

# GESTÃO DO NITROGÊNIO EM SISTEMAS ORGÂNICOS DE PRODUÇÃO ATRAVÉS DA ADUBAÇÃO VERDE

---

*José Antonio Espindola  
Dejair Lopes de Almeida  
José Guilherme Guerra  
Raul Duarte Ribeiro*

*A* degradação ambiental e seus desdobramentos sociais transformaram a busca pela sustentabilidade em preocupação crescente dos profissionais do setor agrícola, no decorrer das últimas décadas. A agricultura orgânica tem-se revelado uma alternativa para a resolução de problemas originados pela modernização da agricultura, propondo práticas menos agressivas ao meio ambiente. A gestão do nitrogênio pode representar um ponto de estrangulamento para sistemas orgânicos de produção, tornando-se essencial a otimização de processos como o da fixação biológica de nitrogênio (FBN). Advém dessa importante demanda, a oportunidade de discutir algumas das modalidades de manejo de leguminosas, para fins de adubação verde, adotadas no Sistema Integrado de Produção Agroecológica, visando a sustentabilidade dos agroecossistemas.

## A busca da sustentabilidade na agricultura

Dramáticas alterações ambientais têm sido acarretadas pelas atividades econômicas desenvolvidas nas últimas décadas, em diferentes regiões do globo terrestre. O processo de modernização da sociedade encontra-se fortemente atrelado à difusão da industrialização, associado a um aumento exacerbado do consumo. Muitas vezes, as relações entre produção e consumo distribuem-se de forma desigual entre países desenvolvidos e subdesenvolvidos. Como consequência desse modelo de desenvolvimento, impactos sobre o meio ambiente vêm sendo observados através de problemas como poluição atmosférica e das águas, degradação do solo, redução da biodiversidade e da sociodiversidade.<sup>1</sup>

A partir dos problemas de degradação ambiental e de seus desdobramentos sociais, criou-se maior conscientização quanto à busca de uma sociedade capaz de reconhecer os limites dos recursos naturais e a importância da participação das comunidades na preservação ambiental. Nesse contexto, surge o conceito de sustentabilidade, que propõe a utilização racional dos recursos disponíveis na natureza, de forma a manter os processos ecológicos essenciais e garantir maior justiça social.

Dentre as atividades humanas, a agricultura apresenta forte interação com a natureza. Durante séculos, os agricultores provocaram modificações intensas na cobertura vegetal de vastas áreas, afetando, direta ou indiretamente, distintos ecossistemas. Embora a maioria das comunidades agrícolas tenha mantido uma relação amigável com o meio ambiente ao longo do tempo, esse quadro foi alterado com o processo de modernização da agricultura, a partir do século XX, que trouxe problemas como o aumento da erosão do solo, intensificação de pragas e doenças das plantas cultivadas e redução das populações de animais silvestres. Associam-se a esses impactos ambientais, muitos problemas sociais devidos à intensificação da concentração fundiária no campo, bem como aqueles que afetam a saúde de agricultores e consumidores.<sup>2</sup>

Reduções do processo de degradação do solo e da perda do potencial agrícola, com vistas à preservação do ambiente rural para gerações futuras, podem ser concretizadas pela adoção de estratégias que levem em conta as necessidades humanas básicas, a manutenção do equilíbrio ecológico e a garantia de equidade social para os moradores do campo e da cidade.<sup>3</sup>

### Agricultura orgânica e agroecologia

Como alternativa para resolução dos problemas originados pela modernização da agricultura, foram propostas práticas agrícolas menos agressivas ao meio ambiente,

<sup>1</sup> GIANANTI, R. *O desafio do desenvolvimento sustentável*. São Paulo: Atual Editora, 1998. p. 29-50.

<sup>2</sup> ROSA, A. V. *Agricultura e meio ambiente*. São Paulo: Atual Editora, 1998. p. 10-32.

<sup>3</sup> DORAN, J. W. Soil health and global sustainability: translating science into practice. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 88, 2002, p. 121.

<sup>4</sup> EHLERS, E. *Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma*. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 47-86.

<sup>5</sup> A crescente demanda por produtos orgânicos levou à elaboração da Lei 10.831, de 23 de dezembro de 2003, em que consta o seguinte conceito: "*Considera-se sistema orgânico de produção agropecuária todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não-renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente.*"

baseadas em concepções filosóficas próprias. Tais concepções surgiram em diversos países, originando correntes conhecidas como agricultura biodinâmica, orgânica, biológica, natural, ecológica e permacultura.<sup>4</sup> Todas essas correntes são abarcadas pela ciência da Agroecologia, que postula princípios e metodologias para o estudo dos sistemas de produção, numa perspectiva ecológica e social, visando a sustentabilidade do setor agrícola.

