
Recuperação de áreas degradadas da cafeicultura sob manejo de sistema agroflorestal

Eloisio de Oliveira Martins, Guilherme Andrião Trugilho, Maria Amélia Bonfante da Silva, Maurício Novaes Souza

<http://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-04-6.c4>

Resumo

O uso intensivo do solo e o manejo inadequado dos sistemas de produção ocasionam impactos ambientais, problemas de ordem socioeconômica e promove o êxodo rural diante da degradação do ambiente - requer longo tempo e elevados recursos financeiros à recuperação de sua condição original. Por esse motivo, uma das principais preocupações da agricultura atualmente está na utilização de manejo e práticas de conservação do solo, a fim de melhorar as condições dos sistemas agropecuários e a qualidade do solo. O uso racional do solo tem sido objeto de estudos e discussões em função da busca de alternativas tecnológicas que possibilitem o seu manejo adequado e, conseqüentemente, uma agricultura sustentável. Faz-se necessário implantar sistemas de manejo que contribuam com a qualidade do solo. A agroecologia e suas práticas conservacionistas podem contribuir com novos arranjos tecnológicos visando a qualidade dos recursos ambientais e a produção sustentável. A matéria orgânica do solo (MOS) é um de seus principais componentes: em associação com os componentes minerais contribuem na formação de agregados e na estruturação do solo. Os Sistemas Agroflorestais (SAF), por produzirem volumes consideráveis de MOS, têm sido amplamente divulgados como modelos de recuperação de pastagens e em lavouras de café sob manejo convencional.

Palavras-chave: Manejo Agroecológico. Recuperação de Áreas Degradadas. Sistema Agroflorestal Cafeeiro. Consórcio. Transição Agroecológica.

1. Introdução

De acordo com Ribaski; Radomski; Ribaski (2012), os sistemas agroflorestais (SAF) são formas de uso ou manejo da terra, nos quais se combinam espécies arbóreas (frutíferas e, ou, madeireiras) com cultivos agrícolas e, ou, criação de animais, de forma simultânea ou em sequência temporal, promovendo benefícios econômicos e ecológicos.

Esse modelo de produção se torna interessante para agricultores que buscam obter uma agricultura economicamente viável e sustentável, pois a interação de plantas no mesmo espaço/tempo contribui para utilização de áreas menores, podendo trazer um retorno financeiro satisfatório por unidade de área em comparação com sistemas convencionais de cultivo. Isto porque podem utilizar o mesmo local para cultivar espécies diferentes que vão contribuir como fonte de renda no curto, médio e longo prazo, podendo ser utilizadas também para subsistência, fornecendo ainda benefícios ecológicos e ambientais.

Esses sistemas contribuem para uma melhor cobertura do solo, favorecem o acúmulo de matéria orgânica, maior diversidade de microrganismos, maior absorção da água da chuva por conta das raízes mais profundas das árvores, que abastecem os lençóis freáticos e diminuem a lixiviação de nutrientes para córregos e rios.

Os SAF têm sido divulgados como modelos de exploração agrícola que contribuem muito para a sustentabilidade agrícola atual. Devido a grande preocupação com a sustentabilidade em todo o planeta Terra, os SAF são considerados como uma alternativa viável para atingir o desenvolvimento sustentável agrícola. Desta forma, os SAF passaram a fazer parte de diretrizes centrais de desenvolvimento rural sustentável, devido ao seu potencial de serem introduzidos em diversos tipos de solo, inclusive em áreas degradadas, reincorporando-as ao processo produtivo e minimizando, assim, o desmatamento sobre florestas primárias (RODRIGUES et al., 2015).

A importância da cultura do café na economia global como a segunda *commodity* mais comercializada é inquestionável. No entanto, segundo Partelli; Bonomo (2016), devido ao impacto ambiental produzido no processo produtivo convencional, o seu cultivo em SAF é uma alternativa viável para minimizar o processo de esgotamento e degradação do solo, devido à sua proteção, melhoria das suas condições físicas, químicas e biológicas, formando de um microclima favorável, com reflexos positivos na produtividade e na qualidade dos grãos de café, que contribui de maneira significativa na agregação de valor ao produto.

Este trabalho tem como intuito apresentar os benefícios sociais, econômicos e ambientais da produção da cultura do café manejada em SAF.

2. Sistemas agroflorestais (SAF)

Os SAF consistem em consórcios de culturas agrícolas com espécies arbóreas que podem ser utilizados para restaurar florestas e recuperar áreas degradadas. Essa tecnologia ameniza as limitações do terreno, minimiza riscos de degradação inerentes à atividade agrícola e aumenta a produtividade, contribuindo com a diminuição da perda de fertilidade do solo, no ataque de pragas e na incidência de doenças (RIGHI; BERNARDES, 2015).

Os SAF podem assumir categorias distintas de acordo com a combinação dos elementos componentes. São classificados em sistemas silviagrícolas, quando envolvem apenas o consórcio de espécies arbóreas e culturas agrícolas; silvipastoris, quando o consórcio de espécies ocorre entre espécies arbóreas e animais; e, agrossilvipastoris que envolvem o consórcio de espécies arbóreas, culturas agrícolas e animais (MARTINS, 2014) (Figura 1).



Figura 1. Categorias distintas de SAF de acordo com a combinação dos elementos-componentes. Fonte: REDE AGROECOLOGIA (2010).

