



**Validação Científica de Indicadores Locais de Serviços Ambientais:
abordagem para monitoramento da qualidade ambiental de sistemas
agroflorestais de referência ao Programa Nacional de Florestas Produtivas**

Scientific Validation of Environmental Services Local Indicators: an approach for monitoring the environmental quality of agroforestry systems as a reference for the Productive Forests National Program

MATTOS, L.M.¹; NUNES, F.H.²; ARCO-VERDE, M.F.³; ALMEIDA, E.N.⁴;
GALIANO, M.W.⁵; ANDRÉS, R.S.⁵ - ¹Pesquisador da Embrapa Cerrados,
luciano.mattos@embrapa.br; ²Consultor do Imaflora e Mestrando da Universidade Federal do
Paraná (UFPR), fabiohnunes@gmail.com; ³Pesquisador da Embrapa Florestas, marcelo.arco-verde@embrapa.br; ⁴Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, everaldo.almeida@embrapa.br;
⁵Comunicadora do Imaflora, marina.galiano.ext@imaflora.org; ⁵Coordenadora de projetos e
serviços do Imaflora, renata.andres@imaflora.org

RELATO DE EXPERIÊNCIA TÉCNICA

Eixo Temático: Políticas Públicas e Agroecologia

Resumo

O Programa Nacional Florestas Produtivas (PNFP) tem a finalidade de recuperação de áreas alteradas e degradadas para fins produtivos, com vistas à adequação e à regularização ambiental e à ampliação da capacidade de produção de alimentos da agricultura familiar. O presente relato traz resultados de oficina participativa realizada no âmbito do mesmo programa, em que se aplicou a metodologia de validação científica de indicadores locais de serviços ambientais. A partir do conhecimento empírico da agricultura familiar, a oficina categorizou indicadores locais com validade científica (SIM), com validade científica sob condições (SSC), sem validade científica (NÃO) e sem informação científica que se tornam objeto potencial de pesquisa (P&D). Os resultados demonstram que há conhecimento com validade científica entre os membros da agricultura familiar que pode ser aproveitado para o monitoramento da qualidade ambiental de sistemas de produção em processos coletivos de transição agroflorestal.

Palavras-Chave: Políticas Públicas; Transição Agroecológica; Agricultura Familiar; Serviços Ecossistêmicos.

Keywords: Public Policies; Agroecological Transition; Family Farming; Ecosystem Services.



Contexto

O conceito de serviços ecossistêmicos surge a partir da ideia de que os fluxos ecológicos de bens e serviços fulcrais à vida no Planeta (água, alimentos, nutrientes, fibras, regulação do clima, polinização) começam a apresentar sinais de desequilíbrio, com efeitos sobre a vida que podem comprometer a existência do ser humano na Terra (Costanza et al., 1997, 2014). Na literatura internacional, em geral, o termo “serviços ecossistêmicos” é utilizado para descrever os benefícios da natureza, enquanto o termo “serviços ambientais” se refere aos processos de prestação de serviços ecossistêmicos com interferência humana, como manejo de agroecossistemas.

A questão polêmica é que as propostas metodológicas de valoração de serviços ambientais, em geral, trazem justificativas antropocêntricas para a conservação de ecossistemas, com base na dependência humana por bens comuns, em vez de garantirem a preservação das funções ecossistêmicas. No entanto, para Mattos e Hercowitz (2011), a valoração direta dos bens e serviços ambientais e/ou dos recursos naturais deve ser refutada, pois as funções ecossistêmicas geradas sempre serão intangíveis devido ao seu papel fundamental de sustentação da vida no Planeta. Em suma, a vida não tem preço. Dessa forma, a valoração indireta de serviços ambientais, a partir da consideração do custo adicional de trabalho para gerar o benefício ambiental, deve ser considerada. O ser humano se relaciona com a natureza por meio do trabalho, portanto, a valoração de serviços ambientais deve ter como base o custo adicional de trabalho que gere despesas financeiras à família rural, mas que ao mesmo tempo, gera benefícios socioambientais para toda a sociedade brasileira e mundial.

A avaliação da qualidade ambiental dos processos de transição agroflorestal é um desafio complexo, pois os ecossistemas não são estáticos, apresentando variações naturais e provocadas pela ação humana. Assim, a definição de indicadores de serviços ambientais é pertinente, onde o termo “indicador” é definido como uma variável (ou um conjunto de variáveis), capaz de fornecer informações sobre um ambiente ou um fenômeno (OECD, 2003), ao passo que indicadores ambientais são instrumentos que podem ser combinados para validação e monitoramento de fenômenos naturais, com fornecimento de informações perceptíveis, acessíveis e fidedignas à realidade ambiental (Niemeijer e De Groot, 2008; Dominati et al., 2010).

