

Capítulo 21

Adubação verde na restauração florestal

Eduardo Malta Campos Filho
Ingo Isernhagen
Pedro Henrique Santin Brancalion
Ricardo Ribeiro Rodrigues

Introdução

Exigências legais e de mercado, além de compromissos que o próprio governo brasileiro assumiu no Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Brasil, 2015), têm gerado um aumento na demanda por ações de recuperação de áreas degradadas (Wuethrich, 2007) para proteção do solo, água e biodiversidade. Nesse contexto, além da própria escolha das técnicas mais adequadas de recuperação, o uso de adubação verde tem se firmado como um método importante para aumento da eficácia de plantios de espécies nativas em áreas muito degradadas. Além de poder agregar benefícios ecológicos à atividade, os adubos verdes podem reduzir custos de manutenção devido ao controle que exercem durante o início do processo sobre as plantas competidoras.

As características dos adubos verdes, como rápido recobrimento, controle de competidores, descompactação do solo, fixação de nitrogênio, alta produção de biomassa, formação de serrapilheira, ciclagem de nutrientes e ciclo de vida curto – que dificulta o comportamento invasor –, os tornam ótimos colonizadores e criadores de *safe sites* em áreas degradadas, possibilitando o plantio simultâneo das espécies de diferentes grupos ecológicos. *Safe site* é a denominação internacionalmente reconhecida para o conjunto de condições ambientais que favorecem o crescimento das espécies florestais pelo fato de simular condições naturais propícias ao seu desenvolvimento (Urbanska, 2004). A utilização da adubação verde com esse objetivo é permitida pela lei brasileira em condições específicas e apenas durante os primeiros anos após a implantação.

Algumas publicações sobre o uso da adubação verde na restauração florestal surgiram a partir de experiências em sistemas agroflorestais (Vieira et al., 2009), reflorestamentos comerciais (Schreiner, 1988; Centurion et al., 2005) e pomares (Espindola et al., 2006; Fidalski et al., 2006; Rufato et al., 2006) e em projetos de restauração florestal (Campos-Filho et al., 2013; César et al., 2013; Junqueira et al., 2015).

Para entender melhor como a adubação verde pode ser utilizada na restauração florestal, cabem aqui algumas considerações gerais sobre essa atividade. À contextualização, segue-se a apresentação do uso potencial da adubação verde na restauração florestal.

Fundamentos da restauração florestal

A prática de recuperação de áreas degradadas é muito antiga. Podem-se encontrar exemplos de sua existência na história de diferentes povos, épocas e regiões. No entanto, cientificamente, a atividade caracterizava-se pela ausência de vínculos estreitos com concepções teóricas da Ecologia Vegetal e era executada apenas com base em práticas silviculturais, geralmente se restringindo aos plantios de mudas (Rodrigues et al., 2009). Contudo, recentemente, houve um incremento considerável na qualidade e diversidade das ações de recuperação de áreas degradadas.

A maior parte das considerações do presente capítulo será focada na restauração ecológica, com ênfase na restauração florestal. Definida como o “processo de assistir a recuperação de um ecossistema que foi degradado, perturbado ou destruído” pela Society for Ecological Restoration International (2010), a restauração ecológica tem como meta:

[...] reconstituir um novo ecossistema o mais semelhante possível ao original, de modo a criar condições de biodiversidade renovável, em que as espécies regeneradas artificialmente tenham condições de ser autossustentáveis, ou que a reprodução esteja garantida e a diversidade genética em suas populações possibilite a continuidade de evolução das espécies (Kageyama; Gandara, 2003, p. 383).

Para definir se uma área está ambientalmente degradada, se precisa ser restaurada e como, analisam-se diferentes fatores, como a legislação vigente, a aptidão agrícola, a intensidade, a forma e a longevidade dos impactos ambientais sofridos no local e na paisagem e os parâmetros físicos, químicos e biológicos da área em si. Para restaurar uma área, é importante também definir a infraestrutura logística necessária, além de onde se quer chegar e que destino se pretende dar à área restaurada.

Quando se trata de recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) em médias e grandes propriedades, definidas como margens de corpos d'água, nascentes, áreas de encosta (acima de 100% de declividade), entre outras, devem ser utilizadas espécies perenes (árvores) nativas regionais. Em APPs de agricultores familiares e populações tradicionais e em todas as Reservas Legais (RLs), conforme legislação vigente, podem-se utilizar também árvores exóticas (até o limite estabelecido por lei). Com relação a espécies exóticas não perenes, as Leis Federais nº 12.651/2012 e nº 12.727/2012 e a Resolução Conama nº 429/2011 (Brasil, 2009, 2012) regulamentam o uso de plantas anuais ou bianuais, variedades agrícolas e de adubação verde intercaladas às nativas perenes como forma de auxiliar no processo de restauração ecológica nos casos em que isso se evidenciar necessário.

A prática da restauração florestal

No paradigma técnico-científico anterior à restauração florestal, o método mais utilizado era o plantio de mudas, que se fundamentava na implantação de uma cópia jovem de uma floresta adulta na expectativa de prever a floresta que se formaria. O paradigma contemporâneo não se fundamenta mais na cópia de um modelo de floresta, mas sim no entendimento de que é preciso restaurar os processos ecológicos que levam à formação de uma floresta natural, com grupos de espécies que se substituem ao longo do tempo da restauração e que devem permitir a entrada de novas espécies advindas do entorno. Mesmo as comunidades maduras não têm uma composição estática, mas estão em constante fluxo, em um equilíbrio dinâmico (Pickett et al., 1992; Palmer et al., 1997; Parker; Pickett, 1999; Choi, 2004; Aronson; Andel, 2006).

A restauração ecológica pode ocorrer seguindo diferentes trajetórias, o que, na prática, tem levado à diversificação dos métodos de restauração. Dessa forma, busca-se iniciar um processo de restauração que deve gerar incremento da diversidade de espécies, de formas de vida e de grupos funcionais de espécies nativas (Gandolfi; Rodrigues, 2007; Rodrigues; Gandolfi, 2007), que podem ser observadas regenerando sob a vegetação que se implantou inicialmente.

Para restaurar áreas degradadas, mas com alto potencial de regeneração natural (alta resiliência), algumas estratégias têm sido atualmente utilizadas e recomendadas, como a regeneração natural dos ecossistemas (ou restauração passiva) (Engel; Parrotta, 2003; Alves; Metzger, 2006; Rodrigues; Gandolfi, 2007; Brancalion et al., 2016), a condução da regeneração natural, a transposição de topsoil (Jacovak, 2007), o uso de poleiros para atração de dispersores de espécies nativas, o plantio de mudas em diferentes sistemas e o plantio de sementes e plântulas nativas (Carneiro; Rodrigues, 2007; Viani; Rodrigues, 2007).

O plantio de sementes e/ou mudas de árvores é geralmente necessário para restaurar florestas em ambientes fortemente degradados (baixa resiliência), sem potencial de regeneração natural e sem vegetação natural próxima que possa funcionar como fonte de propágulos. Nessa situação, plantam-se espécies de rápido crescimento, bom sombreamento e ciclo de vida curto consorciadas com espécies de sombreamento mais ralo, mais lentas e longevas (Figuras 1 e 2). A Figura 1A mostra o aspecto de um reflorestamento em declínio, resultante da morte das espécies pioneiras, as quais constituíam a maioria dos indivíduos plantados. A utilização de proporção adequada de espécies de preenchimento e de diversidade (1B) permite que o reflorestamento se renove, com os indivíduos regenerantes no interior da área restaurada, e isso resulta em uma floresta que se autoperpetua. Esses consórcios devem incluir espécies de diferentes grupos funcionais e mesmo formas biológicas, como herbáceas, arbustos, trepadeiras e árvores de ciclo de vida curto, médio e longo, além de espécies fixadoras de nitrogênio, espécies decíduas que favorecem a ciclagem de nutrientes, plantas produtoras de recursos para a fauna (pólen, frutos ou outros), etc.

