

CAPÍTULO 3

Estratégias de recuperação de áreas degradadas

Dayvson Dansi Rodrigues, Sillas Ramos Mariano, Maria Amélia Bonfante da Silva, Otacílio José Passos Rangel, César Santos Carvalho, Guilherme Andrião Trugilho, Marlon Alves Peçanha da Silva, Marjorie Mezabarba Gonçalves, Luana Soares Egidio, Silvia Aline Bérghamo Xavier, Natália Cassa, Aline Marchiori Crespo, Geisa Corrêa Louback, Igor Borges Peron, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-14-5.c3>

Resumo

Áreas degradadas é um tema de grande importância no Brasil, pois se trata de um país com grandes áreas ocupadas pela agropecuária. Dada essa condição, grandes áreas foram desflorestadas para dar lugar a essa atividade. Porém, devido ao mau uso, tornaram-se áreas degradadas: sua recuperação é de suma importância para que sejam convertidas em áreas com potencial produtivo sem a necessidade de se expandir a fronteira agropecuária por meio do desmatamento de florestas nativas. A identificação de áreas degradadas e o planejamento de sua recuperação são obtidos a partir da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), que é feita por meio dos Estudos de Impactos Ambientais (EIA) e o seu resumo, conhecido como Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), que deve apresentar a síntese dos resultados dos estudos sobre o diagnóstico ambiental da área de influência do projeto. A partir destes estudos realizados, são então colocadas em prática as ações para a recuperação da área degradada em questão. Uma prática que vem sendo adotada em diferentes níveis governamentais, desde municipal, estadual até a esfera federal, são os pagamentos por serviços ambientais (PSA), que remuneram o produtor que tenha uma área recuperada ou apoiam financeiramente para que ele recupere uma área em sua propriedade. Dois exemplos de PSA mais conhecidos são o de Catskill, em Nova Iorque, EUA; e no município de Extrema, Minas Gerais, que protegem suas bacias hidrográficas e seus recursos hídricos para a produção de água a partir do PSA.

Palavras-chave: Pagamento de serviços ambientais (PSA). Áreas degradadas. Recuperação ambiental.

1. Introdução

O solo é uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta; contêm matéria viva e pode ser revegetado na natureza onde ocorrem, após, eventualmente, terem sido modificados e, ou, degradados por interferências antrópicas (SANTOS et al., 2018).

Cabe considerar que o solo tem uma significativa relevância por estabelecer uma base de sustento e fornecimento de nutrientes para a produção alimentícia - representa um elemento imprescindível para o crescimento populacional. As relações existentes entre os fatores bióticos e abióticos do solo maximizam a sua utilização, mesmo com as interferências antrópicas (RODRIGUES, 2018).

De acordo com esse mesmo autor, a formação do solo decorre da interação de vários elementos, tais como o material de origem; tempo; relevo; clima e organismos (Figura 1).

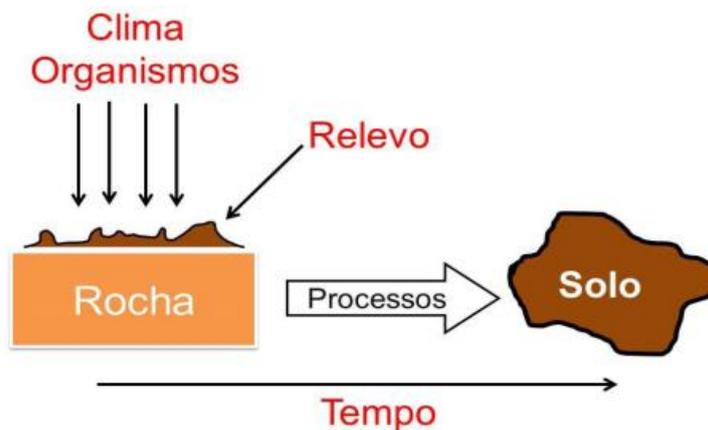


Figura 1. Esquema demonstrativo de formação do solo. Fonte: Rodrigues, 2018.

O solo é o resultado de um processo geológico, pedológico e biológico que ocorre ao longo de milhares a milhões de anos, sendo a camada mais superficial da crosta terrestre. O solo é uma mistura complexa de minerais, material orgânico, água, ar e organismos vivos, e é de fundamental importância para

sustentar a vida na Terra, sendo a base para o crescimento de plantas e a sobrevivência de muitas formas de vida (Figura 2).

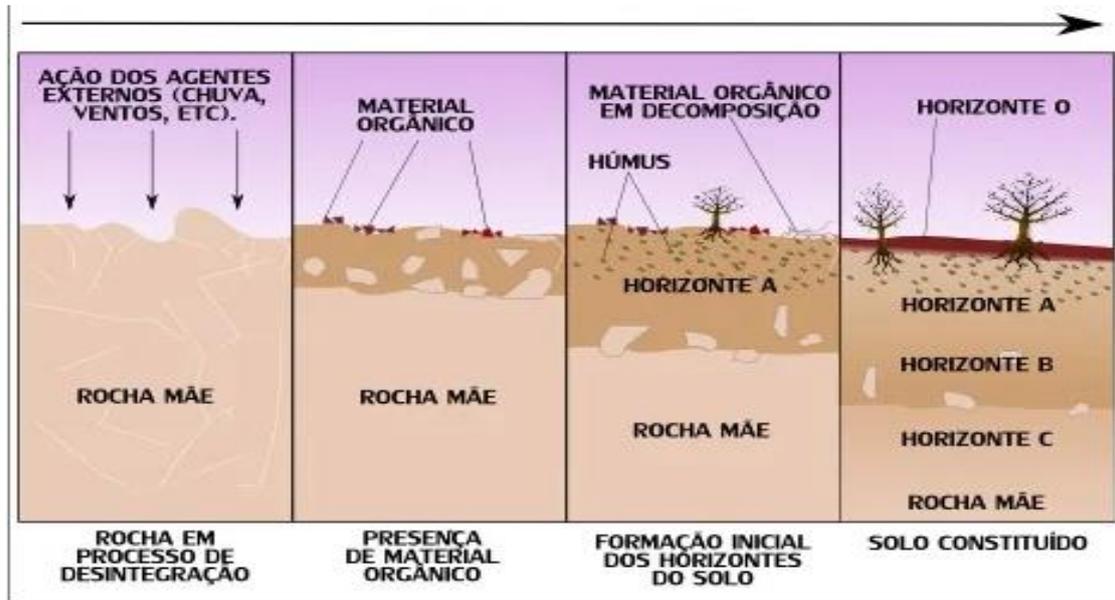


Figura 2. Esquema representativo do processo de evolução dos solos. Fonte: Mundo da educação, 2021.

O processo de formação do solo, chamado de pedogênese, envolve diversas etapas e fatores, incluindo (RODRIGUES, 2018; SOUZA, 2018):

- ✓ **Intemperismo:** este é o processo pelo qual as rochas da crosta terrestre são quebradas em pedaços menores devido à ação de agentes como água, vento, temperatura e processos químicos.
- ✓ **Decomposição da matéria orgânica:** restos de plantas e animais mortos se acumulam na superfície do solo e são decompostos por micro-organismos, liberando nutrientes essenciais para o solo.
- ✓ **Transporte de material:** a água, o vento, a gravidade e outras forças podem mover partículas do solo de um lugar para outro, criando diferentes camadas com características variadas.
- ✓ **Formação de horizontes do solo:** com o tempo, camadas distintas, chamadas de horizontes, se desenvolvem no solo. Cada horizonte tem características físicas, químicas e biológicas únicas.

- ✓ **Influência de organismos:** a atividade de organismos como minhocas, insetos, microrganismos e raízes de plantas também contribuem para a formação e a estruturação do solo.
- ✓ **Fatores climáticos e topográficos:** clima, relevo, tempo de exposição e outros fatores geográficos desempenham um papel importante na formação do solo.

Essencial para a agricultura, o solo fornece nutrientes e espaço para o crescimento das plantas. Além disso, atua como filtro para a água, ajudando a purificar a água que percola através dele. Também desempenha um papel crucial na regulação do ciclo global de carbono e na manutenção da biodiversidade terrestre. Portanto, a preservação e o manejo sustentável do solo são fundamentais para a saúde dos ecossistemas e para a nossa própria sobrevivência.