Os indicadores de serviços ambientais devem atestar melhorias na qualidade ambiental dos processos de transição agroflorestal e permitir avaliações de alcance de metas de produção sustentável (Mattos, 2010). Dessa maneira, os indicadores químicos, físico-hídricos e biológicos de solos são adequados ao monitoramento da qualidade ambiental e à verificação do alcance de metas de produção sustentável, pois são precisos e simples de se utilizar, envolvendo funções essenciais dos solos fundamentais para a sustentabilidade dos agroecossistemas. Ademais, os indicadores ambientais devem ser sensíveis às mudanças ocorridas no meio, ter limites claros



13º CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA

Agroecologia, Convivência com os Territórios Brasileiros e Justiça Climática



entre o que é sustentável e o que é insustentável, além de ser desejável a existência de valores críticos ou padrões de funções específicas para avaliações de qualidade do solo (Doran e Parkin, 1994; Tótola e Chaer, 2002; Hungria et al, 2009; Mendes et al, 2018; Mattos et al, 2019). Nesse sentido, o presente relato traz uma experiência de validação científica de indicadores locais de serviços ambientais, aplicados ao bioma Amazônia, no âmbito do Programa Nacional de Florestas Produtivas.

Descrição da Experiência

A presente experiência foi vivenciada no bioma Amazônia, em março de 2025, no âmbito do Projeto Finanças Verdes (UK Pact) e Projeto Inaugural do Programa Nacional de Florestas Produtivas (MDA/Embrapa), que contempla 21 Projetos de Assentamento no estado do Pará. A experiência também advém do Projeto Transição Produtiva e Serviços Ambientais (Embrapa Cerrados), realizado entre 2013-2019.

Naquela oportunidade, um processo de validação científica de indicadores empíricos de serviços ambientais foi estruturado em três fases: fase I – seleção dos indicadores e elaboração das perguntas norteadoras; fase II – visitas individuais de três pesquisadores da Embrapa Cerrados a 20 famílias rurais do bioma Cerrado (que não é objeto deste relato) e visitas individuais de três pesquisadores da Embrapa Amazônia Oriental a 20 famílias rurais do bioma Amazônia (que é objeto deste relato), para lançamento das perguntas norteadoras e levantamento de indicadores de serviços ambientais; fase III – realização de duas oficinas de validação científica de indicadores empíricos de serviços ambientais, nos biomas Cerrado e Amazônia, com a presença de 10 pesquisadores e 10 membros da agricultura familiar em cada uma.

A fase I elaborou as perguntas norteadoras e as aplicou na fase II, selecionando 51 indicadores de serviços ambientais no bioma Amazônia. Na fase III, os resultados foram categorizados entre indicadores locais com validade científica (SIM), indicadores com validade científica sob condições (SSC), indicadores sem validade científica (NÃO) e indicadores sem informação científica que se tornam objeto potencial de pesquisa (P&D). Estes resultados são encontrados no *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 344 – Validação Científica de Indicadores Empíricos de Serviços Ambientais da Embrapa Cerrados* (Mattos et al, 2019).

Em março de 2025, uma oficina participativa realizada pelo Imaflora e Embrapa (Amazônia Oriental, Cerrados e Floresta), com apoio do UK Pact, nas dependências da Embrapa Amazônia Oriental, com a presença de 30 participantes, entre pesquisadores, bolsistas de pós-graduação, extensionistas e membros da agricultura familiar paraense alocados nas regiões Sul e Sudeste do estado do Pará, revisaram os 51 indicadores de serviços ambientais levantados no bioma Amazônia ao longo do Projeto Transição Produtiva e Serviços Ambientais. Os 51 indicadores foram revisados e recategorizados, para em seguida serem levantados e categorizados mais 36 indicadores, o que resultou em um total de 87 indicadores validados (Tabela 1).



Resultados

A Tabela 1 apresenta os resultados do processo de validação científica de indicadores locais de serviços ambientais, realizado no âmbito do Projeto Transição Produtiva e Serviços Ambientais pela Embrapa Cerrados, entre 2013 e 2019. Além disso, inclui os resultados do processo de revisão e recategorização desses indicadores, bem como o levantamento e categorização de novos indicadores obtidos em oficina organizada no âmbito do Projeto Finanças Verdes e do Projeto Inaugural do Programa Nacional de Florestas Produtivas (março de 2025).

