

Capítulo 20

Sistemas agroflorestais com cafeeiro

*Vanda Gorete Souza Rodrigues
Rogério Sebastião Corrêa da Costa
Francisco das Chagas Leônidas
Angelo Mansur Mendes*



Introdução

Os sistemas agroflorestais (SAFs) são formas de uso e manejo dos recursos naturais, com a associação de espécies lenhosas (árvores, arbustos e palmeiras) com cultivos agrícolas ou animais (ALMEIDA et al., 1995). A utilização de tais sistemas tem por base se aproximar da estrutura e dinâmica de uma vegetação natural, otimizando os efeitos benéficos das interações que ocorrem entre os componentes arbóreos e as culturas e ou animais, a fim de obter maior diversidade de produtos, diminuir a necessidade de insumos externos e reduzir os impactos ambientais (NAIR, 1993).

Os sistemas agroflorestais recuperam a cobertura vegetal e a biodiversidade, restabelecendo funções ecológicas como a ciclagem de nutrientes e a proteção do solo. A presença das árvores no sistema incrementa a entrada de matéria orgânica que beneficia as características físicas, químicas e biológicas do solo, conduzindo o sistema para uma situação mais sustentável. O aumento da diversidade vegetal contribui para maior diversidade da comunidade microbiológica e da fauna do solo que atuam como agentes de controle biológico e condicionadores de solo (YOUNG, 1994).

As árvores podem aumentar os teores de nutrientes no solo, explorando as reservas minerais mais profundas, recuperando os nutrientes lixiviados e depositando-os na superfície como serapilheira. Outro aspecto importante é a capacidade de árvores e arbustos presentes nos SAFs se associarem com bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos, o que aumenta o aporte de nitrogênio no sistema e o nível de exploração de nutrientes disponíveis no solo pelas raízes das plantas, respectivamente (VAZ, 2001; ALTIERI, 2002; ASSIS JUNIOR et al., 2003; COSTA, 2010).

Apesar de a técnica agroflorestal ser antiga, a atenção científica para essa forma de uso da terra é recente. Os sistemas agroflorestais têm dificuldades de inserção bem-sucedida nos agroecossistemas e cadeias produtivas locais, por diferirem das outras formas de uso agropecuário ou florestal bem mais estudadas e dominadas.

Atualmente o mundo se preocupa com a sustentabilidade e preconiza os sistemas agroflorestais como alternativa viável para atingir o desenvolvimento sustentável. Desta forma, os SAFs passaram a fazer parte de diretrizes centrais de desenvolvimento rural sustentável pelo potencial de serem implantados em diversos tipos de solo, inclusive em áreas degradadas, reincorporando-as ao processo produtivo e minimizando, assim, o desmatamento sobre florestas primárias. É uma opção estratégica para pequenos produtores pelo maior rendimento líquido por unidade de área em comparação com sistemas convencionais de produção, pela interferência na demanda de insumos e por fornecerem inúmeros serviços socioambientais. Esses serviços podem ser valorados, e convertidos em créditos ambientais, propiciando agregação de valor à propriedade agrícola (GANDARA; KAGEYAMA, 2000).

O Estado de Rondônia se caracteriza por uma agricultura de base familiar, e, em alguns municípios, predominantemente dependente do cultivo do café. Em geral, os agricultores ficam a mercê da cotação do café que em situações de baixos preços vivenciam sérios transtornos socioeconômicos. Assim, os cultivos são manejados de acordo com esta instabilidade, provocando períodos de maior dedicação à cafeicultura, alternados com períodos de menor dedicação. Em alternativa a esta dependência, a agricultura familiar associada aos SAFs é uma opção nas propriedades com cafezais e um indicativo de redesenho do sistema de produção em busca da sustentabilidade. O consórcio de árvore

com cafeeiro é uma prática comum em países de regiões tropicais. Para os pequenos produtores de Rondônia, a inclusão de árvores nas lavouras cafeeiras se constitui em alternativa para promover a sustentabilidade do sistema agrícola, favorecendo interações ecológicas e econômicas entre os componentes.

Apesar de algumas experiências de associação de café com árvores terem sinalizado para a redução de produtividade de grãos, por causa das diferentes formas de competição e, possivelmente, outros fatores como alelopatia, esta não é uma situação generalizada. A sombra pode beneficiar o sistema quando há limitações ambientais e socioeconômicas, caso típico que ocorre na maior parte das zonas cafeeiras da Amazônia Ocidental. Exemplos dessas limitações ambientais podem ser os solos de baixa fertilidade natural, clima quente e úmido e uma estação seca bem definida (MUSCHLER, 2001; ARCHANJO, 2007).