Como não há, para a maioria das espécies herbáceas e arbustivas nativas, tecnologia de produção de sementes e cultivo desenvolvida, a utilização de adubos verdes disponíveis no mercado para substituir esse grupo funcional inicialmente na área em restauração tem se provado eficiente. Com o uso de adubação verde, torna-se possível promover mais rápida e eficiente cobertura vegetal, reduzindo os custos de manutenção, principalmente referentes à irrigação, adubação de cobertura, controle de formigas-cortadeiras e controle de matocompetição.



Figura 1. Aspecto de um reflorestamento em declínio após morte das espécies pioneiras (A) e de um reflorestamento em renovação, com proporção adequada de espécies de preenchimento e de diversidade (B), em Orlândia, SP.



Figura 2. Reflorestamento de espécies nativas com 1 ano, implantado a partir de linhas alternadas de preenchimento e de diversidade, em Mucuri, BA.

Vantagens do uso da adubação verde na restauração florestal

O plantio de adubos verdes como estratégia de recobrimento inicial de solos degradados vem sendo utilizado em diversas iniciativas, como em recuperação de áreas degradadas por mineração (Moreira, 2004) e por atividades agropecuárias (Campos-Filho, 2013; César et al., 2013) e em agroflorestas. Além do recobrimento do solo e dos benefícios relatados nos outros capítulos deste livro, as vantagens advindas da utilização de adubos verdes na restauração florestal são apresentadas a seguir.

Recuperação física, química e biológica do solo

Em áreas com processos erosivos ativos ou muito degradadas por esses processos, nem mesmo as espécies arbóreas mais resistentes conseguem se desenvolver. Nessa situação, é necessária a ocupação prévia do solo por plantas que auxiliem no restabelecimento de condições mínimas à sobrevivência da vegetação nativa e atuem na proteção, descompactação, aeração e incorporação de nutrientes e de matéria orgânica ao solo. Em áreas abandonadas, muitas vezes são capins que realizam esse papel inicial de recuperação do solo; mas eles podem se perenizar na área e dificultar o estabelecimento das árvores nativas. Além disso, pelos métodos tradicionais de manutenção dos reflorestamentos com espécies nativas, o capim é frequentemente controlado com enxada, grade ou herbicida nas entrelinhas do plantio, deixando o solo exposto aos agentes erosivos.

Com a ocupação física da área por espécies de adubo verde, os processos erosivos são atenuados, e isso contribui, de forma decisiva, para a redução da degradação do solo e do assoreamento dos cursos d'água. Adubos verdes podem atuar na proteção contra os efeitos da erosão causada por variáveis edafoclimáticas e servir como agentes reestruturadores de propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Souza et al., 2008 citado por Castro et al., 2011). Ao promoverem a dissipação da energia cinética das gotas de chuva e diminuírem a desagregação das partículas de solo e o selamento superficial, os adubos verdes têm ação direta e efetiva na redução da erosão hídrica, aumentando a infiltração e retenção de água, reduzindo a velocidade do escoamento superficial e, conseqüentemente, o potencial erosivo da enxurrada (Sloneker; Moldanhauer, 1977; Cogo et al., 1984; Zhou et al., 2002 citados por Castro et al., 2011). Portanto, espécies de adubos verdes podem ser utilizadas na criação de microssítios favoráveis ao crescimento das espécies nativas.

Os benefícios químicos da adubação verde, tais como melhoria do pH, da capacidade de troca catiônica (CTC) e do índice de saturação por bases em solos degradados, foram relatados por Medeiros et al. (1987), Favaretto et al. (2000) e Nascimento et al. (2003), entre outros. As raízes de

algumas espécies liberam ácidos orgânicos que ajudam a solubilizar os minerais do solo (como o fósforo), deixando-os disponíveis para as culturas subsequentes, complexam o alumínio trocável, tornando-o não disponível e atóxico no solo, e mobilizam nutrientes lixiviados em profundidade e pouco solúveis, devido ao crescimento vigoroso e em profundidade do sistema radicular, principalmente o das leguminosas.

A vida do solo também pode se recuperar mais rápido com o policultivo de adubos verdes, gerando acréscimo significativo e quimicamente diverso de matéria orgânica no solo, que favorece o desenvolvimento de comunidades de minhocas, colêmbolos, besouros e bactérias edáficas, atores responsáveis pela decomposição e ciclagem de nutrientes e fundamentais no processo de restauração ecológica. As espécies de adubo verde também diminuem a variação da temperatura entre o dia e a noite e seus efeitos na superfície do solo e em profundidade, favorecendo a vida microbiana; favorecem as micorrizas (fungos benéficos que têm a função principal de aumentar o tamanho do sistema radicular e, com isso, melhorar a captura de água e nutrientes) no solo; e podem ser inoculadas com rizóbios específicos para intensificar a nodulação nas raízes e aumentar a fixação de nitrogênio atmosférico no solo (Campos-Filho, 2013).

Equilíbrio entre plantas competidoras e regeneração natural

Uma das causas mais comuns de insucesso da prática de restauração florestal é a falta de manutenção ou controle de competidores (também chamados de plantas daninhas, agressivas ou invasoras), que são as espécies indesejadas no local e que podem comprometer o desenvolvimento da diversidade de espécies nativas que se pretende restaurar. Os problemas mais comuns ocorrem com as gramíneas, principalmente nos períodos chuvosos, quando normalmente são



Figura 3. Sub-bosque em área de restauração infestada por gramíneas (A); plântula de paineira (*Ceiba speciosa*) em área de semeadura direta de espécies nativas, encoberta por corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*) (B).

feitos os plantios. Entretanto, algumas dicotiledôneas, especialmente as trepadoras, podem também ser prejudiciais, como as cordas-de-viola [*Ipomoea grandifolia* (Dammer) O'Don] (Figura 3).

As competidoras podem prejudicar muito o desenvolvimento das mudas e levá-las à morte em virtude de fatores como alelopatia, sombreamento, maior velocidade de ocupação do solo, uso de nutrientes e água, entre outros. Além disso, é comum que essas espécies produzam muitas sementes longevas e facilmente dispersas no ambiente (Lorenzi, 2000). Embora se faça o controle dessas espécies durante o preparo do local para o plantio (Figura 4), elas podem reocupar a área a partir da germinação do banco de sementes, o que ocorre especialmente quando se revolve o solo pela capina, com conseqüente exposição das sementes. A interferência gerada pelas competidoras é especialmente prejudicial no período que antecede o fechamento das copas das árvores. Após esse período, a diminuição da luminosidade no sub-bosque em formação, aliada à ampliação do volume e da profundidade de solo explorado pelas raízes das árvores, faz que a competição com as invasoras seja minimizada (Gonçalves et al., 2003).



Fotos: Pedro Henrique Santim Brancalion

Figura 4. Área a ser reflorestada com infestação de capim-braquiária, antes (A) e após o controle químico da gramínea (B).

Ao longo do processo de restauração por via de plantio apenas de mudas, são normalmente necessárias várias intervenções para controle de plantas competidoras. Entre os controles químico e mecânico (manuais, semimecanizados ou mecanizados), que são os mais usuais, a capina manual é a mais amplamente adotada hoje, apesar do seu baixo rendimento. Em alguns casos, podem ocorrer até cinco capinas anuais (Gonçalves et al., 2003). Essas operações encarecem o processo e nem sempre são eficazes, dadas as reincidências já citadas, especialmente da invasão por gramíneas. Assim, o controle de invasoras torna-se um componente importante da restauração florestal (Melo, 2005) e, devido aos seus altos custos, particularmente em meio a plantios de mudas nativas sem adubação verde, muitos projetos de restauração florestal acabam frustrados. O uso de herbicidas na restauração florestal, embora eficiente em muitos casos (Brancalion et al.,

2009), é visto com ressalvas e pode ser impedido em processos de certificação ou por órgãos de fiscalização, principalmente em APPs (Ferreira; Carvalho, 2002) e unidades de conservação. Há de se estudar novas perspectivas e novos produtos, como herbicidas menos tóxicos, generalistas e seletivos, e graminicidas pré e pós-emergentes, que poderiam ser utilizados com os adubos verdes.

