

POR QUE NÃO UTILIZAR URÉIA
COMO FONTE DE N NA AGRICULTURA ORGÂNICA¹

Maria Cristina Prata Neves²

Helvécio De-Polli³

Ricardo Trippia dos Guimarães Peixoto⁴

Dejair Lopes de Almeida⁵

O uso de adubos de alta solubilidade, como por exemplo a uréia, não é permitido pelas normas de produção orgânica.

A agricultura orgânica é norteada por princípios consensados em nível internacional pelos membros da International Forum of the Organic Agriculture Movements – Ifoam – e norteiam as regulamentações oficiais dos diferentes países. No Brasil, a produção orgânica é regulamentada pela Instrução Normativa número 7, de 17 de maio de 1999, do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 1999).

Na agricultura orgânica, o solo é visto como um organismo vivo que deve ser protegido e alimentado, por isso o manejo orgânico privilegia práticas que garantam um fornecimento constante de matéria orgânica fundamental para a construção da fertilidade do solo em seu sentido mais amplo. Ou seja, maneja-se o solo para estimular as atividades biológicas para que cresçam plantas bem nutridas que forneçam alimentos balanceados e saudáveis. Procura priorizar o uso de recursos naturais renováveis, localmente disponíveis, diminuir a dependência do produtor por insumos externos e poupar recursos naturais não renováveis.

Nesse contexto, o processo biológico de fixação de N₂ é a fonte primordial de N para os sistemas orgânicos, capaz de garantir a produtividade das

¹ Aceito para publicação em abril de 2002.

² Engenheira agrônoma, Ph.D. em Fisiologia da Produção, Embrapa Agrobiologia, Caixa Postal 74505, CEP 23851-970 Seropédica, RJ. E-mail: mcpneves@cnpab.embrapa.br .

³ Engenheiro agrônomo, Ph.D. em Solos e Plantas Cultivadas, E-mail: depolli@cnpab.embrapa.br

⁴ Engenheiro agrônomo, Ph.D. em Ciência do Solo. E-mail: rtrippia@cnpab.embrapa.br

⁵ Engenheiro agrônomo, Doutor em Ciências do Solo. E-mail: dejair@cnpab.embrapa.br

culturas e o manejo cuidadoso do solo, a garantia de sustentabilidade do sistema de produção.

PRINCÍPIOS DA AGRICULTURA ORGÂNICA

A agricultura mundial vem sendo conduzida na direção de uma segunda “Revolução Verde”, sendo que agora com chance de satisfazer o nome, já que aplica conceitos de ecologia na agricultura com abordagem de agricultura orgânica e agroecológica (Parrott & Marsden, 2002). Hoje, essa forma de conceber a agricultura vem sendo praticada em todos os continentes e pode ser dividida em duas categorias: 1) agricultura orgânica certificada (Yussefi & Willer, 2002); e 2) agricultura orgânica não certificada ou agroecológica ou produção orgânica *de facto* (Parrott & Marsden, 2002). A produção orgânica certificada forma a base do atual, rapidamente crescente, fenômeno de mercado internacional, o que na verdade pode ser uma pequena parcela das terras que são manejadas de acordo com preceitos orgânicos (produção orgânica *de facto*), mas não certificadas como tais.

Definições legais de produções orgânicas são codificadas numa série de padrões formais que definem os regimes que produtores (ou processadores) devem trabalhar, a fim de reivindicar a condição ou categoria de orgânico. Mundialmente, existem mais de 100 diferentes sistemas de certificadores orgânicos, sendo os de padrões internacionais os de maior importância: Regulamento da União Européia (EU Organic Directive Regulation), Padrões Básicos da Ifoam e o guia produzido pela Comissão do Codex Alimentarius da Food and Agriculture Organization – FAO – e Organização Mundial da Saúde – OMS. Esses padrões se preocupam inicialmente com a proteção do consumidor e pretendem fornecer garantias inequívocas aos consumidores que se dispõem a pagar um preço maior para os produtos orgânicos, mas também servem para facilitar o comércio nacional e internacional e são úteis aos governos que desejam desenvolver legislação nesta área (Yussefi & Willer, 2002; Parrott & Marsden, 2002). Nesse sentido e considerando o significado e o uso tradicional das palavras em diferentes países da Europa, Yussefi & Willer (2002) enfatizaram o uso exclusivo para a agricultura orgânica das palavras orgânica, ecológica e biológica (inclusive as abreviações como eco e bio), citando o regulamento da Comissão Européia EU-Reg 2092/91.

A agricultura orgânica, tal como definida no Codex Alimentarius, “é um sistema holístico de manejo da produção que promove e aumenta a “saúde” do agroecossistema, incluindo a biodiversidade, os ciclos biológicos e as atividades biológicas do solo. Enfatiza as práticas de manejo, preferencialmente ao uso de insumos externos à unidade de produção. Isso é conseguido mediante o uso, sempre que possível, de técnicas agronômicas, biológicas e mecânicas apropriadas, em substituição ao uso de substâncias sintéticas para o suprimento de qualquer função específica dentro do sistema”.