Após a revisão dos 51 indicadores locais de serviços ambientais, 11 indicadores foram recategorizados, nenhum indicador foi descartado [exceto no caso que o capim rabo de burro (*Andropogon bicornis*) foi identificado como igual ao capim estrepe (*Imperata brasiliensis*) para indicar acidez de solos, sendo apenas o primeiro considerado, o que não modificou a contagem] e 36 novos indicadores foram levantados e categorizados na oficina do Projeto Finanças Verdes e Projeto Inaugural do Programa Nacional de Florestas Produtivas, totalizando 87 indicadores. Entre os 87 indicadores obtidos, 40 (ou 46%) são indicadores químicos, 35 (ou 40%) são indicadores físico-hídricos e 12 (ou 14%) são indicadores biológicos de qualidade de solos.

Porém, entre os 87 (100%) indicadores levantados e categorizados, 71 (81%) podem ser recomendados por obterem categorização SIM (49 indicadores com validade científica - 56%) ou SSC (22 indicadores com validade científica sob condições - 25%). Os resultados denotam que, ao mínimo, 81% do conhecimento empírico da agricultura familiar tem validade científica, com ou sem condições a serem observadas. Se considerarmos que os 6 (7%) indicadores categorizados como P&D (indicador sem informação científica que se tornam objeto potencial de pesquisa) não podem ser recomendados, mas tampouco descartados, a soma de indicadores utilizáveis sobe para 77 (89%), restando apenas 10 (11%) indicadores descartáveis categorizados como NÃO (indicadores sem validade científica). Ou seja, o conhecimento empírico da agricultura familiar demonstra validade científica mínima de 81% (SIM + SSC), podendo alcançar 89% caso os objetos potenciais de P&D sejam investigados e validados, com somente 11% do conhecimento sem validade científica (NÃO).

A Tabela 2 traz uma abordagem que cruza novas categorias de indicadores locais de serviços ambientais por indicadores químico, biológico e físico-hídrico, isto é, agrupa os indicadores em quatro novas categorias que redundam de subcategorias. Os resultados demonstram que “plantas indicadoras” são mais apropriadas como indicadores químicos e físico-hídricos de qualidade de solos, enquanto “manejo e vida nos solos” são mais adequados como indicadores biológicos de qualidade de solos. Outrossim, relações menos frequentes da Tabela 2 não devem ser desprezadas.



13º CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA

Agroecologia, Convivência com os Territórios
Brasileiros e Justiça Climática



Tabela 1 – Categorização de indicadores locais de serviços ambientais

Indicadores de Serviços Ambientais	TOTAL	SIM	SSC	P&D	NÃO
Indicadores Químicos					
PERGUNTA NORTEADORA: O que indica acidez de solos?					
Indicadores de Acidez / Solos Não Corrigidos	13	7	4	1	1
Indicadores de Não Acidez / Solos Corrigidos	6	4	0	0	2
Indicadores de Baixa Fertilidade de Solos	9	4	3	1	1
Indicadores de Alta Fertilidade de Solos	12	7	3	2	0
SUBTOTAL	40	22	10	4	4
Indicadores Físico-Hídricos					
PERGUNTA NORTEADORA: O que indica compactação de solos?					
Indicadores de não compactação de solos	6	3	2	0	1
Indicadores de compactação de solos	6	4	1	1	0
PERGUNTA NORTEADORA: O que indica disponibilidade de água nos solos?					
Indicadores de disponibilidade de água nos solos	8	5	2	0	1
Indicadores de escassez de água nos solos	7	2	3	1	1
Indicadores de excesso de água nos solos	5	4	1	0	0
Indicadores de água profunda nos solos	3	0	1	0	2
SUBTOTAL	35	18	10	2	5
Indicadores biológicos					
PERGUNTA NORTEADORA: O que indica vida nos solos?					
Indicadores de microbiologia de solos	3	2	1	0	0
Indicadores de macrobiologia de solos	6	4	1	0	1
PERGUNTA NORTEADORA: O que indica biomassa na superfície dos solos?					
Indicadores de biomassa na superfície dos solos	3	3	0	0	0
SUBTOTAL	12	9	2	0	1
Total Geral de Indicadores (SIM + SSC + P&D + NÃO)	87	49	22	6	10
Total de Indicadores Utilizáveis (SIM + SSC + P&D)	77	49	22	6	-
Total de Indicadores Recomendados (SIM + SSC)	71	49	22	-	-
Total de Indicadores Descartados (NÃO)	10	-	-	-	10