Dentro desse contexto, o uso da adubação verde pode ser uma alternativa viável para a restauração florestal. O sombreamento acelerado da área, com o fechamento do dossel de adubos verdes, representa uma estratégia para a redução da infestação da área por plantas daninhas (Erasmus et al., 2004). Além disso, muitas das espécies de adubo verde possuem a capacidade de restringir o desenvolvimento de plantas daninhas, tal como a braquiária (Bechara, 2006), ou mesmo restringir o recrutamento a partir do banco de sementes (Caetano et al., 2001; Severino; Christoffoleti, 2001). Assim, essas espécies podem contribuir, de forma decisiva, para a redução do nível de infestação da área pelas plantas indesejadas (Favero et al., 2001), seja pela sua presença na área, seja pela cobertura do solo pela palhada gerada após a roçada (Matheis, 2004). Os restos vegetais oriundos do corte das espécies de adubo verde podem ainda ser acumulados com roçadoras e enleiradores, direcionando os restos vegetais roçados nas entrelinhas para as linhas de plantio, de modo a formar uma camada espessa de restos vegetais próxima às mudas (Figura 5). Além do fornecimento de nutrientes, da retenção de umidade, do controle da erosão e da incorporação de matéria orgânica ao solo, essa camada de restos vegetais pode inibir o desenvolvimento das plantas daninhas e impedir que os comprimentos de onda na faixa do vermelho estimulem a germinação das espécies presentes no banco de sementes.

O controle convencional de plantas competidoras (capina mecânica ou química) ainda traz o prejuízo ecológico de eliminar, juntamente com o capim invasor, muitas plantas da regeneração natural, especialmente herbáceas e arbustivas nativas, que são a base do processo sucessional de áreas degradadas. Plantios de árvores com adubação verde, ao evitar formas de controle conven-



Foto: José Aparecido Donizetti Carlos

Figura 5. Roçadora “ecológica” em pomar de citros, em Mogi-Mirim, SP.

cional de competidoras, ao formar serrapilheira, sombreamento inicial e ao evitar a compactação da superfície do solo, permitem e facilitam o estabelecimento dessas plantas da regeneração natural (Figura 6) que contribuem para a dinâmica ecológica inicial, diversificando a cobertura vegetal, a serrapilheira e a disponibilização de nutrientes no solo e para a fauna.

Melhoria do desenvolvimento das mudas de espécies nativas

Entre os conhecidos benefícios da adubação verde, está o de melhorar o desenvolvimento das espécies nativas plantadas (Padilla; Pugnaire, 2006). Em pesquisa realizada por Beltrame e Rodrigues (2007) no Pontal do Paranapanema, SP, observou-se que a utilização de feijão-guandu (*Cajanus cajan*) entre as mudas de espécies nativas na linha de plantio reduziu a mortalidade das espécies pioneiras e aumentou a área basal e a altura de todas as espécies testadas. Destefani e Araki (2008) também encontraram resultados semelhantes em restauração ecológica consorciada com plantio de abóbora (*Cucurbita* spp.) em Orlandia, SP, a qual gerou maior crescimento das mudas de algumas espécies arbóreas. Da mesma forma, Silva (2002) recomenda a utilização da adubação verde dentro dos sistemas agroflorestais como alternativa econômica de recuperação de matas ciliares, o que representa outra evidência de sucesso do uso desse grupo de espécies na restauração florestal. Ressalta-se a importância de observar a proporção entre carbono e nitrogênio (C:N) do consórcio implantado para que a matéria orgânica dos adubos verdes leguminosos – rica em N – não consuma a matéria orgânica seca do solo – rica em C – durante a sua decomposição. Em áreas previamente ocupadas por pastagens, isso pode ser naturalmente equilibrado devido à maior quantidade de C nos capins que compõem a serrapilheira ou são incorporados no solo. Em outros casos, recomenda-se consorciar também adubos verdes não leguminosos, como milho (*Pennisetum glaucum*) e milho (*Zea mays*), que têm teor maior de C e podem equilibrar essa relação, contribuindo para o aumento efetivo e perene da serrapilheira e da fertilidade do solo.

O desenvolvimento de fustes retilíneos tem sido observado em plantios de adubos verdes e espécies nativas em alta densidade, como os que têm sido realizados por semeadura direta desde 2006 na região do Xingu, MT (Campos-Filho, 2013; Freitas et al., 2019; Rodrigues et al., 2019¹). A Figura 7 mostra a diferença na altura de ramificação dos troncos das árvores. Vê-se que a formação de fustes foi melhor no plantio em alta densidade com adubação verde (Figura 7A), característica que interessa à produção madeireira. Escolher espécies com valor madeireiro que tenham essa característica pode ser interessante em sistemas plantados para aproveitamento econômico, já que, em plantios de espécies tradicionais, o fuste não se desenvolve retilíneo naturalmente; para isso, são necessárias sucessivas podas de condução de fuste, o que encarece o processo e nem sempre resulta na forma de fuste desejada.

¹ RODRIGUES, S. B.; FREITAS, M. G.; CAMPOS-FILHO, E. M.; CARMO, G. H. P. do; VEIGA, J. M. da; JUNQUEIRA, R. G. P.; VIEIRA, D. L. M. Direct seeded and colonizing species guarantee successful early restoration of south amazon forests. *Biological Conservation*, 2019. No prelo.