Experiência de agricultores familiares com arborização de lavouras de café

Em Rondônia, os sistemas de arborização do café são datados no início dos anos 1970, época em que eram plantadas espécies como seringueira (*Hevea brasiliensis*), cedro (*Cedrela odorata*), freijó-louro (*Cordia alliodora*), bandarra (*Schizolobium amazonicum*), teca (*Tectona grandis*) e fruteiras regionais, tais como cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), guaraná (*Paullinia cupana*) e pimenta-do-reino (*Piper nigrum*), porém sem o enfoque sustentável atual. O objetivo principal era a exploração da madeira e frutas, o que deixava o cafeeiro em segundo plano.

Na década de 1990 a Embrapa Rondônia iniciou pesquisas envolvendo o monitoramento de propriedades com cafeeiro arborizado na região central do Estado com o objetivo de avaliar aspectos do uso e da decisão dos cafeicultores em associar árvores em suas lavouras de café (*Coffea canephora*). Verificou-se que aproximadamente 20.000 ha das lavouras possuíam árvores em seu interior (Figura 1). Entretanto, devido ao conhecimento limitado sobre estratégias de manejo e sobre o desenvolvimento e crescimento das espécies, as associações café-árvore apresentam combinações, muitas vezes, sem critérios técnicos.

Os consórcios foram geralmente implantados em espaçamentos recomendados para o cafeeiro na época, 4,0 m x 2,0 m e a inclusão das árvores em espaçamentos variados. Aliado a isso, verificou-se, em estudo realizado na região central do Estado, onde foram analisados sistemas com café arborizado, com idades entre 5 e 20 anos, em 25 propriedades, que apenas 16% dos produtores, receberam capacitação da extensão rural sobre manejo de sistemas agroflorestais (RODRIGUES et al., 2001).



Foto: Vanda Gorete Souza Rodrigues

Figura 1. Sistema agroflorestal no Município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia.

No mesmo estudo, observou-se que, os agricultores não levaram em consideração na implantação dos sistemas agroflorestais, o tipo de raiz, a forma da copa e o tamanho da árvore e que o objetivo era produzir madeira para o mercado, pois a madeira é mais rentável, sendo o café uma complementação da renda familiar. Além disso, verificou-se uma variabilidade de espécies florestais entre os sistemas de café arborizado e que a decisão sobre associar árvores nas lavouras de café, pesa mais sobre os fatores socioeconômicos que os biofísicos. As observações demonstraram que os cafezais consorciados foram implantados, geralmente, com freijó-louro, bandarria, seringueira, pinho-cuiabano, pupunha entre outras (Tabela 1), nos seguintes espaçamentos: 8 m x 8 m, 10 m x 10 m, 12 m x 12 m.

Tabela 1. Espécies em lavouras de café nos municípios de Ouro Preto do Oeste e Machadinho d'Oeste, Rondônia. 2010.

Nome Local	Nome Científico
Bandarra	<i>Schizolobium amazonicum</i>
Freijó-louro	<i>Cordia alliodora</i>
Mogno	<i>Swietenia macrophylla</i>
Seringueira	<i>Hevea brasiliensis</i>
Banana	<i>Musa sp.</i>
Pinho-cuiabano	<i>Parkia multijuga</i>
Ingá	<i>Inga sp.</i>
Pupunha	<i>Bactris gasipaes</i>
Teca	<i>Tectona grandis</i>
Para-para	<i>Jacaranda copaia</i>
Castanha-do-brasil	<i>Bertholetia excelsa</i>
Coco	<i>Cocos nucifera</i>
Cacau	<i>Theobroma cacao</i>

Os sistemas agroflorestais de cafeeiros com seringueiras eram os mais antigos, com 20 anos, em média. Eram sistemas tradicionais, orientados pelos órgãos de extensão e difusão, onde a seringueira foi plantada em espaçamento de 4 m x 3 m, em linhas duplas distanciadas uma da outra 20 m; o café com 2 a 4 linhas entre as linhas de seringueiras a 4 m x 2 m. O consórcio café x bandarria é o sistema agroflorestal mais utilizado atualmente pelos agricultores, pela facilidade do estabelecimento e o rápido crescimento da espécie e, principalmente, em virtude da demanda das indústrias de compensados por madeira leve (Figura 2).

Em pesquisa sobre a agricultura na zona da mata de Rondônia, Miranda e Dorado (1998) detectaram estratégias produtivas diferenciadas que convergiam para sistemas e estruturas de produção bem características: umas de produção de monocultivo, outras marcadas pela produção animal e outras de caráter agroflorestal. Para os autores, a diferenciação e adequação progressiva dos sistemas e



Foto: Yanda Gorete Souza Rodrigues

Figura 2. Sistema agroflorestal café x bandarria em Machadinho d'Oeste, Rondônia.

estruturas de produção às condições ambientais, como os sistemas agroflorestais, aconteceram, sem a incorporação de tecnologias agrícolas modernas. E isso ocorreu pela inadequação das tecnologias oferecidas às condições socioeconômicas e ambientais da região. Os autores verificaram também que, naquela época, nas lavouras em monocultivo, o tipo de poda mais utilizado era a recepa total do cafeeiro, sendo realizada, em média, de sete em sete anos. Já nos sistemas consorciados o manejo adotado era a poda de limpeza, sendo a recepa realizada no momento da retirada das árvores, que ocorria entre 15 e 20 anos (Figura 3). Atualmente, tanto em monocultivos quanto em sistemas agroflorestais, os sistemas de podas têm sido aprimorados, passando pelo sistema de poda tradicional e recepa parcial e com ciclos menores, a cada três ou quatro safras.