Na agricultura orgânica a unidade de produção agrícola é tratada como um organismo integrado com a flora e a fauna presentes na região. Essa conceituação contrapõe-se com algumas visões simplistas, que distinguem a agricultura orgânica somente como uma forma de manejo que dispensa o uso de insumos tecnológicos, tais como os pesticidas sintéticos e fertilizantes sinteticamente produzidos. Definição que julgamos pouco adequada, posto que confunde a agricultura orgânica com uma mera substituição de insumos.

O aspecto holístico da agricultura orgânica, tanto na etapa de produção como de processamento, fica evidente quando se analisa os 17 princípios listados pela Federação Internacional dos Movimentos de Agricultura Orgânica (Ifoam, 2000), nos quais se baseia. No que diz respeito ao manejo do solo e fertilização são oito os princípios mais relacionados, a saber:

- a) Interagir com os sistemas naturais e os ciclos biogeoquímicos de modo construtivo e promotor da vida.
- b) Estimular e aumentar os ciclos biológicos dentro do sistema de produção, envolvendo microrganismos, flora e fauna do solo, plantas e animais.
- c) Manter e aumentar a fertilidade do solo em longo prazo.
- d) Promover o uso saudável da água e os cuidados apropriados dos recursos hídricos e de toda a vida deles dependentes.
- e) Usar o máximo possível dos recursos renováveis localmente disponíveis.
- f) Estabelecer um balanço harmonioso entre a produção vegetal e a criação de animais.
- g) Minimizar todas as formas de poluição.

- h) Produzir e processar os produtos orgânicos usando fontes renováveis de energia.

A aplicação desses e demais princípios faz com que em toda a cadeia produtiva, do solo à mesa do consumidor, a agricultura orgânica promova o relacionamento ético do homem para com o homem, para com os animais e para com a natureza, numa busca por qualidade e segurança dos alimentos, por qualidade ambiental e por qualidade de vida.

Os princípios devem nortear as tomadas de decisão no manejo da unidade de produção (e também do processamento e distribuição) e cada produtor individualmente deve decidir como aplicar esses princípios à sua realidade. Isso vale para cada uma das etapas do processo produtivo, desde o preparo do solo, sua fertilização até os cuidados pós-colheita, fazendo com que cada unidade de produção seja única.

CONCEITO MAIS AMPLO DE FERTILIDADE DO SOLO

Um importante objetivo da agricultura orgânica é a melhoria e a sustentabilidade da fertilidade do solo. O solo é muito mais do que um simples substrato, no qual as plantas são crescidas, tal como freqüentemente é tratado na agricultura moderna.

Na agricultura orgânica, a fertilidade do solo não se baseia apenas na composição química e características físicas, mas mede a fertilidade do solo pela diversidade de espécies que nele pode viver e que são responsáveis pelos processos biológicos.

O solo é considerado um fator de produção primordial, por isso o manejo do solo é a atividade central dentre todas as atividades de uma propriedade orgânica. O solo é visto como um organismo vivo que deve ser protegido e alimentado, por esta razão, o manejo privilegia práticas que garantam um fornecimento constante de matéria orgânica fundamental para a construção da fertilidade do solo em seu sentido mais amplo, que promovam a acumulação de matéria orgânica e a manutenção de um suprimento adequado de água para o solo e que o protejam do calor excessivo, chuva forte e vento.

A matéria orgânica do solo, derivada da atividade fotossintética das plantas, é resultante de uma complexa série de atividades biológicas que incorpora à matriz do solo os resíduos de origem vegetal e animal.

A prática da compostagem, uso de esterco e fertilizantes permitidos são considerados suplementares ao manejo. De forma alguma o suprimento pontual de nutriente na forma iônica na solução do solo, tendo como fonte um fertilizante, seja ele sintético ou na forma de composto ou esterco, consegue atender às necessidades de proteção e nutrição do solo e desenvolvimento da biota associada. Os fertilizantes sintéticos, incluindo a uréia, não são permitidos pelas normas da agricultura orgânica.

DE ONDE VEM O NITROGÊNIO PARA AS CULTURAS?

Entre todos os nutrientes, o nitrogênio N é o requerido em maior quantidade por plantas e animais. Apesar de ser o elemento mais abundante na atmosfera terrestre, presente na proporção 79%, sua deficiência nos solos agrícolas é generalizada nas regiões tropicais. Isso acontece porque na forma de N_2 , tal como se apresenta na atmosfera, o N não está disponível à maioria dos organismos. Entretanto, o N forma sais muito solúveis, facilmente lixiviados da zona radicular ou que podem sofrer volatilização (perda de amônia) e desnitrificação (perda de nitrato), voltando para a atmosfera.

Na agricultura orgânica, as culturas obtêm o N e demais nutrientes de que necessitam da mineralização da matéria orgânica do solo, dos resíduos da cobertura viva, de compostos e esterco. O N proveniente dessas fontes orgânicas é mineralizado gradativamente, em função da ação dos microrganismos na decomposição desses resíduos, o que garante melhor disponibilidade para as culturas em relação à pronta disponibilidade dos fertilizantes minerais que ficam mais sujeitos a perdas, além de terem um custo maior para o produtor (p. ex., uréia). Mesmo entre essas fontes orgânicas há diferenças entre a velocidade de disponibilidade do N, sendo normalmente maior para o esterco em comparação com o composto (Hartz et al., 2000). Nesse caso, há exemplos de comunidades de agricultores em Java que tradicionalmente desenvolveram, ao longo do tempo, técnicas para produzir compostos específicos com diferentes disponibilidades de nutrientes para diferentes culturas, considerando estratégias distintas, mas integradas, de desenvolvimento entre regiões (Tanner et al., 2001). O esterco é uma importante fonte de N e de outros nutrientes, mas é escasso em muitas regiões e tem custo muito elevado para aqueles sistemas que não integram a produção vegetal com a criação animal.