No sistema agroflorestal agrícola, as espécies perenes contribuem com a renda do agricultor ao longo prazo; as espécies anuais promovem a segurança alimentar das famílias, agregando um ganho em produção na correlação área e tempo, estimula a biodiversidade, reduz riscos de prejuízos, distribui melhor a

renda durante o ano, melhora o aproveitamento da utilização de insumos, da mão de obra e, principalmente, proporcionam melhor proteção dos solos e auxiliam no controle de plantas espontâneas (FIDELIS et al., 2017).

Os SAF se tornam alternativas interessantes para pequenos agricultores do modelo de produção familiar que buscam obter uma exploração economicamente viável. A eficiência dos sistemas agroflorestais quanto à diversificação de renda e à recuperação de áreas degradadas são pontos que merecem mais discussão, haja vista os desafios de conciliação das demandas produtivas em relação à restauração ecológica (SILVA; FELIZMINO; OLIVEIRA, 2015; SOUZA, 2018).

Os SAF apresentam como principais vantagens, frente à agropecuária convencional, a fácil recuperação da fertilidade dos solos, o fornecimento de adubos verdes, o controle de ervas espontâneas, oferece uma alternativa para enfrentar os problemas crônicos de degradação ambiental generalizada, reduz o risco de perda de produção, induz o aumento da produção das frutíferas e da produção de carne bovina, atrelada ao bem estar dos animais (RIBASKI; RADOMSKI; RIBASKI, 2012; SOUZA, 2015; 2018).

3. Sistema agroflorestal cafeeiro

A cultura do café pode ser conduzida a pleno sol ou sombreada. No Brasil, a maioria dos plantios de café é conduzida no sistema de monocultivo a pleno sol, graças ao melhoramento genético direcionado para a adaptação da planta a essas condições (MACHADO et al., 2020).

No entanto, tem havido a decomposição acelerada de matéria orgânica. É sabido que entre as propriedades físicas do solo por ela influenciadas, destaca-se a estrutura do solo, onde a melhoria de sua agregação altera positivamente a porosidade, reduzindo a densidade e a resistência do solo à penetração das raízes, aumentando a retenção de água e, conseqüentemente, disponibilizando uma maior quantidade de água para absorção pelas plantas. A fração orgânica, quando tem seu teor aumentado, melhora os atributos do solo fundamentais para o desenvolvimento vegetal, atuando como fonte de cargas elétricas para a retenção de nutrientes, evitando perdas por lixiviação; em alguns casos, atua também como fonte de nutrientes para as plantas (BRAIDA et al., 2011; SOUZA, 2018).

Por estas questões, o café consorciado com outras culturas vem ganhando espaço e sendo pesquisado: tanto do ponto de vista econômico, quanto o sustentável - devido ao aumento da preocupação com o solo, água, produtividade e com o meio ambiente. Devido à bienalidade da produção e à oscilação do mercado cafeeiro, o consórcio com outra cultura permite a geração de renda extra, por meio de produtos como madeira, frutos, forragem e óleos essenciais (MÜLLER, 2004; COELHO et al., 2010; SALES et al., 2020; SOUZA et al., 2020).

Benefícios ecofisiológicos foram observados na cultura do café no consórcio com outras culturas, como a redução do estresse da planta (BOULAY; SOMARRIBA; OLIVIER, 2000); melhoria da fertilidade do solo (VAAST et al., 2006) e do microclima, por meio da diminuição da incidência da radiação fotossinteticamente ativa sobre a cultura do café causando a redução da velocidade do vento (PEZZOPANE et al., 2010); manutenção ou aumento da umidade do ar e do solo, melhoria ou conservação da fertilidade do solo, inclusive redução de erosão (CAMPANHA, et al., 2007; SOUZA; DAN; ARAÚJO, 2016).

Apesar dos benefícios, é constatada uma baixa produtividade de cafeeiros em sistemas sombreados resultante de uma série de fatores, tais como o excesso de sombreamento (MIRANDA et al., 1999); a utilização de espécies arbóreas impróprias e desfavoráveis e a desinformação sobre o manejo das árvores (ARCHANJO; JUNIOR; PEZZOPANNE, 2007); e da nutrição mineral em sistemas agroflorestais (JESUS, 2008).

Nannetti (2012) analisou o desenvolvimento e a produtividade do cafeeiro (cultivar Icatu-Vermelho, linhagem 2945) sob SAF em condições diferentes de sombreamento: próximo ao caule das árvores (sombreado); sob o meio das suas copas (meia sombra); e fora da copa (pleno sol). A área experimental estava localizada no município de Machado, região de montanha no sul de Minas Gerais, com a predominância de árvores de Jacarandá Paulista, (*Machaerium villosum* Vog., família Leguminosae-Papilionoideae), que propiciaram as diferentes condições de sombreamento para o cafeeiro.

De acordo com esse mesmo autor, em relação à produtividade do cafeeiro, foi possível constatar que o tratamento à meia sombra, sob o meio da copa dos jacarandás, obteve o melhor resultado: apresentou maior produtividade

em termos de volume, peso de grãos de café colhidos, mostrando, também, um melhor desenvolvimento da planta do cafeeiro, quando comparado aos tratamentos a pleno sol e plena sombra. Dessa forma, foi possível observar que os SAF com espécies arbóreas podem apresentar melhores produções em função do sombreamento parcial proporcionado ao cafeeiro.