O solo é constituído de parte sólida (fração mineral e orgânica), líquida (água) e gasosa (ar). Assim, é conhecido como um sistema trifásico. A proporção destes constituintes varia de acordo com a sua natureza. Na Figura 3, podem-se observar a distribuição percentual “ideal” dos seus componentes.

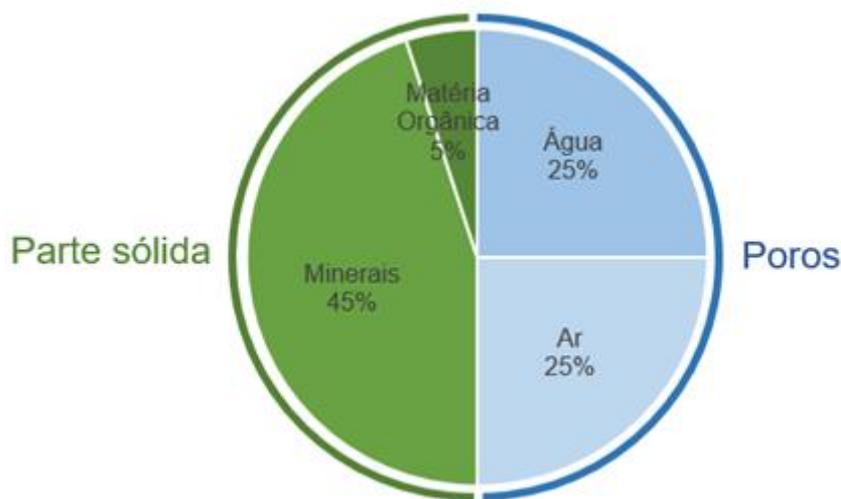


Figura 3. Composição percentual de seus componentes de um solo. Fonte: <http://blogdequimica2014.blogspot.com/2018/04/constituicao-do-solo.html>, 2021.

O solo em sua estrutura química; física e biológica representa uma base de significativa relevância para as atividades agropecuárias na produção de alimentos. É importante enfatizar que as suas condições químicas, físicas e biológicas são extremamente importantes para a obtenção de uma produção agropecuária satisfatória (ADAMS, 2016). Nesse contexto, o manejo desse recurso natural se torna um fator limitante à produção vegetal.

A conservação de solo e água está intimamente relacionada entre si nos quesitos qualidade e quantidade de água. Existe uma relação de causa e efeito nos aspectos de conservação e degradação, que afetam diretamente os atributos físico-hídricos do solo, tais como densidade; porosidade; umidade e armazenamento de água. Neste sentido, solos com uma excelente textura (tamanho e natureza das partículas), bem estruturado e com bom teor de carbono, são relacionados com um maior armazenamento de água (MONTEIRO et al., 2023; SOUZA, 2023; XAVIER et al., 2023).

De acordo com esses mesmos autores, do total de água armazenada pelo solo, a parte que as plantas conseguem absorver é conhecida como CAD (capacidade de água disponível), sendo de suma importância para o manejo da cultura e de práticas como a irrigação (Figura 4).

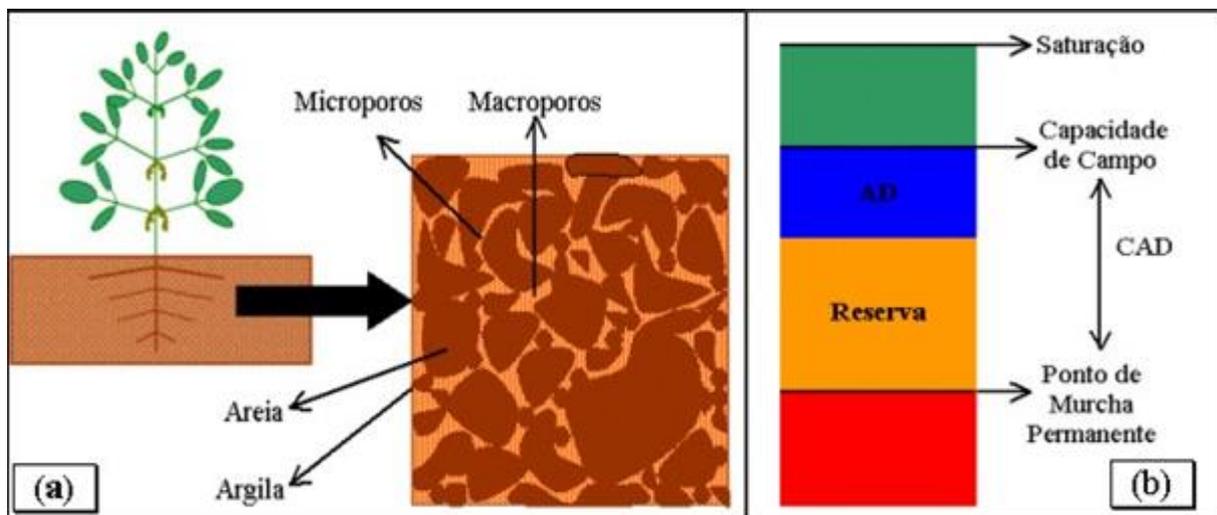


Figura 4. Esquema didático da capacidade de água disponível (CAD) (b) e distribuição física do solo (a). Fonte: http://www2.feis.unesp.br/irrigacao/lsvmanejo_irrigacao.htm, 2021.

A CAD de um solo possui dois limites de umidade, onde o superior é conhecido como capacidade campo (CC), com máximo de absorção de água sem perdas por percolação. O limite inferior é conhecido como ponto de murcha permanente (PMP), onde a quantidade de água armazenada é pequena e as plantas não conseguem absorver a água retida nos poros, mesmo gastando bastante energia.

O crescimento da população mundial acarreta, naturalmente, maior demanda por produtos alimentares. Com isso, as pressões sobre os recursos naturais acabam acontecendo, onde a tomada de decisão sobre o uso da água na agricultura deve ser aliada ao uso de informações sobre o clima, planta e solo para um uso mais eficiente da água (FERNÁNDEZ GARCIA et al., 2020). Medidas têm sido adotadas para reduzir tal deterioração, como metas e investimentos nacionais e internacionais para proteção da biodiversidade. Assim, devido à crescente demanda dos recursos hídricos para a produção de alimentos, é fundamental manejar e recuperar áreas de produção agropecuárias degradadas.

Áreas degradadas são aquelas que perderam sua capacidade de retornar ao seu estado original, sendo necessárias intervenções antrópicas, tais como a revegetação com o plantio de espécies arbóreas nativas. Uma área degradada tem uma baixa produção devido à perda de nutrientes e de sua diversidade; sua recuperação pode fazer com que a sua produtividade volte a níveis aceitáveis para uma produção sustentável, econômica e ambientalmente (COSTA; VENZKE, 2017; MONTEIRO et al., 2023; SOUZA, 2023; XAVIER et al., 2023).

Dias Filho (2014) estima com bases em dados do IBGE, cerca de 50% das pastagens estejam degradadas em todo o território nacional (cerca de 100 milhões de ha), sendo agravadas em regiões com crescimento das áreas de pecuária. Outros estudos classificam ainda os graus de degradação, no qual quase 50% das pastagens brasileiras estariam fortemente degradadas, 25% estariam moderadamente degradadas e apenas 20% não estariam degradadas (DIAS FILHO, 2015; DIAS FILHO, 2016) (Figura 5).

Ou seja, existem terras degradadas no Brasil, onde sua recuperação permitiria uma maior produção em área já explorada, sem a necessidade em se

aumentar áreas de exploração com o reflorestamento: somente a recuperação permite o aumento da produção e, por consequência, da produtividade.

Sabendo então da existência de grandes áreas degradadas em território nacional, é necessário identificá-las e aplicar estratégias para sua recuperação. No presente capítulo serão abordados os aspectos relacionados à degradação ambiental, a importância do diagnóstico ambiental por meio de estudos de impacto e sugerir estratégias de recuperação de áreas degradadas. O pagamento por serviços ambientais é uma importante forma de garantir a recuperação e conservação de recursos naturais: o presente trabalho apresenta os estudos de caso de conservação de áreas de Nova Iorque, EUA; e Extrema, MG.



Figura 5. Pastagens degradadas em áreas de APP no município de Alegre, ES.
Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2023.

2. Processos e atividades degradadores

Entre os processos que mais geram degradação estão a expansão desordenada, a degradação das pastagens, o desflorestamento, a silvicultura extensiva baseada em monocultivos, a construção de barragens e a urbanização, o que inclui indústrias e serviços, entre outros (Figura 6).

