



Os Solos e a Agrofloresta

Introdução

Quando olhamos de longe o solo de uma floresta, pode parecer que ele é apenas a terra onde as plantas se apoiam. Se olharmos ele de perto, porém, é possível perceber uma grande quantidade de vida, em meio a grumos, úmidos, recheados de restos de folhas e raízes. Se usarmos uma lupa ou um microscópio, percebemos que o solo está cheio de microrganismos, trabalhando o tempo todo. O solo é, na verdade, onde a vida é constantemente transformada em condições para sua ampliação, diversificação e evolução.

A placenta, no ventre da mãe, reúne os vários nutrientes indispensáveis e cria a proteção necessária ao desenvolvimento do feto, a partir de uma grande engenharia biológica entre o feto e a mãe. De forma parecida, o solo é o resultado do trabalho de todos os seres de uma floresta, cada qual, em cada período de vida e com sua especialidade, liberando nutrientes, tornando-o mais permeável à água, criando grumos que facilitam a entrada de ar, mantendo-o em temperatura adequada e estabelecendo, enfim, as condições para a vida acontecer.

Um dos produtos fundamentais desse trabalho todo é a disponibilização de comida para a sustentação da vida na floresta. Em uma floresta madura, em torno de 5 % da massa do solo é matéria orgânica para insetos, colêmbolos, minhocas e uma grande variedade de organismos se alimentarem, além de conter nutrientes prontamente disponíveis para as plantas. Ao se alimentarem dessa comida, crescem e criam condições de temperatura, umidade, aeração e luminosidade adequada para o

estabelecimento de vários nichos de vida. Quando todos estes seres morrem, são transformados novamente, pela própria vida da floresta - que ajudaram a construir - em matéria orgânica no solo, amplificando sua fertilidade e a biodiversidade da floresta.

Na agricultura convencional, este ciclo de amplificação da vida é quebrado. Procura-se reduzir toda a biodiversidade praticamente só à espécie de planta que se está cultivando; lavra-se o solo, rompendo sua estruturação, tão bem feita pelos organismos que ali viviam; retira-se sua proteção e cobertura, fazendo-o secar mais rapidamente. O resultado é óbvio: para produzir, o agricultor tem que investir em corretivos de acidez, adubação em grande quantidade e irrigação, para dar condições mínimas de sobrevivência às plantas que pretende cultivar.

Na agrofloresta, ao contrário, busca-se utilizar, ao máximo possível, os processos da vida e as relações ecológicas do solo em uma floresta para o incremento da vida, inclusive das plantas que se quer colher.

O Projeto Agroflorestar, patrocinado pela Petrobras por meio do Programa Petrobras Socioambiental, além de implantar, monitora periodicamente as agroflorestas realizando análises das características físicas e químicas do solo (tais como granulometria, densidade e nutrientes), bem como a biomassa e a estrutura da vegetação. Alguns resultados que são apresentados neste informativo comprovam a eficácia do modelo agroflorestal no desenvolvimento da fertilidade dos solos.



Como funciona o solo?



O solo é um sistema vivo, assim como as pessoas, os animais e as plantas. Em todo sistema vivo, seus componentes elaboram a energia e a matéria que passam por eles.

É assim que, por exemplo, os seres humanos, formados por trilhões de células e uma grande variedade de tecidos e órgãos, utilizam a energia que existe nos alimentos para a respiração, a transpiração, realizar movimentos e até para pensar. Durante esses processos liberam substâncias que não utilizam. E assim, vivem. Ao viver, cada ser humano trabalha, constrói, sorri, chora, ama e estabelece relações com seu meio. Cada um, portanto, do seu jeito, produz propriedades emergentes a partir da sua vida. Essas propriedades são justamente o produto, por assim dizer, do seu viver, do seu dia a dia.

O solo, composto por trilhões de microrganismos, par-

tículas minerais, substâncias orgânicas, plantas e uma grande diversidade de outros organismos, também elabora a energia e a matéria que passa por ele, por meio das relações entre seus componentes, que se auto-organizam à medida que as relações acontecem, criando propriedades emergentes neste processo (propriedades que ocorrem nos organismos vivos, não por causa da simples soma dos componentes, mas devido a forma como eles se organizam e cooperam uns com os outros).