Fotos: Eduardo Malta Campos Filho

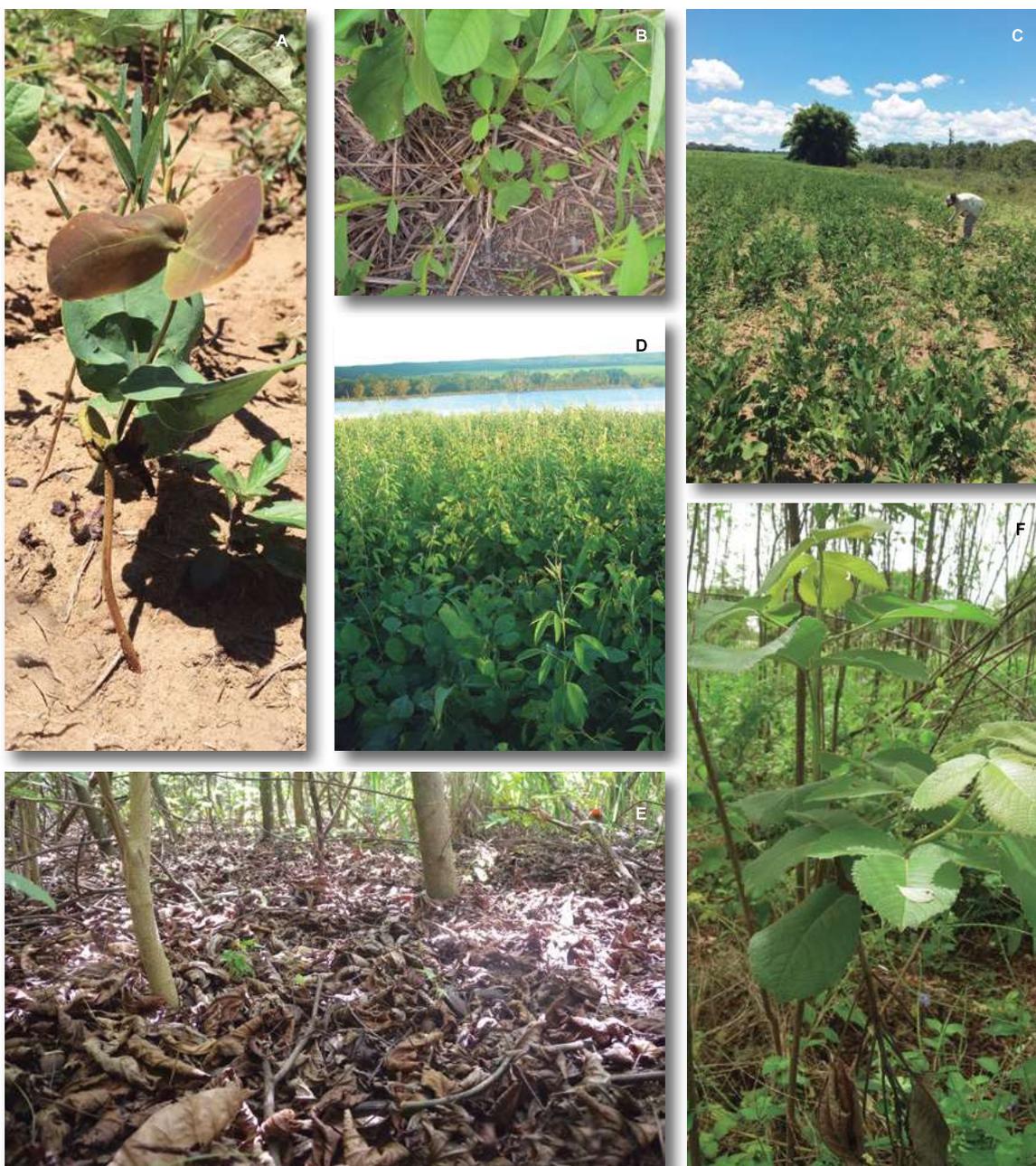


Figura 6. Adubos verdes e árvores nativas aos 2 meses de desenvolvimento após semeadura direta simultânea em áreas de pastagens na bacia do Xingu, em Mato Grosso: (A) jatobá (*Hymenaea courbaril*) e adubos verdes (*Crotalaria ochroleuca* e feijão-de-porco – *Canavalia ensiformis*) juntos a herbáceas da regeneração natural; (B) espécies nativas (urucum – *Bixa orellana* e pata-de-vaca – *Bauhinia* sp.) e adubos verdes (feijão-de-porco, *Crotalaria spectabilis* e feijão-guandu – *Cajanus cajan*); (C) cobertura de adubos verdes feijão-de-porco de *C. ochroleuca* em baixa densidade de semeadura; (D) cobertura de adubos verdes feijão-de-porco, guandu e milho, em alta densidade de semeadura, aos 4 meses de idade; (E) serrapilheira após a senescência dos adubos verdes com regeneração natural de plântulas; (F) mesma área mostrada em (D), aos 2,5 anos de idade, com plantas de guandu em senescência, plantas de pequi semeadas diretamente e regeneração natural de ervas e arbustos.



Figura 7. Áreas em restauração florestal de mesma idade ao redor da mesma nascente: plantio de árvores com adubos verdes em alta densidade (semeadura direta mecanizada com plantadeira de soja, em linhas) (A); plantio de mudas convencional (3 m x 2 m) (B).

Se, por um lado, a presença dos adubos verdes pode favorecer o crescimento das árvores nativas, por outro, seu sombreamento excessivo pode também inibir ou impedir a germinação de algumas espécies, retardar o crescimento ou até matá-las precocemente (Holmgren et al., 1997; Felfili et al., 1999). O recobrimento inicial do solo deve ser considerado uma fase do programa de recuperação, de modo que não comprometa a dinâmica sucessional futura da área (Griffith et al., 1996). Beltrame e Rodrigues (2007) perceberam que, plantado a 1 m de distância das árvores, o feijão-guandu auxiliou, de maneira geral, no desenvolvimento das espécies florestais, reduzindo a mortalidade e aumentando a área basal e altura média das árvores nativas. No mesmo trabalho, os autores detectaram que, quando plantado mais perto das árvores, o feijão-guandu pode reduzir esse crescimento.

Essas experiências mostram que se deve buscar um balanço entre competição e cooperação no consorciamento de adubos verdes, árvores e capins (plantas competidoras indesejáveis), que deve ser considerado e planejado conforme os objetivos e condições de cada projeto. Como essas interações são influenciadas por múltiplos fatores (solo, clima, quantidade de sementes, formigas-cortadeiras, secas, etc.), o sombreamento gerado pode resultar maior do que planejado (por exemplo, em casos em que a fertilidade do solo é maior do que se esperava). Nesses casos, deve-se manejar a área com podas e/ou raleamento, que podem ser realizados com roçada mecanizada ou manualmente, com foice ou facão. Ressalta-se que essas ações de manejo da cobertura dos adubos verdes são menos custosas e mais efetivas do que o controle convencional de plantas competidoras, como os capins exóticos. Portanto, em regiões sem experiência prévia com esses consórcios, é indicado semear adubos verdes em alta densidade e realizar o raleamento ou poda se, quando e onde for necessário na área em restauração.

Interação com a fauna e redução do ataque de herbívoros

A utilização de espécies de adubo verde com intensa e precoce produção de flores e de sementes pode antecipar a interação com a fauna, fazendo que ela retorne progressivamente à área em restauração (Bechara, 2006) desde o primeiro ano pós-plantio. Como a maioria das árvores nativas plantadas só atingirão a maturidade após alguns anos, atender a demanda dos insetos polinizadores por recursos (disponíveis apenas a partir do florescimento das árvores) torna-se um desafio. Antes dessa fase, o recurso pode estar disponível por meio de diversas espécies de adubo verde que apresentam intenso florescimento, o que constituirá uma importante fonte de alimentação para várias espécies de insetos. Além disso, diversas aves granívoras, assim como roedores, podem se alimentar das sementes produzidas por algumas espécies de adubo verde; portanto, é importante utilizar espécies que não tenham potencial invasor. Além de insetos, aves e roedores, a cobertura de adubos verdes atrai também outros animais, como mamíferos terrestres e morcegos, importantes dispersores naturais de sementes e alguns inimigos naturais de formigas-cortadeiras.

Nos plantios de mudas sem adubos verdes, por costumes arraigados, tende-se a manter a área o mais livre possível de capins e outras plantas daninhas (Figura 2), de forma que o local seja apenas ocupado pelas espécies nativas plantadas, sem competição. Nessa condição, as mudas constituem a principal opção de alimentação para as formigas-cortadeiras ou capivaras, por exemplo. Já nos casos em que são usadas espécies de adubação verde, sua alta densidade e produção de biomassa dissipam o ataque de herbívoros (formigas, grilos, capivaras, tatus, entre outros) que poderão também consumir essas ervas e arbustos, deixando, assim, de concentrar o ataque nas árvores nativas, efeito conhecido como saciação do herbívoro (Connell, 1971; Janzen, 1971). Além disso, o microclima criado pela cobertura de adubos verdes pode facilitar o estabelecimento de plântulas de sementes plantadas ou advindas do entorno, fornecendo sombra parcial e protegendo-as do vento, o que contribui para a manutenção da umidade relativa do solo e do ar sob essa cobertura e reduz a perda de turgor e a mortalidade das plântulas ou mudas plantadas devido ao dessecamento causado por intensa insolação ou períodos de seca (Gómez-Aparicio et al., 2004; Balandier et al., 2009).