Foto: Marcelo Curitiba Espíndua

Figura 3. Sistema agroflorestal em São Miguel do Guaporé, Rondônia, conduzido com poda tradicional segundo recomendações técnicas. Média de 30 sacas ha⁻¹.

Segundo Da Matta e Rodriguez (2007), as principais limitações para o estabelecimento de espécies florestais em lavouras cafeeiras, citadas por produtores, são: falta de informação sobre crescimento, densidade de plantio e espaçamentos adequados para árvores associadas com café; falta de semente e seu manejo (muitas espécies perdem o poder germinativo rapidamente), conhecimento limitado sobre estratégia de manejo e sobre o desenvolvimento e crescimento das espécies florestais. Os produtores são geralmente descapitalizados, utilizam exclusivamente mão de obra familiar e conduzem os sistemas consorciados com baixo nível tecnológico, o que compromete a realização de alguns procedimentos básicos para o bom desenvolvimento dos cafeeiros. Quanto ao controle fitossanitário, a preocupação dos agricultores é em relação ao ataque da broca do café, que tem sido a responsável pela maior causa de perda da qualidade e da renda do produto.

Algumas avaliações biofísicas e ambientais dos sistemas agroflorestais com cafeeiro em Rondônia

Durante 10 anos, foi monitorada uma lavoura de café 'Conilon' (*C. canephora*) em sistema agroflorestal e monocultivo, no Município de Machadinho d'Oeste, latitude de 9°19' 1" S e

longitude de 61°47' W, em área plana a suavemente ondulada e em um solo classificado como Latossolo Amarelo aluminoso. As espécies florestais presentes no sistema eram: bandararra (*S. amazonicum*); cedro-australiano (*Toona ciliata*, var. *australis*); teca (*T. grandis*) e pinho-cuiabano (*P. multijuga*). O espaçamento no sistema em monocultivo foi de 4 m x 2 m e no sistema consorciado para as espécies florestais foi de 8 m x 8 m e para o cafeeiro foi de 4 m x 2 m.

Comportamento das espécies florestais

Aos 12 meses de idade observou-se que a taxa de sobrevivência das espécies foi superior a 80% para bandararra, pinho cuiabano e teca e 60% para o cedro-australiano. A taxa de sobrevivência do café foi de 90% (Tabela 2).

Tabela 2. Sobrevivência de quatro espécies florestais estabelecidas em consórcio com cafeeiros canéfora aos 12 meses de idade em Machadinho d'Oeste, Rondônia, 2001.

Espécies florestais e café	Sobrevivência aos 12 meses de idade (%)
Bandarra	90
Cedro-australiano	60
Teca	80
Pinho-cuiabano	80
Cafeiro	90

Aos 12 meses, a maior altura foi determinada em bandararra (2,45 m), espécie que se caracteriza por apresentar rápido crescimento. A teca teve comportamento semelhante ao crescimento observado em diferentes regiões do Brasil (2,07 m) (Tabela 3). Uma característica positiva da teca em sistemas de arborização de lavoura de café, em fase de estabelecimento, é a área de projeção da copa (APC) reduzida. As espécies pinho-cuiabano e o cedro-australiano tiveram comportamentos semelhantes ao relatado na literatura.

O diâmetro basal (DB) apresentou diferença entre as espécies, determinando-se correlação positiva entre DB e o diâmetro a altura do peito (DAP) ($r=0,73$) e entre o DB e a altura ($0,81$). Os maiores valores de DB foram teca e bandararra, com, 9,5 cm e 9,4 cm, respectivamente. O DAP mostrou ser diferente entre espécies existindo uma correlação significativa ($p<0,0001$) e positiva ($r=0,81$) entre DAP e altura. As espécies que apresentaram maiores valores de DAP foram teca e bandararra (Tabela 3).

Tabela 3. Diâmetro a altura do peito (DAP), diâmetro basal (DB) e altura de quatro espécies florestais consorciadas com cafeeiros canéfora aos 12 meses de idade em Machadinho d'Oeste, Rondônia, 2001.