Imaginemos o solo de uma clareira na floresta. A energia luminosa que vem do sol e a matéria orgânica que está no solo são utilizadas pela rede de relações dos organismos que se auto-organizam; uma grande quantidade de sementes que aguardava o calor do sol para germinar se transforma em plantas de diferentes espécies, produzindo uma grande quantidade de matéria vegetal; cada organismo processa a energia e a matéria do sistema de forma diferente, produz substâncias, morre e gera mais matéria orgânica. O sistema vai se auto-organizando em outro estado de ordem, em diferente nível de complexidade, evoluindo e desenvolvendo-se para o estabelecimento de uma nova floresta. Neste processo, cria-se uma imensa variedade de condições específicas de umidade, luminosidade, temperatura, fertilidade, oxigenação e uma série de outros fatores, gerando uma grande diversidade de condições ecológicas em diferentes espaços, que são ocupados por um grande número de espécies, cada uma se adaptando aos espaços onde ficam mais confortáveis. Estes espaços mais confortáveis a cada espécie são chamados de nichos ecológicos das espécies.

Por outro lado, se este solo de clareira for "adaptado"



Figura 1. Alguns organismos que conseguimos enxergar trabalhando em solos agroflorestais

para o cultivo convencional, ou seja, se ele for revolvido, desestruturado e quimicamente transformado, em curto prazo, pela aplicação maciça de corretivos e adubos minerais, e se todas as espécies ali existentes forem forçadas a sumir, restando apenas uma espécie – a que se quer cultivar - um novo estado de organização emerge, porém com menor quantidade de energia, de diversidade de condições ecológicas e de matéria orgânica, se comparado a uma floresta em regeneração. Quando isso ocorre, o andamento do fluxo de energia e matéria resulta no surgimento de estados de ordem em níveis de complexidade sucessivamente mais baixos, que se caracterizam pela crescente simplicidade da estrutura e das suas formas de comportamento. O sistema tende à decomposição.

Em uma floresta, os responsáveis por fazer o fluxo ocorrer no sistema solo-planta-organismos são os organismos “edáficos” (ou organismos do solo), que compreendem as bactérias, os actinomicetos, os fungos, as algas, os protozoários, os ácaros, os nematoides, as aranhas, os insetos, as minhocas, as centopeias, os caramujos, os camundongos e tantos outros organismos. O número e a biomassa destes organismos no solo é muito grande, e muitos deles são decompositores, ou seja, utilizam as folhas, galhos, raízes ou plantas que morrem como fonte de alimento.

Em relação ao tamanho do corpo, os organismos decompositores se dividem entre os microrganismos (tamanho menor que 0,2 mm), os mesorganismos (de 0,2 a 4 mm) e os macrorganismos (organismos maiores que 80 mm).

Cada um destes grupos têm uma função diferente. Os macrorganismos alimentam-se diretamente dos resíduos vegetais e movimentam-se no solo, e, como consequência, são capazes de construir poros. Os mesorganismos alimentam-se dos microrganismos e habitam os espaços porosos do solo. E os microrganismos também alimentam-se dos próprios microrganismos, bem como de substâncias orgânicas. Estes grupos formam assim uma rede alimentar, em que a ausência de um deles compromete o andamento do fluxo, o que pode causar prejuízo e decomposição do sistema.

A base fundamental de funcionamento dessa rede é sempre a matéria vegetal das plantas (produzida por meio da fotossíntese), que serve de “ração” básica para o sistema, por meio de folhas, galhos e mesmo plantas inteiras que caem no solo, ou morrem e são decompostas. Quanto mais matéria vegetal, mais vida no solo. Porém, a variedade da fonte alimentar também é fundamental, pois a diversidade de plantas determina a riqueza e a diversidade dos organismos do solo.

Entre a matéria vegetal e a diversidade dos organismos do solo, como um dos principais elos de integração da rede de vida na floresta, está a matéria orgânica do solo, produto intermediário da “ração” básica produzida pelas plantas. O que chamamos de matéria orgânica vai desde partes do tecido vegetal (parte aérea e raízes), de organismos em decomposição, de exsudatos (substâncias liberadas) de raízes e da matéria orgânica humificada (a “gordura” do solo), até a própria biomassa microbiana do solo. É a “ração” produzida pelas plantas se transformando, no solo, em um banquete de alimentos variados.