Sugestões para o uso da adubação verde no plantio de espécies florestais nativas

Mais de 20 espécies são de reconhecido uso na adubação verde no Brasil, como está ampla e ricamente descrito no presente livro. No entanto, para seu uso potencial na restauração florestal, é preciso atentar para algumas questões:

- Devem-se considerar fatores como clima, topografia e condições do solo, como fertilidade e pH, ao selecionar as espécies de adubos verdes mais adequadas para uma área. Uma questão importante no caso de restauração ecológica é escolher espécies de adubação verde que saiam naturalmente da área durante o processo de restauração; por isso, não devem ser espécies invasoras nem espécies perenes e devem ser espécies muito sensíveis ao sombreamento, o que fará com que saiam do sistema quando a área for recoberta com as nativas sombreadoras.
- Devem-se planejar a densidade de sementeira e a distribuição espacial das espécies para obter o melhor balanço entre competição e cooperação entre adubos verdes e árvores, conforme os objetivos e condições de manutenção de cada projeto.
- Podem-se introduzir simultaneamente árvores e adubos verdes misturados [semeando adubos verdes juntos nas mesmas linhas e covas (em espaçamento 1 m x 1 m, por exemplo) ou aleatoriamente (a lanço em área total)], ou ainda podem-se plantar adubos verdes entre linhas de plantio de espécies nativas, no espaçamento que seja mais fácil manejá-las mecanicamente ou manualmente no futuro (Figuras 8 a 10).

Foto: Ingo Isernhagen

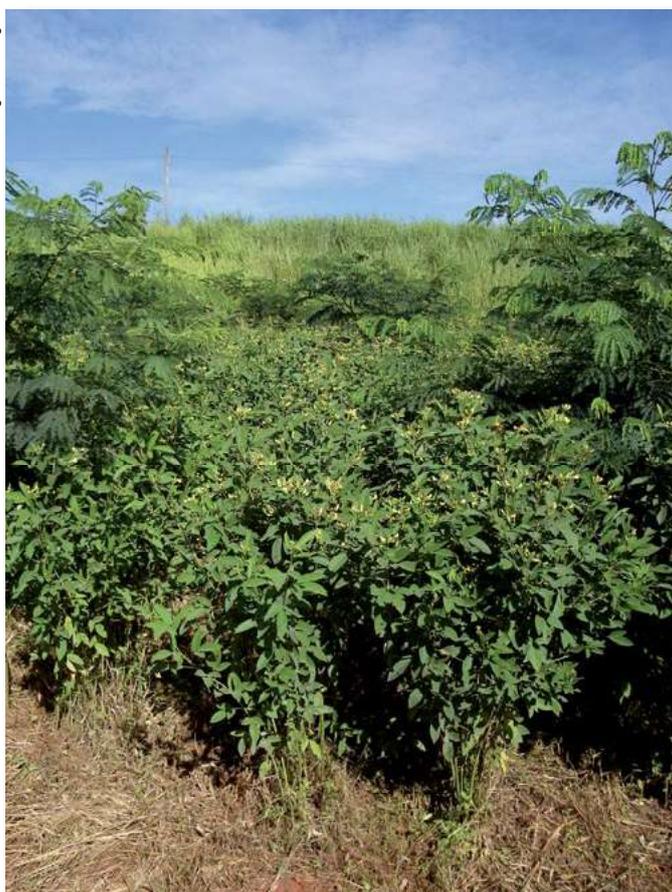


Figura 8. Feijão-guandu anão com 4 meses de idade, em entrelinha, em restauração florestal via sementeira direta de espécies nativas, em Araras, SP, em 2008. Área previamente dominada por braquiária e com maciço de leucena (*Leucaena leucocephala*) próximo.

Foto: Eduardo Malta

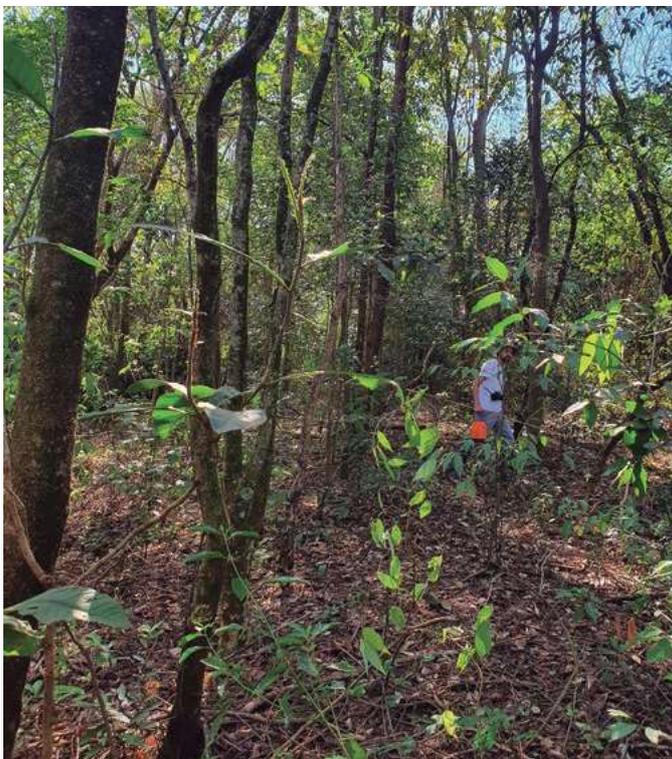


Figura 9. Floresta multiestratificada, estabelecida por semeadura direta de espécies nativas consorciadas em linhas com adubos verdes e regenerada no estrato baixo (mesma área da Figura 8, fotografada em 2020).

Foto: Eduardo Malta



Figura 10. Dossel multiestratificado e regenerado, estabelecido por semeadura de várias espécies consorciadas em linhas com adubos verdes (mesma área da Figura 8, fotografada em 2020).

- Recomenda-se, para plantio simultâneo de adubos verdes e espécies nativas, densidade de semeadura dos adubos verdes entre 30% e 80% da recomendação para monocultura de cada espécie. Deve-se semear em menor densidade quanto melhor forem o pH e a fertilidade do solo para que se obtenha entre 50% e 90% de sombreamento do solo. Se for utilizada inoculação das sementes, pode-se reduzir a densidade de semeadura em cerca de 30%.
- Pode-se usar, na adubação verde (Figura 11), apenas uma espécie (monocultura) ou uma variedade de espécies diferentes de adubo verde (policultura - Figura 12). Nesse último caso, devem ser selecionadas tanto espécies de crescimento rápido e ciclo curto quanto espécies de crescimento mais lento e ciclo mais longo. Escolhas equivocadas de espécies,

Foto: Osvaldo Luis de Sousa



Figura 11. Monocultivo de adubo verde (crotalária-júncea – *C. juncea*) com reinfestação de capins após sua senescência.

Foto: Osvaldo Luis de Sousa



Figura 12. Policultivo de adubos verdes guandu (*Cajanus cajan*), *Crotalaria juncea* e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), com estratificação diferenciada da cobertura vegetal.

de momento de implantação ou de manejo podem comprometer o desenvolvimento da área. Deve-se buscar também consorciar adubos verdes de alturas e formas de sombra diferentes para que a sombra resultante sobre o solo seja heterogênea e permita a entrada de raios de luz do sol em diferentes momentos do dia. Definindo-se as espécies e quantidades, as sementes de adubos verdes podem ser misturadas para plantio em uma única operação.