Espécies florestais	DAP (cm)	DB (cm)	Altura (m)
Bandarra	4,8a	9,5 a	2,45 a
Cedro-australiano	3,4c	6,3 c	1,70 c
Teca	5,2a	9,4 a	2,08 b
Pinho-cuiabano	4,1b	8,3 b	2,10 b
CV%	12	10,5	12,2

As pragas observadas foram mais abundantes durante o período seco. A exceção de formigas do gênero *Atta* presentes na área do experimento, não verificou-se efeito negativo na sobrevivência e crescimento das árvores por ataque de pragas e microrganismos causadores de enfermidades.

Nas condições em que se realizaram os tratamentos deste experimento pode-se concluir que as condições edafoclimáticas da região são favoráveis ao estabelecimento de espécies florestais em consócio com café canéfora.

Desenvolvimento vegetativo do cafeeiro em lavoura arborizada e em sistema a pleno sol

No cafeeiro arborizado e a pleno sol, após sete anos de implantação, foi avaliada a altura das plantas, os diâmetros da copa e do caule à meia altura da planta, número de ramos produtivos (plagiotrópico) e de nós por ramo (Tabela 4).

Tabela 4. Comprimento de ramo, diâmetro da copa, diâmetro de caule e altura em café em monocultivo e consorciado com espécies florestais. Machadinho d'Oeste, Rondônia. 2007.

Desenvolvimento vegetativo do café					
Sistemas de cultivo	Comprimento de ramo (cm)	Número de nós/ramo	Diâmetro da copa (m)	Diâmetro do caule (cm)	Altura da planta (m)
Café a pleno sol	52,72b	11a	1,83a	3,1 ^a	2,1a
Café x bandarra	75,45a	12a	1,57a	2,9 ^a	2,5a
Café x teca	74,76a	12a	1,48a	3,2a	2,3a
Café x pinho-cuiabano	72,64a	7b	1,65a	2,9 ^a	2,8a
Café x cedro-australiano	71,87a	8b	1,35a	2,7 ^a	2,4a
CV %	12,3	14,7	10,3	12,8	11,7

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O comprimento médio dos ramos plagiotrópicos dos cafeeiros consorciados com bandarra, teca, pinho-cuiabano e cedro-australiano, 75,45 cm, 74,76 cm, 72,64 cm e 71,87 cm, respectivamente, foi maior que o comprimento dos ramos plagiotrópicos dos cafeeiros a pleno sol, 52,72 cm (Tabela 4). No entanto, é importante destacar que é o número de nós dos ramos plagiotrópicos que influencia na produção e, apesar do sombreamento causar estiolamento nos ramos, o número de nós dos cafeeiros a pleno sol não diferiu dos cafeeiros dos sistemas café x bandarra e café x teca. Porém, os cafeeiros a pleno sol apresentaram maiores números de nós que os dos sistemas café x pinho cuiabano e café x cedro australiano. A possível explicação para o menor número de nós, nos sistemas cafeeiro x pinho-cuiabano e café x cedro-australiano, foi o excesso de sombra das espécies, dada sua densidade de copa, característica não recomendada para o consócio em lavouras de café.

Em relação ao diâmetro da copa, do caule e altura dos cafeeiros não houve diferença entre os sistemas. Lunz (2006), avaliando plantas jovens de cafeeiro em condição de campo, também não observou diferença no diâmetro da copa.

Aspectos produtivos

Os dados produtivos de cinco anos mostraram que os sistemas agroflorestais produziram 15% menos que quando o café foi estabelecido a pleno sol (Tabela 5). A diferença deve-

se ao excesso de sombreamento que as espécies proporcionaram por causa de suas arquiteturas de copa; característica que deve ser observada na escolha da espécie para implantação da lavoura de café arborizado. Entretanto, experimentos realizados com cafeeiro arábica, no Município de Mococa (SP), mostraram produtividade superior nos cultivos arborizados com grevêlea e seringueira em relação aos sistemas em monocultivo (PEZZOPANE; CAMARGO, 2007).

Tabela 5. Produtividade média de seis anos de café em coco em monocultivo e consorciado com espécies florestais. Machadinho d'Oeste, Rondônia. 2010.

Ano	Café solteiro	Café x Bandarra	Café x Teca	Café x Pinho-cuiabano
	Sacos de 40 kg (café em coco)			
2005	50	45	47	39
2006	55	43	45	38
2007	52	41	48	37
2008	50	47	50	36
2009	56	43	47	39
2010	49	41	43	38
Média	52	43,3	46,6	37,8

*O sistema café x cedro australiano não chegou a produzir devido à morte das plantas.

Existe grande controvérsia sobre os efeitos da arborização na produtividade dos cafeeiros. Na literatura se encontram exemplos de incrementos, de reduções ou de nenhuma variação na produtividade das lavouras de café em função da arborização (DA MATTA; RODRIGUEZ, 2007).