Porém, a matéria orgânica não tem apenas função de comida. Uma de suas funções, também de grande importância para a auto-organização do sistema solo, está relacionada com a sua propriedade de “reatividade”: os compostos orgânicos possuem cargas elétricas, responsáveis por reter nutrientes que servem de alimento para as plantas e microrganismos e inativar substâncias prejudiciais ao ambiente. Nos solos das regiões tropicais e subtropicais, a matéria orgânica é a principal fonte de cargas e podem contribuir com até 90% da capacidade de retenção de nutrientes no solo.

Além disso, a matéria orgânica apresenta uma grande relação de área por volume, formando uma ampla área superficial para a ocorrência de reações químicas. Essa propriedade favorece todas as interações de que ela participa.

Assim como é sobre a superfície, em que a complexidade da floresta evolui para a construção de nichos ecológicos em estados sucessivos de aumento da riqueza de espécies vegetais e, conseqüentemente, para o incremento no número de relações entre os seres vivos, abaixo da superfície do solo o sistema também se auto-organiza em estruturas com complexidade crescente.

A Figura 2 demonstra o processo de funcionamento do sistema solo-planta-organismos e a formação das estruturas em nível cada vez mais elevado de complexidade, em uma agrofloresta bem conduzida. No início do processo (estágio 1), o solo se auto-organiza em estruturas com um tamanho em torno de 0,25 mm (chamados microagregados), geralmente capazes de reter água e iniciar um incremento nas relações ecológicas do solo. O material orgânico que provém do crescimento das raízes, dos organismos edáficos e dos resíduos vegetais adicionados na superfície em função da poda (mesmo que da poda somente de capim) é o agente estruturante desses agregados.

O estágio 2 na Figura 2 indica, acima do solo, o aumento da riqueza e uso de diferentes andares pela vegetação. Isso reflete no aumento da riqueza e andares do subsolo também, especialmente quando a poda das plantas adubadeiras é bem feita e o material podado é bem colocado sobre o solo. O conteúdo de matéria orgânica aumenta, gerando propriedades emergentes mais complexas e em maior número, as quais trazem benefícios para o funcionamento do sistema solo-planta-organismos. A formação de estruturas do solo maiores (macroagregados) e diversificadas entrelaçam microagregados, principalmente por causa da ação mecânica das raízes e dos fungos que vivem ao redor delas.

À medida que a agrofloresta vai ficando mais diversificada (estágio 3 na Figura 2), a estrutura do solo também se complexifica, aumentando as propriedades emergentes e potencializando as suas funções, tais como:

- aumento da resistência à erosão pela ação da água da chuva ou dos ventos;
- formação adequada de microporos, responsáveis pela retenção de água, e de macroporos, responsáveis pela drenagem da água e aeração do solo;
- maior retenção de nutrientes;
- natação de substâncias prejudiciais ao ambiente;
- promoção da ciclagem dos elementos químicos, pelo