- Pode-se fazer o plantio prévio de adubos verdes em área total entre 3 meses e 1 ano antes da introdução das nativas no mesmo local, como forma de preparo do terreno e abafamento antecipado de capins competidores para facilitar a restauração florestal. Neste caso, podem-se semear diversos adubos verdes juntos com a densidade total recomendada para monoculturas (Figura 10). Os adubos verdes podem ser roçados ou dessecados, em área total ou em faixas, para o plantio posterior das nativas.
- Pode ser necessário, antes do uso da adubação verde, preparar o solo nas áreas de restauração florestal. As próprias espécies de adubo verde podem necessitar de descompactação e correção do solo, que devem ser realizadas previamente, conforme análise do solo do local.
- Pode-se realizar a semeadura de adubo verde e espécies nativas em área total a lanço (com revolvimento do solo prévio e posterior à incorporação das sementes ao solo), ou em linhas (plantio direto sobre palhada ou não) ou ainda em covetas (em áreas declivosas ou de difícil acesso a máquinas). Uma das possibilidades é o uso de linhas alternadas, sendo uma linha de espécies nativas de adubação verde de ciclo curto e outra linha de espécies de adubação verde de ciclos curtos e longos (Figura 13). Pode-se plantar à mão, utilizar matracas ou implementos puxados por trator, como distribuidoras de adubo ou plantadeiras de grãos.
- Pode-se realizar, em áreas declivosas e não mecanizáveis, a semeadura das espécies de adubo verde e árvores em covetas, as quais podem ser abertas com pequenas enxadas. Deve-se revolver o solo até uma profundidade mínima de 10 cm. O espaçamento entre covetas deve ser definido de acordo com a necessidade de recobrimento da área (Figura 8). Nesses casos, a semeadura pode ser feita manualmente ou com matracas. A roçagem do adubo verde em áreas declivosas, se necessária, deve ser realizada apenas na linha de plantio com o objetivo de conter a erosão do solo.
- Devem-se realizar manejos de poda ou raleamento dos adubos verdes quando se fizerem necessários, sob pena de não gerarem os efeitos positivos ou, até mesmo, de gerarem efeitos negativos para as espécies nativas. O manejo pode ser feito utilizando roçadeiras costais, roçadeiras puxadas por trator, colheitadeiras ou foice e facão.
- Pode não ser necessária nenhuma forma de manejo dos adubos verdes, mas é importante monitorar de perto durante os primeiros meses após a semeadura. Em algumas

Foto: Ingo Isenrathgen



Figura 13. Linha de semeadura direta de espécies nativas sobre palhada junto com plantas de adubação verde de ciclo curto (feijão-de-porco – *Canavalia ensiformis*) e médio (feijão-guandu – *Cajanus cajan*), com 2 meses, em São Carlos, SP, em janeiro/2019.

experiências do Instituto Socioambiental (ISA) nos biomas Cerrado e Amazônia, em áreas de pastagem de braquiárias *Urochloa humidicola* e *Urochloa decumbens* que foram gradeadas três vezes durante a seca e, no início das chuvas, semeadas com alta densidade de espécies arbóreas e adubos verdes, não foi realizada nenhuma forma de controle de plantas competidoras após o plantio: nem químico, nem mecânico e nem manual (Rodrigues et al., 2019). Os adubos verdes foram utilizados em 100% da sua recomendação agrônômica em monocultura (densidades: 120 kg ha⁻¹ de feijão-de-porco, 50 kg ha⁻¹ de feijão-guandu e 15 kg ha⁻¹ de milho), misturados com as sementes nativas. Essa mistura (chamada “muvuca de sementes”) foi lançada sobre o solo e incorporada com grade niveladora ou plantada diretamente com plantadeira de soja. Após 10 anos sem manutenção, algumas áreas fracassaram sob a sombra excessiva do capim ou dos próprios adubos verdes e depois voltaram a ser dominados pelo capim. Em outras, formaram-se Cerradões, Matas Ciliares e Florestas Amazônicas bem estruturadas (Figura 7). Entretanto, esse sucesso na restauração de áreas sem manejo e, portanto, mais barata vem à custa de uma imprevisibilidade maior e um crescimento mais lento das árvores, principalmente em área basal, devido ao sombreamento intenso, porém não excessivo, criado pelos adubos verdes.

- Pode-se realizar a roçagem dos adubos verdes em faixas apenas onde serão introduzidas as futuras linhas de árvores. A manutenção das entrelinhas com roçadas deve ser feita preferencialmente utilizando roçadeiras que joguem os restos vegetais do adubo verde nas linhas de plantio (Figuras 5 e 10), pois a presença de palhada nessa região aumentará a retenção de umidade e inibirá a reinfestação de plantas daninhas.
- Pode-se optar, em casos específicos, por plantar adubos verdes em densidades mais baixas e realizar a manutenção complementar com capina, roçada ou aplicação de herbicidas seletivos (graminídeos). Entretanto, além das restrições ambientais, a eficácia dos graminídeos é alta somente se forem aplicados em até 2 a 3 meses da germinação dos capins, de modo a permitir aos adubos verdes se fecharem, inibindo a germinação de novos capins. Se os graminídeos forem aplicados após esse período, quando as touceiras de capim já estão mais bem estabelecidas, sua eficiência se reduz consideravelmente. Portanto, é essencial sua aplicação no momento certo da vida do capim.
- Deve-se observar que, à medida que avança o processo de recuperação, as espécies de adubo verde devem dar lugar às espécies herbáceo-arbustivas nativas, de modo que seja possível a continuidade do processo natural de sucessão. Pelas características descritas, não se recomendaria, em hipótese alguma, por exemplo, o uso da leucena (*Leucaena leucocephala*) ou de acácia (*Acacia mangium*) em consórcio com espécies nativas, pois essas espécies têm elevado potencial de infestação e são de difícil controle, podendo inviabilizar a restauração florestal. Em vez de serem plantadas, essas espécies devem ser manejadas ou erradicadas das áreas antes do reflorestamento com nativas. Os adubos verdes não devem causar danos mecânicos às espécies florestais, como a quebra de ponteiros. Por isso, devem-se evitar, por exemplo, trepadeiras agressivas, como as mucunas (*Mucuna* spp., exceto *Mucuna deeringiana*) ou a puerária (*Pueraria phaseoloides*). As primeiras devem ser evitadas, pois têm alta capacidade invasora, alastram-se localmente e inibem o desenvolvimento das espécies nativas (Bechara, 2006). Em casos muito específicos, a mucuna é utilizada, mas sob intenso e repetido manejo manual com podas após o plantio, o que pode encarecer o processo. Além disso, há o risco de a mucuna escapar ao controle e colonizar indesejavelmente áreas fora do projeto, se tornando uma espécie invasora.
- Pode-se constituir em fator limitante para a restauração ecológica em larga escala a disponibilidade de sementes para adubação verde. Dessa forma, é importante que projetos de grande porte busquem arranjos produtivos e comerciais que garantam seu abastecimento.
- Sugere-se pesquisar espécies herbáceo-arbustivas nativas da flora brasileira para uso como adubação verde em restauração florestal, as quais podem também ter potencial para uso em agricultura e silvicultura convencional.

Diante dessas considerações, a Tabela 1 apresenta características de espécies recomendadas para uso em restauração florestal. Espécies como braquiária [*Brachiaria* spp. (syn.

Urochloa spp.]), calopogônio (*Calopogonium mucunoides*), *Centrosema* spp., leucena (*Leucaena leucocephala*), mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), puerária (*Pueraria phaseoloides*), siratro (*Macroptilium atropurpureum*) e soja-perene (*Glycine wightii*), apesar de poderem ser usadas como adubo verde, não são recomendadas para consórcio na restauração florestal por terem hábito trepador ou potencial invasor.

Tabela 1. Características de espécies de adubo verde recomendadas para projetos de restauração florestal.