Entretanto, entre todos os nutrientes, o N é o que pode ser facilmente disponível para o sistema solo/planta através de um processo biológico: a fixação biológica de N_2 (FBN), que consiste em sua redução a amônio pela ação de um sistema enzimático denominado nitrogenase. A nitrogenase tem ocorrência restrita a alguns microrganismos procarióticos, portanto, está presente unicamente em algumas espécies de bactérias, cianobactérias e actinomicetos (Tabela 1). Algumas plantas superiores (principalmente plantas da família das leguminosas, algumas gramíneas e umas poucas outras espécies pertencentes a outras famílias, porém de interesse econômico e ocorrência restritas) se beneficiam da FBN ao se associarem a esses microrganismos, aos quais fornecem na forma de fotossintatos a energia requerida ao processo de FBN, incorporando o N fixado em aminoácidos e proteínas.

Por ser um processo biológico, a FBN está sujeita a um complexo mecanismo de regulação. Com exceção do seu sucesso na cultura da soja no Brasil (Alves et al., 2002), o processo é pouco explorado nos sistemas agrícolas modernos que privilegiam o ciclo cada vez mais curto das culturas (sem tempo para o aparato simbiótico se estabelecer e funcionar) e utilizam os fertilizantes nitrogenados produzidos sinteticamente, principalmente a uréia, para suprir as necessidades imediatas de plantas e animais por esse nutriente.

Tabela 1. Principais associações envolvendo microrganismos fixadores de nitrogênio, exceto os de vida livre.

Hospedeiros	Microrganismos envolvidos
Leguminosas (nódulos radiculares ou caulinares)	<i>Rhizobium</i> , <i>Bradyrhizobium</i> , <i>Azorhizobium</i> , <i>Sinorhizobium</i> , <i>Mezorhizobium</i> (bactérias)
<i>Parasponia</i> (nódulos radiculares)	<i>Bradyrhizobium</i>
<i>Casuarina</i> (nódulos radiculares)	<i>Frankia</i> (actinomiceto)
Gramíneas	<i>Azotobacter paspali</i> , <i>Azospirillum</i> , <i>Herbaspirillum</i> , <i>Campylobacter</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Acetobacter</i> (bactérias)
Termitas	Diversas enterobactérias
<i>Azolla</i>	<i>Anabaena azollae</i> (cianobactéria)
Líquens, <i>Cycas</i> , <i>Anthoceros</i> e <i>Gunnera</i>	Diversas cianobactérias

COLOCANDO A FBN PARA FUNCIONAR

Para garantir o fornecimento adequado de N para as culturas, o manejo agrícola privilegia o uso de leguminosas e outras espécies que se associam com microrganismos fixadores de N_2 como fonte de matéria orgânica rica em N para o processo de compostagem, como parte de um sistema de rotação, nos mais variados tipos de consórcio, privilegiando espécies com hábitos distintos de crescimento radicular, como adubo verde associado, intercalado ou cultivado em faixas com as culturas, cultivo em aléias e agrossilvicultura, entre outras práticas.

As leguminosas também podem ser integradas a pastagens favorecendo sua sustentabilidade, como forrageira consorciada, como árvore para sombreamento, ou em banco de proteínas dito legumineiras, ou como moirão vivo na separação das glebas (Maradei & Franco, 2000).

Todas essas práticas, aliadas ao preparo cuidadoso do solo e ao uso de cobertura viva ou morta para proteção garantem um suprimento balanceado de N e outros nutrientes, adequado para o desenvolvimento das plantas. Essas medidas permitem a diversificação da cobertura vegetal, e a diversidade representa o alicerce da agricultura orgânica, razão de seu equilíbrio e sustentabilidade, que pode ser obtida de muitas maneiras diferentes, dependendo das condições climáticas, dos recursos naturais locais, bem como das condições socioculturais.

Quando possível, o manejo orgânico procura incorporar culturas econômicas de leguminosas no sistema de produção. Soja, grão-de-bico, feijão, feijão-de-corda, guandu, lentilha, tremoço e ervilha podem ser incluídos na rotação ou consorciados com outras culturas, como é o caso do consórcio tradicional do feijão com o milho. Algumas gramíneas também são capazes de se beneficiar da FBN, sendo a cana-de-açúcar e o arroz as culturas de maior destaque (Tabela 2). Nas leguminosas a contribuição da FBN depende do estabelecimento de uma nodulação eficiente e também de condições edafoclimáticas favoráveis e manejo adequado. A FBN pode suprir cerca de 90% ou mais do N necessário para o crescimento da planta (caso do amendoim, tremoço e soja) em condições experimentais de campo, incorporando até 450 kg N ha⁻¹ (caso da soja) no sistema.