No Brasil, a agricultura orgânica é uma das vertentes mais importantes. Os agricultores orgânicos procuram desenvolver culturas de interesse econômico sem a utilização de determinados insumos industrializados, como agrotóxicos e adubos minerais de alta solubilidade, otimizando o uso de recursos naturais disponíveis em cada região.<sup>5</sup> Dessa forma, busca-se maior proteção do meio ambiente, além da produção de alimentos mais nutritivos e livres de resíduos tóxicos.

A opção por sistemas orgânicos de produção compreende mudanças no manejo fitossanitário e da fertilidade do solo. Compreende-se que os monocultivos, em extensas áreas, criam condições mais favoráveis à ocorrência de insetos herbívoros e fitopatógenos, causando prejuízos às lavouras. Sistemas mais diversificados, com base em consórcios e rotações de culturas, associados a áreas de vegetação nativa preservada, criam nichos para inimigos naturais, especialmente quando não são aplicados os agrotóxicos.

Por sua vez, nesse novo enfoque, a fertilidade do solo passa a considerar não apenas os nutrientes presentes na solução do solo, mas também os da biomassa microbiana, da fauna do solo e da biomassa vegetal. A presença do componente animal nos sistemas orgânicos de produção permite otimizar a ciclagem de nutrientes através do aproveitamento dos resíduos vegetais na alimentação do rebanho, enquanto os resíduos animais passam a ser empregados como fertilizantes. Além da aplicação direta do esterco nas áreas cultivadas, é ainda possível processá-lo, através da compostagem, transformando-o em material quimicamente estável e de alta qualidade.

Considerando-se que o nitrogênio é um dos elementos químicos pelos quais as plantas cultivadas apresentam maior demanda, a gestão desse nutriente pode ser problemática para a agricultura orgânica. Essa situação torna-se mais evidente em regiões onde não existe disponibilidade de esterco, exigindo a adoção de práticas alternativas capazes de preservar e estimular a atividade biológica no solo.

## Sistema Integrado de Produção Agroecológica

Implantado em 1993, o Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA – “Fazendinha Agroecológica Km 47”) foi criado para funcionar como um espaço destinado ao exercício da Agroecologia. Localizado em Seropédica, no Estado do Rio de Janeiro, ocupa uma área de cerca de 70 ha, sendo conduzido por meio de parceria entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Agrobiologia/Solos), a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRuralRJ) e a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO-RIO/Estação Experimental de Seropédica).

A região caracteriza-se pela elevação da temperatura média do ar e início do período chuvoso em setembro/outubro, estendendo-se até março. Frequentemente, ocorre uma estiagem prolongada nos meses de janeiro e/ou fevereiro. No período de maio a agosto, prevalecem temperaturas amenas, associadas a baixos valores de precipitação pluviométrica. Os solos mais comuns são Argissolos Vermelho-Amarelos e Planossolos de baixa fertilidade natural.

O SIPA está estruturado para a exploração racional das potencialidades locais, procurando contribuir para a sustentabilidade e estabilização da atividade produtiva no meio rural.<sup>6</sup> Pretende-se apresentar algumas das estratégias de manejo da fertilidade do solo adotadas no SIPA, com ênfase no uso de espécies vegetais capazes de fixar biologicamente o nitrogênio atmosférico.

### Fixação biológica de nitrogênio em sistemas orgânicos de produção

Uma das inovações trazidas pela modernização da agricultura diz respeito ao uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos. A produção desses insumos representa elevado custo energético, estimado em até um terço de toda a energia usada na agricultura moderna.<sup>7</sup>

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) apresenta-se como uma alternativa eficiente para fornecimento desse nutriente, sendo definida como um processo que envolve a redução do N<sub>2</sub> atmosférico através da enzima nitrogenase, encontrada em alguns microrganismos de vida livre ou capazes de se associar a certas plantas. A associação entre espécies da família Leguminosae e bactérias fixadoras de nitrogênio, conhecidas genericamente como rizóbios, apresenta-se como uma das formas mais eficientes de acrescentar esse nutriente ao solo. Em sistemas agrícolas, as leguminosas podem ser incorporadas ao solo ou roçadas e mantidas na superfície, numa prática cultural conhecida como adubação verde.

