

# Conservando a fertilidade do solo em sistemas biointensivos

Fernando Funes-Monzote, Alberto Hernández, Rasiel Bello e Aurelio Álvarez

**M**elhorar e manter a fertilidade dos solos é uma das prioridades dos sistemas agroecológicos. Juntamente com a preservação da agrobiodiversidade e o uso eficiente da água e da energia, o equilíbrio adequado de nutrientes e da vida no solo é um fator necessário para que os sistemas agrícolas sejam sustentáveis. Além de aproveitar os recursos naturais disponíveis de maneira eficiente, a diversificação da atividade agrícola, inclusive por meio da integração com a pecuária, tem se mostrado uma estratégia eficaz para a gestão apropriada da fertilidade dos solos. Por manterem altos níveis de biodiversidade, os sistemas agroecológicos favorecem o uso adequado do solo, otimizando os fluxos de nutrientes e de energia e exercendo múltiplas funções que envolvem objetivos ecológicos, econômicos e sociais (Altieri, 2002).

Um estudo de caso realizado no município de San Antonio de Los Baños, Havana, Cuba, em propriedades que integravam a agricultura com a pecuária, demonstrou que é possível intensificar os sistemas produtivos de forma sustentável, ou seja, obter rendimentos razoavelmente altos sem afetar a capacidade do próprio sistema de conseguir os mesmos resultados no futuro. Isso também significa produzir altos níveis de energia e proteína por unidade de super-

fície cultivada, o que garante a auto-suficiência alimentar da família agricultora e influencia positivamente os indicadores financeiros e ecológicos dos sistemas produtivos. As propriedades que serviram de objeto de estudo mantiveram um manejo integrado de alta eficiência durante mais de 70 anos. Este artigo, apresenta resultados do estudo cujo objetivo final foi o de entender o funcionamento das práticas de manejo que possibilitaram atingir esses resultados e, ao mesmo tempo, transmitir os conhecimentos adquiridos a outros produtores da região.

## O estudo

O estudo foi realizado entre 2000 e 2004 e foi conduzido em seis etapas, começando pela identificação das práticas de manejo insustentáveis na agricultura da região, a definição de possíveis alternativas inovadoras a essas práticas, assim como a seleção de propriedades de referência para a avaliação de sistemas mais sustentáveis já existentes (etapa 1). Para entender em maior detalhe os sistemas de manejo empregados, foram desenhados mapas de biorecursos e infra-estrutura das propriedades selecionadas (etapa 2). Em seguida, foram levantadas as características das propriedades e identificados os fatores (pontos críticos) que limitavam ou favoreciam a sustentabilidade econômica, ecológica e social do sistema (etapa 3). Na etapa 4, foi selecionado um conjunto de indicadores para orientar o monitoramento da sustentabilidade com base no levantamento anual de dados (etapa 5). Finalmente, realizou-se uma análise integrada e participativa dos sistemas de produção com o objetivo de alinhar um conjunto de recomendações técnicas para o aprimoramento dos agroecossistemas locais (etapa 6). Um novo ciclo de diagnóstico, avaliação e elaboração de alternativas se iniciou com a identificação de novos pontos críticos e novos objetivos, em um processo contínuo\*.

\*O método empregado, resultado da integração de várias metodologias de análise e de desenvolvimento de sistemas de produção agrícola, está descrito em detalhe em Funes-Monzote (2008).