Nome popular	Nome científico	Ciclo de vida	Porte	Velocidade de crescimento
Leguminosas				
Feijão-caupi, feijão-de-corda	<i>Vigna unguiculata</i>	5 meses	Até 1 m	Média
Feijão-de-porco	<i>Canavalia ensiformis</i>	6 meses	Até 1 m	Rápida
Feijão-bravo-do-ceará	<i>Canavalia brasiliensis</i>	1 a 2 anos	Até 1 m	Média
Feijão-guandu-anão (Iapar-43 Aratã)	<i>Cajanus cajan</i>	4 meses	1 m	Rápida
Feijão-guandu (BRS Mandarin)	<i>Cajanus cajan</i>	3 a 4 anos	Maior que 2 m	Média
Crotalária-breviflora	<i>Crotalaria breviflora</i>	3 meses	Até 1 m	Média
Crotalária-espectabilis	<i>Crotalaria spectabilis</i>	3 meses	1 m	Média
Crotalária-júncea	<i>Crotalaria juncea</i>	4 meses	Maior que 2 m	Rápida
Crotalária-ocroleuca	<i>Crotalaria ochroleuca</i>	5 meses	2 m	Lenta
Não leguminosas				
Milho	<i>Zea mays</i>	4 meses	2 m	Lenta
Milheto	<i>Pennisetum glaucum</i>	3 meses	Até 1 m	Rápida
Sorgo	<i>Sorghum bicolor</i>	4 meses	1,5 m	Média
Aveia-preta	<i>Avena strigosa</i>	3 meses	Até 1 m	Rápida
Girassol	<i>Helianthus annuus</i>	3 a 4 meses	Até 2 m	Lenta
Nabo-forrageiro	<i>Raphanus sativus</i> var. <i>oleiferus</i>	4 meses	Até 2 m	Rápida

Considerações finais

No Brasil, a degradação dos ecossistemas naturais tem aumentado a demanda por restauração florestal, principalmente em áreas de preservação permanente (APPs) e reservas legais (RLs). O uso da adubação verde consorciada com o plantio de espécies arbóreas nativas é uma boa alternativa para reduzir a necessidade de controle de competidores e, com isso, reduzir as aplicações de herbicidas, promover a descompactação, a formação de serrapilheira e a recuperação mais rápida das características químicas e biológicas do solo, proteger o solo contra sol, vento

e efeito erosivo das chuvas, permitir a saciação de herbívoros e criar microssítios com microclimas mais adequados para o desenvolvimento das espécies nativas.

Neste capítulo, foram abordados os principais aspectos relacionados a essa técnica para que, com sucesso, sejam atingidos os objetivos da restauração ecológica. No entanto, é muito importante que as recomendações aqui apresentadas continuem sendo testadas cientificamente e empiricamente pelos atores da restauração, o que possibilitará o aprimoramento e a consolidação do uso da adubação verde na restauração florestal no Brasil.

Referências

- ALVES, L. F.; METZGER, J. P. A regeneração florestal em áreas de floresta secundária na Reserva Florestal do Morro Grande, Cotia, SP. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 2, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/bn/v6n2/v6n2a04.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2010.
- ARONSON, J.; ANDEL, J. van. Challenges for ecological theory. In: ANDEL, J. van; ARONSON, J. (ed.). **Restoration ecology: the new frontier**. Oxford: Blackwell, 2006. p. 223-233.
- BALANDIER, P.; FROCHOT, H.; SOURISSEAU, A. Improvement of direct tree seeding with cover crops in afforestation: microclimate and resource availability induced by vegetation composition. **Forest Ecology and Management**, v. 257, p. 1716-1724, 2009. DOI: [10.1016/j.foreco.2009.01.032](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.01.032).
- BECHARA, F. C. **Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras**: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga. 2006. 249 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- BELTRAME, T. P.; RODRIGUES, E. Feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) na restauração de florestas tropicais. **Semina: ciências agrárias**, v. 28, n. 1, p. 19-28, jan./mar. 2007.
- BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I.; MACHADO, R. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; RODRIGUES, R. R. Seletividade dos herbicidas setoxidim, isoxaflutol e bentazon a espécies arbóreas nativas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 3, p. 251-257, mar. 2009.
- BRANCALION, P. H. S.; SCHWEIZER, D.; GAUDARE, U.; MANGUEIRA, J. R.; LAMONATO, F.; FARAH, F. T.; NAVE, A. G.; RODRIGUES, R. R. Balancing economic costs and ecological outcomes of passive and active restoration in agricultural landscapes: the case of Brazil. **Biotropica**, v. 8, n. 6, p. 856-867, 2016.
- BRASIL. Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 15 maio 2017.
- BRASIL. Lei n.º 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei no 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2o do art. 4o da Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2012. Acesso em: 15 maio 2017.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg)**. Brasília, DF: MMA, 2015. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/florestas/pol%C3%ADtica-nacional-de-recupera%C3%A7%C3%A3o-da-vegeta%C3%A7%C3%A3o-nativa>. Acesso em: 20 nov. 2015.
- BRASIL. Resolução Conama n.º 429, de 28 de fevereiro de 2011. Dispõe sobre a metodologia de recuperação das Áreas de Preservação Permanente – APPs. **Diário Oficial da União**, 29 fev. 2011. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=644>. Acesso em: 15 maio 2017.

- CAETANO, R. S. X.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; VICTORIA FILHO, R. "Banco" de sementes de plantas daninhas em pomar de laranja 'Pera'. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 3, p. 509-517, jul./set. 2001.
- CAMPOS-FILHO, E. M.; COSTA, J. M. N. M. da; SOUZA, O. L. de; JUNQUEIRA, R. G. P. Mechanized direct-seeding of native forests in Xingu, Central Brazil. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 32, n. 7, p. 702-727, 2013.
- CARNEIRO, P. H. M.; RODRIGUES, R. R. Management of monospecific commercial reforestations for the forest restoration of native species with high diversity. In: RODRIGUES, R. R.; MARTINS, S. V.; GANDOLFI, S. (ed.). **High diversity forest restoration in degraded areas**. New York: Nova Science, 2007. p. 129-144.
- CASTRO, N. E. A. de; SILVA, M. L. N.; FREITAS, D. A. F. de; CARVALHO, G. J. de; MARQUES, R. M.; GONTIJO NETO, G. F. Plantas de cobertura no controle da erosão hídrica sob chuvas naturais. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 5, p. 775-785, set.-out. 2011.
- CENTURION, M. A. P. C.; CENTURION, J. F.; ROQUE, C. G.; PRADO, R. M.; NATALE, W. Efeito do manejo da entrelinha da seringueira sobre as propriedades químicas do solo, estado nutricional e o crescimento. **Revista Árvore**, v. 29, n. 2, p. 185-193, 2005.
- CESAR, R. G.; BRANCALION, P. H. S.; RODRIGUES, R. R.; MEDINA, A. M. dos S.; ALVES, M. C. Does crotalaria (*Crotalaria breviflora*) or pumpkin (*Cucurbita moschata*) inter-row cultivation in restoration plantings control invasive grasses? **Scientia Agricola**, v. 70, n. 4, p. 268-273, Jul.-Aug. 2013. DOI: [10.1590/S0103-90162013000400008](https://doi.org/10.1590/S0103-90162013000400008).
- CHOI, Y. D. Theories for ecological restoration in changing environment: toward "futuristic" restoration. **Ecological Research**, v. 19, n. 1, p. 75-81, Jan. 2004. DOI: [10.1111/j.1440-1703.2003.00594_19_1.x](https://doi.org/10.1111/j.1440-1703.2003.00594_19_1.x).
- CONNELL, J. H. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in tropical rainforest trees. In: BOER, P. J. den; GRADWELL, G. R. (ed.). **Dynamics of populations**. Wageningen: Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 1971. p. 298-310.
- DESTEFANI, A. C. C.; ARAKI, D. Plantio de Abóboras (*Cucurbita* spp.) nas entrelinhas de uma restauração ecológica com espécies arbóreas nativas em área de preservação permanente ribeirinha no Sudeste do Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 7., 2008, Curitiba. **Anais [...]** Curitiba: Sinrad, 2008.
- ENGEL, V. L.; PARROTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (ed.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: Fepaf, 2003. p. 3-26.
- ERASMO, E. A. L.; AZEVEDO, W. R.; SARMENTO, R. A.; CUNHA, A. M.; GARCIA, S. L. R. Potencial de espécies utilizadas como adubo verde no manejo integrado de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 337-342, jul./set. 2004.
- ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; PERIN, A.; TEIXEIRA, M. G.; ALMEIDA, D. L.; URQUIAGA, S.; BUSQUET, R. N. B. Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 415-420, mar. 2006.
- FAVARETTO, N.; MORAES, A. de; MOTTA, A. C. V.; PREVEDELLO, B. M. S. Efeitos da revegetação e da adubação de área degradada na produção de matéria seca e na absorção de nutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 299-306, fev. 2000.
- FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 11, p. 1355-1362, nov. 2001.
- FELFILI, J. M.; HILGBERT, L. F.; FRANCO, A. C.; SILVA, J. C. S.; RESENDE, A. B.; NOGUEIRA, M. V. P. Comportamento de plântulas de *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *rubiginosum* (Tul.) Benth. sob diferentes níveis de sombreamento, em viveiro. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, p. 297-301, 1999.
- FERREIRA, C. A.; CARVALHO, P. E. R. Manejo de plantios e da vegetação restaurada. In: GALVÃO, A. P. M.; MEDEIROS, A. C. de S. (ed.). **Restauração da Mata Atlântica em áreas de sua primitiva ocorrência natural**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. p. 63-68.
- FIDALSKI, J.; MARUR, C. J.; AULER, P. A. M.; TORMENA, C. A. Produção de laranjas com plantas de cobertura permanente na entrelinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 6, p. 927-935, jun. 2006.
- FREITAS, M. G.; RODRIGUES, S. B.; CAMPOS-FILHO, E. M.; CARMO, G. H. P. do; VEIGA, J. M. da; JUNQUEIRA, R. G. P.; VIEIRA, D. L. M. Evaluating the success of direct seeding for tropical forest restoration over ten years. **Forest Ecology and Management**, n. 438, p. 224-232, 2019.

- GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Metodologias de restauração florestal. In: MANEJO ambiental e restauração de áreas degradadas. São Paulo: Fundação Cargill, 2007. p. 109-143.
- GÓMEZ-APARICIO, L.; ZAMORA, R.; GÓMEZ, J. M.; HODAR, J. A.; CASTRO, J.; BARAZA, E. Applying plant facilitation to forest restoration: a meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants. **Ecological Applications**, v. 14, p. 1128-1138, 2004.
- GONÇALVES, J. L. de M.; NOGUEIRA JÚNIOR, L. R.; DUCATTI, F. Recuperação de solos degradados. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E. de; MORAES, L. F. D. de; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: Fepaf, 2003. p. 113-163.
- GRIFFITH, J. J.; DIAS, L. E.; JUCKSCH, I. Recuperação de áreas degradadas usando vegetação nativa. **Saneamento Ambiental**, n. 37, p. 28-37, 1996.
- HOLMGREN, M.; SCHEFFER, M.; HUSTON, M.A. The interplay of facilitation and competition in plant communities. **Ecology**, v. 78, p. 1966-1975, 1997.
- JAKOVAC, A. C. C. **O uso do banco de sementes florestal contido no topsoil como estratégia de recuperação de áreas degradadas**. 2007. 142 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Campinas, Campinas.
- JANZEN, D. H. Seed predation by animals. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 2, p. 465-492, 1971.
- JUNQUEIRA, R. G. P.; RIBEIRO, R.; CAMPOS-FILHO, E. M. Y. Ikatu Xingu campaign: a shared socio-environmental responsibility for large-scale restoration of Xingu river watershed in Brazil. **SER news**, Apr. 2015.
- KAGEYAMA, P.; GANDARA, F. Restauração e conservação de ecossistemas tropicais. In: CULLEN JUNIOR, L.; VALLADARES-PÁDUA, C.; RUDRAN, R. (org.). **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: Ed. da UFPR: Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2003. p. 383-394.
- LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 608 p.
- MATHEIS, H. A. S. M. **Efeitos de diferentes coberturas mortas obtidas a partir do manejo mecânico com roçadeira lateral na dinâmica populacional de plantas daninhas em citros**. 2004. 68 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- MEDEIROS, J. C.; MIELNICZUK, J.; PEDO, F. Sistemas de culturas adaptadas à produtividade, recuperação e conservação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 11, n. 2, p. 199-204, maio/ago. 1987.
- MELO, A. C. G. de. A legislação como suporte a programas de recuperação florestal no Estado de São Paulo. **Florestar Estatístico**, v. 8, n. 17, p. 9-15, jul. 2005.
- MOREIRA, P. R. **Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita, Poços de Caldas, MG**. 2004. 139 f. Tese (Doutor em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro.
- NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. de F. da; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. de F. da. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 457-462, 2003.
- PADILLA, F. M.; PUGNAIRE, F. I. The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 4, p. 196-202, 2006. DOI: [10.1890/1540-9295\(2006\)004\[0196:TRONPI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2006)004[0196:TRONPI]2.0.CO;2).
- PALMER, M. A.; AMBROSE, R. F.; POFF, N. L. Ecological theory and community restoration. **Restoration Ecology**, v. 5, n. 4, p. 291-300, 1997.
- PARKER, V. T.; PICKETT, S. T. A. Restoration as an ecosystem process: implications of the modern ecological paradigm. In: URBANSKA, K. M.; WEBB, N. R.; EDWARDS, P. J. (ed.). **Restoration ecology and sustainable development**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. p. 17-32.
- PICKETT, S. T. A.; PARKER, V. T.; FIEDLER, P. L. The new paradigm in ecology: implications for conservation biology above the species level. In: FIEDLER, P. L.; JAINS, S. K. (ed.). **Conservation biology**. New York: Chapman and Hall, 1992. p. 65-88.
- RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. (org.). **Pacto para a restauração ecológica da Mata Atlântica**: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: Instituto BioAtlântica, 2009. 256 p.
- RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Restoration actions. In: RODRIGUES, R. R.; MARTINS, S. V.; GANDOLFI, S. (ed.). **High diversity forest restoration in degraded areas**. New York: Nova Science, 2007. p. 77-102.

- RODRIGUES, S. B.; FREITAS, M. G.; CAMPOS-FILHO, E. M.; CARMO, G. H. P.; VEIGA JUNIOR, M.; JUNQUEIRA, R. G. P.; VIEIRA, D. L. M. Direct seeded and colonizing species guarantee successful early restoration of South Amazon forests. **Forest Ecology and Management**, v. 451, Nov. 2019. DOI: [10.1016/j.foreco.2019.117559](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117559).
- RUFATO, L.; ROSSI, A. de; PICOLOTTO, L.; FACHINELLO, J. C. Plantas de cobertura de solo em pomar de pessegueiro (*Prunus persica* L. Batsch) conduzido no sistema de produção integrada. **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, p. 814-821, maio/jun. 2006.
- SCHREINER, H. G. Associação de leguminosas com plantios florestais para cobertura e melhoramento do solo. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 17, p. 1-12, dez.1988.
- SEVERINO, F. J.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Banco de sementes de plantas daninhas em solo cultivado com adubos verdes. **Bragantia**, v. 60, n. 3, p. 201-204, 2001.
- SILVA, P. P. V. **Sistemas agroflorestais para a recuperação de matas ciliares em Piracicaba-SP**. 2002. 98 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL. Definition of ecological restoration. In: SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL. **The SER International Primer on ecological restoration**: version 2: October 2004. Tucson: Society for Ecological Restoration International Science: Policy Working Group, 2004. Disponível em: <http://www.ser.org/docs/default-document-library/english.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2010.
- URBANSKA, K. M. Safe sites: interface of plant population ecology and restoration ecology. In: URBANSKA, K.M.; WEBB, N. R.; EDWARDS, P. J. **Restoration ecology and sustainable development**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004. p. 81-110.
- VIANI, R. A. G.; RODRIGUES, R. R. Sobrevivência em viveiro de mudas de espécies nativas retiradas da regeneração natural de remanescente florestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 8, p. 1067-1075, ago. 2007.
- VIEIRA, D. L. M.; HOLL, K. D.; PENEIREIRO, F. M. Agro-successional restoration as a strategy to facilitate tropical forest recovery. **Restoration Ecology**, v. 17, n. 4, p. 451-459, 2009.
- WUETHRICH, B. Biodiversity: reconstructing Brazil's Atlantic Rainforest. **Science**, v. 315, n. 5815, p. 1070-1072, Feb. 2007. DOI: [10.1126/science.315.5815.1070](https://doi.org/10.1126/science.315.5815.1070).