *stricto sensu* da universidade em questão...; a subespécie *Callithrix argentata* tem se mostrando...

## CONDIÇÕES PARA SUBMISSÃO

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

1. A contribuição é original e inédita, e não está sendo avaliada para publicação por outra revista; caso contrário, deve-se justificar em "Comentários ao editor".
2. O arquivo da submissão está em formato Microsoft Word, OpenOffice ou RTF.
3. URLs para as referências foram informadas quando possível.
4. O texto está em espaço 1.5; usa uma fonte de 12-pontos; emprega itálico em vez de sublinhado (exceto em endereços URL); as figuras e tabelas estão inseridas no texto, não no final do documento na forma de anexos. Contém Título e Resumos nos respectivos idiomas: Português, Inglês, Francês e Espanhol.
5. O texto segue os padrões de estilo e requisitos bibliográficos descritos em Diretrizes para Autores, na página Sobre a Revista.
6. Em caso de submissão a uma seção com avaliação pelos pares (ex.: artigos), as instruções disponíveis em Assegurando a avaliação pelos pares cega foram seguidas. Nesse caso, a autoria e os dados institucionais foram omitidos do original submetido.
7. O autor possui propriedade intelectual das imagens, que estão em boa qualidade e disponíveis para serem enviadas na condição de documento suplementar na submissão.

## COMPROVANTE DE SUBMISSÃO



CAPA		SOBRE		PÁGINA DO USUÁRIO		PESQUISA		ATUAL		ANTERIORES	
Capa > Usuário > Autor > Submissões > #1494 > <b>Resumo</b>											
<b>#1494 Sinopse</b>											
<b>RESUMO</b>	<b>AVALIAÇÃO</b>	<b>EDIÇÃO</b>									
<b>SUBMISSÃO</b>											
Autores	Renan Coelho de Vasconcellos										
Título	Aspectos gerais para indicadores em sistemas agroflorestais										
Documento original	1494-4578-1-SM.DOCX 11/02/2017										
Docs. sup.	1494-4579-1-SP.JPG 11/02/2017 <a href="#">INCLUIR DOCUMENTO SUPLEMENTAR</a>										
Submetido por	Sr. Renan Coelho de Vasconcellos										
Data de submissão	fevereiro 11, 2017 - 11:55										
Seção	Artigos										
Editor	Nenhum(a) designado(a)										
<b>SITUAÇÃO</b>											
Situação	Aguardando designação										
Iniciado	11/02/2017										
Última alteração	11/02/2017										

OPEN JOURNAL SYSTEMS

Ajuda do sistema

USUÁRIO

 Logado como:  
**renanrcv**  
 Meus periódicos  
 Perfil  
 Sair do sistema

AUTOR

 Submissões  
 Ativo (1)  
 Arquivo (0)  
 Nova submissão

NOTIFICAÇÕES

 Visualizar  
 Gerenciar

CONTEÚDO DA REVIST.

Pesquisa

  
 Todos  


 Procurar  
 Por Edição  
 Por Autor



Universidade do Estado do Pará  
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado  
Tv. Enéas Pinheiro, 2626, Marco, Belém-PA, CEP: 66095-100  
[www.uepa.br/paginas/pcambientais](http://www.uepa.br/paginas/pcambientais)