<sup>6</sup> Maiores informações sobre o manejo adotado no Sistema Integrado de Produção Agroecológica podem ser encontradas em: ALMEIDA, D. L. de; RIBEIRO, R. de L. D. & GUERRA, J. G. M. Sistema Integrado de Produção Agroecológica (“Fazendinha” Agroecológica Km 47). In: AMBROSANO, E. (Coord.). *Agricultura ecológica*. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 151-159.

<sup>7</sup> O custo mostra-se elevado porque esses fertilizantes são empregados intensamente, além do fato de que uma grande quantidade de energia é requerida para produzi-los (GLIESSMAN, S. R. *Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável*. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, 2001. p. 527).

Torna-se importante a inoculação das sementes de leguminosas com rizóbio, principalmente quando seu plantio é realizado pela primeira vez numa determinada área, processo que estimula a fixação biológica de nitrogênio. O inoculante geralmente empregado consiste numa mistura de pó de turfa e bactérias específicas para cada espécie de leguminosa.

Algumas características edafoclimáticas influenciam diretamente a FBN. A aplicação de fertilizantes nitrogenados tende a inibir a nodulação e a atividade dos nódulos em leguminosas.<sup>8</sup> Nas regiões tropicais, altas temperaturas associadas a chuvas frequentes, durante boa parte do ano, possibilitam elevados valores para a fixação de nitrogênio atmosférico.

As leguminosas podem ser usadas em diferentes modalidades de manejo, visando a obtenção dos benefícios decorrentes da FBN. As principais modalidades empregadas no SIPA são descritas abaixo:

#### a) *Cultivo de leguminosas produtoras de grãos*

Uma das formas pelas quais a FBN pode ser aproveitada nos sistemas orgânicos de produção consiste no cultivo de leguminosas produtoras de grãos, como o feijão (*Phaseolus vulgaris*), o guandu (*Cajanus cajan*) e a soja (*Glycine max*). Tais culturas podem ser também empregadas para a produção de biomassa a ser adicionada ao solo, objetivando o plantio direto.

Estudos recentes sobre o potencial de cultivares de soja, conduzidos sob manejo orgânico, para a dupla atividade de adubação verde e produção de grãos, revelaram excelente capacidade de nodulação, o que confirmou o bom desempenho dos genótipos testados, em relação à FBN.<sup>9</sup> Também foi possível constatar que a soja apresenta alta produção de biomassa e acumulação de nitrogênio na parte aérea, em curto espaço de tempo, características desejáveis para um adubo verde.

#### b) *Pré-cultivo com leguminosas anuais*

A leguminosa ocupa o terreno durante um período de pousio, sendo seguida pela cultura de interesse econômico. O cultivo do adubo verde, durante período de chuvas abundantes e altas temperaturas, favorece a produção de grande quantidade de biomassa vegetal. Nesse caso, o cultivo de leguminosa traz, após o corte, considerável acréscimo de nitrogênio ao solo. Uma desvantagem associada a essa modalidade, em tais condições climáticas, consiste no fato de que essa época é mais favorável ao plantio de culturas econômicas. Uma solução seria realizar a semeadura da leguminosa em apenas uma parte da área cultivável,

<sup>8</sup> MOREIRA, F. S. & SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras: Editora UFLA, 2002. p. 456.

<sup>9</sup> PADOVAN, M. P.; ALMEIDA, D. L. de; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. de L. D. & NDIAYE, A. Avaliação de cultivares de soja, sob manejo orgânico, para fins de adubação verde e produção de grãos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 37, 2002, p. 1705-1710.

deixando-se o restante do terreno para outras culturas. No ano seguinte, procede-se então a uma rotação.

Outra possibilidade de uso consiste em cultivar o adubo verde em período menos favorável, marcado pela ocorrência de baixas temperaturas e/ou chuvas esparsas. Áreas que normalmente não são cultivadas nessa época do ano, podem ser ocupadas pelas leguminosas, promovendo uma proteção contra a erosão e reduzindo a infestação do solo por plantas espontâneas. A desvantagem dessa modalidade está na reduzida produção de biomassa vegetal pelos adubos verdes, devido às condições climáticas adversas.

Existe possibilidade de se associar essa forma de adubação verde com o plantio direto, em sistemas de produção orgânica. Benefícios foram constatados através de cultivo prévio com *Crotalaria juncea* e sorgo (*Sorghum bicolor*), proporcionando volumosa quantidade de palhada e dificultando o estabelecimento de plantas espontâneas em cultura subsequente de brócolos.<sup>10</sup>

### c) Consórcio de leguminosas anuais ou perenes com culturas econômicas anuais

A leguminosa é semeada nas entrelinhas da cultura de interesse econômico, modalidade esta que se mostra particularmente interessante em pequenas unidades produtivas, pois propicia melhor utilização dos recursos naturais disponíveis. Esse tipo de consórcio não é recomendado em condições de reduzida disponibilidade de água, pois pode ocorrer intensa competição entre a leguminosa e a cultura econômica por água e nutrientes.