Este resultado se deve provavelmente a uma melhor relação sombreamento/insolação à meia sombra, caracterizando uma boa distribuição do sombreamento. Embora o SAF apresente inúmeros fatores desejáveis ao desenvolvimento do cafeeiro, é observada baixa produtividade destes em sistemas muito sombreados. Por ser o cafeeiro uma planta C3, este realiza o máximo de fotossíntese sob luz difusa. Também, o processo produtivo desde a floração até a maturação é mais lento: implica em ser mais bem atendido pela produção de reservas sob condição de sombra (NANNETTI, 2012).

Segundo esse mesmo autor, a baixa produção do tratamento a pleno sol, mostra também o efeito da concorrência de gramíneas e plantas invasoras espontâneas: com maior luminosidade, tem um desenvolvimento mais intenso em relação aos demais tratamentos. Os tratamentos sombreados estão mais protegidos, apresentando redução dos valores extremos de temperatura, proteção contra ventos e elevação da infiltração de água no solo. Há de se considerar, neste trabalho, o consórcio com Jacarandá Paulista deu uma condição favorável às relações solo-planta-ambiente, uma vez que este possui a característica semidecidual (perde as folhas durante um período do ano), favorecendo a incidência de luz quando o cafeeiro se prepara para a floração, além de gerar uma grande quantidade de matéria orgânica para o sistema.

4. Principais culturas utilizadas no consórcio com o cafeeiro

4.1. Banana

A bananeira (*Musa paradisiaca*) é uma espécie amplamente cultivada no Brasil e em países da América Latina e da Ásia - seja em monocultivo ou em consórcio com outras culturas, especialmente com o cafeeiro (SOUZA et al., 2010; RICE, 2011; KHUSNUL; PRIHATIN, 2020). A Figura 2 mostra um exemplo de sistema consorciado de café arábica (*Coffea arabica* L.) com banana da terra.



Figura 2. Consórcio de café arábica com banana da terra em propriedade rural do município de Domingos Martins, ES. Fonte: Arquivo pessoal Guilherme Andrião Trugilho (2021).

Diversos estudos têm apontado vantagens desse tipo de consórcio, principalmente do ponto de vista econômico. Uma das ferramentas utilizadas para essa avaliação é o cálculo do índice benefício/custo.

Esse índice é calculado a partir da receita bruta (obtida pela comercialização dos produtos oriundos do consórcio) dividida pelo custo operacional total de produção. Valores superiores a uma unidade indicam que a atividade é economicamente viável. Em experimento realizado no município de Ivinhema – MS, Souza; Dan; Araújo (2013) demonstraram a viabilidade econômica do consórcio cafeeiro com banana. O índice benefício/custo foi de 1,7 para o consórcio, resultado superior ao do café solteiro que foi de 1,3. Em estudo semelhante, realizado no município de Cachoeiro do Itapemirim - ES, Siqueira et al. (2020) avaliaram a rentabilidade de diversas culturas consorciadas ao cafeeiro. O consórcio do café com a banana obteve índice de 1,11, enquanto do café solteiro foi de 0,49. Nesse mesmo estudo, a produtividade do cafeeiro consorciado com a banana foi menor do que a do café solteiro; porém, a rentabilidade total obtida na comercialização da banana, tornou o consórcio viável economicamente. Todavia, Taques et al. (2019) encontraram menores valores de umidade no solo no consórcio de cafeeiro com banana, quando

comparado a outros consórcios com cafeeiro. Isso indica um potencial em competição por água entre as culturas, o que pode ocasionar queda na produtividade do cafeeiro.

4.2. Pupunha

Estudos sobre o consórcio de cafeeiro com pupunha (*Bactris gasipaes*) apontam uma boa rentabilidade do sistema, que pode ser oriunda da produção diversificada e, ou, por um aumento na produtividade do cafeeiro, a depender da densidade de plantas e do espaçamento adotado no sistema (BRUM et al., 2007). A rentabilidade desse sistema foi evidenciada no estudo de Siqueira et al. (2020), que obteve o índice benefício/custo no consórcio de café com pupunha de 1,39, enquanto do café solteiro foi de 0,49. A Figura 3 apresenta um exemplo de sistema consorciado de café arábica e pupunha com aproximadamente dois anos de implantação.



Figura 3. Consórcio de café arábica com pupunha em propriedade rural no município de Muniz Freire, ES, novembro de 2020. Fonte: Arquivo Guilherme Andrião Trugilho (2021).

A produtividade do café no sistema consorciado com a pupunha também foi maior, sendo de 16,5 sacas por hectare, em relação à do café solteiro que foi de 11 sacas por hectare. Sistemas agroflorestais com pupunha podem conservar

maior umidade do solo e o teor de matéria orgânica, quando comparado ao monocultivo, o que favorece a produtividade do sistema (SOUZA et al., 2014).

4.3 Abacate

O abacateiro (*Persea americana*) é uma das espécies frutíferas mais recomendadas pelos produtores da região serrana do Espírito Santo para consórcio com o cafeeiro arábica. A Figura 4 mostra um exemplo de sistema agroflorestal composto por café arábica e abacate.

Dentre os benefícios relatados pelos produtores, estão a boa produtividade do abacateiro no sistema, redução de gastos com adubação e regulação do microclima na lavoura (BALDI; SALES; ARAÚJO, 2018). O abacateiro desponta também como uma das culturas mais recomendadas para SAF com cafeeiro na região da Zona da Mata Mineira, devido ao seu alto valor como alimento para as famílias e animais e como cultura comercial (SOUZA et al., 2010).

O abacateiro fornece sombra ao cafeeiro em crescimento e promove um melhor estabelecimento de mudas, evitando a luz solar direta e o efeito abrasador do sol. Entretanto, o excesso de sombra permanente pode comprometer a produtividade do café (GOVINDAPPA; ELAVARASAN, 2014).