Como já indicado, a adubação verde utilizando leguminosas como fonte de N para produção de culturas é uma técnica da agricultura orgânica de grande importância. Entretanto a sua utilização nos sistemas agrícolas no Brasil ainda é

Tabela 2. Fixação de nitrogênio associada a culturas de leguminosas e gramíneas.

Cultura	% N derivado da FBN	N fixado (kg ha ⁻¹)	Ref. ⁽¹⁾
	s/i ⁽²⁾	68-116	a
Amendoim	22-92	37-206	b
	38-92	20-297	c
	60-81	133-183	b
Ervilha	s/i ⁽²⁾	3-32	d
	0-73	0-125	e
Feijão-de-corda	8-89	32-89	a, b
	9-51	11-201	c
	8-82	3-141	b
Grão-de-bico	10-81	7-235	b
	4-88	2-92	c
Lentilha	39-87	10-192	b
	64-81	85-155	a
Soja	70-72	163-195	f
	s/i ⁽²⁾	159-450	c
Tremoço	79-88	188-327	g
Cana-de-açúcar	39-52	110-175	h
Arroz de terras baixas	s/i ⁽²⁾	20-30	i

⁽¹⁾Referência: (a) Boddey et al. (1990); (b) Compilado por Peoples et al. (1995); (c) Compilado por Giller et al. (1997); (d) Duque et al. (1985); (e) Hardarson et al. (1993); (f) Urquiaga & Zapata (2000); (g) Unkovich et al. (1994); (h) Boddey et al. (2001); (i) Boddey et al. (1995).

⁽²⁾s/i – sem informação.

bastante restrita, apesar de haver um número razoável de trabalhos sobre adubação verde e grande disponibilidade de espécies com potencial para uso.

Os adubos verdes podem ser incorporados ao solo ou manejados na forma de bordaduras, cobertura viva ou morta do solo, como parte de um sistema de rotação de culturas ou em consórcio com espécies econômicas, práticas que têm se mostrado viáveis em inúmeras situações (Araújo & Almeida, 1993; De-Polli et al., 1996; Espíndola et al., 1998; Espíndola, 2001; Oliveira, 2001; Guerra et al., 2002).

Apesar dos vários sistemas existentes com adubação verde, a maioria tem em comum o cultivo subsequente que aproveita os nutrientes liberados pelo adubo verde. A Fig. 1 ilustra esse efeito mostrando que apenas o N fornecido pelo tremoço foi suficiente para manter uma produção de milho em torno de 8 mil kg ha⁻¹, enquanto que o milho precedido por aveia preta necessitou de

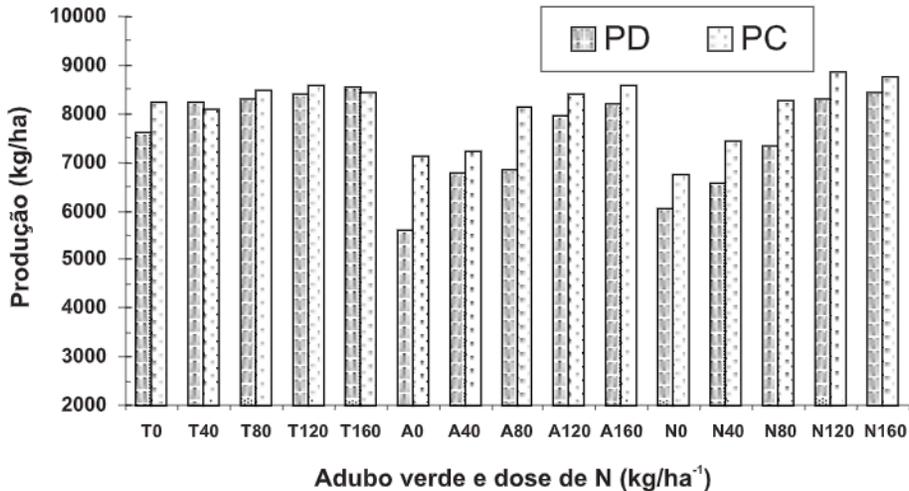


Fig. 1. Produção de milho em função do tipo de adubo verde (T – tremoço, A – aveia preta, N – nabo forrageiro) e da dose de N-uréia em cobertura (0, 40, 80, 160 kg ha⁻¹), em sistema de plantio direto (PD) e convencional (PC), num Latossolo Vermelho-Escuro argiloso em Ponta Grossa, PR. Média de 4 anos, 1996 a 1999. (Peixoto & Oliveira, 2000).

120 kg ha⁻¹ de N-uréia (Peixoto & Oliveira, 2000), num Latossolo Vermelho Escuro argiloso em Ponta Grossa, PR.

Entretanto, no clima tropical a mineralização de matéria orgânica é muito rápida e, por causa da dinâmica de nitrogênio no solo, pode acontecer uma perda, antes do cultivo seguinte. O sistema de adubação verde simultânea ou em cultivo consorciado, adaptado às condições da agricultura orgânica tropical, tem como um dos objetivos fornecer N do adubo verde no momento de exigência da cultura. Almeida & Araújo (2000) mostraram que o plantio simultâneo de crotalária, em duas ou três linhas nas entrelinhas de milho, proporciona aumento significativo da produtividade do milho, quando comparado com a do milho “solteiro”, num Podzólico Vermelho-Amarelo médio/argiloso em Seropédica, RJ. Os maiores aumentos de 68%, 60% e 46% foram proporcionados, respectivamente, pelos tratamentos: três linhas de crotalária cortada e deixada em cobertura, três linhas de crotalária cortadas e incorporadas e duas linhas de crotalária cortadas e deixadas em cobertura (Tabela 3).