Tabela 2 – Categorização de indicadores locais por indicador químico, biológico e físico-hídrico

CATEGORIA DOS INDICADORES	SUBCATEGORIA DOS INDICADORES	INDICADORES QUÍMICOS			INDICADORES BIOLÓGICOS			INDICADORES FÍSICO-HÍDRICOS		
		T	U	R	T	U	R	T	U	R
PLANTAS INDICADORAS	Ervas, arbustos e árvores; capoeiras; plantas cultivadas; leguminosas; pastagens e gramíneas	26	26	23	0	0	0	26	24	20
MANEJO E VIDA NOS SOLOS	Cobertura de solos, microbiologia e macrobiologia	8	7	6	12	11	11	3	3	2
COR DOS SOLOS	Cor dos solos; área nova não cultivada	6	3	3	0	0	0	0	0	0
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE SOLOS	Características físicas de solos	0	0	0	0	0	0	6	6	6
TOTAL		40	36	32	12	11	11	35	33	28

Legenda: T = TOTAL DE INDICADORES; U = INDICADORES UTILIZÁVEIS; R = INDICADORES RECOMENDADOS





Referências bibliográficas

- COSTANZA, Robert; DARGE, Ralph.; DE GROOT, Rudolf.; FARBER, Stephen.; GRASSO, Monica.; HANNON, Bruce.; LIMBURG, Karin.; NAEEM, Shashid.; ONEILL, Robert V.; PARUELO, Jose.; RASKIN, Robert G.; SUTTON, Paul.; VAN DEN BELT, Marjan. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v.387, May, 253-260, 1997.
- COSTANZA, Robert; DE GROOT, Rudolf.; SUTTON, Paul.; VAN DER PLOEG, Sander.; ANDERSON, Sharolyn. J.; KUBISZEWSKI, Ida.; FARBER, Stephen.; TURNER, R. Kerry. Changes in the global value of ecosystem services. **Global Environmental Change**, v.26, n.1, 152-158, 2014.
- DOMINATI, Estelle; MURRAY, Patterson.; MACKAY, Alec. A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. **Ecological Economics**, v.69, 1858-1868, 2010.
- DORAN, John W.; PARKIN, Timothy. B. Defining and accessing soil quality. Madison: **Soil Science Society of America**, 1994. 3-21. (Special publication, 35).
- HUNGRIA, Mariângela; FRANCHINI, Julio C.; BRANDÃO-JUNIOR, Osvaldino.; KASCHUK, Glaciela.; SOUZA, Rosinei A. Soil microbial activity and crop sustainability in a long-term experiment with three soil-tillage and two crop rotation systems. **Applied Soil Ecology**, v.42, p.288-296, 2009.
- MATTOS, Luciano M.; FERREIRA, Eloisa. A. B.; TURETTA, Ana. Paula D.; BALIEIRO, Fabiano. C.; COUTINHO, Heitor L. C. Validação Científica de Indicadores Empíricos de Serviços Ambientais. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 344. Planaltina: Embrapa Cerrados. 106p., 2019.
- MATTOS, Luciano M. **Decisões sobre usos da terra e dos recursos naturais na agricultura familiar amazônica: o caso do Proambiente**. 458p. Tese (Doutorado). Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.
- MATTOS, Luciano M.; HERCOWITZ, Marcelo. **Economia do Meio Ambiente e Serviços Ambientais**: estudo aplicado à agricultura familiar, às populações tradicionais e aos povos indígenas. Brasília: Embrapa, 2011.
- MENDES, Ieda C.; TORMENTA, Cássio A.; CHERUBIN, Maurício R. Soil health assessment and maintenance in Central and South-Central Brazil. In: Reicosky, D. **Managing soil health for sustainable agriculture**. Cambridge: Burleigh Dodds Science, v. 2, 2018.
- NIEMEIJER, David, DE GROOT, Rudolf S. A conceptual framework for selecting environmental indicator sets. **Ecological Indicators**, v. 8, p. 14-25, 2008.
- OECD - Organisation for Economic Cooperation and Development. **Environmental Indicators – Development, measurement and use**. Reference paper. Paris, 2003.
- TÓTOLA, Marcos; CHAER, Guilherme M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. **Tópicos Avançados em Ciência do Solo**, v. 2, 195-276, 2002.