Da Matta e Rodriguez (2007) consideram três fatores, ao menos teoricamente, para explicar a redução da produção na medida em que se incrementa a arborização ou se proporciona excesso de sombra nas plantações de café. Esses fatores são: a) menor assimilação de carbono pela planta inteira sob condições de sombra excessiva; b) maior estímulo à emissão de gemas vegetativas e redução da formação e gemas florais; c) redução do número de nós produtivos nos ramos plagiotrópicos. O número de nós formados é o principal componente da produção de café, logo, o excesso de sombreamento pode reduzir a produção em função do menor número de nós formados e diminuir o número de botões florais por nós. Para os autores, a produtividade de lavouras de café arborizadas (SAFs com cafeeiro) depende de uma série de fatores que incluem clima, intensidade de radiação solar, tipo de solo, práticas de manejo do sistema e características das espécies utilizadas nos consórcios.

Formação de serrapilheira e estabelecimento de plantas daninhas em lavoura de café arborizado e em sistema a pleno sol

A serrapilheira, além de ser um indicador da produtividade primária de agroecossistema e de ter importante papel na cobertura e proteção do solo, funciona como uma contínua e importante fonte de nutrientes para o solo, devido a sua rápida renovação e decomposição (SILVA, 2005).

Nos sistemas agroflorestais consorciados com cafeeiros observou-se que a área do solo coberta com a serrapilheira foi acima de 85% e apenas 30% no cafeeiro a pleno sol (Tabela 6). A quantidade de biomassa de serrapilheira produzida pelas árvores, comparada com os sistemas de café a pleno sol, foi maior por causa da queda de folhas, galhos, flores e frutos das árvores.

Tabela 6. Cobertura de plantas daninhas e depósito de serrapilheira em agrossistemas de café arborizado e em monocultivo em Machadinho d'Oeste, Rondônia. 2009.

Agrossistemas	Cobertura de plantas daninhas (%)	Biomassa de plantas daninhas (t/ha)	Cobertura de serrapilheira (%)	Biomassa de liteira (t/ha)
Café em pleno sol	60 a	3,6 a	30 b	0,5 c
Café x Bandarra	15 b	0,2 b	100 a	3,6 b
Café x Teca	5 c	0,1 b	100 a	4,8 a
Café x Pinho-cuiabano	14 b	0,13b	85 a	3,8 a
CV%	6,5	8,77	12,9	6,4

Medidas seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A presença de plantas daninhas, principalmente gramíneas, nos sistemas arborizados foi menor que no sistema a pleno sol, principalmente, pela maior parte do solo estar coberta pela serrapilheira, que criou uma barreira física acima do solo, impedindo a germinação de sementes de plantas daninhas (Tabela 6).

Nas condições amazônicas, onde a temperatura e a alta umidade favorecem o desenvolvimento de plantas daninhas, a biomassa depositada no solo e a sombra proporcionada pelas árvores em lavouras de cafeeiros são mecanismos que diminuem o custo de manejo com as plantas daninhas, seja de mão de obra ou herbicidas, além de proteger o solo e reciclar nutrientes. Da Matta e Rodriguez (2007), também observaram que há diminuição do custo para manejar as plantas daninhas, devido à sombra das árvores e a cobertura do solo com a maior quantidade de serrapilheira.

Micorrizas arbusculares em sistemas agroflorestais com cafeeiro (*C. canephora*)

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) são habitantes comuns no solo e formam associações mutualísticas com as raízes da maioria das plantas. Colonizando as raízes, estabelecem uma série de inter-relações biotróficas: a planta fornece substrato energético ao fungo, e este, por meio da rede de hifas externas, capta nutrientes da solução do solo e os transfere à planta hospedeira, sendo o mais importante benefício, o aumento da absorção do fósforo. Vários trabalhos de pesquisas vêm comprovando a importância da micorrização para a cafeicultura brasileira.

Costa et al. (2002), verificaram em um sistema agroflorestal com cafeeiro, no Município de Ouro Preto do Oeste, consorciado com pinho cuiabano (*P. mutijuga*), teca (*T. grandis*), bandarra (*S. amazonicum*) e cafeeiro em monocultivo que a população de esporos de FMAs aumentou com a introdução de essências florestais nos cafezais, concordando com Toro e Herrera (1987) e Toro-Garcia (1987), que verificaram, na Venezuela, que a ocorrência de esporos foi maior em cafeeiros sombreados que em monocultivos. Entre os consórcios destacou-se o consórcio cafeeiro com teca, com a maior população de esporos de FMAs, seguido do consórcio cafeeiro com pinho-cuiabano e em último o consórcio cafeeiro com bandarra (Figura 4), concordando com Siqueira (1994), que afirma que os principais fatores que afetam a formação e ocorrência de FMAs são o solo, a planta, o ambiente e o manejo.