Outro exemplo, no mesmo local, são os estudos sob sistema orgânico de produção de avaliação da rotação quiabeiro e milho verde em plantio consorciado.

Tabela 3. Resultados referentes à produção de matéria seca de *Crotalaria juncea*, porcentagem de N na parte aérea da leguminosa, N incorporado e produção de grãos de milho sob manejo orgânico (Duncan a nível de 5%).

Tratamento ⁽¹⁾	Matéria seca da crotalária (kg ha ⁻¹)	% N na parte aérea da crotalária	N kg ha ⁻¹	Produção de grãos de milho (kg ha ⁻¹)
MS	-	-	-	2542.9 ^c
C-2-C	2939.3 ^{bc}	2.56 ^a	75.3 ^b	3711.7 ^{ab}
C-2-I	2690.2 ^c	2.60 ^a	69.9 ^b	3002.5 ^b
C-3-C	3211.9 ^{ab}	2.57 ^a	82.5 ^{ab}	4267.7 ^a
C-3-I	3402.1 ^{ab}	2.61 ^a	88.8 ^a	4072.9 ^a
CRS	3545.4 ^a	2.64 ^a	93.6 ^a	-
CV (%)	20.59	9.11	20.18	23.25

⁽¹⁾ MS milho solteiro; C-2-C milho consorciado com duas linhas de crotalária, cortando e deixando em cobertura; C-3-C milho consorciado com três linhas de crotalária, cortando e deixando em cobertura; C-2-I milho consorciado com duas linhas de crotalária, cortando e incorporando ao solo; C-3-I milho consorciado com três linhas de crotalária, cortando e incorporando ao solo; e CRS crotalária solteira.

do com *Crotalaria juncea*, onde a adubação com esterco bovino (independente da dose empregada) não afetou a produtividade do quiabeiro. Contudo, a crotalária (independente da população utilizada) proporcionou aumento de 11% na produtividade do quiabeiro e redução de 59% na incidência de galhas de fitonematóides nas raízes, quando comparada com o cultivo solteiro dessa hortaliça (Ribas et al., 2001).

Outras vantagens do uso de adubo verde, principalmente no caso do cultivo intercalado, são: um controle maior de ervas-daninhas por causa da maior concorrência; um ataque menor de pragas por causa de uma diversidade maior de espécies cultivadas; um melhor aproveitamento de formas pouco solúveis de nutrientes e nutrientes presentes em camadas mais profundas do solo (reciclados para a parte aérea) que podem tornar-se disponíveis para as culturas; e possivelmente um melhor aproveitamento de fósforo e de nitrogênio por causa da associação dele com fungos micorrízicos arbusculares.

Leguminosas anuais e perenes usadas como adubo verde podem proporcionar aporte superior a 200 kg N ha⁻¹ derivado da FBN, contribuindo dessa forma para aumentar o N disponível para as culturas (Tabela 4). Porém, é

Tabela 4. Fixação de nitrogênio associada a leguminosas e gramíneas usadas como adubo verde, cobertura viva e forragem.

Espécie	% N derivado da FBN	N fixado (kg ha ⁻¹)	Período de medição (dias)	Ref. ⁽¹⁾
<i>Arachis pintoi</i>	72-87	1-7	84	a
<i>Calopogonium</i>	s/i ⁽²⁾	64-182	360	a
<i>Centrosema</i> spp.	82-83	41-280	119-360	a
<i>Crotalaria juncea</i>	80-96	146-221	102-190	a
<i>Clitoria ternatea</i> (cunhã)	77-81	197-249	190-195	a
<i>Desmodium</i> spp.	77-100	24-380	190-360	a
<i>Indigofera tinctoria</i> (anileira)	70	79	225	a
<i>Lotus corniculatus</i> (cornichão)	30-85	49-109	360	a
<i>Mimosa pudica</i> (sensitiva)	s/i ⁽²⁾	43-83	s/i ⁽²⁾	b
<i>Medicago sativa</i> (alfafa)	46-92	90-386	360	a
<i>Mucuna deeringiana</i>	96	70	60-70	
<i>Pueraria</i> spp. (kudzu)	75-88	9-115	72-199	a
<i>Sesbania</i> spp.	68-92	136-182	s/i ⁽²⁾	b
<i>Macroptilium atropurpureum</i> cv. Siratro	13-94	7-209	45-116	b
<i>Stylosanthes</i> spp.	78-92	15-167	360	a
<i>Trifolium repens</i> (trevo branco)	60-95	2-75	63-360	a
<i>T. pratense</i> (trevo vermelho)	63-97	7-212	s/i ⁽²⁾	b
<i>T. subterraneum</i> (t. subterrâneo)	62-93	54-291	360	a
<i>Vicia sativa</i> (ervilhaca)	35-87	69-373	360	a
<i>Pennisetum purpureum</i> (capim elefante)	50-93	2-206	360	a
<i>Brachiaria decumbens</i> e <i>B. humidicola</i>	75	106	s/i	a
	s/i ⁽²⁾	106-165	210	c
		30-40	360	d

⁽¹⁾ Referência: (a) Compilado por Peoples et al. (1995); (b) Compilado por Giller et al. (1997); (c) Urquiaga & Boddey (2001); ^d Boddey & Victoria (1986).