No caso de pastagens, a compactação excessiva da camada superficial do solo, a falta de adoção de técnicas de recuperação e de práticas de conservação do solo próprias para áreas montanhosas, além da falta de capacitação dos produtores e o acompanhamento da assistência técnica, são as principais causas da degradação. As consequências são a erosão das terras cultivadas; as lavouras cultivadas sem proteção e inundações; o assoreamento dos corpos hídricos; e o êxodo rural (Figura 7).



Figura 6. Pastagem compactada dando origem à áreas degradadas. Fonte: Os autores, 2022.

Por outro lado, segundo Adegbeye et al. (2020), embora a agropecuária seja uma importante fonte de degradação ambiental, prejudicando a saúde humana, os recursos naturais e o clima, também desempenham um papel essencial na segurança alimentar global. De acordo com a FAO (2017), com a projeção de uma população mundial de nove bilhões de pessoas até 2050, a agropecuária é fundamental para atender às demandas crescentes por alimentos.



Figura 7. Pastagem degradada em solo raso e com afloramento rochoso em área de APP no município de Alegre, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2023).

Assim, apesar dos valores estimados de pastagens degradadas serem preocupantes, Dias Filho (2011) ressalta uma visão positiva, onde existe um grande potencial para aumento de produtividade ao recuperar essas áreas. É possível alcançar maior produtividade e menor emissão de gases do efeito estufa por animal, tornando a pecuária uma atividade economicamente mais rentável e ambientalmente mais eficiente, diminuindo a pressão sobre as florestas nativas e recuperadas. Portanto, as áreas degradadas recuperadas e com seu uso otimizado, reduz a necessidade do desflorestamento para se obter o aumento de produtividade.

O fato é que o sistema de manejo convencional praticado nas últimas décadas é definido como uma agropecuária de uso intensivo do solo, feita em larga escala e com motomecanização, que prioriza a produção de monoculturas voltadas à alimentação animal e à exportação, com constante uso de fertilizantes químicos de elevada solubilidade, além dos agrotóxicos (ROSSET et al., 2014; SOUZA, 2022).

Dessa forma, quando mal manejadas, as práticas convencionais trazem riscos ao meio ambiente, como o aumento do desmatamento, alterações nos ciclos do carbono e da água, erosão, perda da biodiversidade terrestre, degradação do solo e, por consequência, declínio na produtividade

agropecuária, colocando em risco a segurança alimentar da população mundial (GARDI et al., 2015; PRIMAVESI, 2016; BENAZZI; LEITE, 2021).

Em áreas de cafezais, esse tipo de manejo é caracterizado pelo baixo aporte de resíduos orgânicos no solo, ausência de sombreamento e dependência de insumos externos, que causam impactos adversos na qualidade do solo (GUIMARÃES et al., 2014) (Figura 8).

De acordo com Bünemann et al. (2018), a qualidade do solo se refere à sua capacidade de funcionar dentro de um ecossistema natural ou manejado, a fim de garantir o bom crescimento de plantas e animais, que resultarão no aumento da produtividade agropecuária. Neste contexto, o manejo agroecológico do solo surge como uma forma mais sustentável de uso da terra, principalmente por seguir princípios ecológicos que buscam conservar os recursos naturais.

Entre esses princípios, Souza et al. (2020) citam a manutenção de vida e fertilidade do solo por meio da cobertura vegetal viva ou morta; o aumento da biodiversidade funcional por meio da diversificação da microbiota; e a adaptação de atividades agropecuárias aos ciclos naturais da região. Assim, a implantação de sistemas agroecológicos em lavouras cafeeiras possui potencial para aumentar a ciclagem de nutrientes e os níveis de matéria orgânica no solo, melhorando a capacidade de troca de cátions (CTC) e a fertilidade do solo ao longo dos anos (GUIMARÃES et al., 2013).



Figura 8. Cafezal em solo com afloramento rochoso com manejo inadequado no município de Alegre, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2023).

Lopes et al. (2012) também destacam que o manejo agroecológico em plantações de café pode reduzir a desagregação, erosão e compactação do solo, e evitar lixiviação de nutrientes e a contaminação de cursos d'água (Figura 9).



Figura 9. Cafezal estabelecido em consórcios com bananeira com manejo adequado no Distrito de Feliz Lembrança, Alegre, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2023).

É necessário, portanto, considerar a importância do solo no que se refere às suas funções nos agroecossistemas e na produção de bens e serviços como meio de garantir a sustentabilidade (FAO, 2015). O solo deve ser analisado sob a ótica da “segurança do solo” (*soil security*), assim como já se discute a segurança hídrica, energética e alimentar, no qual o valor do solo é (re) formulado e igualmente considerado (MCBRATNEY et al., 2014).

3. A importância do Diagnóstico Ambiental

Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é um instrumento de planejamento e gestão ambiental Instituído pela Política Nacional do Meio Ambiente, com o objetivo de assegurar o exame dos impactos ambientais de planos, programas e projetos e de suas alternativas – tecnológicas e de localização, comparando-as com a possibilidade de sua não execução. Essa avaliação envolve estudos técnicos e consultas à população para avaliar uma determinada proposta e apresentar informações para a decisão do poder público (SOUZA, 2014; SOUZA; FONSECA, 2023).

De acordo com esses mesmos autores, a avaliação de impactos ambientais permite trabalhar os componentes naturais (fatores bióticos e abióticos); os serviços ou funções ambientais (papeis hidrológico, estético, etc.); e considerar os aspectos: ambientais, sociais, culturais, econômicos e legais. Por meio da AIA, por exemplo, é feito o diagnóstico da bacia hidrográfica de interesse, são identificados os tipos de nascentes, as áreas de recarga, a vegetação e a fauna do local, a distribuição espacial das culturas e as estruturas rurais em relação às nascentes.

A AIA é feita por meio dos Estudos de Impactos Ambientais (EIA): Diagnóstico ambiental da área de influência - descrição e análise dos fatores ambientais e suas interações, caracterizando a situação ambiental da área de influência, antes da implantação do empreendimento. No caso de degradação, com necessidade de recuperação ambiental, este cenário pré-degradação será de extrema importância. Faz-se necessário avaliar as principais metodologias para a realização dos EIAs. O Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) deve apresentar a síntese dos resultados dos estudos sobre o diagnóstico ambiental da área de influência do projeto.

As metodologias podem ser apresentadas sob a forma de questionário a ser preenchido, para direcionar a avaliação a ser realizada. Estas metodologias de avaliação são mecanismos estruturados para comparar, organizar e analisar informações sobre impactos ambientais de uma proposta, incluindo os meios de apresentação escrita e visual dessas informações. No entanto, em face à diversidade de métodos de AIA, muitos dos quais incompatíveis com as condições socioeconômicas e políticas do Brasil, é necessário uma seleção criteriosa e adaptações, para que sejam realmente úteis na tomada de decisão dos projetos (SOUZA, 2014; SOUZA; FONSECA, 2023).

Então, de acordo com esses mesmos autores, é responsabilidade de cada equipe técnica a escolha do (s) método (s) mais adequado (s) ou parte (s) dele (s), segundo as atividades previstas. Dentre as opções, destacam-se estas linhas metodológicas para a avaliação de impactos ambientais: Métodos Espontâneos (*Ad hoc*), Listagens (*Check-List*), Matrizes de Interações, Redes de Interações (*Networks*), Métodos Quantitativas, Modelos de Simulação, Mapas de Superposição (*Overlays*) e projeção de cenários.

Numa fase inicial, o *Check-List* representa um dos métodos mais utilizados em AIA. Consiste na identificação e enumeração dos impactos, a partir do diagnóstico ambiental feito por especialistas dos meios físico, biótico e socioeconômico.

Dentro dos sistemas agroecológicos, a AIA busca identificar os possíveis impactos ambientais, almejando a sustentabilidade dentro dos agroecossistemas. A sustentabilidade é toda ação destinada a manter as condições energéticas e físico-químicas que sustentam todos os seres, a comunidade dos ecossistemas e a vida humana, visando a sua continuidade e ainda a atender as necessidades da geração presente e das futuras, de tal forma que o capital natural seja mantido e enriquecido em sua capacidade de regeneração, reprodução e coevolução (BOFF, 2017).