Figura 4. Sistema agroflorestal com café arábica e abacate em propriedade rural do município de Domingos Martins, ES. Fonte: Arquivo Guilherme Andrião Trugilho (2021).

O sombreamento promovido pelo abacateiro pode melhorar os atributos microbiológicos do solo. Pavan et al. (2018) observaram um aumento da biomassa microbiana no solo do cafeeiro sombreado com abacateiro, quando comparado ao café cultivado a pleno sol. Isso ocorreu, possivelmente, em função das condições ambientais proporcionadas pelo sombreamento e da qualidade do material orgânico adicionado ao longo do tempo, o que favoreceu o desenvolvimento microbiano.

4.4. Gliricídia e ingá

A gliricídia (*Gliricidia sepium*) é popularmente utilizada como árvore de sombra do cafeeiro em diversos países produtores nas Américas e na Índia. É uma espécie muito versátil, de rápido crescimento e capaz de se desenvolver em solos degradados e encostas íngremes (KHUSNUL et al., 2020).

Dentre os benefícios do cultivo do café sombreado com gliricídia, têm-se observado o aumento do teor de nitrogênio no solo e uma maior retenção de umidade no solo, quando comparado ao cultivo de café solteiro ou em consórcio com outras espécies, como a banana (TAQUES et al., 2019). Além desses benefícios, a melhoria na qualidade da bebida do café conilon (*Coffea canephora* P.) sombreado por gliricídia foi evidenciado por Souza; Almeida; Berilli (2019).

Estudos recentes têm investigado as propriedades de extratos oriundos da gliricídia e sendo comprovada a sua ação antimicrobiana (CHERIAN; THAMBI, 2019) e a eficiência no controle de pragas como a cochonilha do café (NUKMAL, 2017).

Outra espécie de interesse para o sombreamento do café é o ingá (*Inga edulis*). Dentre os benefícios demonstrados no cultivo dessa espécie como árvore de sombra, destacam-se o maior aporte de nitrogênio no solo e o potencial de redução de gases do efeito estufa com o sequestro de carbono atmosférico (HERGOUALC'H et al., 2012). Outro benefício ambiental foi demonstrado por Sepúlveda; Carrillo (2015) em um estudo nas terras altas de clima tropical úmido da Nicarágua, onde foi comprovado a redução da erosão do solo em sistemas agroflorestais com café, banana e ingá.

O ingá, ainda pode atuar no controle biológico de pragas do cafeeiro, pois atrai e oferece alimento alternativo, por meio de nectários, a potenciais inimigos

naturais de pragas causadoras da broca-do-café (REZENDE et al., 2011). A Figura 5 mostra um sistema agroflorestal diversificado com café, ingá e pupunha.



Figura 5. SAF diversificado com café, pupunha e ingá em propriedade rural do município de Muniz Freire, ES. Fonte: Arquivo Guilherme Andrião Trugilho (2021).

Há de se considerar: além da influência da matéria orgânica como componente da estrutura do solo e de sua relação com os nutrientes, a sua atuação em associação com os componentes minerais, a) contribui na formação de agregados e estruturação do solo, atuando diretamente em atributos deste como a porosidade, a aeração e a infiltração de água; b) aumenta a retenção de umidade, com reflexos no desenvolvimento das plantas, na população microbiana e também no controle dos processos erosivos; e c) contribui na incorporação de nutrientes como o nitrogênio, no aumento do efeito tampão do solo, no aumento da CTC e da atividade microbiana, na redução dos efeitos negativos do alumínio tóxico e na redução da adsorção de grupamentos fosfatos aos coloides dos solos (BRAIDA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2017; SOUZA, 2018).

Dessa forma, tanto a gliricídia quanto o ingá, podem conferir um aumento na produtividade do café conilon. Porém, é importante salientar que os custos com o manejo do sistema e o não aproveitamento dos produtos gerados, como

a madeira e o fruto no caso do ingá, pode comprometer a rentabilidade do sistema e tornar a atividade inviável economicamente (SIQUEIRA et al., 2020).

As diferentes espécies vegetais possuem propriedades específicas e características distintas no sistema consorciado ao cafeeiro. Caberá ao produtor optar pela espécie ideal conforme o objetivo desejado: seja aumentar a produtividade do cafezal, melhorar a qualidade do café, diversificar a produção e a renda ou promover a conservação do solo e do ambiente.

5. Recuperação de áreas degradadas sob o manejo de SAF

Spitzcovsky (2012) afirma, de acordo com dados do Departamento de Florestas do Ministério do Meio Ambiente (MMA), que o Brasil possui 140 milhões de hectares de áreas degradadas; ou seja, terras abandonadas que são mal utilizadas ou estão em processo de erosão. A recuperação de áreas degradadas por meio de SAF, na perspectiva agroecológica, pressupõe a potencialização da regeneração natural e da sucessão de espécies (FAVERO; LOVO; MENDONÇA, 2008).

A perda de habitat é considerada a maior ameaça à biodiversidade. Nesse sentido, a recuperação da cobertura florestal pode ser avaliada como uma das maiores contribuições para conservação da biodiversidade por meio da recuperação ativa ou passiva (CHEUNG et al., 2010; RODRIGUES et al., 2011; SOUZA, 2015; 2018).