⁽²⁾ s/i: sem informação.

necessário considerar que a importância dos adubos verdes vai muito além da sua contribuição para a nutrição nitrogenada e como fonte de outros nutrientes essenciais para as culturas. Os adubos verdes interferem nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, com reflexos importantes nos fatores agrícolas e ecológicos que ajudam a construir um solo biologicamente ativo e saudável. Para melhorar as propriedades do solo, a adubação verde promove a estabilidade dos agregados, aumenta a porosidade, melhorando a taxa de infiltração de água e a capacidade de retenção de umidade do solo, tendo papel relevante no controle de erosão. Promove também o desenvolvimento radicular, controla o crescimento de plantas invasoras e atua no controle de nematóides, estimulando

a capacidade antifitopatogênica do solo (Rodríguez-Kabana, 1991; De-Polli et al., 1996).

Dentro de uma abordagem agroecológica, também as leguminosas e outras espécies arbóreas e arbustivas capazes de se associar com microrganismos fixadores de N_2 assumem papel de destaque no manejo da paisagem de unidades de produção, notadamente na proteção e interligação de fragmentos florestais (Franco & Balieiro, 2000), auxiliando a formação de refúgios ecológicos, ao mesmo tempo em que contribuem para incrementar o aporte de nitrogênio no sistema (Tabela 5).

Sesbania rostrata, uma espécie arbustiva que exibe uma das mais altas taxas de crescimento, acumula cerca de $5 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, segundo dados coletados por Peoples et al. (1995). Além disso, as leguminosas arbóreas promovem a recuperação de nutrientes que são lixiviados da região radicular das culturas, atuando como uma bomba e promovendo o retorno dos nutrientes para a camada superficial do solo. Esse é um dos mais bonitos exemplos de ciclagem de nutrientes em sistemas de produção. As árvores também criam um microclima favorável para as plantas e protegem o solo de chuvas fortes melho-

Tabela 5. Fixação de nitrogênio associada a espécies arbóreas e arbustivas.

Espécie Leguminosas	% N derivado da FBN	N fixado (kg ha^{-1})	Período de medição (dias)	Ref. ⁽¹⁾
Leguminosas				
<i>Acacia holosericea</i>	30	3-6	180	a
<i>Aeschynomene indica</i>	93-100	75-127	116	a
<i>Calliandra calothyrsus</i>	14-48	11-101	90-180	a
	0-87	11-377	90-360	b
<i>Gliricidia sepium</i>	43-75	86-309	360	a
	26-89	170-204	85-360	b
<i>Leucaena</i>	34-78	98-230	90-180	a
	34-100	76-274	85-360	b
<i>Sesbania rostrata</i>	68-94	70-324	45-65	a
<i>Prosopis glandulosa</i>	2-61	40	s/i ⁽²⁾	a
Outras espécies				
<i>Casuarina equisetifolia</i>	39-90	9-440	180-360	a

⁽¹⁾ Referência: (a) Compilado por Peoples et al. (1995); (b) Compilado por Giller et al. (1997).

⁽²⁾ s/i: sem informação.

rando a capacidade de retenção de água do solo. Leguminosas arbóreas têm sido usadas com sucesso para sombreamento do café (*Ingá*, *Erythrina* e *Gliricidia*), para sombreamento de pastagens, como moirão vivo de cercas e em sistemas de *alley cropping*.

CONCLUSÃO

Existem várias opções para o suprimento do N para as plantas, e a FBN é a única capaz de garantir a sustentabilidade dos sistemas. Na concepção de produção agrícola sustentável, quando se quer privilegiar a produção in loco dos recursos, diminuindo a dependência do produtor por insumos externos e, além disso, poupar recursos naturais não renováveis, a FBN ocupa lugar de destaque. De modo algum, a uréia que é obtida através de um processo em que se utiliza o nafta, um derivado do petróleo, consegue atender aos princípios relacionados com a conservação dos recursos não renováveis e a minimização de todas as formas de poluição.

Ademais, por ser um processo biológico, a FBN é naturalmente regulada. Isso quer dizer que a FBN é modulada pelo nível de N disponível no solo, ou seja, quanto menos N houver no solo, maior será a FBN. Como resultado, são menores os riscos de lixiviação de compostos nitrogenados e seu decorrente efeito na poluição dos lençóis de água subterrânea e eutroficação de açudes e lagos.

São menores também os riscos das culturas acumulem grandes quantidades de nitratos quando se usa esterco como fertilizante orgânico em relação à uréia (p. ex., em couve - Zago et al., 1999; e outros em Braga, 1997 - Tabela 6), pois a ingestão de nitrato pode causar danos ao organismo devido à sua transformação em nitrito causando falta de oxigênio no sangue ou pela formação de compostos como a nitrosamina considerada carcinogênica. Tanto assim que a OMS estabeleceu que a dose diária aceitável é de 53,5 mg N-nitrato para uma pessoa adulta de 65 kg (Olmedo & Bosh, 1988). Alguns países têm regulamentos ainda mais restritivos. Almeida et al. (1982) e Ricci et al. (1994) também demonstraram os efeitos positivos da utilização de esterco na produção e qualidade de olerícolas, como tomate e alface, respectivamente.