3.1. A subjetividade relacionada à execução dos EIA

A preocupação com os impactos ambientais do modelo de produção e de desenvolvimento predominante é crescente. É necessária uma maior conscientização sobre a necessidade da alteração desse modelo e sobre a urgência nos procedimentos de recuperação e gestão ambiental, evitando efetivamente a incidência de novas áreas degradadas. Preparar pessoas com habilidades e visão diferenciadas sobre o meio ambiente é uma demanda importante (SOUZA, 2018; 2023).

Devido a diferentes caracterizações tanto do ambiente que sofrerá o impacto, quando do empreendimento a ser implementado, a execução dos EIA se torna complexa e subjetiva: por isso, um EIA deve conter uma equipe multidisciplinar, onde essas diversidades de visões contribuem para melhor execução, diminuindo esta subjetividade quanto sua execução (SOUZA; FONSECA, 2023).

3.2. A importância da realização dos EIA e do Licenciamento Ambiental para o controle dos empreendimentos poluidores

EIA é um instrumento de política ambiental formado por um conjunto de procedimentos capazes de assegurar, desde o início do processo, que se tenha

um exame sistemático dos impactos ambientais de uma ação proposta e de suas alternativas, que os resultados sejam apresentados de forma adequada ao público e aos responsáveis, para uma tomada de decisão e por eles devidamente considerada (SOUZA, 2022a; 2022b).

O EIA é uma ferramenta de planejamento que auxilia o executor e os responsáveis por projetos de recuperação ambiental, na antecipação dos impactos das atividades das alternativas de desenvolvimento, ambas benéficas ou adversas. Fornece uma visão para selecionar a alternativa ótima na qual potencialize os efeitos benéficos e mitigue os impactos adversos ao ambiente (SOUZA, 2004).

De acordo com a Resolução CONAMA nº. 237, de 19 de dezembro de 1997, o licenciamento ambiental é o procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação, modificação e operação de atividades e empreendimentos utilizadores de recursos ambientais considerados efetiva ou potencialmente poluidores ou daqueles que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, desde que verificado em cada caso concreto, que foram preenchidos pelo empreendedor os requisitos legais exigidos, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso (SOUZA, 2004).

Os benefícios proporcionados pelo licenciamento, pelo caráter democrático que inclui a participação da sociedade em todos os processos de concessão de licença, contemplam o governo, consumidores e empreendedores (SOUZA et al., 2002).

3.3. A avaliação de impactos ambientais e a recuperação de áreas degradadas

A avaliação de impactos ambientais permite trabalhar os componentes naturais (fatores bióticos e abióticos); os serviços ou funções ambientais (papeis hidrológico, estético, etc.); e considerar os aspectos: ambientais, sociais, culturais, econômicos e legais. Por meio da AIA é feito o diagnóstico da bacia hidrográfica de interesse, são identificados os tipos de nascentes, as áreas de recarga, a vegetação e fauna do local, a distribuição espacial das culturas e

estruturas rurais em relação às nascentes (SOUZA, 2022a; 2022b).

A recuperação de áreas degradadas tem o objetivo de proporcionar o restabelecimento da sustentabilidade e do equilíbrio paisagístico de um determinado local; e promover o desenvolvimento econômico, social e ambiental (SOUZA, 2004; 2018).

Para elaboração de um projeto de recuperação de áreas degradadas é necessário definir a escala e os objetivos, o zoneamento ambiental e a definição das técnicas de recuperação (MARTINS, 2014).

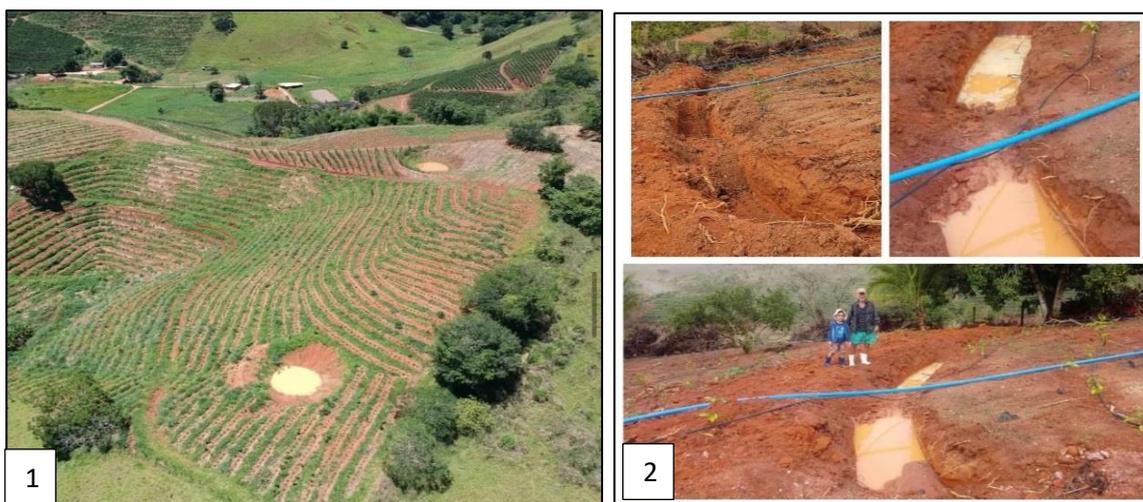
A recuperação de nascentes e áreas ciliares, por exemplo, pode ser feita, preferencialmente, por meio de regeneração natural, caso existam condições, ou pela implantação da comunidade florestal, o que envolve a seleção de espécies, produção de sementes e mudas e a implantação da mata. A implantação da floresta pode ser feita por meio de modelos de recuperação para matas ciliares: reflorestamento homogêneo; ilhas vegetativas; plantio ao acaso; modelos sucessionais; e modelos de restauração de matas remanescentes (MARTINS, 2001).

A baixa infiltração da água é um dos aspectos geralmente associados à degradação de nascentes. As principais práticas adotadas visando o aumento da infiltração são:

- a) reflorestamentos;
- b) melhoria das pastagens;
- c) evitado o uso de fogo;
- d) terraceamentos (cordões de contorno);

e) construção de barraginhas e cochinhos, que favorecem a captação de água da chuva. Para o monitoramento da recuperação, deve ser feito o acompanhamento das vazões da água.

Além disso, as barraginhas e cochinhos vêm desempenhando um papel importante na conservação do solo, ajudando a reduzir a erosão e o escoamento superficial. Isso resulta em melhorias na estrutura do solo, aumento da capacidade de retenção de água e redução da perda de nutrientes (Figuras 10 e 11).



Figuras 10 e 11. Consórcio de cochinhos e barraginhas com a plantação de café. Fonte: 1. Márcio Menegussi Menon, 2021. Fonte 2: Machado et al., 2022.

Quando o solo é manejado de forma adequada e sustentável, ocorrem diversos benefícios para o solo, plantas e meio ambiente em geral. Um dos resultados positivos é a melhoria da qualidade física, química e biológica do solo. Os "cochinhos" ajudam a aumentar a umidade do solo, devido a sua capacidade de retenção de água, conseqüentemente contribuindo para a melhoria da estrutura do solo. Além disso, a diversidade de plantas no consórcio contribui para o aumento da biodiversidade e a promoção de um ambiente mais equilibrado (COSTA; SOUZA, 2022).