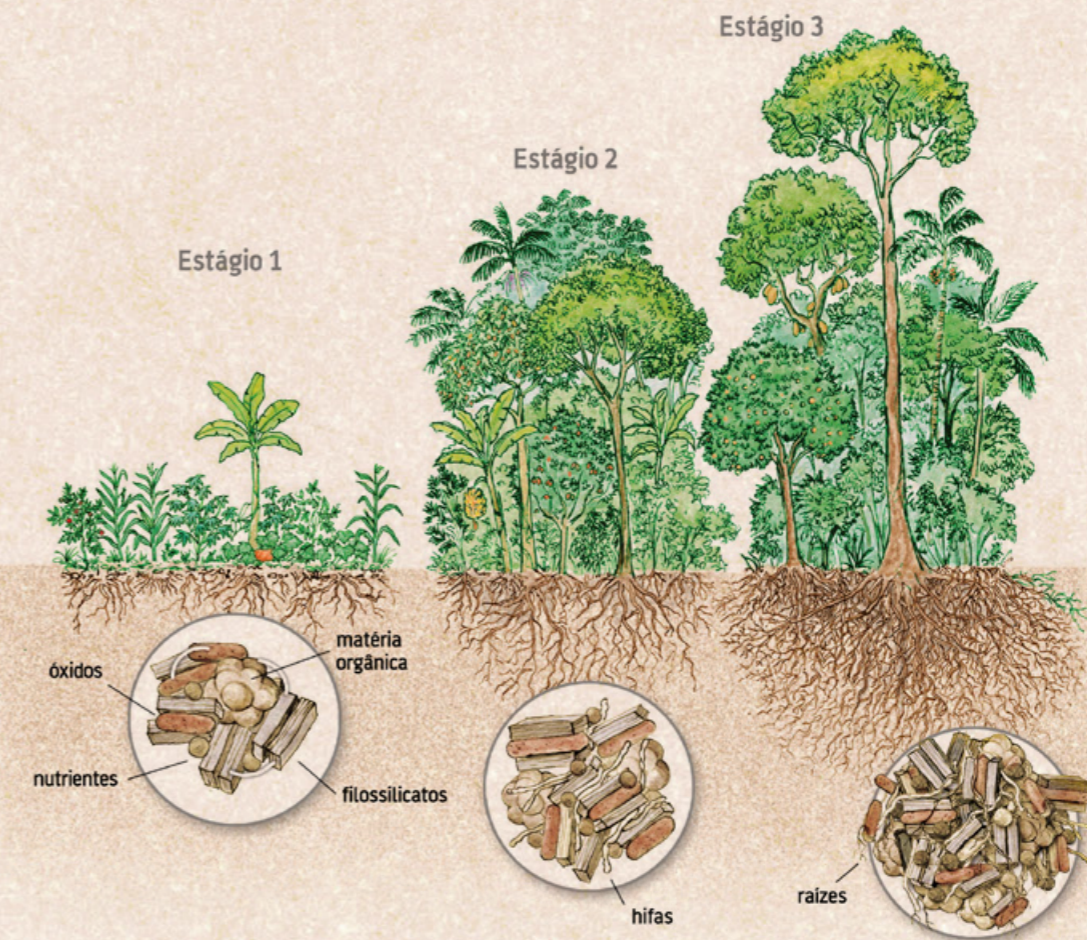


Figura 2. Representação esquemática da auto-organização do sistema solo-planta-organismos em agroflorestas, indicando os estados em diferentes níveis de complexidade.

favorecimento das condições físicas e nutricionais à atividade dos microrganismos;

- aumento da diversidade dos organismos do solo, promovendo condições para este servir como filtro e tampão ambiental;
- maior capacidade de recuperação da floresta em caso de perturbações como vendavais ou queimadas;
- aumento do estoque de carbono, evitando a emissão de CO₂ para a atmosfera, e, assim, diminuindo o Efeito Estufa.

Neste processo de aumento de diversidade e complexidade do solo e da floresta, as raízes das plantas são

fundamentais, atuando fisicamente na construção de um solo cada vez mais estruturado e liberando substâncias químicas (exsudatos) que favorecem a agregação de seus grumos. Além disso, quando as plantas morrem, o espaço que as raízes ocupavam tornam-se poros condutores de água e ar no sistema, oferecendo condições para o desenvolvimento de mais vida, além de adicionarem energia e carbono para os organismos do solo em camadas mais profundas. Isso também acontece quando as plantas são podadas, seja de forma natural ou devido ao manejo agroflorestal, pois elas descartam parte de suas raízes.



O manejo do solo agroflorestal

No manejo agroflorestal, busca-se aumentar a produção de matéria e diversidade vegetal por unidade de área plantada, além de fazer podas frequentemente, fornecendo uma grande quantidade e variedade de comida, ou de “ração” básica ao solo.

Para garantir isso desde o início da agrofloresta, é importante fazer canteiros de plantios densos, juntando árvores, arbustos e hortaliças, cobrindo-os com galhos e troncos de árvores podados. Entre estes canteiros, é importante plantar espécies que crescem rápido, produzem bastante matéria vegetal e rebrotam após cortadas. Os capins fazem isso muito bem. Nas agroflorestas da Cooperafloresta, tem-se plantado linhas de 3 a 5 m de capim (especialmente napier e mombaça) entre os canteiros agroflorestais, às vezes junto com leguminosas como guandu, mucuna ou crotalária, entre outras espécies. O capim é cortado, a cada 2 a 3 meses, e colocado sobre os canteiros e sobre a própria área de capim (Figura 3).