A agricultura orgânica oferece a oportunidade de aceitar o desafio da maximização do uso do nitrogênio e carbono através de processos biológicos

Tabela 6. Acúmulo de nitrato em verduras e legumes produzidos em um sistema orgânico e teores médios em produtos vendidos no Ceasa-RJ (Braga, 1997).

Produto	Sipa ⁽¹⁾	Ceasa-RJ
Teor de N-NO₃ (mg kg⁻¹)		
Couve (folhas)	25,46	115,20
Espinafre (folhas)	23,44	113,20
Repolho (folhas)	43,75	97,81
Alface (folhas)	37,96	57,30
Cenoura (raízes)	56,40	67,16

⁽¹⁾ Sistema Integrado de Produção Agroecológica, área sob manejo orgânico.

disponíveis na natureza. Esses dois elementos químicos, importantes nos processos vitais dos ciclos biogeoquímicos, ganham enfoque especial no manejo orgânico do solo. Ambos compõem os tecidos vegetais e fazem parte do imenso reservatório que é a atmosfera, bem como se beneficiam do uso de energia solar, diretamente, no caso da fotossíntese e indiretamente, no caso da FBN. Esses elementos são formadores dos principais componentes da alimentação humana e animal (carboidratos, proteínas, vitaminas, etc.) e da matéria orgânica que dá vida ao solo.

Interpretando a agricultura orgânica como uma forma de tratar a unidade de produção agrícola como um organismo, os processos biológicos de fixação de CO₂ e N₂ são exemplos claros da aplicação desse princípio.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. L. de; ARAÚJO, P. A. de. **Produção de grãos de milho em sistema de cultivo consorciado com *Crotalaria juncea* em sistema orgânico de produção.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000. (Embrapa Agrobiologia. Relatório Técnico do Projeto Manejo em Agricultura Orgânica – Subprojeto Sistema Integrado de Produção Agroecológica/SIPA).

ALMEIDA, D. L. de; SALEK, R. C.; RIBEIRO, M. I. S. D.; SANTOS, G. de A. **Efeitos de adubos orgânicos em cultura de tomateiro no município de Vassouras-RJ**. Rio de Janeiro: Pesagro-Rio, 1982. 4 p. (Pesagro-Rio. Comunicado técnico, 114).

ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. The success of BNF in soybean in Brazil. **Plant and Soil**, 2002. No prelo.

ARAÚJO, A. P.; ALMEIDA, D. L. de. Adubação verde associada a fosfato de rocha na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, p. 245-251, 1993.

BODDEY, R. M.; VICTORIA, R. L. Estimation of biological nitrogen fixation associated with Brachiaria and Paspalum grasses using ¹⁵N labelled organic matter and fertilizer. **Plant and Soil**, v. 90, n. 1, p. 265-292, 1986.

BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; SUHET, A. R.; PERES, J. R. R.; NEVES, M. C. P. Quantification of the contribution of N₂ fixation to field-grown legumes: a strategy for the practical application of the ¹⁵N isotope dilution technique. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 22, p. 649-655, 1990.

BODDEY, R. M.; OLIVEIRA, O. C.; URQUIAGA, S.; REIS, V. M.; OLIVARES, F. L.; BALDANI, V. L. D.; DÖBEREINER, J. Biological nitrogen fixation associated with sugar cane and rice: contributions and prospects for improvement. **Plant and Soil**, v. 174, p. 195-209, 1995.

BODDEY, R. M.; POLIDORO, J. C.; RESENDE, A. S.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Use of the ¹⁵N natural abundance technique for the quantification of the contribution of N₂ fixation to grasses and cereals. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 28, n. 9, p. 889-895, 2001.

BRAGA, R. M. **Monitoramento dos teores de nitrato e amônio no solo e em hortaliças produzidas sob manejo orgânico**. 1997. 168 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução normativa 007, de 17 de maio de 1999. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 de maio de 1999. Seção 1, p. 11-14.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; FRANCO, A. A. Adubação verde – parâmetros para avaliação de sua eficiência In: CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. (Ed.). **Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas**. Londrina: Iapar, 1996. p. 225-242.

DUQUE, F. F.; NEVES, M. C. P.; FRANCO, A. A.; VICTORIA, R. L.; BODDEY, R. M. The response of field grown *Phaseolus vulgaris* to *Rhizobium* inoculation and the quantification of N₂ fixation using ¹⁵N. **Plant and Soil**, v. 88, p. 333-343, 1985.

ESPÍNDOLA, J. A. A. **Avaliação de leguminosas herbáceas perenes usadas como cobertura viva do solo e sua influência sobre a produção da bananeira (Musa spp.)**. 2001. 144 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

ESPÍNDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L. de; GUERRA, J. G. M.; SILVA, E. M. R. da; SOUZA, F. A. de. Influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção de batata-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, p. 339-347, 1998.