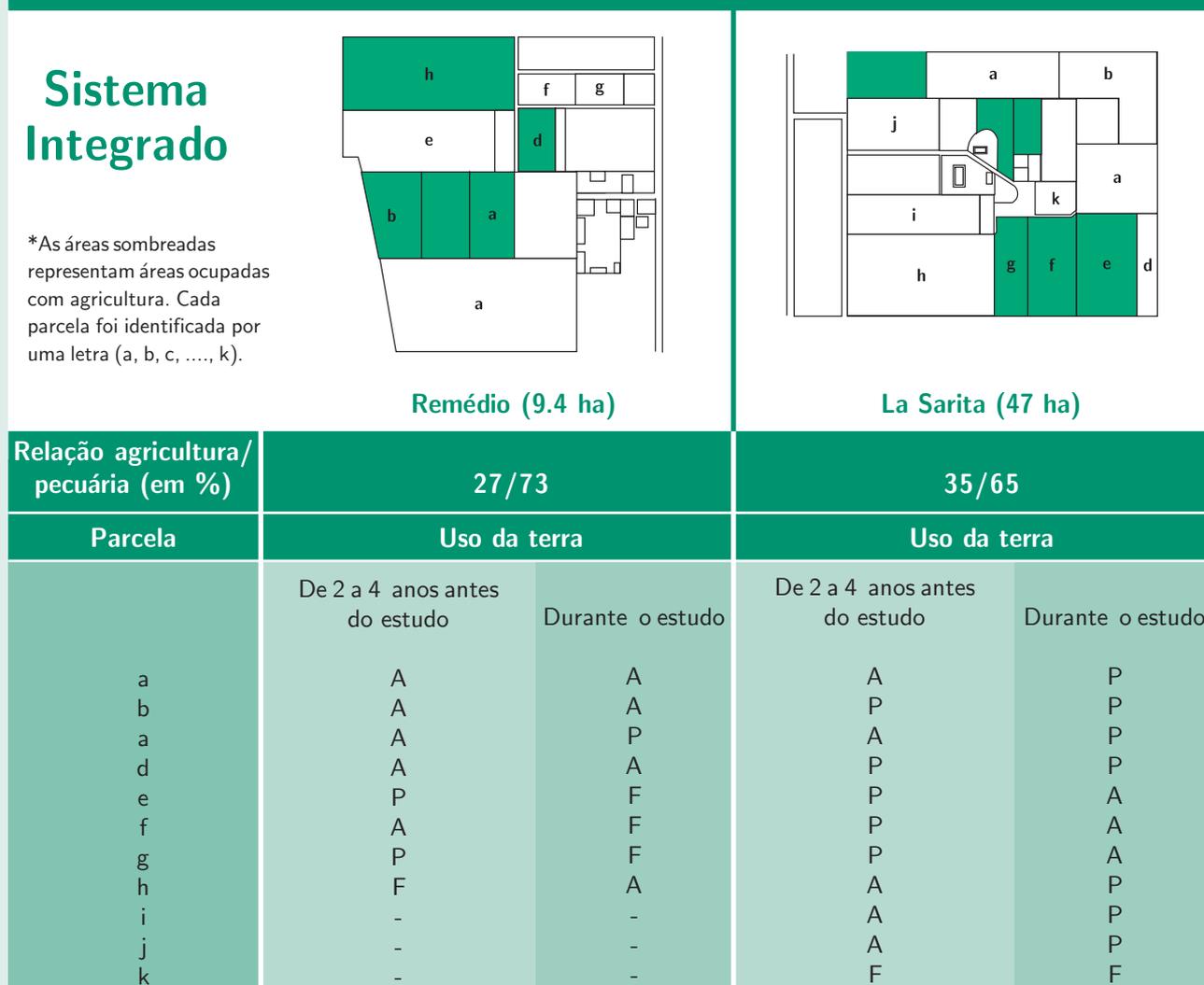
## As propriedades selecionadas

Duas propriedades tradicionais foram selecionadas para servir de referência, levando em conta os critérios empíricos de extensionistas e de outros atores locais: a primeira, Remédio, de pequena escala (9,4 ha), e a segunda, La Sarita, de tamanho médio (47 ha). Ambas as propriedades alcançam altos níveis de produtividade por área e apresentam um manejo eficiente dos recursos locais disponíveis. Uma característica comum a ambas era o emprego continuado de esterco nas áreas de cultivo e a rotação entre áreas de produção. Remédio dedicava 73% de sua área à pecuária, enquanto La Sarita empregava 65%. O restante da área estava destinado a cultivos, sendo a cobertura florestal baixa (5% a 6% da área total). Na propriedade menor havia um uso mais intensivo da força de trabalho e verificava-se maior nível de diversificação dos cultivos e dos animais, enquanto a segunda dedicava-se essencialmente à pecuária bovina (leite e carne), além da produção agrícola. A Figura 1 apresenta a composição de ambos os sistemas de produção.