Figura 3: Manejo do capim consorciado com leguminosas na implantação de agroflorestas

Essa prática faz com que seja produzida e utilizada muita matéria vegetal no início da agrofloresta, garantindo uma cobertura constante de 5 a 18 kg de matéria vegetal (equivalente em massa seca) por metro quadrado. Isso reflete, obviamente, em uma grande melhoria da fertilidade do solo, considerando o grande aporte de energia e matéria no sistema.

No Assentamento Mario Lago, em Ribeirão Preto, foram feitas análises de solo, em 2013 e 2014, em uma área de pastagem abandonada, que estava coberta com capim braquiária (e não foi mexida, do Vandei) e em uma agrofloresta, implantada em 2013 em um local que também estava coberto de braquiária (do Paraguai). Foram feitos três tipos de análise que medem aspectos importantes da fertilidade dos solos. O pH, cujo aumento significa que a acidez está diminuindo e por isto os nutrientes se tornando mais disponíveis para as plantas; a concentração de carbono, que mostra o crescimento da matéria orgânica, que entre muitos outros benefícios torna os solos mais porosos, úmidos e férteis e o V%, que mostra a percentagem de ocupação do solo por nutrientes favo-

ráveis ao desenvolvimento das plantas.

Na área com braquiária, praticamente não houve mudança da fertilidade do solo, de um ano para outro. O pH foi de 5,74 para 5,77; a concentração de carbono foi de 18,1 para 17,9 e o V% foi de 78 para 76 %, ficando praticamente constante. Na área da agrofloresta, essa mudança foi muito grande, tanto nos canteiros agroflorestais quanto nas entrelinhas de capim consorciado com leguminosas, conforme mostra a figura 3. O pH foi de 4,73 para 5,30 nas entrelinhas e para 6,27 nos canteiros; a concentração de carbono foi de 10,5 para 21,4 nas entrelinhas e para 34,0 nos canteiros e o V% foi de 32,5 para 59,3 % e para 79,0 %, nas entrelinhas e nos canteiros, respectivamente.

Conforme a agrofloresta vai crescendo e sendo manejada, muita poda vai sendo feita, e cada planta vai ocupando seu andar (ou estrato), tanto acima quanto abaixo do solo.

Os diferentes andares da agrofloresta, acima do solo, refletem também em diferentes andares de raízes, abaixo do solo. As árvores, por apresentarem raízes mais profundas que as culturas anuais, absorvem quantidades significativas de nutrientes do subsolo, que são depositadas sobre a superfície via folhas e galhos caídos, poda de galhos e folhas ou morte das raízes superficiais. Este processo aumenta o estoque de nutrientes disponíveis nas camadas menos profundas do solo e os disponibiliza para plantas com raízes mais rasas.

Além disso, em uma agrofloresta diversificada, o conjunto de raízes das diferentes plantas forma um compartimento especializado em solubilizar e acessar diferentes nutrientes para o sistema e contribuir para a estruturação física e para a vida do solo. Além disso, a cobertura e a proteção do solo nas agroflorestas garante a elevada umidade relativa do ar e a estrutura do solo, bem como reduz ao máximo a erosão, o que ajuda a manter essa vida funcionando.



Nas agroflorestas, todo o material vegetal podado é cuidadosamente picado e disposto sobre o solo, procurando otimizar o contato entre este material e a superfície. Com isso, a degradação da matéria vegetal e

a captura de nitrogênio da atmosfera para as plantas são facilitadas, contribuindo para a maior velocidade da sucessão ecológica do que nas clareiras de florestas nativas. Nas clareiras, a queda de árvores ou galhos não reflete imediatamente no contato entre estes materiais e o solo, levando muito mais tempo para que sejam utilizados pelos organismos edáficos.

Os vários andares e tipos de raízes, a elevada densidade de plantas, a poda frequente e a disposição cuidadosa do material podado na superfície promovem condições adequadas de matéria orgânica no solo agroflorestal. Esta matéria orgânica, servindo como reservatório de nutrientes e como fornecedora de energia e matéria para toda a atividade dos organismos do solo, cumpre papel fundamental na ciclagem de nutrientes e faz emergir constantemente novas estruturas (nichos ecológicos) e novas propriedades no sistema.

Fazer agrofloresta é, portanto, favorecer o caminho da energia e da matéria para o incremento da vida no solo. Mais vida no solo significa mais fertilidade, mais água, mais ar e maior proteção às plantas - de todas as plantas da agrofloresta, inclusive daquelas que se colhem alimentos. É a vida gerando abundância, e a abundância permitindo a troca, as redes e os processos vitais.