FRANCO, A. A.; BALIEIRO, F. C. The role of biological nitrogen fixation in land reclamation, agroecology and sustainability of tropical agriculture. In: Rocha-Miranda, C. E. (Ed.). **Transition to global sustainability: the contribution of brazilian science**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2000. p. 209-233.

GILLER, K. E.; CADISCH, G.; EHALIOTIS, C.; ADAMS, E.; SAKALA, W. D.; MAFONGOYA, P. L. Building soil nitrogen capital in Africa. In: BURESH, R. J.; SANCHEZ, P. A.; CALHOUN, F. (Ed.). **Replenishing soil fertility in Africa**. Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America, 1997. p. 151-192. (SSSA. Special Publication, 51).

GUERRA, J. G. M.; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D. L. de. Managing carbon and nitrogen in tropical organic farming through green manuring. In: BADEJO, M. A.;

TOGUN, A. O. (Ed.). **Strategies and tactics of sustainable agriculture in the tropics**. Ibadan, 2002. No prelo.

HARDARSON, G.; BLISS, F. A.; CIGALES-RIVERO, M. R.; HENSON, R. A.; KIPE-NOLT, J. A.; LONGERI, L.; MANRIQUE, A.; PENA-CABRIALES, J. J.; PEREIRA, P. A. A.; SANABRIA, C. A.; TSAI, S. M. Genotypic variation in biological nitrogen fixation by common bean. **Plant and Soil**, v. 152, p. 59-70, 1993.

HARTZ, T. K.; MITCHELL, J. P.; GIANNINI, C. Nitrogen and carbon mineralization dynamics of manures and composts. **HortScience**, v. 35, n. 2, p. 209-212, 2000.

IFOAM. **IFOAM basic standards for organic production and processing**. Tholey-Theley, 2000. 68 p.

MARADEI, M; FRANCO, A. A. Avaliação de dez espécies do gênero *Erythrina* no Rio de Janeiro para uso como moirão vivo. **Agronomia**, v. 34, n. 1/2, p. 26-30, 2000.

OLIVEIRA, F. L. **Manejo orgânico da cultura do repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*): adubação orgânica, adubação verde e consorciação**. 2001. 103 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

OLMEDO, R. G.; BOSH, N. B. Ingestion de nitratos procedentes de productos hortícolas y su incidencia toxicologica. **Alimentaria**, Madrid, v. 25, p. 76-78, 1988.

PARROTT, N.; MARSDEN, T. **The real green revolution – organic and agroecological farming in the South**. London: Greenpeace Environmental Trust, 2002. 147 p.

PEIXOTO, R. T. dos G.; OLIVEIRA, E. L. de. **Adubação nitrogenada em milho, cultivado em sistemas de plantio direto e convencional com diferentes sucessões com espécies de inverno**. Londrina: Iapar, 2000. (Iapar. Relatório Técnico de Projeto do Programa Manejo de Solos e Água).

PEOPLES, M. B.; HERRIDGE, D. F.; LADHA, J. K. Biological nitrogen fixation: an efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production? **Plant and Soil**, v. 174, p. 3-28, 1995.

RIBAS, R. G. T.; JUNQUEIRA, R. M.; OLIVEIRA, F. L. de; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; RIBEIRO, R. da L. D. Produção do quiabeiro consorciado com *Crotalaria juncea*, sob manejo orgânico. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRRJ, 11., 2001, Seropédica. **Anais...** Seropédica: UFRRJ, 2001.

RICCI, M. dos S.F.; CASALI, V. W. D.; CARDOSO, A. A.; RUIZ, H. A. Produção de alface adubada com composto orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 12, n. 1, p. 56-58, 1994.

RODRÍGUEZ-KABANA, R. Control biológico de nematodos parasitos de plantas. **Nematropica**, v. 21, p. 111-122, 1991.

TANNER, J. C.; HOLDEN, S. J.; OWEN, E.; WINUGROHO, M.; GILL, M. Livestock sustaining intensive smallholder crop production through traditional feeding practices for generating high quality manure-compost in upland Java. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 84, p. 21-30, 2001.

UNKOVICH, M. J.; PATE, J. S.; HAMBLIN, J. The nitrogen economy of broadacre lupin in southwest Australia. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 45, p. 149-164, 1994.

URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Biological nitrogen fixation associated with tropical pasture grasses. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 28, n. 9, p. 837-844, 2001.

URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. Fuentes alternativas para la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. In: URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. (Ed.). **Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en America Latina y el Caribe**. Porto Alegre: Genesis; 2000. p. 57-76.

YUSSEFI, M.; WILLER, H. **Organic agriculture worldwide statistics and future prospects**. Bad Dürkheim: SOEL, Foudation Ecology & Agriculture, 2002. 157 p. (SÖL. Sonderausgabe, 74).

Por que não utilizar uréia como fonte de N na agricultura orgânica

ZAGO, V. C. P.; EVANGELISTA, M. R.; ALMEIDA, D. L. de; GUERRA, J. G. M;
NEVES, M. C. P.; RUMJANEK, N. G. Aplicação de esterco bovino e uréia na
couve e seus reflexos nos teores de nitrato e na qualidade. **Horticultura
Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 3, p. 207-211, 1999.