Importante destacar que, além do estudo da população de esporos, é necessário determinar a colonização radicular das plantas envolvidas, a diversidade de espécies e, principalmente, a seleção de espécies com elevada eficiência simbiótica para recomendar uma possível aplicação no campo.

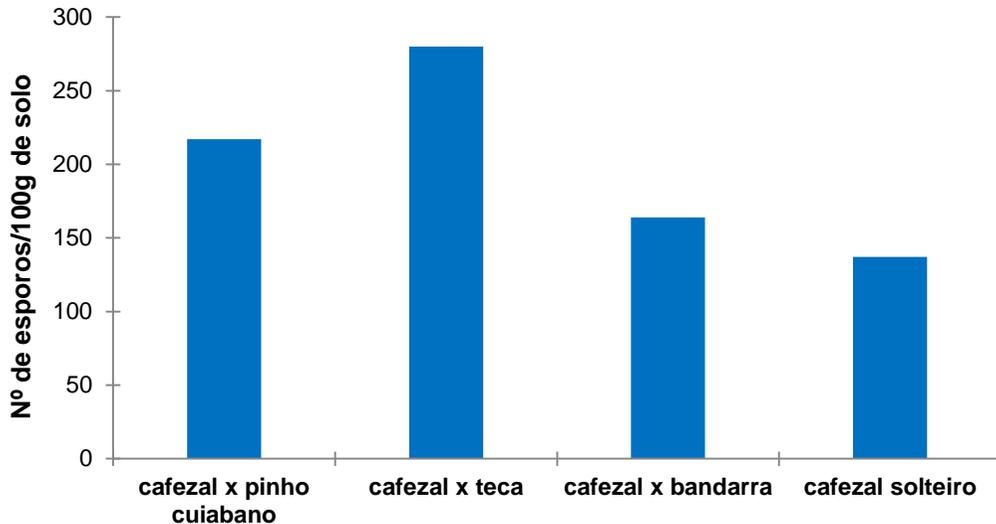


Figura 4. Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares (nº esporos/100g solo), em cafezal solteiro e arborizado em Ouro Preto do Oeste, Rondônia.

Estoque de carbono em lavoura de café arborizado e em sistema a pleno sol

O estabelecimento de sistemas agroflorestais acumula carbono ao longo do tempo, que pode recuperar quantidades perdidas durante a derrubada e queima de sistemas de florestas primárias. A recuperação da perda de carbono como resultado das mudanças na cobertura vegetal depende do tempo de permanência dos sistemas em uso.

Para medir o estoque de carbono, na vegetação e no solo, tomou-se como ponto de referência a floresta primária, que foi comparada com o cafeeiro em monocultivo e os cafeeiros arborizados com bandararra, teca e pinho-cuiabano localizados nas regiões de Ouro Preto do Oeste e Ji-Paraná. O carbono contido na fitomassa das árvores, troncos mortos, vegetação de sub-bosque e liteira, foram calculados assumindo que o conteúdo de carbono na biomassa é 45%. A fitomassa com diâmetro à altura do peito (DAP) acima de 5 cm foi medida e aplicada à equação alométrica de Brown et al. (1989).

Os dados mostraram que a floresta primária estoca em média 148 t ha⁻¹ de C na fitomassa acima do solo. Nos sistemas agroflorestais com café x bandararra, café x teca e café x pinho-cuiabano o carbono acima do solo foi de 57,4 t C ha⁻¹, 64,5 t C ha⁻¹ e 46,8 t C ha⁻¹, respectivamente. No sistema em monocultivo de café o carbono máximo estocado na parte aérea, no período de avaliação, foi 16,60 t C ha⁻¹, ou seja, 16% do estoque de carbono em floresta (Tabela 7).

Apesar dos sistemas apresentarem índices elevados quando se refere ao estoque de carbono avaliado em uma determinada fase da cultura, há que se considerar a importância dos valores da taxa de acúmulo anual de carbono ($I_c = t C/ha/ano$) nos sistemas (Tabela 7). Esta taxa é calculada levando em consideração o estoque de carbono no período avaliado e a idade que cada sistema permanece em produção ou em uso. A recuperação da perda de carbono como resultado das mudanças na cobertura vegetal depende do tempo de permanência dos sistemas em uso. O cálculo do tempo médio do estoque de carbono para o plantio do café com uma fase de estabelecimento

de sete anos, onde a fitomassa é máxima, seguido de cinco anos de produção até o corte e restabelecimento (total de 12 anos), poderá acumular 16% do carbono contido num sistema de floresta primária (Tabela 7).

Tabela 7. Valores médios do carbono acima do solo (C_{acima}), taxa de acumulação e carbono/ano (I_c), tempo para máxima acumulação de carbono (T_{max}), carbono máximo acumulado em T_{max} (C_{max}) e relação do carbono nos sistemas de uso da terra com floresta primária. Rondônia, 2008.