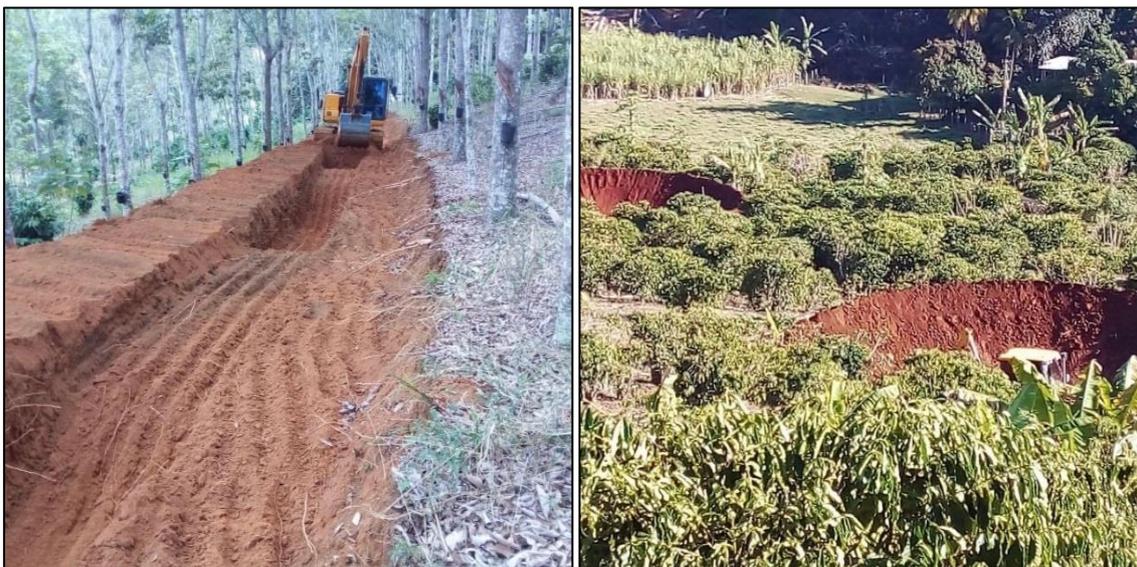
De acordo com esses mesmos autores, a melhoria da qualidade física do solo envolve a estrutura, a porosidade e a capacidade de retenção de água. Um solo saudável apresenta uma estrutura granular bem formada, o que permite uma boa circulação de ar, água e raízes. Além disso, a presença de uma boa porosidade permite a infiltração adequada de água no solo, evitando a erosão e facilitando o acesso das raízes aos nutrientes.

A qualidade química do solo se refere à disponibilidade de nutrientes essenciais para as plantas. Um solo saudável contém uma variedade de nutrientes em quantidades adequadas, tais como nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes. Quando a fertilidade do solo é equilibrada, as plantas crescem de maneira saudável e têm maior resistência a doenças e pragas (COSTA; SOUZA, 2022).

De acordo com esses mesmos autores, a qualidade biológica do solo está relacionada à presença de organismos vivos, tais como bactérias, fungos, minhocas e microrganismos. Esses organismos desempenham papéis fundamentais na decomposição da matéria orgânica, na ciclagem de nutrientes e no controle de patógenos do solo. Quando o solo possui uma diversidade biológica rica e equilibrada, ocorre uma maior eficiência dos processos biológicos, contribuindo para a saúde e produtividade das plantas.

Portanto, a melhoria da qualidade física, química e biológica do solo é essencial para promover a sustentabilidade e a produtividade agrícola, além de contribuir para a conservação do meio ambiente. A adoção de práticas de manejo sustentável do solo, como a rotação de culturas, o uso de cobertura vegetal, a redução do revolvimento do solo e a aplicação responsável de fertilizantes, são fundamentais para melhorar e manter a qualidade do solo. Isso não apenas beneficia os agricultores, mas também contribui para a saúde do planeta e das gerações futuras, tornando a agricultura mais resiliente e ecologicamente responsável.

A presença das barraginhas e dos cochinchos também vem tendo um impacto positivo na biodiversidade local, criando habitats propícios para atrair a fauna, favorecendo a diversificação de espécies. Isso pode contribuir para o equilíbrio ecológico da área e fornecer serviços ecossistêmicos adicionais (Figuras 12 e 13).



Figuras 12 e 13. Consórcio de cochinchos com o cultivo de seringueira e barraginha com café e banana. Fonte: Márcio Menegussi Menon, 2021.

O sucesso da recuperação ambiental depende da realização de procedimentos, conforme os seguintes passos (SOUZA, 2004): caracterização do local; planejamento da recuperação; administração do material; reconstrução topográfica; “Topsoil” ou substituto; manipulação e correção do solo de superfície; revegetação e irrigação; e monitoramento e manutenção (Figura 14).



Figura 14. Cafezal estabelecido em área de pastagem degradada seguindo as recomendações adequadas de manejo no Distrito de Feliz Lembrança, Alegre, ES. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2023.

Uma área recuperada, com procedimentos bem executados, pode resultar em uma série de benefícios. Alguns possíveis resultados positivos incluem (SOUZA, 2004; 2018; 2022a; 2022b):

- ✓ Aumento da produtividade agrícola: com a melhoria da qualidade física, química e biológica do solo, as plantas podem ter um melhor desenvolvimento, absorver nutrientes de forma mais eficiente e apresentar um aumento na produção de culturas.
- ✓ Conservação do solo: a recuperação adequada do solo pode ajudar a prevenir a erosão, reduzindo a perda de solo fértil e protegendo-o da degradação causada pelo vento, água e atividades humanas.

- ✓ Melhoria da qualidade da água: um solo saudável atua como filtro natural, retendo e filtrando impurezas e poluentes presentes na água. Isso contribui para a melhoria da qualidade dos recursos hídricos, como rios, lagos e aquíferos.
- ✓ Aumento da resiliência às mudanças climáticas: solos saudáveis e bem recuperados têm maior capacidade de reter água, o que é benéfico durante períodos de seca. Além disso, um solo rico em matéria orgânica contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa e auxilia na captura de carbono da atmosfera, ajudando na mitigação das mudanças climáticas.
- ✓ Biodiversidade e habitat: a recuperação do solo pode promover a biodiversidade, fornecendo condições favoráveis para a existência de uma variedade de organismos, incluindo insetos benéficos, minhocas, microrganismos e outras formas de vida. Isso contribui para a criação de *habitats* mais ricos e equilibrados.
- ✓ Redução da dependência de insumos exógenos ao sistema: um solo saudável, com boa fertilidade e equilíbrio de nutrientes, pode reduzir a necessidade de fertilizantes químicos e pesticidas, tornando a produção mais sustentável e econômica.

Portanto, a recuperação adequada do solo pode resultar em uma série de impactos e externalidades positivos, promovendo a sustentabilidade, a produtividade agropecuária e a conservação do meio ambiente.

4. Pagamento de Serviços Ambientais (PSA)

O estado é um ator político responsável por discutir e executar ações que visem contribuir para a sociedade: entre elas ações que contribuam para um meio ambiente equilibrado. Uma alternativa que vem ganhando destaque e espaço no âmbito ambiental são os pagamentos de serviços ambientais (PSA).

O PSA é um instrumento econômico que busca recompensar todo aquele que, em virtude de suas práticas de conservação, proteção, manejo e recuperação de ecossistemas, mantém ou incrementa o fornecimento de um serviço ecossistêmico (WUNDER, 2005; TNC, 2017). O Comitê da Avaliação

Ecosistêmica do Milênio (MEA, sigla em inglês), conceituou serviços ecossistêmicos como: os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas. Ainda, segundo o MEA, eles podem ser classificados em serviços de provisão, regulação, culturais e suporte (MEA, 2005).

A adoção de políticas de incentivo como o instrumento de PSA tem sido uma alternativa recente na política pública ambiental com vistas a estimular a proteção e conservação dos ecossistemas. Uma definição básica para um sistema de PSA pode ser entendido como uma transação voluntária e condicional com pelo menos um vendedor, um comprador e um serviço ambiental bem definido (TNC, 2017).

O PSA é um instrumento econômico que, seguindo o princípio “protetor-recebedor”, recompensa e incentiva aqueles que provêm serviços ambientais, melhorando a rentabilidade das atividades de proteção e uso sustentável de recursos naturais. O pagamento vai depender da modalidade de serviço ambiental prestado e da abrangência da legislação que rege o PSA em questão. Um PSA pode ser em nível federal, estadual ou municipal. O estado do Espírito Santo possui o programa Reflorestar: tem como objetivo promover a restauração do ciclo hidrológico por meio da conservação e recuperação da cobertura florestal, com geração de oportunidades e renda para o produtor rural, estimulando a adoção de práticas de uso sustentável dos solos (ESPÍRITO SANTO, 2021).

O PSA tem posição de destaque na política ambiental, não apenas pelo seu potencial de apoiar a proteção e o uso sustentável dos recursos ambientais, mas por possibilitar melhorias na qualidade de vida das populações que dependem economicamente do uso e exploração de tais recursos ambientais. No entanto, é importante destacar que o objetivo do instrumento de PSA é servir como mecanismo de conservação e proteção ao meio ambiente, e não como uma ação assistencialista (WUNDER, 2005).

O PSA, assim, objetiva que determinados atores, públicos ou privados, adotem comportamentos e práticas adequados quanto ao meio ambiente e ao uso dos recursos naturais, garantindo assim a manutenção ou a melhoria dos ecossistemas e assegurando o fornecimento dos serviços ecossistêmicos, uma vez que esses atores passam a ter apoio e incentivo econômico como

contrapartida.