Na experiência do projeto Agroflorestar, agricultores e agricultoras familiares vêm mostrando como fazer parte deste caminho.



Parte da evolução das propriedades emergentes do solo foi analisada em agroflorestas de Barra do Turvo/SP, no âmbito da Cooperafloresta. Foram realizados estudos biológicos, físicos e químicos do solo em agroflorestas de 5 e de 10 anos de idade, comparando-os com áreas que foram mantidas em regeneração natural, ou seja, áreas de florestas nativas em recuperação, por 10 anos. Tanto as agroflorestas quanto as áreas em regeneração natural eram anteriormente pastagens, em tipos de solo e declividade semelhantes.

Um desses estudos caracterizou os mesorganismos da fauna do solo. Nas agroflorestas de 5 e 10 anos, foram identificados 10.126 e 10.781 indivíduos, respectivamente, enquanto que, na área em regeneração natural, foram identificados 8.597 indivíduos (Cezar, 2013). A riqueza de espécies da fauna não variou entre as áreas, porém observou-se um favorecimento no desenvolvimento do número de organismos pelo manejo agroflorestal.

O tamanho da biomassa microbiana nas agroflorestas de 5 anos foi de 686 mg de carbono por kg de solo na camada de 2,5 cm superficiais do perfil (local onde ocorre a maior atividade biológica de decomposição de material orgânico e ciclagem de nutrientes), e a atividade desses microrganismos (medida pela liberação de gás carbônico [CO₂] para a atmosfera) foi de 3,7 mg de carbono na forma de CO₂ por kg de solo em uma hora. Nas agroflorestas de 10 anos, na mesma camada de 0 a 2,5 cm do solo, a biomassa microbiana foi de 478 mg de carbono por kg de solo e a atividade também foi de 3,7 mg de carbono na forma de CO₂ por kg de solo em uma hora (Cezar, 2013). Esses dados indicam que as agroflorestas mais jovens tendem a incorporar mais carbono na sua biomassa.

Os dados de decomposição de folhas no solo dessas áreas confirmam a dinâmica das agroflorestas

mais jovens, justamente onde o manejo de poda é mais intenso. Nas agroflorestas de 5 anos, a taxa de decomposição foi de 213 mg por grama de folha em decomposição por dia, enquanto que a taxa de decomposição nas agroflorestas de 10 anos foi de 186 mg por grama de folha em decomposição por dia. A área em regeneração natural teve taxa de decomposição de 181 mg por grama de folha em decomposição por dia (Schwiderke, 2013).

Os solos das agroflorestas também mostraram ser ótimos condutores de água – o que só é possível por causa de sua estrutura e do trabalho de seus organismos. Os solos das agroflorestas analisadas permitiram a passagem de 1.480 mm de água por hora (agroflorestas de 5 anos) e de 1.930 mm de água por hora (agroflorestas de 10 anos) (Shtorache, 2013), valores muito mais elevados do que em sistemas de cultivo convencionais ou mesmo de plantio direto, onde grande parte da água escorre e gera erosão.

Os resultados indicam justamente que o manejo de solo agroflorestal, usando o conhecimento que as florestas proporcionam, torna possível a produção de alimentos em harmonia com os processos de sucessão natural e com o fluxo de energia e matéria no solo, confirmando a capacidade dos sistemas agroflorestais como sistemas de produção sustentáveis.

Referências bibliográficas

CEZAR, R.M. Parâmetros biológicos de solos em sistemas agroflorestais multiestrata sucessional e regeneração natural. Curitiba, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná, 2013. 62 f. (Dissertação de Mestrado).

SCHWIDERKE, D. K. Estoque e ciclagem de nutrientes em sistema agroflorestal sucessional e floresta secundária no vale do Ribeira. Curitiba, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná, 2013. 120 f. (Dissertação de Mestrado).

O texto deste boletim informativo foi organizado especialmente a partir de trechos do livro “Agrofloresta: aprendendo a produzir com a natureza”, de autoria de Walter Steenbock e Fabiane Machado Vezzani e ilustrações de Claudio Leme, editado por Fabiane Machado Vezzani em 2013, disponível gratuitamente em pdf na rede mundial de computadores (internet).



**PROJETO
AGROFLORESTAR**



Patrocínio