## Agrobiodiversidade, heterogeneidade e complexidade

Os altos níveis de agrobiodiversidade (expressa pelo número de espécies manejadas), de heterogeneidade (que considera o número de subsistemas na propriedade) e de complexidade (referente ao nível de intercâmbio de energia e nutrientes entre os subsistemas) caracterizaram as propriedades estudadas. No momento do estudo, a propriedade Remédio produzia 26 produtos comercializáveis (8 de procedência animal e 8 agrícolas), enquanto que La Sarita produzia 24 no total (5 e 19, respectivamente), incluindo cinco espécies de flores. Ao serem contabilizadas as espécies de pastos e forragens, as frutíferas, as plantas florestais e usadas nas cervas vivas, ou estacas (sem contar a vegetação espontânea e animais silvestres), chegamos ao total de 38 espécies manejadas na primeira propriedade e 49 na segunda. A essa alta biodiversidade foram atribuídas, de maneira direta ou indireta, funções ecossistêmicas importantes que contribuem para uma reciclagem dos nutrientes, o que permite incrementar a

Figura 1. Distribuição espacial do uso da terra nas propriedades estudadas



A (agricultura), F (produção forrageira), P (pastagem).

produtividade e a eficiência da produção. Os valores mais altos da maioria dos indicadores agroecológicos foram obtidos na propriedade Remedio, que adotou um sistema de manejo de menor escala e mais dinâmico em termos de rotações de cultivo e uso de fertilizantes orgânicos (Figura 2).

## Manejo da fertilidade do solo

Ambas as propriedades adotaram práticas similares para a gestão dos nutrientes dos solos.

- Os bois, vacas, cavalos, ovelhas e cabras tiveram acesso às parcelas ocupadas pela rotação pastagem/agricultura. Dessa forma, os solos dessas áreas eram esterçados diretamente.
- Todo o esterco coletado nos currais e chiqueiros era compostado para em seguida ser aplicado nas áreas de produção de forragens ou nos campos de cultivo antes da semeadura.
- Para evitar a compactação do solo, a aração era realizada com uso combinado de tratores com bois.

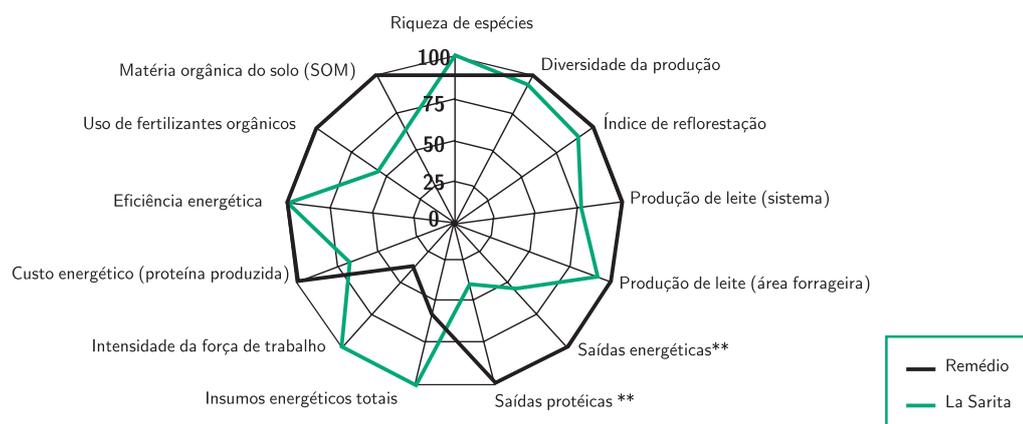
Foto: Autores



Consórcio de milho com amendoim

- O emprego de rotações e policultivos permitia combinar espécies com sistemas radiculares de tamanhos variados e intercalar leguminosas com espécies mais extrativas de nutrientes dos solos.
- Para a alimentação animal eram aproveitados os resíduos de cítricos de um centro de coleta próximo,