O estado do Espírito Santo, por exemplo: está inserido no bioma “Mata Atlântica” e possui 15,9% de sua cobertura vegetal caracterizada como mata nativa (SOSSAI, 2018). O programa Reflorestar considera áreas de mata nativa e formações em estágios médio e avançado de regeneração como áreas elegíveis para o enquadramento como FPE - Manutenção da Floresta em Pé (Figura 15). A modalidade FPE consiste no pagamento direto, via PSA de longo prazo, aos proprietários que têm como contrapartida manter as áreas de floresta conservadas.



Figura 15. Floresta em estágio avançado de regeneração, passível de enquadramento na modalidade FPE. Fonte: Acervo Guilherme Andreão, 2023.

Cabe considerar que o Espírito Santo foi o primeiro estado da federação a instituir, por meio de lei específica, um Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais. Isso aconteceu a partir da publicação da Lei Estadual nº 8.995, de 22 de setembro de 2008, que criou o Programa de Pagamento por Serviços Ambientais – PSA (ESPÍRITO SANTO, 2008).

Os PSA mais conhecidos, já consolidados que tem sido exemplo, é o caso da bacia de “Catskill” nos Estados Unidos. Em nível nacional, os primeiros programas de PSA surgiram em 2006, nos municípios de Extrema, com o "Projeto Conservador das Águas"; e em Montes Claros, com o "Projeto Ecocrédito", ambos no estado de Minas Gerais (PAGIOLA et al., 2013).

5. O caso de Serviços Ambientais em Nova York, EUA

O programa Globo Rural (2008), mostrou o caso de Nova Iorque, onde as nascentes de *Catskill* (vila e sede do condado de “Greene Country”), Nova York, EUA, estão protegidas por meio de um parque criado por Nova Iorque em 1994, onde existem várias vilas com mais de 50 mil moradores, com áreas de preservação convivendo com a zona rural (Figura 16).



Figura 16. Mapa da bacia de *Catskill*. Fonte: Hoffman, 2008.

O PSA é gerido por um conselho de produtores rurais que decidem sobre os investimentos no local. Os produtores contam com uma renda anual pela preservação das reservas florestais em suas propriedades, com a solução dos problemas de saneamento (construíram mais de 300 estações de tratamento de esgoto individuais) e com assistência técnica para exploração florestal racional, como a extração de seiva de *Maple*. Além disso, limitam a ocupação das zonas

pela capacidade do tratamento de esgoto e fazem o manejo florestal, de animais e de outras atividades rurais (GLOBO RURAL, 2008).

Ainda, de acordo com essa mesma matéria televisiva, a preservação das margens de cursos hídricos é feita por pagamento pelo governo federal para produtores que queiram participar do programa. As medidas das faixas protegidas são variáveis e estabelecidas conforme o bom senso, observando o relevo e demais características dos locais. A água dos mananciais vai declinando e passando por diversos reservatórios até chegar à cidade, onde é consumida apenas após filtragem e desinfecção. A decisão foi de preservar os mananciais sem poluição ao invés de tratar a água poluída.

O programa ainda mostrou que outra medida foi a modalidade de contrato com a compra dos direitos de desenvolvimento: a propriedade deve permanecer uma fazenda para sempre, não podendo ser asfaltada, urbanizada, virar hotel, fazer loteamento de chácaras, entre outros. A ideia central da estratégia de Nova Iorque é a prevenção da poluição da água por meio do pagamento aos proprietários de terras rurais voluntários.

6. A recuperação de Serviços Ambientais em Extrema/MG-Brasil

A cidade mineira de Extrema criou um programa de conservação inédito - iniciativa municipal que visa realizar pagamentos para proprietários rurais em troca da garantia do fornecimento de serviços ambientais visando a melhoria dos recursos hídricos. Foi constatado que a escassez de água, iminente em grandes centros urbanos, é fator condicionante para priorizar áreas de atuação de programas de PSA na gestão de recursos hídricos. A ideia é que o mercado em PSA parte da demanda por água à jusante, causada por uso do solo desordenado, geralmente à montante da bacia, o que oportuniza pagamentos para sustentar as mudanças recomendadas no manejo de terras dos produtores rurais (JARDIM; BURSZTYN, 2015).

De acordo com esses mesmos autores, por meio de estudos, um arcabouço legal e parceiros (diferentes níveis de governo, comitê de bacia, ONGs, privados), o Município estruturou o programa com os objetivos de aumentar a cobertura vegetal nas sub-bacias hidrográficas e implantar

microcorredores ecológicos; reduzir os níveis de poluição difusa rural decorrentes dos processos de sedimentação e eutrofização e de falta de saneamento ambiental; difundir o conceito de manejo integrado de vegetação, solo e água na bacia hidrográfica do Rio Jaguari e garantir a sustentabilidade socioeconômica e ambiental dos manejos e práticas implantadas, por meio de incentivos financeiros aos proprietários rurais (Figura 17).



Figura 17. Caminho das águas de Extrema para o “Sistema Cantareira”, SP. Fonte: believe.earth, 2017.

O PSA em Extrema é uma importante estratégia que conta com condições institucionais prévias, com participação direta do poder público e do comitê de bacia hidrográfica, além da forte influência da escassez de água. No entanto, não há uma garantia de recursos para a manutenção dos pagamentos como se espera que ocorra com a cobrança. Não há um modelo de PSA genérico para todos os casos, assim os esquemas de PSA em recursos hídricos devem ser desenvolvidos de adequados aos contextos particulares e às condições locais (JARDIM; BURSZTYN, 2015).

De acordo com Vivan (2017), a base original do projeto se baseia na reconstituição da floresta em áreas degradadas: é uma espécie de seguro contra as secas e as enchentes. A mata funciona como uma ‘esponja’, permitindo que a água penetre lentamente no solo. Desta forma, promove a recarga do lençol

freático; posteriormente, libera essa água lentamente nas nascentes. Em uma área de pasto, acontece o oposto: a tendência após as chuvas é a formação de enxurradas e, conseqüentemente, de enchentes e erosões (Figura 18).

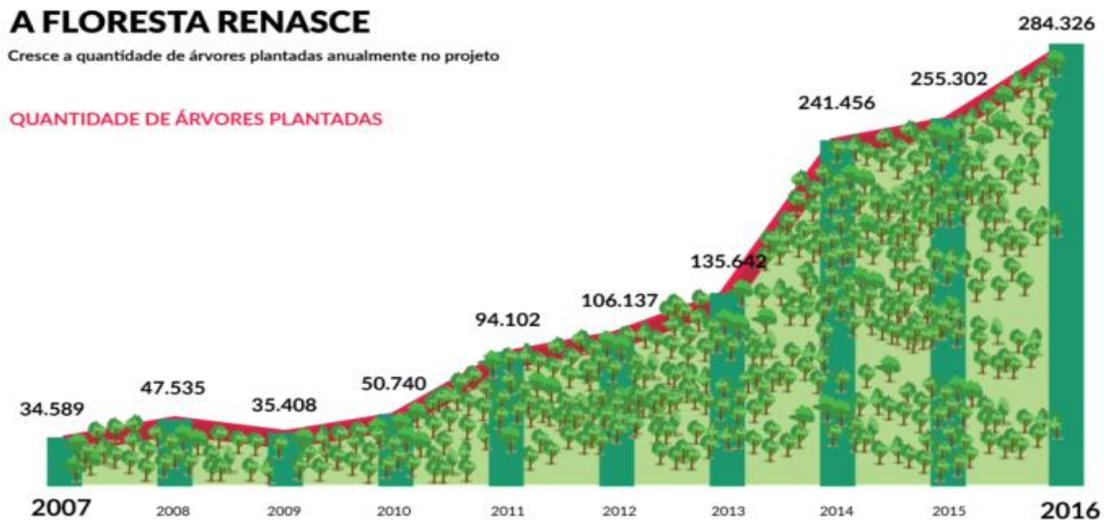


Figura 18. Árvores plantadas no período de 2007 a 2016 em Extrema, MG.
Fonte: Secretaria do Meio Ambiente de Extrema, 2017.