Em regiões de clima tropical, pode ocorrer rápida mineralização dos resíduos vegetais, o que implica perdas de nitrogênio. Foi avaliado o fornecimento desse nutriente para a cultura do milho, através de consórcio com caupi (*Vigna unguiculata*). Constatou-se a eficiência dessa prática, especialmente com duas fileiras de caupi, pelo aumento da produtividade de grãos e do teor de nitrogênio na folha índice do milho, oito dias após a roçada da leguminosa.<sup>11</sup>

Outra possibilidade de consórcio entre adubos verdes e culturas anuais consiste no uso de coberturas vivas do solo com leguminosas herbáceas perenes em áreas com hortaliças. Avaliando-se o plantio direto de alface e feijão vagem, em coberturas vivas de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) ou grama batatais (*Paspalum notatum*), observou-se que tal prática pode substituir o cultivo dessas hortaliças em canteiros, conferindo maior proteção ao solo sem causar prejuízos na produtividade.<sup>12</sup>

<sup>10</sup> SILVA, V. V. Efeito do pré-cultivo de adubos verdes na produção orgânica de brócolos (*Brassica oleracea var. italica*) em sistema de plantio direto. Seropédica: UFRuralRJ, 2002. (Dissertação de Mestrado). p. 47-55.

<sup>11</sup> HODTKE, M.; ALMEIDA, D. L. de; KOPKE, U.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. & UNKOVICH, M. Balanço de nitrogênio em diferentes sistemas de produção orgânica para milho e caupi. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1997, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SBCS, 1997. Seção temática 4.1 CD-ROM.

<sup>12</sup> OLIVEIRA, N. G. de. Plantio direto de alface e feijão vagem, sob manejo orgânico, em coberturas vivas perenes de gramínea e leguminosa. Seropédica: UFRuralRJ, 2004. (Dissertação de Mestrado). p. 41-83.

d) *Consórcio de leguminosas anuais ou perenes com culturas econômicas perenes*

Nessa modalidade, a leguminosa é cultivada entre as fileiras de frutíferas e outras espécies perenes. Experimentos com cafeeiro, em cultivo orgânico, demonstraram ganhos no desenvolvimento inicial da cultura, mediante o consórcio com as leguminosas anuais *Crotalaria juncea* ou guandu.<sup>13</sup>

Quanto às leguminosas perenes, sua principal vantagem está relacionada à formação de uma cobertura viva permanente, sem que haja necessidade de novos plantios a cada ano. As leguminosas de hábito de crescimento volúvel devem ser recomendadas com cautela, procedendo-se o co-roamento das culturas perenes sempre que for necessário.

Estudos constataram vantagens trazidas pelo consórcio entre bananeira, cultivar Nanicão e leguminosas herbáceas perenes. Amendoim forrageiro, cudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*) e siratro (*Macroptilium atropurpureum*) possibilitaram aumentos na produtividade da bananeira, durante o primeiro ciclo, em comparação com a cobertura da vegetação espontânea.<sup>14</sup> Durante o segundo ciclo, houve queda na produtividade da bananeira consorciada com o amendoim forrageiro, enquanto que com as demais leguminosas os valores mantiveram-se próximos aos observados no primeiro ciclo.<sup>15</sup> Isso foi atribuído a um efeito depressivo acarretado pelo amendoim forrageiro, relacionado à competição por água.

e) *Cultivo em faixas intercalares de leguminosas semi-perenes ou arbóreas*

As leguminosas são estabelecidas em fileiras simples ou duplas, com espaçamentos variando entre 4 e 10 m, realizando-se podas e manejando-se os resíduos, anteriormente ou durante o ciclo da cultura econômica. Cuidados são necessários, a fim de se evitar problemas decorrentes do sombreamento excessivo e da competição por água e nutrientes. A biomassa, proveniente da poda da folhagem e ramos jovens das leguminosas, é mantida em cobertura ou incorporada ao solo. A folhagem de algumas dessas espécies pode ser ainda utilizada na alimentação animal.