Neste cenário, surgiu o *Triple Botton Line* (Tripé da Sustentabilidade)! Orienta, para que haja o desenvolvimento sustentável, esse deve ser: economicamente viável, por exemplo, quando ocorrem as criações de empreendimentos; ambientalmente correto, na interação de processos com o meio ambiente a fim de não causar danos irreversíveis; e socialmente justo para a sociedade em geral; por conseguinte, ocorrer a garantia e o alcance da sustentabilidade (OLIVEIRA, 2012).

A arborização com espécies para múltiplos usos que agregue valor à lavoura cafeeira se torna uma opção interessante à medida que pode minimizar alterações climáticas, funcionar como quebra-ventos, abrigo para inimigos naturais de pragas e ainda representam uma opção de ganho para o produtor (SOUZA et al., 2020).

De acordo com esses mesmos autores, a seleção de espécies florestais mais apropriadas para a consorciação e as interações entre as culturas são de fundamental importância para o aperfeiçoamento dos benefícios advindos da utilização em sistemas agroflorestais nas condições climáticas e edáficas.

O cultivo de espécies arbóreas pode significar renda adicional ou uma poupança de valores, que em um momento de renovação da lavoura ou de um problema climático como granizo ou seca pode ser utilizado. Por outro lado, o mercado consumidor procura e paga ágio por produtos advindos de sistemas de produção mais equilibrados, com menor uso de defensivos e que sejam ambientalmente sustentáveis (SOUZA et al., 2020).

O planejamento e a execução das ações de recuperação de uma área devem ser compreendidos como um processo contínuo (início, meio e fim) e dinâmico (vivo), pois pode demandar anos o cumprimento de suas ações, durante os quais muitos fatos certamente passarão por mudanças, por exemplo, o contexto político e social, modificações nas leis e algumas alterações no cronograma financeiro e de execução dos empreendimentos (URSULINO; AZEVEDO; AMARAL, 2010).

5.1. Estudo de caso: recuperação de pastagens e transição de sistema monocultivo de lavouras de café em SAF

A transição do atual modelo agrícola para bases sustentáveis requer a implantação de sistemas agrícolas de base ecológica. Os SAF se apresentam como um caminho para a transição agroecológica, valorizando o conhecimento tradicional e permitindo a conservação ambiental.

A revegetação consiste no plantio localizado de espécies vegetais que foram suprimidas ou nunca ocorreram no local. O processo de recuperação almeja promover o equilíbrio químico, físico e biológico do ambiente degradado e dessa forma, devolver ao solo as condições de produtividade (SANTOS et al., 2011).

Os sistemas agroflorestais em lavouras de café vêm ganhando maior visibilidade e adeptos devido à constatação da melhoria da qualidade do solo, fonte de renda extra e fixação dos agricultores (as) no meio rural. O Sítio Gravel, localizado no Distrito de São Miguel do Caparaó, comunidade de São Felipe, no município de Guaçuí, ES, é um exemplo de sucesso de recuperação de

pastagens por revegetação e implantação de SAF em sistemas de monocultura de café arábica (*Coffea arabica* L.).

Em meados do ano de 1990, quando a propriedade rural foi adquirida, era constituída basicamente por 5 ha de área em estágio inicial de regeneração natural, 16 ha para pastejo animal e aproximadamente 3,5 ha de áreas destinadas ao monocultivo do café. Durante os anos de 1970 a 1999, a propriedade possuía pastagens degradadas e manejo intensivo com o monocultivo do café arábica.

Durante dez anos a propriedade foi utilizada apenas para fins de lazer, uma vez que a família residia no município de Vila Velha, ES. Em 2000, o proprietário, Sr. José Henrique Gravel, decidiu deixar o ritmo agitado da grande Vitória e ingressar em um novo projeto de vida; assim, mudou-se com sua família para o sítio. A partir do ano de 2000, a família iniciou o processo de recuperação das áreas de pastagens por meio de revegetação de espécies nativas e a transição dos sistemas monocultivos das lavouras cafeeiras para SAF (Figuras 6 e 7).



Figura 6. Monocultivo de café em 1970 (A); transição para SAF em 2000 (B); área de pastagem em monocultivo de café em 1998 (C); transição para SAF em 2018 (D). Fonte: Arquivo Sítio Gravel (1970; 1998; 2000; 2018).



Figura 7. Reestruturação de áreas de pastagem, em 1970 (A) para áreas com cobertura vegetal nativa, 2020 (B). Fonte: Arquivo Sítio Gravel (1970; 2020).

Atualmente, a propriedade possui cinco SAF totalizando uma área de 3,7 ha, com diversos arranjos e espécies arbóreas nativas, exóticas e frutíferas, além da mata nativa. Para a implantação dos primeiros SAF, o agricultor teve suporte de assessoria técnica e motivação da família para a consolidação e sucesso do empreendimento.

“As melhorias na qualidade do solo e na produção do café foram observadas após alguns anos da implantação do primeiro SAF em 2000, o que me motivou a realizar a transição das demais áreas de monoculturas do café com a implantação dos SAF e recuperação das pastagens. Além disso, tenho criação de abelhas sem ferrão para auxiliar a polinização das espécies vegetais” (*Relato do agricultor Sr. José Henrique Gravel, 2021*).

6. Considerações finais

Solos degradados de pastagens e de antigas lavouras de café nas regiões tropicais possuem elevado grau de intemperismo e baixa fertilidade: implica na dependência do conteúdo orgânico para potencializar seu papel sobre a nutrição e desenvolvimento das culturas. A fração orgânica, quando tem seu teor aumentado, melhora os atributos do solo fundamentais para o desenvolvimento vegetal, atuando como fonte de cargas elétricas para a retenção de nutrientes,

evitando perdas por lixiviação; em alguns casos, atua também como fonte de nutrientes para as plantas.