Ao observar os exemplos de Catskill em Nova Iorque e Extrema em Minas Gerais, podem-se ver a importância de uma PSA e também a importância de se analisar cada caso de execução, levando em consideração o objetivo do empreendimento, as características do local onde será realizado, pois cada caso possui sua particularidade: desde o local de execução, até a legislação, sendo importante um estudo completo e multidisciplinar para a construção de um programa de pagamento de serviços ambientais ideal para o local onde será consumado.

Em Extrema, o foco são as propriedades rurais. A iniciativa estimula a recuperação de áreas degradadas de nascentes, a adoção de sistemas de coleta e tratamento de esgoto e práticas sustentáveis de conservação do solo, como a construção de terraços para a contenção das enxurradas (Figura 19).

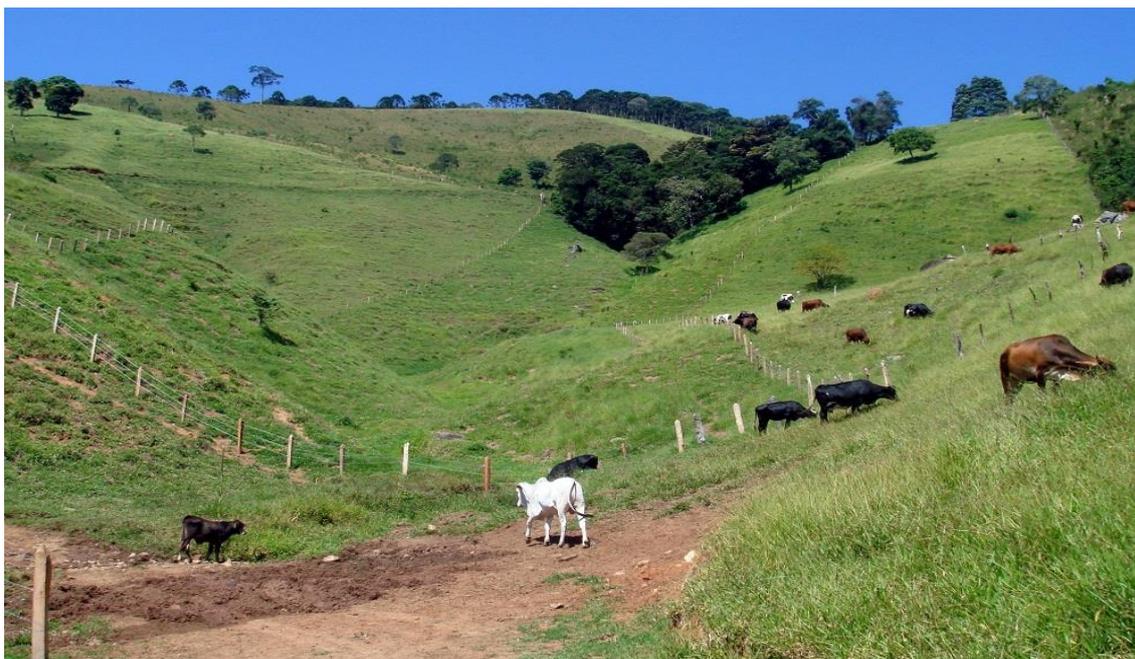


Figura 19. Área de pastagem degradada incorporada ao programa de recuperação em Extrema, MG. Fonte: Ricardo Rodrigues/believe.earth, 2017.

Os proprietários que aderem recebem um apoio anual de 279 reais por hectare. Além dessa ajuda financeira, a prefeitura, apoiada por ONGs, fornece a “mão na massa”: mapeamento das áreas mais críticas, plantio das mudas e construção de cercas para as áreas recém-plantadas, por exemplo. Em troca, os beneficiados se comprometem a cumprir uma série de metas de sustentabilidade. Até 2016, foram 224 propriedades registradas e 1,3 milhão de árvores plantadas.

De acordo com Vivan (2017), o investimento no programa até o final de 2017 totalizava R\$ 10 milhões de reais: quatro milhões destinados para pagar os produtores; e o restante para ações como o plantio das mudas e a construção de cercas. Até 2025, quando o projeto completará 20 anos, a previsão de investimentos é de 121 milhões de reais - 40 milhões provenientes da prefeitura. A outra parte dos recursos, dos parceiros e entidades apoiadoras, tais como a ONG *The Nature Conservancy* (TNT) e SOS Mata Atlântica; também, ajudam a fiscalizar a aplicação de recursos.

Mantendo essa tendência, um avanço recente foi a aprovação da Lei nº 14.119 de 2021 que institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais – PNPSA. Apesar da PNPSA ter sido instituída apenas em 2021,

vários estados e municípios já possuem regulamentos próprios e programas de PSA em operação há vários anos no Brasil. O estado do Espírito Santo, por exemplo, possui uma legislação específica que estabelece os mecanismos da política estadual de PSA, desde 2012 (ESPÍRITO SANTO, 2012).

Em Minas Gerais, o campus do IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba estabeleceu recentemente uma parceria com a prefeitura de Extrema para continuar trabalhando nos procedimentos de recuperações da microbacia da “invernada” (Figuras 20 e 21).



Figuras 20 e 21. Vegetação ciliar estabelecida ao longo de curso d’água visando a redução do assoreamento e adequação ambiental no IF Sudeste de Minas campus Rio Pomba, MG, em parceria com a Prefeitura de Extrema. Fonte: Acervo Maurício Novaes (2023).

7. Considerações finais

Tendo em vista a ampla ocorrência de áreas degradadas no território brasileiro, e as demandas ambientais tanto no âmbito nacional quanto internacional, é preciso recuperar tais áreas. Para isso, existem várias metodologias, com inúmeras técnicas disponíveis para a sua execução, contando com auxílio dos EIA e diagnósticos ambientais para definir a melhor metodologia, estratégia e técnicas a serem usadas.

A partir da identificação da área degradada e definidos os objetivos, é possível aplicar uma metodologia que atenda a essa demanda. Cabe considerar que a escolha da metodologia dependerá das características da área degradada, dos recursos disponíveis e dos resultados desejados. O consórcio de barraginhas e cochinchos com culturas, por exemplo, apresenta uma série de benefícios e vantagens para a agricultura sustentável. As barraginhas ajudam a reter a água no solo, proporcionando uma maior disponibilidade hídrica para as plantas cultivadas, o que resulta em maior produtividade e redução da dependência de irrigação.

Uma alternativa interessante são os PSA, que fomentam a recuperação de áreas degradadas: uma alternativa interessante que pode ser aplicada desde o nível municipal, passando pelo estadual até chegar ao nível federal. São políticas públicas que visam proteger nascentes, recuperar zonas de recarga de aquíferos e garantir a qualidade da água em uma bacia hidrográfica.

A utilização de práticas agroecológicas conservacionistas vem sendo sugerida e desenvolvida para promover um modelo de agropecuária mais sustentável, mitigando os impactos e externalidades socioambientais: conservando o solo e a água, reduzindo o uso de agrotóxicos e de fertilizantes químicos.

Além disso, possui um papel muito importante na produção de alimentos saudáveis e de alta qualidade, com menor dependência de insumos exógenos ao sistema, por meio da diversificação de culturas, manejo integrado de pragas e doenças, produção local e sustentável contribuindo para a segurança alimentar e disponibilidade de alimentos nutritivos para a população.

É importante destacar que a recuperação de uma área degradada pode ser um processo complexo e demorado, exigindo esforços contínuos e a colaboração das diferentes partes interessadas. A escolha e a execução da metodologia adequada devem levar em consideração as características únicas da área e buscar soluções sustentáveis em longo prazo.

8. Referências

ADAMS, G. A. **Influência de diferentes tipos de plantas sobre a estrutura do solo em plantio direto**. UFFS. Cerro Largo, RS. 2016.

ADEGBEYE, M. J. *et al.* Sustainable agriculture options for production, greenhouse gasses and pollution alleviation, and nutrient recycling in emerging and transitional nations - An overview. **Journal of Cleaner Production**, v. 242, p. 118-132, 2020.

BOFF, L. **Sustentabilidade: o que é e o que não é**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2017.

BÜNEMANN, E. K.; BONGIORNO, G.; BAI, Z.; CREAMER, R. E.; DEYN, G. de; GOED, R. de; FLESKENS, L.; GEISEN, V.; KUYPER, P. M.; PULLEMAN, M.; SUKKEL, W.; GROENIGEN, J. W. V.; BRUSSAARD, L. Soil quality - a critical review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 120, p. 105-125, 2018.