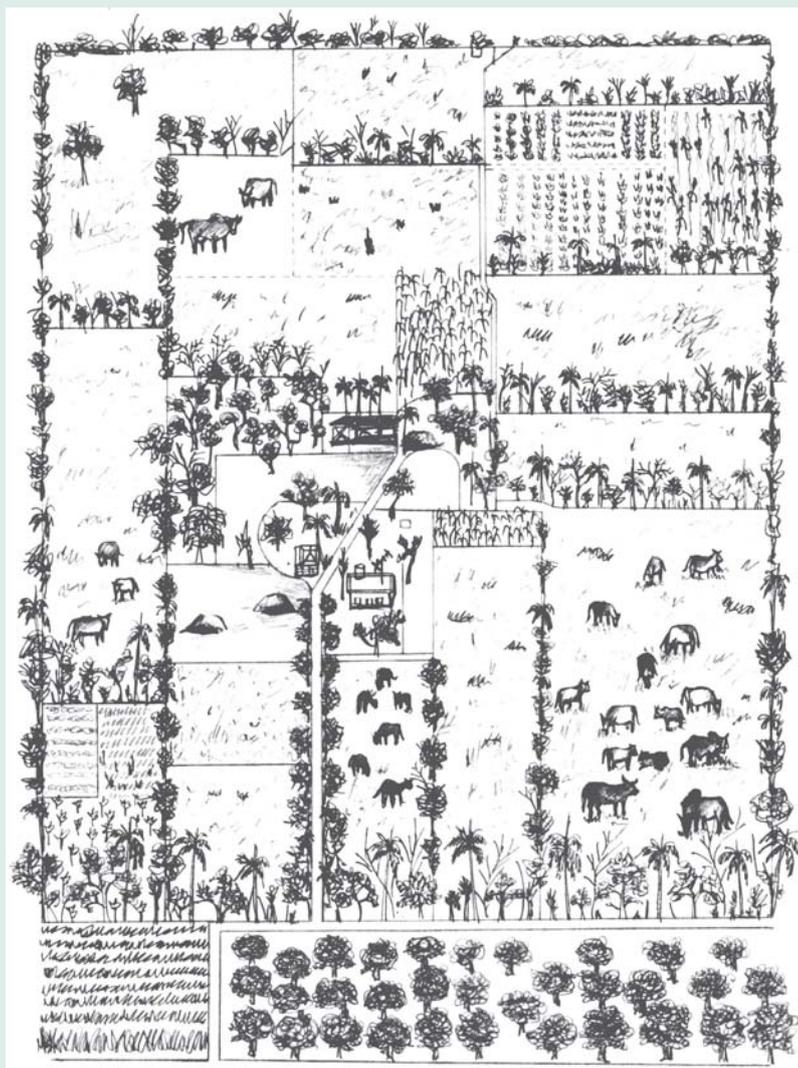
Figura 2. Análise dos indicadores agroecológicos nas duas propriedades estudadas.



Indicador agroecológico	Unidade	Melhor valor
Riqueza de espécies	Índice Margalef*	7,5
Diversidade da produção	Índice Shannon*	2,4
Índice de reflorestação	Índice Shannon*	1,8
Produção de leite (sistema)	t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	1,7
Produção de leite (área forrageira)	t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	2,2
Saídas energéticas**	GJ ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	22,8
Saídas protéicas **	kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	273,0
Intensidade da força de trabalho	hr ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup>	1,1
Insumos energéticos totais	GJ ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	6,1
Custo energético (proteína produzida)	MJ kg <sup>-1</sup>	40,0
Eficiência energética	GJ saída GJ <sup>-1</sup> entrada	2,1
Uso de fertilizantes orgânicos	ton ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	4,5
Matéria orgânica do solo (SOM)	%	5,8

\* Para realizar os cálculos dos índices de Margalef e Shannon, consulte Gliessman (2001), livro editado em português pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. (n. do Ed.)