As espécies empregadas como adubos verdes nessa modalidade devem apresentar as seguintes características: fácil estabelecimento no campo, crescimento rápido, tolerância ao corte, alta capacidade de rebrota e de produção de biomassa, potencial de fixação biológica do N<sub>2</sub> atmosférico, sendo os resíduos de fácil decomposição. Em condições de clima tropical, são utilizadas, com maior frequência, as seguintes espécies: leucena (*Leucaena leucocephala*), gliricídia

<sup>13</sup> RICCI, M. dos S. F.; ALVES, B. J. R.; AGUIAR, L. A.; MANOEL, R. M.; SEGUES, J. H.; OLIVEIRA, F. F. de & MIRANDA, S. C. de. *Influência da adubação verde sobre o crescimento, estado nutricional e produtividade do café (Coffea arabica) cultivado no sistema orgânico*. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2002. (Documentos, 153). p. 15-26.

<sup>14</sup> ESPINDOLA, J. A. A. *Avaliação de leguminosas herbáceas perenes usadas como cobertura viva do solo e sua influência sobre a produção da bananeira (Musa spp.)*. Seropédica: UFRuralRJ, 2001. (Tese de Doutorado). p. 87-118.

<sup>15</sup> PERIN, A.; LIMA, E. A. de; ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. & BUSQUET, R. N. B. *Contribuição da cobertura viva de solo com leguminosas herbáceas perenes no 2º ciclo de produção de bananeiras cultivar Nanicão*. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2002. (Comunicado Técnico, 53). p. 1-6.

(*Gliricidia sepium*), caliandra (*Calliandra* spp.), eritrina (*Erythrina* spp.) e guandu, dentre outras.

Um estudo sobre o desempenho de brócolos, entre faixas intercalares de guandu, revelou que, quando a leguminosa não sofreu poda, houve queda no desenvolvimento de inflorescências, em comparação ao cultivo entre faixas podadas da leguminosa ou na ausência de faixas.<sup>16</sup> Esses resultados foram atribuídos ao sombreamento provocado pelo guandu não podado, que limitou o desenvolvimento vegetativo do brócolos. A presença das faixas de guandu pode não proporcionar ganhos de rendimento, no curto prazo, principalmente se no manejo da cultura econômica não é reduzida ou eliminada a entrada de nitrogênio com adubação orgânica. Contudo, o sistema de cultivo entre faixas de leguminosas pode se tornar particularmente importante em áreas intensamente cultivadas e declivosas, onde o controle da erosão é fundamental.

#### f) *Cultivo consorciado de leguminosas perenes em capineiras*

O estabelecimento de leguminosa, em associação com gramíneas, na formação de capineiras, permite que a forragem obtida no momento do corte seja enriquecida em proteína. Quando a capineira é formada por gramíneas de porte alto, recomenda-se o uso de leguminosas de hábito volúvel, como centrosema (*Centrosema pubescens*) e siratro.

#### g) *Enriquecimento de composto orgânico com leguminosas*

Resíduos vegetais de leguminosas podem ser utilizados no preparo do composto orgânico. Trata-se de uma prática eficaz, especialmente em regiões onde exista reduzida disponibilidade de esterco animal. Nesse caso, as leguminosas servem como material alternativo, para o fornecimento de nitrogênio, durante o processo de compostagem.

### Considerações finais

A fixação biológica realizada pela simbiose entre leguminosas e bactérias fixadoras contribui de maneira significativa no fornecimento de nitrogênio para outras culturas, permitindo auto-suficiência em relação a esse nutriente nos agroecossistemas. Para alcançar esse objetivo, podem ser adotadas diferentes estratégias, tais como produção de leguminosas de grãos, cultivo de leguminosas para produção de forragem e utilização de leguminosas como adubos verdes. Nos sistemas orgânicos de produção, a fixação de nitrogênio mostra-se particularmente interessante, contribuindo para maior sustentabilidade da agricultura.

<sup>16</sup> MOREIRA, V. F. *Produção de biomassa de guandu a partir de diferentes densidades de plantio e cultivo de brócolos em faixas intercalares sob manejo orgânico*. Seropédica: UFRuralRJ, 2003. (Dissertação de Mestrado). p. 31-52.

José Antonio Espindola, Dejair Lopes de Almeida e José Guilherme Guerra são engenheiros agrônomos, doutores em Agronomia (Ciência do Solo) e pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Agrobiologia, Rio de Janeiro.

jose@cnpab.embrapa.br

dejair@cnpab.embrapa.br

gmguerra@cnpab.embrapa.br

Raul Duarte Ribeiro é engenheiro agrônomo, doutor em Fitopatologia e professor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

lucena@ufrj.br