COSTA, T. V. da; VENZKE, T. S. L. Regeneração natural em Mata de Restinga em área de pecuária extensiva no Município de Pelotas, extremo Sul do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 88, p. 339-347, 2017.

COSTA, W. M. da; SOUZA, M. N. Fatores bióticos na recuperação de áreas degradadas: ação da flora e da fauna. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers. p. 127-151. 2022. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7.c4>

DIAS FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E), 2014. EMBRAPA PASTAGEM

DIAS FILHO, M. B. **Estratégias de Recuperação de Pastagens Degradadas na Amazônia Brasileira**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2015. 25 p.

DIAS FILHO, M. B. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agropecuária brasileira. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 40, n. Suplemento Especial, 2011.

DIAS FILHO, M. B. **Uso de pastagens para a produção de bovinos de corte no Brasil: passado, presente e futuro**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. 2016. 43 p.

ESPÍRITO SANTO. **Lei nº 8.995, de 22 de setembro de 2008**. Institui o Programa de Pagamento por Serviços Ambientais - PSA e dá outras providências. Diário Oficial dos Poderes do Estado, Vitória, ES, 23 de setembro de 2008, p. 1-2.

ESPÍRITO SANTO. **Lei nº 9.864, de 26 de junho de 2012**. Dispõe sobre a reformulação Programa de Pagamento por Serviços Ambientais – PSA no Estado, instituído pela Lei nº 8.995, de 22.09.2008, e dá outras providências. Diário Oficial dos Poderes do Estado, Vitória, ES, 27 de junho de 2012, p. 3.

ESPÍRITO SANTO. **Portaria nº 011-R, de 04 de outubro de 2021**. Torna público o edital de convocação de produtores rurais que desejam participar do ciclo 2021

do Programa Reflorestar. Diário Oficial dos Poderes do Estado, Vitória, ES, 05 de outubro de 2021, p. 60-75.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. INTERGOVERNMENTAL TECHNICAL PANEL ON SOILS. **Status on the World's Soil Resources: Main Report**. Roma, Itália, 2015. 650 p. Disponível em: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/c6814873-efc3-41db-b7d3-2081a10ede50/>. Acesso em: 15 jan. 2023.

FAO. Food and Agriculture Organization. **Representante da FAO Brasil apresenta cenário da demanda por alimentos**, 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/901168/>. Acesso em: 25 jun. 2023.

FERNÁNDEZ GARCIA, I.; LECINA, S.; RUIZ-SÁNCHEZ, M. C, VERA, J.; CONEJERO, W.; CONESA, M. R.; MONTESINOS, P. Tendências e desafios no planejamento da irrigação no semi-árido da Espanha. **Água**, v. 12, n. 3, pág. 785, 2020.

GLOBO RURAL. **Serviços Ambientais em Nova York-EUA**. 2008. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=QWv-xiSiRnE>>. Acesso em: 22 set. 2021.

GUIMARÃES, G. P.; MENDONÇA, E. de S.; PASSOS, R. R.; ANDRADE, F. V.; MACHADO, R. V. Avaliação da qualidade do solo e de cafeeiros em propriedade familiar do Território do Caparaó, ES. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 8, p. 236-246, 2013.

GUIMARÃES, G. P.; MENDONÇA, E. de S.; PASSOS, R. R.; ANDRADE, F. V. Stocks and oxidizable fractions of soil organic matter under organic coffee agroforestry systems. **Coffee Science**, v. 9, n. 1, p. 132-141, 2014.

HOFFMAN, J. Watershed shift: Collaboration and employers in the New York City Catskill/Delaware watershed from 1990–2003. **Ecological Economics**, v. 68, n. 1-2, p. 141-161, 2008.

JARDIM, M. H.; BURSZTYN, M. A. Pagamento por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso de Extrema (MG). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, set. 2015. v. 20, n. 3, p. 353–360. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522015000300353&lng=pt&tlng=pt>.

LOPES, P. R.; ARAÚJO, K. C. S.; FERRAZ, J. M. G.; LOPES, I. M.; FERNANDES, L. G. Produção de café agroecológico no sul de Minas Gerais: sistemas alternativos à produção intensiva em agroquímicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 1, 2012.

MACHADO, P. P.; CONTARINI, L. da C.; ROCHA, L. S.; FERREIRA JUNIOR, J. L. L.; MILANEZE, L. A.; SILVA, M. A. P. da; MARTINS, L. D. Métodos teórico-prático de conservação de solo e regulação do escoamento superficial em regiões de transição de altitude/Theoretic-practical methods of soil conservation

and the regulation of superficial runoff in regions of altitudinal transition. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, p. 21712-21730, 2022.

MARTINS, S. V. **Recuperação de Áreas Degradadas**. [S.l.]: Aprenda Fácil, 2014.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001.

MCBRATNEY, A.; FIELD, D. J.; KOCH, A. The dimensions of soil security. **Geoderma**, v. 2013, p. 203-213, 2014.

MEA - MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis**. Washington: World Resources Institute. p. 8, 2005.

MONTEIRO, R. J.; OLIVEIRA, K. P. de; LOUBACK, G. C.; CRESPO, A. M.; PERON, I. B.; FIGUEIREDO, J. S. M.; ARAUJO, O. P.; SOUZA, M. N. Ações de proteção do solo: mitigação de impactos ambientais no meio rural. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c2>.

MUNDO DA EDUCAÇÃO. **Processo de evolução dos solos**. 2021. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/formacao-dos-solos.htm>. Acesso em 06 de jun. de 2023.

PAGIOLA, S.; VON GLEHN, H. C.; TAFFARELLO, D. (Orgs.) **Experiências de pagamentos por serviços ambientais no Brasil**. São Paulo, SP: SMA/CBRN, 2013, 336 p.

RODRIGUES, R. A. S. **Ciência do solo: morfologia e gênese**. 1. Ed. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S. A. 2018. 200 p.

ROSSET, J. S.; COELHO, G. F.; GRECO, M.; STREY, L.; GONÇALVES JUNIOR, A. C. Agricultura convencional versus sistemas agroecológicos: modelos, impactos, avaliação da qualidade e perspectivas. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 13, n. 2, p. 80-94, 2014.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.: il. color.

SOSSAI, M. F. (Coord.). **Atlas da Mata Atlântica do estado do Espírito Santo: 2007–2008/2012–2015**. Cariacica-ES: IEMA, 2018.

SOUZA, C. de O.; BINOTI, D. H. B.; MOREIRA, T. B. R.; RANGEL, O. J. P. **Estratégias de manejo do solo em áreas de transição agroecológica**. Alegre: Edifes, 2020. (Boletim técnico, 3).

SOUZA, M. Ação da poluição nos sistemas ambientais. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers. p. 26-68. 2022b. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7.c1>.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. IV. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2022a. 304 p. ISBN: 978-65-84548-10-7. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-10-7>.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. ISBN: **978-65-84548-12-1**. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1>.

SOUZA, M. N. **Avaliação de Impactos e Licenciamento Ambiental**. Rio Pomba: IF Sudeste MG – RP, 2014.

SOUZA, M. N. **Degradação e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável**. Viçosa: UFV, 2004.

SOUZA, M. N.; FONSECA, R. A. A evolução dos movimentos ambientais e o surgimento da AIA. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c1>

SOUZA, M. N.; FONSECA, R. A. A evolução dos movimentos ambientais e o surgimento da AIA. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1>.

TNC - THE NATURE CONSERVANCY DO BRASIL. **Guia para a formulação de políticas públicas estaduais e municipais de pagamento por serviços ambientais**. 2017. Disponível em: <https://www.tnc.org.br/content/dam/tnc/nature/en/documents/brasil/guia-politicas-publicas-PSA.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2023.

VIVAN, D. **Projeto premiado na ONU recupera nascentes em Minas Gerais**. Disponível em: <https://believe.earth/pt-br/projeto-premiado-na-onu-recupera-nascentes-em-minas-gerais/>. Acesso em: 12 jun. 2023.

WUNDER, S. et al. Payments for environmental services: some nuts and bolts. **CIFOR Infobrief**. n. 9, 2005.

XAVIER; S. A. B.; MOREIRA; T. B. R.; CASSA, N.; CRESPO, A. M.; LOUBACK, G. C.; PERON; I. B.; VARDIERO, L. G. G.; SOUZA, M. N. Agroecologia aplicada aos procedimentos de recuperação de áreas degradadas. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1>.