\*\* Em produtos comestíveis.



Mapa de biorecursos e infraestruturas de La Sarita

subprodutos de centros açucareiros e outros alimentos concentrados em menor quantidade. Esses insumos representaram, indiretamente, importantes fontes de nutrientes para o solo.

Os dados das análises dos solos das diferentes parcelas indicaram que os nutrientes reciclados pelos animais e fixados por plantas leguminosas eram suficientes para compensar a alta evasão de nutrientes dos sistemas uma vez que não foram observados sinais de queda na fertilidade.

A extração contínua de nutrientes e a diminuição da matéria orgânica nos solos foram apontadas na etapa 1 do estudo como um dos pontos críticos da pecuária especializada na região. Os pecuaristas especializados consideraram também que a acumulação de esterco é um problema. Seu uso em áreas de produção nas propriedades era limitado em função da baixa disponibilidade de mão-de-obra.

Outras dificuldades práticas, como a falta de implementos agrícolas para o preparo do solo e de outros insumos, bem como regulamentações sobre o uso da terra, restringiram os cultivos em áreas especializadas em pecuária. Entretanto, vale destacar que nas propriedades estudadas a produção de leite por hectare foi mais de

duas vezes superior que nas propriedades especializadas (1,7 t/ha, referente à área total da propriedade, e 2,2 t/ha, se consideramos somente a área destinada a pastos e forragens), apesar de ter ocupado até 35% das terras com cultivos.

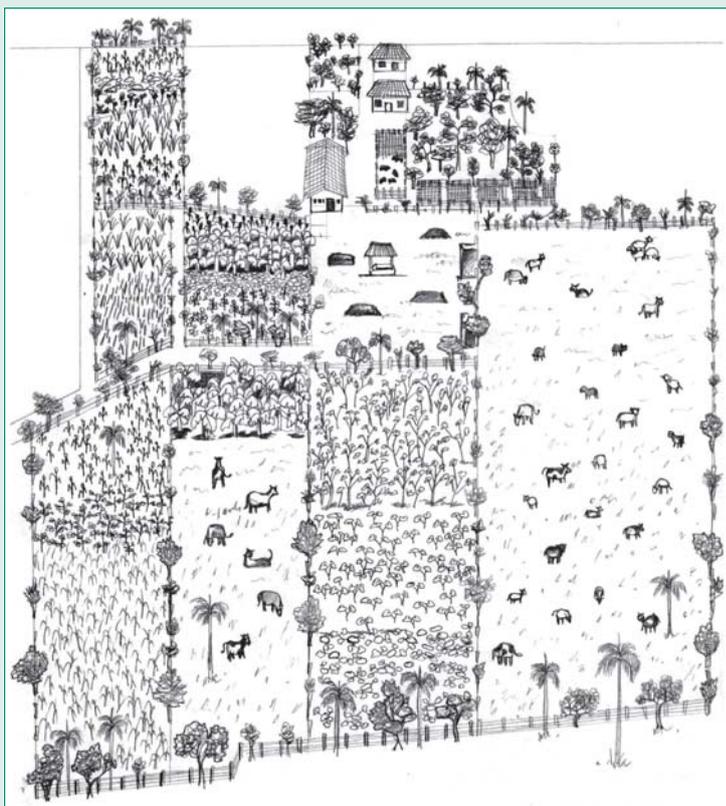
**Na verdade, constatou-se que a implantação de cultivos em áreas de criação de gado significou para os solos (e para o sistema em geral) um incremento em eficiência e produtividade. Isso foi possível graças aos excelentes indicadores de solo que ambas as propriedades apresentaram, sobretudo se levamos em conta a matéria orgânica como indicador de altos níveis de vida no solo.**

As reservas de carbono no solo na propriedade Remédio foram de 89 t/ha nos seus primeiros 50 cm e 26 t/ha entre 50 e 100 cm. A matéria orgânica excedeu 5% em todos os subsistemas, exceto naquele em que não houve rotação com a pecuária, onde foi de 4,8%, mesmo assim um índice considerado alto para esse tipo de solo. Esses valores apontam para uma redução do carbono do solo de apenas 30% - 40% quando o solo é comparado com a sua condição natural na região, o que representa uma perda mínima de carbono em áreas de cultivo (Hernández et al., 2006). Além de contribuir para a manutenção de níveis médios e altos de fósforo, potássio e de bases trocáveis, essa conservação da matéria orgânica foi muito favorável para a preservação da estrutura do solo.