Entre as propriedades físicas do solo influenciadas pela matéria orgânica, destaca-se a estrutura do solo, onde a melhoria de sua agregação altera positivamente a porosidade, reduzindo a densidade e a resistência do solo à penetração das raízes, aumentando a retenção de água e, conseqüentemente, disponibilizando uma maior quantidade de água para absorção pelas plantas.

Contudo, a estabilização dos agregados depende do contínuo fornecimento de matéria orgânica ao solo, em quantidades suficientes para compensar a rápida perda de carbono orgânico pelo uso agropecuário dos solos. Além disso, solos de regiões tropicais, quando submetidos a altas temperaturas e umidade adequada, apresentam maiores taxas de decomposição da matéria orgânica: diminui o conteúdo de carbono orgânico do solo e, conseqüentemente, a estabilidade dos agregados - os SAF têm promovido o retorno dessa condição!

Por possuírem essas características, consistem em uma alternativa sustentável de restauração e recuperação de áreas degradadas por pastagens e monocultivos de lavouras cafeeiras: favorecem o aumento progressivo dos teores de matéria orgânica no solo dos sistemas agrícolas; colaboram com o sustento e o fornecimento da fertilidade do solo por meio da deposição de nutrientes advindos de resíduos culturais; proporcionam maior biodiversidade, maior aporte de biomassa ao solo, maior ciclagem e aporte de nutrientes; causam o aumento da cobertura do solo, promovendo melhorias nas características físicas e químicas, além de requerer menos insumos externos, contribuindo para reduzir a dependência do produtor.

Vários estudos vêm evidenciando o potencial dos SAF como geradores de bens e serviços de acordo com a premissa da sustentabilidade e responsabilidade social: os SAF se configuram importantes no contexto do “Tripé da Sustentabilidade” como uma alternativa viável no âmbito ambiental, social e econômico, consolidando-se como uma fonte de renda extra para o (a) agricultor (a).

7. Referências

- ARCHANJO, K. M. de A.; JUNIOR, W. C. de J.; PEZZOPANNE, J. E. M. Respostas ecofisiológicas de cafeeiros em sistemas agroflorestais. **Cadernos de Agroecologia**, [S.l.], v. 2, n. 2, sep. 2007. ISSN 2236-7934. Disponível em: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/2410>. Acesso em: 27 set. 2021.
- BALDI, A.; SALES, E. F.; ARAÚJO, J. B. S. Espécies arbóreas em sistemas agroflorestais (SAF) com cafeeiros no estado do Espírito Santo. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.
- BOULAY, M.; SOMARRIBA, E.; OLIVIER, A. Calidad de *Coffea arabica* bajo sombra de *Erythrina poeppigiana* a diferentes elevaciones en Costa Rica. **Agroforestería en las Américas**, v. 7, p. 40-42, 2000.
- BRAIDA, J. A.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M. Matéria orgânica e seu efeito na física do solo. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. (Ed.) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.7, p. 221-278, 2011.
- BRUM, V. J.; AMARAL, J. A. T.; REIS, E. F.; JESUS JUNIOR, W. C.; MARQUES, P. C.; CAMPOS, L. P. A.; BREGONCI, I. S. Rentabilidade econômica comparativa de custos variáveis do sistema de café conilon com pupunha em sombreamento. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia, SP. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2007. 5 p.
- CAMPANHA, M. M.; SANTOS, R. H. S.; de FREITAS, G. B.; MARTINEZ, H. E. P.; JARAMILO-BOTERO, C.; GARCIA, S. L. Análise comparativa das características da serrapilheira e do solo em cafezais cultivados em sistema agroflorestal e em monocultura, na Zona da Mata MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 805-812, 2007.
- CHERIAN, T.; THAMBI, M. Phytochemical investigation of the leaves of *Gliricidia sepium* and its antimicrobial properties. **The Pharma Innovation**, v. 8, n. 2, 2019.
- COELHO, R. A.; MATSUMOTO, S. N.; LEMOS, C. L.; de SOUZA, F. A. Nível de sombreamento, umidade do solo e morfologia do cafeeiro em sistemas agroflorestais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.1, p. 095-102. jan./fev. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.25186/v15i.1606>. Acesso em: 27 set. 2021.
- ELKINGTON, J. **Sustentabilidade, canibais com garfo e faca**. São Paulo: M. Books do Brasil Editora Ltda, 2020. 233 p.
- FAVERO, C.; LOVO, I. C.; MENDONÇA, E. S. Recuperação de Área Degradada com Sistema Agroflorestal no Vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, p. 861-868, 2008.
- FIDELIS, R. R.; RAMOS, D. P.; TAVARES, T. C. O.; FERNANDES, P. S. M.; LIMA, H. V.; JÚNIOR, F. N. Culturas intercalares para a sustentabilidade da produção de pinhão manso na agricultura familiar. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 11, n. 2, p. 7-14, 2017.

GOVINDAPPA, M.; ELAVARASAN, K. Shade cum fruit yielding avocado under coffee ecosystem. **International Letters of Natural Sciences**. p. 61-66, 2014. Disponível em: <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.agro-702d1839-c430-4fa4-81d1-40bd0ceb4d39>. Acesso em: 20 out. 2021.