Sistema de uso da terra (aos sete anos de idade)	C_{acima} t/ha	I_c t/ha/ano	T_{max} anos	C_{max} t/ha	$C_{\text{max}}/C_{\text{floresta}}$
Floresta primária	148,0	-	∞	148,0	1,00
Café x Bandarra	57,4	7,17 a	15	107,5	0,72
Café x Teca	64,5	8,06 a	15	121,0	0,81
Café x Pinho-cuiabano	46,8	5,85 a	15	87,7	0,59
Monocultivo de café	16,6	2,07 b	12	24,8	0,16
CV%	10,3	12,7	-	-	-

Medidas seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O potencial máximo de estoque de carbono dos sistemas agroflorestais, estimados em um tempo de rotação de 15 anos, foi, respectivamente, a 72%, 81% e 59% de carbono contido na floresta primária, respectivamente, para café x bandarra, café x teca e café x pinho-cuiabano. Apesar de perda de carbono pela fitomassa, quando da derrubada e queima da floresta primária, é possível capturar e armazenar no espaço e no tempo quantidades significativas em agroecossistemas como as agroflorestas (Tabela 7).

Valores semelhantes de taxa de estoque de carbono foram encontrados por Kotto-Same et al. (1997) em sistemas agroflorestais com cacau em Camarões e por Palm et al. (1999) na Indonésia, em plantações de seringueira com 25 anos de idade. Dixon (1995) avaliando sistemas agroflorestais em mais de 50 países de diferentes ecorregiões, observou que estes sistemas poderiam reduzir as emissões de gases de efeito estufa e conservar ou capturar carbono. Os valores dos estoques de carbono, incluindo carbono abaixo e acima do solo, segundo o autor, oscilam entre 12 t C ha^{-1} e 228 t C ha^{-1} , estando nos trópicos úmidos o maior potencial para acumulação de carbono por meio da biomassa.

Pode-se inferir que o estabelecimento de sistemas agroflorestais acumula carbono ao longo do tempo, que podem recuperar quantidades perdidas durante a derrubada e queima de sistemas de florestas primárias. Os sistemas agroflorestais estudados podem funcionar como banco de estoque de carbono, recuperando entre 54% a 81% do carbono contido na floresta, num período de 15 anos.

Considerações finais

As espécies florestais utilizadas nos estudos apresentam características desejáveis à arborização de lavoura de café em Rondônia. As vantagens da arborização em lavouras de café observadas foram: maior acúmulo de carbono; produção adicional de serrapilheira; menor variabilidade entre as plantas; aumento da presença de fungos micorrízicos, produção de madeira, menor ocorrência de plantas daninhas e redução potencial de requerimento de insumos, como fertilizantes, defensivos e herbicidas.

A arborização nas lavouras de café é uma estratégia de uso da terra e de tecnologia que potencializa as condições de uso dos recursos naturais disponíveis na região. A arquitetura da copa, o crescimento e o desenvolvimento das espécies em altura e diâmetro são atributos importantes que determinam a escolha das espécies florestais no estabelecimento dos sistemas agroflorestais com café.

Existe demanda por conhecimento sobre os sistemas de produção de café arborizados em termos agronômicos e econômicos. As informações sobre práticas de manejo que permitam um desempenho favorável destes sistemas de produção, com conhecimento sobre a escolha das espécies arbóreas adequadas, seu espaçamento, a frequência da poda, a nutrição dos cafeeiros e a seleção de cultivares mais adaptadas a estas condições, ainda não são suficientemente claras para sua inserção bem sucedida nos agroecossistemas e cadeias produtivas locais, necessitando de mais estudos.

Referências

ALMEIDA, C. M. V. C. de; SOUZA, V. F. de; LOCATELLI, M.; COSTA, R. S. C.; VIEIRA, A. H.; RODRIGUES, A. N. A.; COSTA, J. N. M.; RAM, A.; SÁ, C. P. de; VENEZIANO, W.; MELLO JÚNIOR, R. da S. **Sistemas agroflorestais como alternativa autossustentável para o Estado de Rondônia. I – Histórico, aspectos agronômicos e perspectivas de mercado**. Porto Velho: PLANAFORO: PNUD: Embrapa-CPAF Rondônia, 1995. 59 p.

ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 592 p.

ARCHANJO, K. M. P de A. Respostas ecofisiológicas de cafeeiros em sistemas agroflorestais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Espírito Santo, v. 2, n. 2, p 702-705, out. 2007.

ASSIS JUNIOR, S. L.; ZANUNCIO, J. C.; KASUYA; M. C. M.; COUTO L.; MELIDO, R. C. N. Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e área desmatada. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27 n. 1, 2003.

BROWN, S. A.; GILESPIE, J. R.; LUCO, A. E. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. **Forest Science**, v. 35, n. 4, p. 881-902, 1989.