## Estratégias para um manejo adequado dos nutrientes

Entre as estratégias definidas pelos participantes do projeto, identificamos:

- Incrementar a biodiversidade funcional do sistema.
- Estabelecer um sistema de rotação de cultivos visando à manutenção de altos níveis de matéria orgânica no solo.
- Promover estratégias para uma reciclagem de nutrientes efetiva entre os subsistemas.
- Introduzir plantas leguminosas fixadoras de nitrogênio atmosférico (anuais e perenes).
- Eliminar a exportação de esterco para evitar a perda de nutrientes do sistema.



Mapa de biorecursos e infraestruturas de Remédio

- Realizar a compostagem do esterco combinado com sobras da alimentação animal e resíduos da colheita.
- Utilizar espécies de adubos verdes como parte dos sistemas de rotação e policultivos.
- Estabelecer um programa de monitoramento para realizar uma análise dos indicadores da fertilidade do solo.

## Considerações finais

Os sistemas integrados estudados podem ser tomados como referência para implementar um manejo mais sustentável do solo na região, assim como podem servir de guia para a conversão ecológica dos sistemas de produção. A metodologia desenvolvida permitiu identificar, a partir da consulta aos atores locais, os pontos críticos que limitam a produção agropecuária e o alcance dos objetivos para o desenvolvimento dos sistemas integrados na região.

**Os resultados deste estudo mostram que os sistemas que integram pecuária e agricultura apresentam condições favoráveis para um manejo eficiente dos recursos naturais, de maneira que é possível obter altos rendimentos com o baixo uso de insumos e sem deteriorar a fertilidade do solo. A inclusão do componente animal, combinado com um manejo adequado do esterco e o plantio de forragens que incorporaram altos níveis de carbono no solo, contri-**

**biu para manter a matéria orgânica do solo. Esse tipo de estudo pode apoiar processos locais de inovação visando ao desenvolvimento de estratégias e tecnologias para o manejo dos solos.**

**Fernando Funes Monzote**

*Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Universidad de Matanzas, Havana, Cuba*  
mgahonam@enet.cu

**Alberto Hernández**

*Instituto Nacional de Ciências Agrícolas (Inca), San José de Las Lajas, Havana, Cuba*  
ahjga@yahoo.com.mx

**Rasiel Bello**

*Instituto de Investigaciones Porcinas del Ministerio de la Agricultura, Punta Brava, Havana, Cuba*  
iip@enet.cu

**Aurelio Álvarez**

*Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes del Ministerio de la Agricultura, Bauta, Havana, Cuba*  
auralva@cima-minag.cu

*Agradecemos a Héctor, Hilda e família, a Bernardo, Bernardito e família, que com paciência e interesse participaram deste estudo. Também agradecemos a todas as pessoas do município que colaboraram e participaram do estudo, em especial a Wilfredo e família, Cari, Molina, Carlos e Camué.*

## Referências bibliográficas:

- ALTIERI, M.A. **Agroecology**: The science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 93, 2002. p. 1-24.
- GLIESSMAN, S.R. **Agroecology**: Ecological processes in sustainable agriculture. Flórida: CRC Lewis Publishers, 2001.
- FUNES-MONZOTE, F. **Farming like we're here to stay**: The mixed farming alternative for Cuba. 2008. Tese (Doutorado) – Wageningen University, Holanda.
- HERNÁNDEZ, A. et al. **Cambios globales de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados (Nitisoles ródicos éutricos) de la provincia Habana**. *Cultivos Tropicales* 27 (2), 2006. p. 41-50.