HERGOUALC'H, K.; BLANCHARD, E.; SKIBAE, U.; HÉNAULT, C.; HARMAND, J. M. Changes in carbon stock and greenhouse gas balance in a coffee (*Coffea arabica*) monoculture versus an agroforestry system with *Inga densiflora*, in Costa Rica. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. v. 148, p. 102-110, 2012.

JESUS, J. **Atributos do solo e da nutrição do cafeeiro em sistema agroflorestal e monocultivo**. Piracicaba, 2008. 148 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2008.

KHUSNUL, K.; PRIHATIN, J. An Analysis of the utilization of Gamal Plant (*Gliricidia sepium*) as a shade for coffee plants. **Journal of Physics: Conference Series**. IOP Publishing, 2020.

MACHADO, A. H. R.; PUIA, J. D.; MENEZES, K. C.; MACHADO, W. A cultura do café (*Coffea arabica*) em sistema agroflorestal. **Braz. J. Anim. Environ. Res.** Curitiba, v. 3, n. 3, p. 1357-1369, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34188/bjaerv3n3-053>. Acesso em: 25 set. 2021.

MARTINS, S. V. **Recuperação de Áreas Degradadas**. 3 ed. Viçosa, MG, 2014. 264 p.

MIRANDA E. M.; PEREIRA R. C. A.; BERGO C. L. Comportamento de seis linhagens de café (*Coffea arabica* L.) em condições de sombreamento e a pleno sol no estado do Acre, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 1, p. 62-69, 1999.

MÜLLER, J. S. **Sistemas agroflorestais com café (*Coffea arabica* L.) e Cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. Muell.) Bahadur) na Zona da Mata de Minas Gerais: Estudo de caso**. Viçosa, 2004. Dissertação (Doutorado em Ciência Florestal) - Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, UFV, 2004. Disponível em: http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/8291/Dissertacao_Juliana%20Sialino%20Muller.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 27 set. 2021.

NANNETTI, A. N. Productivity of coffee trees in agroforestry system. 2012. 38 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Jose do Rosario Vellano, Alfenas, 2012. Disponível em: <http://tede2.unifenas.br:8080/jspui/handle/jspui/55>. Acesso em: 02 maio 2022.

NUKMAL, N. Insecticidal Effects of the Flavonoid-rich Fraction of Leaves Extract of Gamal (*Gliricidia sepium*) on the Coffee Mealybugs (*Planococcus citri* Risso.). **Annual Research & Review in Biology**, n. 4, p. 1-9, 2017.

OLIVEIRA, K. J. B. de; LIMA, J. S. S. de.; AMBRÓSIO, M. M. de Q.; NETO, F. B. Propriedades nutricionais e microbiológicas do solo influenciadas pela adubação verde. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n.1, p.23-33, mar. 2017.

OLIVEIRA, L. R.; MEDEIROS, R. M.; TERRA, P. B.; QUELHAS, O. L. G. Sustentabilidade: da evolução dos conceitos à implementação como estratégia nas organizações. **Produção**. v. 22, n. 1, p. 70-82, 2012.

PARTELLI, F. L.; BONOMO, R. **Café conilon: o clima e o manejo da planta**. Alegre, Espírito Santos, Brasil: Caufes, 2016, 176 p.

PAVAN, B. S.; MELLONI, R.; ALVARENGA, M. I. N.; FERREIRA, G. M. R. Sistema agroflorestal cafeeiro-abacateiro e seus efeitos na qualidade do solo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 5, p. 1917-1925, 2018.

PEZZOPANE, J. R. M.; MARSETTI, M. M. S.; SOUZA, J. M. de; PEZZOPANE, J. E. M. Condições microclimáticas em cultivo de café conilon a pleno sol e arborizado com noqueira macadâmia. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1257-1263, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010005000098>. Acesso em: 25 set. 2021.

REDE AGROECOLOGIA. In: JACQ, C; DOLCI, M.; DELHAYE, F. Desenvolvimento Sustentável e Sistemas Agroflorestais na Amazônia mato-grossense. **Revista Franco-Brasileira de Agroecologia**, n. 10, 2010. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/6778#bibliography>. Acesso em: 15 mar. 2021.

REZENDE, M. Q.; PEREZ, A. L.; JANSSEN, A.; VENZON, M. 11781 - Uso do ingá (*Inga subnuda*) em cafeeiros sob sistemas agroflorestais pode diminuir os danos causados pelas principais pragas do café? **Cadernos de Agroecologia**. v. 6, n. 2, 2011. Disponível em: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/11781>. Acesso em: 22 out. 2021.

RIBASKI, J.; RADOMSKI, M. I.; RIBASKI, S. A. G. Potencialidade dos sistemas silvipastoris para a produção animal sustentável no Brasil. In: **Anais... II CONGRESO COLOMBIANO Y 1er Seminario internacional de silvopastoreo**, 2012, Medellin. II Congreso colombiano y 1er seminario internacional de silvopastoreo. Medellin, 2012.

RICE, R. A. Fruits from shade trees in coffee: how important are they? **Agroforestry Systems**, Netherlands, v. 83, p. 41-49, 2011.

RICHETTI, A.; MOTTA, I. de S.; MARIANI, A. Competitividade econômica da produção de café em sistema agroecológico. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2013.

RIGHI, C. A.; BERNARDES, M. S. **Cadernos da disciplina sistemas agroflorestais**. [S.l: s.n.], 2015. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/biblioteca/pdf/Cadernos-da-Disciplina-SAF-pd>. Acesso em: 15 set. 2021.