COSTA, R. S. C.; CARMO, L. A.; MENDES, A. M.; RODRIGUES, V. G. S.; COSTA, N. L. Ocorrência de micorrizas arbusculares em cafezal solteiro e arborizado em Ouro Preto do Oeste, Rondônia. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 4., 2002, Ilhéus. **Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida. Anais...** Ilhéus: CEPLAC: UESC, 2002.

COSTA, R. S. C. da. **Micorrizas arbusculares em sistemas agroflorestais em duas comunidades rurais do Amazonas**. 2010, 401f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) – Universidade Federal do Amazonas, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

DA MATTA, F. M.; RODRÍGUEZ, N. Producción sostenible de cafetales en sistemas agroforestales del Neotrópico: una vision agronómica y ecofisiológica. **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v. 25, n. 1, p. 113-122, 2007.

DIXON, R. K. Sistemas agroflorestais y gases invernadero. **Revista Agroforestería en las Américas**, Turrialba, v. 2, n. 7, p. 22-26, 1995.

GANDARA, F. B.; KAGEYAMA, P. Y. Sistemas agroflorestais: diversidade e dinâmica. In CONFERENCIA BRASILEIRA DE AGRICULTURA BIODINAMICA, 3., 1998, Piracicaba. **A agroecologia em perspectiva: anais**. Piracicaba: IBDR/GAOA/FEALQ, 1998. p. 186-189.

KOTTO-SAME, J.; WOOMER, P. L.; MOUKAM, A.; ZAPFAK, L. Carbon dynamics in slash and burn agriculture and land use alternatives of the humid forest zone in Cameroon. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 65, p. 245-256, 1997.

LUNZ, A. M. P. **Crescimento e produtividade do café sombreado e a pleno sol**. 2006.94 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.



MIRANDA, E. E. de; DORADO, A. J. Como anda a agricultura na floresta tropical de Rondônia? Dez anos de monitoramento. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO CONTEXTO DA QUALIDADE AMBIENTAL E COMPETITIVIDADE, 2., 1998, Belém. **Anais...** S.l.: s.n. p.150-152.

MUSCHLER, R. G. Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 51, n. 2, p. 131-139, 2001.

NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry**. Dordrecht: Kluwer, 1993. 499 p.

PALM, C. A.; WOOMER, P. L.; ALEGRE, L.; AREVALO, L.; CASTILLA, C. CORDEIRO, D. G.; FEIGL, B.; HAIRIAH, K.; KOTTO-SAME, J.; MENDES, A.; MOUKAM, A.; MURDIYARSO, D.; NJOMGANG, R.; PARTON, W.J.; RICSE, A.; RODRIGUES, V.; SITOMPUL, S. M.; NOORDWIJK VAN, M. **Carbon sequestration and trace gas emissions in slash-and-burn and alternative land-uses in the humid tropics. Alternative to Slash-and-Burn (ASB) – Climate Change Working Group. Final report, Phase II.** Nairobi: ASB Coordination Office, 1999. 18 p.

PEZZOPANE, J. R. M.; CAMARGO, M. B. P. de Arborização de cafezais. Informações técnicas. **O Agrônomo**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 2, 2007.

RODRIGUES, V. G. S.; DA COSTA, R. S. C.; LEONIDAS, F. C.; FREITAS, J. **Arborização em lavouras de café Conilon: experiência de agricultores em Rondônia – Brasil.** 2001. Disponível em: <<http://www.asb.cgiar.org/content/arborizacao-em-lavouras-de-caf-conilon-experincia-de-agricultores-em-rondonia-0#sthash.mZY0Kw6u>>. Acesso em: 8 fev. 2010.

SILVA, G. C. Fluxos e estoques de nutrientes, colonização por micorrizas arbusculares e influência das raízes na decomposição da liteira em sistemas agroflorestais e vegetação secundária na Amazônia Central. 2005. 154 p. Tese (Doutorado) – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, Inpa/Ufam.

SIQUEIRA, J. O. Micorrizas arbusculares. In: ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Microrganismo de importância agrícola**. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. p. 155-194.

TORO, M.; HERRERA, R. Existence of mycorrhizal spores in two different coffee plantations. In: NORTH AMERICAN CONFERENCE ON MYCORRHIZAE, 7., Gainesville, 1987. **Proceedings**. Gainesville: Institute of Food and Agricultural Sciences, 1987. p. 60.

TORO-GARCIA, M. **Efectividad Del hongo *Gigaspora margarita* como micorriz de cafetos a exposición solar.** 1987. 108 p. (Tese de Licenciatura) – Universidade Central de Venezuela, Caracas.

VAZ, P. **Agroforesteria en Brasil: uma experiencia de regeneración análoga.** Lima: LEISA, 2001. p.5-7. (Boletín de ILEIA).

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. 4. ed. Wallingford: CAB International, 1994. 276 p.