SALES, E. F.; BALDI, A.; ALVEZ, J. P. Evaluation of Conilon coffee productivity intercropped with Ambarella (*Spondias dulcis* Parkinson). **Coffee Science**, e151606, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.25186/v15i.1606>. Acesso em: 27 set. 2021.

SANTOS, D. F.; GOIS, L. A.; GOMES, W. C. A.; OLIVEIRA, N. M. G. A. O Meio Físico na Recuperação de Áreas Degradadas. **Revista da Ciência da Administração**. Versão eletrônica v. 4, 2011. Disponível em: <https://docplayer.com.br/14986970-O-meio-fisico-na-recuperacao-de-areas-degradadas.html>. Acesso em: 01 out. 2021.

SEPÚLVEDA, R. B.; CARRILLO, A. A. Soil erosion and erosion thresholds in an agroforestry system of coffee (*Coffea arabica*) and mixed shade trees (*Inga* spp and *Musa* spp) in Northern Nicaragua. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. v. 210, p. 25-35, 2015.

SILVA, D. D. E.; FELIZMINO, F. T. A.; OLIVEIRA, M. G. Avaliação da degradação ambiental a partir da prática da cultura do feijão no município de Tavares, PB. **Revista HOLOS**. v. 8, p.148-165, 2015.

SIQUEIRA, H. M.; SENNA, D. S.; ARAÚJO, J. B. S.; SILVA, M. W.; TURBAY, E. R. M. G. análise econômica de consórcios do cafeeiro conilon com espécies perenes e florestais no sul do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 15, n. 5, p. 222-235, 2020.

SOUZA, G. S.; ALVES, D. I.; DAN, M. L.; ARAÚJO, J. B. S.; MUNER, L. H. Café conilon em sistemas agroflorestais e seu efeito nos atributos do solo. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE REFLORESTAMENTO AMBIENTAL, 3., 2014, Vitória. **Anais...** Disponível em: https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/2069/1/BRT-cafeconilonemsistemas_agroflorestais.pdf. Acesso em: 20 out. 2021.

SOUZA, G. S.; DAN, M. L.; ARAÚJO, J. B. S. Qualidade física do solo sob cafeeiro conilon consorciado e em monocultivo. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 180-186, 2016.

SOUZA, H. N.; CARDOSO, I. M.; FERNANDES, J. M.; GARCIA F. C. P.; BONFIM, V. R.; SANTOS, A. C.; CARVALHO, A. F.; MENDONÇA, E. S. Selection of native trees for intercropping with coffee in the Atlantic Rainforest biome. **Agroforest Systems**. v. 80, p. 1-16, 2010.

SOUZA, I. I. de M.; ARAÚJO, E. da S.; JAEGGI, M. E. P. C.; SIMÃO, J. B. P.; ROUWS, J. R. C.; SOUZA, M. N. Effect of Afforestation of Arabica Coffee on the Physical and Sensorial Quality of the Bean. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 42, n. 7, p. 133-143, 2020.

SOUZA, M. N. **Degradação antrópica e procedimentos de recuperação ambiental**. Balti, Moldova, Europe: Novas Edições Acadêmicas, 2018, v.1000. 376p.

SOUZA, M. N. **Mudanças no uso do solo e da água e a gestão dos recursos naturais**. Frankfurt, Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015, v.5000. 376 p.

SOUZA, T. S.; ALMEIDA, R. N.; BERILLI, S. S. Efeito do sombreamento na qualidade da bebida de café conilon cultivado em sistemas consorciados. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 4, p. 1-6, 2019.

SPITZCOVSKY, D. **Áreas degradadas no Brasil equivalem a duas França**s. São Paulo, 12 de julho de 2012. Disponível em: <https://planetasustentavel.abril.com.br/noticias/areas-degradadas-brasil-92502.shtml>. Acesso em: 11 set. 2021.

TAQUES, C. T.; PADOVAN, M. P.; MAIA I. F.; BRESSAN JR., A.; MARQUES N. B.; MILHEIROS, I. S. Caracterização da umidade do solo em café sombreado com gliricídia, banana e ingá comparado com café em pleno sol. *In*: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 10., 2019, Vitória. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <http://www.consorciopesquisacafe.com.br/ojs/index.php/SimposioCafe2019/article/view/92/29>. Acesso em: 20 out. 2021.

URSULINO, D. M. A.; AZEVEDO, L. R. P.; AMARAL, P. G. Q. Aspectos didáticos e metodológicos de dois estudos de caso: uma discussão acerca da elaboração de um plano de recuperação de áreas degradadas. *In*: **Anais...** VIII Simpósio Nacional Sobre Recuperação de Áreas Degradadas, 2010, Guarapari, ES.

VAAST, P.; BERTRAND, B.; PERRIOT, J. J.; GUYOT, B.; GENARD, M. Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, p. 197-204, 2006. Disponível em: <https://doi-org.ez120.periodicos.capes.gov.br/10.1002/jsfa.2338>. Acesso em: 25 set. 2021.

WADT, P. G. S. Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas. **Embrapa Acre-Documentos (INFOTECA-E)**. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/498802/1/doc90.pdf>. Acesso em: 10 set. 2021.

Autores

Eloisio de Oliveira Martins, Guilherme Andrião Trugilho, Maria Amélia Bonfante da Silva, Maurício Novaes Souza*

Pós-Graduação em Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre. Caixa Postal 47, CEP: 29500-000, Alegre-ES, Brasil.

* Autor para correspondência: mauricios.novaes@ifes.edu.br